

CARLO DE STEFANI

---

# I TERRENI

E

LE ACQUE CLORO-SODICHE DELLA SALUTE

IN LIVORNO

---



PISA

STAB. TIPOGRAFICO SUCC. FF. NISTRI

—  
1907

-----

Estratto dagli *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali*  
residente in Pisa — MEMORIE, Vol. XXIII.

---

Nel 1854, in Livorno, facendosi un pozzo per la ricerca di acqua potabile nel podere Pigna presso il Campo d'Osservazione, a profondità di circa m. 7, si trovò un'acqua salata, sì che il pozzo fu abbandonato. Però poco di poi Don Giuseppe Pini fratello del contadino, fece appositamente scavare altro pozzo nelle vicinanze, e a m. 9,50 ritrovò la polla: avutane la concessione dai proprietari la diede ad analizzare al prof. OROSI. Nel 1856 vi costruì attorno un padiglione, e la denominò *Acqua della Salute*. Ricavavansi dal pozzo fin 700 L.<sup>i</sup> il giorno. Nell'agosto 1865, in occasione di siccità, circa m. 80 lontano, nel fondo dei signori Pannocchia si scavò un altro pozzo per usi domestici; ma a m. 28 fu trovata l'acqua minerale, che, data ad analizzare all'Orosi <sup>1)</sup>, fu detta del Corallo perchè la via cittadina tuttora detta del Corallo sboccava allora sul viale degli Acquedotti in vicinanza al pozzo prima che fossero fatte le odierne mura <sup>2)</sup>). Poco di poi vicino al Corallo fu aperto un altro pozzo detto la Preziosa. In seguito il barone Tossizza nella sua villa, poi Malatesta, oggi acquistata dalla Società della Salute, aprì due pozzi che parimente danno acqua salata, ed altra acqua salata fu trovata nei pozzi della fabbrica di ceramica Anelli, circa m. 800 a N. dell'antica Salute.

Nella Fabbrica Anelli che è non lungi dalle Fornaci della Cigna, sono 3 pozzi comuni, aperti nell'argilla pliocenica, che danno acqua molto

---

<sup>1)</sup> G. OROSI. — *Dell'acqua salutare del Corallo*. Livorno, Fabbreschi, 1866.

<sup>2)</sup> L. SAINATI. — *Un po' di storia sulle acque della Salute*. Livorno, Fabbreschi, 1903.

salmastra: un altro pozzo consimile d'acqua minerale è a settentrione subito fuori del recinto della fabbrica, fondo m. 11, con l'acqua spesso saliente nella gola fino a m. 2 sopra il terreno intorno scavato, come vidi il 13 febbraio 1904. Nell'interno della fabbrica è un pozzo tubulare scavato nell'argilla pliocenica per m. 52, che dette fino 36 L.<sup>i</sup> d'acqua minerale per minuto primo, pari a L.<sup>i</sup> 51.840 in 24 ore. L'acqua degli strati più alti è più leggera e talora quasi dolce.

Nel 1903 per incitamento del prof. G. B. QUEIROLO, e del capitano Lorenzo Gambaro le acque del Corallo, della Salute, della Preziosa furono acquistate, coi terreni adiacenti, da una Società ligure sotto la presidenza del comm. Zaverio Audisio, che aprì nuove sorgenti, costruendo grandiosi stabilimenti coi concetti scientifici moderni. I pozzi aperti oggi sono la Salute, detta oggi Sovrana, il Corallo, la Còrsia, la Vittoria, la Preziosa, il Confine, i Pagliai; questi due ultimi però non sono ancora in attività. Nella contigua tenuta Battigelli, pure acquistata dalla Società, nel podere delle Panche, ed allo Ingegno, sono tre pozzi di acqua leggermente salina: nella cantina del podere, a circa m. 2,50 sotto il suolo è un'acqua salina leggermente solforosa che viene fuori a cannella quando questa si apre.

Un'altra acqua, analizzata dal prof. NASINI, di salsedine maggiore di quelle attuali dello stabilimento, ed oggi acquistata dalla Società, trovasi poco lontano, ad Est.

L'altezza sul mare del piano nel quale si aprono i pozzi è di m. 15 a 15,80.

Per ognuna delle sorgenti aperte dalla Società, la gola dei pozzi, che si va leggermente restringendo verso il fondo, è cinta da un muro impermeabile, con feritoie; fino alla profondità di 4 a 6 m. dalla superficie essa è circondata da due altri muri concentrici con due intercapedini: nella più esterna si raccolgono le acque di filtrazione del sottosuolo, che sono giornalmente asportate con apposite pompe: la seconda intercapedine, completamente libera, rappresenta uno spazio permanentemente vuoto ed asciutto tra le acque delle sorgenti e le acque superficiali di filtrazione. L'intercapedine esterna è per lo più secca d'estate, piena d'acqua nelle stagioni piovose. Superiormente ogni pozzo è chiuso ermeticamente da un riparo in muratura impermeabile attorno al quale si eleva un padiglione. Una zona di protezione circonda tutto attorno le acque.

Tutte queste acque hanno una origine comune che ora esamineremo studiando prima i terreni donde escono, a cominciare dai più recenti.

Tali terreni posano più o meno regolarmente sulle rocce più antiche costituenti le prossime colline con stratificazioni variamente spostate e che sono, per ordine, calcari compatti o schisti dell'Eocene superiore, calcari terrosi o marnosi del Miocene medio, marne e gessi del Miocene medio e superiore.

I. La parte più bassa delle colline ad oriente di Livorno, fino a Collinaia ed all'Ardenza, è costituita da grandi massi di origine locale direttamente sovrapposti all'Eocene, o talora al Miocene medio. Più lontano seguivano qua e là simili ghiaie provenienti dai colli Livornesi, diminuendo di volume, ed attestando una origine forse prettamente alluvionale e subterrestre posteriore all'emersione di tutta la regione.

La casa colonica del Pigna nel territorio delle Acque della Salute si ergeva sopra un rialzo di poco più di 1 m., nel quale pure si apriva il pozzo d'acqua potabile, fondo circa m. 7, 10, appena salmastroso. Quel rialzo costituisce come un'isola formata dalle citate ghiaie alluvionali, prevalentemente di origine eocenica, provenienti dai vicini colli, ed isolate ogni intorno dalle sabbie e dalle argille postplioceniche. Non pare che simili strati ghiaiosi superficiali si ripetano dalla parte di Livorno e del mare.

Lo strato acquifero superficiale che provvedeva il pozzo della casa colonica è costituito appunto dalle dette ghiaie e dalle sabbie sottostanti al contatto con le argille impermeabili. Il 17 gennaio 1904 trovai le acque di quel pozzo a m. 1,50 dal suolo; talora, in tempo di grandi piogge esse arrivavano alla superficie; nell'estate, a dimostrare vie più la superficialità loro, seccavano completamente.

II. Quei massi littorali sottomarini fanno passaggio, e le ghiaie alluvionali subterrestri li coprono, banchi regolari di ghiaie alternanti con sabbie giallastre talora cementate a panchina che superiormente contengono pisoliti ferruginose, ovvero diventano più o meno argillose, di origine sottomarina, le quali posano sovente pure sopra calcari del Miocene. Queste ghiaie furono derivate da diaspri rossi, da calcari compatti del Lias inferiore ovvero con selce del Lias medio, e da micascisti, cloristoscisti, quarzo, quarziti, puddinghe del *Verrucano*, rocce tutte del Monte Pisano, e sono la continuazione delle ghiaie descritte dal D'ACHIARDI <sup>1)</sup>, che formano le ultime più basse pendici delle Colline Pisane cingendo

---

<sup>1)</sup> A. D'ACHIARDI. — *Sulle ghiaie delle colline pisane e sulla provenienza loro*. Boll. Com. geol., 1872, pag. 5.

alla lontana il Monte Pisano, dai cui terreni periferici secondari oggi non più esistenti fuor dell'Infralias, e dalla cui massa paleozoica centrale esse provennero in un tempo nel quale il solo Monte Pisano era emerso come isola in mezzo al mare. Le sabbie e le argille giallastre marine, in strati orizzontali, liberandosi man mano dalle ghiaie di origine locale, eocenica, dei Monti Livornesi, ma serbandosi straterelli di ghiaie antiche del Monte Pisano, formano le ultime collinette lungo il Rio dell'Acqua, la Valle lunga e l'Ugione, e tutto il piano fino al Campo d'Osservazione, alla Cigna, ai Lupi ed alla Stazione di San Marco, dove cessano, e fino in Coltano e in Tombolo a ponente del Monte Pisano, dove furono ritenute da PAOLO SAVI e dai geologi pisani come dune recenti, ma dove in realtà formano le ultime propaggini delle colline Pisane, approfondandosi poi gradatamente verso il mare nel sottosuolo della Pianura Pisana dove furono incontrate nel pozzo artesiano a metri 104,60 di profondità a S. Piero in Grado.

Verso mare, in Livorno, fra la Porta S. Marco e l'Ardenza passano alla *Panchina* e in certi tratti, lungo il fosso di Salviano, all'Ardenza di terra, al Ponte della ferrovia, e al Cantiere Orlando alternarono o furono ricoperte da argille turchine lacustri o da straterelli palustri zeppi di minute conchiglie terrestri (*Vertigo*, *Pupa*, *Helix nemoralis* L. H. comp. sp. *Cyclostoma elegans* MÜLL.) e d'acqua dolce (*Limnaea*, *Bythinia*, *Planorbis*) ch'io raccoglievo fin dal 1861 e poi recentemente all'Ardenza, e con qualche ossame di *Elephas antiquus* FALC.<sup>1)</sup> Certo quegli strati palustri e lacustri si depositavano entro stagni littorali il cui fondo doveva essere inferiore al livello del mare, per modo che alternativamente potevano fluttuarvi acque salate e dolci, o salmastrose. Le stesse sabbie gialle marine seguitano poi attorno ai Monti Livornesi e si connettono con quelle di Vallebaia e delle Colline Pisane a settentrione, con quelle di Castiglioncello a mezzogiorno. Oltrechè nella *Panchina*, nelle sabbie gialle attorno al Campo d'Osservazione e a Salviano, abbondano fossili prettamente marini postpliocenici.

