

# COMUNE DI CHIANCIANO TERME

**STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO AL PIANO  
STRUTTURALE DEL COMUNE DI CHIANCIANO TERME**

## RELAZIONE

Dr. Geol. Marcello Palazzi

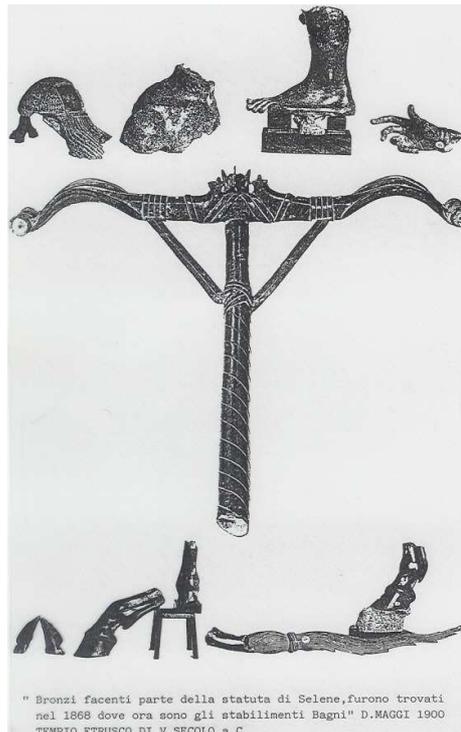
## INDICE

1- INTRODUZIONE.....	3
2-GEOMORFOLOGIA E CARTA DELLE PENDENZE (Tav. GEO 1 e TAV. GEO 2) .....	8
3-GEOLOGIA(Tav. GEO 3) .....	10
3-1-Successione toscana .....	11
3-2 Successione ligure esterna.....	12
3-3- neoautoctono toscano.....	13
3-4- depositi continentali quaternari .....	14
4-    LITOLOGIA- SONDAGGI E DATI DI BASE (Tav. GEO 4) .....	15
4-1 litologia .....	15
4-2 Sondaggi e dati di base.....	18
5-IDOGEOLOGIA E VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI (Tav. GEO 5 e Tav.GEO 6).....	19
5-1 Bacino termale.....	19
5-2 La falda termale.....	21
5-3 Classificazione delle sorgenti e loro interrelazioni.....	27
5-3-1 Analisi chimica delle acque.....	27
5-3-2 Considerazione sui dati isotopici .....	30
5-3-3 Analisi chimico-fisiche delle sorgenti di Chianciano .....	30
5-3-4 Problemi di protezione e igiene delle sorgenti termo-minerali.....	32
5-3-5 -Inquinamento .....	33
5-3-6 Impoverimento .....	34
5-3-7 -Precipitazioni.....	34
5-3-8 Protezione .....	36
5-3-9 Pozzi e sorgenti non termali .....	39
6- RISCHIO SISMICO (Tav. GEO 7).....	44
7- STABILITA' DEI VERSANTI-PERICOLOSITA' DA PROCESSI GEOMORFOLOGICI (Tav. GEO 8) .....	46
8-RISCHIO IDRAULICO- PERICOLOSITA' IDRAULICA (Tav.GEO 9).....	48
9- FATTIBILITA' (Tav.GEO 10).....	49
8- BIBLIOGRAFIA.....	50

## 1- INTRODUZIONE

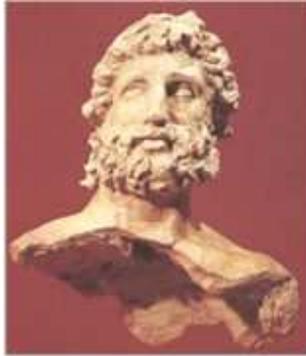
Lo studio geologico del territorio di Chianciano Terme non può prescindere dalle sue sorgenti termali. Il rinvenimento presso alcune sorgenti termali di Chianciano e S. Casciano di reperti etrusco-romani hanno rivelato un uso di queste acque fin dall'epoca etrusca.

A Chianciano, in prossimità della sorgente Sillene furono rinvenuti, nel secolo scorso, i resti di statue in bronzo pertinenti ad una divinità su biga (forse Diana-Luna-Sillene come avrebbe pensare il disco lunare falciato da cui poi il nome Sillene) probabilmente riferibile ad un tempio di età etrusca del V sec. a. C.



Di recente, vicino alla Sorgente Fucoli, sono venuti alla luce statue ed elementi di un frontone pertinente ad un santuario riferibile all'età ellenistica e probabilmente collegato,

come il precedente, ad una divinità salutare; mentre in loc. Mezzomiglio negli anni 90” è stato rinvenuto un complesso termale costituito da La Vasca, Il Castellum e i Balnea.



Queste località, quindi fin dal V sec. a.C., erano sede di un culto collegato verosimilmente alle acque salutari che, abbondanti, scaturiscono nel nostro territorio.

Orazio (Ep., I, 15, 2-9) negli anni 20 del I secolo a.C. scrive di esser stato consigliato da Antonio Musa, medico personale di Augusto di recarsi alle sorgenti del Territorio di Chiusi, note per la cura dei fastidi dello stomaco e testa.

*“ nam mihi Baias  
Musas supervacuas Antonius, et tam illis  
me facit invisum, gelida cum perluor unda  
per medium frigus. Sane murteta delinqui  
dictaque cessantem nervis elidere morbum  
sulpura contegni vicus gemit, invidus aegris  
qui caput et stomachum supponete fontis audent  
Clusium, Gabiosque petunt et frigida rura »*

*“Infatti Antonio Musa rende Baia inutile per me,  
e mi rende anche a lei invisibile, ora che, a metà  
inverno, mi immergo in acque ghiacciate. Che le  
macchie di mirto siano abbondanti e che le  
sorgenti sulfuree, che si ritiene mandino via i  
muscoli, l’inveterata malattia, siano disprezzate,  
il borgo ora lamenta, mal disposto verso i malati  
che hanno il coraggio di mettere testa e stomaco  
sotto le acque delle sorgenti di Chiusi che si  
recano a Gabi e nella sua fredda  
campagna”*

Gli studi geologici e le ricerche sul bacino delle acque termo-minerali di Chianciano Terme sono cresciute di pari passo con l'evoluzione delle scienze naturali e della chimica.

Dalle prime osservazioni del Bacci nella sua opera "De Thermis-balnea ad Cincianum" del 1588, agli alchimisti del seicento, alle indagini pubblicate nel 1756 dal naturalista Baldassarri, ai geologi dell'ottocento e dei primi anni del novecento sino a quelli contemporanei, lungo un arco di alcuni secoli, si è ricercato e scritto sui monti dai quali scaturiscono le acque.



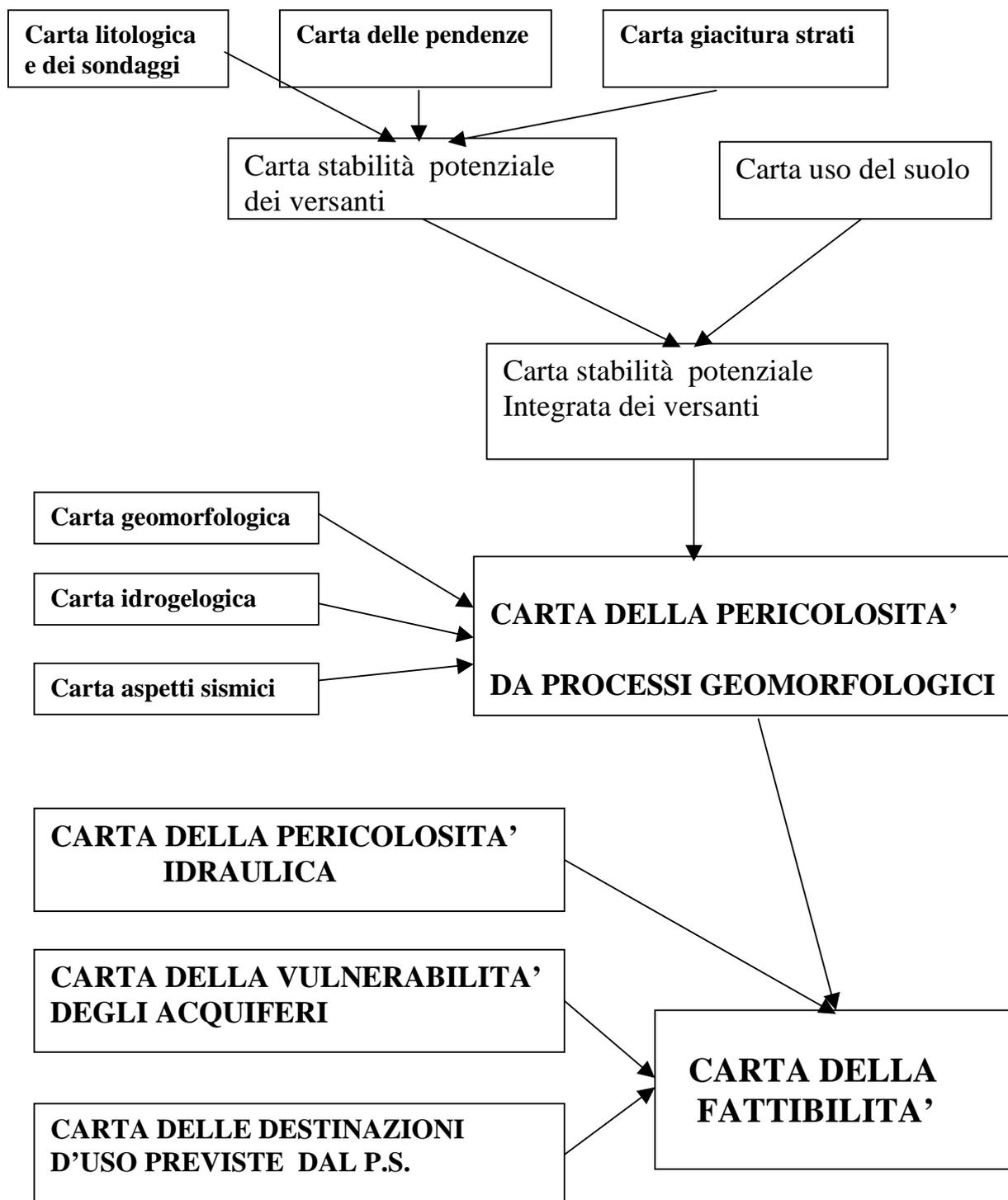
Scrive il Baldassarri che la terra di Chianciano "*dalla parte poi di mezzogiorno, di ponente e di maestrale è circondata da una mezza corona di monti, che si sollevano al di sopra di Sarteano, che resta a scirocco, e si estendono fino alla testa del monte dov'è il Convento de' Cappuccini, detto della Maddalena, posto a maestrale di Chianciano, dividendo, questi monti nel corso loro, la Val di Chiana dalla Val d'Orcia, e terminando nella testata suddetta, che finisce a guisa di promontorio....*" e poi prosegue "*pure si rialzano nell'erto monte della terra di Montefollonico, di dove si propagano da mezzogiorno a tramontana alla volta di Sinalunga e del Monte S. Savino, servendo questa barriera di divisorio della Valdichiana dalle crete senesi*".



Nel 1915 l'Ing. Luigi Balducci scrive "*Le celebri sorgenti Termominerali di Chianciano hanno origine in un lungo allineamento di affioramenti di calcari mesozoici i quali, a cominciare dall'importante gruppo montuoso del Cetona, spuntano attraverso il potente mantello dei terreni terziari e quaternari della regione fino ai monti di Rapolano*".

**Dati questi presupposti lo studio geologico del territorio comunale ha come prima finalità quella della tutela del bacino termale ( carta della vulnerabilità degli acquiferi e protezione delle sorgenti) inoltre lo studio della costituzione litologica, della giacitura degli strati, dell'acclività dei versanti, del tipo di copertura vegetale, delle caratteristiche geomorfologiche e dei dati sismici ( il territorio comunale di Chianciano Terme è stato di recente classificato in zona sismica 3) ha permesso la stesura di una carta di sintesi la CARTA DELLA PERICOLOSITÀ dalla quale poi scaturisce una CARTA DELLA FATTIBILITÀ delle destinazioni d'uso previste dal Piano Strutturale.**

Si riporta di seguito la schematizzazione dell'iter operativo della metodologia standard provinciale adottata per la redazione della **carta della fattibilità ai sensi della DCR 94/85, carta di sintesi del "rischio" al fine di ottenere attendibili indicazioni sulla fattibilità delle nuove previsioni del Piano Strutturale.**



## **2-GEOMORFOLOGIA E CARTA DELLE PENDENZE (Tav. GEO 1 e TAV. GEO 2)**

L'area Sud della provincia di Siena, sotto l'aspetto geomorfologico, è caratterizzata principalmente dalla presenza di una dorsale, avente direzione appenninica (Sud Sud-Est - Nord Nord-Ovest) e dal rilievo vulcanico del Monte Amiata.

La dorsale, che si estende dai monti del Chianti al Monte di Cetona per una lunghezza di circa 50 Km., fa parte di una struttura regionale costituita da nuclei calcarei di età mesozoica, caratterizzata da una serie di rilievi che, generalmente inferiori ai 600 m., raggiungono con il Monte di Cetona quota 1148 m. s.l.m.

I nuclei calcarei di età mesozoica, che rappresentano i picchi di una struttura continua in profondità, sono per lo più circondati da depositi più recenti prevalentemente argillosi.

Dal punto di vista strutturale la dorsale è stata determinata da una piega rovesciata e sovrascorsa verso Nord-Est durante la fase orogenetica dell'Appennino.

La discontinuità degli affioramenti dei nuclei calcarei è stata determinata dal diverso comportamento dei terreni mesozoici alle sollecitazioni tettoniche di cui sopra.

Una situazione a se stante è quella rappresentata dal gruppo del Monte Amiata costituito da rocce vulcaniche di età pliocenico-quadernaria che interessano la parte sommitale del Monte Amiata ed il piccolo affioramento di Radicofani.

Tra queste dorsali, ad andamento appenninico, si sono create vaste aree di depressione successivamente riempite da depositi di età pliocenica (Val di Chiana, Val d'Orcia ecc.).

Sotto il profilo orografico preponderanti sono le zone a carattere collinare con altitudine media compresa tra i 200 e i 600 m.; le restanti aree, a carattere tendenzialmente montuoso, interessano la parte sommitale della dorsale, con altitudini comprese tra i 600 e i 1000 m., e principalmente il gruppo del Monte Amiata.

