

## **B.2 Acqua**



Foto: edizioni photo Alex



### B.2.1 Quadro conoscitivo

Nel sistema “Acqua” sono stato considerati sia gli aspetti legati allo stato di qualità delle acque superficiali presenti sul territorio, nonché delle acque marine e delle falde acquifere; inoltre si farà riferimento anche ad alcuni aspetti gestionali del servizio idrico integrato (captazione, depurazione, distribuzione), affidati dall’ATO n.5 all’ASA (Azienda Servizi per l’Ambiente s.p.a. di Livorno).

La ricostruzione del quadro conoscitivo inizierà con le acque costiere e marine; quindi ci si occuperà della descrizione del sistema idrografico, dell’idrogeologia, del chimismo delle acque ai fini della caratterizzazione della loro qualità. Infine qualche riferimento alla rete idropotabile di distribuzione e alla qualità delle acque potabili distribuite.

#### Acque marine e di balneazione

Il monitoraggio delle **acque marine costiere** è disciplinato dalla Legge n°979/82 e dal D. Lgs. n°152/99 e successive modifiche.

Il programma di monitoraggio della costa del Comune di Castagneto è ricompreso in quello regionale affidato all’ARPAT-Area Mare. Tale programma ha avuto inizio con il primo triennio 1997-2000 (si vedano i dati conclusivi del Ministero dell’Ambiente anno 2000, allegati), e prosegue con il nuovo programma triennale 2001-2004 che va a completare il monitoraggio previsto dal D. Lgs. n°152/99.

Le osservazioni marine costiere hanno nella prima fase avuto come scopo principale quello di conoscere le reali condizioni dello stato dell’ambiente del mare e non di caratterizzarlo in classi o in zone a seconda dei risultati ottenuti.

Il criterio adottato per il nuovo piano di monitoraggio si basa sul concetto di stato di qualità ambientale, che per le acque marine costiere (D. Lgs. n°152/99) è definito sulla base di:

- presenza di sostanze chimiche pericolose nei sedimenti e negli organismi bivalvi;
- stato trofico, che corrisponde all’applicazione dell’indice TRIX;
- caratteristiche delle principali biocenosi.

I prelievi delle acque marine vengono effettuati all’altezza di Marina di Castagneto, e sono previsti bimensilmente, per tutti i mesi, per un totale di 24 ogni anno su ciascuna delle tre stazioni (a 500m, a 1000m, a 3000m dalla linea di costa), mentre le biocenosi sono campionate annualmente ed i sedimenti e i bivalvi semestralmente.

La sorveglianza delle **acque di balneazione** è invece disciplinata dal D.P.R. n° 470/82 e dalla

legge 442/2000.

L'obiettivo precipuo è la tutela igienico sanitaria delle acque marine ed interne, al fine di salvaguardare i bagnanti dall'instaurarsi di eventi patologici.

Il Comune di Castagneto, in ragione della qualità dell'ambiente, delle azioni per la sua tutela e per i servizi offerti ai cittadini ed all'utenza estiva, ha ottenuto ed ottiene importanti riconoscimenti quale, ad esempio, l'assegnazione della "Bandiera Blu" ed il riconoscimento di Legambiente "Eco sistema vacanze".

I prelievi delle acque vengono effettuati all'altezza di: Fosso Camilla, Fosso Seggio di Bolgheri, Bagni Shangrilà/Lodolo, Bagni S. Lucia/Sirena, Bagni La zattera, Bagno Lido, Camping Continental, zona "Cantiere", Club Mediterranee, Il Palone, Le colonne, Paradiso, Conte Alfredo e sono eseguiti dall'ARPAT bimensilmente nel periodo 1°Aprile – 30 settembre.

E' importante segnalare quanto suddetto, perché ai sensi dell'art.4 lettera f) del D.P.R. n. 470/82, i prelievi lungo la costa del comune potrebbero effettuarsi solo mensilmente ed è invece nella volontà dell'Amministrazione adeguarsi alle più esigenti "norme FEE" (Foundation for Enviromental Education), per garantire non solo l'idoneità alla balneazione ma anche una qualità delle acque migliore, rispetto ai limiti di legge previsti.

### **Sistema idrografico e qualità delle acque superficiali**

Il sistema idrografico naturale rappresenta l'insieme dei corsi d'acqua che raccolgono le acque meteoriche e le convogliano verso la loro destinazione, che nel caso di Castagneto Calducci, è il mare; in questo territorio il reticolo idrografico si basa essenzialmente su tre principali aste di drenaggio: Fossa Camilla, Fossa di Bolgheri e Fossa dell'Acquabona.

Alle prime due si aggiungono come affluenti: il Fosso della Carestia e il Fosso dei Molini.

Il livello di scorrimento alla foce è inferiore rispetto a quello del mare nel caso di piena e in concomitanza di mareggiate i fossi trovano un naturale sbocco nelle aree depresse circostanti e in quelle retrodunali.

Il maggiore corso d'acqua della piana fra Castagneto e Bolgheri è la Fossa di Bolgheri, lunga circa 17 Km., nella quale confluiscono quasi tutti i torrenti che scendono dalle colline, salvo la Fossa Camilla e i suoi affluenti, che raccolgono buona parte delle acque che scendono dai colli di Bibbona.