Una bella sezione di tali sabbie ed argille giallastre sottostanti alle ghiaie alluvionali del Pigna nel tenimento *della Salute*, si vede allo scoperto, un poco a settentrione, alle Fornaci della Cigna. Gli strati sono orizzontali ed ecco come si succedono dall'alto al basso:

---

<sup>1)</sup> G. PERUZZI. — *Notizie sui resti di Elephas trovati nel Cantiere Orlando a Livorno*. Proc. verb., Soc. tosc., 7 gennaio 1882, pag. 64.

1.° Superficialmente, per m. 1, sono argille di color giallo cupo, piene di nocioletti d'idrossido di ferro e di manganese; e sono d'origine marina, perchè vi si trovano ancora, in situazione orizzontale, valve di *Pecten varius* L., *P. multistriatus* POLI, *P. flexuosus* LCK. con tutti i loro colori naturali. Il terreno è da attribuire al Postpliocene più recente.

2.° Sottostante, per m. 0,50, è un'argilla gialla, chiara, piena di nocioletti calcarei bitorzoluti, grossi fin quanto un pugno, verosimile prodotto di decalcificazione della argilla circostante, e con qualche ghiaietta come quella sottostante.

3.° Sotto si trovano, interrottamente, delle lenti, alte fino un metro, di ghiaie, per lo più schiacciate, lunghe fino un decimetro, grandi e piccine insieme mescolate, di selce, di calcare con selce appartenente al Lias medio, di calcari rosei del Lias inferiore, di quarzo e quarziti del Paleozoico del Monte Pisano, di arenaria eocenica. Queste ghiaie alla Cigna riposano immediatamente sulle argille impermeabili, orizzontali. A settentrione, anzi a N. E. della Cigna le stesse ghiaie si incontrarono a Stagno nel pozzo artesiano del Cassuto fra 52 e 57 m. di profondità, e ne sgorgarono abbondantissime acque un poco salmastre fino ad altezza di m. 1,50 sul suolo <sup>1)</sup>, acque derivanti certo dalle prossime colline pisane a confine con Livorno. Ad O. le ritroviamo, come dicevo, a m. 104,60 di profondità, e sempre con acque abbondanti, salmastrose, a San Piero in Grado. A Ponente della Cigna, nella via Erbosa fuori Porta S. Marco, come mi diceva l'ing. SFORZI, quelle ghiaie, alte m. 0,50, si incontrano a m. 7 dal suolo vale a dire circa 2 m. sotto il livello del mare, pur sempre posanti sull'argilla pliocenica. Le stesse ghiaie furono incontrate più ad O. nello scavo del ponte girante fra la darsena nuova e il molo mediceo, a m. 8,28 sotto il piano stradale, e circa 5,30 sotto il livello del mare <sup>2)</sup>.

Allontanandosi sempre più dalle colline, e scendendo nel sottosuolo, quelle sabbie argillose e quelle argille, solo superficialmente giallastre per idrossidazione dei componenti ferruginosi dovuta alle cause atmosferiche, si fanno più sottili e di colore turchino e si estendono assai

---

<sup>1)</sup> G. GIOLI. — *Sopra alcuni pozzi artesiani dei piani di Pisa e di Livorno.* Boll. d. Soc. geol. it., Vol. XII, 1893. — *Il sottosuolo delle pianure di Pisa e di Livorno.* Boll. d. Soc. geol. it., Vol. XIII, 1895.

<sup>2)</sup> F. L. APPELIUS. — *Catalogo delle conchiglie fossili del Livornese desunte dalle collezioni e manoscritti del defunto G. B. Caterini.* Boll. Soc. mal. it., Vol. III, 1875, pag. 55.

nel suolo di Stagno e di Livorno, dove contengono quella fauna del Postpliocene inferiore, studiata da APPELIUS pei Molluschi, da NEVIANI pei Briozoi, equivalente agli strati di Vallebiaia nelle adiacenti colline pisane, di Monte Mario e di Gallina in Calabria, però di mare alquanto più profondo, d'una zona fra quella coralligena e quella delle laminarie. Simili argille sabbiose turchine fossilifere furono incontrate in città negli scavi lungo le mura di S. Cosimo alla già Arena Labronica fino a m. 9 dal suolo; al Mercato nuovo, a m. 5 di profondità, dove trovai la stessa abbondante fauna di briozoi <sup>1)</sup> e gli stessi molluschi della Salute; anzi, secondo il GIOLI (*Il sottosuolo ecc.*) fino a m. 39 di profondità; alla Darsena per la dogana presso la Crocetta fino a m. 4,66 sotto il livello del mare; al ponte girante fra la Darsena nuova ed il molo medico fino a m. 8,28 sotto il piano stradale; al Cantiere Orlando fino a m. 3 sotto il livello del mare <sup>2)</sup>; alla stazione marittima; ai Macelli, dove almeno fino a m. 32 di profondità vidi gli stessi fossili trovati alla Corsia e forse fino alla massima profondità di m. 68; nel pozzo artesiano di Stagno da m. 55 a 70 <sup>3)</sup>; a S. Piero in Grado fino a m. 151, 10, e altrove.

I detti terreni posano a loro volta sulle argille turchine plioceniche, finissime, di mare profondo, pur esse apparentemente orizzontali o quasi; ma vi posano sopra con discordanza ed irregolarità, sovente ragguardevoli, come nelle stesse vicinanze degli Stabilimenti della Salute.

Simili argille sono molto estese nelle Colline Pisane, dove contengono faune abbondantissime, ben note, fino alla valletta dell'Ugione. Spuntano ancora, sotto le sabbie, in una quantità di luoghi a levante del Campo d'Osservazione, ai Primi Archi donde descrisse vari fossili l'APPELIUS <sup>4)</sup>, lungo il Rio dell'Acqua, e alla Vallelunga, sovente fossilifere, e vi alimentano varie fornaci.

Presso il Campo d'Osservazione lungo la Cigna, a valle del ponticello dell'acquedotto e vicinissimo alla Salute si vedono due piccoli lembi di argilla pliocenica discordanti sotto la sabbia gialla postplioce-

---

<sup>1)</sup> A. NEVIANI. — *Contribuzione alla conoscenza dei briozoi fossili italiani. Briozoi postpliocenici del sottosuolo di Livorno*: Bull. Soc. geol. n. 1 vol. X, 1891. *Briozoi neozoici di alcune località d'Italia. Parte III. Briozoi postpliocenici di Livorno* (Boll. Soc. Rom. st. zool. Vol. V. Roma 1296).

<sup>2)</sup> G. PERUZZI. — *Loc. cit.*

<sup>3)</sup> GIOLI. — *Il sottosuolo ecc.*

<sup>4)</sup> APPELIUS. — *Loc. cit.*, pag. 101. — MANTOVANI. — *Collezioni di Storia naturale del R. Istituto tecnico di Livorno. Ann. R. Ist. tecn. e naut., Livorno, S. 2<sup>a</sup>, vol. I, pag. 17.*

nica. Poco più a settentrione, alle Fornaci della Cigna, sotto gli strati postpliocenici, già ricordati, continua la serie seguente.

4.° Gli strati più alti delle argille compatte plioceniche, per m. 1 a 3 sono d'un color turchino molto chiaro, biancastri, al quale colore può contribuire in parte l'asciuttore della roccia, chè infatti, seccandosi schiarisce.

5.° Vengono poi, i banchi, sempre orizzontali ed impermeabili, delle argille compatte, turchine, talora appena sabbiose, che il pozzo tubulare Anelli traversò per m. 52 e che arrivano a profondità indeterminate. Alle Fornaci della Cigna appunto vi si trovarono vari esemplari benissimo conservati di *Delphinus*<sup>1)</sup> che si trovano oggi, credo, al British Museum, a Londra. I fossili vi abbondano assai; ne incontrò moltissimi l'ing. ANELLI nei pozzi della vicina fabbrica di Ceramica anche alle maggiori profondità. Le specie incontrate in questi luoghi sono tutte di mare molto profondo, che fanno ravvicinare le argille a quelle della Via Roma in Genova, di Arenzano, Albissola, Savona, Albenga, Ceriale ecc., sulla Riviera Ligure occidentale, a quelle del Vaticano in Roma, e sopra tutto a quelle di Orciano e della Val di Fine che circondano il lato orientale degli stessi Monti Livornesi: sono perciò di plaga coralligena o vaticana e credo arrivino in parte fino alle zone più recenti del tipico pliocene.

Quantunque le argille plioceniche sieno più fine e più compatte di quelle postplioceniche, quando manchino fossili macroscopici, non è sempre facile distinguerle. Con inclinazione leggerissima esse formano il sottosuolo fino alla Tora da una parte, fino a Livorno dall'altra; però mentre a settentrione qua e là, come vedemmo, sono allo scoperto, o quasi, nello stesso stabilimento si approfondano; così a N. E. al pozzo già Cassuto a Stagno, dove si incontrano fra 70 e 140 m.; così ad O. in Livorno, dove furono incontrate nel foro fondo m. 140, ai Bagni in Corso Umberto, che non trovò acqua dopo quella superficiale, ed in altre perforazioni; ma, non essendosi tenuto conto dei fossili, vennero confuse con le argille sabbiose postplioceniche. Probabilmente appartengono al Pliocene le argille che ho notate nell'appicco sul mare a S. dell'Accademia navale, e nel fondo del mare stesso, sotto gli scogli di panchina tra S. Jacopo e Palmieri.

---

<sup>1)</sup> P. MANTOVANI. — Loc. cit. pag. 3.

