

2 - LE ACQUE SOTTERRANEE DEL BACINO DELL'ARNO

2.1 - Considerazioni generali

Come è evidenziato nella carta della distribuzione delle risorse idriche sotterranee, le maggiori risorse nel bacino dell'Arno si trovano nelle pianure alluvionali.

Nelle pianure gli acquiferi costituiscono in prevalenza falde superficiali, più o meno direttamente connesse alle portate dei corsi d'acqua. Laddove i sedimenti fluviali o lacustri contenenti gli acquiferi presentano spessori notevoli, si possono ritrovare più falde sovrapposte, che danno luogo a falde artesiane.

Le conoscenze fino ad oggi acquisite hanno permesso di valutare la complessità dei problemi legati alla difesa delle acque sotterranee e di tracciare utili prospettive di intervento. Nel bacino dell'Arno, procedendo da ovest verso est, infatti le aree di pianura presentano situazioni peculiari sommariamente così schematizzabili:

1 - *Zona costiera e pianura pisana*: presenza di alcune falde artesiane più o meno profonde fino a circa 200 m, in alcuni casi con problemi legati al contenuto salino o ad altre caratteristiche di qualità, quali alto contenuto in ferro, che ne rendono difficile o costosa l'utilizzazione. Anche nei casi migliori l'approvvigionamento idrico effettuato con pompaggi è in generale sconsigliabile o perchè localmente produce effetti di subsidenza, talora interferente con la stabilità di edifici e manufatti di pregio (significativo a questo proposito è il caso della Torre di Pisa) o per la possibile induzione dell'estensione nelle falde acquifere del fenomeno del "cuneo salino" dalla costa verso l'interno.

Per questa area è necessario programmare l'utilizzazione di acqua potabilizzata proveniente dal Fiume Serchio, o se possibile, l'utilizzazione di acque di falda da pozzi ubicati nella pianura alluvionale di Lucca o situati in acquiferi profondi nelle rocce carbonatiche dei Monti d'Oltre Serchio, condizioni queste ultime ancora oggi da verificare.

2 - *Piana dell'Arno tra Pontedera e Montelupo (Valdarno inferiore)*: presenza di una coltre alluvionale con uno o più orizzonti acquiferi, poggianti sulle argille e i conglomerati pliocenici che localmente includono falde artesiane di limitato spessore.

Il quadro piezometrico è attualmente influenzato dai pompaggi in atto, destinati all'uso acquedottistico e industriale. L'alimentazione degli acquiferi alluvionali è legata strettamente al fiume e quindi alla stagione delle piogge.

3 - *Piana alluvionale di Lucca - Capannori*: presenza di una potente falda freatica - artesia di ottima qualità, alimentata specialmente dal fiume Serchio, alla quale oggi attingono importanti acquedotti per uso potabile quali quello di Lucca, quello sussidiario di Pisa e di Livorno, quello di Capannori, quello detto del "Pollino" che serve anche Pescia e Montecatini e altri numerosi comuni della Valdinievole, quello delle Cerbaie per la zona di Pontedera, etc.. La falda è oggi sfruttata anche per fini industriali (specialmente cartiere) e da pozzi privati per uso potabile con pompaggi che, considerando i vari usi, superano complessivamente i duemila litri al secondo. In questa zona è necessario completare un acquedotto industriale, già programmato ed in parte finanziato, che utilizzi le acque trattate dal depuratore di "Casa del Lupo", miscelate con acque superficiali, privilegiando le acque profonde per usi potabili. Tuttavia per limitare la subsidenza indotta e la depressione della falda dovranno essere ridotti anche gli emungimenti per uso potabile concentrati nella zona del "Pollino".

4 - *Piana della Nievole e delle Pescie*: presenza di falde un tempo con buone caratteristiche, oggi sempre più difficilmente utilizzabili a fini potabili per inquinamento specialmente da concimi e pesticidi, dovuti all'attività florovivaistica intensiva della zona, che si esplica con le serre che caratterizzano l'ambiente del Pesciatino e il mercato dei fiori.

5 - *Piana di Pistoia - Prato - Firenze*: presenza di falde acquifere consistenti, potenzialmente idonee per uso potabile, oggi in parte inquinate per gli scarichi industriali, civili e per la presenza di escavazioni di inerti attualmente non attive nei terreni alluvionali della pianura (Renai di Signa, etc.). Queste ultime

mettono a giorno la falda freatica con possibilità di un suo inquinamento diretto anche da parte dei corsi d'acqua (quali il Bisenzio e l'Ombrone Pistoiese) che ricevono gran parte degli scarichi fognari del comprensorio fiorentino; la sistemazione ambientale delle cave dismesse potrebbe modificare positivamente la situazione attuale sia con il recupero di riserve idriche non indifferenti per uso idropotabile (in particolare come risorse idriche di emergenza) sia anche per la laminazione delle onde di piena.

Anche lo sfruttamento della falda di Prato, che presenta ancora oggi un profondo cono della superficie piezometrica, dovrà essere ridotto. Il recupero della falda, già iniziato con la costruzione di traverse di ricarica nell'alveo del Bisenzio, potrà realizzarsi riducendo ulteriormente i pompaggi e integrando la risorsa idrica attraverso un collegamento fra l'acquedotto fiorentino (che potabilizza acque superficiali) con quello pratese, utilizzando le acque di falda solo specialmente nel periodo estivo - autunnale, quando le risorse si riducono a volte drammaticamente.

6 - *Valdarno superiore*: presenza di falde acquifere consistenti nei depositi alluvionali del fondo valle, che formano una striscia della larghezza media di 1,5 Km. La falda, situata a piccola profondità, è a tratti alimentata o drenata dall'Arno, con inversioni che possono verificarsi addirittura nel corso dell'anno, come conseguenza degli emungimenti concentrati nel periodo estivo - autunnale. Le rettifiche e le arginature del fiume, operate specialmente nel XVII e XVIII secolo col conseguente aumento del potere erosivo del corso d'acqua, hanno fatto incidere all'Arno le proprie alluvioni, con notevole abbassamento della superficie freatica. La falda idrica, oggi sfruttata per uso idropotabile, agricolo e industriale, è sottoposta ad alto rischio di inquinamento, proveniente anche dall'Arno stesso.

7 - *Val di Chiana*: il disinquinamento di alcuni acquiferi di superficie e di sottosuolo, la costruzione del depuratore di Cortona, la riduzione del carico inquinante agricolo - zootecnico, etc., potrebbero permettere l'utilizzazione razionale di alcune falde acquifere presenti in questo sottobacino, consentendone l'integrazione con le acque potabilizzate, comprese quelle di provenienza dall'invaso di Montedoglio.

Considerando le caratteristiche idrologiche già parzialmente illustrate, la valutazione del quadro delle acque sotterranee deve considerare in particolare che nel bacino dell'Arno le precipitazioni medie annuali, riferite all'intero bacino idrografico (periodo 1924-1943 e 1946-1972) sono state di 1024 mm, con notevoli differenze fra le diverse aree, in relazione alla quota topografica, alla distanza dal mare e all'esposizione dei versanti. I valori variano infatti da oltre 2500 mm di alcune zone dell'Appennino a 600 mm di ampie parti del Valdarno Inferiore, con variazioni annuali anche molto ampie, fino al 50% rispetto alla media pluriennale dei dati pluviometrici.

Poiché l'evapotraspirazione reale media nel bacino idrografico (che ha una superficie di 8228 km²) è calcolata intorno a 600-650 mm, la disponibilità idrica annua risulta di 380-420 mm, che corrispondono a circa 3000 milioni di m³. Questa risorsa idrica è teoricamente elevata e potrebbe soddisfare tutte le richieste, sia potabili che agricole e industriali, ma il suo sfruttamento potenziale è ostacolato dalla combinazione di due fattori: da un lato il fatto che le precipitazioni sono scarse nel periodo estivo, quando maggiore è la domanda; dall'altro la prevalenza nelle aree montane del bacino di rocce a bassa permeabilità, che non consentono l'immagazzinamento nel sottosuolo di una parte consistente degli afflussi meteorici.

Nella dorsale appenninica prevalgono infatti le arenarie, nelle quali l'infiltrazione efficace (cioè la parte degli afflussi meteorici che va ad alimentare le falde acquifere) è calcolata inferiore al 5% delle precipitazioni; nelle colline della metà inferiore del bacino affiorano d'altronde estesamente i sedimenti marini del Pliocene, con prevalenza di argille, praticamente impermeabili. Solo nelle rocce carbonatiche carsificate l'infiltrazione efficace raggiunge e può superare il 50% delle precipitazioni: queste rocce sono però poco rappresentate nel bacino dell'Arno. Ciò è dimostrato anche dalla bassa portata della maggior parte delle sorgenti, fra le quali, in tutto il bacino, solo una presenta la portata media superiore a 50 l/sec (Vene degli Onci, presso Colle Val d'Elsa).

A causa della prevalenza di rocce a bassa permeabilità, le piogge, intense nel periodo autunnale e primaverile, si trasformano quindi in gran parte in deflusso superficiale, con portate di piena spesso elevate, che comportano un elevato rischio alluvionale. Le basse portate dell'Arno nel periodo siccitoso tardo-estivo (a Pisa possono scendere al di sotto di 5,5 - 6 m³/sec) dipendono pertanto dalla scarsità di

risorse idriche sotterranee nelle aree montane e collinari, che sono quelle che alimentano la portata del deflusso di base del fiume.

2.2 - Gli acquiferi delle pianure alluvionali

Come già accennato, le maggiori risorse idriche sotterranee nel bacino dell'Arno si trovano nelle pianure alluvionali, dove sono presenti sedimenti costituiti da sabbie e ghiaie acquifere.

Per chiarire il quadro conoscitivo generale, i problemi esistenti, le necessità di interventi e di ulteriori studi viene di seguito esaminata sommariamente la situazione delle varie zone del bacino. E' opportuno precisare che il quadro conoscitivo è assai diverso da zona a zona, in relazione al diverso sviluppo degli studi.

Il Casentino

Nel Casentino le rocce che incassano i depositi fluviolacustri ed alluvionali sono a permeabilità bassa o praticamente impermeabili.

Le oltre 300 sorgenti censite, numerose soprattutto nelle arenarie, hanno portate generalmente basse, che si riducono notevolmente in estate-autunno. Di esse solo 5 hanno una portata di morbida superiore a 5 l/s. Complessivamente però le acque sorgive costituiscono una risorsa importante per gli acquedotti comunali: i prelievi complessivi sono calcolati in 5,6 milioni di m³/anno.

I depositi fluviolacustri e quelli alluvionali recenti contengono una falda idrica di tipo freatico, localizzata in corrispondenza delle ghiaie.

I pozzi sono generalmente poco profondi: difficilmente superano i 20 metri, poichè in profondità prevalgono i sedimenti impermeabili (argille e limi). Pochi pozzi sfruttano l'acqua delle formazioni rocciose, in particolare le arenarie del Pratomagno e i calcari marnosi della Formazione di M.Morello.

Il bacino di Arezzo

Nella pianura di Arezzo esiste una falda superficiale freatica, attestata nelle alluvioni recenti, in genere scarsamente produttiva; le captazioni che vi attingono sono generalmente vecchi pozzi di grande diametro, profondi circa 10 m. Il principale livello acquifero artesiano è sfruttato da pozzi profondi mediamente 25 - 30 m. Questo livello acquifero presenta nell'area di Quarata una buona produttività idrica (portate di 5 - 10 l/s).

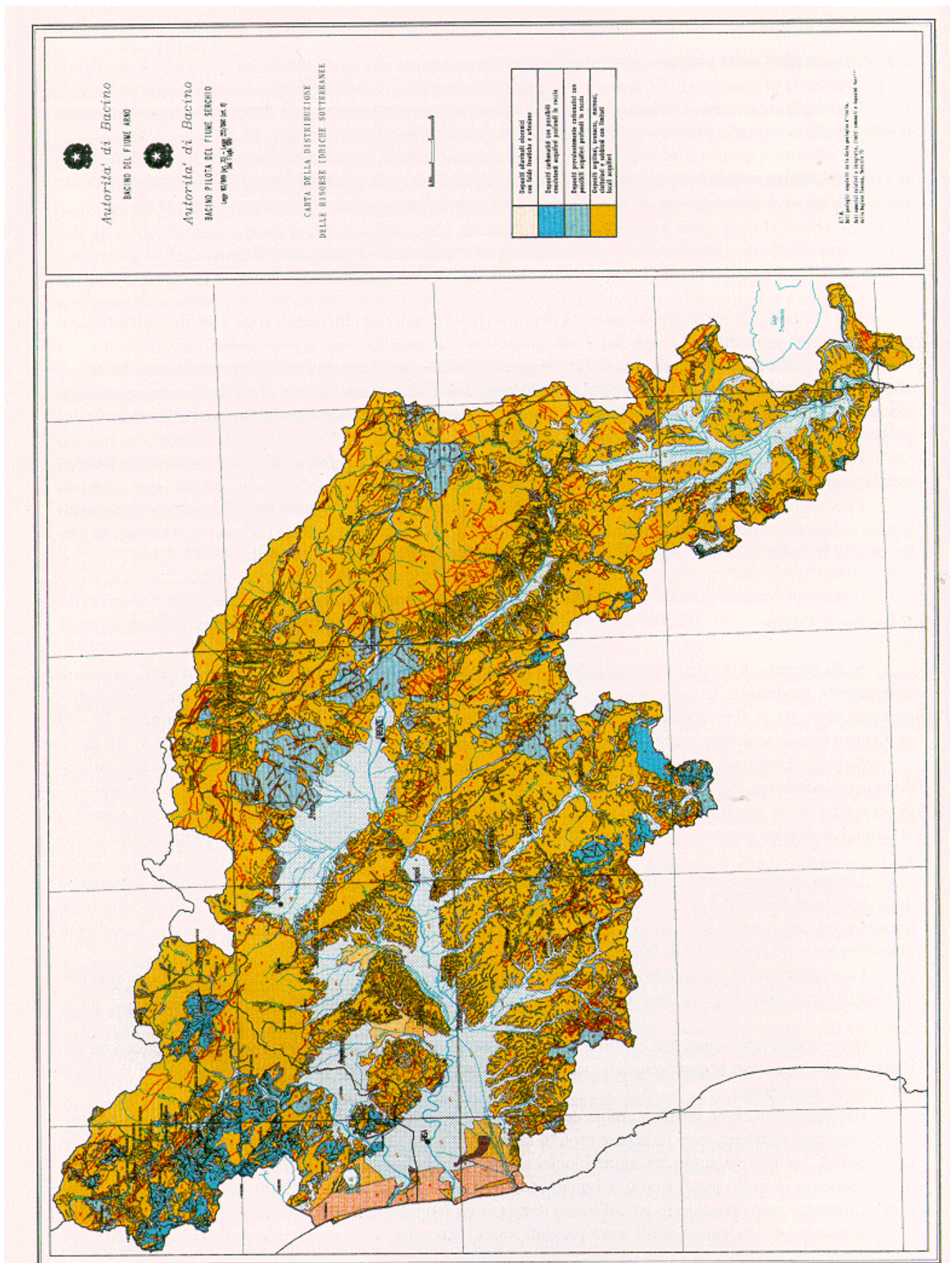
Nei rilievi collinari e montuosi gli acquiferi presenti sono localizzati nelle rocce fessurate, in special modo in corrispondenza degli orizzonti più arenacei. Solitamente le portate dai pozzi attestati nelle formazioni rocciose raggiungono una profondità media di 50 - 100 m e hanno portate abbastanza basse (raramente superiori ai 2 l/s). Le sorgenti presenti, tranne poche eccezioni, presentano portate bassissime e sono soggette a crisi estive.