Il Fosso dei Molini è il recettore della rete fognaria di Donoratico e di Castagneto e ha il livello di massima piena inferiore a quello della Fossa di Bolgheri in cui sfocia.

In generale tutto il sistema idrografico di pianura in caso di piena raggiunge un livello inferiore della Fossa di Bolgheri.

I corpi idrici, nel complesso, possono ritenersi corsi d'acqua poco significativi, visto che le loro portate sono veramente esigue ed il ruolo principale che svolgono è quello di drenaggio delle acque meteoriche.

Non ci sono pertanto conoscenze particolari sulla qualità delle acque di scorrimento superficiali, sia perché il carattere torrentizio dei corsi d'acqua rende poco efficace il loro prelievo, sia perché, come si vedrà, l'approvvigionamento idrico avviene mediante emungimenti dalla falda.

Si segnala tuttavia, in questa parte del Rapporto che, a seguito della delibera della Giunta Regionale N. 831 del 23/07/2001, per l'adozione del Progetto di Piano stralcio per l'assetto idrogeologico per i bacini di rilievo regionale Toscana Nord, Toscana Costa (in cui rientra il Comune di Castagneto) e Ombrone, non sono state mosse dal Comune osservazioni riguardo alla perimetrazione e alla classificazione delle aree a rischio idrogeologico.

Valgono dunque le indicazioni contenute nelle Carte di Tutela del Territorio, facenti parte del Progetto di Piano Stralcio, in cui sono evidenziate le zone a pericolosità idraulica elevata (P.I.3), molto elevata (P.I.4), quelle a rischio idraulico elevato (R.I.3), molto elevato (R.I.4) e le aree a rischio elevato di fenomeni franosi (R.F.3). (Si veda allegato N° B.2.1. – 1)

### **Idrogeologia**

Per le conoscenze più recenti, volte alla caratterizzazione dell'idrogeologia ed in particolare dell'acquifero costiero, presente nel territorio di Castagneto Casaducci, si farà riferimento a recenti studi commissionati da ASA s.p.a.<sup>1</sup>, volti alla comprensione delle dinamiche idrogeologiche e all'impatto generato dalla presenza di attività ed insediamenti, sulla qualità delle acque sotterranee<sup>2</sup>.

I terreni presenti possono essere classificati sulla base delle caratteristiche idrogeologiche in due unità (si veda allegato N° B.2.1. - 2):

*a) Unità idrogeologica a permeabilità primaria- Litotipi permeabili per porosità*

Si riferisce ai tipi litologici per i quali la permeabilità costituisce un carattere "primario", cioè una proprietà intrinseca del terreno ed è dovuta alla presenza di meati intercomunicanti tra i granuli. Si tratta di un carattere dipendente dalle dimensioni, dall'assortimento granulometrico delle particelle di terreno e dal grado di cementazione. Si inseriscono in questa classe con grado decrescente di permeabilità i depositi alluvionali (a), con coefficiente di permeabilità  $K > 10^{-1}$  m/s, le sabbie e dune costiere (S e Sd), i conglomerati di Bolgheri (q6), le ghiaie e le sabbie di Quadrelle (q10) e le Sabbie rosso – arancio di Donoratico (q9). Queste ultime, data la presenza di una componente limosa, assumono un grado di permeabilità complessivamente "medio", con un valore di K che si aggira intorno a  $10^{-4}$  m/s. Un grado "basso" di permeabilità è da riferirsi ai sedimenti palustri, alluvionali e di colmata (qt), ai quali si attribuisce un K intorno a  $10^{-8}$  m/s.

*b) Unità idrogeologiche a permeabilità secondaria- Litotipi limitatamente permeabili per fratturazione*

Ne fanno parte i litotipi per i quali la permeabilità è un carattere acquisito a seguito della fase diagenetica ed è legato essenzialmente a sistemi fessurativi instauratisi in conseguenza di fenomeni tettonici o chimici dissolutivi. In questa classe rientrano le Vulcaniti di S.Vincenzo ( $\lambda$ ) e le Sabbie rosse della Val di Gori, conglomerato in calcareniti sabbiose (q7), entrambe con un grado di permeabilità buono, K intorno a  $10^{-2}$  m/s.

---

<sup>1</sup> Anni 2000, 2001 e 2002, effettuati dal dr.geol. S.M. Albarese, e dalla dr.sa geol. O. Meucci. Esistono, tuttavia, altri numerosi studi sempre commissionati da ASA s.p.a. nel periodo 1996-2002

<sup>2</sup> La comprensione delle caratteristiche idrogeologiche devono essere sviluppate con chiaro riferimento a quelle geologiche; per questo aspetto si rimanda a quanto descritto nell'apposita parte del sistema suolo.

Lo schema idrogeologico generale risulta caratterizzato da un sistema multistrato con livelli acquiferi sovrapposti, rappresentati dai depositi di sabbie, sabbie e ghiaie, calcareniti e conglomerati separati da strati argillosi ed argilloso – limosi che gli conferiscono caratteristiche di artesianità.