Le aree a carattere montuoso sono costituite, nella dorsale, da calcari mesozoici, litotipi non facilmente erodibili e che quindi danno luogo a versanti con pendenze più accentuate, e da formazioni calcareo-argillose stratificate del Miocene; nel gruppo del

monte Amiata invece i terreni sono costituiti da rocce vulcaniche quaternarie e da formazioni calcareo argillose stratificate.

Nei terreni interessati dai calcari mesozoici i versanti si presentano con pendenze molto diverse a seconda che la vergenza degli strati sia opposta a quella del versante (pendenze accentuate con frane del tipo a "crollo" con stratificazione a "*reggipoggio*"), oppure uguale o maggiore di quella del versante stesso (blande pendenze a causa delle frane di tipo a "scoscendimento" o di "colata" con stratificazione a "*franapoggio*").

Le aree a carattere collinare si identificano essenzialmente con quelle ove affiorano terreni clastici di età neogenica, cioè quella serie di terreni i cui principali litotipi sono argillosi, sabbiosi e conglomeratici.

Dove prevalgono le argille il paesaggio assume l'aspetto tipico che trova la sua massima espressione nella Val d'Orcia; qui si hanno colline con profili dolci (mammellonati) alternate ad altre con pendici soggette a movimenti franosi dove l'azione di ruscellamento ha prodotto fenomeni di erosione calanchiva (*calanchi*) e fenomeni di sbiancatura di cupolette argillose (*biancane*). I litotipi sabbiosi e conglomeratici danno invece luogo a versanti con scarpate relativamente più ripide, talora con pareti verticali.

Le aree di pianura sono limitate ai fondovalle del Fiume Orcia, dove prevalgono depositi fluviali recenti, e della Val di Chiana dove sono presenti depositi quaternari fluvio-lacustri.

Le massime altitudini si hanno, lungo la dorsale, in corrispondenza del Monte di Cetona (1148 m.), del Poggio di Pietraporciana (847 m.), del Poggio Alaggia-I Poggiardelli (706 m.) e di Piazza di Siena (642 m.). Questi rilievi costituiscono il naturale spartiacque tra i bacini idrografici principali: Orcia e Chiana.

Nel gruppo del Monte Amiata si hanno vari rilievi che culminano con quota 1738 m. della vetta del Monte Amiata.

La morfologia dei bacini è stata fortemente influenzata dai tipi litologici presenti: profonde incisioni in presenza di rocce calcaree e conglomerati cementati; valli ampie in presenza di terreni sabbioso-argillosi (fiume Orcia, medio corso del T. Astrone ecc.). La presenza di materiali sabbiosi e ghiaiosi cementati, sottoposti a fenomeni erosivi, ha dato luogo a scarpate di erosione anche sub verticali come quelle a Sud-Est di Montepulciano,

a Nord Nord-Ovest di Chiusi, a Sus-Ovest di Pienza ed in prossimità del centro storico di Chianciano, generalmente note con il nome di "balze".

Di notevole importanza è la presenza, lungo la dorsale, delle formazioni travertinose recenti (in stretta relazione con le acque termo-minerali) che costituiscono la vasta area pianeggiante circostante il centro storico di Sarteano fino a Belverde (Cetona) ed il vasto affioramento che costituisce la placca Rapolano-Serre. Affioramenti travertinosi minori si hanno in prossimità di San Casciano, Chianciano, S.Albino ed Asciano. Al di fuori della dorsale sono presenti affioramenti di travertino in prossimità di Bagni San Filippo e di Bagno Vignoni.

Le classi di pendenza come evidenziate nella relativa carta sono state definite sulla base di quanto riportato nel DCR n° 94 del 12.02.1985 concernente le "Indagini geologico-tecniche di supporto alla pianificazione urbanistica". Le classi definite sono pertanto 7 ; di seguito viene riportata la suddivisione delle classi in funzione dei valori di pendenza relativi ai versanti analizzati con una precisione avente maglia quadrata di 5m x 5m:

classe 1 - comprende valori dal minimo dello 0% al massimo del 5%

classe 2 - comprende valori dal minimo del 5% al massimo del 10%

classe 3 - comprende valori dal minimo del 10% al massimo del 15%

classe 4 - comprende valori dal minimo del 15% al massimo del 25%

classe 5 - comprende valori dal minimo del 25% al massimo del 35%

classe 6 - comprende valori dal minimo del 35% al massimo del 55%

classe 7 - comprende valori dal minimo > del 55%

Come si può osservare dalla carta delle pendenze, la maggior parte del territorio comunale risulta interessata da pendenze relative alle classi 1 – 2 – 3 – 4 – 5.

### **3-GEOLOGIA(Tav. GEO 3)**

I caratteri morfologici trovano nella geologia, oltre che nelle azioni della dinamica esogena, uno dei più importanti fattori esplicativi.

Nell'area in esame affiorano formazioni geologiche che vanno dal Mesozoico al Quaternario recente . Le prime due formazioni, ovvero quella della successione toscana e quella della successione ligure, le più vecchie, si sono accavallate le une sulle altre in modo da formare questo settore di Appennino; esse provenivano da zone diverse tra loro ed entrambe diverse da quella nella quale oggi le troviamo. Le successioni toscana e ligure non sono giunte nella nostra area complete, ma prive di alcune loro formazioni ( “serie toscana ridotta”). Solo le formazioni del neautoctono, più recenti, si sono deposte nelle zone in cui si trovano dopo la formazione della catena appenninica. A partire dal Tortoniano superiore, dopo la compressione che aveva sollevato i terreni che oggi costituiscono la catena appenninica, si ebbe una distensione che determinò un profondo cambiamento della regione con zone depresse ( *graben*) e dorsali rialzate (*horst*), delimitati da faglie dirette, allungate secondo la direzione NO-SE., delimitando così i Bacini di Radicofani e della Val di Chiana.

La successione stratigrafica, procedendo dai terreni più antichi a quelli più recenti, è la seguente:

### **3-1-Successione toscana**

**Complesso calcareo evaporitico (Trias):** costituisce i rilievi del Monte di Cetona, del Poggio Bacherina e del Poggio Alaggia-Poggiardelli in prossimità di Chianciano, con piccoli affioramenti anche nei rilievi in prossimità di Montefollonico, Petroio, Castelmuzio e Montisi. Le formazioni appartenenti a questo raggruppamento si sono accumulate in un unico bacino di sedimentazione chiamato Bacino Toscano

In questo complesso è possibile distinguere:

- a) Formazione anidritica di Burano (BUR)- Norico-Retico**
- b) Calcare cavernoso (CCA)- Norico-Retico**
- c) Calcare a Rhaetavicula contorta (RET)- Retico**
- d) Formazione di Brolio (CE1)-Cretacico superiore**

**Formazione anidritica di Burano(BUR):** alternanza di gessi, dolomie e calcari

dolomitici: (presente nei dintorni di Chianciano lungo la valle dell'Astrone e in località la Macerina); il gesso ha un aspetto saccaroide, sbriciato, con venature di tipo fibroso, derivato per idratazioni dalle anidridi, un tempo sfruttato come materiale per edilizia; i calcari dolomitici sono grigio-scuri o nerastri, in banchi spessi circa un metro (Norico-Retico)

**Calcare cavernoso(CCA):** è un calcare grigio-scuro, brecciforme, con superfici tipicamente spugnose, spesso alterato in una breccia immersa in una polvere grigio-cenere dolomitica (“*cenerone*”). Gli affioramenti più significativi sono a ridosso dell’abitato di Chianciano Terme in loc. Rinascente (Norico-Retico)

**Calcare a Rhaetavicula contorta(RET):** presente principalmente in loc. P.Alaggia-Poggiardelli ed a Piazza di Siena-Trequanda); è un calcare nero fetido attraversato da un fitto reticolo di venature di calcite un tempo utilizzato come "*marmo*" ornamentale, con sottili e subordinate intercalazioni di marne grigio-scure (Retico).

**Formazione di Brolio (STO<sub>1</sub>):** affiora a Sud-Est della diga dell’Astrone; le rocce prevalenti sono le siltiti verdi, talora azzurrognole, marcatamente stratificate, con strati mediamente di 3-5 cm.; subordinatamente vi sono argilliti verdi e nere e rari calcari silicizzati, grigio-verdi, spessi 10-15 cm.(Cretacico superiore)

### **3-2 Successione ligure esterna**

Vi appartengono formazioni accumulate nel Bacino di sedimentazione Ligure, in particolare nella sua posizione più esterna, e successivamente traslate sulle formazioni toscane. Si distinguono:

**a) formazione della Pietraforte (PTF)- Cretacico superiore**

**b) formazione di Santa Fiora (FIA)- Cretacico superiore**

**Formazione della Pietraforte (PTF):** è presente principalmente ad Ovest ed a Nord del Monte Amiata ed in un piccolo affioramento in loc. Poderuccio-Pietraporciana al confine tra i comuni di Chianciano Terme. e di Sarteano. Questa formazione è costituita da una

alternanza di arenarie calcarifere e di argilliti siltose e con banchi di conglomerato poligenico a grana fine (Cicerchia). ( Cretacico superiore)

**Formazione di S.Fiora(FIA)-:** affiora con continuità da Chianciano T. fino a Sud di Castigliocello del Trinoro, lungo la dorsale che separa i bacini neogenici di Radicofani e della Val di Chiana; è costituita da argilliti foliettate con intercalati livelli litoidi di arenarie calcarifere, marne e calcari marnosi. ( Cretacico superiore)

### **3-3- neoautoctono toscano**

Vi appartengono quelle formazioni che a partire dal Tortoniano superiore, successivamente alla formazione della catena appenninica, si sedimentarono sulle formazioni sopra descritte.

- a) Breccie di Grotti (MESa)- Miocene superiore-Pliocene inferiore**
- b) Conglomerati della Foce (PLIb) –Pliocene inferiore**
- c)Argille di Lucciola Bella (FAA)–Pliocene inferiore e medio**
- d)Sabbie e sabbie argillose di Palazzo Bandino (FAAb) Pliocene medio**
- e) Sabbie di Casa Morelli (PLIs)- Pliocene medio**
- f) Calcare organogeno (PLIc)- Pliocene superiore**

**a) Breccia di Grotti(MESa):** affiora in Loc. Le Piane e a Nord\_Est della Diga Astrone. Trattasi di una formazione clastica, oligomitica, costituita da blocchi e talvolta ciottoli di calcare cavernoso e da litotipi della Formazione anidritica di Burano ( dolomia, anidride e gesso). Molto subordinati sono i clasti calcarei provenienti dalla Formazione di S. Fiora. I blocchi e i ciottoli sono scarsamente arrotondati con dimensioni che variano da pochi centimetri a ben oltre il metro; la matrice è sabbiosa e siltosa di colore grigio e giallo; l'insieme è mal cementato o non cementato affatto.( Miocene superiore-Pliocene inferiore)

**b) Conglomerati della Foce (PLIb):** affiorano estesamente nel margine orientale del bacino di Radicofani in Loc. Castelluccio- Pocce Lattaie; si presentano ben stratificati con strati spessi da 50 cm. a 5 m.; i ciottoli, prevalentemente calcarei, di dimensioni variabili(eterometrici) da pochi millimetri a un massimo di 60-70 cm., sono immersi in una matrice

sabbiosa; vi si rivengono Ostreidi, Pectinidi e altri bivalvi. (Pliocene inferiore)

**c) Argille di Lucciola Bella (FAA):** sono presenti principalmente nella valle del fiume Orcia e in alcune valli di erosione dei torrenti del bacino della Val di Chiana ad Est dell'abitato di Chianciano Terme; sono argille ed argille sabbioso-siltose di colore grigio azzurro, riccamente fossilifere (molluschi), a tratti con lenti di sabbia e livelli torbosi. (Pliocene inferiore e medio)

**d) Sabbie e sabbie argillose di Palazzo Bandino (FAAb):** affiorano ad Est dell'abitato di Chianciano Terme; sono prevalentemente di colore giallastro con Pectinidi ed in subordinate livelli e lenti di ghiaia. (Pliocene medio)

**e) Sabbie di Casa Morelli (PLIs):** costituiscono la parte sommitale dei rilievi collinari su cui sono sorti i centri abitati di Chiusi, Chianciano, Montepulciano, Pienza e Torrita. Di colore giallo oca e con dimensioni dei granuli da grossolana a media, raramente fine, con livelli molto addensati e/o cementati; presentano quasi sempre laminazione piano parallela con lamine distanti tra loro da 5 a 10 cm. ; frequente anche quella ondulata e incrociata. (Pliocene medio)

**f) Calcere organogeno (PLIc):** calcere bianco fossilifero presente in un unico affioramento di modeste dimensioni nei pressi di Poggio Bacherina (Pliocene superiore)

### **3-4- depositi continentali quaternari**

**a) travertini (f1a) (Quaternario)**

**b) depositi alluvionali (bn<sub>1</sub>) (Quaternario)**

**c) Depositi di versante ( a) (Quaternario)**

**d) Riporti (h) (Attuale)**

**Travertini (f1a)** – gli affioramenti più importanti sono localizzati nella zona di Rapolano-Serre, di Sarteano ed in quella di Belverde nel territorio di Cetona; piccole lenti sono presenti in varie località, tutte comunque in stretta relazione con le emergenze delle falde termominerali dei terreni Triassici (Bagni S.Filippo, Bagno Vignoni, Chianciano, Fonte Cornino, San Casciano, S.Albino ecc.). Il travertino, deposito di origine chimica per

precipitazione del carbonato di calcio, si presenta con abbondante componente clastica: per questo assume una colorazione giallognola ed è piuttosto friabile; se la componente terrigena è scarsa o assente assume una colorazione bianca ed è molto tenace. (Quaternario)

**Depositi alluvionali (bn<sub>1</sub>)**- presenti lungo i principali corsi d'acqua costituiscono la piana alluvionale della Val di Chiana e dei laghi di Chiusi e Montepulciano : sono costituiti da ciottolame e sabbie con limi ed argille. (Quaternario)

**Depositi di versante ( a )** - depositi di versante generici presenti lungo i margini della dorsale M. Cetona –Rapolano, formati dall'accumulo di frammenti di rocce provenienti da più formazioni o da un'unica formazione. (Quaternario)

**Riperti (h)**- accumulo di origine antropica di materiali vari di risulta (Attuale)

## **4- LITOLOGIA- SONDAGGI E DATI DI BASE (Tav. GEO 4)**

### **4-1 litologia**

Sono stati raggruppati in "unità litotecniche" quei litotipi che presentano caratteristiche tecniche simili, indipendentemente dalla posizione stratigrafica, dai relativi rapporti geometrici e dall'appartenenza a formazioni geologiche diverse. Le "unità litotecniche" riscontrate nell'area in esame sono riportate nella seguente tabella:

LEGENDA LITOTECNICA			LEGENDA GEOLOGICA				
CATEGORIA D.C.R. 94/85	DESCRIZIONE	DESCRIZIONE DI DETTAGLIO	CODICE	SIGLA CARTA GEOLOGICA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	CODICE CARTA LITOTECNICA	PESO ED INFLUENZA AI SENSI DEL P.T.C.P. PER LA STABILITA' POTENZIALE
1	LITOTIPI LAPIDEI	LITOTIPI A PREVALENZA CALCAREA FRATTURATI E/O STRATIFICATI	(1)	F1a	Travertino localmente alterato	1.1	7
1				BUR	Formazione di Burano	1.1	7
1				CCA	Calcarea cavernosa	1.1	7
1				PLIc	Calcari organogeni	1.1	8
1		LITOTIPI A PREVALENZA DOLOMITICA	(2)	RET	Calcari dolomitici grigio-scuri	1.2	8

2	SUCCESSIONI CON ALTERNANZE DI LITOTIPI LAPIDEI ED ARGILLOSI	LITOTIPI CON PREVALENTE COMPONENTE LAPIDEA	(1)	FIA	Santa Fiora	2.1	6
2			(1)	PTF	Pietraforte arenarie quarzose	2.1	8
2		LITOTIPI CON PREVALENTE COMPONENTE PELITICA	(2)	STO1	Formazione di Brolio	2.2	6

3	SUCCESSIONI CONGLOMERATICHE (O GHIAIOSE) -SABBIOSE - ARGILLOSE	DEPOSITI PLIOCENICI A PREVALENZA DI SABBIE	(1)	FAAb	Sabbie e sabbie argillose	3.1	5
3		DEPOSITI PLIOCENICI A PREVALENZA DI SABBIE	(1)	PLIs	Sabbie Gialle e Ghiaie	3.1	6
3		DEPOSITI PLIOCENICI A PREVALENZA DI ARGILLE	(2)	FAA	Argille e argille sabbiose	3.2	4
3		DEPOSITI CONGLOMERATICI E BRECCIE	(3)	PLIb-MESa	Ciottolame e ghiaia	3.3	7
3		DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI E TERRAZZATI, CONOIDI ALLUVIONALI	(4)	bn1	Alluvioni	3.4	9
3		DETRITI DI VERSANTE, RIPORTI, ACCUMULI DI FRANA E DEPOSITI ELIO-COLLUVIALI	(5)	H	Riporti recenti ed attuali	3.5	1
3		DETRITI DI VERSANTE, RIPORTI, ACCUMULI DI FRANA E DEPOSITI ELIO-COLLUVIALI	(5)	a	Depositati di versante	3.5	4

#### 1- SUCCESSIONE DI LITOTIPI LAPIDEI :

**1-litotipi a prevalenza calcarea fratturati e/o stratificati ( F1a-BUR-CCA-PLIc) con rari interstrati argillosi in assetto ordinato con buone proprietà meccaniche. Le caratteristiche meccaniche di tale classe diminuiscono però fortemente all'aumentare del**

grado di alterazione e del grado di fratturazione;

**2- litotipi a prevalenza calcarea dolomitica (RET)** Strati lapidei massivi fratturati con buone proprietà meccaniche. Le caratteristiche meccaniche di tale classe diminuiscono però fortemente all'aumentare del grado di alterazione e di fratturazione.

## 2- SUCCESSIONE DI ALTERNANZE DI LITOTIPI LAPIDEI E ARGILLOSI

**1- litotipi con prevalente componente lapidea ( FIA-PTF)** Strati lapidei fratturati e con ridotti interstrati argillosi in assetto ordinato. Arenarie e calciruditi con intercalazioni argillitiche e siltitiche con buone proprietà meccaniche. Le caratteristiche meccaniche di tale classe diminuiscono però fortemente all'aumentare del grado di alterazione e della potenza degli strati argilloso-siltosi oltre che all'aumentare del grado di fratturazione.

**2- litotipi con prevalente componente pelitica (FIA-STO1)** le rocce prevalenti sono siltiti marcatamente stratificate, con strati mediamente di 3-5 cm.; subordinatamente vi sono argilliti verdi e nere e rari calcari silicizzati. Le caratteristiche meccaniche sono medio-basse diminuiscono però fortemente all'aumentare del grado di alterazione e della potenza degli strati argilloso-siltosi.

## 3- SUCCESSIONI CONGLOMERATICHE (O GHIAIOSE)-SABBIOSO-ARGILLOSE

### 1 - **depositi pliocenici a prevalenza ghiaie, sabbie e sabbie argillose (FAAb-PLIs)**

Depositi eterogenei (ghiaie eterometriche e sabbie) le cui caratteristiche tecniche sono associate strettamente alle condizioni al contorno. In genere si presentano in banchi o lenti e le ghiaie e sabbie sono in grande prevalenza su argille e limi; questi depositi presentano caratteristiche fisico-meccaniche dipendenti dalle condizioni locali, quali in particolare la granulometria e la percentuale di materiali fini (essenzialmente frazione argillosa). Le caratteristiche fisico-meccaniche di questi terreni sono generalmente discrete, ma peggiorano considerevolmente in aumento della frazione argillosa ed in presenza d'acqua.

**2 - depositi pliocenici a prevalenza di argillose ed argille sabbiose (FAA)** Depositi coerenti costituiti da materiale prevalentemente argilloso con livelli decimetrici di siltiti le cui caratteristiche meccaniche peggiorano all'aumentare del contenuto d'acqua.

- 3 - **depositi conglomeratici e breccie (PLib-MESa)** Relativamente alla frazione ghiaiosa la matrice dei livelli a ciottoli è generalmente mal classata. Il materiale è classificabile come una miscela di ghiaie e sabbie alternate a livelli di ghiaie limose e miscele di ghiaia , sabbia, limo in banchi irregolari più o meno cementati. Le caratteristiche fisico-meccaniche di questi terreni sono generalmente molto buone.
- 4 - **depositi alluvionali attuali e terrazzati, conoidi alluvionali** (nb1) Depositi incoerenti costituiti da materiali grossolani e fini presenti lungo gli alvei dei corsi d'acqua. derivante dalla deposizione di materiali trasportati dalle acque
- 5 - **detriti di versante, riporti , accumuli di frane e depositi elio-colluviali** (h-a Depositi incoerenti costituiti da materiali litoidi spigolosi a pezzatura diversa immersa in matrice fine derivante da azioni antropiche o dal disfacimento delle formazioni limitrofe ed accumulatisi ai piedi dei versanti per azione gravitativa o lungo le pendici dei versanti per alterazione chimico fisica dei terreni e conseguente rimobilitazione degli stessi.

#### **4-2 Sondaggi e dati di base**

La carta dei sondaggi e dati di base è stata redatta in base ai dati dell'archivio personale ed alla documentazione reperiti presso l'archivio del Comune riguardanti le indagini geognostiche eseguite nella zona oggetto di studio. I dati di archivio reperiti (circa \*\*\*\*\*) sono stati rappresentati in carta indicando l'ubicazione della singola prova, a cui è stato assegnato un codice numerico progressivo ed una simbologia di riferimento in relazione anche alla tipologia d'indagine:

- a.  Prove penetrometriche dinamiche;
-  Prove penetrometriche statiche;
-  Sondaggio a carotaggio continuo;
- b.  Sondaggio a carotaggio continuo con analisi di laboratorio e SPT

Nella tavola in formato digitale cliccando sul punto d'indagine compare una finestra nella quale è riportato in modo sintetico la prova o la stratigrafia con le caratteristiche fisico-meccaniche. A corredo della tavola sono state redatte come allegati cartacei n° 603 stratigrafie e n° 237 prove penetrometriche con riportata anche la numerazione relativa all'ubicazione.

Sempre negli stessi allegati sono riportate due tabelle con i parametri geotecnici più significativi dei materiali coesivi ed incoerenti.

## **5-IDOGEOLOGIA E VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI (Tav. GEO 5 e Tav.GEO 6)**

### **5-1 Bacino termale**

Lo studio idrogeologico, per la salvaguardia del patrimonio termominerale, estesa ai territori dei comuni di San Casciano, Cetona, Chiusi, Sarteano, Chianciano, Radicofani, Abbadia S.Salvatore, Piancastagnaio, Castiglion d'Orcia, Pienza, Montepulciano, Trequanda, San Quirico d'Orcia, San Giovanni d'Asso, Torrita, Sinalunga e Rapolano, ha avuto carattere interdisciplinare fra i seguenti settori di ricerca: geomorfologia, litologia e idrogeologia.

Le elaborazioni di cui sopra hanno portato alla stesura di una carta idrogeologica (scala 1:200.000 –Bacino Terme-minerale - fig. 1 e fig. 2) in cui sono riportate le principali sorgenti minerali e termominerali ed a una sezione idrogeologica comprendente l'intero bacino, dalla quale, come in seguito verrà meglio descritto, si può comprendere l'unicità del bacino termo-minerale.

**BACINO TERMO-MINERALE  
DELLA PARTE ORIENTALE DELLA PROVINCIA DI SIENA**

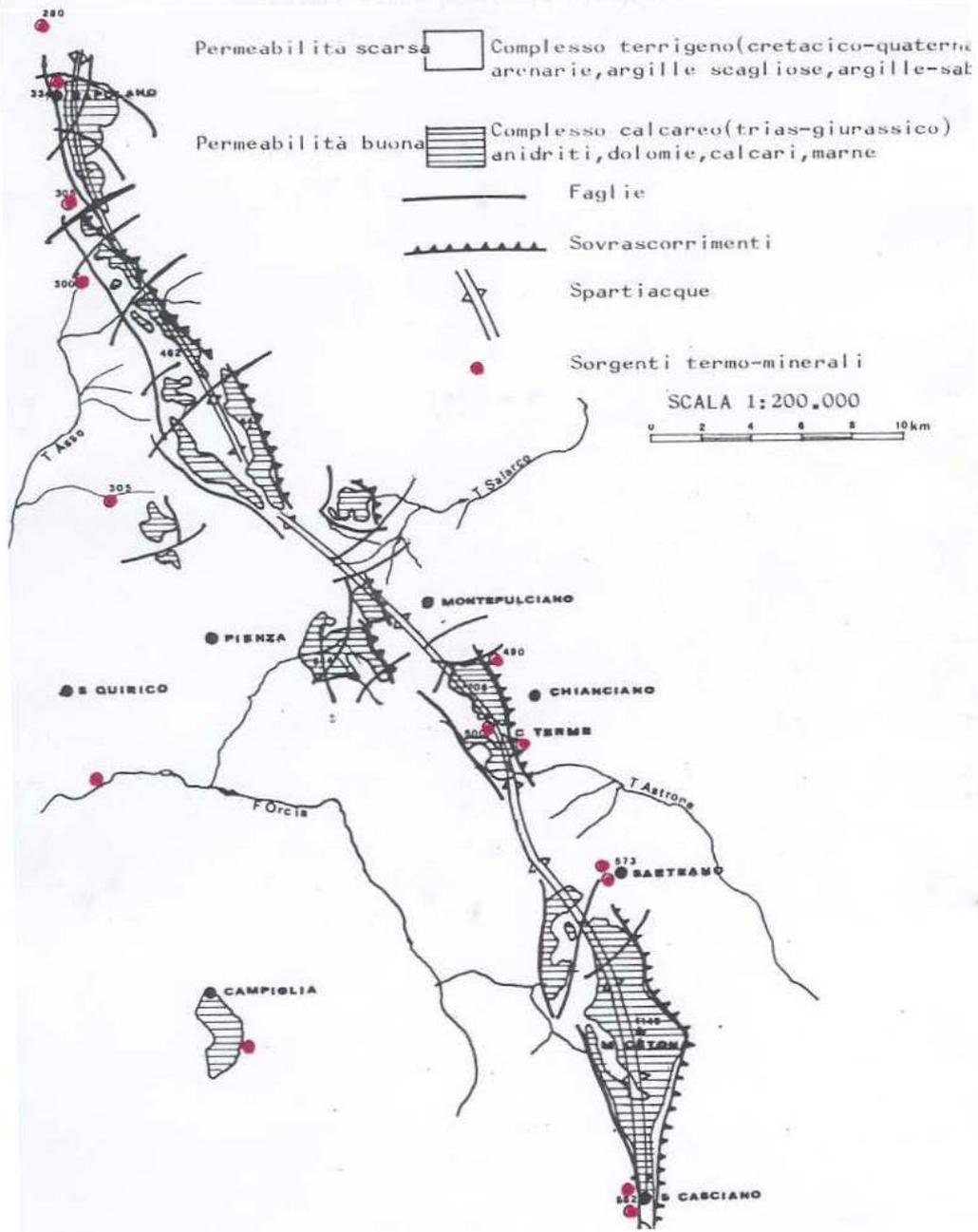


Fig. 1

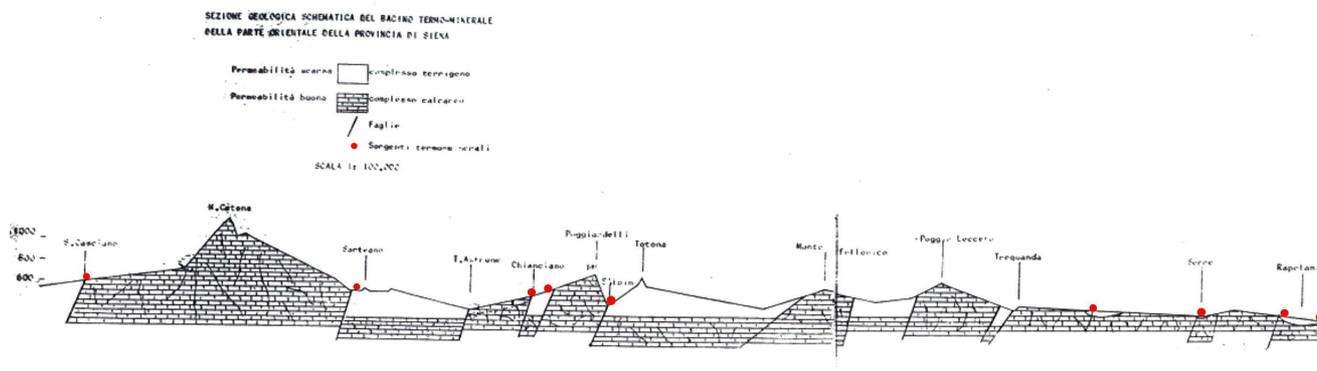


Fig. 2

## 5-2 La falda termale

I calcari triassici e cretacei, le sabbie, le ghiaie, i conglomerati ed i travertini e le vulcaniti, nonché i depositi continentali fluvio-lacustri, costituiscono gli acquiferi della zona.