L'approvvigionamento idrico del Comune di Arezzo relativo all'anno 1993 dà un'idea della consistenza della falda acquifera e dei prelievi: su circa 8.700.000 m³ erogati dall'acquedotto, l'acqua estratta dalla falda tramite pozzi ammonta a 920.000 m³, quella derivata dalle sorgenti a 30.000 m³, mentre le acque superficiali potabilizzate sono state di 7.750.000 m³.

La maggiore fonte di approvvigionamento è infatti costituita dalle acque captate dall'Arno, che attraverso l'impianto di Buon Riposo vengono trattate e vanno a servire l'acquedotto urbano.

Oltre ai problemi legati alla quantità di acque sotterranee per l'approvvigionamento degli acquedotti periferici, numerose sono le problematiche riguardanti la vulnerabilità delle falde all'inquinamento e la qualità delle acque sotterranee.

Per quanto concerne la vulnerabilità delle falde all'inquinamento proveniente dalla superficie, gli acquiferi presenti nel territorio sono in genere protetti naturalmente da una coltre di terreni a bassa permeabilità (limi e argille). La estrema antropizzazione (nuclei abitati, zone industriali, pratiche agricole e zootecniche) unita alla presenza di molti pozzi (molti dei quali costruiti senza isolare la falda più superficiale da quelle sottostanti), aumenta però il rischio di percolazione diretta degli inquinanti di superficie nelle falde più profonde.



Bacino dell'Arno e Bacino del Serchio (in alto, a sinistra) – Carta della distribuzione delle risorse idriche sotterranee.

Situazioni di alta vulnerabilità sono presenti soprattutto nella fascia pedecollinare della Valdichiana, che risulta la zona maggiormente antropizzata e con maggiore densità di pozzi di tutta l'area, dove è localizzata la zona di alimentazione della falda (corrispondente alla fascia delle conoidi). Altra zona di particolare vulnerabilità è rappresentata dalla pianura di Quarata dove è concentrata l'attività di estrazione di materiali inerti (ghiaie e sabbie), che ha comportato nelle ampie aree di cava la riduzione dello spessore di terreno di protezione della falda, causando in molte zone l'affioramento di questa in superficie.

Per la qualità delle acque di falda, le analisi compiute sistematicamente sui pozzi comunali, data la diffusione territoriale di questi, forniscono un quadro generale dei problemi relativi a questo aspetto. Una caratteristica molto diffusa nel territorio comunale è quella di essere in presenza di acquiferi che a seconda delle zone presentano caratteri riducenti o ossidanti, creando problemi notevoli per quanto riguarda il trattamento delle acque ai fini della potabilizzazione. Infatti, mentre per le acque a caratteristiche riducenti (con presenza di ferro, manganese, ammoniaca e secondariamente di nitriti) i trattamenti adottati prevedono la clorazione e impianti deferrizzatori, per le acque a caratteristiche ossidanti (con presenza quindi di nitrati) gli interventi sono molto più difficoltosi e prevedono generalmente la diluizione con altre fonti. In generale comunque, specialmente per quanto concerne la distribuzione dei nitrati, la situazione è abbastanza buona e solo in poche località (pianura di Quarata, Marcena, fascia pedecollinare della Valdichiana) si hanno valori di concentrazione intorno al limite dei 50 mg/l.

La ricerca di pesticidi nelle acque potabili attraverso i controlli eseguiti dalla USL ha dato fino ad oggi esito negativo. Invece gli alometani sono stati talora trovati anche nelle acque potabili (in quantità sempre inferiori ai limiti di legge) come conseguenza del trattamento di clorazione nei pozzi con acque con presenza di sostanze organiche. Falde fortemente inquinate da trielina (acque con concentrazioni dell'ordine delle migliaia di g/l) sono state ritrovate nell'area industriale di S. Zeno e in città nell'area dismessa da un'industria orafa, e sono a tutt'oggi oggetto di un piano di recupero.

La Val di Chiana

I depositi alluvionali olocenici della Val di Chiana hanno in genere una permeabilità bassa e sono sede di una falda freatica di modesta produttività, dalla quale attingono pozzi a grande diametro profondi 8-12 metri. Molti pozzi scavati a mano sono stati approfonditi con perforazione a percussione o rotazione, a seguito dell'abbassamento della falda freatica.

Anche nella successione fluviolacustre pleistocenica, i livelli di sabbie e ghiaie, intercalati con i limi e le argille, rappresentano acquiferi di permeabilità media: le portate dei pozzi difficilmente superano i 2-3 l/s. Le migliori condizioni si hanno nelle valli degli affluenti orientali e alla base dei rilievi arenacei; qui i depositi di conoide sono fatti di sabbie e ghiaie con una permeabilità discreta.

Nel versante compreso fra Cortona e Castiglione Fiorentino, ai piedi dei rilievi arenacei, alcuni pozzi hanno raggiunto una falda artesianica a profondità fra 30 e 50 metri, con acqua che esce spontaneamente per buona parte dell'anno.

Le sabbie plioceniche rappresentano orizzonti acquiferi discontinui, intercettati con pozzi profondi fino a 250 metri. La potenzialità di questi acquiferi è stata accertata mediante prove di pozzo ed è risultata variabile, con portate estratte anche di 5-10 litri al secondo.

Per quanto riguarda le risorse idriche profonde in Val di Chiana esistono problemi di qualità e di quantità.

Infatti le falde hanno una scarsa produttività, che si accentua nel periodo estivo in relazione all'aumento dei consumi e alla riduzione dell'alimentazione.

L'alta densità di pozzi privati nelle zone più abitate ha portato ad un progressivo abbassamento del livello freatico, il che significa che i prelievi superano la ricarica media annuale. Ovviamente questo incide anche sulla portata dei pozzi comunali, anche se la maggior parte di questi attingono da falde più profonde (e protette) di quella freatica.

Quanto alla qualità, le acque di sottosuolo risultano spesso con elevati tenori di cloruri e di solfati, ed in alcuni casi anche di ammoniaca. Anche il ferro ed il manganese sono presenti spesso in concentrazione elevata: dall'elaborazione di 3199 analisi chimiche di acque di pozzo raccolte presso le USL, emerge che, delle circa 300 analisi che riguardano anche il ferro e il manganese, circa l'80% indicano che uno di

questi metalli o entrambi sono presenti in concentrazione superiore alla massima ammissibile per l'uso potabile dell'acqua (rispettivamente 200 e 50 mg/l).

Questo chimismo, che in molti casi rende l'acqua non adatta all'uso potabile, caratterizza soprattutto le falde più profonde ed è da imputare a cause geologiche: il lungo tempo di permanenza dell'acqua nel sottosuolo porta in soluzione i sali presenti nei limi e nelle argille, mentre l'ammoniaca ha origine dai livelli organici delle argille.

Per la falda freatica, che risulta piuttosto vulnerabile all'inquinamento in relazione alla scarsa soggiacenza del primo acquifero di sottosuolo, si può certamente parlare di inquinamento di origine antropica. Ciò in particolare per i nitrati, che hanno la loro fonte principale nelle porcilaie, le quali in Val di Chiana hanno una elevatissima concentrazione: secondo i dati forniti dalla USL di Arezzo, nella Val di Chiana aretina ci sono 172 allevamenti "rurali" di suini, con meno di 150 capi ciascuno, e 120 "industriali", con oltre 150 capi e, in 10 di questi, fino a 3000; non sono compresi nel censimento gli allevamenti "familiari", che hanno di solito meno di 10 suini. I liquami delle porcilaie sono a volte stoccati e smaltiti in maniera non corretta, il che fa giungere al reticolo idrografico elevate concentrazioni di sostanze organiche inquinanti: il Canale Maestro della Chiana è probabilmente l'affluente dell'Arno con il maggiore carico inquinante di tipo organico.

Oltre alle porcilaie sono responsabili dei nitrati in falda anche gli scarichi civili (dato che nel bacino sono insufficienti gli impianti di depurazione), le concimazioni e i diserbanti: infatti gran parte della Val di Chiana è coltivata, con prevalenza delle colture di cereali, mais e tabacco.

In conclusione le risorse idriche di sottosuolo della Val di Chiana sono complessivamente scarse e di qualità spesso scadente, sia per la natura del sottosuolo che per l'inquinamento. Tuttavia le falde rappresentano una fonte di approvvigionamento importante, non solo per le attività agricole e zootecniche ma anche per l'uso potabile: infatti molti dei centri abitati minori hanno acquedotti riforniti da pozzi vicini; inoltre sono ancora molte le zone prive di acquedotto pubblico, nelle quali l'acqua di sottosuolo è utilizzata anche per uso potabile. E' quindi necessario un monitoraggio sulla qualità dell'acqua dei pozzi, completo sia per quanto riguarda l'area di rilevazione che per le specie inquinanti. Sarà poi opportuno effettuare i necessari controlli sullo smaltimento dei liquami delle porcilaie e dotare le reti fognarie di depuratori.

Per quanto riguarda gli acquedotti pubblici, la nuova agenzia intercomunale prevista dalla legge n. 36/94 dovrà probabilmente fare ricorso a risorse idriche diverse da quelle attualmente sfruttate in prevalenza dagli acquedotti comunali. In particolare l'invaso di Montedoglio, destinato in origine all'irrigazione della Val di Chiana, potrà essere la soluzione al problema dell'approvvigionamento potabile del bacino.

Il Valdarno superiore

La falda idrica contenuta nei depositi alluvionali del fondo valle costituisce la principale risorsa idrica del Valdarno Superiore. Infatti le numerose sorgenti, presenti soprattutto sul Pratomagno, hanno portate medie annue modeste: poche superano i 5 l/s. Le maggiori sono captate per i piccoli centri abitati situati alle falde della montagna.

Alcuni pozzi perforati nella fascia inferiore delle arenarie del Pratomagno hanno fornito portate interessanti (10-15 l/s). I conoidi formati dai torrenti che scendono dal Pratomagno contengono risorse idriche la cui consistenza deve essere ancora verificata: infatti sono pochissimi i pozzi perforati in questi ciottolami.

I depositi alluvionali del fondovalle formano una striscia della larghezza media di 1,5 km. Essi sono costituiti da due livelli principali. Quello inferiore è formato da ciottoli, ghiaie e sabbie, con poche lenti di limo; il suo spessore massimo è di 15 metri. Quello superiore è costituito da limo sabbioso o sabbia limosa nella parte centrale, da limo con tenori variabili di sabbia e argilla lateralmente; presso il limite della pianura alluvionale, al limo di esondazione sono mescolati materiali colluviali erosi dalle colline argillose e trasportati a valle dalle acque di ruscellamento superficiale. Lo spessore di questo livello superiore è fra 1 e 7 metri.

Al di sotto dei depositi alluvionali sono presenti quasi ovunque le argille lacustri, che, con la loro bassa permeabilità, costituiscono un'ottima base per la falda idrica.

Le ghiaie alluvionali hanno una permeabilità medio-alta ed i pozzi possono fornire 15 l/s ed anche più nelle zone di maggiore trasmissività: queste corrispondono ai paleoalvei collegati con l'alveo attuale del fiume.

La superficie freatica della falda è stata ricostruita in più anni a partire dal 1980, in condizioni di massima (aprile-maggio) e di minima (settembre), sulla base di misure del livello idrico in circa 600 pozzi. La tavola d'acqua si trova fra 2 e 8 m dal piano di campagna. La falda è di tipo libero, o di tipo semiconfinato nelle aree marginali della pianura, dove i limi di copertura raggiungono gli spessori maggiori e dove la superficie freatica è più alta che nella parte centrale.

La morfologia della superficie freatica indica un deflusso di sottosuolo dai fianchi verso il centro della valle, con una componente secondo il verso di scorrimento dell'Arno. Alcune forme a filetti divergenti indicano che alcuni affluenti contribuiscono significativamente all'alimentazione della falda.

L'Arno drena la falda in alcuni tratti, mentre in altri è il fiume che alimenta la falda, depressa dagli emungimenti. In alcune zone i rapporti Arno-falda cambiano nel corso dell'anno, come conseguenza degli emungimenti concentrati nel periodo estivo-autunnale.

Occorre considerare che il livello di magra dell'Arno, che fino al XVI secolo era di 1-2 metri al di sotto del piano di campagna circostante (ed il fiume disegnava meandri ampi quanto la valle), ora lo è fino ad 8 metri. Questo è il risultato delle rettificazioni ed arginature operate nei secoli XVII e XVIII: la riduzione del percorso e l'aumentata pendenza conseguente hanno fatto aumentare il potere erosivo del fiume, il quale ha inciso le proprie alluvioni tanto che, immediatamente a valle di Laterina, l'incisione è arrivata addirittura fino alle argille lacustri.

Per effetto di questo abbassamento dell'Arno, anche la superficie freatica si è abbassata, con una notevole riduzione dell'acqua immagazzinata.

