

## Comune di Grosseto

Università degli studi di Roma "La Sapienza"

Dipartimento di Pianificazione Territoriale e Urbanistica - D.P.T.U.

Direttore Stefano Garano

# Studio finalizzato alla elaborazione del Piano Strutturale

Art. 24 L.r. n.5 del 16.01.1995

### Gruppo di lavoro del D.P.T.U.

*Responsabile scientifico:* **Paolo Scattoni**

*Analisi dei processi di decisione:* **Paolo Scattoni**, con **M. Flavio Morini**

*Analisi urbanistiche:* **Roberta Strappini**, con **Laura Forgione**, **Marco Putano**

*Analisi dei vincoli:* **Maria Migliorini** con **Luigi Riccitiello**

*Coordinamento delle analisi dei valori territoriali, dell'uso del suolo, del sistema insediativo:* **Massimo Olivieri**

*Ambiente, paesaggio, usi del suolo:* **Massimo Olivieri**, con **Elena Andreoni**, **Claudia Iuliano**, **Barbara Pizzo**

*Permanenze storico-culturali:* **Lucio Carbonara**, con **Barbara Pizzo**

*Sistema insediativo e della viabilità:* **Carlo Nuti**, con **Elena Andreoni**, **Francesco Fazio**, **Francesca S. Sartorio**

*Analisi idro-geomorfologica:* **Carlo Alberto Garzonio**

*Analisi dei demani e usi civici:* **Gabriele Ciampi**

*Analisi dei percorsi storici, analisi delle zone umide:* **Paolo Marcaccini**

*Analisi socio-economiche:* **Maurizio Garano**, **Manuela Ricci**, con **Paola Silvestri**

*Elaborazioni cartografiche informatizzate:* **Michele De Silva**, **Ilaria D'Urso**, **Gigliola Gigli**, **Salvatore Morelli**

*Consulenza cartografica informatica:* **Cesare Salvestroni**

*Collegamento con il Comune di Grosseto:* **M. Flavio Morini**

### Per il Comune di Grosseto

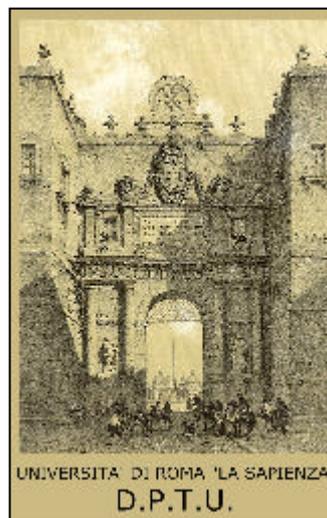
**Marco De Bianchi**, Direttore Direzione Gestione del Territorio, Responsabile del progetto

**Mauro Martellini**, Funzionario Ufficio Pianificazione Urbanistica

**Mario Nencioni**, Ufficio Pianificazione Urbanistica

**Carlo Marcoaldi**, **Silvia Tedeschi**: Elaborazioni cartografiche informatizzate

**Elisabetta Frati**, Garante per l'informazione



Comune di Grosseto

TAVOLA

G

RELAZIONE GEOLOGICA

Luglio 2002

## QUADRO CONOSCITIVO PER IL PIANO STRUTTURALE DELLA CITTÀ DI GROSSETO

### **Indagini idro-geo-morfologiche del territorio comunale di Grosseto. Relazione geologica**

*Prof. Carlo Alberto Garzonio<sup>1</sup>*

Luglio 2002

---

<sup>1</sup> Docente di geologia applicata alla pianificazione del territorio alla Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze. La relazione, che integra una precedente versione preliminare allegata alla presentazione della cartografia geologica, descrive sinteticamente gli elaborati cartografici prodotti nella prima fase di aggiornamento dei tematismi di base per il quadro conoscitivo di supporto al piano strutturale. Le indagini sono state condotte nell'ambito di una consulenza al Dipartimento di Pianificazione Urbanistica e Territoriale dell'Università la Sapienza di Roma. Alle elaborazioni geologiche digitali hanno collaborato l'Ing. Gigliola Gigli, L'ing. Ilaria D'Urso, il geom. Carlo Marcoaldi (che ha curato la stampa al 25.000 dei files ).

<u>Premessa</u> .....	3
<u>Introduzione metodologica</u> .....	5
<u>Considerazioni geologiche e descrizione della legenda della cartografia geologica di base (Carta G2a e G2b scala 1:25.000)</u> .....	9
<u>Aspetti litotecnici (Carta litotecnica G3a-G3b)</u> .....	18
<u>Analisi geomorfologia (Carta G4a e G4b)</u> .....	22
<u>Analisi idrogeologiche (Carta G5 e G6)</u> .....	25
<u>Permeabilità dei terreni (G7)</u> .....	34
<u>Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento dei corpi idrici sotterranei (G8)</u> .....	35
<u>Analisi successive: la verifica delle unità di paesaggio, indagini geologiche delle aree di decisione (tavole G1 e G10)</u> .....	39
<u>Aree di decisione</u> .....	41
<u>Pubblicazioni di utilità generale</u> .....	45
<u>Pubblicazioni ed indagini utili alle analisi idrogeologiche</u> .....	46
<u>Pubblicazioni ed indagini utili alle analisi cartografiche geo-morfologiche e geologico-tecniche</u> .....	48
<u>Studi idraulici</u> .....	49
<u>ALLEGATI</u> .....	51
<u>Legenda carta della permeabilità</u> .....	54
<u>Legenda carta vulnerabilità degli acquiferi (da legenda GNDCI)</u> .....	54
<u>Diagramma del programma di indagini per l'aggiornamento del quadro conoscitivo</u> ...	55

## **Premessa**

La presente relazione descrive in modo sintetico il lavoro svolto nell'ambito della convenzione tra l'Università di Roma, Dipartimento di Pianificazione Territoriale ed Urbanistica ed il Comune di Grosseto, per l'elaborazione del quadro conoscitivo nell'ambito della prima fase degli studi di supporto al piano strutturale. Le analisi degli aspetti geologico-ambientali del quadro conoscitivo si sono basate sostanzialmente sull'utilizzo dei materiali disponibili, partendo dai documenti del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia e dal materiale di base fornito dal Comune.

Una ricerca è stata eseguita ed è, per l'acquisizione di nuove conoscenze di taluni aspetti, ancora in corso, per reperire studi originali e per meglio organizzare le conoscenze di supporto all'elaborazione del Piano Strutturale (convenzione tra l'amministrazione comunale ed il dipartimento di Urbanistica e Pianificazione del territorio di Firenze). Verifiche ai sensi del DCR 94/85 e soprattutto per la 230/94 e della successiva normativa relativa all'approvazione del PIT (DGR 1212/99 e 12/00) saranno oggetto di una fase di studio più specifica, allorquando sarà anche necessario verificare gli oggetti del piano (aree di decisione), ed adeguare le norme con studi più dettagliati (p.es. analisi del rischio idraulico). In altri termini, la relazione illustra brevemente la documentazione cartografica elaborata (su supporto digitale in file di autocad e di arcview)<sup>2</sup>. In seguito la documentazione sarà riutilizzata e ri-analizzata più approfonditamente, nei vari luoghi del territorio, per operare il controllo delle classificazioni finora adottate dagli strumenti di piano dall'Amministrazione (pericolosità e fattibilità, analisi delle aree inquinate e della relativa messa in sicurezza, ripristino ambientale delle aree di estrazione, etc).

Particolare attenzione dovrà essere posta nell'eseguire, oltre gli studi specifici idrologici ed idraulici, soprattutto in quei nuovi studi di supporto alla pianificazione degli interventi ed alla gestione della risorse idrogeologiche, in modo da operare una corretta definizione delle regole di trasformazione territoriale. Per tale ragione sono

---

<sup>2</sup> Sono allegate le cartografie ed i relativi file di stampa alla scala 1:25.000. Sono comunque disponibili i file di partenza riportati sul vettoriale su base CTR 1:10.000. Sono in corso alcune verifiche sulla modalità di digitalizzazione dei limiti delle classi tematiche, nonché di talune interpretazioni geologiche

state elaborati più documenti relativi alla “salinizzazione” ed alla vulnerabilità delle acque, per sollecitare la realizzazione di nuove indagini e di sistemi di monitoraggio territoriale volti anche alla valutazione della fattibilità di progetti di riutilizzo diretto ed indiretto di acque di differente qualità, con l’arretramento del “cuneo” salino, l’incremento delle risorse idropotabili ed anche con il rilancio reale delle attività termali (oggetto fra l’altro di previsioni progettuali a breve).

Sono state prodotte cartografie dei seguenti tematismi (scala 1:25.000)<sup>3</sup>:

- 1) Carta di sintesi delle analisi geoambientali e delle unità di paesaggio del PTC relativo al territorio comunale di Grosseto
- 2) Carta geologica
- 3) Carta lito-tecnica
- 4) Carta geomorfologia e del sistema ideologico
- 5) Carta delle isofreatiche e della conducibilità elettrica relativa al maggio 1994
- 6) C.S. relativa al settembre 1994
- 7) Carta della permeabilità
- 8) Carta della vulnerabilità all’inquinamento dei corpi idrici sotterranei.
- 9) Individuazione delle aree a pericolosità ed a maggiore rischio idraulico<sup>4</sup>
- 10) Carta di sintesi delle analisi geoambientali per l’elaborazione del quadro conoscitivo e per il programma di indagini relative alle aree di decisione

---

(area del parco di Alberese, Cave di Roselle), in modo da ottenere una buona base digitale dei vari tematismi per le successive elaborazioni (aree di decisione, pericolosità e fattibilità geologiche).

<sup>3</sup> Ad eccezione di una, tutte le cartografie sono suddivise in due fogli (A e B), relativi rispettivamente alla porzione settentrionale e meridionale del territorio comunale.

<sup>4</sup> Tale elaborato costituisce solo un documento di riflessione rispetto agli studi precedenti di classificazione dei rischio idraulico. Attualmente è in corso una nuova “perimetrazione” dell’area urbanizzata di Grosseto, come anche discusso e verificato in incontri informali con i tecnici responsabili. Come accennato in premessa ed in altri punti della relazione è in corso uno studio, di cui lo scrivente è responsabile, tramite una convenzione tra l’Amministrazione comunale e l’Università di Firenze, sui problemi della pericolosità geologica, idrogeologica ed idraulica.

## **Introduzione metodologica**

Il contributo delle analisi e degli elaborati geologici per la definizione del quadro conoscitivo corrisponde a quanto indicato dalla convenzione e riguarda le analisi definite dal DCR 94/85 e 230/94, con l'esclusione di studi specifici idrologici ed idraulici. In realtà, come sarà accennato più avanti, le indagini relative alle zonizzazioni in funzione della pericolosità geologica<sup>5</sup>, geomorfologico-idraulica, sono considerate in modo differente, nello spirito, anche, della legge 5/95, in funzione di analisi dei valori geo-ambientali.

Il lavoro, in relazione anche a quanto prodotto ed indicato dal PTC, si è articolato in una prima fase di raccolta degli studi, delle ricerche e pubblicazioni scientifiche, geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, etc riguardanti il territorio comunale di Grosseto. Il quadro conoscitivo si è spinto oltre i limiti amministrativi in funzione dei tematismi affrontati, in modo da meglio comprendere e relazionare quegli elementi o quelle zone omogenee che l'analisi ha individuato nel territorio comunale. Per esempio il sistema delle acque e dei canali di bonifica è stato verificato alla luce degli studi a livello di bacino idrografico, oppure le unità formazionali sono state confrontate con quelle individuate da studi di aree limitrofe, dove, fra l'altro, si rilevano spesso, descrizioni ed interpretazioni differenti delle stesse unità, etc.

È stata pertanto effettuata una raccolta ed un'analisi ragionata dei materiali - dei quali alla relazione è allegata completa bibliografia - a cui ha fatto seguito l'analisi degli elaborati ufficiali del Comune riguardanti gli strumenti urbanistici e di pianificazione.

Sono stati in particolare verificati gli studi specifici riguardanti particolari fenomeni di dissesto, emergenze geologiche e geomorfologiche, misure di salvaguardia, tutela e valorizzazione di risorse geo-ambientali e precisamente: -indagini sull'erosione del suolo; analisi del rischio potenziale d'erosione del suolo; della capacità d'uso

agricolo-forestale; analisi idrogeologiche in funzione della salinizzazione delle acque dell'area costiera; gli studi sull'erosione costiera, l'analisi dei sistemi di paesaggio della Regione Toscana, gli studi tuttora in corso sullo sprofondamento, classificabile come "sinkhole" occorso presso Braccagni; i dissesti ed i progetti di intervento sugli argini fluviali).

Tutti questi dati di base possono essere opportunamente raccolti ed elaborati in modo da proporre un archivio di lavoro per la messa a punto di una banca dati per il SIT che sia in grado di dialogare in modo efficace con i "prodotti cartografici" informatizzati. Contemporaneamente, e questo è un obiettivo importante ed innovativo da raggiungere, il sistema informatizzato deve essere in grado di individuare i processi geologici in atto con l'attivazione di specifici programmi di simulazione numerica. Si ottiene così, da un lato il quadro conoscitivo, suddivisibile, in parte, in un substrato statico, o perlomeno da aggiornare in tempi relativamente più lunghi, con talora la proposta di nuove e specifiche ricerche, dall'altro, un sistema di analisi che in tempo reale sia in grado di verificare i fenomeni attivi. L'esito è per esempio quello di poter seguire l'evolversi di situazioni a rischio, come la perdita o il danneggiamento di una risorsa quale l'acqua, oppure la posizione del cuneo salino in rapporto al degrado del sistema litoraneo, etc. Tutto ciò comporta che il piano strutturale nella successiva fase di elaborazione delle norme per alcune aree dovranno essere considerate in modo fortemente "dinamico", in funzione anche di quanto previsto nelle specifiche "aree di decisione".

Inoltre le elaborazioni tematiche effettuate in questa fase di messa a punto del quadro conoscitivo possono e devono interagire soprattutto con le conoscenze geografico-paesaggistiche, permettendo in particolare la definizione e la rappresentazione cartografica degli elementi di "relazione" e "persistenza". Questi talvolta corrispondono a segni profondi e non facilmente leggibili, ma in grado sia di ridefinire i sistemi di paesaggio, oppure a singoli elementi, fino a delle emergenze paesistiche, alle cosiddette invariante etc., ed anche ad alcune "aree problema" che si possono comprendere esclusivamente con la ricostruzione evolutiva storico

---

<sup>5</sup> Nella presente fase di aggiornamento del quadro conoscitivo non sono riprodotte le classificazioni delle pericolosità geologiche, geomorfologico-idrauliche, facendo riferimento a quanto di recente elaborato

paesaggistica. Un esempio si può riferire alle aree di dissesto arginale di molti tratti del fiume Bruna, da collegarsi agli interventi di bonifica del padule di Raspollino, nel quadro dell'evoluzione geomorfologica della pianura. Un altro esempio è riconducibile al ruolo delle variazioni dei circuiti profondi delle acque miscelate termali e fresche nella preparazione dei fenomeni di sprofondamento; ed ancora, all'impatto delle cave di poggio della Moscona, sul sistema carsico in un area di importanza storico-archeologica e paesaggistica, etc.

Per quanto riguarda le analisi cartografiche lo studio di riferimento, fornitomi dal Comune, limitatamente agli elaborati più recenti, è quello prodotto dalla GETAS di Pisa, sulla "zonatura geologico-tecnica come guida per la sicurezza delle costruzioni", e che rappresenta l'aggiornamento di un precedente studio (non disponibile) sulla base di quanto previsto dal D.R. 94/85, con la classificazione di tutto il territorio comunale in classi di pericolosità e di fattibilità degli interventi previsti o prevedibili.