La presenza, comunque, di eteropie di facies verticali ed orizzontali tra i diversi orizzonti determinano zone di transizione tra gli acquiferi con importanti passaggi alla falda libera.

La ricarica dell'acquifero di principale interesse avviene per infiltrazione delle acque di ruscellamento del bacino idrogeologico locale, per apporto di acque che si infiltrano nelle zone collinari e per apporto, minimo, di acque provenienti dall'acquifero di sub-alveo dei principali fossi.

Dall'osservazione della Carta idrogeologica (si veda allegato N° B.2.1. - 3) appare come sull'intero territorio comunale vi sia la prevalenza in affioramento delle unità idrogeologiche caratterizzate da terreni permeabili, mentre i terreni spiccatamente impermeabili (permeabilità scarsa/nulla), appartenenti alla unità idrogeologica V, sono in percentuale molto minore ed affioranti principalmente nelle zone montuose che circondano da Nord Est a Sud Ovest la piana costiera di Castagneto Carducci.

Tutta la parte pianeggiante fino alle prime pendici collinari è costituita da depositi alluvionali, eolici e marini con permeabilità variabile, alta nei livelli sabbiosi e ghiaiosi, appartenenti alle unità idrogeologiche I e II, che vengono al contatto con gli affioramenti rocciosi a permeabilità secondaria, da media a bassa, affioranti nelle retrostanti zone montagnose ed appartenenti alla unità idrogeologica IV.

Le formazioni costituenti l'unità idrogeologica III, caratterizzate da permeabilità secondaria medio-alta, sono in minoranza rispetto ai precedenti terreni descritti e si presentano con un affioramento principale a Sud dell'abitato di Castagneto Carducci ed altri minori ad Est e Sud Est dell'abitato di Bolgheri.

Sono proprio i terreni appartenenti alle unità idrogeologiche I e II che costituiscono l'acquifero costiero del territorio comunale.

La struttura idrogeologica emersa mette in evidenza, per la piana costiera del Comune di Castagneto Carducci, l'esistenza di un deposito di materiali a diversi gradi di permeabilità che si estende dalla linea di riva alle prime pendici collinari, fino al contatto con le formazioni rocciose appartenenti ai domini Toscano e Ligure. Tali depositi presentano spessori compresi tra i 40 ed i 60 – 65 metri e terminano alla base con un livello argilloso al disotto del quale è stato talvolta incontrato (da dati relativi alla perforazione di pozzi per acqua) un substrato roccioso.

E' possibile poi distinguere, nei suddetti depositi, (costituiti da sabbie, ghiaie, limi, argille, conglomerati, livelli arenacei, calcareniti e con la caratteristica di presentare eteropie di facies verticali ed orizzontali), due tipologie di acquiferi:

- un acquifero superficiale a falda libera;
- un acquifero profondo confinato.

Le due tipologie di acquiferi talvolta sono nettamente divisi, talvolta presentano caratteristiche di interconnessione.

#### Acquifero superficiale a falda libera

Esso è costituito da depositi di sabbie, sabbie e ghiaie, limi, con intercalazioni di livelli lenticolari di argille e limi argillosi. Tali depositi che si estendono dal mare alle prime pendici collinari e presentano spessori variabili dai 10 ai 25 metri, sono sede di una falda freatica di scadenti qualità chimiche, regolata dall'andamento degli apporti piovosi. Essa è sfruttata ormai da pochi pozzi che riescono a dare i bassi quantitativi d'acqua richiesti dagli utenti, nei mesi da Ottobre ad Aprile/Maggio, restando pressoché secchi nel periodo estivo.

#### Acquifero profondo confinato

Questo ricco acquifero, oggetto principale dello studio, è fonte di ingenti quantitativi di acque pregiate sfruttate per fini idropotabili ed agricoli. Esso è costituito da depositi di sabbie, sabbie e ghiaie, ghiaie, livelli di arenarie e conglomerati, calcareniti "panchina", limi, ed è separato dall'acquifero a falda libera da livelli argillosi ed argillo-limosi che gli conferiscono caratteristiche di artesianità. Tali livelli non presentano però una omogeneità per tutta la piana ma sono caratterizzati da eteropie di facies verticali ed orizzontali. Tale peculiarità fa sì che esso sia sede di una unica ricca falda con zone di transizione con l'acquifero a falda libera.

I livelli argillosi, posti superiormente ai depositi porosi più profondi, sono di garanzia per la protezione della falda da agenti inquinanti di superficie.

L'acquifero profondo presenta una potenza media di 25/30 metri con massimi di 35/40 metri nell'area del Campo pozzi Campi al mare.

L'alimentazione della falda avviene sia direttamente dalle acque meteoriche che si infiltrano dal piano di campagna e che poi, grazie alle eteropie di facies, raggiungono l'acquifero profondo, sia dagli apporti laterali da parte delle rocce incassanti a permeabilità medio-bassa che sono a diretto contatto con i depositi costieri all'altezza delle prime pendici collinari. Altri afflussi, in maniera subordinata, possono essere legati agli apporti di subalveo dei corsi d'acqua presenti nella piana costiera, laddove le variazioni di facies lo permettano.