Nella carta del bacino termo-minerale ( fig. 1) si sono distinti i terreni a

- PERMEABILITÀ SCARSA complesso terrigeno costituito da arenarie, argille scagliose, argille e sabbie;
- PERMEABILITÀ BUONA complesso calcareo costituito da anidriti, dolomie e calcari.

Questo ultimo complesso e' caratterizzato da una permeabilità in grande per carsismo, e da una permeabilità buona per fratturazione. Dove affiora, rappresenta aree di assorbimento e conseguentemente di ricarica idraulico, mentre quando e' coperto da una coltre impermeabile di adeguato spessore, costituisce il serbatoio principale al quale sono connesse le manifestazioni idrotermali di tutta l'area.

I calcari triassici, a causa dell'elevato grado di fessurazione e l'evidente carsismo, sono sede di una falda profonda altamente mineralizzata e termale che risale in superficie attraverso profonde fratture delle rocce (faglie) e alimenta le sorgenti termo-minerali ( vedi fig. 2).

Le falde che scaturiscono dagli altri acquiferi (sabbie e ghiaia) ed in parte dalle vulcaniti sono per lo più fredde e sfruttate come acque per uso potabile.

L'elenco delle sorgenti e' riportato nella tabella seguente con indicato il Comune, il nome, la quota sul l.d.m., la temperatura, la salinità, la portata e note sul tipo di sfruttamento.

S O R G E N T I   E   S O R G E N T I   T E R M A L I

n°	COMUNE	DENOMINAZIONE	quota s.l.m	T °C	salini- tita', mg/l	portata l/s	NOTE
1	PIANCASTAGNAIO	LE VENE	727	11.5	---	---	
2	S.FIORA	LE BAGNORE	725	21.3	170	---	STAB. TERMALE
3	ABBADIA S.SALVATORE	ACQUA PASSANTE	1052	11.0	---	---	
4A	CASTIGLION D'ORCIA	ERMICCIOLO (VIVO)	1040	8.0	100	250	ACQUEDOTTO
4B							
5	CASTIGLION D'ORCIA	BAGNI SAN FILIPPO	525	49.0	4.000	---	STAB. TERMALE
6	SAN CASCIANO BAGNI	BAGNO GRANDE	500	40.6	2.300	11	STAB. TERMALE
7	SARTEANO	SPINETA	640	11.0	---	40	ACQUEDOTTO
8	SARTEANO	MOLIN MARTELLO	520	23.8	1.700	200	PISCINE TERMALI
9	SARTEANO	LE CANALETTE	520	23.7	1.500	3	
10	CHIANCIANO	FUCOLI	434	16.6	2.600	1	STAB. TERMALE
11	CHIANCIANO	MACERINA	450	16.0	3.470	3	
12	CHIANCIANO	ACQUASANTA	440	33.0	3.690	1	STAB. TERMALE
13	CHIANCIANO	SILLENE	500	38.0	3.250	12	STAB. TERMALE
14	CHIANCIANO	S.ELENA	480	10.2	404	0.1	STAB. TERMALE
15	MONTEPULCIANO	S.ALBINO	495	19.0	1.130	---	STAB. TERMALE
16	S.QUIRICO	BAGNO VIGNONI	303	41.2	4.021	20	PISCINE TERMALI
17	S.GIOVANNI D'ASSO	T. TRONA	280	22.2	3.320	2	
18	S.GIOVANNI D'ASSO	BAGNACCIO	305	27.2	3.352	2.4	
19	ASCIANO	MONTALCETO	285	33.0	2.640	0.5	
20	ASCIANO	ACQUA PASSANTE	305	24.0	1.471	0.4	
21	RAPOLANO	CAVA PARADISO	305	27.0	---	---	
22	RAPOLANO	CAVA QUERCIAIOLA	305	33.5	2.611	---	
23	RAPOLANO	TERME S.GIOVANNI	280	38.5	5.200	19	STAB. TERMALE
24	RAPOLANO	TERME QUERCIAIOLA	294	38.0	3.278	---	STAB. TERMALE
25	RAPOLANO	BAGNI FREDDI	285	29.3	4.472	0.3	STAB. TERMALE

Da notare come le quote di emergenza decrescano da Sud verso Nord. Le temperature maggiori si hanno a Bagni S. Filippo con 49 gradi centigradi ed a Bagno Vignoni con 41.2 gradi; qui si hanno anche salinità superiori a 4000 mg/l. Il maggior contenuto in sali si ha nelle acque di Rapolano (Terme S. Giovanni 5200 mg/l e Bagni Freddi 4470 mg/l). Le maggiori portate si hanno a Sarteano con circa 300 l/sec. Da notare l'esigua portata 0.8 dell'Acqua Santa e la irrisoria portata della Sorgente S.Elena.

Nella fig. 2 bis sono ubicate le varie sorgenti distinte in base alla loro termalità:

-SORGENTI CON  $T < 15$  GRADI CENTIGRADI

-SORGENTI CON  $T 15-35$  GRADI CENTIGRADI

-SORGENTI CON  $T > 35$  GRADI CENTIGRADI

S O R G E N T I M I N E R A L I E T E R M O - M I N E R A L I

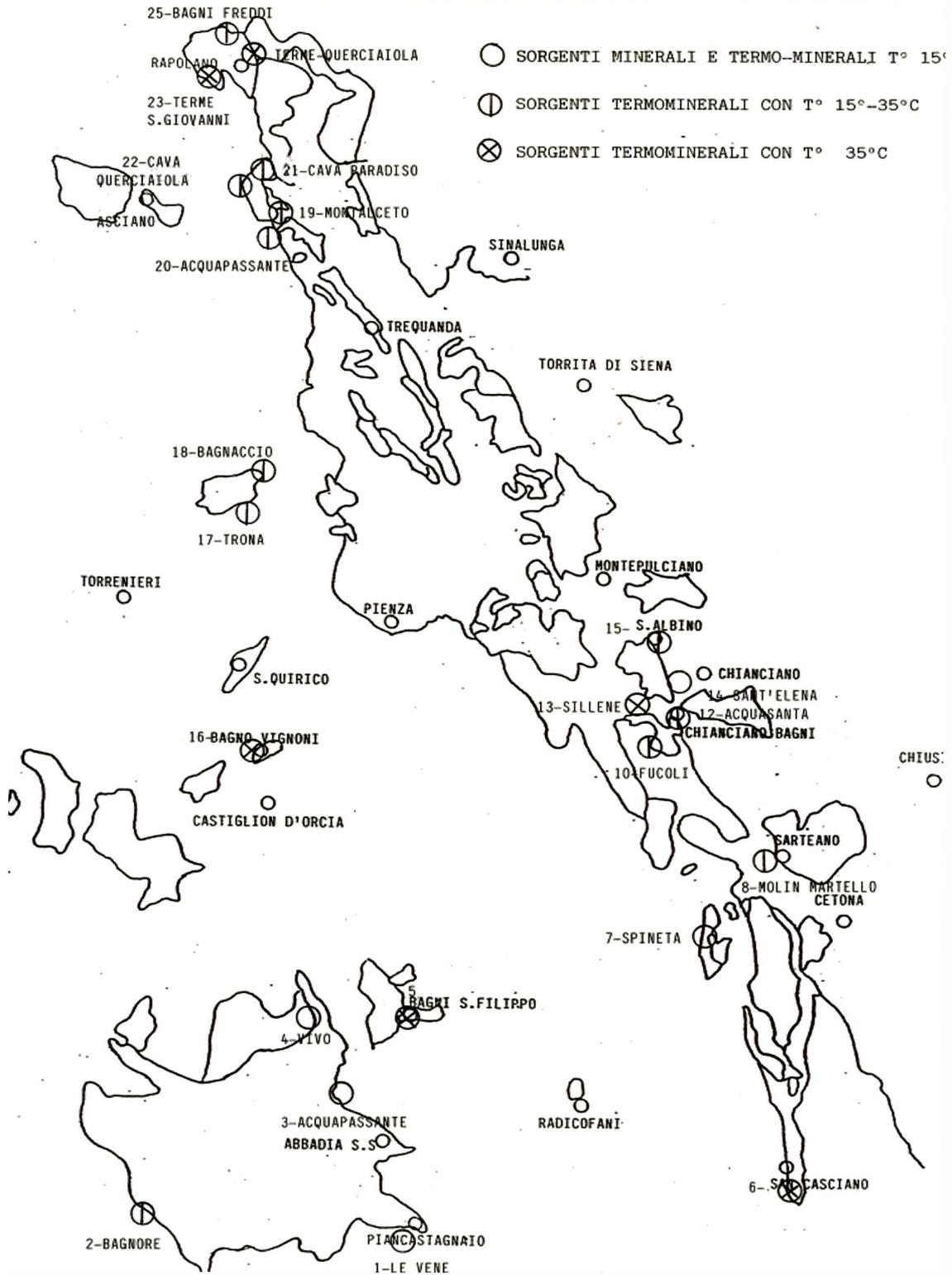


Fig. 2 bis

Mentre per alcune acque la termalità può essere messa in relazione oltre che con il gradiente geotermico, (aumento della temperatura di 3 gradi centigradi ogni 100 m. di profondità) ed anche con reazioni di idratazione di anidrite-gesso (fenomeno identico all'idratazione del gesso o della calce), si ritiene che per le sorgenti Bagno Vignoni e S. Filippo si possa ricollegare l'elevata termalità al campo geotermico amiatino che alimenta i "soffioni" sfruttati per produrre energia elettrica.

Anche se le variazioni di temperatura delle varie sorgenti sono da mettere in relazione con vari meccanismi, quali diverso cammino sotterraneo prima dell'emergenza, diversa conducibilità delle rocce attraversate o mescolamento con acque superficiali, e' stato tuttavia riscontrato un aumento della termalità da Sud verso Nord lungo la dorsale S. Casciano - Rapolano.

Secondo uno studio del 1975 di FANCELLI e NUTI sulle acque termali della provincia di Siena, la dorsale S. Casciano-Rapolano e' costituita da una piega anticlinale rovesciata e sovrascorsa verso Nord-Est con fronte discontinuo; tale situazione si riflette sulla idrogeologia di tutta la zona.

Infatti e' possibile ipotizzare per tutte le acque termo-minerali che scaturiscono tra S. Casciano e Rapolano uno schema di circolazione unitaria dal quale traggono origine (fig. 2)

Le acque meteoriche, infiltrandosi nelle formazioni carbonatiche aventi permeabilità per fessurazione, scendono in profondità, si riscaldano e risalgono per gradiente idrodinamico lungo le fratture (faglie). Queste faglie sono disposte lungo la dorsale sia in direzione appenninica che contrappenninica.

I sopra menzionati autori hanno riconosciuto (in base ai dati isotopici del deuterio dO18) come sede di alimentazione del sistema, gli affioramenti calcarei ed anidritici; hanno così potuto ipotizzare che la circolazione idrica in profondità di svolge seguendo una direttrice principale S.Casciano-Rapolano. Tale deflusso e' obbligato sia dall'assetto strutturale che dall'andamento delle quote medie delle aree di alimentazione.

L'acqua in questa circolazione assume, attraverso le formazioni calcaree fortemente fessurate e fratturate costituenti il serbatoio profondo, le caratteristiche chimiche che vengono rilevate all'emergenza.

Questa ipotesi della circolazione profonda viene avvalorata dalle temperature del sottosuolo, stimate con il metodo dei geotermometri: uno è quello della silice ( $\text{SiO}_2$ ) che si basa sulla determinazione sperimentale della solubilità della silice nell'acqua in funzione della temperatura, l'altro basato sulle concentrazioni molari del Na-K-Ca delle acque naturali. Tali stime indicano che per la dorsale S. Casciano-Rapolano le temperature aumentano da Sud verso Nord. L'acqua, infatti, diviene sempre più calda tanto più ci si allontana dall'area di ricarica.

### ***5-3 Classificazione delle sorgenti e loro interrelazioni***

#### **5-3-1 Analisi chimica delle acque**

Nella tabella che segue sono riportate le analisi chimiche delle varie acque nella quale i maggiori costituenti e la salinità totale vengono espresse in parti per mille (ppm).

TABELLA 2  
ANALISI CHIMICHE DELLE ACQUE

No. rif.	Data prelievo	pH	Salinità	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SiO <sub>2</sub>
1*	Marzo '56	6,9	565	150	30	16		24	110	470	—
2a	17.7.73	—	990	246	67	32	1	41	66	1019	25
2b	17.7.73	7,4	929	230	35	54	2	32	154	773	34
3	21.9.73	6,6	1257	336	34	27	2	20	414	710	69
4	17.7.73	6,2	10902	436	19	3460	290	4920	1050	1317	56
5*	3.11.55	—	18910	200	700	5956		9213	280	5120	—
6a	18.7.73	—	—	—	—	57	10	45	124	—	20
RAPOLANO Casetta	6b**	3.6.71	—	354	62	32	1	17	36	366	—
	6c**	3.6.71	6,4	5082	1040	243	437	28	391	1296	28
Bagni Freddi	6d**	3.6.71	6,4	4472	1040	86	391	32	355	1440	2257
Antica Querciaio	6e**	3.6.71	6,4	3278	660	182	205	27	199	816	2380
	6f**	3.6.71	7,6	188	40	12	7	1	11	32	171
	6g**	3.6.71	6,2	1285	360	44	53	10	64	144	1220
	6h**	3.6.71	7,0	1443	260	60	152	11	270	355	671
Terme S. Giovanni	6i**	3.6.71	6,3	5201	1060	219	460	28	391	1488	3110
	6l	28.7.73	6,5	2833	438	138	175	22	147	672	1417
	6m	28.7.73	—	2400	510	106	184	38	130	668	1750
SERRE Cava Paradiso	7a**	3.1.71	6,6	2611	600	146	140	14	163	672	1952
Cava Querciaio	7b**	3.6.71	6,3	2417	600	62	92	12	138	720	1586
	8**	3.6.71	6,3	1471	440	96	76	11	67	480	1403
MONTALCETO	9**	3.6.71	6,4	2640	600	122	87	14	117	816	1769
	10*	12.1.56	6,2	5520	120	60	1435		2215	1400	580
BAGNACCIO	11a	18.7.73	6,4	3353	704	200	67	20	65	1755	1025
TRONA	11b	18.7.73	6,3	3320	708	190	71	21	63	1697	1075
S. ALBINO	12	28.4.69	—	1130	196	52	11	4	25	375	451
CHIASCIANO Macerina	13a	28.4.69	—	3470	671	117	14	4	32	1657	555
Acqua Santa	13b	28.4.69	—	3338	750	162	28	4	36	1950	872
ACQUA SILLENE	13c	28.4.69	—	2937	644	140	16	4	21	1735	750
S. Elena	13d	2.4.70	—	404	112	10	28	1	32	38	345
SARTEANO Molin Martello	14a	15.9.73	7,3	1692	372	97	12	2	13	973	400
Canalette	14b	15.9.73	7,3	1481	353	65	11	2	11	910	257
Acqua Forte	14c	28.4.69	—	1490	346	49	18		11	170	982
Colombaio	14d	28.4.69	—	1380	264	68	5		14	605	323
S. CASCIANO	15a	12.9.73	7,3	2271	440	131	73	7	115	1316	331
	15b	12.9.73	7,3	2374	465	131	77	7	131	1364	340
	15c	21.6.69	7,1	2363	468	123	64	4	92	1460	305
Piscina	15d	12.9.73	7,5	2301	436	145	70	7	104	1316	401
	15e	12.9.73	7,6	2190	412	133	61	5	95	1446	241
	15f	12.9.73	7,5	2220	420	133	65	5	98	1327	281
S. Lucia	15g	12.9.73	7,5	2218	432	123	65	6	104	1362	206
Bagno Grande	15h	14.9.73	7,6	2200	416	130	61	6	92	1352	223
	15i	14.9.73	7,5	2100	412	115	62	6	93	1281	218
	15l	14.9.73	7,4	2123	418	119	60	4	95	1295	227
	15m	14.9.73	7,5	2143	422	120	63	4	99	1293	249
S. Bernardino	15n	28.4.69	—	800	160	39	7		18	187	433
BAGNI SAN FILIPPO	16a	28.4.69	7,1	3530	846	190	18	8	14	1508	1891
ACQUA SANTA	16b	28.4.69	—	1657	400	90	14	4	11	727	823
BAGNO VIGNONI	17	18.9.73	7,6	3500	704	204	96	22	71	1865	980
	18	19.9.73	7,8	4790	73	59	1626	23	2175	740	193