Da questo sono state effettuate le principali verifiche delle tematiche di base, geologiche, litotecniche e geomorfologiche (scala 1:10.000)<sup>6</sup>. Mentre le deduzioni riguardanti le pericolosità geologiche, ed un primo quadro, parziale, di quelle geologico-idrauliche, oltre allo studio GETAS sono contenute negli studi di settore " Piano di settore delle pinete e dell'arenile", disciplina urbanistica della fascia costiera, variante al PRG, art.40 L.R.T. 5/95, e del "Piano del territorio aperto" variante al PRG, art.40 L.R.T. 64/95 e successive modificazioni ed integrazioni, Quest'ultimo è stato acquisito di recente, in quanto consegnato ed adottato alla fine del mese di Marzo.

Infine per gli aspetti idrogeologici è stato utilizzato e rielaborato lo Studio della salinizzazione delle acque di sottosuolo dell'area costiera fra Castiglion della Pescaia e Orbetello , effettuato dall'Università di Firenze per la Regione Toscana, che in parte si basa su altri studi sempre ad opera della GETAS di Pisa.

Il percorso delle indagini e delle verifiche effettuate sul materiale disponibile ha reso -possibile la documentazione cartografica allegata, su base vettoriale carta tecnica della Regione Toscana (non completa e da collaudare ma ben utilizzabile per il lavoro ), scala 1:10.000, ad eccezione di due elaborati su base 1:25.000 IGM formato raster

---

negli strumenti vigenti. Specifiche analisi riguarderanno le successive fasi.

(Carta di sintesi delle analisi geoambientali del PTC relative al territorio comunale di Grosseto, Carta di sintesi del PTC sul territorio ed il paesaggio). Queste due carte rappresentano la sintesi degli studi del PTCP, in modo poi da rendere possibile l'esecuzione di alcuni confronti tematici con le altre carte geotematiche, o per considerazioni più puntuali nella fase successiva degli studi di supporto al piano strutturale. Tutte le altre carte sono organizzate in funzione della stampa al 25.000, ma con dati di partenza al 10.000: - Carta geologica, - Carta litotecnica con i punti di sondaggio<sup>7</sup> (finalizzata alla valutazione delle caratteristiche tecniche in funzione della pericolosità geologica e geomorfologia), - Carta geomorfologica. Queste tre carte sono state in parte aggiornate e soprattutto mostrano alcune riclassificazioni dei terreni, sia per omogeneizzare gli studi precedenti, sia per permettere di effettuare le successive analisi ai sensi delle disposizioni collegate al PIT ed alla individuazione di specifiche aree di decisione del piano strutturale. In queste ultime si dovranno concentrare le indagini sia per la precisa definizione dei problemi geologico-tecnici e geoambientali-paesaggistici, che per la scelta delle azioni volte alla corretta valutazione della fattibilità tecnica degli interventi previsti.

- Carte riguardanti le acque, il cui ciclo, sia in superficie che in profondità, produce sia situazioni di pericolosità che valori del "territorio" di Grosseto. - Carta delle isofreatiche e della conducibilità relative a due periodi diversi, per valutare le variazioni delle acque nel tempo, e che permettono una prima zonizzazione di gran parte della pianura rispetto al problema della vulnerabilità degli acquiferi, insieme alla Carta della Permeabilità dei terreni ed, appunto, della Carta della Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento (redatta, seppure in modo preliminare, con metodologia del CNR-GNDCI).

È stata poi riportata per impostare la verifica della pericolosità e del rischio idraulico, la carta prodotta dal Genio Civile - Regione Toscana, a seguito del Decreto "Sarno". Questa carta si limita alla fascia dell'Ombrone ed alla città di Grosseto, in modo da esprimere alcune osservazioni per successive valutazioni volte alla classificazione del territorio in funzione del DGR 1212/99 e 12/00.

---

<sup>6</sup> Per la geologia e la litologia sono state considerate anche le carte 1:25.000 dell'Amministrazione provinciale, sulla nuova perimetrazione del vincolo idrogeologico della Provincia di Grosseto.

La Carta di Sintesi del quadro conoscitivo riporta una suddivisione schematica del territorio in funzione degli studi effettuati, i quali contengono le determinazioni secondo la DCR 94/85 e 230/94, le aree di studio del dissesto attuale del Bottegone, le aree in funzione della presenza del cuneo salino e del corretto emungimento della risorsa, le aree da ri-classificare in funzione del rischio idraulico, ed altri aspetti, con l'ubicazione dei problemi per la cui soluzione è necessario il contributo delle analisi geologiche di dettaglio. Queste saranno preliminarmente trattate in una scheda che sarà redatta nella relazione preliminare alla successiva fase di formulazione del piano strutturale e che allude, fra l'altro, alla possibilità di sovrapporre, tramite supporto informatico e previa alcune analisi, rilievi e verifiche, le classi di pericolosità individuate dalle precedenti indagini approvate e/o adottate dall'Amministrazione.

## **Considerazioni geologiche e descrizione della legenda della cartografia geologica di base (Carta G2a e G2b scala 1:25.000)**

L'evoluzione geologica della pianura grossetana e dei rilievi circostanti del territorio comunale di Grosseto è inquadrabile nella storia geologica della Toscana meridionale, e sono riconoscibili molti dei motivi principali riguardanti la storia tettonica, le successioni delle principali unità sedimentari ed in particolare quelli riconducibili all'evoluzioni dei sistemi di pianura costiera più recente.

I motivi geologici presenti si riferiscono pertanto agli eventi che hanno determinato l'orogenesi dell'Appennino settentrionale ed ai successivi complessi processi tettonico-sedimentari. Questi, dopo la formazione delle principali dorsali, con la presenza di sistemi di falde sovrascorse, hanno veicolato dal Pliocene al Quaternario,

---

<sup>7</sup> Di questi è in corso un aggiornamento con gli uffici tecnici dell'Amministrazione Comunale.

con alterne fasi di fenomeni distensivi e compressivi, le ingressioni e le regressioni marine. Le ultime fasi, a loro volta, hanno contribuito all'attuale struttura ed assetto geo-morfologico dell'area anche con sedimentazioni neoautoctone (presenti marginalmente nel territorio comunale) che costituiscono le deboli colline argillose, sabbiose e ghiaioso ciottolose, che bordano la pianura, nell'alta valle della Bruna.

A questo quadro generale fanno seguito gli intensi processi morfogenetici che hanno modellato i rilievi, con l'incisione dei versanti, l'erosione delle pendici ed il trasporto notevole dei detriti a valle. La sedimentazione intensa ha determinato la trasformazione degli ambienti di transizione con il mare, con l'evoluzione delle lagune, delle foci fluviali, delle paludi, dei cordoni litorali e dunali, con processi attivi fino in epoca storica e recente, con le intense modificazioni prodotte dagli interventi dell'uomo, in particolare delle bonifiche.

La successione e l'assetto attuale delle unità formazionali della Toscana Meridionale sono il prodotto di una lunga e complessa storia geologica ed è qui ben rappresentata praticamente tutta l'evoluzione dell'Appennino settentrionale. Si hanno infatti strutture e motivi tettonici di fasi compressive e distensive; affiorano le unità più antiche e quelle più recenti. Si trovano depositi ed apparati vulcanici, come corpi ignei intrusivi. Da cui le diffuse ed importanti mineralizzazioni, e le attività geotermiche.

L'età delle Formazioni va dal Paleozoico al Quaternario, ma con una successione irregolare, sia per deposizione disomogenea, discontinua e con serie stratigrafiche ripetute, e soprattutto per sovrapposizione dei complessi eterogenei per motivi tettonici. In altre parole molte delle unità sono parzialmente rappresentate, sono lacunose per scollamento tettonico, talora per gli effetti della sovrapposizione da ovest delle coltri alloctone in s.s. che hanno spostato i cosiddetti terreni "autoctoni" verso est. A tal proposito, proprio nell'area di Grosseto si può osservare che le formazioni dei complessi Liguri Cretaceo-Eocenici sono sovrapposti proprio sulle unità più antiche della serie Toscana, incompleta, dove affiora anche il basamento del Verrucano. Quest'ultimo a testimonianza del completo denudamento tettonico. Anche laddove

affiora estesamente la formazione del Macigno, nella parte sud-orientale del territorio comunale, non si rileva la serie completa della falda toscana, che invece si rileva, seppure in modo irregolare, nei vicini versanti della dorsale di Mt. Calvo nel comune di Gavorrano.

Le unità strutturali affioranti ( Boccaletti et alii, 1982) appartengono pertanto al substrato paleozoico (Verrucano) delle Unità Metamorfiche Toscane, nei rilievi a nord di Grosseto, a cui sono sovrapposti i sedimenti evaporatici del triassico superiore ed i sedimenti carbonatici da Cretacico al Triassico superiore delle unità toscane. Si hanno poi lembi delle unità liguri (formazioni della unità ofiolitica della toscana meridionale) e soprattutto delle Unità Sub-liguri. Poi si hanno i terreni marini neoautoctoni e quelli continentali post-Villafranchiani che costituiscono il litorale e la pianura.

Particolarmente importante è la struttura di faglia normale che ha determinato un notevole abbassamento del bordo occidentale che corre lungo i versanti dei rilievi a nord di Grosseto, dal Bottegone fino ai rilievi di Roccastrada.

Per quanto riguarda il rilevamento geologico dell'area in studio, come già descritto nella parte introduttiva alla relazione, sono stati considerati i limiti della cartografia geologica ufficiale, con le distinzioni sostanzialmente confermate dalle analisi della GETAS (1995). I limiti della cartografia alla scala 1:10.000 dello studio GETAS sono stati pertanto riverificati (sostanzialmente è stato fra l'altro accertato che praticamente i limiti sono quelli della cartografia ufficiale riportati e verificati al 10.000), con alcuni limitati cambiamenti e nuove informazioni riguardanti gli aspetti geostutturali quali faglie e fratture. Come già riferito il prodotto cartografico è su base 1:10.000 vettoriale, e solo per motivi pratici è stato presentato in due fogli alla scala 1:25.000.

Sono state pertanto riportate in legenda della carta geologica del territorio comunale di Grosseto le seguenti formazioni<sup>8</sup>:

### Serie Toscana

V – Verrucano – (Paleozoico-Trias superiore). È una formazione geologica complessa, prevalentemente detritica ed in parte profondamente metamorfosata. Costituita da anageniti rossicce, quarziti ed arenarie scistose chiare (“verrucano” AA), scisti filladici varicolori associati, nella parte alta della formazione.

Nei rilievi a Nord di Grosseto, dove la formazione affiora estesamente, sono individuabili tre facies tipiche: a) Facies conglomeratica, a ciottolati bene arrotondate di quarzo, a volte chiaro, a volte rosso-grigiastro, a volte roseo, in genere delle dimensioni di alcuni mm o alcuni cm, ma spesso anche più grossi. I vari ciottolini appaiono frequentemente interspalmati di laccature micacee, si da poter classificare la roccia come anagenite. Questa litologia affiora nei rilievi di Batignano.

b) Litofacies arenacea, dove la stratificazione o scistosità è più evidente che nel caso precedente. Si tratta di arenarie di color giallo-ruggine o anche chiare fino a bianche, come avviene subito a nord di Batignano.

c) Facies filladica, che manifesta in massimo grado il metamorfismo cui, come detto, tutta la formazione ha soggiaciuto. Il passaggio delle arenarie quarzose agli scisti filladici nella zona di Batignano ha luogo repentinamente ed è segnato da cambiamenti morfologici, con superfici più dolci. I colori di questa facies filladica variano dal violaceo al giallastro o grigio ferro.

Tutta la formazione ha subito una intensa storia tettonica, come fra l’altro è ben evidenziato dalla presenza di faglie e fratture riportate in cartografia. Non è pertanto possibile indicare lo spessore, che comunque è dell’ordine delle centinaia di metri. In generale si può osservare che nei rilievi in prossimità del contatto con i soprastanti calcari prevalgono gli affioramenti di facies filladica o filladico-arenacea, mentre nei

---

<sup>8</sup> La descrizione generale delle unità fa riferimento a quella riportata nelle note illustrative della Carta Geologica d’Italia ed è integrata da quelle distinzioni operate nei lavori cartografici effettuati in

rilievi più importanti a NE di Montepescali (Mt. Leoni) si ha la facies più grossolana, conglomeratica.

Infine in prossimità di Roselle si hanno alcune lembi di affioramento del Verrucano in una particolare facies filladico-micascistosa, a struttura nodulare, associata a quarzo, anch'esso a noduletti laminari (nei paraggi di Poggio della Moscona, proprio nel colle della città etrusco-romana, all'interno della stessa cerchia di mura ciclopiche antiche).

Cv – Formazione del calcare cavernoso (Trias, Norico-retico). Dolomie scure fetide, talora ridotte in cenere, calcari cavernosi grigio-chiari, gessi intercalati.

Questo complesso si presenta in due facies non sempre distintamente cartografabili. Si tratta di calcari e calcari dolomitici, fino a dolomie vere e proprie, a struttura brecciata, caratterizzati in genere da una vistosa cavernosità derivata da azione di dissoluzione carsica a sviluppo differenziale in dipendenza del variabile contenuto di dolomite e calcite. In qualche caso si è giunti alla formazione di ceneri di dolomia, di colore grigio-scuro, che stanno a riempire i vuoti, spesso a forma di cellette, lasciati dalla dissoluzione della componente calcitica. Il Retico affiora estesamente nella zona di Montepescali ed è disseccato in blocchi da un intenso sistema di faglie. Altri affioramenti meno estesi si hanno nell'area di Poggio Moscona. Si ricorda che tale formazione è bordata da un'importante faglia che ha ribassato ad ovest l'area della pianura ed ha determinato un notevole spessore di sedimenti neoautoctoni, A questa particolare situazione di faglie profonde è riconducibile anche l'attività di quei processi che hanno determinato il recente fenomeno di sprofondamento nella pianura del Bottegone.

Cb (Cme)– Calcari dolomitici, detritico-cristallini, ben stratificati. (Norico-retico). Si tratta di un limitato orizzonte laterale del Cavernoso, costituito da strati e straterelli, anche solo di qualche decimetro di spessore, di calcari e calcari dolomitici detritici, cui sono alternati sottili letti di arenarie e conglomerati minuti a grani di quarzo roseo o violetto. Caratteristico degli strati calcareo-dolomitici è l'aspetto quasi fibroso

---

precedenza.

della frattura fresca parallela ai piani di stratificazione. Un tipico affioramento è quello nei pressi del podere Bagnolo, a nord di Roselle, spesso circa 10 metri con interstrati di arenarie grossolane a quarzo roseo. Altri affioramenti si hanno intorno al Poggio della Moscona e nei pressi della collina di Rovine di Roselle (come anche nelle mura ciclopiche del centro archeologico). In legenda della carta geologica la formazione viene assimilata a calcarei marmorei con selce e metacalcareniti grigie stratificate con liste e noduli di selce e frequenti intercalazioni marnose giallastre.

Cr – Calcari a Raetavicula (Trias Sup., Norico-Retico) Calcari neri o grigi, stratificati e con sottili intercalazioni marnose di colore giallo. Spessore circa 50 m.

Cma – Calcari Massicci (Lias Inferiore) – Calcari compatti o semicristallini, talora a struttura oolitica o pseudoolitica, di colore bianco, grigio, beige, grigio-azzurrognolo, con plaghe e nuvole a colorazione rossiccia e rosea, talora di aspetto ceroide, con venature reticolate bianche, in genere privi di stratificazioni nettamente individuabili. Frequenti tracce di gasteropodi e di altri fossili difficilmente determinabili.

Affiora estesamente a Poggio di Moscona. Qui è interessato da vari sistemi di fratture o giunti di fatturazione (dominante è la famiglia di joints con Dip/Dip immersion 105/80-90), con frequenze della spaziatura di 0,5-1. Altri affioramenti si hanno presso le Rovine di Roselle, a levante di Batignano e presso Alberese. Lo spessore è di circa 200 metri.

In località Montebrandoli è stato coltivato come pietra ornamentale un particolare lembo di calcari oolitici, di spessore da un minimo di pochi dm a qualche metro (max 50m di potenza) caratterizzati da una colorazione rosso-violacea.

Ra – Rosso Ammonitici (Lias inf.- Sinemuriano). Calcari e calcari marnosi con ammoniti e liste e noduli di selce rossa. Spessore di circa 10 m.