La falda in pressione presenta un andamento della superficie piezometrica piuttosto regolare, con inclinazione e direzione di deflusso da Est ad Ovest. Tale superficie si mantiene sempre al disopra del livello medio mare ad eccezione della zona del Campo pozzi di Campi al mare e delle aree più vicine alla costa dove, all'altezza del pozzo acquedotto 430/3 a Marina di Castagneto, si abbassa oltre 2 metri rispetto al livello di riferimento per una ampiezza di 1800 metri da Nord a Sud e di 750 metri da Ovest ad Est.

Normalmente il suo comportamento è legato all'andamento delle precipitazioni nel corso nell'anno. I periodi di massimo stress si rilevano nei mesi estivi quando alla siccità si sommano gli alti prelievi per i fabbisogni dell'agricoltura e della forte presenza turistica.

Non è stato possibile reperire dati diretti relativamente ai parametri idrodinamici dell'acquifero in quanto nel passato non sono mai state fatte indagini da parte dei gestori del pubblico acquedotto sui propri pozzi, né tantomeno da privati.

I valori medi di trasmissività  $T$  e permeabilità  $K$  dell'acquifero dalla bibliografia e da prove eseguite su terreni analoghi al di fuori del territorio comunale possono essere individuati in  $T = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  e  $6 \cdot 10^{-4} \text{ m/s} \leq K \leq 2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ .

Dal punto di vista del **chimismo della falda** si può dire che le acque dell'acquifero profondo sono di buona qualità relativamente alla tipologia dei materiali che le compongono, derivanti principalmente dal disfacimento e deposito di formazioni calcaree.

Dalle analisi effettuate negli anni passati sulla falda confinata, relativamente alle concentrazioni dei cloruri ed ai valori di conducibilità specifica, è risultato che i primi presentano valori al disotto dei 200 mg/l con la sola eccezione di 2 pozzi della rete di controllo con valori rispettivamente di 350 mg/l (pozzo 436) e di 1050 (pozzo 455). Per quanto concerne la conducibilità specifica delle acque questa presenta per la quasi totalità del territorio valori al disotto dei 2000  $\mu\text{S}$ .

Nella campagna di studio eseguita nel maggio 2002, sono state rilevate le quote piezometriche, in condizioni statiche, di 89 pozzi appartenenti alla rete di controllo; sulla base di tali dati, è stata elaborata la "Carta Piezometrica", la quale fornisce un'adeguata rappresentazione delle condizioni di circolazione idrica sotterranea, nonché il monitoraggio delle variazioni stagionali di medio e lungo periodo.

Dall'osservazione della Carta Piezometrica (si rimanda alla documentazione prodotta negli studi del maggio 2002, dalla dr.sa geol. O.Meucci), è possibile evidenziare le principali zone di alimentazione presenti sul territorio.

Fasce interpretabili in tal senso sono individuabili, ancora una volta nel settore a nord ovest dell'abitato di Castagneto Carducci (pozzo n° 501, pozzo n° 457), ed in corrispondenza della Bolgherese, nel settore a sud ovest di Bolgheri.

Interessante la presenza di una zona di drenaggio preferenziale che trae la sua origine nella porzione collinare a nord est dell'abitato di Castagneto Carducci, la quale attraversando Loc. Fornacelle ed I greppi Cupi, arriva ad interessare il settore in cui sono ubicati i pozzi ad uso idropotabili Campo Pozzi Campi al Mare 1, Campo Pozzi Campi al Mare 2 e per finire Campo Pozzi Belvedere, una linea di deformazione nella circolazione idrica sotterranea determinata, evidentemente, dai forti emungimenti ivi effettuati, il fenomeno non è comunque preoccupante dato che lo stesso C.P. Belvedere ha un livello di 7,20 m. s.l.m..

Gli studi dell'ASA s.p.a. si proponevano anche di valutare la possibilità di aprire **nuovi campi pozzi per usi idropotabili**, in sostituzione di quelli più vulnerabili, vicino al mare, e comunque per far fronte a nuove esigenze quali-quantitative. A questo proposito l'analisi ha evidenziato la fattibilità per la perforazione di nuovi pozzi per l'area ad Est della ferrovia Roma-Ventimiglia, in corrispondenza dei più alti spessori dell'acquifero, delimitate a Nord dal confine del Comune di Bibbona e ad Est e Sud dalle formazioni pre-quadernarie.

La presenza dei livelli argillosi a bassa permeabilità da garanzia, relativamente alla possibilità di contaminazione della falda pregiata, dovuta alla infiltrazione di sostanze inquinanti provenienti dai terreni superficiali.

### **La qualità delle acque dolci sotterranee**

L'A.S.A. s.p.a., che come si è detto gestisce il ciclo delle acque, ha recentemente<sup>3</sup> approfondito la caratterizzazione delle acque di falda che vengono emunte attraverso controlli analitici volti a:

- verificare l'assenza o della presenza di contaminazione
- caratterizzare la tipologia dell'inquinamento
- valutare l'estensione dell'area inquinata
- prevedere la sua evoluzione spazio – temporale
- confrontare le concentrazioni con i limiti previsti dalle normative.