La falda delle alluvioni è sfruttata da numerosi pozzi; la maggioranza di essi è per uso agricolo o domestico, anche se sono presenti pozzi industriali, come quelli della Pirelli a Figline e della Boeringer a Incisa. I 46 pozzi degli acquedotti pubblici, ubicati nelle alluvioni di fondo valle, emungono complessivamente circa 120 l/sec.

Con riferimento alle risorse idriche complessive degli acquedotti pubblici, i comuni di fondovalle (Rignano, Reggello, Incisa, Figline, S.Giovanni, Terranova Bracciolini, Montevarchi e Levane (Bucine)) traggono da sorgenti 38.759 m³/g, da pozzi 132.827 m³/g, da acque superficiali 36.779 m³/g.

La falda idrica dei depositi alluvionali è sottoposta ad un alto rischio di inquinamento, in conseguenza della elevata vulnerabilità della falda e delle attività inquinanti presenti nel territorio.

Essa infatti è in generale molto vulnerabile da parte di eventuali inquinanti sparsi in superficie (e ancor di più se immessi direttamente nel sottosuolo, dispersi dalle fogne o dai pozzi perdenti). Inoltre si deve considerare la facilità con cui un inquinamento presente nell'Arno può trasferirsi alla falda, in conseguenza della diretta connessione idraulica con l'acquifero.

Fattori potenziali di inquinamento sono l'attività agricola di tipo intensivo (quindi con ampio uso di fitofarmaci) e gli allevamenti di animali, generalmente piccoli ma numerosi. Non bisogna inoltre trascurare gli scarichi civili: in un territorio densamente abitato come la pianura del Valdarno Superiore, i reflui urbani (ed ancor più quelli delle case sparse, di solito non allacciate al sistema fognario) rappresentano una notevole fonte di inquinamento biologico per le acque di superficie e sotterranee.

Un monitoraggio eseguito su 132 pozzi ha messo in evidenza che in molti casi la concentrazione dei nitrati, ed in qualche caso anche dei nitriti, supera nettamente il limite di potabilità dell'acqua (che è rispettivamente di 50 mg/l e 0,1 mg/l).

Inoltre alcuni casi di inquinamento da trielina sono stati registrati in pozzi ad uso potabile; fra questi anche i pozzi dell'acquedotto di Terranova Bracciolini.



Firenze – Panoramica sull'impianto dell'Anconella, che potabilizza l'acqua dell'Arno. L'impianto ha una portata nominale di $4 \text{ m}^3/\text{sec}$ e una portata attuale di $2,4 \text{ m}^3/\text{sec}$. Un secondo totalizzatore (impianto di Mantignano) è costruito a valle della città.

Firenze – L'impianto di Mantignano (portata nominale di $0,75 \text{ m}^3/\text{sec}$, portata attuale $0,40 \text{ m}^3/\text{sec}$) potabilizza le acque dell'Arno, contribuendo, insieme all'impianto principale dell'Anconella, ubicato più a monte, all'approvvigionamento idrico della città e, parzialmente, di alcuni Comuni contermini.





Allevamenti zootecnici in Val di Chiana (sopra) e una veduta di insieme del Canale Maestro della Chiana (sotto), caratterizzato da portate praticamente nulle nel periodo estivo, specialmente a causa dei numerosi attingimenti per uso irriguo.



I dati relativi alle risorse idriche della Val di Sieve indicano che la falda dei depositi alluvionali rappresenta una risorsa consistente, che potrebbe essere ulteriormente sfruttata.

I comuni (Barberino, Borgo S.Lorenzo, Scarperia, S.Piero a Sieve, Vaglia e Vicchio) traggono le loro necessità per il 48% (155 l/sec) da pozzi, per il 26% da sorgenti (82 l/sec) e per il 26% dalle acque di superficie (82 l/sec).

Tuttavia la falda della pianura alluvionale è assai vulnerabile all'inquinamento, in relazione al basso spessore e alla permeabilità relativamente alta del terreno di copertura. Oltre ad una agricoltura che impiega estesamente i presidi sanitari, nel Mugello si è sviluppato un artigianato ed una piccola industria, potenziali produttori di inquinamento (officine meccaniche, carrozzerie, tipografie, pelletterie).

Il Comune di Vicchio, nel programma di ristrutturazione del proprio acquedotto, ha previsto l'abbandono dei pozzi nelle alluvioni della Sieve, considerandoli a rischio di inquinamento da parte dei fitofarmaci (anche se non ci sono risultati analitici che indichino un inquinamento in atto), programmando la perforazione di pozzi e la captazione di acque fluenti nella parte montana del proprio territorio, dove affiorano le arenarie tipo Macigno. In effetti, nella dorsale appenninica è presente una fascia dove le arenarie costituiscono un buon acquifero, sia per l'assetto strutturale che per il grado di fratturazione.

Il Valdarno medio

La pianura in cui si trovano Firenze, Prato e Pistoia (342 Km²) rappresenta l'evoluzione di un bacino fluvio-lacustre formatosi nel Pliocene Superiore e tuttora attivo tettonicamente. La depressione è stata riempita, man mano che si approfondiva, da sedimenti che raggiungono lo spessore massimo di 600 metri nell'area di Campi Bisenzio. Il fondo del bacino appare asimmetrico, con le maggiori profondità presso il margine nord-orientale.

I numerosi dati di sottosuolo disponibili nelle diverse aree della pianura hanno consentito una buona ricostruzione dell'evoluzione sedimentaria. Nella prima fase, in cui prevalse nettamente l'ambiente lacustre, sono riconoscibili tre delta-conoidi: uno in corrispondenza di Pistoia (dovuto all'Ombrone), uno a Prato (il maggiore, formato dal Bisenzio) ed il terzo a Firenze (dovuto non all'Arno ma ad un corso d'acqua proveniente dal Chianti, chiamato paleo-Ema). In queste tre zone troviamo infatti una buona frequenza di ciottolami e ghiaie, più raramente sabbie, intercalate ai limi ed alle argille lacustri. Nel resto del bacino i materiali fini prevalgono nettamente.

In una fase avanzata del riempimento sedimentario della depressione, la parte meridionale del bacino venne sollevata rispetto alla parte restante: l'Arno, che nel frattempo era divenuto il principale corso d'acqua dell'area, scavò una valle nei sedimenti lacustri e con i materiali erosi formò un conoide fra Firenze ovest e Campi Bisenzio.

Nel Pleistocene Superiore l'apporto sedimentario, assai consistente nelle fasi glaciali, prevalse sulla subsidenza ed i corsi d'acqua distribuirono sedimenti in tutto il bacino, trasformandolo da lago in pianura alluvionale. Solo nelle aree più lontane dal percorso dei principali corsi d'acqua rimasero ampi specchi palustri, la cui bonifica fu iniziata dagli Etruschi, proseguita dai Romani e dal Granducato di Toscana, ed è ancora in atto da parte dei consorzi di bonifica.

I depositi alluvionali recenti sono più grossolani in corrispondenza dello sbocco dei corsi d'acqua nella pianura. In particolare lungo il bordo nord-orientale del bacino, dove appunto giungono i torrenti che scendono dalla dorsale appenninica; dalla dorsale del M.Albano scendono infatti torrenti di scarsa portata solida. Un ampio e spesso materasso di ghiaie è stato distribuito dall'Arno fra il suo sbocco nella pianura, al Girone, e la sua uscita alla Gonfolina. Nel resto della pianura la presenza e lo spessore delle ghiaie e delle sabbie sono legati alla posizione dei paleoalvei.

Di solito lo strato di terreno superficiale, per 1-7 metri, è formato da limo più o meno sabbioso, con poca ghiaia sparsa; questo strato corrisponde al sedimento lasciato dai corsi d'acqua in occasione degli eventi alluvionali. Solamente in corrispondenza dell'apice dei conoidi, lungo il margine nord - orientale, i ciottoli e le ghiaie affiorano.

Le falde idriche principali si trovano nelle ghiaie del conoide di Prato, nelle alluvioni recenti dell'Arno e nel conoide di Pistoia. Falde di minore importanza si trovano però quasi ovunque nella pianura. Si tratta di falde libere o, dove il limo di esondazione ha spessori maggiori, semiconfinare.

I livelli permeabili compresi nella successione lacustre contengono invece falde in pressione, alimentate dalle zone apicali dei conoidi.

La superficie freatica della falda è stata ricostruita in tempi diversi per i diversi settori della pianura alluvionale.

Nel complesso la falda freatica mostra un flusso dai rilievi verso la parte mediana e verso la Gonfolina, che corrisponde al punto di uscita delle acque dal bacino. Il flusso idrico è maggiore dal lato nord-orientale, dove i depositi di conoide sono più permeabili e consentono una buona infiltrazione dell'acqua piovana e di quella di ruscellamento superficiale dai rilievi appenninici.

Tutti i corsi principali risultano alimentare la falda depressa dagli emungimenti. L'Ombrone ed il Bisenzio sono anche pensili, rispetto alla pianura, per buona parte del loro tratto: ciò in conseguenza delle arginature che hanno costretto i fiumi a depositare i sedimenti grossolani entro l'alveo e quindi a rialzare il proprio alveo. Al contrario l'Arno, che ha subito diverse rettificazioni nella pianura, incide le proprie alluvioni; questa tendenza è stata fortemente accentuata dall'ultimo dopoguerra, a causa dell'estrazione di ghiaie dal suo alveo.

La conca di Firenze

Nella pianura di Firenze sono stati distinti due orizzonti acquiferi principali, al di sotto di un orizzonte superficiale, costituito da limo sabbioso e/o argilloso e corrispondente al deposito di esondazione dell'Arno e dei suoi affluenti.

Al di sotto degli acquiferi principali sono presenti sedimenti fluvio - lacustri, in maggioranza argille e limi, talvolta con lenti di ghiaia; questi poggiano su un substrato roccioso, presente a profondità variabile ma sempre inferiore a 100 metri, che non rappresenta un acquifero significativo.

I pozzi migliori danno 15-20 l/s. Questi si trovano nella fascia adiacente l'Arno, dove possono usufruire della ricarica indotta dalla depressione conseguente l'emungimento: dall'alveo del fiume l'acqua viene richiamata dal pompaggio e fornisce ai pozzi una buona ricarica. In questa situazione si trovano i campi pozzi dell'acquedotto fiorentino: Anconella, le Cascine e Mantignano.

La falda di Prato

La falda di Prato è la più importante fra quelle del Medio Valdarno: le ghiaie ed i ciottolami del conoide del Bisenzio raggiungono uno spessore massimo di 50 metri. Ed anche al di sotto del corpo acquifero principale, fino alla profondità di oltre 300 m, sono presenti livelli di ghiaie con falde in pressione.

L'acquifero pratese è utilizzato principalmente dall'azienda per l'acquedotto pubblico (Consiag) e da numerosi pozzi delle industrie laniere; gli attingimenti per uso agricolo o domestico sono percentualmente poco rilevanti.

I dati piezometrici mostrano chiaramente l'importanza del Bisenzio nell'alimentazione della falda. Ma la maggiore evidenza è rappresentata dalla profonda depressione piezometrica in corrispondenza della zona industriale di Prato, con un progressivo impoverimento della falda a partire dagli anni Sessanta.

Negli ultimi anni il massimo livello della falda non viene più raggiunto in primavera, alla fine del periodo più piovoso, ma in agosto, quando le fabbriche chiudono e cessa l'attingimento per l'uso industriale. Siamo quindi in presenza di uno sfruttamento dell'acquifero di tipo "minerario", ovvero che avrebbe portato all'esaurimento della risorsa in mancanza di provvedimenti correttivi. L'impoverimento della falda ha costretto il Consiag ad abbandonare molti pozzi nell'area centrale del conoide e ad aprirne altri nell'area periferica, dove però la trasmissività dell'acquifero è minore.



La confluenza dell'Ombrone Pistoiese nell'Arno. L'Ombrone raccoglie gli scarichi civili e industriali di numerosi centri della provincia di Pistoia e, nel tratto terminale, gli scarichi del depuratore di Baciacavallo e dell'industria tessile di Prato.

La confluenza del Bisenzio nell'Arno presso Signa. Il Bisenzio riceve gli scarichi civili di Firenze Nord, attraverso il Fosso Macinante, e di una parte del comprensorio Fiorentino. La situazione attuale sarà superata con l'entrata in funzione del depuratore di S. Colombano (Lastra a Signa).





Eutrofizzazione delle acque dell'Arno nel periodo estivo a valle di Firenze. Nella foto (sotto) il contrasto tra le acque dell'Arno, completamente interessate da eutrofizzazione e quelle della falda freatica affiorante nei cavi di escavazione di Rofia (S. Miniato)



Il bilancio idrologico della falda, eseguito nel 1988, interessa un volume d'acqua di 42 milioni di m³, rispetto ad una riserva stimata di 81 milioni di m³ ed esso si chiude con un deficit di 2,8 milioni di m³. E' evidente che, persistendo quel bilancio annuale, in qualche decennio la riserva sarebbe esaurita.

Lo stato di deperimento della falda ha costretto i suoi maggiori utenti alla ricerca di soluzioni atte a migliorarne lo stato di salute. Mentre il Consiag ha incrementato i prelievi dai torrenti montani, potendo quindi ridurre gli attingimenti dalla falda dal 97% dell'acqua distribuita negli anni '70 al 72% dei primi anni '90, le industrie hanno cominciato ad usare l'acqua trattata dal depuratore di Baciacavallo ed hanno iniziato la costruzione di un acquedotto industriale, che utilizzerà essenzialmente acqua derivata dal Fiume Bisenzio.

Inoltre è stato attuato un metodo di ricarica artificiale della falda, consistente nella costruzione di traverse nell'alveo del Bisenzio; infatti il bilancio idrologico aveva appurato che l'infiltrazione nell'alveo ghiaioso del fiume fornisce una percentuale importante dell'alimentazione della falda. La prima traversa, costruita nel tratto apicale del conoide ed alta 2,5 m e larga 80 m, ha costretto l'acqua del fiume ad occupare l'intero alveo fino a circa 500 m a monte, aumentando notevolmente la superficie d'infiltrazione.