Mp – Calcari e calcari marnosi a Posidonia. (Dogger) . È presente tra Poggio Moscona e Montebrandoli, in un affioramento fortemente tettonizzato e quindi privo di

assetto regolare della stratificazione. Sono in particolare dei calcari e soprattutto calcari marnosi e marne a grana fine, di colorazione rossastra o rosso fegato, con appunto abbondanti tracce di posidonie, aptici, che permettono la distinzione dalla prossima formazione degli scisti policromi.

Di – Diaspri e calcari diasprini straterellati, in genere rossicci, ricchi di radiolari (Malm) – Compaiono in piccoli affioramenti molto disturbati sia a Montebrandoli che a poggio Moscona. Difficilmente cartografabili nelle litologie circostanti (mp e aMo)

aMo-cVa Serie di Montebrandoli, pseudoverrucano e calcari della Vacchereccia (Cretaceo sup-eocene medio). Si tratta di rocce detritiche arenaceo-conglomerati e calcareo detritica. L'affioramento più esteso si ha a SE di Poggio Moscona, ove costituisce la collina di Montebrandoli. Viene a contatto con gli scisti a Posidonia, i diaspri e gli scisti policromi. I calcari della Vacchereccia costituiscono un'associazione di calcari detritici grigio-scuri, di calcari screziati, sottilmente stratificati, con picchiettatura color sangue e con noduli di selce, e di calcari marnoso-scistosi, giallastri, talora teneri. Questi ultimi prevalgono e sono stati in parte assimilati in Sc: Scaglia Toscana, insieme alle calcareniti con nummuliti (bn) ed alle argilliti e calcari marnosi (sca).

sq-sp – Scisti policromi (Paleocene-Eocene) – Marne scistose scagliose, varicolori prevalentemente rosse e rosso-vinaccia, a cui si alternano sottili livelli calcarei, in genere ricche di microfaune. Affiora esclusivamente presso Poggio Moscona, e si presenta tettonizzato ed impastato in una zona di faglia.

bn – Nummulitico (Eocene medio e sup.) -Calcari neri, reticolati da calcite bianca, ben stratificati in straterelli di pochi dm di spessore con ricca fauna a macroforaminiferi. Affiora in lembi sempre a Poggio Moscona e Batignano.

Mg – Arenarie quarzoso-feldspatiche, a cemento argilloso-siliceo e talora, subordinatamente, calcitico (Macign) – Oligocene. Si tratta di un flysch torbiditico, con

arenarie a granulometria gradata e con sottili intercalazioni siltoso-marnose che localmente possono raggiungere notevole consistenza fino a diventare prevalenti. In superficie si presentano notevolmente alterate fino a dar luogo ad estese coltri detritiche sabbioso-limose. La formazione affiora estesamente nell'area orientale e sud orientale del comune di Grosseto in rilievi collinari a debole morfologia.

### Complessi Liguri

Asf – Complesso di argiloscisti (Eocene ) – Argiloscisti prevalentemente grigio-scuri, con patine mangasifere, associati a calcari arenacei compatti nerastri e ricchi di vene di calcite spatica. In questa unità sono inglobate altre unità formazionali.

ca – Alberese (Eocene) – Flysch calcareo marnoso prevalente. Calcari marnosi chiari. Più o meno compatti, marnoscisti e più raramente argiloscisti indistinguibili da quelli della formazione asc. Fanno parte di questa formazione lenti più o meno estese e potenti di brecciole a calcari fini (bca). La frazione carbonatica è prevalente ed a luoghi dominante.

Queste due unità affiorano in prevalenza nei rilievi dell'Uccellina ed alcuni affioramenti, in particolare quelli argillitici , si trovano ad est di Rispecchia, sopra il Macigno, ed a Montebrandoli.

### Ciclo neogenico- Terreni quaternari

Tutti i terreni neoautoctoni corrispondono a sedimentazione recente che ha costituito il sistema della pianura costiera e delle pianure e fondovalli minori. Sono distinte le seguenti unità<sup>9</sup>:

---

<sup>9</sup> La distinzione è sostanzialmente quella della Carta Geologica d'Italia, adottata in tutti i lavori cartografici relativi al territorio grossetano. Pertanto rimandiamo ai precedenti lavori GETAS ed a quelli relativi al Piano del territorio aperto

Q – Alluvioni terrazzate antiche- Costituite da ciottolami poligenici sciolti o poco cementati; ciottoli con dimensioni variabili da qualche mm ad alcuni cm. Lo spessore è limitato ad alcuni metri.

q – Alluvioni terrazzate recenti – Argille ed argille sabbiose con intercalati livelli di sabbie e di ghiaie più o meno cementate i cui ciottoli hanno dimensioni variabili da qualche mm a diversi cm.

Alluvioni recenti ed attuali distinte in:

Acg - Argille sabbioso-ciottolose, in assetto generalmente rilevato rispetto ai terreni tipici di bonifica ( non quelli cosiddetti di gronda). Si tratta di materiale grossolano ghiaioso e talora ciottoloso immerso in matrice sabbioso-argillosa, quest'ultima a luoghi prevalente.

As – Limi sabbioso-argillosi, che costituiscono la fascia di deposizione attuale del fiume Ombrone, in parte controllata dalle arginature.

Ag – Ghiaie in matrice argillosa. Presenti al margine settentrionale della pianura del Bruna e in lembi limitati presso l'Ombrone. Depositi costituiti da argilla e limo e rari ciottoli di varia dimensione.

aa - Argille e limi argillosi. Corrispondono a zone di colmata naturale (alluvioni in s.s.) o indotta.

d – Sabbie sciolte del litorale e delle dune costiere e dell'area deltizia. Costituiscono cordoni continui di dune che bordano la linea di costa. Depositi sabbiosi a granulometria medio-fine in parte sciolti ed in parte fissati dalla vegetazione della pineta. Morfologicamente rilevati rispetto ai limitrofi terreni di bonifica.

tr- Travertini. Affiorano nella fascia poco a sud di Bagni di Roselle e sono rappresentati da farine calcaree poco coerenti e da concrezioni; si trovano intercalati ai depositi alluvionali e detritici e sono in relazione con la risalita di acque idrotermali dal substrato.

dt – Detrito. Clasti lapidei di differente dimensione inglobati in matrice sabbioso-limoso e subordinatamente argillosa.

Per quanto riguarda gli aspetti relativi alla tettonica, in carta, rispetto alla documentazione ufficiale, sono state riportate alcune linee di faglia nell'area di Braccagni e nell'area di Roselle rilevate da foto aerea e/o desunte da interpretazione geologica relativa a ricerche in corso.

L'analisi delle strutture disgiuntive risulta importante nella successiva elaborazione delle litologie presenti soprattutto nel quadro della classificazione a fini idrogeologici, che trova rappresentazione nella carta della permeabilità.

### **Aspetti litotecnici (Carta litotecnica G3a-G3b)**

I litotipi delle unità geologiche sono stati accorpati in 10 unità geologico-tecniche in funzione delle generali caratteristiche desumibili dall'analisi materiali e da studi ed indagini geognostiche dei terreni della zona. Tali informazioni sono quelle elaborate e cartografate nel rapporto integrativo della GETAS (1995). Rispetto a quello studio, tuttavia, sono state effettuate delle modifiche e le unità sono corredate da criteri di classificazione tecnica più idonei. Infine nelle elaborazioni automatiche sono considerati percorsi diversi di accorpamento litologico in relazione alle successive rappresentazioni in funzione della permeabilità.

Nelle indagini GETAS sono distinti i terreni di pianura e quelli di collina. Questi a loro volta sono divisi in terreni con caratteristiche migliori e con caratteristiche più scadenti. In sintesi sono riportate le seguenti otto unità: - la classe B1, detriti (dt) e conoidi, conglomerati dei terrazzi antichi (Q), con buone caratteristiche tecniche; - B2, alluvioni terrazzate recenti (q) – buone con valori di N, numero di colpi delle prove

penetrometriche dinamiche superiori a 10; - B3, sedimenti di duna, da buone addensate con  $N > 20$  colpi, a più scadenti  $N = 5-10$ , sabbie sciolte; B4, Alluvioni recenti (aa, acg, as e travertini), caratteristiche variabili da scadente a mediocre, dove nell'intervallo argilloso superiore  $N < 5$ ; B5, Alluvioni recenti (ag), variabili, con strati compressibili, generalmente scadenti. Nei terreni di collina si ha la classe A1, Calcareniti (bn), Argille e calcari marnosi (sca), Scaglia Toscana (sc), Calcare massiccio (cm), Calcare a raetavicula (cr), Calcari cavernosi (cv) e rosso ammonitici (ra), con resistenza meccanica elevata, e con coltri di alterazione ridotte o assenti; A2, alberese (ca), Calcari marmorei (cme), Macigno (mg), Marne a posidonia (mp) e Verrucano (v), resistenza meccanica elevata, coltri di alterazione diffuse con ispessimenti locali anche di alcuni metri; A3, argilloscisti e filladi (asf), argilloscisti varicolori (sq), resistenza meccanica bassa, con coltri di alterazione molto diffuse, localmente molto spesse.

Da questa classificazione, come fra l'altro in parte considerato nei recenti studi di settore, sono desumibili le aree a differente pericolosità per caratteristiche litologiche dei terreni (correlazione piuttosto efficace nel territorio comunale di Grosseto, ove prevale l'assetto pianeggiante).

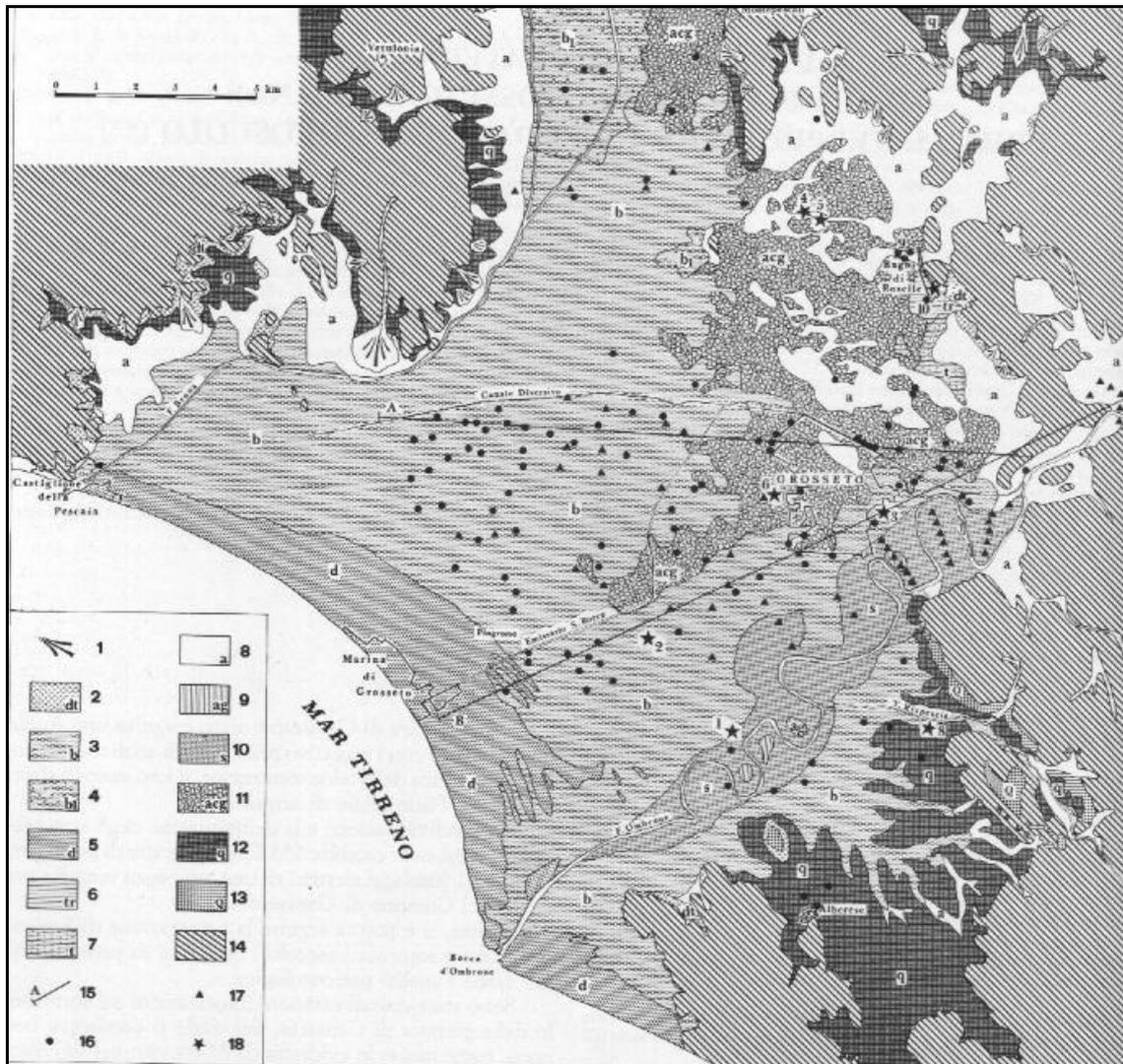


Fig.1. Schema litologico del territorio di Grosseto (Brevetti & Pranzini, 1987). 1) conoidi di deiezione; 2) detrito di falda e di frana; 3) terreni di bonifica sabbioso-limoso-argillosi; 4) terreni di bonifica sabbioso-ghiaiosi; 5) sabbie di duna costiere e del litorale; 6) travertini recenti; 7) sedimenti terroso-travertinosi; 8) sedimenti alluvionali ed eluviali attuali e recenti; 9) idem, prevalentemente argillosi; 10) idem, prevalentemente limoso-sabbiosi; 11) idem, prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, questi ultimi in realtà sono probabilmente del Pleistocene Sup.; 12) ghiaie e sabbie terrazzate; 13) conglomerati sciolti o debolmente cementati dei terrazzi alti della Valle del t. Rispescia.; 14) rocce prequaternarie, prevalentemente del Macigno, del Calcare Cavernoso e del Verrucano; 15) tracce di sezione (non riportate); 16) pozzi con stratigrafia; 17) sondaggi elettrici; 18) pozzi campionati per l'analisi paleontologica.

Sono state invece distinte nella carta allegata (G3a e G3b) le seguenti 10 unità:

1. Unità dei terreni detritici, costituiti da materiale granulare con buone caratteristiche geotecniche.

2. Unità dei terreni prevalentemente argillosi delle bonifiche con caratteristiche geotecniche scadenti legate al grado di consolidazione raggiunto dai materiali.
3. Unità dei depositi alluvionali antichi, eterogenei di buone caratteristiche geotecniche.
4. Unità dei depositi sabbiosi con caratteristiche geotecniche variabili in funzione del grado di addensamento e della presenza di falda.
5. Unità dei depositi alluvionali recenti a granulometria prevalentemente fine con comportamento geotecnico variabile, generalmente dotati di basse caratteristiche meccaniche.
6. Unità dei complessi rocciosi con elevata resistenza meccanica costituita in prevalenza da litotipi calcarei.
7. Unità dei complessi metamorfici a resistenza meccanica da elevata a media.
8. Unità dei complessi calcarei marnosi e delle marne a comportamento meccanico intermedio tra rocce dure e rocce tenere.
9. Unità strutturalmente complessa a prevalenza argillitica e marnosa, tenera, a resistenza meccanica bassa.
10. Unità strutturalmente complessa di flysch arenaceo con resistenza meccanica variabile in relazione alla degradabilità.

Per confrontare le classi della carta con quelle relative alla strumento vigente (unità GETAS), in funzione di possibili considerazioni geologico tecniche di supporto a varianti urbanistiche sarà allegata una tabella di sintesi. Si ricorda che, e soprattutto per questo tematismo, il contributo dello studio si limita ad una elaborazione basata sull'applicazione di criteri nuovi e più idonei al percorso intrapreso per la messa a punto della metodologia di costruzione del piano strutturale, ma che per le analisi relative alla pericolosità ed alla fattibilità, si rendono necessarie specifiche indagini relative ai singoli problemi.