F. CASTELLI. — *Delphino fossile*. Proc. verb., Soc. tosc. Sc., nat., 14 novembre 1880. pag. 131.

Così pure verso settentrione alla Torretta, alla Semoleria, l'argilla pliocenica s'incontra a m. 30 dal suolo, e si manteneva ancora a m. 116 di profondità; però senza fossili appariscenti, salvo foraminifere. Invece più a ponente, a Pisa, a m. 146 ai Macelli, e a S. Piero in Grado a m. 151,10 essa non fu raggiunta.

Nei descritti terreni si aprono le vene delle *Acque della Salute*.

Nel seguente quadro comparativo darò la serie dei terreni traversati da alcuni dei pozzi. Io non assistei alle intere perforazioni, soltanto al principio alla Còrsia ed ai Pagliai; ma di mano in mano che il lavoro procedeva furono raccolti dal sig. capitano Semeria campioni dei terreni che io ho esaminati. Si vede intanto che i terreni dei tre pozzi esaminati (Corallo, Pagliai, Confine) non si corrispondono punto.

## Quadro comparativo dei terreni traversati dai pozzi

---

## CORALLO NUOVO

0-1	Terra vegetale ( <i>humus</i> ) .
1,50	Argilla gialla pura screpolata, con nocciolotti di Limonite, come il N. 1 della Cigna, con frammenti di bivalvi; sapore salato.
1,50 a 1,80	Argilla gialla con nocciolotti calcarei, per lo più sfatti, come il N. 2 della Cigna, con piccole ghiaiette sparse.
1,80 a 2,80	Argilla screpolata, gialla e turchina, con nocciolotti limonitici e calcarei, rarissime ghiaiette grosse quanto un grano di miglio, <i>calcinotti</i> , foraminifere e frammenti di sottili conchiglie fossili e radicette carbonizzate di piante viventi. In un punto l'argilla aveva fragranza di menta per effetto di qualche carburo idrico formatosi localmente.
2,80 a 3,00	L'argilla si fa alquanto più turchina; è leggermente micacea e contiene foraminifere oltre le solite ghiaiette, i nocciolotti limonitici e calcarei, le radicine: è un po' salina.
2,00 a 3,50	.
3,20	.
3,50	.
4,30	Argilla turchina e talora giallastra, alquanto micacea, con rari nocciolotti limonitici e calcarei, con radicine, contenente <i>Corbulomya mediterranea</i> . D. C., ed altre bivalvi, e foraminifere.
4,50	.
5,00	Argilla alquanto più sabbiosa, con piccoli molluschi e foraminifere .
5,70 a 6,00	Argilla turchina talora passante al giallo. Idem . .
6,00	.

PAGLIAI	CONFINE
<i>Humus.</i>	
Argilla giallastra.	
Idem.	
Idem.	
<p>Conglomerato di conchiglie e di <i>Lithothamnium</i>, compattissimo come <i>lumachella</i> e talora come un calcare marnoso, turchino, accompagnato da lenti di argilla turchina con Briozoi, ed una infinità di altri fossili. I molluschi nella lumachella sono sovente ridotti a semplici nuclei: le cavità della medesima sono spesso tappezzate da calcite e coperte da idrossido di ferro e di manganese. Mancò negli altri pozzi. Il banco è leggermente inclinato.</p>	
.	Argilla sabbiosa turchina, abbastanza permeabile con pezzetti di legno carbonizzato fluitati.
.	Argilla idem a strati distinti, talora molto sabbiosa, con detriti di foglie e legno carbonizzati, senza radicule provenienti dalla superficie.
Argilla turchina, compatta, pliocenica, con foraminifere. A m. 7 era umida e svolgeva leggero odore di solfuro idrico, probabilmente per decomposizione dei solfiti dell'acqua minerale ad opera di batteri.	
Idem	(30 settembre 1903). Argilla turchino-scura, alquanto sabbiosa, a strati distinti, con frammenti di fossili marini.
Idem.	
Idem	(14 ottobre). Argilla turchina, compatta.

## CORALLO NUOVO

6,50	Argilla turchina leggermente sabbiosa, micacea, con foraminifere: ancora traversata da radicule.
7,00	Argilla turchina compatta, ancora passante leggermente al giallo, minutamente sabbiosa e micacea, perciò alquanto permeabile, con foraminifere, ancora traversata da qualche radicetta carbonizzata. Sono notevoli la profondità cui giunsero le radici, ed i fenomeni di decalcificazione e d'idrossidazione del ferro giunti fino alla profondità di 7 m. in un terreno argilloso per sé assai poco permeabile.
7,50	Argilla turchina compatta, con <i>Brissopsis lyrifera</i> AG. et DES.
8,00	(29 settembre 1903). Argilla turchina appena sabbiosa-micacea, con foraminifere
9,00	(1 ottobre). Argilla turchina, sabbiosa, stratificata, permeabile . .
9,50	. . . . .
10,00 a 10,50	. . . . .
11,00	. . . . .
12,00	(3 ottobre). Argilla turchina, sabbiosa, permeabile . .
12,50 a 13,50	. . . . .
14,00	(4 ottobre). Argilla turchina assai sabbiosa a strati abbastanza distinti, permeabile.
15,00	(5 ottobre). Argilla turchina, alquanto sabbiosa ma sufficientemente compatta, a foraminifere e frammenti di bivalvi.
15,50	. . . . .
16,00	. . . . .
17,00	(14 ottobre). Argilla turchina compatta, appena micacea, con foraminifere . .
19,00	(5 novembre 1903). Argilla di color turchino chiaro, compatta con bivalvi.
19,50	. . . . .

## PAGLIAI

## CONFINE

Argilla turchina, compatta, pliocenica, con foraminifere. A m. 7 era umida e svolgeva leggero odore di solfuro idrico, probabilmente per decomposizione dei solfiti dell'acqua minerale ad opera di batteri.

Idem.

Idem.

Argilla turchino-chiara, compatta, con foraminifere, con concrezioni calcaree.

Argilla turchina, compatta.

(21 ottobre). Argilla turchina, sabbiosa, micacea, permeabile.

Idem.

Idem con *Trochus cingulatus* BROU.

Idem con *Pecten Angelonii* MGH.

Argilla turchina compatta, appena un poco sabbiosa con *Globigerinae*, *Ostrea cochlear* POLI, *Syndosmya prismatica* SCAC. *Pecten oblongus* PHIL., *Otoliti*.

Argilla turchina, sabbiosa, micacea, permeabile, con foraminifere.

(26 ottobre). Argilla turchina appena micacea, abbastanza compatta, con foraminifere.

Argilla turchino-chiara, compatta con *Flabellum avicula* MICHL., foraminifere, *Pecten oblongus* PHIL.

Argilla turchina, compatta, a *Pinna Brocchii* D'ORB., *Pecten oblongus* PHIL., *Trochus cingulatus* BROU.

Argilla turchino-chiara, compatta.

(3 novembre). Argilla marnosa, compatta, leggermente micacea, turchina, un poco più chiara della susseguente.

Idem con *Biloculina*, *Quinqueloculina*, ecc.

(5 novembre). Argilla turchina compatta, con foraminifere.

## CORALLO NUOVO

20,00	.	.
20,10	.	.
20,50	.	.
20,80	.	.
21,30	(9 novembre). Argilla turchino-chiara, compatta, con bivalvi	.
21,50	Argilla turchina, compatta, a foraminifere, radioli d'Echino, <i>Chenopus pespelicani</i> L. ed altri molluschi.	.
22,30	.	.
23,00	.	.
23,40	.	.
24,00	.	.
24,40	.	.
24,50	.	.
25,00	.	.
26,00	Argilla turchina sabbiosa, alquanto grossolana, acquifera	.

PAGLIAI	CONFINE
Argilla turchino-chiara, compatta con <i>Biloculina</i> ed altre foraminifere, <i>Gadulus gadus</i> MONTF., <i>Sepia</i> .	(9 novembre). Argilla turchino-chiara, compatta.
(13 novembre 1903). Idem con foraminifere, <i>Trochus cingulatus</i> BR., <i>Nassa semistriata</i> BROC.	(10 novembre). Idem con bivalvi, <i>Cristellaria</i> ed altre foraminifere.
.	(13 novembre). Argilla turchina-sabbiosomicacea, alquanto permeabile.
.	(15 novembre). Argilla turchina, piuttosto chiara, compatta, con foraminifere e molluschi.
(20 novembre). Idem con foraminifere, <i>Pecten oblongus</i> PHIL.	
(21 novembre). Argilla turchina, compatta . . .	(21 novembre). Argilla turchina, chiara, compatta con <i>Drillia Allionii</i> BELL.
(22 novembre). Argilla turchino-chiara o biancastra, compatta, con foraminifere.	<i>Trochus cingulatus</i> BROC.
.	(21 novembre). Argilla turchina compatta con pezzettini di legno carbonizzato, foraminiferi, bivalvi, <i>Columbella thiara</i> BROC., ecc.
(23 novembre). Idem.	
.	(21 novembre). Argilla turchina chiara, compatta, appena più sabbiosa della precedente, con foraminifere.
(25 novembre). Argilla turchina, compatta, con foraminifere.	
M. 28, 30 (21 dicembre 1903). Idem.	
M. 29, 30 (22 dicembre). Idem.	
M. 30, 50 (23 dicembre). Idem con <i>Nassa italica</i> MAYER.	
M. 32, 50 (28 dicembre). Argilla turchina, alquanto sabbiosa e permeabile, piena di foraminifere.	
M. 35 (31 dicembre). Argilla turchino-chiara, compatta, impermeabile, con foraminifere e pezzi di legno fluitato con attaccate molte <i>Ostrea neglecta</i> MICH.	