Particolarmente significativa è stata la campagna del maggio 2002, nel contesto della quale su di un totale di 113 pozzi presi in esame, 100 sono stati soggetti a campionamento e ad analisi fisico – chimiche, e sono stati misurati, inoltre, i livelli statici di falda su 89 pozzi. Ciò costituisce una ricca base di dati conoscitivi, che è stato possibile confrontare con quelli storici e quindi addivenire alla costruzione di un quadro conoscitivo sicuramente esaustivo.

Le analisi eseguite (T°C, Ph, Conducibilità, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, Durezza, Residuo fisso, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub>, Ca<sup>++</sup>, Fe, Mn, HCO<sub>3</sub>) sono relative alle acque dei pozzi adibiti ad uso idropotabile mentre si è provveduto alla determinazione degli ioni Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sui campioni prelevati nei pozzi privati). In situ si è provveduto alla valutazione di pH, temperatura (T°C) e della conducibilità specifica.

I risultati delle analisi hanno consentito la realizzazione della cartografia tematica (carta Isoconcentrazione dei Nitrati, carta Isoconcentrazione dei Cloruri, carta Piezometrica, carta della Conducibilità Specifica, carta dei Cloruri e dei Nitrati, carta dell'uso del suolo).

Rimandando alla documentazione prodotta negli studi, riteniamo particolarmente interessante estrarre da essi alcuni parametri rilevati e commentati, quali la conducibilità, i cloruri, la concentrazione dello ione nitrico; essi infatti sono degli interessanti “traccianti” dell'inquinamento e consentono ipotesi sulle sue possibili cause. Per una lettura più coordinata, si rimanda alla sezione dedicata all'agricoltura, dove vengono descritte le pratiche e le tendenze colturali delle zone oggetto degli studi.

---

<sup>3</sup> Anni 2000 e 2002, studi effettuati dal dr.geol. S.M. Albarese, e dalla dr.sa geol. O. Meucci

### Conducibilità

La maggior parte dei campioni analizzati confermano valori di conducibilità compresi tra 260 e 1320  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , propri di acque medio – minerali, ma ai fini della caratterizzazione appaiono importanti i valori  $>$  di 1500  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , in quanto sintomo di probabili contaminazioni e miscelamenti della risorsa idrica sotterranea con acque di altra origine e provenienza. (Si veda allegato N° B.2.1. - 4)

Partendo dal settore più settentrionale, appaiono evidenti i valori elevati misurati in corrispondenza dei pozzi ubicati in loc. *le Sondraie*; tale area, a vocazione prettamente agricola, ha sempre registrato valori elevati in conducibilità specifica, e la correlazione con i valori in ione  $\text{NO}_3^-$ , non lascia dubbi circa la valutazione d’impatto ambientale riconducibile all’uso di prodotti chimici fertilizzanti.

Tale caratterizzazione risulterà più approfondita nell’ambito della trattazione sulla distribuzione delle maggiori concentrazioni in  $\text{NO}_3^-$ .

Importante appare comunque il notevole incremento dei valori registrati nel Maggio 2002 rispetto a quelli relativi ad Ottobre 2001. Ciò potrebbe essere spiegato prendendo in considerazione la prevalenza nel settore di culture a semina primaverile (girasoli, pomodori, peperoni, meloni, angurie) e colture a ciclo breve (ortaggi), per le quali la concimazione, intensa e somministrata in fasi ripetute, avviene in un periodo di scarse precipitazioni.

Ecco, quindi, il ricorso a forti irrigazioni essenziali per prevenire stress culturali. Queste, come conseguenza producono, vista anche la mancanza di sistemi di ottimizzazione adeguata, maggiori eventi di percolazione delle acque.

Stessa caratterizzazione l’abbiamo in loc. *le Ferrugini*; anche qui la distribuzione sul terreno di ammendanti e concimi in concomitanza di importanti irrigazioni, dà luogo a fenomeni di saturazione idrica del suolo e conseguente lisciviazione dei sali verso il basso.

Più interessante il notevole incremento del valore di conducibilità registrato in loc. *Campi al Mare*, mostrando un trend costantemente crescente. Tale dato è quanto mai significativo, in quanto primo sintomo della diversa conduzione agricola che si sta progressivamente affermando nell’area. A partire dal 2001 molti grandi imprenditori dediti alla viticoltura, hanno acquistato o affittato ampie porzioni di terreno ed hanno provveduto nello scorso anno ed anche attualmente alla preparazione ed all’impianto di ampi vigneti. Questi, pur non essendo ancora in produzione, sono stati oggetto nel corso del 2002 di numerosi trattamenti specifici (fitofarmaci, diserbanti, concimazioni), dopo un trattamento del suolo che prevede, per l’impianto delle viti, profondissime coltrature, con rovesciamento del terreno per oltre un metro di profondità.

Evidentemente l'abbandono delle colture essenzialmente foraggiere, condotte secondo i tempi ed i modi classici e la riconversione della figura dell'agricoltore e delle tecniche agronomiche, producono effetti ineluttabili.