Nella carta sono riportati i principali punti relativi ad indagini geognostiche aggiornate ai lavori delle varianti del piano aperto, selezionate in funzione dei sondaggi geostratigrafici, delle prove penetrometriche statiche<sup>10</sup> e dinamiche, pozzetti geognostici

---

<sup>10</sup> Sono riportati alcuni punti delle prove penetrometriche sia statiche che dinamiche, in quanto espressione di valori più indicativi misurati ed utilizzati nella classificazione geotecnica dei terreni

ed altri punti di controllo del sottosuolo, soprattutto coincidenti a pozzi di interesse idrogeologico (sia pozzi di rete acquedottistica che di falda).

## **Analisi geomorfologia (Carta G4a e G4b)**

Gli aspetti geomorfologici generali del territorio della pianura di Grosseto sono stati ampiamente trattati in letteratura, e si rimanda in particolare alle note contenute nel libro sulla Toscana meridionale (AA.VV . Storia naturale della Toscana meridionale, 1993), alle analisi descrittive del PTC, nonché alle relazioni prodotte nell'ambito degli studi al piano strutturale.

Le analisi geomorfologiche hanno in particolare riguardato l'individuazione delle forme, sia di erosione che di deposito, legate a precisi processi morfogenetici.

L'indagine è stata impostata sulla base dell'elaborazione delle tavole alla scala 1:10.000 del tematismo in oggetto redatte dalla GETAS di Pisa, sia tramite un controllo delle foto aeree, che, per talune situazioni, con una verifica diretta in campagna. Per il tipo di condizioni geologiche e geomorfologiche del territorio in esame, i processi morfogenetici principali riguardano il sistema della pianura e quello della costa sabbiosa. Questi sono connessi a fenomeni idrologici, e fluviali (evoluzione dell'alveo dell'Ombrone e del Bruna) ed al sistema dei canali e delle differenti aree prodotte dalla storia delle bonifiche. Per tale ragione non sono presenti fenomeni attivi cartografabili, ma le considerazioni utili alla valutazione geoambientale si ritrovano in documenti di sintesi della evoluzione che ha avuto la pianura nella storia (si veda la carta elaborata da Ciampi e Marcaccini, allegata al quadro conoscitivo, ove sono riportati i limiti delle aree umide ancora oggi ricostruibili dalla lettura stereoscopica delle foto aeree e confrontabili con quelle riportati nella carta storica in figura 2).

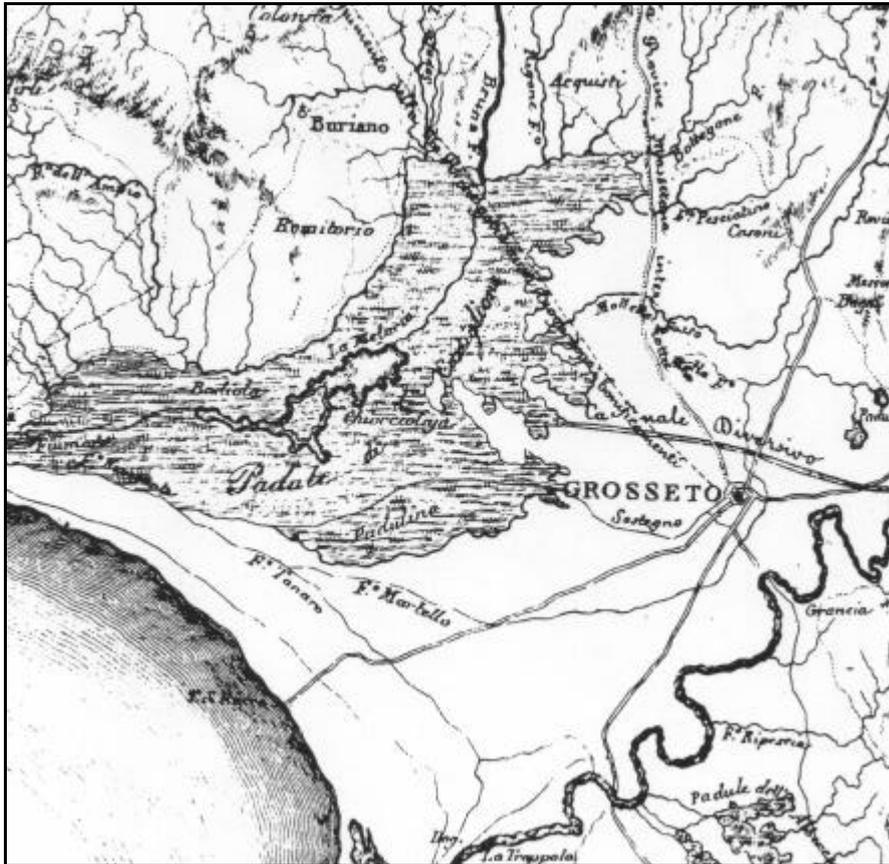


Fig.2 Il padule di Castiglione della Pescaia, da una carta del 1832. È riportato il primo diversivo costruito nel 1829-30. Si noti l'estensione del padule in rapporto agli affluenti ed al corso della Bruna, alla posizione dell'alveo principale ed alla presenza di bacini più profondi. Inoltre sono visibili il padule di Alberse e i paduli-risorgive sotto poggio Moscona.

Più rapidi sono invece attualmente i fenomeni costieri, che sono, tuttavia, meglio rappresentabili negli studi recenti sull'erosione delle spiagge (Pranzini, 2000). L'unica eccezione riguarda i fenomeni di subsidenza ed in particolare quelli di sprofondamento (sinkhole) che hanno interessato la pianura presso Braccagni, e che sono attualmente oggetto di studio e di verifica.

Sui versanti, sia per la limitata estensione dei terreni collinari, generalmente dotati di buone caratteristiche litologiche, che per la modesta acclività dei pendii, sono presenti limitati fenomeni di instabilità. Si rilevano solo alcuni corpi di antiche frane, uno di attività recente a sud di Montepescali, altri fenomeni gravitativi, collegati a soliflussi più o meno generalizzati, in versanti della coltre detritica delle arenarie del Macigno (colline a est e ad sud-est di Grosseto, colline di Grancia). Sempre in questi versanti sono rilevati fenomeni di ruscellamento diffuso, spesso a carattere stagionale

in relazione alla maniera di coltivazione o agli effetti di pascoli sovraccaricati. Altri fenomeni erosivi, riguardano i fossi di versante, e le vallecole con ruscellamento concentrato. Altre forme anomale di incisione sono presenti presso Roselle, prodotte da processi di corrosione. In quest'ultimo contesto (superfici nel calcare massiccio di Poggio Moscona) sono presenti morfologie carsiche, con doline, fori, piani carrati, scanalature, etc. In carta sono riportati i bordi delle principali depressioni carsiche.

Per quanto riguarda gli aspetti della morfologia antropica, quali le cave si rimanda alla documentazione relativa al PRAE, a quanto riportato nel PTCP ed ai singoli studi disponibili presso l'uffici di competenza del Comune di Grosseto. Attualmente tutte le cave sono chiuse (sia di pianura che di versante, salvo interventi in funzione dei progetti di ripristino ambientale). Sono comunque riportate le cave come nella carta del 1995.

Per l'importanza della fascia costiera, del sistema delle dune, sia in funzione dell'erosione della spiaggia che del rapporto delle falde con il cuneo salino, sono state riportate le differenti unità litogeomorfologiche.

Sempre a livello areale sono riportati i terreni di recente deposito dal Quaternario all'Olocene attuale (alluvioni terrazzate, alluvioni recenti, detriti, conoidi). Infine è riportata la rete drenante e scolmante del sistema delle bonifiche della pianura, le connesse porzioni di reticolo nei rilievi collinari ed alcuni bacini artificiali di irrigazione.

## **Analisi idrogeologiche (Carta G5 e G6)**

Particolare attenzione, per l'importanza della risorsa idrica nel territorio della piana di Grosseto, non solo in relazione alle attività, ma soprattutto dal punto di vista della tutela e valorizzazione ambientale, è stata posta agli aspetti idrogeologici del quadro conoscitivo.

Come descritto nell'introduzione metodologica sono state prodotte le seguenti cartografie:

- Carte delle isofreatiche e della conducibilità relative a due periodi diversi, per valutare le variazioni dei livelli delle acque nel tempo, e che permettono una prima zonizzazione di gran parte della pianura rispetto al problema della vulnerabilità degli acquiferi, insieme alla carta della permeabilità.
- Carta della Permeabilità dei terreni, elaborata sulla base della carta litologica, delle osservazioni della carta pedologica (Sevink et alii, 1986; Beemster, 1987).
- Carta della Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento redatta, seppure in modo preliminare, con la metodologia proposta dal CNR-GNDICI, utilizzando oltre le carte precedenti, alcune stratigrafie di pozzi.
- È stata poi riportata per impostare il problema della pericolosità e del rischio idraulico, la carta prodotta dalla Regione Toscana a seguito del D.L.11/06/1998. Limitatamente all'Ombrone ed alla città di Grosseto, in modo da esprimere alcune osservazioni per successive valutazioni per la classificazione del territorio in funzione del DGR 1212/99 e 12/00.

Queste documentazioni cartografiche che riguardano le acque, danno indicazioni sulla loro dinamica, sia in superficie che in profondità, e permettono di rilevare sia alcuni elementi di pericolosità che di valore del "territorio" di Grosseto.

- La Carta di Sintesi del quadro conoscitivo riporta una zonizzazione del territorio in funzione degli studi effettuati, le aree di studio del dissesto attuale del Bottegone, le aree in funzione della presenza del cuneo salino e

dell'emungimento della risorsa, le aree da riclassificare in funzione del rischio idraulico, e l'ubicazione dei problemi alla cui soluzione è necessario il contributo delle analisi geologiche, etc. Costituisce pertanto un documento di lavoro, in divenire, di elaborazione rispetto alla fase di verifica delle proposte nelle differenti "aree di decisione", partendo dai risultati del quadro conoscitivo.

Come ricordato in precedenza la pianura costiera di Grosseto, dei fiumi Ombrone e Bruna, è il risultato del riempimento sedimentario quaternario di una struttura depressionaria, con uno spessore del deposito di oltre 200m. Dalla carta geologica e litologica si osserva l'ampia distribuzione di materiali alluvionali di differente granulometria e genesi, di colmate, di una importante fascia costiera di depositi sabbiosi di spiaggia e di complessi dunali. Nei pressi di Roselle sono inoltre presenti detriti e livelli travertinosi prodotti dalla risalita di acque termali.

Bravetti e Pranzini (1987) sottolineano l'importanza della ricostruzione dell'evoluzione sedimentaria per la comprensione dei problemi connessi alla salinizzazione. Lo spessore notevole di sedimenti prodotti dalla trasgressione olocenica, in prossimità della costa, sia alluvionali che marini e lagunari, suggerisce anche la presenza di acque salate e salmastre nei depositi non consolidati.

La stessa storia geomorfologica recente, legata soprattutto all'agente antropico (gli ultimi 3000 anni) che, con gli effetti sul trasporto solido fluviale delle attività agricole e della deforestazione ha prodotto il rapido avanzamento della pianura, accelerandone l'evoluzione naturale anche con gli interventi di bonifica, suggerisce la presenza di sedimenti seppelliti ricchi di acque salate.

Nella pianura sono individuabili due complessi acquiferi principali. Il primo corrispondente alle ghiaie e alle sabbie fluviali, poste a differenti profondità, in falde confinate e semiconfinate. Vengono in superficie nelle zone d'alveo dell'Ombrone ed in alcune zone ai margini della pianura, dove si ha continuità con i detriti di falda e talora con i versanti (in particolare nella zona di Roselle). La trasmissività ottenuta da prove di portata è dell'ordine di  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  m<sup>2</sup>/sec, mentre il coefficiente di immagazzinamento varia da  $1,2 \cdot 10^{-4}$  a  $6,1 \cdot 10^{-6}$ .

Gli acquiferi che sono sfruttati principalmente per l'agricoltura, con oltre 4000 pozzi, ma anche dall'acquedotto, sono alimentati dai corsi d'acqua (l'Ombrone, e

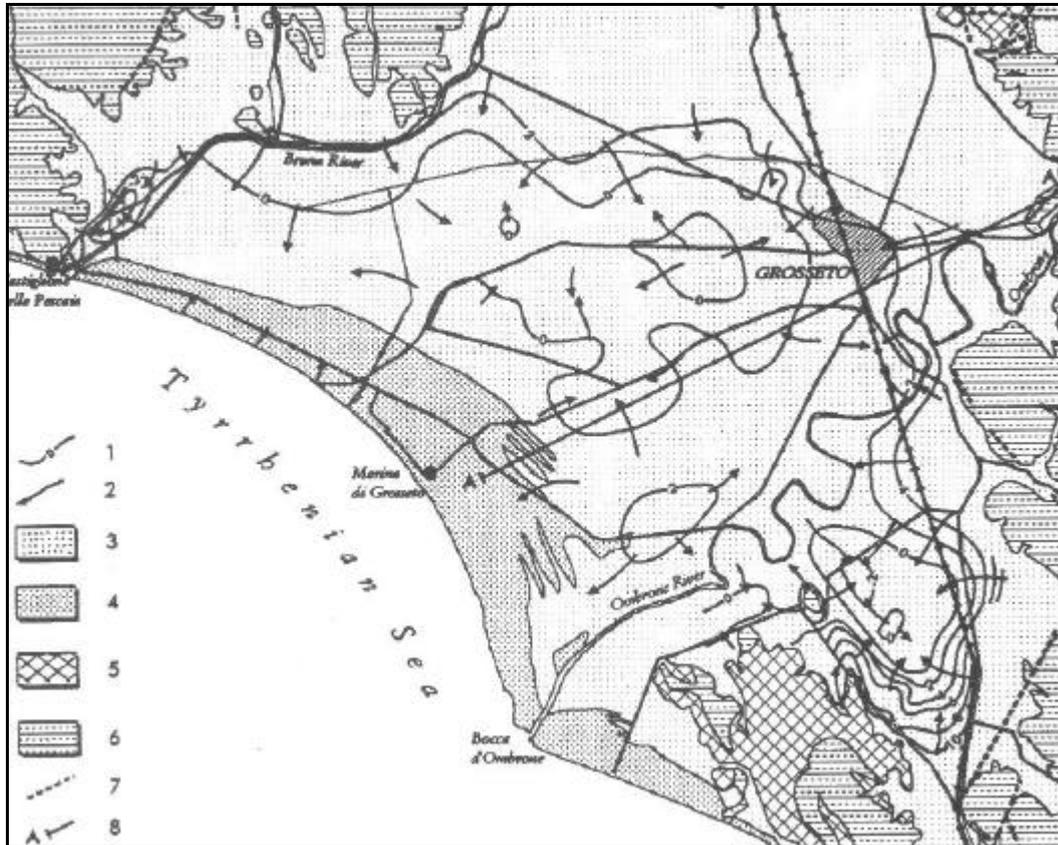


Figura 3 – Schema geologico e superficie piezometrica della pianura grossetana, settembre 1994, da Pranzini e Bencini, 1994 . 1) isopieze; 2) linee di flusso della falda; 3) depositi alluvionali e di colmata; 4) sabbia di spiaggia e di duna; 5) rocce carbonatiche mesozoiche, molto permeabili per fratture e carsismo. 6) rocce a bassa permeabilità impermeabili (arenarie, siltiti, marne, calcari marnosi, argilliti); 7) faglie; 8) traccia della sezione geologica (Fig.4).