Alla Vittoria alla superficie, come al Corallo nuovo, ma per minor tratto, l'argilla turchina era in parte scolorita, giallastra o biancastra. Succede l'argilla sabbiosa a foraminifere, abbastanza permeabile; fra 8 o 9 m. per effetto di uno strato di argilla turchina, sabbiosa, con foraminifere, permeabile, del quale vidi un campione preso a 10 m., comparve dell'acqua minerale. A 15 m. comincia l'argilla turchina più compatta a foraminifere, e dalla sovrastante argilla sabbiosa, fra 14 e 15 m. sgorgò abbondante quantità d'acqua. Nei primi 15 m. di argilla sabbiosa, ed in quella compatta successiva non furono trovati molluschi abbondanti come negli altri pozzi.

Nel terreno scavato attorno ai pozzi furono raccolti da me i seguenti fossili, dei quali però non fu sempre noto il preciso strato, perchè non potei seguire da me gli scavi. Segno con asterisco le specie estinte.

Al Corallo nuovo, nell'argilla sabbiosa fra m. 3 e 7 si raccolsero:

*Lithothamnium.*

*Vioa.*

*Calodocora cespitosa* ED. et H.

\* *Flabellum siciliense* ED. et H.

*Caryophyllia arcuata* ED. et H.

*Pecten multistriatus* POLI.

*P. opercularis* L.

*P. flexuosus* POLI.

*P. Jacobaeus* L.

*Nucula nucleus* L.

*Pectunculus pilosus* L.

*Arca tetragona* POLI.

*Lucina spinifera* MTG.

*Cardium echinatum* L.

*C. exiguum* GMELIN.

*Astarte fusca* POLI.

*Venus casina* L.

*V. ovata* PENN.

*Corbula gibba* OL.

*Corbulomya mediterranea* COSTA.

*Saxicava arctica* L.

*Fissurella graeca* L.

*Capulus hungaricus* L.

*Trochus fanulum* GMEL.

- Turbo rugosus* L.  
 \* *Turritella tornata* BROC.  
 \* *T. triplicata* BROC.  
 \* *T. subangulata* BROC.  
*T. turbona* MONTEROSATO  
*Natica Guillemini* PAYRAUDEAU  
*N. catena* DA C.  
*Cerithium varicosum* BROC.  
*Potamides ferrugineum* DELLE CH.  
*Murex vaginatus* JAN.  
*Nassa semistriata* BROC.  
 \* *N. gigantula* BONELLI.  
*Terebratulula vitrea* LAM.  
*Terebratulina caput serpentis* L.  
*Osthimosia coronopus* WOOD, e *Briozoi compl.* sp.

Questi fossili appartengono al Postpliocene inferiore. Nella sottostante argilla compatta, fra 7, 50 e 8 m. fu trovato una *Brissopsis lyrifera* AG. e DES. specie vivente e fossile nel terziario, determinata dal dott. STEFANINI. Da m. 21, 30 proviene l'*Argiope cuneata* RISSO; da m. 21, 50 *Chenopus pespelicani* L., specie viventi: parmi probabile che i terreni del Corallo nuovo, appartengano tutti al Postpliocene.

Ai Pagliai nel conglomerato e nell'argilla sabbiosa intercalata, fra m. 2 e m. 3, 50 si incontrarono i fossili seguenti:

- Lithothamnium* sp.  
*Cladocora cespitosa* ED. et H.  
 \* *Flabellum siciliense* ED. et H.  
*Caryophyllia arcuata* ED. et H.  
*Anomia ephippium* L.  
*A. glauca* MONTEROSATO.  
*Ostrea cochlear* POLI.  
*Pecten multistriatus* POLI.  
*P. opercularis* L.  
*P. flexuosus* POLI.  
*Arca diluvii* LCK.  
 \* *Nucula placentina* LCK.  
*Lucina spinifera* MTG.

*Cardita aculeata* POLI var. *taurosimplex* SACCO.

*Isocardia cor* L.

*Astarte fusca* POLI.

*Cardium echinatum* L.

*Venus casina* L.

*V. gallina* L.

*Corbula gibba* OL.

*Dentalium vitreum* SCHRÖTER.

*D. tetragonum* BROU.

*Turbo rugosus* L.

\* *T. mammilla* ANDRZ. COMUNE.

\* *Turritella subangulata* BROU.

*Eulima subulata* DON.

*Natica Guillemini* PAYR.

*Chenopus pespelicani* L.

\* *Fusus longiroster* BROU.

\* *Latirus fimbriatus* BROU.

*Cassis saburon* BRUG.

*Nassa semistriata* BROU.

*Drillia sigmoidea*.

*D. Loprestiana* CALCARA.

*Protula protula* CUV. Sulla superficie sono tracce probabilmente di *Protulophila* o di altro simile Briozoo ctenostomato.

Briozoi variatissimi.

Questi fossili appartengono al Postpliocene inferiore; ma quelli degli strati seguenti al Pliocene.

Da m. 3, 50 in giù si trovano:

\* *Flabellum avicula* MICHELIN.

*Ostrea cochlear* POLI.

\* *O. neglecta* MICHL. È specie del miocene medio, citata solo da RAULIN e DELBOS nel pliocene dei Bassi Pirenei in Francia. Trovossi in quantità sopra un pezzo di legno già galleggiante, e sopra ambedue le superfici, a m. 35 di profondità. Probabilmente l'*O. langhiana* TRAB. e l'*Exogyra miotaurinensis* SACCO sono sinonime di questa specie.

\* *Pecten oblongus* PHIL., a m. 12, 50, 15; 15, 50; 22, 30, sempre abbondante.

\* *P. Angelonii* MGH., a m. 12.

*Pinna Brocchii* D'ORB.

*Syndosmya prismatica* SCAC., a m. 12, comune.

*Gadulus gadus* MONF.

*Dentalium triquetrum* BROC.

*Nassa semistriata* BROC.

\* *N. italica* MAYER.

*Trochus cingulatus* BROC. a m. 11; 15, 50.

*Natica helicina* BROC.

\* *Sepia* cfr. *complanata* BELL., a m. 20

Al Confine nella argilla compatta, da m. 6; ma specialmente da m. 22 in giù, furono raccolti i seguenti fossili, non molto abbondanti ma abbastanza diffusi in ogni strato ed appartenenti al più tipico Pliocene.

Foraminifere abbondanti.

Echini.

*Pecten flexuosus* POLI.

*Dentalium triquetrum* BROC.

*Turritella subangulata* BROC.

*Natica helicina* BROC.

*Typhis phistulosus* BROC.

*Nassa italica* MAYER

*Trochus cingulatus* BROC.

*Columbella thiara* BROC.

*C. nassoides* BROC.

*Pleurotoma rotata* BROC.

*P. dimidiata* BROC.

*P. turricula* BROC.

*Drillia Allionii* BELL.

*Surcula intermedia* BRONN.

Nella serie dei terreni indicati sono parecchie lacune: pure può dedursi che dai Pagliai, alla Cigna, agli Archi, durante il Postpliocene sarebbe stato un basso fondo a guisa di golfo aperto verso Livorno e Ardenza, formato da argille plioceniche, irregolarmente corroso dall'acqua marina, attorno al quale e sul quale si depositarono le argille sabbiose del Postpliocene, incontrate poi ne' pozzi fino a variabili profondità, cioè per lo meno fino a metri 3, 50 ai Pagliai, a m. 6 al Confine, 26 al Corallo nuovo e probabilmente per tutta l'altezza dello scavo al Corallo vecchio, alla Corsia e alla Sovrana.

I livelli acquiferi rappresentati dal confine tra le argille sabbiose alquanto permeabili e le argille compatte impermeabili, variano alquanto da un pozzo all'altro, non solo per la grande irregolarità della superficie di contatto fra Pliocene e Postpliocene, quanto perchè gli strati non essendo limitati da superfici piane parallele possono variare un poco da un punto all'altro.

I tratti donde fu osservata la scaturigine delle acque negli scavi fatti combinano con quelli che si sarebbero dedotti *a priori* dal solo esame degli spaccati geologici.

S'incontrarono, almeno quattro livelli acquiferi principali con la base, rispettivamente alla superficie: I. a m. 6-7, 50 (Confine m. 6; Corallo nuovo m. 7, 50; Corallo vecchio a giudicare dal cominciamento del tubo a m. 7, 64; Sovrana a giudicare dalla vena a m. 7 incontrata nel 1854): questo livello trovasi nel terreno postpliocenico. II. a m. 15-17, partendosi da m. 9, 50 (Confine e Vittoria m. 15 probabilmente nel Pliocene; Corallo nuovo m. 17, così Corallo vecchio a giudicare dal tubo che termina a m. 18, 14; Sovrana, a giudicare dalla vena incontrata in origine a m. 9, 50, nella sua parte più alta quando era ancora intatta, nel Postpliocene; Pagliai, stillicidi a m. 13, 50 dal Pliocene): III. a m. 21 (Confine dal Pliocene, e forse Corallo nuovo a giudicare dalla sua terminazione a m. 22, 30 dal Postpliocene). IV. sotto m. 26 (Corallo nuovo m. 26; Corallo vecchio, stando alla vena incontrata nell'estate 1865 a m. 28, dal Postpliocene; Pagliai, con la base a m. 35, nel Pliocene).

Ciò non toglie che tenui stillicidi possano trovarsi anche in altri punti a traverso le argille compatte quando sieno un po' più grossolane quindi un po' meno impermeabili. Infatti gli scavatori de' pozzi asserirono che le acque uscivano in certa quantità da alcuni pochi tratti, stillando lentamente da altri.

### **Portata e Temperatura.**

Non si hanno osservazioni sulla portata delle singole vene, quindi bisogna contentarsi di quelle comprensive dei vari pozzi.

Il BERTONI afferma che la portata comprensiva degli otto pozzi, è di 50 mila litri il giorno <sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup> G. BERTONI. — *Quadro dei componenti minerali contenuti in 1000 grammi d'acqua delle sorgenti solfosodiche della Salute.* (Ann. del Lab. di Chimica della R. Acc. navale), Livorno 1906, pag. 4.