Analisi (\*) in FRANCALANCI (1959); (\*\*) in CIPRIANI *et alii* (1972).

La temperatura indicata per ogni manifestazione, quando questa presenta più emergenze, è la più alta tra quelle osservate; per le manifestazioni che hanno temperature non costantemente superiori a quella media annua della zona si è preferito adottare la dicitura « temperatura ambiente ».

Queste analisi hanno permesso di raggruppare le acque nelle seguenti famiglie geochimiche:

**-Solfato-Bicarbonato-Calcica**

Questa famiglia ha come componente principale lo ione  $\text{SO}_4^{2-}$  seguito dallo anione  $\text{HCO}_3^-$  e dal catione  $\text{Ca}^{++}$ . Vi appartengono le sorgenti di: S.Giovanni D'Asso, Chianciano, Sarteano, S.Casciano dei Bagni, Bagno Vignoni e Bagni S. Filippo

**-Bicarbonato-Solfato-Calcica**

Ne fanno parte le acque minerali fredde S. Elena, il Colombaio di Sarteano, S. Bernardino di S. Casciano Bagni e quelle termali di Rapolano e Serre di Rapolano. . Rispetto alla famiglia precedente si ha l'inversione di importanza tra lo ione  $\text{HCO}_3^-$  e lo ione  $\text{SO}_4^{2-}$ . Le acque fredde hanno salinità inferiore a 1500 ppm mentre quelle termali raggiungono 5.200 ppm nel pozzo delle terme di S.Giovanni.

La differenza tra questi due gruppi si può spiegare con l'appartenenza a due diversi tipi di circolazione: lo scarso contenuto salino delle prime acque deriverebbe da una circolazione più superficiale con tempi brevi di permanenza nel sottosuolo che non consente loro di caricarsi di sali; per il secondo gruppo si avrebbe una circolazione più profonda con tempi maggiori di permanenza nel sottosuolo che rende possibile una maggiore acquisizione di sali. Per questa famiglia di acque si può ipotizzare che tutte derivino da un'unica acqua mineralizzata diluita più o meno con apporti superficiali non mineralizzati. Le acque più diluite sono quelle di Sarteano con temperatura 24 gradi e notevoli portate (300 l/sec). Più saline delle precedenti e con temperature più elevate 35-42 gradi sono le acque di S. Casciano. La salinità ha ulteriore incremento in quelle di Chianciano per raggiungere il valore massimo nell'acqua di Bagno Vignoni. Naturalmente vi sono delle eccezioni ed anomalie spiegabili con mescolamenti con acque superficiali o con precipitazione di  $\text{CaCO}_3$ . Inoltre il chimismo di un'acqua è strettamente legato alla natura dei terreni che attraversa. Pertanto le acque prevalentemente solfate hanno potuto acquisire un tenore elevato in ione solforico circolando nella formazione anidritica triassica, mentre quelle bicarbonate hanno acquisito la loro composizione attraverso una circolazione che si svolge prevalentemente nei terreni calcarei della formazione mesozoica;

questa ultima formazione emerge nella parte Nord della dorsale (Rapolano) mentre nella parte centrale (Chianciano-Poggiardelli-Montefollonico) si hanno le emergenze solfatiche.

### 5-3-2 Considerazione sui dati isotopici

Per individuare la provenienza di un'acqua che alimenta una circolazione profonda e' necessario fare una serie di osservazioni di idrogeologia isotopica che permettono di stabilire il legame tra la composizione isotopica di un'acqua emergente (rapporto O18/O16) e la quota media dell'area in cui e' avvenuta la precipitazione.

Per determinare il tempo di permanenza di un'acqua nel sottosuolo si ricorre al metodo del tritio, isotopo radioattivo dell'idrogeno di massa 3, H3. Questo e' costantemente prodotto nell'atmosfera da fenomeni naturali; il contenuto in tritio delle piogge e' in equilibrio con quello atmosferico. Pertanto nell'acqua di precipitazione che si infiltra nel sottosuolo il contenuto in tritio comincia a diminuire per effetto del decadimento non essendo esso compensato da nuovi apporti; poiché il tempo di dimezzamento del tritio e' di 12.26 anni ed essendo noto il contenuto in tritio nei vari anni e' possibile, quindi, ricavare indicazioni sul tempo di permanenza delle acque nel sottosuolo.

### 5-3-3 Analisi chimico-fisiche delle sorgenti di Chianciano

Prendendo più specificatamente in esame le acque termo-minerali di Chianciano

CARATTERISTICHE CHIMICO FISICHE DELLE SORGENTI TERMO-MINERALI DI CHIANCIANO TERME															
Denominazione	T C°	Q l/s	Quota m.s.l.m	O <sup>-18</sup>	pH	Salinità (mg/l)	Ca <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SiO <sub>2</sub>	
ACQUA SANTA	33,4	0,8	440	-7,9	6,15	3.338	7,5	162	28	4	36	1950	872	26	Solfato-bicarbonato-calcica
ACQUA SILLENE	38,9	20	500	-7,7		2.937	6,44	140	16	4	21	1735	750		Solfato-alcalina-terrosa
ACQUA MACERINA	16	3	475	-7,6		3.470	6,71	117	14	4	32	1657	555		Solfato-bicarbonato-calcica
ACQUA S. ELENA	13,2	0,12	485		7,29	404	112	10	28	1	32	38	345	11	Bicarbonato-alcalina-terrosa

vediamo che, analizzando il rapporto tra  $\text{SO}_4$  e salinità abbiamo:

Acqua Santa =SO<sub>4</sub>/sal.tot= 0.584

Acqua Sillene = " = 0.590

Acqua Macerina = " = 0.477

Acqua S: Elena = " = 0.09

Il valore del rapporto delle prime 3 sorgenti, superiore alla media di tutto il bacino (0.340), rivela che siamo in presenza di una circolazione profonda, con tempi di permanenza dell'acqua nel sottosuolo molto lunghi, che rendono possibile una maggiore acquisizione di sali.

Mentre le prime 3 acque, prevalentemente solfate, hanno potuto acquisire un elevato ione solforico (rispettivamente 1950-1735-1657 mg/l) circolando nella formazione anidritica triassica, l'acqua di S. Elena, bicarbonato-alcalino-calcica, essendo un'acqua superficiale (falda sospesa nella formazione pliocenica superiore), per la sua ridotta permanenza nel terreno, ha un arricchimento in tale ione molto ridotto (326 mg/l); conferma di ciò è data anche dalla sua temperatura all'emergenza di 13.2 gradi.

I valori di dO<sub>18</sub>=-7.9 della sorgente Acqua Santa, di dO<sub>18</sub>=-7.7 dell'acqua Sillene e dO<sub>18</sub> = -7.6 dell'acqua Macerina, considerando che la pioggia media per la quota di Chianciano ha un dO<sub>18</sub>=-7.0 e che il gradiente isotopico regionale è ' -0.22% dO<sub>18</sub> ogni 100 m. (Fancelli-Nuti 1975), si deduce che l'area di ricarica deve trovarsi ad una quota media di 700-900 m. Tale area risponde benissimo agli affioramenti calcareo-dolomitici sia del monte di Cetona e sue pendici che dei Poggiardelli. Analoga considerazione è stata fatta per le acque di Rapolano per le quali i suddetti autori hanno dedotto che l'area di ricarica deve trovarsi ad una quota media di circa 400 m. superiore a quella del punto di campionamento (300 m. Rapolano). Ne consegue che quelle acque devono provenire da affioramenti che si trovano a quote superiori ai 700 m. e quindi dai rilievi calcari dei Poggiardelli e M. Cetona.

La ridotta temperatura della sorgente Macerina (16 gradi), superiore tuttavia alla temperatura media annuale (13.7 gradi), potrebbe essere determinata dalla diversa conducibilità termica delle rocce attraversate dall'acqua o dall'espansione dei gas che si liberano sotto forma di bollicine o da fattori che, influenzando sulla velocità di circolazione dell'acqua, possono aumentare i tempi di contatto con le pareti fredde dei canali entro cui

l'acqua scorre.

Un esame del contenuto in tritio, misurato da Fancelli e Nuti su alcune acque di Rapolano (Terme S. Giovanni) ha dato valori che indicano che siamo in presenza di acqua vecchia di almeno 20 anni, cioè necessitano più di 20 anni all'acqua per raggiungere il punto di campionamento dal punto di ricarica.

Da tutto quanto sopra risulta evidente l'unicità del bacino termo-minerale lungo la dorsale S.Casciano dei Bagni- Rapolano e quindi l'importanza che assumono i terreni calcarei triassici in quanto sede e bacino di alimentazione delle falde termo-minerali

### **5-3-4 Problemi di protezione e igiene delle sorgenti termo-minerali**

Nella nostra provincia non è difficile riscontrare, anche se in misura ridotta, quegli stessi fenomeni di inquinamento dell'acqua, del suolo ed in alcuni casi anche dell'aria che si riscontrano ovunque.

Anche se il nostro territorio sembra, per mancanza di grandi infrastrutture industriali, non soffrire gravi problemi di inquinamento, tuttavia in tempi brevissimi si sono verificati fenomeni di trasformazione dell'habitat biologico, che si possono, sia pure sommariamente, riassumere in:

- abbandono delle zone collinari e montane con mancanza di interventi sull'assetto idrogeologico del territorio;

- degradazione delle opere elementari di regimazione delle acque;

- diffusione in alcune zone di monoculture e soprattutto uso indiscriminato in agricoltura di antiparassitari tossici e diserbanti che, a causa del dilavamento delle piogge, possono raggiungere sia le falde acquifere che i corsi d'acqua;

- inquinamenti di natura organica, provenienti da allevamenti zooagricoli;

- liquami di provenienza domestica e urbana con forti componenti di detersivi non biodegradabili, oli minerali e rifiuti di vario tipo e composizione;

- rapida espansione degli agglomerati residenziali ed irrazionali insediamenti industriali con distruzione delle aree verdi adiacenti alle zone abitative, come conseguenza di una

mancata disciplina urbanistica;

-movimenti di terra ed attività estrattive;

-moltiplicazione dei rifiuti solidi e liquidi;

-aumento del fabbisogno idropotabile in collegamento alla crescita dei bisogni civili della società:

-largo uso di detergenti;

-scarico di sostanze tossiche nell'atmosfera;

L'armonia di un tempo dei fattori ambientali (aria, acqua e suolo), che stava alla base della salute individuale, oggi è turbata dalla continua e crescente dispersione nell'ambiente dei più diversi tipi di rifiuti e residui; il tutto avviene in tempi così ristretti e raggiunge concentrazioni e volumi di tale entità da superare le pur rilevanti capacità di autodepurazione ambientale.

### **5-3-5 -Inquinamento**

Mentre l'inquinamento delle acque superficiali è immediato quello delle falde acquifere sotterranee è più subdolo poiché arriva in un secondo momento. Infatti nelle falde acquifere profonde l'inquinamento è tanto più temibile in quanto arriva senza segni manifesti e la sua origine può essere anche molto lontana nel tempo e nello spazio. Questo perché, come precedentemente detto, le zone di ricarica delle falde acquifere possono essere anche a molti Km. di distanza. Inoltre questo inquinamento dura molto più a lungo ed è di difficile eliminazione.

Infatti nella zona di terreno superficiale non interessato dalla falda acquifera l'autodepurazione naturale, specialmente se in presenza di terreno ricco di humus che rappresenta un vero e proprio filtro biologico, può avvenire in tempi molto brevi con meccanismi di biodegradazione; nell'acquifero, invece, solo la diluizione e quindi il ricambio dell'acqua, ha un effetto depurativo.

Nel bacino termominerale di Chianciano Terme l'inquinamento è maggiormente favorito a causa dell'elevata permeabilità per fessurazione delle rocce calcaree, permeabilità che determina una circolazione molto rapida. A causa del terreno per lo più carsico, manca,

oltretutto, una vera e propria filtrazione soprattutto in prossimità delle doline che costituiscono un veicolo privilegiato per la percolazione dell'acqua nel sottosuolo (la sorgente dei Fucoli subiva e forse subisce ancora degli immediati intorbidimenti dopo forti precipitazioni).

Pertanto qualsiasi elemento inquinante presente nei terreni calcarei può, attraverso il veicolo acqua, rapidamente raggiungere la falda termo-minerale con conseguenze irreparabili.