I benefici effetti di tutti questi provvedimenti (peraltro aiutati dalla maggiore piovosità dei primi anni '90 rispetto agli ultimi anni '80) appaiono chiari nel deciso rialzo di falda registrato in tutti i piezometri a registrazione continua installati in varie zone del conoide per monitorare la falda.

La falda della pianura di Pistoia

L'acquifero principale coincide con il delta-conoide dell'Ombrone, le cui ghiaie raggiungono uno spessore massimo 20-25 metri, ma presentano frequenti anche se sottili intercalazioni di limi. Acquiferi di minore importanza si trovano quasi ovunque nella pianura, sempre in corrispondenza dei sedimenti fluviali; essi sono più frequenti lungo il margine appenninico, in relazione alla provenienza dei materiali sedimentari. Nella parte centrale della pianura le sabbie e le ghiaie fluviali sono discontinue, e sono da collegare con i paleoalvei dell'Ombrone e dei suoi affluenti.

Le diverse ricostruzioni della superficie freatica effettuate nella pianura di Pistoia indicano che la tavola d'acqua si trova ovunque a piccola profondità (1-5 metri).

La falda risulta alimentata principalmente dai conoidi dell'Ombrone, del Brana, della Bure e, per un buon tratto della pianura, anche dall'Ombrone che è pensile rispetto alla pianura alluvionale.

Un tentativo di bilancio annuo del sistema acquifero sotterraneo della pianura pistoiese, effettuato da Capecchi e Pranzini (1996), ha mostrato che i prelievi dal sottosuolo (12,65 Mm³/anno) sono decisamente inferiori alla ricarica media (40,86 Mm³/anno). Questo dato trova conferma nella sostanziale stabilità della superficie freatica nella pianura, come risulta dal confronto delle misure di livello eseguite nei pozzi nel 1975, nel 1992 e nel 1996.

L'acquedotto comunale di Pistoia utilizza 18 pozzi, in fregio all'Ombrone. La portata complessiva è di circa 180 l/s in periodo di morbida (quando alcuni pozzi non vengono utilizzati) e di 150 l/s in periodo di magra. I pozzi forniscono l'85% dell'acqua distribuita dall'acquedotto di Pistoia. La falda subisce un abbassamento in estate-autunno di oltre 3 metri. In effetti si è potuto verificare che la maggior parte dell'acqua pompata proviene dall'Ombrone, filtrata attraverso poche decine di metri di ghiaia. Quando il torrente porta poca acqua, o addirittura va in secca come succede in molti giorni dell'anno, l'alimentazione ai pozzi diminuisce fortemente.

Lo sfruttamento delle acque sotterranee del Valdarno medio - Le acque di falda della pianura sono sfruttate per tutti gli usi, idropotabile (per una portata di circa 1.100 l/sec da parte degli acquedotti comunali), agricolo e industriale, con differenze nette nelle diverse zone.

Pozzi degli acquedotti pubblici nel Valdarno medio e relative portate.

COMUNE	N° POZZI	PORTATA COMPLESSIVA (l/s)
Pistoia	33	179
Serravalle	5	9
Agliana	1	5
Montemurlo	1	1
Prato	62	427
Carmignano	9	10
Poggio a Caiano	2	3
Campi Bisenzio	14	62
Signa	2	9
Lastra a Signa	15	22
Sesto	16	170
Cadenzano	26	55
Firenze	40	140*
TOTALE	225	1092

* I pozzi di Mantignano, dell'acquedotto di Firenze, vengono usati saltuariamente.

L'acquedotto fiorentino ha praticamente abbandonato lo sfruttamento delle acque sotterranee. I pozzi comunali fornivano complessivamente circa 350 l/s fino agli anni '70; in seguito molti pozzi sono stati abbandonati, man mano che gli impianti di potabilizzazione dell'acqua dell'Arno venivano ampliati: quello dell'Anconella produce attualmente in media 2800 l/s (ma ha una potenzialità di 4000), quello di Mantignano produce circa 400 l/s, ma ha una potenzialità di 750 l/s.

Il progressivo abbandono dei pozzi da parte dell'acquedotto fiorentino è dovuto in parte alla difficoltà di gestire pozzi sparsi, che forniscono una risorsa piccola rispetto a quella derivata dall'Arno, ma soprattutto all'inquinamento (si veda più avanti). Per l'acquedotto l'acqua di falda (pozzi delle Cascine e di Mantignano) rappresenta ormai una risorsa di emergenza, per i momenti in cui gli impianti di potabilizzazione non funzionano, per guasti o per l'arrivo di inquinanti nell'Arno.

Nell'area di Firenze città, la falda è attualmente utilizzata per l'irrigazione di orti e giardini e per gli usi civili non potabili (lavaggi, impianti di raffreddamento e condizionamento termico, questi ultimi notevolmente aumentati di numero negli ultimi anni). Si tratta in genere di pompaggi modesti, che non intaccano la risorsa idrica sotterranea. Anzi negli ultimi anni la falda ha registrato un rialzo generalizzato.

Nell'area industriale di Sesto-Calenzano, le numerose anche se piccole industrie attingono acqua dalle falde confinate più profonde, dato che la falda freatica ha una produttività scarsa. Questo sfruttamento ha portato ad un notevole abbassamento dei livelli piezometrici, con diminuzione delle portate dei pozzi. In questa zona è possibile che si manifesti subsidenza del terreno come conseguenza dell'estrazione di acqua.

La falda di Prato è quella sottoposta al maggiore sfruttamento, sia da parte del Consiag che da parte delle industrie della lana. E' già stato ricordato che il profondo cono della superficie piezometrica corrisponde ad un notevole impoverimento della risorsa. I provvedimenti attuati negli ultimi anni, ed in particolare il ricorso a risorse diverse, dovrebbero consentire un recupero della falda. Il collegamento fra l'acquedotto fiorentino e quello pratese, in fase di avanzata costruzione, consentirà al futuro ente acquedottistico (il Valdarno Medio rientra nello stesso Ambito Territoriale Ottimale) una gestione razionale di tutte le risorse. In particolare la falda di Prato dovrebbe essere utilizzata soprattutto durante il periodo estivo-autunnale, quando le risorse idriche di superficie si riducono a volte drammaticamente.

Nella pianura pistoiese la falda rappresenta la risorsa quasi esclusiva per l'attività ortovivaistica. La sostanziale stabilità dei livelli di falda indica che la risorsa non è sfruttata oltre la ricarica naturale. Ciò

nonostante l'acquedotto civile soffre di carenza idrica nel periodo asciutto, in quanto gli attuali pozzi comunali sono strettamente legati alla portata dell'Ombrone, che ha un carattere spiccatamente torrentizio.

Vulnerabilità delle falde e qualità delle acque sotterranee - In tutta la pianura di Pistoia - Prato - Firenze, oltre la depressione della falda di Prato, è anche la qualità dell'acqua di sottosuolo che dà preoccupazioni. In effetti, in molte zone si registra un inquinamento, come risultato della combinazione fra una vulnerabilità intrinseca delle acque di falda e la presenza nel territorio di attività potenzialmente inquinanti.

Su questa situazione di vulnerabilità delle falde, localmente assai elevata, si è sviluppata una urbanizzazione intensa: la pianura del Valdarno Medio è un'area ad elevata densità urbana-industriale (vi risiede circa il 30% della popolazione regionale, più di 1 milione di abitanti, e vi viene prodotto il 45% circa del reddito industriale della regione) e, di conseguenza, con un elevato potenziale di impatto ambientale.

Per quanto riguarda l'attività industriale, notevole sviluppo ha il comparto tessile (Prato, Campi, Agliana); diffusi sono anche i settori metalmeccanico, meccano tessile, chimico, del legno; particolare incidenza sull'inquinamento delle acque sotterranee, accertata in casi reali, hanno poi le officine meccaniche, i laboratori galvanici, i depositi di carburante.

Proprio per lo sviluppo delle attività industriali ed artigianali, negli anni si è registrato un decremento delle aree agricole; un'agricoltura definibile come "intensiva", e dotata quindi anche di un certo potenziale di inquinamento, si ha solo nella pianura di Pistoia, sede di attività vivaistica ornamentale ad alto reddito.

Fra le fonti di inquinamento con impatto sulle acque di falda occorre includere anche gli scarichi civili, sia quelli diretti nel sottosuolo che quelli convogliati nella rete fognaria.

Nella figura allegata è riportata, in maniera schematica e semplificata, la distribuzione delle attività ad elevato impatto ambientale presenti nella pianura.

Per quanto riguarda la qualità dell'acqua di sottosuolo, esistono presso le Unità Sanitarie Locali numerose analisi chimiche e biologiche per la potabilità dell'acqua, sia di pozzi degli acquedotti pubblici che di pozzi privati. Questi dati non sono però organizzati in un quadro coerente ed omogeneo, con l'eccezione dell'area di competenza della U.S.L. 10E (Firenze Est), dove è stato fatto un monitoraggio accurato della concentrazione dei più frequenti inquinanti presenti nella pianura fiorentina: metalli pesanti, nitriti, nitrati, solventi organici.

Presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze sono stati eseguiti alcuni studi relativi ai nitriti e ai nitrati nelle acque di falda dell'intera pianura del Medio Valdarno (Bencini e al., 1996), con un maggiore dettaglio per il comune di Firenze (Bencini e al., 1995).

La figura allegata mostra la distribuzione dei nitrati e dei nitriti nelle acque di falda della pianura, ed è il risultato di un monitoraggio eseguito nel 1992 sulle acque di 280 pozzi. Le aree contaminate da nitrati sono molto estese ed appaiono ben correlate con le aree a minor grado di protezione delle falde. Nel territorio di Firenze, dove la campagna di monitoraggio dei composti azotati è stata condotta con maggiore dettaglio areale rispetto al resto della pianura (95 pozzi nel 1990 e 230 nel 1993), la correlazione sopra detta viene confermata ed anzi accentuata; tra l'altro, le analisi ripetute sugli stessi pozzi a distanza di tre anni mettono in evidenza un aumento dell'inquinamento, e la distribuzione dei nitriti raggiunge livelli preoccupanti. Come già ricordato, l'inquinamento da composti azotati è stata la prima causa del progressivo abbandono dei pozzi dell'acquedotto fiorentino.



Carta della pericolosità territoriale semplificata della pianura del Valdarno Medio. 1) Aree ad elevata densità abitativa; 2) Aree ad elevata densità industriale; 3) Area orto-vivaistica intensiva; 4) Aree degradate per presenza di discariche sepolte o cave per estrazione di inerti non ritombate; 5) Discariche controllate; 6) Inceneritori; 7) Aree industriali dimesse con contaminazione del sottosuolo; 8) Discariche con contaminazione del sottosuolo; 9) Industrie ad alto rischio (da Bencini e al., 1996).

Limitatamente al comune di Firenze sono stati anche campionati 68 pozzi per l'analisi dei metalli pesanti (Bencini e al., 1995): in alcuni campioni sono state riscontrate concentrazioni superiori ai limiti di potabilità per lo zinco ed il cromo. Questo inquinamento risulta puntuale e circoscritto, in prossimità di attività produttive che usano tali metalli come residui o scarichi di lavorazione.

Nell'area di Firenze Ovest - Campi Bisenzio è stato eseguito uno studio dettagliato sull'inquinamento da solventi clorurati (triellina, tetracloroetilene, tricloroetano, cloroformio e tetracloruro di carbonio), che interessa la falda, compresa quella emunta da oltre la metà dei pozzi comunali delle Cascine (Garuglieri e al., 1990). La concentrazione di questi inquinanti risulta in certi pozzi superiore di molte volte (anche 20) ai limiti di potabilità.

La responsabilità deve essere attribuita agli scarichi delle industrie metalmeccaniche, dei laboratori zincografici e galvanici, delle lavanderie. Queste ultime ormai recuperano i solventi, ma gli inquinamenti riscontrati nei pozzi sono in alcuni casi da addebitare a perdite vecchie: infatti questi prodotti non vengono degradati nel sottosuolo e possono raggiungere le falde anche molti anni dopo lo sversamento. In alcuni casi si sono riscontrate aree contaminate così ristrette e con valori così elevati da dover concludere che alcuni pozzi sono stati usati per lo smaltimento doloso degli inquinanti.

Altri casi di inquinamento da solventi organici sono noti in altre zone della pianura del Medio Valdarno (Prato e Scandicci soprattutto) e certamente molti altri se ne troverebbero con un monitoraggio completo.

Per quanto riguarda i prodotti chimici usati in agricoltura, l'area più a rischio è quella della pianura pistoiese, dove è presente un'intensa attività vivaistica. Un primo monitoraggio su 33 pozzi di quest'area ha permesso di evidenziare la presenza di diserbanti oltre i limiti di potabilità in circa un quinto dei pozzi (Barbieri e al., 1995). Tale inquinamento risulta temporaneo ed appare legato ai periodi di spargimento di questi prodotti.



Pianura del Valdarno Medio: distribuzione in falda di nitrati e nitriti (primavera 1990 per la parte Fiorentina, 1992 per il resto della pianura). 1) Isocone dei nitrati; 2) Pozzi utilizzati per il campionamento dei nitrati; 3) Pozzi utilizzati per il campionamento dei nitrati con presenza di nitriti in concentrazione superiore alla massima ammissibile (0,1 mg/l); 4) Aree con concentrazione di nitrati in falda superiore alla massima ammissibile (50 ng/l) (da Bencini e al., 1996).

L'inquinamento da composti azotati è dovuto soprattutto agli scarichi civili, perché l'uso di concimi e gli allevamenti di animali hanno un impatto decisamente modesto nella pianura.