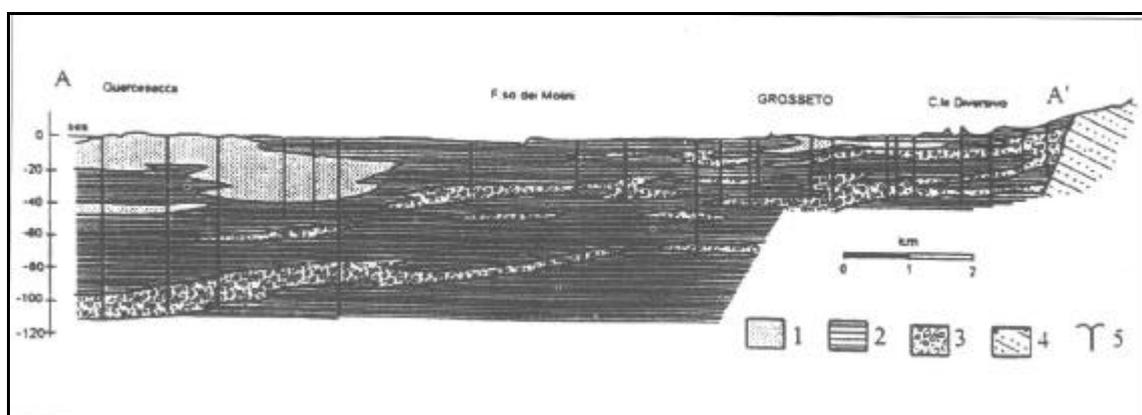


Figura 4. Sezione geologica. 1) sabbia; 2) argilla e silt; 3) ghiaia e sabbia; 4) Arenarie e siltiti; 5) pozzi con litostratigrafia (da Pranzini e Bencini, 1996).

localmente, da impluvi occasionali o intermittenti, affluenti della Bruna) e dalle acque di infiltrazione dei versanti circostanti. Proprio in alcuni litotipi detritici ed in alcuni versanti l'alimentazione è maggiore e questi rappresentano, oltre agli alvei, le zone di maggiore vulnerabilità e che necessitano di interventi di salvaguardia dei processi di infiltrazione e di accumulo della risorsa.

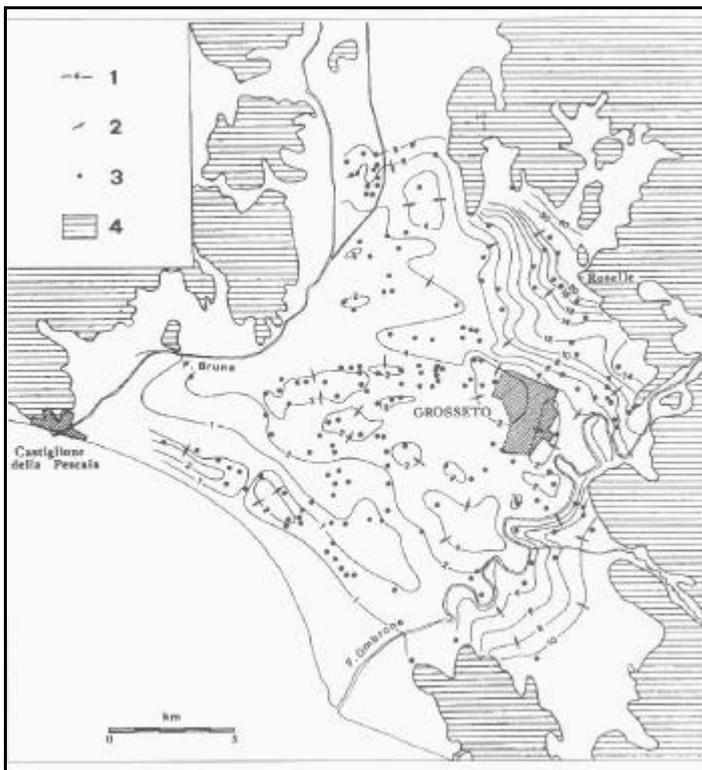


Fig.5 Superficie piezometrica nella pianura dell'Ombrone-Bruna, Aprile 1985. 1) isopiezometriche, m.s.l.m. 2) linee di flusso della falda (da Bencini e Pranzini, 1992)

Il secondo complesso corrisponde alle sabbie della fascia costiera. Le falde sono freatiche, di scarsa entità, alimentate esclusivamente dalle precipitazioni meteoriche. Sono presenti numerosi pozzi di piccola profondità utilizzati da campeggi e da residenze estive (vedi situazione attuale nella cartografia e nella relazione del Piano di Settore delle Pinete e dell'Arenile, parte geologica).

Della pianura esistono alcune ricostruzioni dell'andamento della superficie piezometrica, relative a differenti anni e stagioni. Per la cartografia di supporto al quadro conoscitivo sono state utilizzate le carte delle isofreatiche e della conducibilità

elettrica relative al 1994 (Pranzini, 1995) che sono le più recenti. Un approfondito studio risalente al 1984 è quello della GETAS, precedente al primo studio geologico tecnico sul territorio comunale (GETAS,1985), di cui riportiamo in figura 5 la superficie piezometrica relativa all'aprile 1985. Da questa si può osservare che la superficie piezometrica è ovunque al di sopra del livello marino (in una condizione poco disturbata dagli emungimenti).

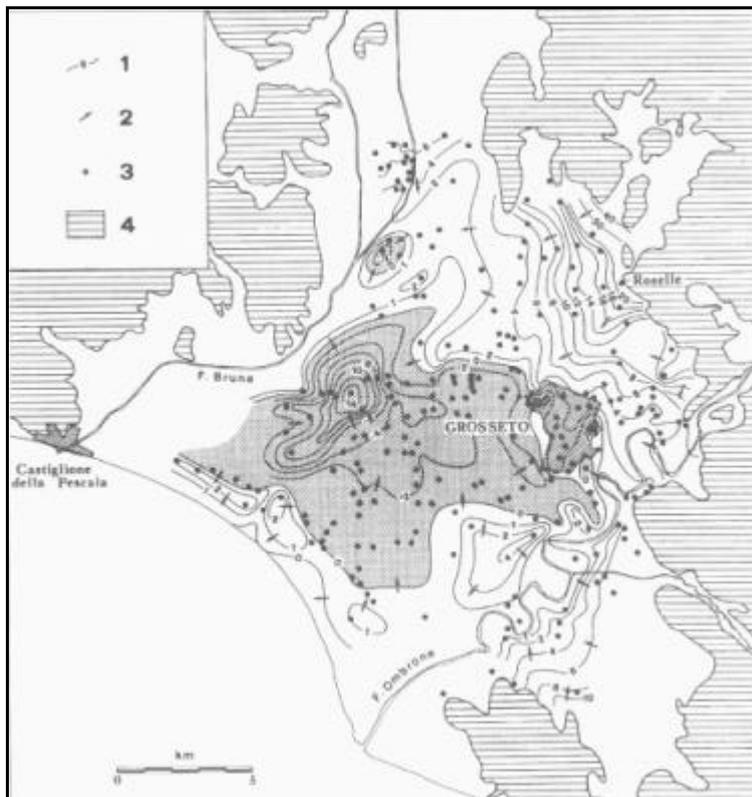


Figura 6. Superficie piezometrica nella pianura grossetana, settembre 1984. 1) isopiezometriche; 2) Linee di flusso della falda (Bencini e Pranzini, 1992)

In figura 6, che mostra la piezometria relativa alla fine dell'estate 1984, è evidente la grande estensione della pianura con falda al di sotto del livello marino, anche di numerosi metri (>10m).

Nel 1994, in autunno (figura 3), la situazione è sensibilmente cambiata rispetto a quanto mostrato in figura 5. La depressione della superficie piezometrica è meno estesa, mentre l'alto della superficie freatica nella fascia costiera risulta quasi annullato. La causa risiede nella diminuzione degli emungimenti per l'irrigazione ed in un aumento dello sfruttamento dei pozzi nei periodi di vacanza.

I dati di conducibilità elettrica si riferiscono allo studio di Pranzini (1995), e si riferiscono alle misure effettuate nel settembre 1994. La salinità aumenta fra la tarda primavera e l'autunno a seguito degli emungimenti estivi. I valori di conducibilità, così come anche riportato nella cartografia allegata (G6 e G7), oltre alle aree prossime alla costa, sono particolarmente elevati in altre aree ad elevata salinità, nelle zone interne. La presenza di queste aree non può essere spiegata con fenomeni di intrusione marina

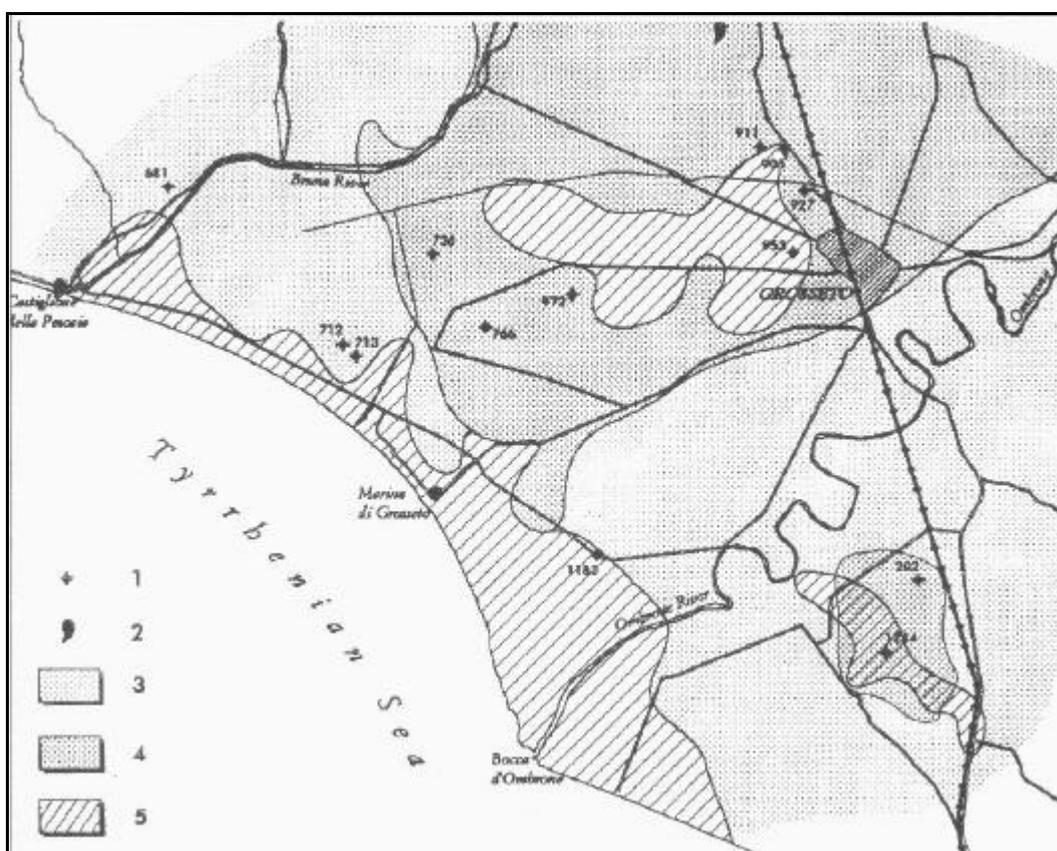


Figura 7. Chimismo delle acque sotterranee della pianura grossetana. 1) campioni di pozzo; 2) sorgenti termali; 3) Acque a  $\text{Ca-HCO}_3$  4) Acque a  $\text{Ca-SO}_4$ . 5) Acque a  $\text{Na-Cl}$  (Pranzini e Bencini,1996).

(cuneo salino), ma può essere interpretata con altri meccanismi di salinizzazione tramite l'analisi del chimismo (Pranzini & Bencini, 1996).

La analisi chimiche fondamentali (185 acque di pozzo, 6 sorgenti e 2 corsi d'acqua, dove su 32 campioni sono stati determinati Br, Sr e Li; e su 18 campioni di pozzo effettuate le analisi isotopiche) permettono di individuare tre tipi acque

fondamentali: a) le acque solfato alcaline terrose; b) le acque clorurato-alcaline; c) le acque clorurato alcalino-terrose.

È significativo sottolineare la quasi totale assenza di acque bicarbonato alcalino-terrose, che generalmente sono quelle più comuni.

Le acque del primo tipo sono le più diffuse, con elevati valori di TDS (Total Dissolved Solids) che producono elevati valori di conducibilità elettrica, e prevalgono nella parte centro-settentrionale della pianura Grossetana (l'area circostante l'abitato di Grosseto, dalla destra dell'Ombrone, fino ad oltre Roselle). Il chimismo è legato al dilavamento delle formazioni evaporitiche, come fra l'altro confermato anche dalla salinità anomala dei corsi d'acqua, ed alle acque termali.

Le acque del tipo clorurato alcalino che raggiungono la maggiore salinità totale sono collegate all'intrusione marina, come rilevato dai dati di pozzi distribuiti lungo la fascia costiera e dalla progressiva diminuzione di salinità verso l'interno.

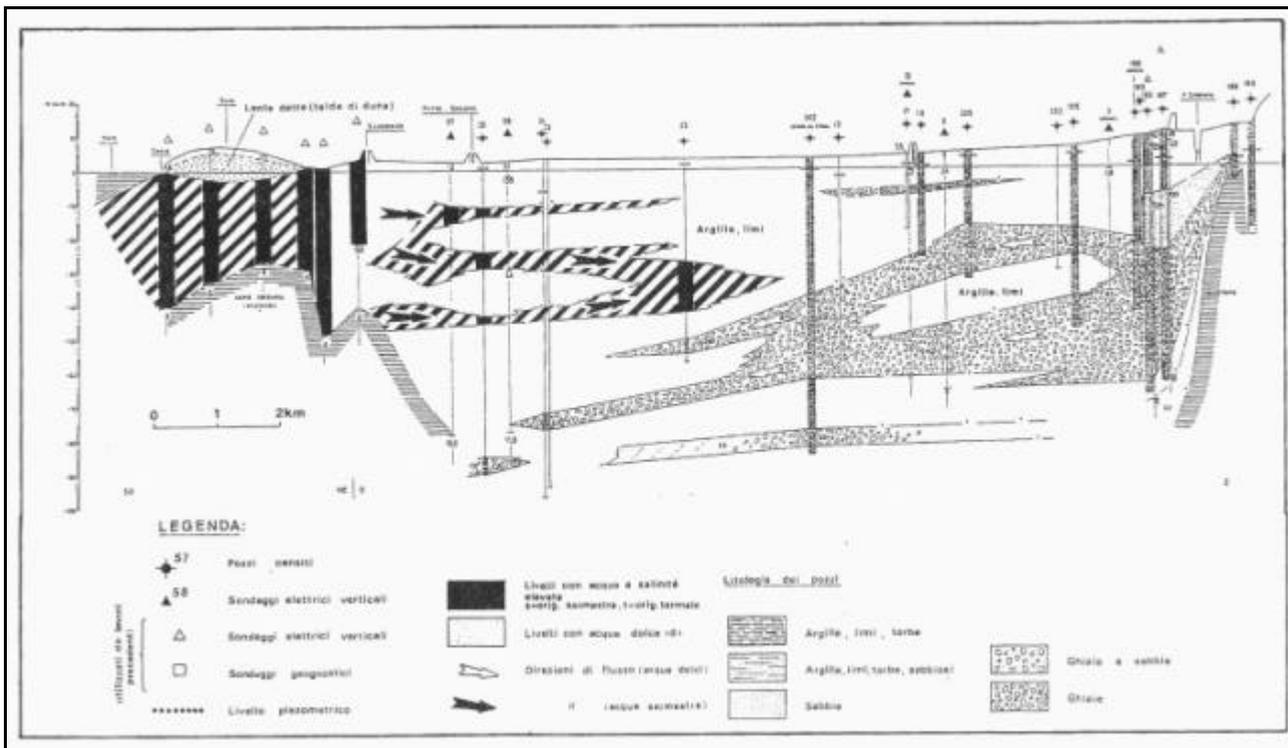


Figura 8. Schema di circolazione dolce/salata negli acquiferi costieri della pianura grossetana (GETAS Petrogeo).

Le acque clorurato alcalino terrose, rilevate in pozzi interni alla pianura, sono di difficile interpretazione, ed appartengono ad una famiglia idrochimica piuttosto

disomogenea. In parte possono essere connesse a processi di scambio inverso tra acque di origine marina ed argille, ovvero a processi di invecchiamento delle acque di infiltrazione al contatto con i sedimenti.