Notevole l'aumento dei valori di conducibilità specifica nella porzione di territorio più meridionale, ubicata a *Sud – Ovest di Donoratico*. Anche in questo caso è importante osservare il netto trend crescente. Questo può essere riferibile, come precedentemente accennato nel caso di loc. Le Sondraie, ad una conduzione agricola intensiva, con prevalenza di colture primaverili e ricorso a forti irrigazioni, ma soprattutto la presenza di un sistema idrogeologico estremamente vulnerabile, che prevede l'esistenza di un acquifero freatico in sedimenti sabbiosi in diretta comunicazione con l'acquifero più profondo semiconfinato.

Più direttamente riferibile al fenomeno di *intrusione salina* nell'acquifero costiero è l'elevata conducibilità misurata in corrispondenza del Tombolo, alla *Foce del Fosso di Bolgheri*. Come noto, infatti, nelle vicinanze della linea costiera esiste un'interfaccia tra la falda di acqua dolce sovrastante e la falda di acqua salata. L'eccessivo abbassamento della superficie di falda nel settore, in concomitanza con emungimenti continuati (va ricordato che il pozzo è ubicato nell'ambito di una delle strutture turistiche ivi presenti), determina una rottura delle condizioni di equilibrio esistenti, determinando una risalita colonnare di acqua, con notevole contenuto salino.

### *Cloruri*

L'esame della concentrazione dei cloruri consente di caratterizzare ulteriormente le problematiche determinanti la contaminazione delle acque sotterranee del territorio.

Come noto, secondo le norme vigenti in materia di qualità delle acque destinate al consumo umano, non è prevista alcuna indicazione sulla concentrazione massima ammissibile di questo sale, ma è uso comune considerare, nelle aree costiere, un valore guida per C.M.A. di 500 mg/l, mentre viene indicato in 200 mg/l la concentrazione da non superare. (Si veda allegato N° B.2.1. - 5)

Riferendosi alle aree in cui questi valori sono superati, è immediato rilevare la stretta connessione tra queste e quelle caratterizzate da alta conducibilità.

E' il caso, appunto, della loc. *le Sondraie*, nell'ambito di un settore intensamente coltivato ed irrigato, la componente agricola della contaminazione in atto è da ritenersi prioritaria su ogni altra sorgente possibile.

Analoga la situazione in loc. *le Ferrugini*. In questo caso, tuttavia, non è da sottovalutare una possibile componente settica, data la crescente presenza antropica e l'utilizzo, nella maggior parte dei casi, di impianti di depurazione non idonei<sup>4</sup>.

Nel pozzo (n°436), situato sulla duna costiera, in vicinanza della *Foce del Fosso di Bolgheri*, gli elevati valori di conducibilità ed i bassi tenori dei nitrati, non lasciano alcun dubbio circa l'origine della contaminazione, che risulterebbe determinata quindi da una penetrazione di acqua salata in falda.

E' evidente, infatti, che l'arretramento della superficie piezometrica e le fragili condizioni litologiche dell'ambiente di duna, favoriscono il manifestarsi di tale fenomeno.

Ciò che va rilevato è che questa situazione è comunque ristretta arealmente alla Foce del Fosso di Bolgheri, così da far presupporre un peculiare dispersione da questo in condizioni di magra e/o marea crescente, quindi quando l'acqua marina risale e si insinua sotto quella del torrente.

Elemento estremamente favorevole allo scarso impatto ambientale di questo particolare tipo di inquinamento, è dato dalla buona gestione degli emungimenti effettuati nel settore, che non assumono mai un carattere continuativo, infatti sono presenti essenzialmente strutture recettive turistiche attive nel periodo estivo, ma un'intermittenza stagionale.

Anche la porzione costiera più meridionale, ubicata a *Sud dell'abitato di Donoratico*, potrebbe essere caratterizzata da una limitata intrusione salina. Si tratta di un ambiente di duna costiera, caratterizzato da abbassamento del livello piezometrico. Ma in questo caso la presenza nel settore di una Riserva Faunistica, nella quale la presenza antropica è limitata a pochissimi turisti in visita nel periodo estivo, e la scarsissima utilizzazione dei pozzi ivi ubicati, fanno supporre che ancora una volta la componente agricola e quindi la lisciviazione di sali abbondantemente distribuiti sul terreno sabbioso nel settore limitrofo, sia prioritaria; da notare l'estensione (Rif. Tavola n° 6)<sup>5</sup> dell'area interessata da elevate concentrazioni in tale ione, area

---

<sup>4</sup> Molto diffuse sono le fosse settiche che, spesso, si comportano semplicemente come trappole per i corpi più voluminosi, lasciando fuoriuscire un liquame sufficientemente chiarificato dal punto di vista estetico, ma non adeguatamente depurato. Ulteriormente, gli interventi di manutenzione periodica necessari per ottimizzarne il funzionamento non sono effettuati quasi mai, dato il costo di una siffatta operazione. Spesso, quindi, il fango ed i materiali di fondo raggiungono un livello tale da impedire ogni ulteriore deflusso dei liquami, determinando un decadimento totale della capacità depurativa della vasca.

<sup>5</sup> Dr.sa geol. O.Meucci: controllo piezometrico e chimico-fisico della falda costiera del territorio comunale, maggio 2002

tra l'altro dedita ad un'attività agricola intensiva, e caratterizzata da elevate concentrazioni in ione  $\text{NO}_3^-$ .