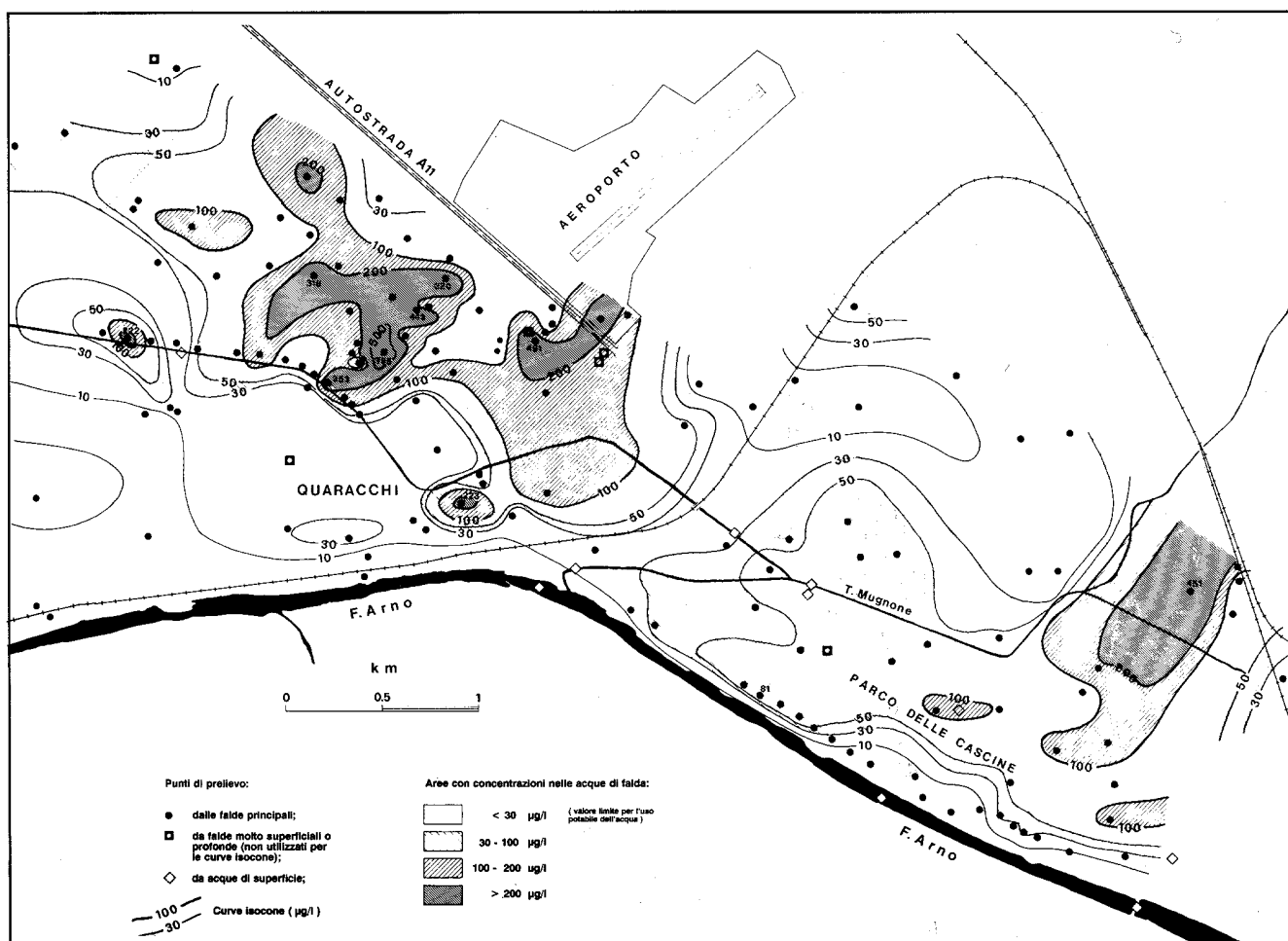
In conclusione, le acque di sottosuolo della pianura del Valdarno Medio presentano in molte zone un inquinamento da prodotti chimici di varia origine e natura, che limitano l'uso delle acque ai fini potabili, o almeno costringono gli enti acquedottistici a costose operazioni di potabilizzazione (è il caso del Consiag a Prato).

E' quindi necessario che venga eseguito un monitoraggio su tutta la pianura, almeno per quanto riguarda gli inquinanti già riscontrati nel sottosuolo. Una volta individuate le fonti di inquinamento ancora attive è necessario intervenire per la loro eliminazione e, per quanto è possibile, per la bonifica delle falde. Infine, e forse più importante di tutto, è necessario che la programmazione territoriale tenga conto del diverso grado di vulnerabilità delle falde, evitando l'insediamento delle attività potenzialmente inquinanti nelle zone più vulnerabili; o almeno imponendo l'applicazioni di tutti i mezzi atti ad impedire l'infiltrazione degli inquinanti nel sottosuolo.

La Val di Pesa

Nel contesto idrogeologico della Val di Pesa, dove i rilievi circostanti sono costituiti prevalentemente da rocce non acquifere, i terreni alluvionali, presenti specialmente a valle delle località Sambuca, cioè nella seconda metà del corso del Torrente Pesa, rivestono una importanza strategica nell'ambito delle risorse idriche locali: la falda freatica è sfruttata prevalentemente per usi potabili e irrigui, talora in concorrenza tra loro, con pozzi che possono raggiungere portate di oltre 20 l/sec alla confluenza tra la Pesa e il Virginio. L'acquifero alluvionale è estremamente vulnerabile all'inquinamento, data la scarsa profondità della falda e la relativa permeabilità del terreno di copertura; infatti alcuni casi di inquinamento, sia da nitrati che da trielina, hanno interessato anche i pozzi del Consiag.

Pozzi artesiani molto meno produttivi sono presenti nei ciottoli pliocenici intercalati alle argille del substrato.



Inquinamento da solventi organici nell'area ovest della pianura fiorentina: concentrazione degli organo alogenati totali, autunno 1986 (da Garuglieri e al., 1990)

La pianura dell'Arno tra Montelupo e Fucecchio; la Val d'Elsa

Dopo Firenze, l'Arno attraversa il sistema del Monte Albano scavando il suo corso tra le rocce e formando una valle incassata e stretta. All'altezza di Montelupo il fiume, incontrando i depositi pliocenici, più facilmente erodibili, scava una valle più larga nella quale, a partire dal Quaternario, ha depositato una coltre alluvionale che ha raggiunto oltre 30 metri di spessore. Attualmente il fiume scava il suo alveo nelle alluvioni antiche che formano l'ampio terrazzo della pianura d'Arno che, a sua volta, si appoggia sui fianchi delle colline circostanti, formate dai sedimenti marini del Pliocene.

La litologia del deposito alluvionale è caratterizzata da un livello clastico, ghiaioso-sabbioso, basale, non necessariamente continuo ma presente con buona uniformità nella sezione inferiore del complesso: può mancare talvolta sul fianco degli alti paleomorfologici modellati nei sottostanti terreni pliocenici. Segue verso l'alto una serie prevalentemente argilloso-limosa nella quale è intercalato un secondo livello clastico, sabbioso e solo a tratti ciottoloso, ricollegabile alla fascia ristretta dei depositi d'Arno del periodo più recente.

I due livelli clastici sono frequentemente in contatto tra di loro, quando viene a mancare per eteropia di facies il setto argilloso che li separa.

Dal punto di vista idrogeologico il modello locale è semplice ed omogeneo: a valle di Montelupo, nella coltre alluvionale sono presenti uno o due orizzonti acquiferi, che si identificano con i due livelli clastici prima descritti. I parametri idraulici dei due orizzonti sono variabili in funzione della granulometria dei clasti e, soprattutto, della componente fine della matrice.

Nel settore di Montelupo, alla confluenza tra Pesa ed Arno, le alluvioni ghiaiose e sabbiose del Pesa si digitano con quelle più fini antiche in sinistra Arno, verso Sammontana; il complesso, nel suo insieme, copre in discordanza il sottostante Pliocene che presenta orizzonti di ghiaie intercalate nelle argille. Lateralmente, le alluvioni si appoggiano sui conglomerati pliocenici che affiorano sui rilievi collinari della bassa val di Pesa.

I livelli produttivi si riconoscono sia nelle ghiaie alluvionali che nei conglomerati pliocenici: le prime sono sede di una falda semiconfinata che nella ristretta area di confluenza in Arno può diventare anche freatica; i secondi danno sempre luogo a falde confinate, talora anche artesiane, ovvero fluenti al di sopra della superficie topografica.

Lo spessore dei livelli alluvionali è al massimo di 20 m; la profondità dei pozzi circa 30 m.

I livelli pliocenici hanno uno spessore di circa 10 m ciascuno; profondità dei pozzi circa 70-80 m all'altezza della sezione di confluenza del Pesa in Arno.

Nel settore di Arnovecchio si delinea lo schema geologico e idrogeologico che caratterizza la pianura d'Arno, con le alluvioni che si appoggiano sui due fianchi pliocenici argillosi. Sono presenti due acquiferi (A1 ed A2) nella parte centrale della pianura mentre sui bordi essi sono riuniti in un unico livello.

Lo spessore di A1 è variabile fino a 20 metri, mentre A2 non supera 10 metri.

Nel settore di Bassa, i dati disponibili in destra Arno mostrano la presenza continua dell'orizzonte ghiaioso di base (acquifero A2) e la discontinuità lenticolare delle sabbie superiori (acquifero A1). In sinistra si incontrano le alluvioni dell'Elsa che presentano lo stesso modello geologico, con l'eccezione della quasi totale scomparsa dell'orizzonte sabbioso A1.

Lo spessore dell'acquifero A2 è sempre inferiore a 10 m mentre l'orizzonte sabbioso superiore può localmente raggiungere anche 20 m.

Per quanto riguarda la Val d'Elsa, a Castelfiorentino il modello geologico consente la presenza di un acquifero alluvionale legato all'orizzonte basale, ghiaioso e sabbioso, sede di una falda confinata. Solo localmente si nota qualche livello sabbioso superficiale, per lo più in corrispondenza delle confluenze con i piccoli tributari in destra ed in sinistra Elsa.

Lo spessore dell'acquifero è di norma inferiore ai 10 metri.

A Poggibonsi l'acquifero è unico e quasi sempre con carattere di falda freatica; solo localmente la presenza di passaggi laterali di facies favorisce un comportamento da semiconfinato.

Lo spessore dell'orizzonte permeabile può superare 10 metri ma la sezione satura, pur variando stagionalmente col livello idrometrico, è molto ridotta.

Il quadro piezometrico attuale del tratto di pianura d'Arno tra Montelupo e Fucecchio è influenzato dai pompaggi in atto, che sono in prevalenza destinati all'uso acquedottistico ed industriale. La geometria piezometrica originaria non è più riconoscibile, risultando modificata dai numerosi coni di depressione corrispondenti quasi sempre ai campi pozzi in esercizio.

Lo schema di alimentazione del sistema alluvionale è legato strettamente al fiume e, quindi, alla stagione delle piogge.

Dal 1986, a cura di Publiser, è attiva una rete di controllo piezometrico che comprende oltre un centinaio di pozzi che, con frequenza almeno trimestrale, consente di tenere sotto controllo l'andamento stagionale dei livelli nei campi pozzi e di intervenire con le correzioni del caso. Modelli di simulazione idrogeologica hanno evidenziato che l'interferenza tra pozzi in fase di pompaggio è la causa primaria dei forti abbassamenti piezometrici: il più efficace sistema per riequilibrare il quadro piezometrico è quindi l'ottimizzazione dei singoli campi e la ricerca delle giuste distanze tra campi vicini e punti di estrazione ad uso industriale.

La pianura dell'Arno tra Fucecchio e Santa Croce

A valle di Fucecchio la coltre alluvionale deposta del Fiume Arno raggiunge uno spessore di 80 metri. La pianura è delimitata da basse colline con forme arrotondate, costituite da depositi prevalentemente sabbioso - ghiaiosi del Pleistocene medio, che sormontano le Sabbie del Pliocene.

I depositi alluvionali sono sede di un sistema acquifero costituito da alternanze di orizzonti ghiaiosi e sabbiosi di spessore variabile, presenti, in maniera discontinua, fino a una profondità di 40 - 45 m rispetto al piano di campagna, separati da livelli impermeabili aventi una buona continuità laterale.

I massicci pompaggi dei numerosi pozzi presenti nella zona di S.Croce sull'Arno inducono un profondo cono di depressione piezometrica, con livelli fino ad oltre 40 m sotto il livello del mare.

La Val di Nievole

La pianura che comprende Montecatini e Pescia e si unisce alla valle principale dell'Arno attraverso il padule di Fucecchio, è percorsa dai corsi d'acqua della Nievole e delle Pescie (Pescia di Collodi e Pescia di Pescia). Il sottosuolo della pianura, al di sopra di un substrato roccioso profondo e di un rivestimento neogenico a permeabilità medio - bassa, è costituito nella zona nord - occidentale da un orizzonte di ghiaie molto permeabili, deposte dai conoidi dei torrenti Pescia di Pescia, Pescia di Collodi e Nievole, provenienti dalle aree montagnose prospicienti la pianura (Pizzorne, Montagna Pistoiese, Monte Albano). Tali conoidi verso sud non superano all'incirca la linea dell'autostrada Firenze - Mare.

La superficie freatica si trova in genere a pochi metri di profondità, ed affiora in corrispondenza del padule di Fucecchio: questo specchio d'acqua si allarga e si restringe proprio come conseguenza delle variazioni di livello della falda.

Un tentativo di bilancio idrogeologico dell'area sottesa dal Canale Usciana (486 km²), emissario del bacino della Valdinievole, indica un deflusso sotterraneo di circa 112 milioni di m³/anno.

E' da notare tuttavia che, in corrispondenza di Montecatini Terme e di Monsummano, si hanno apporti di acque termali, di risalita profonda e provenienti da sistemi idrogeologici contigui, che vanno ad incrementare la portata delle acque sotterranee. Tale deflusso dovrebbe essere pertanto superiore.

Infatti nel campo idrotermale di Montecatini e Monsummano le acque termali risalgono lungo il sistema di faglie ad orientamento NNO-SSE, che borda la pianura alluvionale ed utilizzano per la loro venuta in superficie un tipico meccanismo di termoartesianesimo.

Nel caso di Montecatini Terme esistono più sorgenti a diverso contenuto salino, dal massimo di 20 g/l della sorgente Leopoldina al minimo della sorgente Rinfresco, a causa della diluizione di un'unica "acqua madre" da parte delle acque di una falda superficiale. La composizione chimica del residuo salino, a differenza del contenuto salino, è invece notevolmente costante e risente molto poco della variazione di portata delle sorgenti.