La Sovrana, in addietro, dava d'estate 700 litri, d'inverno 2000 in 24 ore: la Vittoria 4000 litri d'inverno; il Confine, d'inverno 3000; i Pagliai nell'autunno 1903 dettero litri 400 in 24 ore. Il febbraio 1904 essendo stati completamente vuotati i pozzi della Sovrana, del Corallo vecchio, della Preziosa, essi dettero rispettivamente, in 48 ore, litri 15, 208; 8, 057; 6, 272.

Naturalmente i successivi incrementi di livello e le successive portate diminuiscono in proporzioni sempre più ragguardevoli.

Nel gennaio 1904 dalla Sovrana, già messa a regime, si poterono estrarre litri 490 a 735 ogni 24 ore. Come risulta dalle osservazioni seguenti, nel marzo 1904 il suo incremento normale sopra il livello di m. 12,85 dal fondo, in 10 giorni oscillò fra litri 147 e 490 in 24 ore; solo in un giorno di pioggia abbondante fu di 1470 litri: decrebbe poi fino a 164 litri in 24 ore, ciò che naturalmente non implica che l'erogazione complessiva si riduca mai a quella minima portata. Il Corallo, ne' primi 10 giorni, sopra il livello di m. 11,53, aumentava di litri 8 il giorno; poi di meno che mezzo litro, pur mantenendosi a livello assai più basso della Sovrana; però l'intercapedine eliminava le acque superficiali. La Preziosa, sopra il livello di m. 2, 35, in 19 giorni, aumentò molto variabilmente, con una media di litri 617 ogni 24 ore, incremento notevole rispetto alla Sovrana e al Corallo vecchio, derivante non solo dal più basso livello di partenza, ma forse dalla maggiore profondità, si che vi concorre qualche livello acquifero di più.

Le osservazioni precedenti sono quelle che il DI VESTEA ha fatto, sul livello dei pozzi della Sovrana, del Corallo vecchio, della Preziosa, e sulle relative intercapedini, mediante il nastro del PETTENKOFER, nel marzo 1904, tenendo conto anche delle piogge misurate mediante un pluviometro locale. Le osservazioni furono cominciate previo vuotamento delle intercapedini, e quando i pozzi vuotati alcun tempo prima erano ancora per la via di tornare al livello normale, e sono riassunte nel quadro seguente favoritomi dal DI VESTEA, dal quale pure risulta che queste acque hanno tutte una salienza assai superiore al livello del mare.

Giorni del Marzo 1904	Altezza sul mare degli specchi di acqua						Pioggia in m. m.
	Sovrana		Corallo vecchio		Preziosa		
	Pozzo	Intercapedine	Pozzo	Intercapedine	Pozzo	Intercapedine	
1	»	»	»	»	»	»	5,7
2	12,85	»	11,53	»	2,35	11,86	»
3	»	11,99	»	13,47	2,50	12,08	8,9
4	»	»	»	13,77	2,65	12,21	»
5	»	»	11,63	13,87	2,80	12,28	»
6	»	»	»	»	2,90	»	»
7	13,00	»	11,73	»	»	12,33	»
8	13,10	11,98	»	»	»	»	»
9	13,20	12,00	»	»	3,05	12,63	»
10	13,50	11,98	11,83	13,92	»	12,73	12,8
11	»	12,06	»	»	3,35	12,83	»
12	13,70	12,03	»	»	3,65	12,75	»
13	»	12,02	»	13,82	»	»	»
14	»	»	»	»	3,75	12,83	»
15	»	»	»	»	3,85	12,97	»
16	»	»	»	13,87	»	»	»
17	»	»	»	»	4,15	12,98	»
18	13,90	»	11,93	13,92	»	»	5,4
19	»	»	»	»	4,35	13,03	»
20	»	12,06	»	»	4,55	13,08	»
21	»	»	»	»	4,75	13,13	»
22	14,20	»	»	»	»	13,18	»
23	»	»	»	»	»	»	»
24	»	»	»	»	»	13,23	2,6
25	»	»	»	»	»	13,33	12,1
26	»	»	»	»	»	13,43	23,1
27	»	»	»	13,97	»	»	7,0
28	»	»	»	»	»	»	14,3
29	»	12,26	»	14,07	»	»	1,1
30	»	»	»	»	»	»	»
31	»	»	»	»	»	»	»
TOTALE .							93,0

Mediante il collocamento di idrografi autoregistratori si potranno meglio constatare anche le variazioni di livello conseguenti all'abbondanza od alla scarsità delle piogge, la distanza di quelle variazioni dalle piene e dalle magre, non che le variazioni più leggiere indotte giornalmente dalle erogazioni dei pozzi vicini, e le differenti portate dei vari strati acquiferi oggi insieme confusi.

Dalle osservazioni fatte, per quanto imperfette, risulta intanto che la portata dei livelli acquiferi più alti è assai maggiore; che la portata di tutti i pozzi è maggiore nei mesi invernali che nei mesi estivi, e che la variabilità è molto maggiore nello strato più alto che nelle vene profonde; che le oscillazioni secondo la quantità delle piogge sono più evidenti nelle vene superficiali oggi eliminate dalle intercapedini; perciò vi è sempre un rapporto con le precipitazioni atmosferiche, sebbene più immediato nelle acque più superficiali.

Se gli strati fossero orizzontali o quasi, le acque nei medesimi si potrebbero considerare come ferme e come suscettibili di muoversi solo quando avvenissero depressioni nei pozzi. In questo caso il carico all'acqua sarebbe dato dal solo peso specifico di essa correlativo alla viscosità propria della temperatura non elevata e della quantità di sali disciolti, e quel carico, sarebbe semplicemente proporzionale alla depressione del livello dell'acqua nei pozzi. La velocità conseguentemente, e la portata sarebbero maggiori, quanto fosse maggiore la depressione e dipenderebbero soltanto dalle asperità della superficie bagnata dalle acque cioè dalle dimensioni delle particelle che compongono il suolo. La perdita di carico correlativa a quest'ultimo coefficiente per le acque del sottosuolo si ritiene comunemente proporzionale alla prima potenza della velocità media, secondo la nota formula del PRONY. Quest'ultimo coefficiente, con dimensioni infinitamente piccole delle particelle nel suolo diventa = 0, onde = 0 diventano velocità e portata. Però, al contrario, è certo che le vene più profonde sono salienti, e lasciate a sè senza erogazioni artificiali sorgerebbero quasi certamente sopra il livello del suolo.

Fori artesiani, da me suggeriti, non sono stati fatti; i pozzi non essendo rimasti mai a regime normale costante non si conosce il livello piezometrico delle acque: risulta però dal pozzo esterno della fabbrica Anelli presso le Fornaci della Cigna e dal comportarsi dell'acqua della tromba rispetto à quella dell'intercapedine nella Sovrana che l'acqua del II livello è assai più saliente di quella del I ed arriva quasi alla

superficie. Le acque dei livelli inferiori, come a Stagno, sono perciò quasi certamente salienti sopra il suolo. Anche al Corallo vecchio le acque appartenenti alla vena più profonda che ha la base a 15 m. rigurgitano dal tubo collocato in fondo al pozzo.

Queste acque inferiori vengono da regioni abbastanza lontane più alte, con carico abbastanza ragguardevole, e forse dalle colline plioceniche e postplioceniche le quali si trovano più a settentrione e che sono scoperte per tratti abbastanza estesi, a cominciare dalla valle dell'Ugione.

Il carico loro è soggetto ad alcune leggiere variazioni, probabilmente secondo le stagioni e secondo le precipitazioni atmosferiche: ciò si induce da che talora, come al Corallo vecchio, il carico non è sufficiente a vincere la pressione opposta dallo strato acqueo superficiale, nel qual caso si ha una diminuzione di salsedine nel pozzo. In simili circostanze si può diminuire la pressione idrostatica con la pompatura delle acque superiori, per facilitare l'uscita di quelle inferiori.

Una conseguenza di tali circostanze è pure la leggiera differenza di temperatura fra le varie acque.

Le prime osservazioni del BERTONI e mie, fatte prima che i pozzi fossero messi a regime, rivelano maggiori irregolarità di temperatura. Le osservazioni posteriori del prof. DI VESTEVA, che me le ha comunicate, mostrano che quando si considerano le acque, dirò così, nascenti, possibilmente nel momento che escono dal suolo, la temperatura è abbastanza uniforme tra i vari pozzi e nei diversi tempi.

Ben inteso che per quanto grande sia la capacità termica dell'acqua, pure questa accumulandosi nei vari pozzi va gradatamente uniformandosi alla temperatura ambiente del suolo e dell'aria alla cui profondità si trova; donde derivano oscillazioni anche giornaliere di decimi di grado.

La temperatura di queste acque, da quando si fecero osservazioni regolari, ha oscillato tra 14° (Sovrana, Corallo vecchio), 15° (Corsia, Preziosa) e 16° (Vittoria la cui vena ha maggiore profondità). Al Corallo vecchio si notano oscillazioni di 1°, 9 (da 14°, 2 a 16°, 1); alla Sovrana (da 14° a 15°, 4) e alla Vittoria (da 15°, 1 a 16°, 5) di 1°, 4; alla Preziosa di 0°, 9 (da 15° a 15°, 9); alla Corsia di 0°, 5 (da 15° a 15°, 5). Fra 14 e 15 è la temperatura media annua locale; le leggiere oscillazioni di temperatura delle acque seguono con ritardo le più forti variazioni esterne.

### **Analisi chimica.**

Varie analisi di queste acque sono state fatte dall'OROSI e dal BERTONI <sup>1)</sup>. L'analisi della Sovrana, allora detta Salute, compiuta dall'OROSI nel 1856 rivelò gr. 0,08721 attribuiti a ioduro sodico per ogni litro di acqua.