*Concentrazione in ione nitrico*

*a) Località “le Sondraie” e località “le Ferrugini”.*

Ambedue le località sono caratterizzate da forte contaminazione da ione  $\text{NO}_3^-$  nelle acque di falda non lasciano dubbi sulla prioritaria componente agricola della contaminazione.

Si segnala in località le Sondraie una situazione particolare (pozzo n° 240) di valori alti connessi alla presenza di una grande stalla subito a monte del pozzo, i cui effluenti zootecnici sarebbero smaltiti automaticamente sul suolo, senza un'adeguata separazione e stoccaggio o una consapevole applicazione. Da notare che in prossimità è presente il Fosso delle Sondraie, e che tale tipo di materia rappresenta un prodotto a lentissima degradabilità il cui effetto residuo può assumere consistenza rilevante fino a diversi anni dalla cessazione degli apporti. Vedremo nella trattazione della porzione costiera meridionale l'effetto disastroso che un accumulo eccessivo della stessa ha determinato sulla qualità delle acque.

In alcuni casi (pozzi n° 492 e n° 496), non è da escludere la possibilità della presenza di un parziale componente di contaminazione derivante da effluenti zootecnici.

In corrispondenza del sito di ubicazione del pozzo n° 493, a monte dei pozzi succitati, sono infatti ubicate grandi stalle parzialmente aperte, ospitanti numerosi capi bovini, le cui deiezioni sono semplicemente accumulate in grande quantità sul suolo contiguo.

*b) Settore compreso tra la località “le Ferrugini” a nord ed il fosso di Bolgheri a sud, tenuta Belvedere s.r.l.*

La progressiva attenzione nell'adozione di itinerari tecnici ed interventi colturali maggiormente confacenti alla salvaguardia dell'ambiente, così come alla conservazione della fertilità del terreno, ha determinato, nel corso dell'ultimo anno, un netto miglioramento qualitativo delle acque emunte nel settore in riferimento

Si segnala il pozzo n° 409, Podere Contessa Olimpia, caratterizzato da concentrazioni storicamente molto elevate, situato in vicinanza di una vecchia fossa settica, probabilmente ancora in uso e di un fosso, dove vengono indiscriminatamente fatti defluire gli effluenti zootecnici derivanti dall'allevamento equino ivi ubicato.

*c) Settore compreso tra il fosso di Bolgheri a nord e la direttrice Donoratico- Castagneto Carducci a sud.*

L'assetto agricolo ad indirizzo cerealicolo/foraggiero, la scarsa urbanizzazione della fascia di territorio ad Est dell'Aurelia, l'assenza di infrastrutture economiche di sicuro impatto ambientale (le uniche esistenti sono quelle turistico – ricettive attive soltanto nei mesi estivi), rendono plausibili le ridottissime concentrazioni in ione  $\text{NO}_3^-$  nelle acque sotterranee.

L'esame dei dati storici conferma inoltre la tendenza alla stazionarietà dei valori con minime variazioni stagionali.

Ecco, quindi, che il particolare assetto attuale, la considerazione che la riconversione dell'attività agricola ormai avviata, dati i particolari obiettivi economici che la caratterizzano, dovrebbe esplicarsi in una continua ricerca tra esercizio delle attività e tutela dell'ambiente, il buon assetto idrogeologico, che prevede, nella porzione occidentale, l'esistenza di un sistema acquifero confinato di notevole interesse, compreso tra i 25 ed i 50 m di profondità dal piano campagna, fanno di questo settore il sito di ubicazione ideale di nuove opere di captazione ad uso potabile, minimizzando l'eventualità di una possibile compromissione futura.

*d) Direttrice Donoratico- Castagneto Carducci*

Il settore è caratterizzato da elevatissime concentrazioni in ione  $\text{NO}_3^-$  nelle acque sotterranee. La contaminazione da ione nitrico ivi presente, non ha una netta connotazione agricola, infatti le cause possono essere ricondotte all'elevata antropizzazione, alla presenza di attività produttive artigianali e non ultimo, alla vicinanza di un Fosso, dove vengono fatte defluire le acque di trattamento provenienti dal depuratore di Castagneto Carducci,

*e) Settore a sud di Donoratico, azienda agricola villa Donoratico s.r.l.*

Risulta difficile nel caso di questa particolare zona fare riferimento ad un'unica e prioritaria sorgente di contaminazione delle acque sotterranee.

Certo è che l'attuale stato qualitativo delle stesse appare molto compromesso e che non si intravedono segni particolari che potrebbero farne prevedere un miglioramento. Infatti, fattore essenziale e presupposto imprescindibile alla contaminazione in atto, è l'estrema vulnerabilità del sistema acquifero in riferimento, la cui tutela imporrebbe sicuramente moltissime limitazioni alle scarse attività ed insediamenti presenti.

Diversa la situazione del pozzo n° 414, non facente parte dell'Azienda in quanto ubicato in un piccolo fondo privato. Questo pozzo, che mostra nell'attuale caratterizzazione una



concentrazione massima storica di 186 mg/l in ione nitrico, date le particolari condizioni dell'opera di captazione, pozzo tipo Romano rifondato e privo di idonee cementazioni a protezione delle falde superficiali, potrebbe comunque essere considerato un punto di contaminazione preferenziale e quindi, pur nell'ambito di un settore a rischio, quasi un polo di inquinamento puntuale.