Le acque termominerali di Monsummano Terme vengono alla luce in due sorgenti: Giusti e Parlanti. Le rispettive composizioni chimiche e caratteristiche fisiche presentano notevoli analogie fino alla sostanziale identità; al contrario delle acque di Montecatini inoltre, le acque termominerali di origine profonda di Monsummano subiscono una scarsa diluizione, soprattutto perché non hanno mescolamenti con le acque di falde superficiali.

Il residuo secco delle due acque oscilla tra 1,8 e 1,95 g/l, notevolmente inferiore quindi a quello di Montecatini.

Per entrambi i campi termali esiste infine il problema delle loro zone di alimentazione: i piccoli nuclei calcarei permeabili di Montecatini e Monsummano e quello vicino di Marliana sono infatti sicuramente insufficienti a giustificare la portata delle sorgenti, il loro contenuto salino e il loro termalismo. E' stata quindi ipotizzata un'alimentazione distale situata nel nucleo mesozoico della Val di Lima, che sarebbe agevolata, oltretutto da condizioni altimetriche, anche da una connessione strutturale in direzione NO-SE, lungo la quale si sviluppano gli assi tettonici regionali.

La pianura di Lucca

La pianura di Lucca (la cui porzione orientale ricade nel bacino dell'Arno, mentre quella occidentale è compresa nel bacino del Serchio) corrisponde ad un'ampia depressione tettonica, che presenta un substrato di argille lacustri villafranchiane, sormontato da depositi alluvionali del Pleistocene superiore - Olocene, con un orizzonte sabbioso - ghiaioso acquifero che si estende sotto tutta la pianura, anche se con spessori variabili.

L'aumento dello spessore delle ghiaie, fino a valori massimi di oltre 40 metri, avviene progressivamente lungo la direttrice Saltocchio-Lammari-Tassignano. In superficie, i depositi della pianura risultano costituiti da sedimenti prevalentemente limoso-sabbiosi nella porzione centrale, mentre si osservano depositi più fini, talora torbosi, nella porzione sud orientale.

Nella parte occidentale della pianura lucchese scorre il Serchio attuale, in gran parte arginato e pensile verso Ripafratta e il mare, mentre il settore Est della pianura è caratterizzato da una linea spartiacque artificiale che convoglia le acque verso il bacino di bonifica dell'ex lago di Bientina. La sistemazione idraulica della pianura, dopo l'arginatura definitiva del Serchio nel XVI secolo lungo il tracciato attuale, costituì sempre un grave problema, sia per l'incerta definizione di un vero e proprio spartiacque tra i settori orientale ed occidentale, sia per la difficoltà di smaltimento delle acque nella zona sud-orientale da parte dell'Arno prima e del lago-padule di Bientina poi. Il problema fu in parte risolto nel secolo scorso con la costruzione di una botte sotto l'Arno per dare un corso indipendente fino al mare all'emissario del Bientina e bonificare in massima parte l'alveo del lago.

Le condizioni stratigrafiche della pianura fanno sì che la falda idrica sotterranea si presenti con caratteristiche freatiche nella porzione in cui l'orizzonte ghiaioso-sabbioso, che costituisce l'acquifero, non risulta confinato verso l'alto da terreni impermeabili. Tale situazione si verifica nella maggior parte della piana, perché solo nella porzione centro-meridionale sono presenti in copertura i depositi limoso-argillosi di bassa permeabilità. In queste condizioni la falda acquifera acquista caratteristiche di semiartesianità e di artesianità a mano a mano che si procede da Nord verso Sud.

La superficie piezometrica si apre a ventaglio nella pianura, procedendo da N (all'uscita del Serchio dalla valle incassata) verso SE e SW, assumendo un andamento divergente e con un profilo di regola lineare che trova nello sbocco nell'alveo prosciugato del Bientina da un lato e nella stretta di Filettole-Ripafratta dall'altro i suoi punti di drenaggio basale. La tavola d'acqua si trova sempre a breve profondità dal piano di campagna (massimo 6-7 metri), quando addirittura non emerge dando origine a risorgive. Le forme più evidenti della superficie piezometrica sono connesse con la distribuzione e lo spessore dell'acquifero nel sottosuolo. Nella piana si ha un'alternanza di paleoalvei, ove lo spessore dell'acquifero è maggiore, che corrispondono ai principali assi di drenaggio della falda, con zone di interfluvio in cui tale spessore si riduce e/o sono presenti terreni a permeabilità più bassa. I più importanti assi di drenaggio ripercorrono in genere i vecchi rami del Serchio, ed è osservabile dalla piezometrica la suddivisione tripartita del fiume lungo le direttrici S.Pietro a Vico-Lunata-Bientina, S.Pietro a Vico-Mugnano-Pontetetto-Ripafratta e S.Pietro a Vico-S.Anna-Nave-Ripafratta. Assi di drenaggio secondari si incontrano nelle confluenze dei corsi d'acqua laterali nella pianura: ad Est il complesso dei torrenti che scendono dai rilievi delle Pizzorne, a Sud (dai Monti Pisani), i Rii Guappero e di Vorno, ad Ovest-Nord Ovest i torrenti Freddana e Contesora.

Le considerazioni sopra esposte sono valide in generale e si possono riferire a tutte le situazioni piezometriche osservate dal 1974 al 1995. Ma si può aggiungere che evidente risulta l'effetto di ricarica subalveare in alcuni tratti del F. Serchio, in particolare nel tratto compreso tra S.Pietro a Vico e Carignano, in cui si fa sentire di più la posizione pensile del corso d'acqua rispetto alle alluvioni della pianura. Si notano poi alcune depressioni ad isopieze chiuse, localizzate in zone ove sono concentrati emungimenti ad uso acquedottistico ed industriale, che da Est verso Ovest si possono individuare a Sud di Porcari, nella zona industriale di Guamo e nella stretta di Filettole, ove sono concentrati i pompaggi dei pozzi che alimentano gli acquedotti di Pisa e di Livorno. Inoltre la piezometria media non coglie un fenomeno interessante, osservabile solo nel periodo luglio-settembre, che è quello dell'anomalia idrometrica della falda nella parte centrale della pianura, dovuta alla pratica irrigua su una superficie di circa 40 Km². Su tale superficie in questo trimestre si verifica un innalzamento piezometrico (talvolta superiore ai massimi primaverili) che varia tra 50 e 150 cm e che ha una sensibile influenza sulla ricarica della falda e sul suo bilancio generale.

Considerando l'arco di tempo in cui è stata seguita la ricostruzione piezometrica (1974 - 1995), se si escludono i valori minimi connessi con la situazione di particolare siccità dell'autunno-inverno 1989, la falda offre un quadro di generale e sostanziale stabilità, soggetta soltanto ad un'escursione annua che mediamente oscilla, a seconda dei luoghi, tra 1 e 2 metri, nei periodi con vicende meteorologiche normali. Ciò è dovuto al fatto, ormai accertato, che tutto il sistema idrogeologico della pianura lucchese

dipende in massima parte dai contributi del Serchio e dal suo livello idraulico. Infatti il flusso perenne del corso d'acqua, in una posizione in massima parte pensile sulla pianura, condiziona la falda dal punto di vista idrostatico, assicurandone un rifornimento costante. Così si osserva che anche dopo un periodo di forte siccità è sufficiente un periodo di qualche giorno di morbida del fiume per risollevare la falda a livelli normali.

Tali considerazioni non devono comunque far trarre la conclusione che la falda della pianura lucchese sia praticamente inesauribile e possa sottostare ad ulteriori ed indiscriminati prelievi, sia perché già si avvertono segni di squilibrio, come lasciano intravedere le aree ad isopieze chiuse sopra ricordate, ed anche in considerazione delle condizioni di vulnerabilità dell'acquifero, che variano da zona a zona in relazione con diversi fattori (spessore dei terreni di copertura, distribuzione e concentrazione degli emungimenti esistenti, presenza di attività "a rischio", estensione della rete fognaria, ecc.)

La generale elevata trasmissività dell'acquifero alluvionale si traduce nella buona produttività dei numerosi pozzi che vi attingono. Questi si possono ricondurre, in base alla loro localizzazione nella pianura, a tre tipologie:

a) Pozzi ubicati in zone prossime al corso attuale del Serchio; sono in genere molto produttivi, con portate specifiche che talvolta superano i 100 l/sec/m ed il cui andamento piezometrico è strettamente connesso con la portata ed il livello del fiume.

b) Pozzi ubicati nella parte centrale della pianura, caratterizzati da portate specifiche medio-alte (da 20 a 50 l/sec/m) e da un andamento piezometrico con due massimi, di cui uno nella normale stagione di ricarica (gennaio-marzo), ed un secondo, in genere più accentuato del primo, nel periodo dell'irrigazione (luglio-settembre).

c) Pozzi collocati nella parte bassa della pianura, per i quali la distanza più sensibile dalle aree di maggior ricarica della falda determina limitazioni d'uso maggiori rispetto ai precedenti e portate specifiche più ridotte, dell'ordine dei 5-10 l/sec/m. L'andamento piezometrico segue in genere quello meteoroclimatico, ma si osservano anche oscillazioni settimanali di livello, connesse con l'alternarsi del periodo lavorativo (e quindi dei pompaggi) nelle industrie con l'arresto del fine settimana o dei periodi di ferie.

Il bilancio idrologico della falda della piana di Lucca (Nardi, Nollodi e Rossi, 1987, si veda il paragrafo 1.2.8b) presenta un saldo attivo di 12,7x10⁶ mc/anno, pari a circa 400 l/sec. Questo surplus di acqua esce dalla pianura come deflusso sotterraneo, in parte attraverso la valle di Bientina ed in parte attraverso la stretta di Ripafratta.

Tale esubero si viene a suddividere, in uscita dalla pianura, in parte (circa il 52%) nell'area dell'alveo del Bientina (ad Est: bacino dell'Arno) ed in parte (circa il 48%) sul lato Ovest, nella stretta di Filettole-Ripafratta (bacino del Serchio).

Il potere autodepurante dell'acquifero alluvionale, anche se in presenza di una coltre di copertura limo-sabbiosa di spessore limitato, è noto da tempo ed ha determinato fin dai primi decenni di questo secolo la scelta di alcune aree in prossimità del Serchio per la localizzazione di pozzi ad uso acquedottistico. Così oggi, in riva sinistra è attivo dal 1914 il campo pozzi di Salicchi (acquedotto centrale di Lucca) ed in riva destra i campi pozzi di S.Alessio, S.Maria a Colle, Nozzano (acquedotti comunali di Lucca) e di Filettole (acquedotti comunali di Pisa-Livorno). L'acqua emunta da tali pozzi, controllata con frequenti analisi chimico-batterologiche, non ha mai messo in evidenza contaminazioni di carattere biologico o chimico, nonostante che il F.Serchio (dal cui letto alcuni dei pozzi suddetti distano anche meno di cento metri) negli anni compresi tra il 1970 ed il 1980 abbia fatto registrare punte di inquinamento organico e industriale anche notevoli. Significativo risulta il confronto tra i dati analitici relativi all'acqua del primo pozzo trivellato nell'area di Salicchi nel 1911 e i dati attuali, da cui risulta che, a parte una certa variazione nella durezza, gli altri parametri confrontabili (residuo fisso, cloruri, ammoniaca, nitriti, nitrati) sono rimasti pressoché costanti nel tempo.

Nell'ultimo decennio molto più marcate risultano le variazioni nella qualità dell'acqua del F.Serchio in senso migliorativo, con netto abbassamento del contenuto in inquinanti organici e metalli pesanti, aumento dell'ossigeno disciolto e della percentuale di saturazione, netto regresso del numero delle colonie batteriche di origine fecale. Il miglioramento è da mettere in relazione con gli interventi

realizzati, vale a dire la progressiva entrata in funzione di impianti di depurazione, di fognature civili nei comuni della vallata e di impianti di depurazione delle acque reflue delle attività industriali della valle, nonché l'attenuazione del carico inquinante per la riconversione dell'attività cartaria dalla produzione di carta gialla, da paglia di frumento, a quella di carta derivata da carta e cartone da macero.

Per quanto riguarda l'evoluzione della qualità dell'acqua di falda nella pianura, a distanza dal subalveo del fiume, negli ultimi anni sono stati messi in evidenza alcuni problemi:

a) Presenza di cloroderivati organici (tetracloroetilene, tricloro etilene e tricloro etano), con valori nel complesso inferiori a quelli di legge, in alcuni pozzi periferici dell'acquedotto civico di Lucca. Tale presenza, che si trova solo nei pozzi più vicini all'area più intensamente urbanizzata, potrebbe essere connessa con la contaminazione di vecchi pozzi abbandonati.

b) Presenza di atrazina, in quantità variabili e talvolta anche al di sopra dei limiti di legge, in alcuni pozzi dell'area centrale della pianura, rilevata a partire dal 1986. Tale sostanza, da mettere in relazione alla coltivazione intensiva del mais, fu rinvenuta soprattutto nei pozzi più superficiali, fino a 7-8 metri di profondità; nei pozzi tra 8 e 18 metri ne sono state rinvenute solo quantità ridotte o tracce, mentre nei pozzi oltre i 20 metri l'atrazina risultava assente o in tracce minime. Successivamente il fenomeno si è esaurito per naturale degradazione, ed anche per il successo divieto dell'uso di tale sostanza.

c) Nel luglio 1987, 1 Km ad Est del centro storico di Lucca nella zona di S.Filippo un pozzo dell'acquedotto comunale fu interessato da inquinamento batteriologico dovuto alla tracimazione di una fognatura localizzata in prossimità dello stesso, con infiltrazione di liquidi fognari. L'inquinamento in oggetto rimase comunque localizzato, esaurendosi in un intorno di 50-100 m dal pozzo, grazie all'elevato grado di autodepurazione della falda.

d) Nel 1989 in comune Capannori fu rinvenuta una discarica abusiva di rifiuti tossico-nocivi, con inquinamento locale della falda. L'area fu in seguito bonificata mediante operazioni di diaframmiaggio della porzione di acquifero interessata, fino a raggiungere il substrato argilloso.

e) Nel novembre 1992 nella zona di S.Pietro a Vico, 3 Km a NE di Lucca, si è verificata la dispersione in falda di liquidi reflui da sviluppo fotografico. Nel caso specifico, le sostanze immesse sono state degradate e metabolizzate in tempi relativamente brevi (da uno a due anni), sia per diluizione in falda che per interazioni con i terreni.

f) Nel corso del 1993, 1 Km ad Est di Lucca, si sono verificati incidenti di dispersione in falda di percloroetilene. L'inquinamento nella falda si è manifestato con la formazione di due pennacchi distribuiti lungo la direttrice principale di flusso. Successivi interventi di bonifica hanno in pratica eliminato l'inquinamento nei due focolai, con progressiva riduzione dello stesso nella falda posta a valle.

g) Nel giugno 1997 l'acqua dell'acquedotto civico, relativamente al centro storico e alle frazioni di S.Marco e Monte S.Quirico, è stata interessata da inquinamento batteriologico.