In una pubblicazione tedesca sulla protezione delle acque sotterranee, sono indicati i centri di pericolo per l'inquinamento fra i quali sono da evidenziare, perché presenti nelle nostre aree:

-discariche -asportazione del suolo -trivellazioni -cave -insediamenti antropici -smaltimento liquami con irrigazione a pioggia -pozzi neri -strade e parcheggi (sulle strade possono transitare mezzi con sostanze inquinanti) -concimi inorganici, fertilizzanti ed antiparassitari -allevamenti di massa -pozzi.

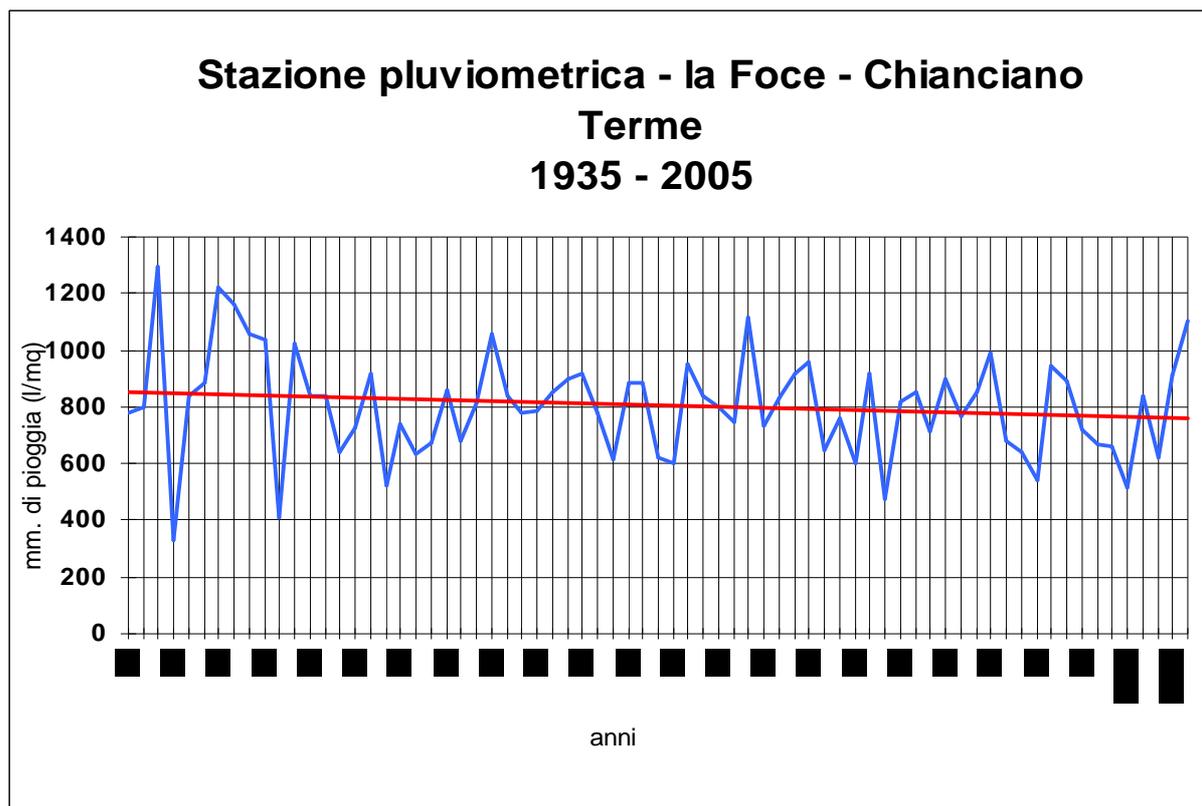
### **5-3-6 Impoverimento**

L'abbassamento della falda termale di Rapolano e la diminuzione di portata di alcune sorgenti della zona (Bertoldi-Fancelli -Nuti 1975) rispecchiano un fenomeno che, per le caratteristiche idrogeologiche sopra dette, non può essere limitato alla sola zona di emungimento. Esso deve necessariamente interessare l'intero bacino idrotermale, che, come abbiamo detto, si estende da S. Casciano Bagni fino a Rapolano.

### **5-3-7 -Precipitazioni**

I sopracitati autori imputano parte del fenomeno di diminuzione di portata delle sorgenti all'andamento ciclico delle precipitazioni (cicli triennali nell'ambito di cicli venticinquennali). Questi cicli possono determinare maggiori o minori infiltrazioni nelle aree di alimentazione e, conseguentemente, un maggiore o minore carico idrostatico, che si traduce in maggiore o minore portata. Tuttavia non escludono che l'abbassamento della

falda sia dovuto anche a i pesanti pompaggi effettuati principalmente nella zona di Rapolano per la lavorazione del travertino. Infatti se le perdite dovute al drenaggio naturale (sorgenti) o artificiale (pompaggi da pozzi-impermeabilizzazioni delle aree di ricarica ed eliminazione del tampone argilloso), prevalgono sulla ricarica, si determina un deficit, come e' testimoniato dal progressivo abbassamento del livello idrostatico della falda di Rapolano. Questo fenomeno per la zona di Rapolano e' in atto almeno dal 1964.



La elaborazione dei dati pluviometrici rilevati presso la stazione meteorologica della Foce di Chianciano Terme, pur confermando la presenza di cicli simili a quelli rilevati presso le stazioni di Rapolano e Montepulciano, ha comunque rivelato, nel periodo 1932-1990, un trend negativo delle precipitazioni. Di conseguenza sarà inevitabile un analogo andamento, se pur ritardato nel tempo, nelle portate delle sorgenti. Oltretutto negli ultimi anni nel bilancio idrogeologico ha gravato, in maniera sempre più sensibile, il drenaggio provocato dagli emungimenti artificiali effettuati nell'intero comprensorio del bacino

termale (ad esempio la continua escavazione di pozzi nella formazione calcarea da parte di privati e da enti pubblici (Comuni e Consorzi).

Inoltre l'intervento dell'uomo con le modifiche delle colture e del suolo (asportazione di vegetazione arborea, sottobosco e humus) ha aumentato il ruscellamento delle acque meteoriche, già di per sé facilitato dall'acclività dei terreni, con conseguente diminuzione dell'acqua percolata nel terreno.

Le acque delle sorgenti di Chianciano sono sicuramente le più vulnerabili agli effetti dell'impovertimento sia per la limitata portata (0.48 l/sec. Sorgente Acqua Santa) sia per il carico idraulico meno elevato.

Risulta evidente, da quanto sopra esposto, la difficoltà di conciliare l'esigenza di tutela delle sorgenti termo-minerali dall'inquinamento con quella di impedire un impoverimento, in quanto i provvedimenti mirati alla tutela dell'una a volte possono essere in contrasto con l'altra (ad esempio l'impermeabilizzazione di una dolina per bloccare una via preferenziale all'inquinamento della falda produce gravi effetti negativi sull'alimentazione della stessa), specialmente in presenza di sorgenti a portata molto ridotta come quelle di Chianciano Terme.

Il non corretto uso di questa parte di territorio può quindi produrre al patrimonio idrico gravi danni sia per inquinamento che per impoverimento.

### **5-3-8 Protezione**

Per la salvaguardia ed una corretta gestione delle sorgenti termo-minerali e' necessaria una presa di coscienza verso i problemi del inquinamento e dell'impovertimento della falda non solo come fatto culturale ma anche come problema socio-economico che investa sia le autorità che il comportamento dei singoli cittadini.

Dobbiamo prendere atto che quando si emunge acqua da una sorgente o da un pozzo in modo indiscriminato, ignorando i reciproci rapporti fra i bacini geologici di alimentazione delle falde e senza aver determinato il bilancio idrico, si rischia di alterare l'intero sistema dell'acquifero con inevitabili conseguenze negative per le sorgenti ad esso dipendenti e con danni all'intero sistema.

Siamo pertanto di fronte ad un problema di ampie dimensioni non solo idrogeologico ed igienico-sanitario ma anche economico e sociale, risolvibile comunque mediante scelte prioritarie di programmazione a livello regionale, provinciale e comunale, istituendo aree di protezione delle sorgenti entro le quali l'uso del territorio dovrà essere rigidamente disciplinato da una specifica normativa. A tale proposito la Provincia di Siena nel PTCP in materia di acquiferi ha individuato due classi di vulnerabilità/sensibilità degli acquiferi: nelle **aree sensibili di classe 1**, ove sono ricompresi gli acquiferi strategici della provincia ( quelli della dorsale Rapolano-M.Cetona che costituisce l'area di ricarica dei sistemi termali) , i Comuni devono assicurare che vengano esclusi qualsiasi uso od attività in grado di generare, in maniera effettivamente significativa, l'infiltrazione nelle falde di sostanze inquinanti oppure diminuire, ad esempio a causa di scavi, perforazioni, o movimenti di terra rilevanti, il tempo di percolazione delle acque dalla superficie all'acquifero soggiacente. Pertanto il PTC della Provincia di Siena prevede agli art. C1 e C2 per la realizzazione della carta della pericolosità un nuovo elaborato: **la carta della vulnerabilità degli acquiferi** . In questa carta sono riportati tutte le sorgenti termali e non termali, i pozzi con le quote raggiunte con la perforazione il livello statico e la portata, le isofreatiche con le linee di flusso, le aree sensibili di classe 1 e 2 e l'area di protezione delle sorgenti e tutte le fonti di possibile inquinamento, c( rete fognaria, discariche, depositi di petrolio/, autoparco/officine meccaniche, cimiteri, impianti di depurazione acque reflue urbane, ecc) Questa carta insieme alla normativa di protezione delle sorgenti che verrà proposta per essere inserita nel nuovo P.S. del Comune di Chianciano. La normativa e' supportata oltre che dalle considerazioni di cui sopra da precedenti studi sia di carattere generale (FANCELLI E NUTI 1975 - LAZZAROTTO 1972 - CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - CASTANY 1982) sia di carattere locale (COMMISSIONE PENTA 1952; UNIGEO 1967; C.M.P. 1973; MANFREDINI 1979; RAGGI 1978).

In tutti si ravvisa una perfetta concordanza sulle modalità di alimentazione della falda termominerale, sui pericoli di inquinamento ed impoverimento a causa di interventi antropici e quindi sulla necessità di tutela.

Questa sensibilità circa la necessità di tutela delle acque termali era già presente nel 1952; infatti la Commissione Ministeriale, presieduta dal Prof. PENTA e nominata dal

Ministero per le Finanze, aveva delimitato un'area *"per assicurare nella migliore delle maniere la conservazione ed il regime delle Sorgenti"* ed ancora *"si ritiene indispensabile un provvedimento a carattere generale che possa limitare, se non impedire, i danni incalcolabili che possono derivare a quel patrimonio idrico dal persistere di quello stato e dal continuare degli scavi indiscriminati. Il pericolo di danni si è reso più manifesto con l'esame dei movimenti franosi nelle adiacenze dell'Albergo Moderno e a monte della Piazza V. Emanuele - oggi Piazza Italia - dove fu rinvenuta acqua termale. A seguito di ciò la Commissione si dichiara convinta della necessità di un provvedimento di legge atto a disciplinare le colture, gli scavi e l'attività edilizia della zona nella quale effettivamente le escavazioni possono interessare il bacino idrico cui sono connesse le sorgenti e le acque minerali utilizzate ed utilizzabili di Chianciano"*.

Il limite dell'area di protezione proposto per P.S. è stato tracciato tenendo conto degli affioramenti calcarei con una fascia di rispetto intorno ad essi di circa 40-50 m. e delle aree di vulnerabilità degli acquiferi delimitate dal PAI ( aree sensibili di classe 1 e 2).

Questa fascia è, a nostro avviso, necessaria per mantenere una zona tampone impermeabile intorno agli affioramenti.

L'area Via Buozzi - Via Le Piane è stata inserita riportando sulla carta la linea ideale che unisce gli affioramenti della formazione calcarea presenti lungo via Baccelli e quelli presenti al disopra dell'Hotel Raffaello. Tale linea ideale è presente nella realtà come linea di faglia (attraverso la quale, ormai è certo, risalgono i fluidi termominerali), come ben evidenziato nella Carta Geologica d'Italia foglio 121 e da varie emergenze di acque termali scaturite nell'area - edificio via Baccelli 22, area ex Hotel Centrale, frana piazza Italia e albergo Moderno 1952, area ex Tennis Club .

Da tutto quanto sopra emerge che nelle istruzioni tecniche dello strumento urbanistico del Comune di Chianciano Terme si dovrà tenere conto della realtà di cui sopra, adottando normative e prescrizioni particolari per la protezione del bacino termo-minerale. Tali normative dovranno far parte del nuovo P.S ed essere rigorosamente rispettate all'interno dell'area di protezione delle sorgenti, definita con segno grafico nella tavola del PS relativa alla **"Carta di vulnerabilità degli acquiferi"**

Si auspica inoltre che nelle istruzioni tecniche degli strumenti urbanistici dei

Comuni di tutto il comprensorio termale si adottino normative analoghe a quelle di Chianciano per la protezione di tutto il bacino termale.

### 5-3-9 Pozzi e sorgenti non termali

Per quanto riguarda le falde acquifere non termo-minerali queste, di ridottissima portata, sono racchiuse nelle formazioni neogeniche ed emergono al contatto tra le formazioni sabbioso-conglomeratiche superficiali e la sottostante formazione argillosa pliocenica; spesso sono intercettate da pozzi di ridotta profondità o emergono attraverso modeste sorgenti dove le intercalazioni sabbiose intersecano la superficie topografica.

La ridotta potenzialità della falda è in relazione con la discontinuità e limitatezza degli affioramenti e la loro significativa componente argillosa.

Sono stati inventariati n° 189 pozzi e n°46 sorgenti usufruendo dei dati ricavati dalle denunce fatte al Comune di Chianciano Terme ed al Consorzio Acquedotto del Vivo per approvvigionamento idrico da fonte diversa dal pubblico acquedotto, ai fini di quanto prescritto dall'Art. 7 della Legge n° 319 del 10/5/1976, dai dati forniti dal Genio Civile di Siena da quelli ricavati dai lavori dell'UNIGEO del 1967 e della Mediterranea Prospezioni del 1973.