In sintesi gli studi effettuati mettono in luce la seguente situazione:

- La falda dolce freatica lungo il cordone sabbioso litorale galleggia praticamente sull'acqua salata con profondità massima di 10 m. Il grado di salinità dell'acqua sottostante la falda dolce diminuisce progressivamente verso l'interno. Se non disturbata dai pompaggi si ha una larghezza di 500 metri di intrusione marina e di altri 500 metri circa di diffusione molecolare della salinità.
- Nelle aree di retroduna, la salinità è spesso riconducibile alle acque intrappolata nei sedimenti lagunari recenti.
- In alcuni tratti della fascia costiera l'intrusione marina è favorita ed accentuata dal pompaggio della falda dolce da parte dei pozzi dei camping e delle abitazioni private (Marina di Grosseto, Principina), dove i coni di risalita, anche se per emungimento stagionale, causano la diffusione laterale dell'acqua salata (la fascia di intrusione raggiunge 1,5-2 km).
- In alcuni tratti della costa l'ingresso e la diffusione di acqua salata dipende dall'ingressione dal mare in canali e lungo vie topograficamente depresse, in coincidenza di mareggiate (per es. canale di San Leopoldo, in misura minore il canale di San Rocco, anche l'Ombrone stesso, in particolare nelle zone di lama interdunale che il delta ha troncato).
- La salinizzazione delle aree interne, sulla base delle analisi chimiche ed isotopiche, è dovuta non a meccanismi che coinvolgono il miscelamento di acqua di mare, ma è causata da fenomeni di evoluzione chimica e subordinatamente ad acque marine connate nei sedimenti lagunari.
- È inoltre da ricordare l'apporto di sali legata al chimismo solfato alcalino terroso anomalo del fiume Bruna e del torrente Bai, legata alla presenza dei gessi dei loro bacini montani ed anche al sistema minerario.
- Importanti risultano poi le risorse termali (delle quali sono necessari ulteriori studi approfonditi per qualsiasi interventi di valorizzazione e sfruttamento razionale delle acque termali), dove le sorgenti di Roselle e di Poggetti Vecchi

testimoniano la presenza di un importante serbatoio geotermico. L'acqua risaliente si miscela con quelle della falda e contribuisce alla salinizzazione. Nei pozzi corrispondenti alle strutture tettoniche principali (faglia che corre al bordo orientale della pianura) si hanno temperature di almeno 40° superiore alla media della falda. In generale si hanno temperature fra 20 e 22° che localmente arrivano fino a 27°. L'analisi isotopica ed il chimismo indicano nelle rocce evaporitiche il serbatoio geotermico di importanza regionale.

L'interpretazione delle carte idrogeologiche, della permeabilità ed anche della vulnerabilità allegate permette di inquadrare le principali caratteristiche del sistema idrogeologico e l'idrochimica delle falde della pianura e delle aree locali di infiltrazione nei versanti, qui brevemente descritte. L'approfondimento di queste tematiche, insieme a quelle dei fenomeni idrologici, costituiscono il riferimento geo-ambientale di qualsiasi pianificazione del territorio di grossetano. Sia che questa riguardi i rapporti con l'evoluzione della costa, lo stato della vegetazione lungo il litorale sabbioso; sia che abbia come oggetto l'agricoltura, la sostenibilità e la compatibilità delle varie colture. Oppure che ponga fra gli obiettivi il rilancio di attività tese a valorizzare le risorse idrogeologiche, idrotermali ed anche quelle più paesaggistiche, prodotte dalla storia delle sistemazioni idrauliche.

Come già accennato, l'attuale fase di studio e di raccolta, aggiornamento ed elaborazione del quadro conoscitivo generale del territorio di Grosseto, non è in grado di fornire risposte esaurienti per una corretta valutazione di fattibilità ambientale degli interventi sul territorio. Solo un piano di nuove indagini in grado di aggiornare gli studi precedenti, di un monitoraggio continuo delle risorse, di una modellazione e simulazione dei processi idrologici ed idrogeologici, in altri termini, un piano globale delle acque, spinto oltre il territorio comunale, sarà in grado di supportare concretamente la pianificazione della zona. Anche alla scala di singoli, seppure importanti, interventi locali.

La cartografia allegata vuole essere un ambizioso seppure limitato contributo in tal senso, a suggerimento della necessità di nuovi e immediati studi, dove l'amministrazione comunale, insieme agli altri soggetti preposti, ma con un ruolo

centrale, proprio per la centralità e l'unicità della pianura costiera grossetana, dovrà attivare.

Si descrivono di seguito brevemente le altre cartografie allegate.

## **Permeabilità dei terreni (G7)**

La carta è stata realizzata individuando delle unità grossomodo omogenee dal punto di vista della probabile infiltrazione delle acque. I criteri sono quelli indicati in letteratura ed adottati negli studi della zona (Piano territorio aperto, relazione geologica; Piano settore delle pinete e dell'arenile, Analisi idrogeologiche). Di tali studi sono state eseguite marginali modifiche in relazione alle unità litologiche. Le unità infatti non costituiscono la diretta emanazione delle classi della carta geologico-tecnica, ma per la finalità del documento in esame, che si basa sui processi d'infiltrazione e/o di ruscellamento della carta della permeabilità, sono state effettuate alcune differenti classificazioni a partire dalle unità della carta geologica.

In sintesi i terreni sono classificati per due tipi, e cioè per porosità (permeabilità in piccolo), e per porosità secondaria o fessurazione (permeabilità in grande). Il primo caso (P) riguarda pertanto rocce che hanno acquisito i caratteri di permeabilità sin dalla loro origine (rocce sciolte clastiche grossolane tipo ghiaia o sabbie), ove i pori sono intercomunicanti; il secondo (S) le rocce in cui la permeabilità si è realizzata in tempi successivi alla loro formazione (calcarei fratturati, ammassi rocciosi tettonizzati). In altri termini queste rocce pur essendo impermeabili alla scala del campione, permettono l'infiltrazione e lo spostamento di acqua gratifica in meati localizzati e spesso di luce notevole, diaclasi, faglie, giunti di stratificazione, piani di scistosità, fessure da raffreddamento, etc.

Per le formazioni carbonatiche e, talora, per quelle composte da materiali in tutto o in parte solubili (gessi, anidridi, etc.), come avviene per alcune formazioni geologiche dei rilievi collinari del territorio in esame, alla porosità secondaria si sovrappongono importanti fenomeni chimico-dissolutivi di tipo carsico.

Sono state pertanto distinte le seguenti unità:

- IMP : Unità litologica a permeabilità molto scarsa (aa<sup>11</sup>, ag, bn, mp)
- SP-P : Unità litologica a permeabilità medio-scarsa per porosità (as, tr)
- MP-P : Unità litologica a permeabilità media per porosità (acg, q, Q).
- MP-S : Unità litologica a permeabilità media per fatturazione secondaria (mg, cme, cMo, ca, ra, di, v).
- AP-P : Unità litologica a permeabilità alta per porosità (dt, d)
- AP-S : Unità litologica a permeabilità alta per fatturazione secondaria (cm, cv).

Per quanto riguarda il grado di permeabilità in funzione della porosità (permeabilità primaria) i terreni della unità AP-P (ghiaie delle fasce detritiche soprattutto di conoide, e sabbie delle dune costiere) hanno una percentuale di vuoti comunicanti (porosità efficace)  $n > 15\%$ . La permeabilità (K), come anche per AP-S è  $> 10\text{cm/sec}$ . Tale valore può essere di ordine ancora superiore per processi di permeabilità crescente come nei calcari fessurati (AP-S) carsificati.

Per le unità MP-P la porosità efficace è compresa tra 5 e 15%, con K (anche per MP-S) variabile da 10 a  $10^{-4}$  cm/sec. Nel caso di permeabilità bassa o medio scarsa,  $n$  è  $> 5\%$  e K compreso tra  $10^{-4}$  e  $10^{-7}$  cm/sec.

## **Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento dei corpi idrici sotterranei (G8)**

Gli elaborati di cartografia idrogeologica, sia quelli più generali di classificazione del territorio (Carta della permeabilità rielaborata da quella litotecnica) sia quelli più specifici sulle geometrie della falda e delle caratteristiche generali delle acque in acquiferi di pianura (Carta isofreatiche e di conducibilità delle acque G6 e G7) costituiscono una sorta di data base cartografico che vuole rappresentare un primo fondamentale strumento di conoscenza per una corretta pianificazione delle acque. Tale

---

<sup>11</sup> Si indicano le sigle delle formazioni geologiche della carta G3.

cartografia, proprio per le caratteristiche idrogeologiche descritte nei paragrafi precedenti, dovrebbe tuttavia interessare un territorio più vasto, i cui limiti sono quelli definiti dal sistema delle acque. Da ciò la necessità di sviluppare programmi di ricerca ed aggiornare le conoscenze ed i criteri di gestione e conservazione delle risorse in una situazione idrogeologica complessa e vulnerabile<sup>12</sup>.

Gli studi e le analisi sia attuali, ma per quanto detto, quelle da realizzare per verificare le differenti situazioni future prevedibili, hanno per obiettivo la quantificazione delle risorse e la loro ripartizione nello spazio e nel tempo; l'identificazione della qualità finalizzata delle singole fonti di approvvigionamento; lo stato di degrado qualitativo e quantitativo delle risorse stesse; la previsione e la prevenzione di impatti, occasionali o continuati, puntuali o diffusi, tali da portare al depauperamento o al deperimento qualitativo delle risorse a causa di una gestione scorretta delle stesse o/e di un scorretto utilizzo del territorio (Civita, 1977). In questa ottica, le conoscenze di base (idrologia, idrogeologia) integrate da quelle idrogeochimiche ed idrodinamiche, devono venir discriminate identificando lo stato di inquinamento reale delle risorse idriche e la vulnerabilità delle stesse, sia in termini attivi che passivi.

La carta della vulnerabilità proposta, si riferisce alla vulnerabilità intrinseca, e non riporta al momento lo stato di inquinamento reale dei corpi idrici sotterranei<sup>13</sup>. In altre parole la valutazione della vulnerabilità intrinseca consiste nel rilevamento e nella rappresentazione cartografica per zone omogenee delle caratteristiche delle unità idrogeologiche, che determinano la predisposizione naturale del territorio, in termini di suscettività specifica ad essere più o meno vulnerabile nei confronti di agenti inquinanti liquidi o idroveicolati, che possono venire dispersi a campagna o immessi nelle acque superficiali.

In ambiente di pianura alluvionale per vulnerabilità, o meglio grado di vulnerabilità si deve pertanto intendere la maggiore o minore trasparenza offerta dal

---

<sup>12</sup> In particolare per l'individuazione delle acque termali, come a Roselle, ma anche di acque profonde nei pozzi.

<sup>13</sup> Il documento potrà essere facilmente confrontato e rielaborato con una carta dei produttori di inquinamento.

pacco di depositi alluvionali che sovrastano l'acquifero saturo e permeabile nei confronti degli stessi agenti inquinanti.

Nella valutazione del grado di vulnerabilità hanno un peso preponderante i seguenti fattori geologici e idrogeologici (gradi di vulnerabilità sulla Carta):

- la idrogeologia (tipo e grado di permeabilità verticale e orizzontale)<sup>14</sup>, che determina la velocità di percolazione dell'inquinante e l'azione di attenuazione insita nei diversi terreni (carta della litologia di superficie);
- il tipo e lo spessore di un'eventuale copertura fine a bassa permeabilità, quale elemento di protezione per l'acquifero sottostante o, all'opposto, la presenza di livelli ghiaiosi o sabbiosi ad elevata permeabilità. Tale caratterizzazione è stata effettuata in maniera indicativa sulla base delle sezioni ed alcune stratigrafie contenute nei lavori idrogeologici GETAS e Pranzini (1995).
- la soggiacenza della superficie piezometrica media dell'acquifero la quale definisce lo spessore della zona insatura, direttamente proporzionale all'azione di autodepurazione degli inquinanti operata dai terreni.
- Le condizioni di interscambio da parte di corsi d'acqua naturali e di canali artificiali, veicoli di inquinanti; questi ultimi due fattori sono verificati mediante le carte piezometriche relative a differenti periodi di rilevazione (1994, 1995), ma non sufficienti e che pertanto dovranno essere integrate.

È evidente che la presenza in superficie di discreti spessori di litologie fini, argille e limi, con tetto delle ghiaie e quindi dell'acquifero relativamente profondi, costituiscono elementi a garanzia di una buona protezione dell'acquifero all'inquinamento.

Sono state distinte 7 classi a diverso grado di vulnerabilità sulla base dei parametri sopracitati. La legenda è quella unificata per le carte della vulnerabilità all'inquinamento dei corpi idrici sotterranei proposta dal CNDICI. Nell'allegato sono indicati i colori standard. I simboli della geometria ed idrodinamica dei corpi idrici è in parte ricostruibile dalle carte precedenti.

---

<sup>14</sup> In sistemi idrogeologici complessi come quelli della pianura grossetana risulta importante studiare la dinamica delle acque nelle varie profondità e conseguentemente rappresentare con opportune immagini cartografiche automatiche i processi. Ne è diretta conseguenza la realizzazione di sistemi di monitoraggio e di rappresentazione cartografica dei dati.

- Molto elevato : a) Falda libera in materiali alluvionali con corso d'acqua sospeso rispetto alla piezometrica media della falda; b) Campo pozzi deprimenti la piezometrica al di sotto del livello dei corsi d'acqua e/o del mare.
- Medio elevato : Rete acquifera in materiali carbonatici a carsismo completo ed altamente sviluppato.
- Alta : Falda o rete acquifera in pressione semi-libera o libera protetta in superficie da una copertura poco permeabile.
- Medio : a) Falda acquifera in materiali granulari più o meno fini; b) Rete acquifera in arenarie più o meno fessurate.
- Medio basso : Rete acquifera e/o corpi idrici multifalda
- Basso : Complessi marnosi ed argillosi
- Molto basso : Complessi sedimentari a grana fine.

Dalla carta risultano a vulnerabilità più elevata i terreni di pertinenza dell'Ombrone, le zone di alimentazione nei terreni calcarei fratturati e carsificati, le situazioni dinamiche di campi pozzi che alterano la piezometrica in funzione soprattutto di flussi d'acqua salate.

Non sono riportate le informazioni, attualmente parziali ed in corso di aggiornamento ed elaborazione, sullo stato di inquinamento reale dei corpi idrici sotterranei, del censimento dei produttori reali e potenziali di inquinamento, nonché dei potenziali in gestori e viicoli di inquinamento. Un altro utile aspetto riguarderà i preventori e/o i riduttori dell'inquinamento (a tal proposito si segnala la futura possibile funzione dell'impianto di depurazione delle acque anche per la ricarica delle falde).

## **Analisi successive: la verifica delle unità di paesaggio, indagini geologiche delle aree di decisione (tavole G1 e G10)**

Un contributo importante e particolarmente utile per le analisi ambientali e storico ambientali degli studi geologici, se correttamente interagiti con gli esiti degli altri settori disciplinari che contribuiscono all'analisi del territorio, riguarda la definizione dei sistemi e dei sub-sistemi ambientali. Questi ultimi intesi nella sua componente fisica, come supporto alla classificazione del territorio in sistemi e sottosistemi di Paesaggio secondo la legge 5/95 e le analisi del PTCP. In questo senso la tavola 2 elaborata dal Piano territoriale di Coordinamento, Territorio e Paesaggio, 1:50.000, è stata riportata su base vettoriale e proposta al 25.000 (tavola G1, Carta dei sistemi di Paesaggio), per poi poter meglio riverificare non solo i limiti (come fra l'altro di recente avvenuto ed adottato dall'Amministrazione), ma probabilmente ridefinire le unità di paesaggio, con applicazione anche di GIS, in un territorio particolare come quello della piana costiera di Grosseto<sup>15</sup>.