Nel 1866 l'OROSI analizzò l'acqua del Corallo vecchio e vi notò un residuo solido di grammi 14,3434 per litro, del quale gr. 0,0754 erano ioduro sodico.

Le analisi del BERTONI dettero i seguenti risultati per ogni kg. d'acqua, in grammi:

---

<sup>1)</sup> G. BERTONI. — *Ricerche chimiche sulla natura delle acque del sottosuolo di Livorno*. (Atti del 1.º Congresso naz. di Chimica applicata; Torino, 1902. Quadro dei comp. min. 1906.

SIMBOLI degli elementi e dei residui	Corallo antico	Corallo nuovo	Sovrana	Corsia	Preziosa	Vittoria
Cl . . . . Gr.	0,79157	2,82562	4,90761	4,24896	5,71657	7,80393
SO <sup>4</sup> . . . . »	0,02765	0,06762	0,27616	0,08155	0,12629	0,71193
CO <sup>3</sup> . . . . »	0,02784	0,05060	0,16190	0,02260	0,04850	0,13890
SiO <sup>0</sup> . . . . »	0,00320	0,00700	0,01620	0,01120	0,00920	0,01400
I . . . . . »	0,00190	0,00538	0,00410	0,00556	0,00739	0,00702
Br . . . . . »	tr.	0,00015	0,00031	0,00015	0,00038	0,00039
Li . . . . . »	tr.	tr.	0,00002	tr.	0,00002	0,00003
Na . . . . . »	0,45567	1,69682	2,53974	2,52896	3,45912	4,02405
K . . . . . »	0,05503	0,06917	0,01600	0,12491	0,09763	0,34719
Mg . . . . . »	0,02242	0,06151	0,37054	0,07133	0,07421	0,49532
Ca . . . . . »	0,01737	0,05098	0,16876	0,06680	0,13359	0,36763
Mn . . . . . »	tr.	tr.	0,00071	tr.	tr.	0,00025
Fe . . . . . »	0014	0,00195	0,01100	0,00440	0,00377	0,00535
Al . . . . . »	0,00084	0,00159	0,00339	0,00270	0,00371	0,00265
Totale degli elementi e residui. . Gr.	1,40189	4,83839	8,47644	7,16912	9,68038	13,91864
Residuo fisso a 150° »	1,40800	4,86900	8,52200	7,20800	9,71800	14,00300

Presenza di ammoniaca e di nitriti, tracce di acido fosforico e di sostanze organiche.

L'acqua della Corsia ha talora un leggero sapore solfureo, poco meno della vena nella cantina del podere delle Panche, quantunque contenga meno zolfo di tutte le altre acque, ad eccezione del Corallo: ciò proviene verosimilmente dalla decomposizione di solfiti alcalini prodotta da batteri locali.

Fra queste acque sono alcune leggiere differenze, forse importanti per gli usi clinici, come risulterà meglio dalle proporzioni dei componenti per ogni 100 grammi di residuo solido: ma queste differenze non portano che vi debba essere diversità di origine.

I residui solidi osservati successivamente sono riportati nel quadro seguente, tratto dalle pubblicazioni del BERTONI e di altri.

Data delle osservazioni	Sovrana	Corallo vecchio	Corallo nuovo	Preziosa	Vittoria	Confine	Pagliai	Corsia
1856 (Orosi) . . . . .	»	»	»	»	»	»	»	»
1866 (O.) . . . . .	»	14,34	»	»	»	»	»	»
1902 (Bertoni) . . . . .	8,88	1,00	»	»	»	»	»	»
1903 maggio 26 (B.) . . . . .	»	8,12	»	»	»	»	»	»
1903 agosto 24 (B.) . . . . .	»	8,71	»	12,15	»	»	»	»
1903 settembre 28 (B.) . . . . .	»	»	»	»	22,31	»	»	»
1903 ottobre 10 (B.) . . . . .	»	»	»	»	11,43	»	»	»
1903 novembre 14 (B.) . . . . .	»	»	6,33	»	»	»	»	»
1903 novembre 27 (B.) . . . . .	1,76	»	6,40	12,70	9,80	18,00	»	»
1903 ottobre . . . . .	»	Intercapedine	»	»	»	»	»	»
1904 gennaio . . . . .	Intercapedine	»	»	Intercapedine	»	»	»	»
1904 febbraio 10 (B.) . . . . .	7,9	»	»	»	»	»	»	»
1904 marzo . . . . .	»	»	Intercapedine	»	Intercapedine	»	»	»
1904 aprile 7 (B.) . . . . .	8,67	4,91	7,19	9,99	14,26	»	»	»
1904 aprile 14 (B.) . . . . .	9,7	»	»	»	»	»	»	»
1904 aprile 19 (B.) . . . . .	8,6	»	»	»	»	»	»	»
1904 luglio 1 (B.) . . . . .	8,504	1,492	4,278	9,647	22,956	»	»	»
1905 aprile 25 (B.) . . . . .	8,522	1,408	4,869	9,718	14,003	»	»	7,208

Questi residui, come vedesi, variarono assai prima della costruzione delle intercapedini destinate ad eliminare le acque superficiali. Le variazioni osservate nella salsedine derivavano appunto dalla diversa profondità cui erano raccolte le acque analizzate, e dalla abbondanza o scarsità delle acque superficiali allora non eliminate.

Sulle variazioni delle portate, delle temperature, come delle salsedini delle singole vene, mancano i dati perchè ogni pozzo serve di serbatoio alle acque di tutti i livelli, di portata, di salsedine e forse anche di natura chimica leggermente diversa.

Nelle vene superficiali più abbondanti e più variabili è assai minore e più variabile la salsedine. A tali acque superficiali dev'essere appunto gli scarsi residui solidi osservati dal BERTONI al Corallo nel 1902 (1, 00 per litro d'acqua), e nel luglio 1904 (1, 49), alla Sovrana nel novembre 1903 (1, 76).

Le vene più profonde sono più saline e siccome l'acqua si dispone secondo la propria densità, così nei pozzi le acque più leggere stanno alla superficie, quelle più minerali al fondo. Perciò in antico quando si pompavano le acque, se la pompatura era superficiale si estraevano soltanto acque leggere, quali sono appunto quelle osservate in alcune analisi: in antico pure, prima di raccogliere le acque per uso medico, si solevano pompare ed eliminare le acque leggere più alte.

Ciò spiega come pozzi vicini, ad esempio il Corallo e la Còrsia, diano acque di salsedine diversa secondo le profondità cui essi giungono.

È pure possibile che il tenore dei sali o per lo meno di alcuni sali vada variando col tempo in ciascun pozzo, e forse con tale possibilità è in rapporto la rapida diminuzione di certi sali più solubili, ad esempio degli ioduri e forse del solfato di magnesio.

### **Paragone con altre acque minerali.**

Paragoniamo ora le nostre acque con le acque saline che escono da altri terreni in parecchi punti dei Monti Livornesi. Sono queste le acque del Poggetto, degli Occhi Bolleri e della Padula nella tenuta di Campoleciano presso San Quirico, della Puzzolente, di S. Rocco, di Collinaia e Valle Corsa, del Castellaccio, del Sasso rosso, di Ginestraia, del Debbione.

L'acqua di S. Rocco, oggi cantiere Orlando, incontrata nello scavo di un pozzo a traverso le argille postplioceniche, analizzata dall'OROSI, ha la medesima composizione e la medesima scaturigine, deve quindi avere

anche la medesima origine delle Acque della Salute. Il pozzo esiste tuttora, chiuso, nel Cantiere.

L'acqua acidula del Poggetto, presso Ardenza di terra, esce da calcari eocenici; quella acidula del resto scarsa, degli Occhi Bolleri, a temperatura normale, e l'acqua ferruginosa della Padula a 23° C. sgorgano assai lontano, nel versante meridionale dei Monti Livornesi verso il torrente Fortulla, dai galestri eocenici, e quella degli Occhi Bolleri presso una breccia serpentinoso. Queste acque, ricche d'anidride carbonica libera, hanno pure composizione diversissima dalle nostre.

In quella degli Occhi Bolleri in un residuo solido di gr. 1,9366 per litro d'acqua prevalgono i Carbonati, poi i Solfati, mentre di Cloruri v'è appena il 0,4 p. 100 del residuo.

Nell'ultima, in un residuo di gr. 1,9366 per litro prevalgono pure i Carbonati; di Cloruri v'è appena il 0,7 p. 100; di Solfati ve n'è anche meno <sup>1)</sup>. Queste acque invero non si scostano dalle comuni acque acidule che traversano terreni calcarei.

Le acque solfuree, a temperatura normale, della Puzzolente, con acido carbonico e solfuro idrico liberi, sorgono a 2125 metri di distanza a levante dalla Salute a traverso i più alti strati del terreno ghiaioso quaternario e parrebbe direttamente dal Calcare eocenico.

Però non si può escludere che vicini sieno dei calcari appartenenti al Miocene medio e sopra questi gli stessi terreni gessiferi del Miocene che appaiono allo scoperto nella prossima valle dell' Ugione. Queste acque hanno una composizione diversa. Infatti, la Puzzolente, secondo l'analisi dell'OROSI, ha per ogni litro d'acqua gr. 3,3562 di residuo solido, nel quale predominano i solfati o più verosimilmente solfiti: dalla decomposizione di essi per opera di microbi deriva appunto il solfuro idrico. Succedono per quantità i carbonati; mentre i cloruri sono appena nella proporzione di 0,8 p. 100 del residuo solido <sup>2)</sup>. È possibile che le grandi differenze delle Acque della Salute derivino oltre che dalla mancanza locale delle argille postplioceniche e plioceniche dalla contiguità del calcare eocenico e dall'esistenza di gesso nel sottosuolo immediato, della cui esistenza non si ha sentore nelle Acque della Salute, e che mancano nel sottosuolo delle acque di Collinaia.