Per ogni pozzo, nelle tabelle allegate, sono riportati, ove disponibili, il tipo di rivestimento, il diametro, la profondità, il livello statico dell'acqua e la portata

N. POZZO	TIPO POZZO	TIPO TUBAZIONE	QUOTA (m. s.l.m.)	LIVELLO (m. dal p.c)	DIAMETRO (mm.)	PROF. (m.)	PORTATA (l/min)	OSSERVAZIONI
1	Non idropotabile							
2	Non idropotabile							
3	Non idropotabile	plastica	409	0,6	1000	5		
4	Non idropotabile	eternit		14	300	18		
5	Non idropotabile							
6	Non idropotabile							
7	Non idropotabile	cemento	415	2,5	1000	3		
8	Non idropotabile	plastica	451	1,8	600	6		
9	Non idropotabile	cemento	475	1,5	1000	3		
10	Non idropotabile							
11	Non idropotabile	eternit	414	12	200	32	6	
12	Non idropotabile	cemento	430	3	1000	6		
13	Non idropotabile							
14	Non idropotabile	muratura	474	2	1800	4		
15	Non idropotabile	plastica	422	0,5	1000	17		
16	Non idropotabile	muratura			1000	6		
17	Non idropotabile	plastica	423	7	500	10	8	

N. POZZO	TIPO POZZO	TIPO TUBAZIONE	QUOTA (m. s.l.m.)	LIVELLO (m. dal p.c)	DIAMETRO (mm.)	PROF. (m.)	PORTATA (l/min)	OSSERVAZIONI
18	Non idropotabile	muratura	389	2	1000	6		
19	Non idropotabile							
20	Non idropotabile		399	3	1000	5	9	
21	Non idropotabile	muratura	405	3	400	8		
22	Non idropotabile	plastica	389	2	500	7	5	
23	Non idropotabile	cemento	383	10	500	20		
24	Non idropotabile	plastica	388	4	900	12		
25	Non idropotabile	mattoni	410	5	1000	18		
26	Non idropotabile	eternit	400	7	200	17		
27	Non idropotabile	eternit		17	200	18		
28	Non idropotabile	cemento	395	13	200	19		
29	Non idropotabile	cemento	445	3	1200	6		
30	Non idropotabile	mattoni	400	1	1000	12		
31	Non idropotabile	mattoni	378	2	1000	6		
32	Non idropotabile	muratura	344	4	1200	6		
33	Non idropotabile	muratura	411	3	1200	6		
34	Non idropotabile	muratura	414	3	1000	7		
35	Non idropotabile	cemento	379	2	1000	3,5		
36	Non idropotabile	cemento	371	3	1000	5		
37	Non idropotabile	cemento	374	0,6	1000	5		
38	Non idropotabile	cemento	361	12	400	22		
39	Non idropotabile	eternit	411	4,5	200	10		
40	Non idropotabile	cemento	399	2,5	250	10		
41	Non idropotabile							cisterna
42	Non idropotabile				300	17		
43	Non idropotabile	muratura	389	1,2	1200	8		
44	Non idropotabile	muratura		1,6	1800	2,3		
45	Non idropotabile	muratura		2	2000	4,2		
46	Non idropotabile	mattoni	384	1	1200	1,5		
47	Non idropotabile	muratura	361	1,8	1000	7		
48	Non idropotabile	plastica	335	6	200	44	20	
49	Non idropotabile	eternit	347	12	200	18	20	
50	Non idropotabile	eternit			400	18		
51	Non idropotabile	mattoni	326	5	1000	15		
52	Non idropotabile	eternit	322	7	600	32		
53	Non idropotabile	mattoni	344		1400	7		
54	Non idropotabile	eternit		10	300	25		
55	Non idropotabile	eternit			200	11		
56	Non idropotabile		306	2	500	4		
57	Non idropotabile	mattoni	302	3	1200	7		
58	Non idropotabile	mattoni	294	5	2500	5,3		
59	Non idropotabile	eternit	316	14	200	20		
60	Non idropotabile	muratura		1,5	1200	10		
61	Non idropotabile	muratura	317	7	1500	10	15	
62	Non idropotabile	muratura	309	4	1500	6	15	
63	Non idropotabile	cemento	277	4	1000	8		
64	Non idropotabile	cemento	279	2	1300	4,5		
65	Non idropotabile	eternit			400	10		
66	Non idropotabile	cemento			1000	6		
67	Non idropotabile	cemento			1000	3		
68	Non idropotabile	muratura			1200	1,3		
69	Non idropotabile	cemento	253	4	1000	6		
70	Non idropotabile	muratura	270	1,5	1500	6		
71	Non idropotabile	cemento			1000	8		
72	Non idropotabile	muratura	516	1,5	1200	8		
73	Non idropotabile	eternit			300	15		
74	Non idropotabile	eternit	398	4	200	15		

N. POZZO	TIPO POZZO	TIPO TUBAZIONE	QUOTA (m. s.l.m.)	LIVELLO (m. dal p.c)	DIAMETRO (mm.)	PROF. (m.)	PORTATA (l/min)	OSSERVAZIONI
75	Non idropotabile	muratura	401	1	1000	6		
76	Non idropotabile	eternit	478	1,5	200	17		
77	Non idropotabile	cemento		2,5		3		
78	Non idropotabile	muratura	404	2,3	1000	4		
79	Non idropotabile	muratura	459	1	900	7,5		
80	Non idropotabile	muratura	468	4	1400	14		
81	Non idropotabile	eternit	486	1,35	200	7		
82	Non idropotabile	eternit	466	1	200	8	6	
83	Non idropotabile	muratura	393	1	600	3		
84	Non idropotabile		435	6,5		18		
85	Non idropotabile	cemento	442	1,5	1000	5		
86	Non idropotabile	cemento	444	1	1000	4		
87	Non idropotabile	ferro	484	1	200	10		
88	Non idropotabile	eternit			200			
89	Non idropotabile	eternit	379	8	200	14		
90	Non idropotabile	eternit	386	10	200	20	40	
91	Non idropotabile	ferro	372	20	300	36	40	
92	Non idropotabile	eternit			300	6		
93	Non idropotabile	eternit	391	3	300	10		
94	Non idropotabile	cemento	387	1,5	1500	3,5		
95	Non idropotabile	eternit	386	8	300	25		
96	Non idropotabile	cemento	398	2	1000	11		
97	Non idropotabile	muratura		1,2	800	3		
98	Non idropotabile	ferro	428	7	200	20		
100	Non idropotabile	muratura	347	1	600	15		
101	Non idropotabile	eternit	352	4	200	12		
102	Non idropotabile	muratura	350	4,5	600	10		
103	Non idropotabile	eternit		5	200	15		
104	Non idropotabile	cemento		1,5	1000	6		
105	Non idropotabile	eternit	373	59	200	63		
106	Non idropotabile	eternit		32	200	42		
107	Non idropotabile	plastica	376	2,5	1600	3		
108	Non idropotabile	muratura			1100	8		
109	Non idropotabile	eternit		8	400	30	10	
110	Non idropotabile	ferro			250	12	20	
111	Non idropotabile	eternit			800	18		
112	Non idropotabile	muratura	381	0,8	1700	3,5		
113	Non idropotabile	eternit	456	20	200	34		
114	Non idropotabile	eternit	416	8	800	10		
115	Non idropotabile	muratura	417	2	1500	7		
116	Non idropotabile	muratura	450	4	1200	5,5		
117	Non idropotabile		417	1		8		
118	Non idropotabile	cemento	406	3,5	1000	6	3	
119	Non idropotabile	mattoni	420	6	1200	10		
121	Non idropotabile	cemento			1000	4,5		
122	Non idropotabile	cemento	501	3	1000	4		
123	Non idropotabile	ferro			200	40		
124	Non idropotabile	eternit	420	8	200	15		
125	Non idropotabile	muratura			1000	2,9		
126	Non idropotabile	eternit	381	7	400	17		
127	Non idropotabile	eternit		1	400	14		solo periodo invernale
128	Non idropotabile	cemento	395	1,3	1000	6		
129	Non idropotabile	muratura	543	4	1000	7		
130	Non idropotabile	eternit	483	10	200	33		
131	Non idropotabile	muratura	385	3	1700	9		
132	Non idropotabile	muratura	401	3	800	5		

N. POZZO	TIPO POZZO	TIPO TUBAZIONE	QUOTA (m. s.l.m.)	LIVELLO (m. dal p.c)	DIAMETRO (mm.)	PROF. (m.)	PORTATA (l/min)	OSSERVAZIONI
133	Non idropotabile	eternit	377	8	300	12		
134	Non idropotabile	muratura	358	2	1000	3		
135	Non idropotabile	cemento		2	1000	6		
136	Non idropotabile	plastica	325	1,8	800	10		
137	Non idropotabile	ferro	332	6	200	15		
138	Non idropotabile	cemento		1	1500	6		
139	Non idropotabile	muratura	383	1		6		
140	Non idropotabile	cemento		3	1000	4,3		
141	Non idropotabile	eternit	444	7	200	8	2	
142	Non idropotabile	eternit		8	200	11		
143	Non idropotabile	muratura	367	1	1000	3		
144	Non idropotabile	cemento			1000	4		
145	Non idropotabile	eternit			200	10		
146	Non idropotabile	cemento	436	2	1000	5		
147	Non idropotabile	cemento			850			
148	Non idropotabile	muratura	410	1,7	1600	4,6	10	
150	Non idropotabile	cemento			400	10,5		
151	Non idropotabile	eternit			300	16		
152	Non idropotabile	cemento	307	3	700	4		
153	Non idropotabile	eternit	477	3	300	6		
155	Non idropotabile	plastica	488	25	300	30	40	
156	Non idropotabile	muratura	454	2,6	1000	6,7		
157	Non idropotabile	muratura	396	2,5	1200	9	5	
158	Non idropotabile	muratura	277	2	1500	6		
159	Non idropotabile	muratura	347	3	800	9		
160	Non idropotabile	muratura			850	6		
161	Non idropotabile	ferro	442	6	200	20	15	
162	Non idropotabile	muratura						
164	Non idropotabile		469	1,1		6,1		dati dal 23/2/73
165	Non idropotabile	muratura	400	3,4		30		dati dal 23/2/73
166	Non idropotabile	muratura						
167	Non idropotabile	muratura		3				unigeo 1967
168	Non idropotabile	ferro	450	17,6	200	33		1971
169	Non idropotabile	ferro	449	13,4	200	25		1971
170	Non idropotabile	ferro	450	19,8	200	36		1971
171	Non idropotabile	ferro	448	18,5	200	26		1971
172	Non idropotabile	ferro	448	17,7	200	28		1971
173	Non idropotabile	ferro	449	18,8	200	31		1971
174	Non idropotabile	ferro	449	16,9	200	30,5		1971
175	Non idropotabile	ferro	434	28,2	200	30		1971
176	Non idropotabile	muratura						
178	Non idropotabile	ferro	413	3	130	12		
179	Non idropotabile	muratura	410	1,97		3		
180	Non idropotabile	ferro	406	2,75	200	15		
181	Non idropotabile							
182	Non idropotabile							
183	Idropotabile							
184	Idropotabile							
185	Acque minerali							
186	Acque minerali							
187	Acque minerali							
154°	Non idropotabile	muratura			850	5		
155°	Non idropotabile	muratura	291	1	1000	6		

SORGENTE	DENOMINAZIONE	OSSERVAZIONI	PORTATA
1	Fontanelle	dati UNIGEO 1967	10,8
2	S.Agostino	dati Mediterranea 23/2/73	3,6
3	Prato	dati Mediterranea 23/2/73	6
4	Poggiolo	dati Mediterranea 23/2/73	30
5	campo sportivo	da verificare	
6	fonte perucciole	si disperde nei campi	
7	S.Elena	dati Mediterranea 23/2/73	7,2
8	fonte del sorbino	da verificare	
9	Campo Nibbio	da verificare	
10	Ribussolaia	captata UNIGEO 1967	1,8
11	Mezzomiglio	dati Mediterranea 23/2/73	6
12	Fornace	da verificare	
13	del morto	da verificare	
14	Ingegnoli		0,5
15	orto di S.Antonio		0,6
16	sorgente Marietta	dati Maediterranea 23/2/73	60
17	Sillene (autoclave)	dati mediterranea 23/2/73	200
18	Fonte Strada	da rilevare	
19	Acqua Santa	dati Mediterranea 23/2/73	60
20	Macerina	dati Mediterranea 23/2/73	180
21	Aliano	da rilevare	
22	Vigna	dati UNIGEO 1967	18
23	Pereta	da rilevare	
24	Vepri	da rilevare	
25	Acqua Bianca	da rilevare	
26	Fonte del Morino	da rilevare	
27	Bagno di sotto	Dati Unigeo 1967 captata per acquedotto	30
28	Casanova	dati Unigeo 1967 captata	9,6
29	Grencaia	Dato acquedotto comune 1982 agosto	36
30	Montautino	dati Unigeo 1976	0,06
31	Fucoli	Dato Unigeo 1967	90
34	Fonte di Tolle	da verificare	
35	Palazzone	dato UNIGEO 1967	1,8
36	Poderuccio	dati UNIGEO 1967	0,22
37	Chiarentana	dato UNIGEO 1967	3
38	Sassaia	dato UNIGEO 1967	0,6
39	La Selva	da verificare	
40	Pinetina	da verificare	
41			
42			
43	Casuccini		
44			
45	Acqua Santissima		
46	Capecchi		

La maggiore concentrazione di pozzi (circa 70 su di una superficie di circa 2 Km<sup>2</sup>) si ha intorno al Centro Storico. Vi sono anche n. 8 sorgenti delle quali la n. 2 e la n. 7 discretamente mineralizzate. Nella fascia Le Case-Pietriccia. Sono da segnalare i pozzi n° 155; 90 e 91 con

portate superiori a 0,5 l/sec. ed i pozzi dal 168 al 175 con portate intorno al litro/secondo. Sono presenti anche n° 14 sorgenti, oltre a quelle che attingono dalla falda dei calcari. Nella zona Cavine sono presenti 2 pozzi e n° 2 sorgenti.

Nella carta di vulnerabilità degli acquiferi sono riportati:

- geometria e idrodinamica dei corpi idrici sotterranei
- produttori reali e potenziali di inquinamento dei corpi idrici sotterranei
- potenziali in gestori e viacoli di inquinamento dei corpi idrici sotterranei
- preventori e/o riduttori dell'inquinamento
- aree sensibili ai sensi delle norme del P.T.C.P Parte II, Titolo 1 Capo A, Art. A1,A2,A3
- perimetro delle aree in concessioni minerarie delle sorgenti termali
- perimetro delle sone di protezione ambientale delle sorgenti termali
- principali soggetti ad inquinamento
- vulnerabilità acquifera

## **6- RISCHIO SISMICO (Tav. GEO 7)**

Il territorio del comune di Chianciano Terme non era inserito tra i comuni classificati sismici di cui all'Allegato 1 alla DCR del 12 febbraio 1985 n° 94 e pertanto per esso non erano previste differenziazioni delle indagini. Successivamente, a seguito dell'Ord. P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274, il territorio comunale è stato inserito nella **nuova classificazione sismica per le costruzioni, in zona 3**. In conseguenza del nuovo assetto normativo si ritiene di poter assimilare la zona 3 alla CLASSE 3 Accelerazione (convenzionale) massima a  $\max < 0.20$  g. Ai fini delle problematiche connesse a caratteristiche geologico-tecniche e morfologiche, da approfondire per la redazione degli strumenti urbanistici, si riportano nella Tabella 1 i tipi di effetti che devono essere presi in considerazione nei Comuni classificati sismici appartenenti alle diverse classi. TABELLA 1

	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Amplificazione per effetti morfologici	o	o	
Amplificazione per effetti litologici	o	o	
Cedimenti e cedimenti differenziali	o	o	o
Liquefazione	o		
Frane	o	o	o

così come definita nella DCR n° 94/1985.