In termini di prevenzione, da tempo sono allo studio ed in parte hanno avuto corso progetti per una migliore gestione e tutela delle acque sotterranee della pianura di Lucca. Tra questi ricordiamo:

- Realizzazione di traverse in alveo del Serchio per garantire una maggiore ricarica della falda, soprattutto nei periodi di siccità. La prima di queste traverse in fase di realizzazione circa 2,5 Km a valle del ponte di Monte S.Quirico, presso S.Alessio (dove sono localizzati impianti di emungimento a servizio degli acquedotti di Lucca, Pisa e Livorno).
- Concentrazione delle centrali di sollevamento in alcune zone di miglior ricarica della falda e di maggior protezione della stessa, localizzate in genere a monte dei centri abitati ed estensione della rete acquedottistica a tutte le abitazioni (acquedotto Lucca - Capannori in fase di realizzazione per lotti funzionali).
- Estensione della rete fognaria alle aree della pianura non ancora coperte da questo servizio (in corso di attuazione).
- Risistemazione della rete dei canali demaniali e irrigui non solo tenendo conto delle esigenze idrauliche e delle mutate condizioni di urbanizzazione della pianura lucchese, ma anche del ruolo

che gli stessi corsi d'acqua hanno avuto finora sull'alimentazione della falda idrica sotterranea. Questi interventi sono da considerare nell'ambito di un progetto, in parte già definito, che ha come obiettivo il riassetto idraulico della pianura lucchese.

- Realizzazione di un acquedotto industriale, di cui attualmente in fase di realizzazione i primi lotti, che utilizzerà in parte acque derivate dal Serchio e in parte le acque reflue, previo trattamento idoneo, del depuratore di Porcari, distribuendole alle varie attività industriali dislocate nella zona e lungo l'asse autostradale Lucca-Firenze, che attualmente si approvvigionano direttamente dalla falda.

La pianura costiera pisana

La pianura costiera denominata Versiliese-Pisana compresa entro i limiti delle Autorità di Bacino del Fiume Serchio, a Nord, e del Fiume Arno, a Sud, deve essere considerata come un'unica unità fisiografica; al suo interno, la separazione tra le due suddette entità amministrative corrisponde ai canali Fiume Morto - Canale Demaniale di Ripafratta.

Dal punto di vista idrogeologico si possono comunque distinguere i due sistemi acquiferi a Nord (Pianura di Viareggio) e a Sud (Pianura di Pisa) del corso del Serchio, che peraltro sono presumibilmente collegati attraverso gli strati confinati delle rispettive strutture idrogeologiche costiere, mentre il Serchio stesso funziona da limite tra di esse a livello di acquifero freatico superficiale.

I depositi alluvionali, fluvio-palustri, eolici e marino-transizionali, che hanno riempito la depressione tettonica costiera a partire dal Pleistocene sup., costituiscono una complessa struttura idrogeologica, dovuta alla successione sedimentaria, caratterizzata da frequenti variazioni latero-verticali di facies, cui corrispondono differenti granulometrie e quindi un diverso grado di permeabilità primaria (per porosità).

Gli acquiferi più profondi finora esplorati nella Pianura Pisana, costituiti dai depositi alluvionali e fluvio-lacustri del Pleistocene medio-sup. (affioranti al bordo delle Colline Pisane e sulle Cerbaie), si trovano a profondità intorno ai 200 metri, ma sono stati raggiunti soltanto da un limitato numero di pozzi.

Escludendo gli acquiferi più profondi, oltre ai terreni superficiali che contengono discontinue falde freatiche di scarsa importanza, considerando anche la loro vulnerabilità e la scadente qualità dell'acqua (che riguarda di solito l'eccessiva salinità e l'elevato contenuto in ferro), in maniera semplificata si possono distinguere, dall'alto verso il basso, i seguenti orizzonti acquiferi:

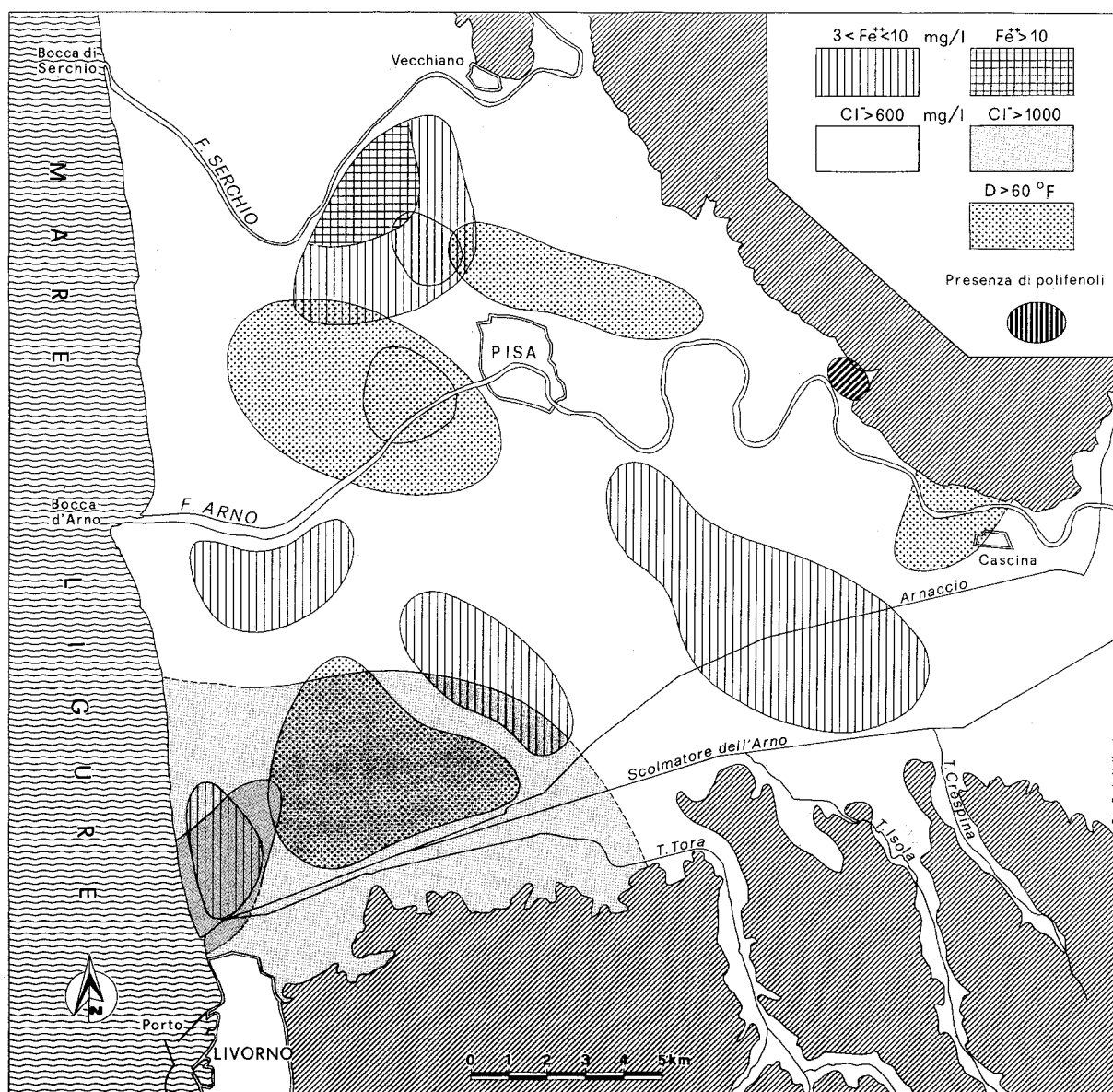
- a - "Primo acquifero artesiani in sabbia"
- b - "Primo acquifero artesiani in ghiaia".

a) L'orizzonte acquifero artesiani prevalentemente sabbioso è esteso su gran parte della pianura; nell'area prospiciente la Valle di Ripafratta, i primi strati acquiferi confinati corrispondono invece ai depositi ghiaiosi di paleoalvei del Serchio.

Gli spessori sono estremamente variabili, con massimi intorno ai 130 metri. La profondità del "tetto delle sabbie" raggiunge massimi di circa 50 metri presso la periferia nord-orientale di Pisa, per diminuire progressivamente dall'interno della pianura verso la fascia costiera, dove l'acquifero sabbioso si raccorda alle dune antiche, "emergendo" dalla copertura impermeabile e funzionando così da aree di alimentazione della falda. Sul margine nord-orientale della pianura, i livelli acquiferi sabbiosi sono collegati con i con detritico-alluvionali, situati alla base dei Monti Pisani; attraverso questi ricevono anche un contributo di acque dalla circolazione idrotermale. Nella fascia meridionale i dati sono insufficienti a stabilire con buona approssimazione la geometria degli acquiferi sabbiosi ed in particolare i loro rapporti con le "Sabbie di Vicarello". Nella zona ad est di Pisa i corpi sabbiosi sono più articolati e si saldano, anche se in modo discontinuo, con gli acquiferi del sottostante orizzonte "b".

b) L'orizzonte acquifero in ghiaia, con depositi grossolani di origine prevalentemente alluvionale e depositi a dominante sabbiosa, è costituito localmente dai "Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina", che si sviluppano, con notevole estensione e con spessori variabili fino ad oltre 10 metri nella fascia meridionale della pianura, a profondità comprese, da monte a valle, da circa 40 metri a circa 60

metri dal piano di campagna. Nella parte centro-settentrionale della pianura, a profondità maggiori, si incontrano ancora livelli ghiaiosi-ciottolosi, più discontinui, che sono stati però raggiunti da un limitato numero di pozzi e non se ne conoscono sufficientemente i limiti areali; si tratta probabilmente, in gran parte, di depositi fluviali in paleovalle più ristretti rispetto a quelli dei “Conglomerati dell’Arno e del Serchio da Bientina”, ma probabilmente anch’essi legati al Paleosistema idrografico Arno-Serchio. Nella parte settentrionale della pianura, gli strati acquiferi grossolani divengono più discontinui e si approfondiscono progressivamente verso nord-ovest, fino a circa 180 metri dal piano di campagna, collegandosi presumibilmente, a vari livelli, ai coni detritico-alluvionali della fascia pedemontana.



Zonazione della qualità delle acque sotterranee della pianura di Pisa.

Dalle condizioni morfostrutturali e dall’evoluzione sedimentaria - paleogeografica precedentemente delineate, risulta che la Pianura di Pisa è lo sbocco idrogeologico (oltre che idrografico) dei due importanti bacini dell’Arno e del Serchio, nonché dei bacini minori tra essi compresi e/o direttamente confluenti nella pianura stessa. Il sistema acquifero della Pianura di Pisa è pertanto un “sistema aperto”, che riceve, oltre quelli locali suoi propri, anche contributi esterni, attraverso il deflusso confinato di subalaveo delle valli dell’Arno, nonché delle valli di Ripafratta (Serchio) e di Bientina (paleoSerchio).

L’andamento piezometrico generale della pianura pisana mette in evidenza, in particolare in tutta l’area a sud dell’Arno, l’effetto di intensi emungimenti, con depressioni verso le quali è artificialmente

richiamato il deflusso sotterraneo che, nelle naturali condizioni di una pianura costiera, dovrebbe invece scaricarsi al mare.

In particolare si notano quattro minimi a S e a SE dell'abitato di Pisa, corrispondenti alla Tenuta di Coltano ed ai campi pozzi di alcuni acquedotti comunali di Pisa e Cascina (Le Rene, Riglione-Pierdicino e Navacchio). Ancora più marcati sono i "coni di depressione" causati dai campi pozzi di Filettole e di Bientina; la loro permanenza, nel corso di ormai pluridecennali serie di osservazioni, indica che i prelievi sono dello stesso ordine di grandezza delle portate delle rispettive falde, valori sui quali in effetti vengono regolate le portate di esercizio.

Dati recenti mostrano altre tre profonde, anche se più localizzate, depressioni piezometriche, in corrispondenza dei campi pozzi di Mortaiolo, Navacchio e Zambra, confermando il generale sovrasfruttamento delle falde "artesiane" della Pianura Pisana.

Alcune delle caratteristiche chimiche più significative delle acque sotterranee della Pianura di Pisa sono state schematizzate nella figura allegata, mediante una zonazione del contenuto in Cl^- e Fe^{2+} e della durezza.

I valori dei parametri considerati si riferiscono alle concentrazioni medie estive, nel periodo 1985-1995, delle due principali falde artesiane presenti nella Pianura Pisana: la "Prima falda artesiaiana in sabbia" e la "Prima falda artesiaiana in ghiaia", che sono quelle sfruttate in prevalenza su tutto il territorio. Nelle acque di falda risultano presenti anche i polifenoli, la cui concentrazione oscilla tra 100 mg/l per i pozzi di tipo romano (fino a circa 10 m di profondità) e valori compresi tra 60 mg/l e 3 mg/l (rispettivamente a 25 e 40 m dal piano di campagna) per i pozzi trivellati. Si ricorda che il limite ammesso per le acque idropotabili è di 0,5 mg/l.

L'intrusione marina si è andata via via estendendo nell'entroterra a causa di una crescente domanda d'acqua, soprattutto nel periodo estivo. La falda artesiaiana in ghiaia è quella che sta pagando le conseguenze di questo sovrasfruttamento idrico, dato che nella zona costiera è l'unica che possa offrire volumi d'acqua di una certa entità. Le concentrazioni massime in cloruri, rinvenute nell'area a Nord di Livorno, corrispondono al periodo estivo dell'anno 1994 e superano i 1200 mg/l, con una zona di miscelazione tra acque dolci e acque salate che si sta facendo sempre più estesa e spessa; il richiamo di acqua salata è qui favorito dalle condizioni piezometriche descritte.