<sup>1)</sup> P. SAVI e G. OROSI. — *Notizie geologiche e chimiche intorno alle acque acidule e ferruginose di S. Quirico presso Livorno*. Livorno, Ortalli, 1864.

<sup>2)</sup> C. SQUARCI. — *Notizie intorno all'acqua minerale sulfurea detta la Puzzolente presso Livorno*. Livorno, 1845.

Queste acque di Collinaia e di Valle Corsa sorgono a distanza di quasi 4 chilometri a mezzogiorno di quelle della Salute, e furono incontrate mediante pozzi aperti in una specie di panchina e di conglomerato grossolano di calcare quaternario, che pare immediatamente sovrastante all'Eocene superiore nelle collinette alla base dei Monti Livornesi. Queste sorgenti (un pozzo della Villa di Collinaia, due in Valle Corsa circa 700 m. lontano) furono analizzate dal COZZI e dall'OROSI <sup>1)</sup>. Quella di Collinaia ha gr. 13,6839 per litro di residuo solido; quella di Valle Corsa ne ha gr. 20,8540 e la diversità deve provenire da diversa miscela con acque superficiali. La composizione è vicinissima alle nostre; più del 50 per 100 è il Cloruro sodico: però sembrano abbondare alquanto più i Carbonati ed i Solfati, come nelle acque del Sasso rosso e del Castellaccio, di cui ora parleremo.

L'acqua del Sasso rosso esce presso Montenero da galestri, dell'Eocene superiore <sup>2)</sup>; fu analizzata da ANTONY e TASSINARI. Per ogni litro contiene un residuo solido, disseccato a 120° C., di gr. 10,908.

Poco lontano, pure dai terreni eocenici sorge l'acqua del Castellaccio, analizzata dal TARGIONI-TOZZETTI, che ha un residuo di gr. 10,21 per litro, e che rivela una composizione ben poco dissimile.

L'acqua di Ginestraia presso Popogna, analizzata dal BERTONI <sup>3)</sup> sorge dai galestri e dai calcari eocenici, a contatto di una massa serpentinoso, e contiene gr. 13,78 di residuo per litro.

L'acqua del Debbione, che sorge nell'opposto versante dei Monti Livornesi, fu analizzata dall'ALESSANDRI.

Per rendere comparabili fra loro i componenti principali, lasciando i secondari, delle dette acque; rappresenterò la proporzione in grammi di ciascuno di questi per ogni 100 grammi di *residuo solido* fisso, per quanto tal sistema sia alquanto imperfetto. Tutte queste acque, per lo meno allo sgorgo, hanno una temperatura normale; perciò non vi sono differenze di composizione attribuibili alla differenza di temperatura.

<sup>1)</sup> *Delle acque purgative di Collinaia e di Valle Corsa presso Livorno*. Livorno, Belforte, 1903.

<sup>2)</sup> U. ANTONY e P. TASSINARI. — *Relazione dell'analisi chimica dell'acqua del Sasso rosso presso il Santuario di Montenero*. Livorno, Meucci, 1894.

<sup>3)</sup> G. BERTONI. — *Relazione analitica sull'acqua della sorgente di Ginestraia (Valle Benedetta) presso Popogna*. Livorno, Debatte, 1900.

Principali componenti il residuo solido, per 100 parti, in grammi.

COMPONENTI	Sovrana (Bertoni)	Ginestraia (Bertoni)	Corallo vecchio (Bertoni)	Corallo nuovo (Bertoni)	Corsia (Bertoni)	Preziosa (Bertoni)	Vittoria (Bertoni)	Sasso rosso (Antony e l'asinari)	Montecatini Acqua Savi (Orosi)	Montecatini Acqua Saecardi (Bechi)	Montecatini Acqua Salute (Silvestri)	Mare (Forehammer)
Cloro Cl .	56,7	25,5	56,13	58,02	58,79	58,81	55,72	32,1	49,9	46,9	53,6	55,3
Residuo solforico SO <sup>4</sup> .	3,6	35,2	1,9	1,1	1,1	1,7	5,0	33,2	0,8	0,5	3,8	7,8
Residuo carbonico CO <sup>3</sup> .	5,9	5,8	1,9	1,0	0,3	0,4	0,9	»	0,4	0,1	2,1	»
» » HCO <sup>3</sup> .	»	»	»	»	»	»	»	3,2	»	»	»	»
Sodio Na .	29,0	19,0	34,6	34,8	32,3	35,6	28,6	14,4	49,2	46,9	33,9	31,0
Magnesio Mg .	4,4	4,3	1,8	1,2	0,9	0,7	3,5	8,2	0,1	0,1	1,1	3,6
Calcio Ca .	2,6	8,9	1,2	1,0	0,9	1,3	2,6	7,3	0,5	0,5	3,8	1,1
Potassio K .	»	»	1,9	1,0	1,7	0,4	0,9	»	»	»	»	»

Certamente fra le altre acque dei Monti Livornesi (escluse la Puzzolente e le acque di San Quirico) e quelle della Salute sono analogie notevoli; tutte presentano abbondanza di cloro e quasi mancanza di carbonati; in tutte si nota la antinomia, pur frequente, anzi quasi solita, nelle rocce, fra gli ioni metallici terrosi (Calcio e Magnesio) e gli ioni metallici alcalini (Sodio e Potassio); all'abbondanza degli uni risponde la scarsità degli altri.

Le maggiori analogie sono con le acque di Collinaia e Valle Corsa, che sono le più vicine alla Salute. Con le altre vi sono pure alcune notevoli differenze: invero le acque della Salute sono presso che esclusivamente clorurate; nelle altre equivalgono quasi o prevalgono i solfati ai cloruri; cioè i solfati terrosi e prevalentemente magnesiaci al Sasso rosso e al Castellaccio, i solfati così detti terrosi e sodici a Ginestraia. Queste acque perciò, prima del loro sorgere, hanno una circolazione che imprime loro caratteri alquanto diversi. È possibile che la quantità dei solfati sia data dai terreni eocenici che le acque di Ginestraia, di Sassorosso, del Castellaccio, traversano e forse i sali di magnesio dell'acqua del Sassorosso derivano da serpentine sotterraneamente incontrate.

Le stesse acque potabili di Livorno che sorgono presso terreni serpentinosi contengono notevoli quantità di magnesio <sup>1)</sup>.

Dalla medesima regione, cioè dalla quasi immediata scaturigine dai terreni eocenici, derivano le alquanto maggiori proporzioni dei Carbonati e dei Solfati nell'acqua di Collinaia e Valle Corsa rispetto a quelle della Salute.

La presenza di queste acque saline le quali non traversano affatto le argille postplioceniche e plioceniche e la coincidente quantità di cloruri farebbe supporre che tutte, comprese le acque della Salute, abbiano una primiera origine comune più profonda del Pliocene e forse dell'Eocene stesso.

Queste acque, se tale è la loro origine, provenienti da profondità a traverso fessure in un punto o nell'altro della massa pliocenica e postpliocenica, si possono diffondere negli strati più permeabili. Quivi si uniscono alle acque penetrate direttamente dalla superficie e formano altrettanti *aves* o livelli acquiferi sotterranei.

Però considerando la generale presenza di acque salmastre in tutta

---

<sup>1)</sup> S. BERTONI e C. TERNI. — *L'acqua potabile della R. Accademia navale di Livorno*, (Giorn. d. R. Soc. d'igiene, Anno XVII). Milano, 1895, pag. 7.

la pianura Livornese e Pisana, anche assai lontane dalle sorgenti saline dei Monti Livornesi, convien dire che le cause della salinità possono essere molteplici.

In ogni terreno argilloso, finissimo, poco permeabile che si deposita in fondo ai mari rimangono diffuse quantità di acqua marina co' suoi sali, che diventa in certo modo acqua di mare fossile. ●

Se poi quei terreni argillosi rimangono per lunga età, come i nostri, sotto il livello del mare, è probabile che si arricchiscano di sali per effetto dei fenomeni di diffusione e di pressione osmotica, per la quale una soluzione salina può traversare anche grossi strati di terreno quasi impermeabile. Parrebbe veramente che la pressione osmotica avesse a diffondere le acque assai più saline del sottosuolo verso il mare, che non viceversa, ma forse è a tener conto di forze fisiche ancora a noi poco note come della adesione che si stabilisce fra le minutissime particelle di materia solida e le molecole di una soluzione salina. Ai sali aventi queste diverse origini sono da aggiungere quelli nella lunga durata dei secoli contenuti nelle acque di pioggia. Tutte le acque, anche quelle atmosferiche, nelle regioni prossime al mare contengono quasi sempre tracce di Cloruro sodico, sebbene in quantità minime. Ne contengono anche le acque potabili che provvedono Livorno, nella proporzione di 3 a 9 centigrammi per litro; mentre il loro residuo solido totale è di 3 a 4 decigrammi per litro <sup>1)</sup>: queste acque potabili contengono dunque  $\frac{1}{200}$  ad  $\frac{1}{600}$  di Cloruro sodico rispetto alle acque minerali della Salute.

Perciò possiamo considerare il sottosuolo delle argille postplioceniche e plioceniche, aventi non piccola capacità cubica per l'acqua, come un grande serbatoio colmo di acque saline.

Il serbatoio, anche perchè in massima parte non è mai stato innalzato sopra il livello dei mari, non fu mai traversato più o meno rapidamente da acque che ne portassero via i sali; anzi nel lunghissimo decorso del tempo questi via via si accumularono. Infatti, fino a che non si aprano uscite superficiali le acque potrebbero uscire da cotali strati solo con estrema lentezza, specialmente per capillarità e per conseguente evaporazione alla superficie. Ora questa sottrae man mano le acque ma

---

<sup>1)</sup> P. E. ALESSANDRI. — *Le acque potabili della città e contorni di Livorno* (L'Orosi, anno II, 1879).