Una classificazione preliminare, basata appunto su elementi geo-litologici, morfologici e di contesto "territoriale" può essere articolata nel seguente modo:

- Ambito della pianura costiera (sistema Pi2 della Provincia): suddivisa in -pianura ex umida, a sua volta corrispondente a due aree: all'ex lago di Castiglione, fino a Raspollino (attualmente distinguibile in aree umide e bonificate), e pertanto corrispondente alla unità Pi2,2 (Pianura della Bonifica Grossetana). Ed in pianura di Alberese (ex laghi di Alberese), in parte corrispondente all'Agro dell'Ombrone (Pi2.5).

---

<sup>15</sup> È stata effettuata una nuova analisi paesaggistica del territorio comunale di Grosseto ( a cura di Gabriele Ciampi, Carlo Alberto Garzonio, Paolo Marcaccini, che ha prodotto una cartografia digitale (con GIS arcview), ed una dettagliata relazione come contributo alla discussione, sia per approfondire le conoscenze sugli aspetti del paesaggio, che in funzione delle successive analisi delle aree di decisione e delle UTOE.

E – pianura asciutta : unità di paesaggio corrispondente al piano di divagazione dell’Ombrone ed ai terrazzi degli affluenti di sinistra nel suo basso corso. Unità dell’alta pianura, che corrisponde ai terreni di più antica bonifica, quelli più prossimi ai rilievi e corrispondenti ad alluvioni relativamente più antiche. Su queste superfici è considerata la Piana della città (Pi2.3).

Sempre della pianura costiera si ha il sistema della costa in s.s.(C2) suddivisibile in costa Nord, della foce del f.Bruna e del litorale sabbioso e delle dune presso il padule di Castiglione(C2.2), litorale di Marina e Principina (Costa della Città), e costa meridionale della foce d’Ombrone e di Alberese (C2.4).

Il sistema delle colline è suddiviso nelle colline costituite da flysch arenacei (R7.1), delle colline costituite da terreni calcarei e/o metamorfici, suddivisibili nelle unità delle colline interne (rilievi di Batignano e delle Pendici di Campagnatico, R6.1-R6.2) e le colline costiere (Alberese). Sono inoltre distinguibili i rilievi delle cave e della dorsale di Roselle (Poggio Moscona, R6.4), ed anche dei versanti della dorsale di Montepescali (forse come sotto unità di R6,1, Batignano).

Altri aspetti da tener in considerazione per ulteriori differenziazioni riguardano ad esempio le aree connesse al circuito profondo di tipo termale e quelle legate alla interazione con il mare in prossimità delle aree costiere.

Altre analisi si riferiscono alle invarianze paesistico-ambientali, già classificate nel PTCP, e rappresentano il necessario approfondimento tematico-disciplinare dei Geotopi (le grotte e le forme carsiche di Poggio della Moscona ed Alberese; il sistema litoraneo delle dune; le acque termali e le risorgenze; i glacis olivetati a sud di Batignano, la cave storica dei “marmi” di Roselle, etc.).

Nella carta finale sono riportate le aree da approfondire nei vari aspetti geoambientali per completare il quadro conoscitivo e le aree di decisione dove è necessario programmare specifiche indagini (Carta G10). Un esempio conclusivo e significativo degli aspetti geologici da affrontare in molte delle aree di decisione o aree problema è quello relativo alla conservazione, tutela e valorizzazione del sistema delle

acque (acque per l'irrigazione, acque potabili, acque termali, salmastre delle zone umide, etc.).

Per tale ragione nella sopracitata carta sono riportati soprattutto alcuni esiti significativi delle elaborazioni idrogeologiche, fra l'altro in corso di approfondimento. Si allegano quindi le descrizioni delle aree di decisione, estratte dalla relazione del coordinatore (Prof. Paolo Scattoni), relative a situazioni dove predominano tematiche geologico-ambientali. In molte altre aree le indagini geologiche hanno sempre un ruolo significativo, non solo in termini di valutazione della fattibilità, ma in relazione alla necessità di elaborare opportuni criteri ed eventuali norme basate su considerazioni anche di tipo geologico-tecnico. Di queste viene allegato l'elenco.

## **Aree di decisione**

### **1 -Dinamica costiera**

#### **PROBLEMA**

Problema dell'evoluzione della linea di spiaggia in relazione anche degli importanti interventi per la realizzazione del porto di Marina e dei processi con cui si esprime la dinamica dall'Ombrone al Bruna.

#### **OPZIONI**

1. Sostanziale attesa e fiducia della situazione di equilibrio costiero
2. Messa a punto di un sistema di monitoraggio per la valutazione degli effetti ambientali nel tempo, sia in relazione ai processi della dinamica geomorfologia, che a quelli del sistema delle acque dei canali

#### **ATTORI**

Comune, Regione, Provincia, Privati.

#### **AREE RELAZIONATE**

Porto di San Rocco, Sviluppo Marina di Grosseto

#### **APPROFONDIMENTI**

Incremento studi di tipo geo-ambientale, idraulico, marino.

### **2 -Acque termali**

#### **PROBLEMA**

La valorizzazione del turismo termale può richiedere un incremento delle portate e quindi interventi sui pozzi nel generale ripristino delle aree di cava dei rilievi di Roselle e valorizzazione delle cave storiche. Tale sviluppo dovrà essere condizionato a nuove e più approfondite analisi e a operazioni di monitoraggio.

#### OPZIONI

1. studi e installazione rete monitoraggio dei possibili effetti sulla dinamica delle falde e dei caratteri geochimici
2. Necessità di indagini idrogeologiche più ampie anche in relazione agli effetti di dissoluzione del substrato carbonatico (effetti di collasso dei terreni profondi come a Bottegone)
3. Come (2) con interventi di pozzi per incremento delle portate

#### ATTORI

Privati, Comune di Grosseto, Regione Toscana.

#### AREE RELAZIONATE

Roselle, cave, ricettività,

#### APPROFONDIMENTI

incremento dei dati disponibili, nuovi studi e sondaggi.

### **3 -Sinkhole**

#### PROBLEMA

Nel 1999. nell'area del Bottegone in prossimità della frazione di Braccagni si è verificato un improvviso sprofondamento (sinkhole) di notevoli proporzioni. Gli studi sino ad ora effettuati indicano che l'area potenzialmente soggetta al ripetersi del fenomeno è notevolmente più ampia rispetto ai dintorni specifici. Si tratta perciò di individuarne i limiti per evitare insediamenti non compatibili.

#### OPZIONI

1. Valutazione degli studi effettuati sull'area del Bottegone e formulazione di una zonizzazione in funzione della possibile fragilità-pericolosità della fascia di pianura da Braccagni a Roselle.
2. Nuovi studi e rete di monitoraggio per la corretta definizione della pericolosità e gestione dei processi di instabilità. Modificazione dei piani urbanistici e territoriali; interventi sulla Aurelia e linea ferroviaria Pisa-Roma.

#### ATTORI

Comune, Regione, ANAS, Ferrovie, Protezione Civile.

#### AREE RELAZIONATE

Territorio Aperto, Viabilità Generale, Acque Termali

## APPROFONDIMENTI

Incremento studi di tipo geo-ambientale sull'area; monitoraggio ed elaborazione dati provenienti dalle indagini per le acque termali.

### 4 -Salinizzazione

#### PROBLEMA

Si tratta di contrastare il preoccupante fenomeno della progressiva salinizzazione causata dalla intrusione marina e procedere ad un eventuale uso di acque a bassa qualità per usi non potabili. Il fenomeno del "cuneo salino" può essere affrontato con un insieme di interventi, da un più adeguato monitoraggio ad azioni specifiche che possano determinare l'arretramento dell'interfaccia.

La scelta della strategia è in parte influenzata dal potenziamento della rete acquedottistica con l'alimentazione dal bacino di Montedoglio (AR).

Si prospettano strategie diversamente articolate che vanno da una migliore regolamentazione dell'emungimento dai pozzi (in particolare della fascia litoranea) che potrebbe rallentare, ma probabilmente non risolvere il problema, sino ad un'ipotesi di intervento massiccio su un insieme complesso di misure.

#### OPZIONI

1. Ipotesi di intervento minimo: ulteriore regolamentazione dell'emungimento dei pozzi e messa in atto di un efficace sistema di monitoraggio del processo di salinizzazione.
2. Ipotesi di intervento a impatto medio: Come (1) con la reimmissione delle acque depurate in falda e la riattivazione di alcuni canali di drenaggio
3. Ipotesi di intervento a impatto forte: contemporaneamente alle misure già previste ai punti (1) e (2) dovrà essere messo in atto un ventaglio complesso di misure che comprende:
  - A Realizzazione di un sistema di laghetti di irrigazione attraverso la ricalibratura della proposta del piano del territorio aperto.
  - B Derivazione delle portate invernali del Bruna e dell'Ombrone.
  - C Blocco dell'ingressione superficiale delle acque marine nella zona del delta dell'Ombrone, interrompendone il flusso nelle lame interdunali.
  - D Verifica della fattibilità e conseguente possibile attuazione di sistemi di paratie in subalveo per contrastare e rallentare al contrario il flusso di acqua dolce in uscita in corrispondenza delle barre di infiltrazione in falda.
  - E Pompaggio dai canali di acque miscelate, o acque dalla rete degli impianti del Consorzio di Bonifica.

#### ATTORI

Comune di Grosseto, Consorzio di Bonifica Grossetana, Regione Toscana, Provincia, Associazione Industriali, Campeggi, ecc.

#### AREE RELAZIONATE

Territorio Aperto, Risorsa Idrica, Fascia Costiera

#### APPROFONDIMENTI

Studi idrogeologici, geo-idrologici ed idraulici, installazione di una completa ed efficace rete di monitoraggio.

### **5 -Cave di Roselle**

#### PROBLEMA

I progetti di sistemazione, riqualificazione urbanistica e valorizzazione del sistema delle cave di Roselle rappresentano una fondamentale occasione per la realizzazione di interventi in grado, insieme alla risoluzione del problema delle acque termali, di determinare positivamente i futuri assetti ambientali ed urbanistici dell'abitato e del rilievo di Roselle.

1. Verifica dei progetti delle differenti ex cave in modo da valutare esclusivamente i corretti aspetti di fattibilità tecnica ed ambientale, in relazione sia agli interventi ricettivi che agli aspetti paesaggistici.
2. Applicazione di criteri in modo che i progetti di intervento siano tra loro messi in stretta relazione, assegnando alle varie situazioni differenti funzioni, nel generale ripristino dell'area.
3. Come 2, coniugando i progetti agli interventi per la valorizzazione del sistema ricettivo di supporto a quello termale.

#### ATTORI

Privati, Comune, Regione Toscana, Provincia.

#### AREE RELAZIONATE

Roselle, ricettività, acque termali

#### APPROFONDIMENTI

Incremento studi di tipo geo-ambientale sull'area; monitoraggio ed elaborazione dati provenienti dalle indagini per le acque termali.

Elenco di altre aree di decisione dove sono necessarie analisi degli effetti geo-ambientali, e specifiche ed approfondite analisi geologiche:

- a) Problemi relativi alla viabilità
- b) Aree direzionali
- c) Sviluppo Marina di Grosseto-Cristo
- d) Porto S.Rocco
- e) Roselle (vedi relazioni con le aree decisione Cave, Acque termali)
- f) Ferrovia

- g) Impianti di depurazione (relazione problema acqua, salinizzazione)
- h) PIP Batignano
- i) Istia d'Ombrone Stiaccioli
- j) Casalecci
- k) Braccagli
- l) Espansioni residenziali di Grosseto, contributi geo-ambientali e rischi per la scelta dei differenti quadranti
- m) Piano rifiuti
- n) Diversivo (relazionato a l)
- o) Risorsa idrica (relazionato a salinizzazione)
- p) Pineta litoranea
- q) Campeggi
- r) Arenile
- s) Revisione normativa aree demaniale ex canale S.Rocco.
- t) Aree produttive
- u) Territorio aperto

## **Bibliografia**

### *Pubblicazioni di utilità generale*

AA.VV. (1971) – La Toscana Meridionale. Rend. Soc. Geol. It. Vol.XXVII, fasc.spec.

AA.VV. (1969) - Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 - Fogli 128 e 135 e note illustrative. Servizio geologico D'Italia.

Barazzuoli P., Guasparri G. & Salleonini M. (1993) – Il clima. In F. Giusti (a cura di): La storia naturale della Toscana meridionale. Milano ed. Pizzi.

Barazzuoli P. & Salleonini M. (1993) – L'acqua: risorsa, rischio e pianificazione. In F. Giusti (a cura di): La storia naturale della Toscana meridionale. Milano ed. Pizzi.

Barsanti Danilo (1987) – Leonardo Ximenes. Edizioni Medicea.

Boccaletti et alii (1982) – Carta strutturale dell'Appennino Settentrionale. CNR-P.F. Geodinamica, S.P. Modello strutturale dell'Appennino Settentrionale

Bravetti L., Pranzini G. (1987) – L'evoluzione quaternaria della pianura di Grosseto (Toscana): prima interpretazione dei dati di sottosuolo. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 10.

Civita M (1988) – Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. CNR GNDCI , pubblicazione n.75.

Conese C., Maselli F., Bravetti L., Zipoli G. & Bacci L. (1990) – Rilevamento del deperimento della vegetazione costiera per mezzo di dati TM. Rapporto interno IATA-CNR, Firenze.

Consorzio di Bonifica Grossetana (1956) – La Bonifica grossetana.

Innocenti I. & Pranzini G. (1993) – Geomorphological evolution and sedimentology of the Ombrone River delta, Italy. *Journ. Coastal Research*, 9 (2).

Lazzarotto A. (1993) – Elementi di Geologia. In F. Giusti (a cura di): *La storia naturale della Toscana meridionale*. Milano ed. Pizzi.

Mazzanti R. (1983) – Il punto sul Quaternario della fascia costiera e dell'Arcipelago di Toscana. *Boll. Soc. Geol. It.*, 102.

Rapetti F. & Vittorini S. (1994) – Carta climatica della Toscana centro-meridionale e insulare. CNR – Centro di studio per la geologia strutturale e dinamica dell'Appennino, Pisa.

Rombai L. & Signorini R. (1993) – Bonifiche nello stato senese. In F. Giusti (a cura di): *La storia naturale della Toscana meridionale*. Milano ed. Pizzi.

Santini C. (1992) – Studio dell'evoluzione morfologica recente della fascia costiera della Maremma settentrionale per mezzo di immagini LANDSAT. Tesi di laurea inedita, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze.

*Pubblicazioni ed indagini utili alle analisi idrogeologiche*

Barazzuoli P., Izzo S., Melone A., Menicori P. & Salleonini M. (1991) – L'acquifero subordinato al F. Ombrone persente nel settore orientale del Comune di Grosseto (Toscana meridionale) : prime conoscenze idrodinamiche ed idrochimiche. *Atti Soc. Tosc. Scv. Nat. Mem., Serie A*, 98:307-326.

Bencini A., Pranzini G. (1992) – The salinization of groundwaters in Grosseto plain (Tuscany; Italy). In *Study and modelling of saltwater intrusion into aquifers* (Custodio & Galofré editors ). Proc. Of "Salt Water Intrusion Meeting " Barcelona, 1-6 Nov.1992.

Bianchi S., Gatti L. & Pioli F. per il Comune di Castiglion della Pescaia (1982) – *Idrogeologia del territorio comunale di Castiglion della Pescaia*.

Boni C., Bono P. & Cappelli G. (1988) – Schema idrogeologico dell'Italia Centrale .  
Mem. Soc. Geol. It., XXXV.

Bravetti L. (1986) – Indagine idrogeologica sulla pianura di Grosseto. Tesi di Laurea  
inedita, Università di Firenze, Dip. Scienze della Terra.

Benvenuti G., Brondi M., Dall'oglio M., Da Roit R., De Cassan P., Ghiara E., Gigli C.,  
Marinelli G., Martini M., Gragnani R., Orlandi C., Paganin. G. (1971) – L'idrologia. In:  
La Toscana Meridionale – Fondamenti geologico-minerari per una prospettiva di  
valorizzazione delle risorse naturali. Rend. Soc. Ital. Mineral. e Petrogr., vol. XXVII,  
fasc. spec.

Dipartimento di Scienze della Terra – Università di Firenze (1993) – Studio  
idrogeologico delle aree costiere del comune di Castiglion della Pescaia (Rapporto  
inedito).