In questi casi l'ubicazione delle opere di captazione in un ambiente naturale, non basta a consentire un adeguato livello qualitativo della risorsa idrica sotterranea. Molti sono i fattori che ne determinano la compromissione, primo tra questi il forte richiamo di acque provenienti dalla zona immediatamente più ad Est, intensamente coltivata, determinato dall'abbassamento della superficie piezometrica in corrispondenza della Foce del Fosso Acquaviva.

Altro importante fattore è la persistenza degli effetti derivanti da pratiche risalenti agli anni passati, quali lo smaltimento indiscriminato di quantità notevoli di effluenti zootecnici, letame bovino, oltre che seppellimento di capi di bestiame nella porzione ad Est della Statale Aurelia. Interessanti, a questo proposito, le elevate concentrazioni in ione cloruro.

**La rete di distribuzione dell'acqua potabile**

Il sistema di distribuzione dell'acqua potabile risulta articolato, e si è sviluppato per accrescimenti successivi seguendo lo sviluppo dei bisogni.

L'impianto più antico è stato costruito nel 1927 mediante captazione sorgiva in Località Bagnoli a servizio del capoluogo, con una capacità idrica di 1,2 litri per secondo con copertura del fabbisogno del 20% della popolazione attuale (345 persone).

Nel 1936 viene realizzato l'acquedotto di Donoratico mediante captazione sorgiva in Loc. Le Loppole, con una capacità idrica di 5 litri per secondo con copertura del fabbisogno del 30% della popolazione attuale (1.440 persone).

Nel 1965 viene costruito l'impianto idrico di Marina a servizio della frazione e a supporto di Donoratico, con una capacità idrica di 33 litri per secondo con copertura completa del fabbisogno dei residenti ma insufficiente nel periodo estivo. La capacità di captazione è ridotta anche dalla vicinanza del cuneo salino dei 4 pozzi e soddisfa il fabbisogno di 9.500 persone.

Nello stesso periodo viene costruito l'impianto Diambra mediante captazione delle acque del sottosuolo con due pozzi artesiani con una capacità idrica di 24 litri al secondo a servizio del capoluogo e in minima parte a supporto di Donoratico (6.900 persone).

Passa un periodo di 10 anni entro i quali viene studiato un nuovo sistema idrico ma prima del 1980 non iniziano le nuove realizzazioni.

E' in quell'anno che Bolgheri viene servito da un acquedotto pubblico mediante la realizzazione di un pozzo in località Podere Alberto con una capacità di 3,33 litri per secondo più che sufficiente al fabbisogno idrico della frazione (960 persone).

Nel 1981 viene costruito il nuovo impianto di Donoratico mediante 3 pozzi artesiani installati in località Magazzino. Il nuovo impianto ha una capacità idrica di 25 litri per secondo ed è in grado di soddisfare l'intero fabbisogno della frazione (7.200 persone).

Nel 1984 viene realizzato l'acquedotto rurale a servizio delle abitazioni agricole. L'impianto ha una capacità idrica di 30 litri al secondo captati dal sottosuolo mediante 4 pozzi artesiani (8.640 persone).

Il sistema idrico nel suo complesso ha dunque una capacità idrica di 121,5 litri al secondo capace di sopperire ad una domanda di 35.000 persone, considerando un fabbisogno idrico di 300 litri per abitante al giorno.

Ciononostante alcune attività sopperiscono al proprio fabbisogno per uso domestico mediante soluzioni proprie, come i campeggi e quasi tutte le aziende.

Nella realtà il sistema di distribuzione idrico riesce ad approvvigionare tutte le frazioni e gli

agglomerati urbani, pur considerando che il sistema di captazione delle acque sorgive è molto vecchio.

Il sistema di captazione da falde freatiche profonde e distribuzione forzata (mediamente 40 - 50 metri) ha portato i costi di gestione a valori molto elevati; inoltre è in corso la revisione dell'impianto di Marina per pericolo d'infiltrazione delle acque salmastre.

Attualmente chi gestisce il pubblico acquedotto del Comune di Castagneto Carducci è l'ASA (Azienda Servizi per l'Ambiente s.p.a. di Livorno), gestore unico del ciclo delle acque dell'ATO 5, che sta inoltre effettuando lo studio idrogeologico ed idrochimico della piana costiera del territorio.

L'indagine idrologica ed idrochimica approfondirà alcune questioni (ad esempio la caratterizzazione degli acquiferi presenti in tale area e i loro mutui rapporti, l'individuazione di zone destinate alla ricerca di nuove risorse da sfruttare ai fini idropotabili, ecc...), e costituirà la base per lo studio dell'ammodernamento, adeguamento e sviluppo del nuovo sistema idrico.

Per le norme vigenti in materia di qualità delle acque destinate al consumo umano si rimanda all' art. 15 L. 16/04/87 n° 183 e al D.P.R. 24/05/88 n° 236 e D.Lgs. 31/2001.