A. FUNARO. — *Il Selmi* anno IV, n. 1, 1903.

S. MENEGHELLO. — *Il Selmi* III, n. 1, 1903.

lascia i sali, donde deriva che il serbatoio si è di sali sempre più arricchito fino a che non vennero aperte erogazioni artificiali. Ciò si è verificato appunto in quelle parti del suolo delle pianure di Pisa e di Livorno dette salmastraie e *salicineti*, la cui superficie in tempi di siccità è occupata da afflorescenze saline, e che hanno il carattere delle steppe di ogni suolo salino di ogni parte del mondo <sup>1)</sup>.

Tale è pure l'origine, come riconobbe il GIOLI (*l. cit.*) dei *fontanacci* e delle acque salmastrose del piano di Pontedera, di Cascina e di Pisa e in generale dei pozzi profondi alquanto lontani dall'Arno.

Simile accumulazione di sali nel sottosuolo, per simili cagioni, sono ammesse per le acque saline delle regioni carbonifere del Belgio, per quelle dei calcari della Germania settentrionale, per la Virginia. Per i terreni della Salute ce ne vien data la prova dalla analisi chimica.

Non conosco una completa analisi chimica delle nostre argille plioceniche. Il PASSERINI riporta l'analisi di una sabbia gialla pliocenica di Lorenzana nelle colline pisane, raccolta a profondità di m. 7 nel suolo. Sopra 100 parti egli ne trovò 0, 3606 di Cloro, 0, 9792 di Sodio: lisciviando con acqua distillata 100 gr. di roccia frantumata, ed evaporando il liquido trovò un residuo solido, seccato a 100°, di 1, 2960, vale a dire di oltre 10 gr. per chilogrammo, per massima parte costituito da cloruro sodico: le sabbie superficiali non ne presentano quasi tracce, perchè evidentemente è stato portato via dalle acque <sup>2)</sup>. La grande permeabilità delle sabbie e la grande antichità del tempo da che esse sono allo scoperto spiega come, dove sono attraversate dalle acque, per es. nelle colline pisane, queste non contengano più che tenuissime tracce di cloruro sodico, il quale invece è rimasto negli strati non attraversati da acque in moto.

Che le argille livornesi contengano dei sali è cosa fuori di dubbio: se ne ha la prova nelle efflorescenze che le ricoprono per lunghissimo tempo appena sieno portate alla superficie anche dai pozzi della Salute e perfino nei mattoni delle Fornaci della Cigna anche dopo la cottura, ragione per la quale questi non sono preferiti.

Consegnai al dott. E. PONS dell'argilla pliocenica raccolta ai Pagliai

<sup>1)</sup> P. SAVI. — *Studi geologici sulla Pianura pisana* (Mem. R. Acc. dei Georgofili. Firenze, 13 febbraio 1856).

<sup>2)</sup> N. PASSERINI. — *Contributo allo studio della composizione chimica delle rocce della Toscana. Le Sabbie gialle*. (Atti R. Acc. dei Georgofili, vol. XXVI); Firenze, 1903, pag. 311.

a m. 20, 50 pregandolo di lisciviarla. Egli vi notò, per ogni 100 parti d'argilla 0,581 di sali solubili e di queste 0,319 di cloruri, per l'intero, o quasi, cloruro sodico, proporzione alquanto minore del contenuto delle acque alla Salute. Il peso specifico dell'argilla precisamente determinato dal dott. PANICHI è 1,605; di modo che 1 mc. contiene 1,605 kg. d'argilla, di cui fan parte kg. 9,325 di sali solubili, che, se fossero riuniti, col peso specifico di 2,1 dovrebbero formare un volume di decim. c. 4,44. Calcolando che le acque della Salute contengano in media 7 gr. di sali per litro d'acqua, ne viene che in 1 mc. di argilla potrebbero provvedersi di sali 1332 litri il giorno, portata superiore alla media dei nostri pozzi. La provvista di un anno sarebbe ricavata da 365 mc. di argilla. Supponendo una massa argillosa estesa 1 chilom. q., per altezza di 50 m., vi sarebbero sali bastanti a provvedere uno dei pozzi per 137260 anni. Però gli strati argillosi eventualmente traversati dalle nostre acque sono molto più estesi d'1 chil. q. e più alti di 50 m.

Infatti gli strati postpliocenici, e principalmente quelli pliocenici donde le nostre acque provengono formano le basse colline al piede occidentale dei Monti livornesi. Essi sono assai leggermente inclinati verso la pianura e la Salute e ciò spiega come le nostre acque vi possano senz'altro acquistare gran parte della salsedine e siano dotate di un leggero carico che le porta fin sopra la superficie nel piano delle acque della Salute.

Se poi si considera che le acque finora analizzate sgorgano quasi esclusivamente dagli strati postpliocenici più alti e più recenti, si comprende come tanto più facilmente possano conservare i caratteri dell'acqua del mare postpliocenico non diverso dall'attuale. Che vi entrino in qualche modo le acque del mare attuale è cosa assolutamente da escludere, non solo per la troppa distanza, ma pel livello loro sempre più alto del mare, e per la salienza delle medesime fino al piano che ha una quota di 15 o 16 m.

La normalità della temperatura e della pressione, l'età non antica di tutti i terreni Livornesi, la susseguente mancanza di reazioni chimiche alteratrici, hanno serbato ai sali della Salute, quasi intatto, il primitivo carattere marino.

Però fra le altre, quella che più conserva tale carattere è la Vittoria; nelle altre acque le proporzioni del cloruro sodico sono più alte, a scapito dei solfati e specialmente del solfato di magnesio e d'altri

sali più deliquescenti, forse perchè i pozzi sono più antichi o aperti in contiguità di altri antichi, perciò in terreni da molto tempo percorsi da acque lentamente scorrenti sì che i sali più solubili furono anche i primi ad essere portati via.

La quantità di iodio maggiore assai che nelle acque del mare e nelle ordinarie saline, accenna ad una concentrazione quale è stata osservata pure in molti altri casi, derivante da cause ignorate, probabilmente d'ordine fisico, o forse da influenza di materie organiche, le quali hanno facoltà di concentrare facilmente l'iodio anche nelle acque dolci dove ne esistono tracce impercettibili.

Il leggerissimo tenore in ferro, appena rivelato dall'analisi, che però basta a produrre un leggero intorbidamento in alcune di queste acque, in parecchie di quelle di Montecatini, in quelle della pianura e in tutte quelle d'ogni regione che escono da terreni argillosi profondi, deriva dalle combinazioni chimiche nelle quali si trova il ferro e probabilmente da carbonato di ferro. Le argille e le sabbie a profondità lungi dall'atmosfera sono sempre turchine perchè il ferro vi si trova allo stato di protossido per fenomeni di riduzione permanenti dovuti alla preferenza di materie organiche: queste lo riducono a protossido e sono poi causa della sua diffusione nell'acqua in combinazioni molecolari non sempre ben note, ma probabilmente appunto sotto forma di bicarbonato derivante dalla presenza dell'acido carbonico originato pur esso dalla ossidazione dei composti organici. Quando il bicarbonato giunge con le acque all'aperto, a contatto dell'atmosfera, l'acido carbonico si svolge, o viene liberato dalle *Beggiatoae*, per modo che l'ossido di ferro precipita, o rimane fissato da queste *Oscillariae*.

Le scarse tracce di ammoniaca, o di sali ammoniacali, quali si trovano quasi sempre entro acque derivanti da argille terziarie, anche da profondità grandissime, come dal pozzo più profondo di Salsomaggiore, possono derivare dalle sostanze azotate tuttora abbondantemente diffuse nelle argille stesse. Sali ammoniacali trovansi in abbondanza fra i prodotti dei Soffioni di acido borico in Toscana, delle fumarole della Solfatara a Pozzuoli e di altre regioni vulcaniche.

Fra le altre acque minerali le nostre hanno perfetta analogia nella composizione chimica con quelle di Montecatini. Nella proporzione dei componenti il residuo solido, il Corallo risponde al Tettuccio e al Rinfresco, la Vittoria, alle Tamerici. Delle acque di Montecatini riportai tre analisi di tre diversi autori delle quali però le prime due dell'OROSI e del BECHI, hanno più che altro interesse storico.

Con l'ultima analisi del SILVESTRI si può dire che l'identità è perfetta. Qualche leggerissima differenza in più, nelle acque Livornesi, di sali terrosi (Ca, Mg.) e di acido carbonico derivano forse dalla più bassa temperatura di emergenza che è favorevole ad una aumentata soluzione dei carbonati terrosi.

Le quantità di iodio presenti nelle acque della Salute più che in quelle di Montecatini se possono avere grande valore clinico ne hanno poco dal punto di vista chimico, attesa la loro tenuità. Le acque di Montecatini, come le nostre, formano *aves* sotterranei in mezzo alle argille plioceniche che probabilmente non furono mai emerse sopra il mare. A Montecatini però le argille non sono di mare profondo ma piuttosto di origine litorale palustre, e sono intercalate da strati ghiaiosi più grossolani e più permeabili che a Livorno. Ivi pure le argille formano depositi chiusi nei quali i materiali salini si sono successivamente accumulati: ivi pure la provvista dei sali fu aumentata ed è mantenuta dalla emergenza di acque più profonde<sup>1</sup>); queste però a Montecatini sono dotate di temperatura più elevata.

Del resto quel che ho detto delle acque Livornesi può completamente ripetersi delle acque di Montecatini.

Entro argille plioceniche, però lacustri, formano *aves* sotterranee anche le acque saline di Pieve Fosciana in Garfagnana; però queste sono più calde e non ancora si posseggono delle medesime buone analisi.

---

<sup>1</sup>) I. COCCHI. — *Su di una trivellazione a Montecatini-Bagni* (Giornale di Geologia pratica 1907).

---