Pertanto in relazione ai “Cedimenti e cedimenti differenziali”, si rileva che qualora si verifichi un sisma e questo vada ad interessare i terreni costituenti le unità litologiche categoria 3 (“Successioni conglomeratiche-ghiaioso-sabbiose-argillose”), nella fase di progettazione dovranno essere condotte in situ, delle indagini geognostiche specifiche, mirate alla verifica delle condizioni geologiche e geotecniche in relazione alla possibilità del verificarsi di cedimenti e/o cedimenti differenziali. I risultati di tale indagine saranno da considerarsi basilari nella fase di progettazione e vincolanti per la stessa e qualora venga constatata la possibilità del verificarsi dei fenomeni di cedimento in queste zone, la progettazione deve tendere ad un dimensionamento delle strutture di fondazione e delle sovrastrutture in modo da renderle adeguate a sopportare i cedimenti, nonché deve indicare eventuali tipi di interventi di stabilizzazione del terreno.

Relativamente ai “*fenomeni franosi*” di seguito si descrivono i morfotipi analizzati:

***frane quiescenti***: le aree interessate dalla presenza di queste forme sono in condizioni di stabilità precaria e pertanto nell’eventualità che si verifichi un sisma possono essere soggette ad instabilità dinamica per attivazione del fenomeno franoso, per tale motivo questi morfotipi e le relative aree d’influenza sono state inserite nella classe 4 di pericolosità geologica.

***frane stabilizzate***: questo tipo morfologico non presenta condizioni che lo possono ricondurre ad una attività in atto ed anche in caso di sisma si ritiene che la situazione così come verificata non possa prevedere riattivazioni dei movimenti.

***frane attive***: nelle zone interessate da questo morfotipo sono presenti fenomeni attivi che di fatto comportano l’inserimento dell’area e del suo intorno in classe 4 di pericolosità; il

verificarsi di un evento sismico potrebbe accelerare improvvisamente il movimento in atto pertanto ad ulteriore conferma l'area viene inserita in classe 4 di pericolosità geologica.

Nell'ipotesi che si prevedano interventi che vadano ad interessare tali aree le necessarie verifiche di stabilità basate sull'indagine geognostica di dettaglio dovranno tenere conto del coefficiente sismico dell'area sia nella fase pre che post intervento.

## **7- STABILITA' DEI VERSANTI-PERICOLOSI DA PROCESSI GEOMORFOLOGICI (Tav. GEO 8)**

In applicazione del PTCP lo studio geologico e delle giaciture, che ha permesso di redigere la carta litotecnica, insieme allo studio geomorfologico integrato, a quello dell'assetto idrogeologico del F.Arno ( PAI) dell'Ombrone e del Tevere, alla carta delle pendenze e alla carta uso del suolo, hanno permesso di individuare le aree a differente grado di instabilità( **carta della stabilità potenziale integrata dei versanti**): da aree stabili ad aree fortemente instabili.

Sono da considerarsi come **aree a pericolosità geomorfologia elevata(P.F.2 PAI)** tutte le aree interessate da fenomeni franosi quiescenti, e relative aree di influenza, le aree in condizioni di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico, le aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza.

**Le aree a pericolosità geomorfologia molto elevata (P.F.3-P.F.4 PAI)** sono quelle aree interessate da fenomeni franosi attivi e relative aree di influenza nonché le aree che possono essere coinvolte da processi a cinematica rapida e veloce quali quelle soggette a colate rapide incanalate di detriti e terra, nonché quelle interessate da accertate voragini per fenomeni carsici. Rientrano in questa ultima categoria anche tutti i cigli di scarpata sia antropici che morfologici.

Le aree instabili o potenzialmente instabili interessano tutta la fascia di terreni

neogenici ( argille, sabbie ), pari al il 60% del territorio comunale. Il movimento franoso consiste nello slittamento verso valle di una massa terrosa di natura permeabile sovrapposta ad un'altra impermeabile. L'acqua con la sua azione disgregatrice, attraversando e liquefacendo e stemperando lo strato permeabile delle masse terrose, rompe l'equilibrio delle forze (forze di coesione, attrito e gravità) e ne favorisce lo scoscendimento verso il basso, a valle.

Sono state cartografate circa 40 frane tra attive e quiescenti, aree a franosità diffusa ed aree calanchive: la maggior parte delle frane sono risultate di scivolamento e scorrimento (frane lente); in prossimità di cigli di scarpate morfologiche si sono verificate frane di scoscendimento (rapide).

Dalla sovrapposizione della carta della stabilità potenziale integrata dei versanti, con quella geomorfologia, idrogeologica, del rischio idraulico e degli aspetti sismici e vulnerabilità agli acquiferi si ricava la carta della pericolosità con 4 differenti classi:

**Classe 1- pericolosità irrilevante:** in questa classe ricadono le aree in cui sono assenti limitazioni derivanti da caratteristiche geologico-tecniche e morfologiche e non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica

**Classe 2 – pericolosità bassa:** Corrisponde a situazioni apparentemente stabili sulle quali però permangono dubbi che comunque potranno essere chiariti a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia.

**Classe 3 – pericolosità media:** non sono presenti fenomeni attivi, tuttavia le condizioni geologico-tecniche e morfologiche del sito sono tali da far ritenere che esso si trova al limite dell'equilibrio e/o può essere interessato da fenomeni di amplificazione delle sollecitazioni sismiche o di liquefazione o interessato da episodi di alluvionamento o difficoltoso drenaggio delle acque. In queste zone ogni intervento edilizio è fortemente limitato e le indagini di approfondimento dovranno essere condotte a livello dell'area nel suo complesso; sono inoltre da prevedersi interventi di bonifica e miglioramento dei terreni o/o l'adozione di tecniche fondazionali di un certo impegno.

**Classe 4 – pericolosità elevata:** in questa classe ricadono aree interessate da fenomeni di dissesto attivi (frane, forte erosione, fenomeni di subsidenza, frequenti

inondazioni) o fenomeni di elevata amplificazione della sollecitazione sismica e liquefazione dei terreni o aree

**Tutte le aree in frana o in forte erosione, i cigli di scarpata, le aree di pertinenze degli alvei dei torrenti (P.I.1) e due zone inondabili, molto ridotte, situate sul confine di Est del territorio comunale relative al Torente Parce e Monaco ( P.I.2), ricadono in pericolosità 4.**

**In pericolosità 3 ricade buona parte del territorio comunale comprende terreni terrigeni del neoautoctono ( argille, sabbie ghiaie) e quelli argilloso-cacarei delle formazioni di Brolio e S. Fiora; mentre ricadono in pericolosità 2 i terreni costituiti da sabbie cementate e le aree di fondo valle dove l'acclività è molto ridotta.**

## **8-RISCHIO IDRAULICO- PERICOLOSITA' IDRAULICA**

### **(Tav.GEO 9)**

Il territorio comunale di Chianciano Terme interessa ben tre Bacini idrografici: Arno, Ombrone e Tevere e pertanto deve sottostare alle norme di attuazione dell'Autorità di Bacino di detti fiumi.

In relazione alle condizioni idrauliche e idrogeologiche, alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, sono soggette alle norme le aree individuate in una specifica cartografia con pericolosità così graduata:

P.I.4 – pericolosità idraulica molto elevata

P.I.3 - pericolosità idraulica elevata

P.I.2 - pericolosità idraulica media

P.I.1 - pericolosità idraulica moderata

Riguardo al territorio comunale di Chianciano Terme la pericolosità idraulica si limita alle aree di pertinenze degli alvei dei torrenti (P.I.1) e a due zone molto ridotte in pianura situate sul confine di Est del territorio comunale relative al Torente Parce e Monaco ( P.I.2) L'individuazione delle classi di pericolosità idraulica è stata effettuata sovrapponendo ai dati

derivanti dalla carta delle aree allagate, le caratteristiche morfologiche limitrofe al corso d'acqua tenendo conto dell'eventuale presenza del sistema di protezione idraulica costituito essenzialmente da arginature ai corsi d'acqua.

## **9- FATTIBILITA' (Tav.GEO 10)**

Dalla sovrapposizione della carta della pericolosità da processi geomorfologici, della pericolosità idraulica, della vulnerabilità degli acquiferi con quella delle destinazioni d'uso previste dal Piano Strutturale viene ricavata una carta che può essere definita, con qualche approssimazione, del "rischio" così da ottenere attendibili informazioni sulla fattibilità degli interventi proposti. Da tale indicazione, per adottare le opportune misure preventive di attenuazione, sono identificati il piano di indagini di dettaglio da eseguire prima di dell'approvazione dello strumento attuativo o del progetto; inoltre saranno individuati progetti di sistemazione, bonifica e miglioramento dei terreni ed eventuali particolari tecniche fondazionali ed edilizie: Si evidenzia che non necessariamente si otterrà una rispondenza diretta tra "pericolosità" dell'area e "fattibilità" dell'intervento nel senso che l'operazione stessa di pianificazione territoriale sarà tesa ad ottenere effetti di attenuazione individuando opportune utilizzazioni a bassa esposizione su aree ad elevata pericolosità( aree ad elevata pericolosità destinate a parco potrebbero avere fattibilità senza particolari limitazioni ecc.) o all'opposto su aree a bassa o media pericolosità si potrebbero avere livelli di rischio anche elevati per particolari opere essenziali ( strutture ad utilizzazione pubblica ad elevata concentrazione, dighe ecc.).

La carta della fattibilità pertanto si articola secondo le seguenti voci:

**classe 1 - fattibilità senza particolari limitazioni ( rischio irrilevante): gli interventi previsti dallo Strumento Urbanistico sono attuabili senza particolari condizioni**

**classe 2 - fattibilità con normali vincoli da precisare a livello di progetto (rischio basso): gli interventi previsti dallo S.U sono attuabili senza particolari condizioni**

**classe 3 - fattibilità condizionata ((livello di rischio medio-alto):** sono richieste indagini di dettaglio e condotte a livello di “area complessiva”. L’esecuzione di quanto previsto dai risultati di tali indagini in termini di interventi di bonifica, miglioramento dei terreni e/o tecniche fondazionali particolari costituiscono un vincolo specifico per il rilascio della concessione edilizia. **Gli interventi previsti dallo S.U sono attuabili alle condizioni precedentemente descritte.**

**classe 4 - fattibilità limitata ((livello di rischio elevato):** l’utilizzo deve essere conservativo o di ripristino in aree a pericolosità 4 . In queste aree già a livello di strumento urbanistico generale sono da prevedersi specifiche indagini geognostiche e quanto altro necessario per precisare i termini del problema; in base ai risultati di tali studi deve essere predisposto un esauriente progetto degli interventi di consolidamento e bonifica, miglioramento dei terreni e tecniche fondazionali particolari ed un programma di controlli necessari a valutare l’esito di tali interventi. **Gli interventi previsti dallo S.U. sono attuabili alle condizioni e secondo le limitazioni derivanti da quanto precisato nel punto precedente.**

Chianciano Terme 01/11/2006

## 8- BIBLIOGRAFIA

BACCI (1588) - De Thermis - balnea ad Cincianum.

BALDASSARRI (1756) - Acque minerali di Chianciano.

BALDUCCI (1915) -

BENVENUTI et Al., (1971) - La Toscana meridionale - Idrologia. Rendiconti Soc. Ist. Mineralogia e Petrografia. Vol. XXVII°.

CALAMAI et Al., (1970) - Geology, geophysics and hydrogeology of the Monte Amiata geothermal fields. Geotethermics, n° spec., 1.

CALAMAI et Al., (1976) - Distribuzione delle anomalie geotermiche nella fascia pre-appenninica Tosco-Laziale. Er. da "Simposio internazionale sobre Energia Geotermica ed America Latina" 189-229.

CRAMPON N. (1974) - La vulnerabilite' des eaux sotterraines en milieu karstique face aux mesure de protection reglementaires - Association international des Hydrogeologues. Congres de Montpellier-France

DUCHI E PRATI (1985) - Indagine geochemica su acque e gas dei sistemi termali a bassa temperatura dell'area amiatina. Boll. Soc. Geol. It., CIV° 527- 538.

FANCELLI E NUTI (1975) - Studio sulle acque termali e minerali della parte orientale della provincia di Siena. Boll. Soc. Geol. It., XCIV° 135-155.

FRICKE K. (1974)- Les bases et la pratique de la protection des eaux medicinales et des eaux minerales naturelles en Republique Federale d'Allemagne. Association international des Hydrogeologues. Congres de Montpellier-France.

GIANNINI, LAZZAROTTO e SIGNORINI. (1971) - La Toscana meridionale - Lineamenti di stratigrafie e di tettonica. Rendiconti Soc. It. Mineralogia e Petrografia. Vol. XXVII°.

LAZZAROTTO (1972) - Caratteri strutturali dei nuclei mesozoici di Montalceto, Trequanda e Piazza di Siena. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem. vol. LXXIX 251- 266.

PENTA ED ALTRI (1952) - Commissione per lo studio idrogeologico del compendio demaniale di Chianciano e dei problemi connessi al regime delle acque minerali di quel bacino ed alla stabilità dei terreni relativi - Ministero delle Finanze.

MANFREDINI A. (1979) - Pericoli sulle sorgenti termominerali di Chianciano Terme e provvedimenti proposti.

PALAZZI M. (1983) - Studio geologico tecnico e ricerche sul termalismo nel territorio di Chianciano Terme - Prima fase: Ricerca preliminare.

PALAZZI M. (1986) - Studio geologico tecnico e ricerche sul termalismo nel territorio di Chianciano Terme - Seconda fase: Studio geologico-tecnico.

PALAZZI M. Studio geologico per il PRG Comune di Chianciano Terme (1989-1992)

DRINGOLI-COSTANTINI (2003) Le rocce raccontano –Nascita del territorio tra Chianciano e Sarteano –Museo di Storia naturale dell' Accademia dei Fisiocratici