Le relazioni ioniche (Na^+/Cl^- , $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ e $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$) confermano il fenomeno dell'intrusione marina.

Invece i due massimi registrati nelle vicinanze della città di Pisa non possono essere imputati a fenomeni di intrusione marina, date le condizioni idrodinamiche dell'acquifero e la distanza dalla costa, e neppure ad inquinamento antropico, dato che le analisi effettuate per la determinazione dei fosfati, nitrati, nitriti, ammoniaca e cianuri, hanno certificato l'assenza di tali composti o valori molto al di sotto di quelli fissati dal DPR 236/88. Resta pertanto l'ipotesi, giustificata in parte dalle analisi isotopiche effettuate sui campioni prelevati nei due pozzi corrispondenti alle zone di massimo sopraccitate, che le alte concentrazioni dello ione cloruro siano dovute alla presenza di resti di acque marine fossili imprigionate durante i cicli di trasgressione-regressione; si può escludere inoltre l'ipotesi di una intrusione del cuneo salino risalente l'Arno, dato che i pozzi emungono una falda protetta da uno strato di circa 20 m di argille, che la separa dal letto del fiume.

Per ultimo è stata messa in risalto la presenza del Ferro, che ha una distribuzione a "macchia di leopardo" in tutta la pianura; i valori, sempre per il periodo considerato, si collocano molto al di sopra dei limiti stabiliti per le acque potabili (200 g/l). Le alte concentrazioni sono dovute agli apporti provenienti dalla decomposizione organica dei sedimenti torbosi (ferro delle paludi), assai diffusi nel sottosuolo di tutta l'area pisana, ed in particolare nelle facies di duna-interduna ("Sabbie gialle") dei cordoni litorali antichi. Nelle zone a Nord della città di Pisa, le acque termali contribuiscono alla mobilitazione degli ioni ferrosi e alla loro distribuzione areale.

La durezza delle acque ($^{\circ}\text{F}$) è assai elevata in tutta l'area, raggiungendo e a volte superando il tetto dei 100 $^{\circ}\text{F}$ nella bassa Pianura. Questi valori (anche in questo caso medi per le due falde principali) sono

dovuti all'arricchimento in HCO_3 , generato sia dal flusso attraverso le ghiaie del paleo-sistema Arno-Serchio (costituite da anageniti, quarziti e calcari bianchi e grigi con liste di selce, ad elevata permeabilità), che alle acque circolanti nelle sabbie e provenienti dal sistema Monti Pisani - Monti d'Oltre Serchio e dalle Colline Pisane. Le aree di massimo presenti ai piedi dei Monti Pisani sono invece dovute agli apporti diretti dei sistemi idrotermali di San Giuliano Terme e Uliveto.

In conclusione, in gran parte della Pianura Pisana la qualità delle acque sotterranee ne rendono problematico lo sfruttamento, e non soltanto per gli usi idropotabili.

2.3 - Considerazioni conclusive sugli acquiferi delle pianure alluvionali

Il quadro delle falde idriche delle pianure alluvionali del bacino dell'Arno mostra degli elementi comuni: da una parte l'importanza, spesso preminente, di questo tipo di risorse idriche ai fini potabili e produttivi; dall'altra un insieme di problemi connessi sia al loro sfruttamento esteso, e in alcuni casi eccessivo, sia, talvolta, al loro inquinamento.

L'esteso sfruttamento delle falde idriche delle pianure dipende da più elementi favorevoli:

- la bassa profondità delle ghiaie e sabbie acquifere, che permette lo sfruttamento della falda con pozzi profondi meno di 50 metri e raramente oltre 100 m;
- la localizzazione delle falde nel sottosuolo delle aree più urbanizzate, per cui nella maggior parte dei casi l'acqua dei pozzi viene utilizzata direttamente sul posto, senza bisogno di tubature o con reti di adduzione di modesta lunghezza; in pratica il costo dell'acqua di falda è estremamente basso, di solito inferiore alle 100 lire al metro cubo;
- la buona continuità laterale degli acquiferi, per cui difficilmente un pozzo risulta sterile e, di solito, i pozzi di una determinata area hanno portate dello stesso ordine di grandezza; questo fatto riduce il rischio economico della perforazione dei pozzi e ne favorisce la moltiplicazione;
- la qualità chimica dell'acqua sotterranea in genere buona, in relazione alla brevità del ciclo infiltrazione-prelievo. Solo alcune falde della Val di Chiana e della pianura di Pisa hanno un elevato tenore di cloruri, solfati, ammoniaca o ferro, in relazione alla natura geologica degli acquiferi.

A fronte di questi elementi favorevoli per lo sfruttamento delle acque sotterranee delle pianure alluvionali stanno altri fattori, che incidono negativamente sia sulla quantità che sulla qualità delle risorse idriche. Essi possono essere sintetizzati come segue:

- stretta dipendenza dalle precipitazioni;
- sfruttamento degli acquiferi disorganizzato e in alcuni casi eccessivo;
- vulnerabilità e possibilità di inquinamento.

1. Stretta dipendenza dalle precipitazioni

In molte aree le rocce acquifere sono superficiali e rappresentano una piccola parte dello spessore sedimentario complessivo. La riserva sotterranea è quindi piccola rispetto ai prelievi annui, i quali possono corrispondere anche al 50% della riserva totale. In questa situazione, la successione di anni meno piovosi della media fa abbassare notevolmente il livello freatico, riducendo quindi la portata dei pozzi.

L'analisi storica dei dati di precipitazione permette di rilevare la presenza di cicli pluriennali, con alternanza di anni piovosi e di anni mediamente siccitosi: cicli della durata media di 10-11 anni sembrano emergere nelle registrazioni pluviometriche mentre i dati sono insufficienti per mettere in evidenza cicli più lunghi, la cui esistenza è però probabile. Di fatto in Toscana sono state registrate crisi idriche degli acquedotti pubblici, collegate con periodi di scarse precipitazioni, ad es. negli anni 1972-1974 e 1985-1988.

2. Sfruttamento degli acquiferi disorganizzato e in alcuni casi eccessivo

L'emungimento delle acque sotterranee delle pianure alluvionali avviene ovunque senza tenere conto delle risorse rinnovabili e praticamente senza controlli. E' ovvio e intuitivo che i prelievi da una falda non

possono superare la ricarica. Il bilancio idrico di un acquifero esige che, affinché la falda non si esaurisca, i prelievi medi annui (gli emungimenti) non superino gli apporti naturali che costituiscono la ricarica; se un anno presenta un deficit (perché è piovuto meno della media), verrà intaccata la riserva idrica permanente, ma ciò non sarà automaticamente negativo se gli anni successivi più piovosi consentiranno di ricostituire la riserva. Ma se i prelievi medi annui superano la ricarica media pluriennale, l'esaurimento della risorsa è inevitabile in un tempo che dipenderà solo dalla consistenza delle riserve. Questo è stato il caso della falda di Prato, almeno fino alla fine degli anni '80: è augurabile che i provvedimenti attivati e programmati riescano a ristabilire una situazione di equilibrio.

Un altro problema è quello della competizione fra privati ed enti pubblici nello sfruttamento delle falde. In alcune aree i pompaggi per le industrie e, più raramente, per l'irrigazione, tolgono acqua agli acquedotti pubblici, con crisi di approvvigionamento idrico nel periodo estivo.

Tutto ciò è avvenuto finora in quanto le scarse conoscenze sulla consistenza delle falde impediva di fatto di intervenire con provvedimenti di limitazione, ed anche perché la legislazione riguardo le acque sotterranee era in qualche misura carente. Con la legge 5.1.1994 n. 36 sono stati definiti alcuni principi importanti in materia; in particolare è stato stabilito che:

- tutte le acque superficiali e sotterranee, ancorché non estratte dal sottosuolo, sono pubbliche e costituiscono una risorsa che è salvaguardata e utilizzata secondo criteri di solidarietà (art. 1);
- l'uso delle acque per il consumo umano è prioritario rispetto agli altri usi del medesimo corpo idrico. Gli altri usi sono ammessi quando la risorsa è sufficiente e a condizione che non ledano la qualità dell'acqua per il consumo umano (art. 2).

In pratica, quando una falda rappresenta una risorsa per l'uso potabile, tutti gli altri usi sono condizionati al fatto che non ledano la quantità e la qualità della risorsa. Su questa base non dovrebbero esserci più conflitti fra acquedotti pubblici e privati. Di fatto ciò non avviene ancora, prima di tutto perché mancano quasi ovunque i bilanci idrogeologici che, una volta messo in evidenza uno squilibrio fra emungimento e ricarica, possono far introdurre i provvedimenti limitativi delle acque sotterranee per gli utenti privati. Inoltre, in certe situazioni locali possono essere trovate soluzioni che salvaguardino non solo gli acquedotti pubblici, ma anche le attività produttive. Valga per tutti l'esempio di Prato, dove il sovrasfruttamento della falda era dovuto alla somma dei pompaggi da parte del Consig e da parte delle industrie della lana, le quali storicamente hanno avuto nella disponibilità di acqua a basso costo uno dei fattori di sviluppo. In questa situazione, prima di vietare gli emungimenti industriali per non danneggiare l'acquedotto pubblico sono state cercate soluzioni di compromesso, con la ricerca di fonti alternative da parte di entrambi gli utenti della falda. Ciò è di fatto avvenuto, anche se la soluzione ottimale per il Consig (sfruttamento delle acque di buona qualità dell'alta valle del Bisenzio) non è stata ancora raggiunta.

3. Vulnerabilità e possibilità di inquinamento

Il fatto che gli acquiferi si trovino di solito a piccola profondità li rende vulnerabili all'inquinamento: in generale fra la superficie topografica e le ghiaie o sabbie acquifere ci sono pochi metri di limo più o meno sabbioso o argilloso, al quale è affidato il compito di trattenere, diluire e degradare gli eventuali inquinanti. Anche l'inquinamento dei corsi d'acqua rappresenta un notevole fattore di rischio, dati i rapporti molto diretti fra la rete idrica superficiale e le falde delle pianure alluvionali.

A questo quadro di vulnerabilità intrinseca (ovvero geologica) degli acquiferi alluvionali, si sovrappone un'alta densità di urbanizzazione e industrializzazione (concentrate nelle pianure per motivi logistici, principalmente di comunicazione viaria), che rappresenta un potenziale inquinante fra i maggiori in Italia.

Le principali fonti di inquinamento biologico sono gli scarichi civili: le reti fognarie e le opere di smaltimento rilasciano nel sottosuolo una notevole quantità di sostanze organiche, la cui degradazione porta in falda elevate quantità di nitrati. Occorre considerare che, nel bacino dell'Arno, solo una parte degli scarichi civili viene conferita agli impianti di depurazione.

L'attività agricola e zootecnica, che in Italia sono le cause maggiori dell'inquinamento da nitrati, nelle pianure del bacino dell'Arno sono in sottordine, con l'eccezione della Val di Chiana, dove gli allevamenti di suini producono un carico organico assai alto, solo in parte smaltito correttamente.

I nitrati tuttavia superano la concentrazione massima ammissibile per la potabilità dell'acqua (50 mg/l) in molte parti anche del Valdarno Superiore e del Valdarno Medio, ponendo seri problemi all'uso di queste acque sotterranee per gli acquedotti pubblici a causa dei processi notevolmente costosi per il loro abbattimento.

Ed anche i nitriti, indizio di inquinamento organico in atto (quando non sono di origine geologica), superano in molti pozzi delle pianure alluvionali sopra citate la c.m.a. (0.1 mg/l).

Nonostante l'impegno degli ultimi anni nel controllo degli scarichi industriali e nella costruzione di depuratori, non è da escludere ancora per qualche tempo la contaminazione delle acque sotterranee da parte di sorgenti inquinanti anche se non più alimentate. Infatti, poichè le acque sotterranee sono più protette dall'inquinamento di quelle superficiali, un inquinante sparso in superficie può impiegare anni per arrivare alle falde, se non viene degradato prima. Si consideri inoltre che, una volta inquinata, una falda richiede tempi assai lunghi per smaltire l'inquinamento, dato il lento ricambio delle acque di sottosuolo.

Comunque, la falda freatica risulta inquinata da solventi clorurati (triellina, cloroformio e simili) in parti non piccole del Valdarno Medio; e certamente questo tipo di inquinamento è più diffuso di quanto ufficialmente accertato, perchè di solito la ricerca di queste sostanze viene limitata ai pozzi per l'uso potabile.

Ancora minore è la conoscenza riguardo la presenza di fitofarmaci nelle acque sotterranee, anche se questo tipo di inquinamento non dovrebbe essere molto diffuso, perchè nelle pianure considerate non c'è una attività agricola intensiva, con l'eccezione delle pianure di Pistoia e della Valdinievole.

Non bisogna poi dimenticare un particolare tipo di inquinamento, ovvero l'intrusione di acqua marina nelle falde delle pianure costiere. L'estensione verso l'interno della salinizzazione delle falde dipende essenzialmente dalla depressione del livello piezometrico e quindi dalla gestione corretta dei pozzi nella fascia costiera pisana.

In conclusione l'importanza delle falde delle pianure alluvionali, sia come risorsa idropotabile che per le attività produttive, richiede una attenta gestione, che abbia i seguenti obiettivi principali:

- a - difesa dall'inquinamento
- b - recupero delle situazioni di degrado qualitativo
- c - sfruttamento compatibile con la ricarica
- d - destinazione prioritaria per gli usi potabili, quando la qualità dell'acqua sia idonea.



Le dighe ENEL di Levante (in basso) e di La Penna (in alto), costruite rispettivamente nel 1957 e nel 1958 lungo il corso dell'Arno in provincia di Arezzo. Attualmente i due invasi hanno una capacità complessiva nominale di circa 20 Mm³ (ridotta a 14 per l'avanzato interrimento).

I loro rilasci di acqua contribuiscono ad attenuare le crisi idriche estive del fiume, garantendo soprattutto l'approvvigionamento idropotabile della città di Firenze e l'integrazione delle disponibilità di alcuni Comuni del comprensorio fiorentino attraverso gli impianti di potabilizzazione di Anconella e di Mantignano, che attingono acqua dall'Arno.