GETAS per il Comune di Grosseto (1984) – Studio di fattibilità di un impianto di  
itticoltura a Padule Diaccia. Valutazione idrogeologica della Pianura Grossetana per  
l'approvvigionamento (rapporto inedito).

GETAS per il comune di Grosseto (1985-1986) – Indagine geologico-tecnica sul  
territorio comunale (Rapporto inedito).

Ghezzi G. (1993) – Organizzazione di una ricerca idrogeologica. Ord. Geol. della  
Toscana, Atti 1° Corso di aggiornamento professopnale “Idrogeologia e Territorio,  
Firenze,1-26.

Giouli G. (1990) – Evaluation of the hydraulic parameters of the Roselle geothermal  
reservoir by pumping tests. Int. School of Geothermics, Pisa.

IDROGEOMAREMMA per il Genio Civile di Grosseto (1981) – Indagine per ricerca  
idrica sull'area destinata alla realizzazione di un pozzo per irrigazione sita in sinistra del  
torrente Rispecchia – Comune di Grosseto.

IDROGEOMAREMMA per il Genio Civile di Grosseto (1981) – Indagine per ricerca  
idrica sull'area destinata alla realizzazione di un pozzo per irrigazione sita in località  
“Corsica” di Alberese – Comune di Grosseto.

Melone A. (1990) – Studio di acquiferi presenti in un settore del Comune di Grosseto  
con particolare riferimento ai loro rapporti col Fiume Ombrone. Tesi di laurea inedita,  
Dipartimento di Scienza della Terra, Università di Siena.

Pranzini G. per la Regione Toscana (1995) – Studio della salinizzazione delle acque di  
sottosuolo dell'area costiera fra Castiglion della Pescaia e Orbetello (rapporto inedito).

Pranzini G. & Bencini A. (1996) – Groundwater salinization in Southern Tuscany (Italy) . Proc. Of “Salt Water Intrusion Meeting” Malmo, Svezia, 17-20 Giugno 1996.

Regione Toscana (1991) – Studi per il piano di Bacino dell’Ombrone : idrogeologia. A cura di G. Pranzini.

*Pubblicazioni ed indagini utili alle analisi cartografiche geo-morfologiche e geologico-tecniche*

Barazzuoli P. (1991) – Climatologia, idrologia e aspetti idrogeologici. Regione Toscana, Piano di Bacino del F. Ombrone – Studi preliminari.

Beemster J.G.R. (1987) – Soil and groundwater salinity in the Grosseto Plain and its implication for irrigation. Università di Amsterdam.

GEOMAP (1991) – La carta dell’erosione del suolo in atto. Regione Toscana. Dipartimento Agricoltura e Foreste

GEOMAP (1991) – La carta del rischio potenziale d’erosione del suolo in atto. Regione Toscana. Dipartimento Agricoltura e Foreste

GEOMAP (1991) – La carta della capacità d’uso agricolo-forestale. Dipartimento Agricoltura e Foreste

GEOTECNO per l’Amministrazione Provinciale di Grosseto (1977) – Risorse idriche del territorio provinciale di Grosseto. Proposte per un piano di approvvigionamento idropotabile della Maremma: Carta idrogeologica scala 1:50.000, sta in Lineamenti geologici del territorio provinciale .

GETAS per il Comune di Grosseto (1995) Indagini geologico tecniche sul territorio comunale: “Zonatura geologico-tecnica come guida per la sicurezza delle costruzioni”.

Salvestroni C, Pioli F., Mencagli M., Tonelli M.E (2000) per il Comune di Grosset - PIANO DI SETTORE DELLE PINETE E DELL’ARENILE, disciplina urbanistica della fascia costiera, variante al PRG, art.40 L.R.T. 5/95.

Luzzetti A., Luzzetti C., Mencagli M., Mugnai L., Onorato A., Pioli F., Tonelli M.E., Daviddi G., Stefanelli A., per il Comune di Grosseto (2001) - PIANO DEL TERRITORIO APERTO, variante al PRG, art.40 L.R.T. 64/95 e successive modificazioni ed integrazioni.

Regione Toscana (1991) – Studi per il piano di Bacino dell’Ombrone : Geomorfologia del delta del Fiume Ombrone. A cura di E. Pranzini.

Sevink J. Per la Regione Toscana (1987) – Soil survey and land evaluation of the Grosseto area. Part II: the land evaluation. Studio inedito, Università di Amsterdam.

Sewink J., Beemster J., Van Stiphout T. (1986) – Soil survey and land evaluation of the Grosseto area. Part I : The soil survey and soil map. Studio inedito, Università di Amsterdam.

#### *Studi idraulici*

Cannata P.G. (1994) – Governo dei bacini idrografici, Strumenti tecnici e pianificatori. ETAS libri, Milano.

Menduni G. & Garzonio C.A. (1998) – Studio idrologico ed idraulico del fiume Bruna e del suo bacino idrografico.

Maccabruni F. (1967) – Grosseto dopo il IV novembre. La Regione, n.16-18.

Peruginelli C. (1968) – Considerazioni generali sulla sistemazione del bacino del fiume Ombrone

Regione Toscana (2000) – Lavori di manutenzione straordinaria dell'argine destro del fiume

Ombrone nel tratto compreso tra la rampa di Grancia ed il ponte sulla S.P. n.154 "Spadino"- Comune di Grosseto. Indagine idrologica e idraulica. Ufficio del Genio Civile.

Regione Toscana (1991) – Studi per il piano di Bacino dell'Ombrone : Piano, Modello afflussi/deflussi di previsione delle piene e qualità delle acque. A cura di Cannata P.G.

Regione Toscana (1991) – Studi per il piano di Bacino dell'Ombrone : Studio idraulico e sedimentologico. A cura di E. Paris.

Regione Toscana (1991) – Studi per il piano di Bacino dell'Ombrone : idrologia e geologia. A cura di Barazzuoli P.& Lazzaretto A.

Regione Toscana – Università di Firenze, Dipartimento di Scienze della Terra (2000) – Studio geomorfologico e sedimentologico fra Punta Rocchette e Cala Rossa. Relazione, profili batimetrici, analisi granulometriche.



## ALLEGATI

### *Legenda carta geologica*

#### Quaternario

Dt Detriti di falda e di versante

Aa Sedimenti alluvionali attuale e recenti: Argilla e limi argillosi, Depositi corrispondenti alle zone di colmata naturale o artificiale.

As Sedimenti alluvionali attuale e recenti : Limi sabbioso-argillosi

Ag Sedimenti alluvionali attuale e recenti : Ghiaie in matrice argillosa

Acg Sedimenti alluvionali attuale e recenti : Argille sabbioso-ciottolose

D Sabbie sciolte del litorale e delle dune costiere

Tr Sedimenti terroso travertinosi

Q Alluvioni terrazzate recenti :Argille ed argille sabbiose con livelli di ghiaie.

Q Alluvioni terrazzate antiche : Ciottolati e ghiaie sciolte o poco cementate.

#### Complesso Ligure (Cretacico-eocene medio)

Ca Alberese : Calcari marnosi chiari

Asf Complesso di “argilloscisti”, micascisti e quarziti

Cme Calcari marmorei con selce, metacalcareniti stratificate con intercalazioni marnose.

#### Serie Toscana

Mg Macigno Arenarie quarzoso-feldspatiche (Oligocene)

sca Argilliti e calcari marnosi (Scaglia Toscana, Sc)- (Cretacico Sup.)

bn Calcareniti con nummuliti (Cretacico Sup.)

sq (sp)- “Scisti policromi”, marne scistose, scagliose varicolori con sottili letti calcarei.

Alcuni lembi di attribuzione incerta con filladi e micascisti (Paleocene-Eocene medio).

aMo-cVa Complesso clastico rosso della Serie di Montebrandoli e Calcari della  
Vacchereccia (Cretacico Sup.-Eocene medio)

di – Diaspri e calcari diasprigni (Giurassico-Malm)

mp Marne a Posidonia – Calcari, calcari marnosi e marne con livelli di diaspri  
(Giurassico-Dogger).

ra Rosso Ammonitico Calcari e calcari marnosi rossastri con ammoniti (Giurassico-Lias  
inf., Sinemuriano) .

cm Calcare Massiccio, con rare ed incerte tracce di stratificazione (Giurassico, Lias  
Inferiore).

cr Calcari a Raetavicula. Calcari neri o grigi, stratificati e con sottili intercalazioni  
marnose (Trias Suo- Retico).

CV Calcari Cavernosi. Calcari cavernosi grigio chiari e calcari e dolomie grigio scure  
(Trias Sup. Norico-Retico)

### Unità Metamorfica Toscana

V Verrucano – Formazione detritico-cristallina più o meno metamorfica costituita da  
anageniti, quarziti ed arenarie, scisti filladici. (Trias Sup.- Carnico).

### *Legenda carta lito-tecnica*

#### Legenda

1. Unità dei terreni detritici, costituiti da materiale granulare con buone caratteristiche geotecniche.
2. Unità dei terreni prevalentemente argillosi delle bonifiche con caratteristiche geotecniche scadenti legate al grado di consolidazione raggiunto dai materiali.
3. Unità dei depositi alluvionali antichi, eterogenei di buoni caratteristiche geotecniche.

4. Unità dei depositi sabbiosi con caratteristiche geotecniche variabili in funzione del grado di addensamento e della presenza di falda.
5. Unità dei depositi alluvionali recenti a granulometria prevalentemente fine con comportamento geotecnica variabile, generalmente dotati di basse caratteristiche meccaniche.
6. Unità dei complessi rocciosi con elevata resistenza meccanica costituita in prevalenza da litotipi calcarei.
7. Unità dei complessi metamorfici a resistenza meccanica da elevata a media.
8. Unità dei complessi calcarei marnosi e delle marne a comportamento meccanico intermedio tra rocce dure e rocce tenere.
9. Unità strutturalmente complessa a prevalenza argillitica e marnosa, tenera, a resistenza meccanica bassa.
10. Unità strutturalmente complessa di flysch arenaceo con resistenza meccanica variabile in relazione alla degradabilità.

#### *Legenda carta geomorfologia*

Sono considerate, oltre alla rete drenante e scolmante del sistema delle bonifiche della pianura ed alle porzioni di reticolo nei rilievi, le seguenti distinzioni:

tratti di spiaggia in espansione

tratti di spiaggia in erosione

dune consolidate con vegetazione pioniera o soggetta a coltivazioni

duna consolidata boscata

sedimenti di duna recente

corsi d'acqua incassati

paleoalvei

tratti di alveo in erosione laterale

cave attive in ripristino e o inattive ma da ripristinare

aree di cava recuperate

nicchia di distacco di frana

cigli di scarpata e/o orli di terrazzo

vallecole a forte incisione

fosso di ruscellamento concentrato

ruscellamento diffuso di versante

soliflusso

aree di indagine di fenomeni di instabilità (sinkhole)

aa Limite di sedimenti alluvionali attuali e recenti: argilla e limi argillosi, depositi corrispondenti alle zone di colmata naturale o artificiale.

as sedimenti alluvionali attuali e recenti: limi sabbioso-argillosi

q Alluvioni terrazzate recenti: argille ed argille sabbiose con livelli di ghiaie

Q Alluvioni terrazzate recenti: ciottolati e ghiaie sciolte o poco cementate.

### *Legenda carta della permeabilità*

sigla	
IMP	unità litologica a permeabilità molto scarsa
SP-P	Unità litologica a permeabilità medio scarsa per porosità
MP-P	Unità litologica a permeabilità media per porosità
MP-S	Unità litologica a permeabilità media per fratturazione secondaria
AP-P	Unità litologica a permeabilità alta per porosità
AP-S	Unità litologica a permeabilità alta per fratturazione secondaria

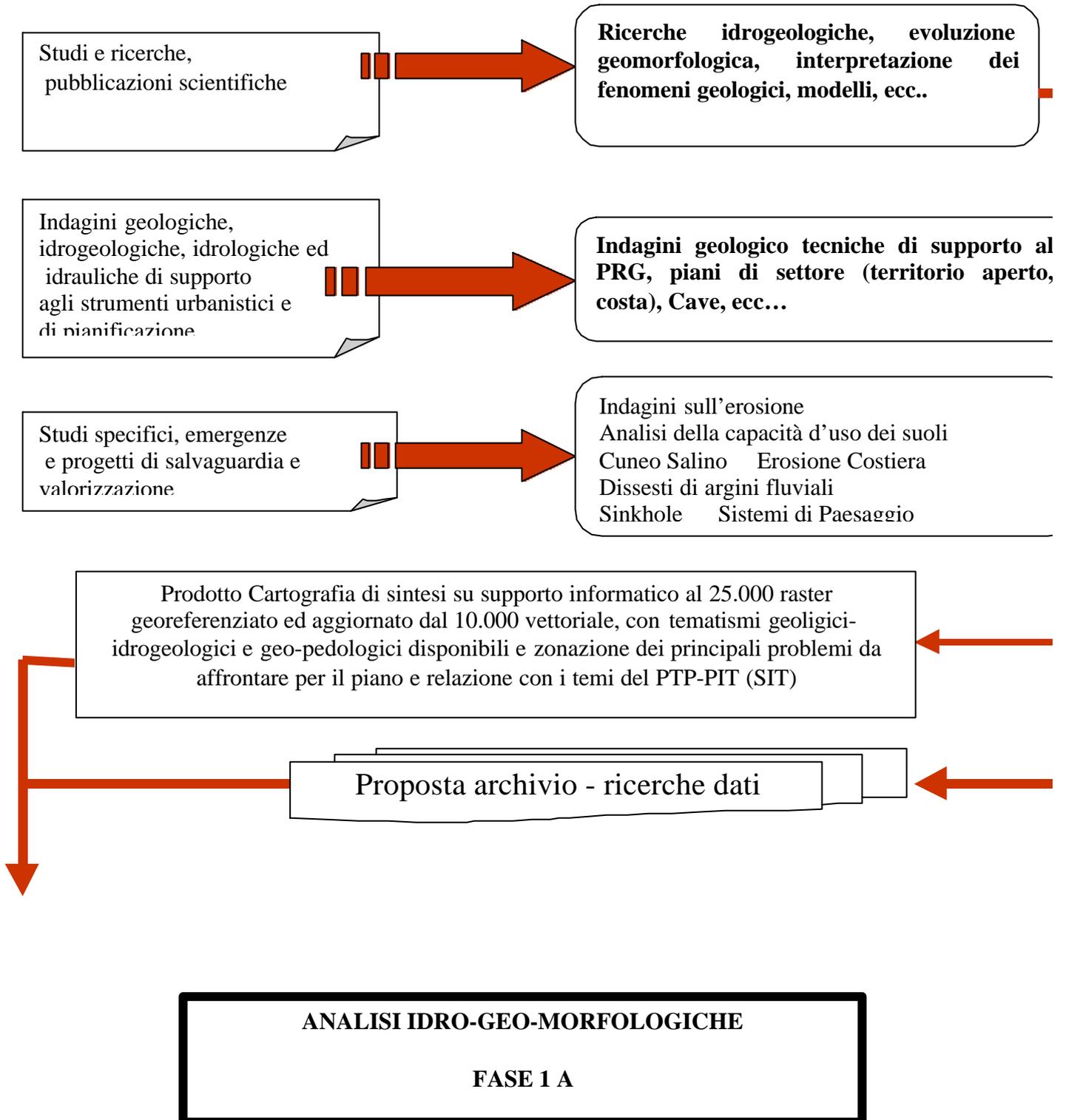
### *Legenda carta vulnerabilità degli acquiferi (da legenda GNDICI)*

GRADO DI VULNERABILITA'		
Molto elevato	Rosso vivo campitura a righe orizzontali	Falda libera in materiali alluvionali con corso d'acqua sospeso rispetto alla piezometrica media
	Rosso vivo campitura a righe verticali	Campo pozzi deprimenti la piezometrica al di sotto del livello dei corsi d'acqua e/o del mare
Medio elevato	Rosso scuro	Rete acquifera in materiali carbonatici a carsismo completo ed altamente sviluppato

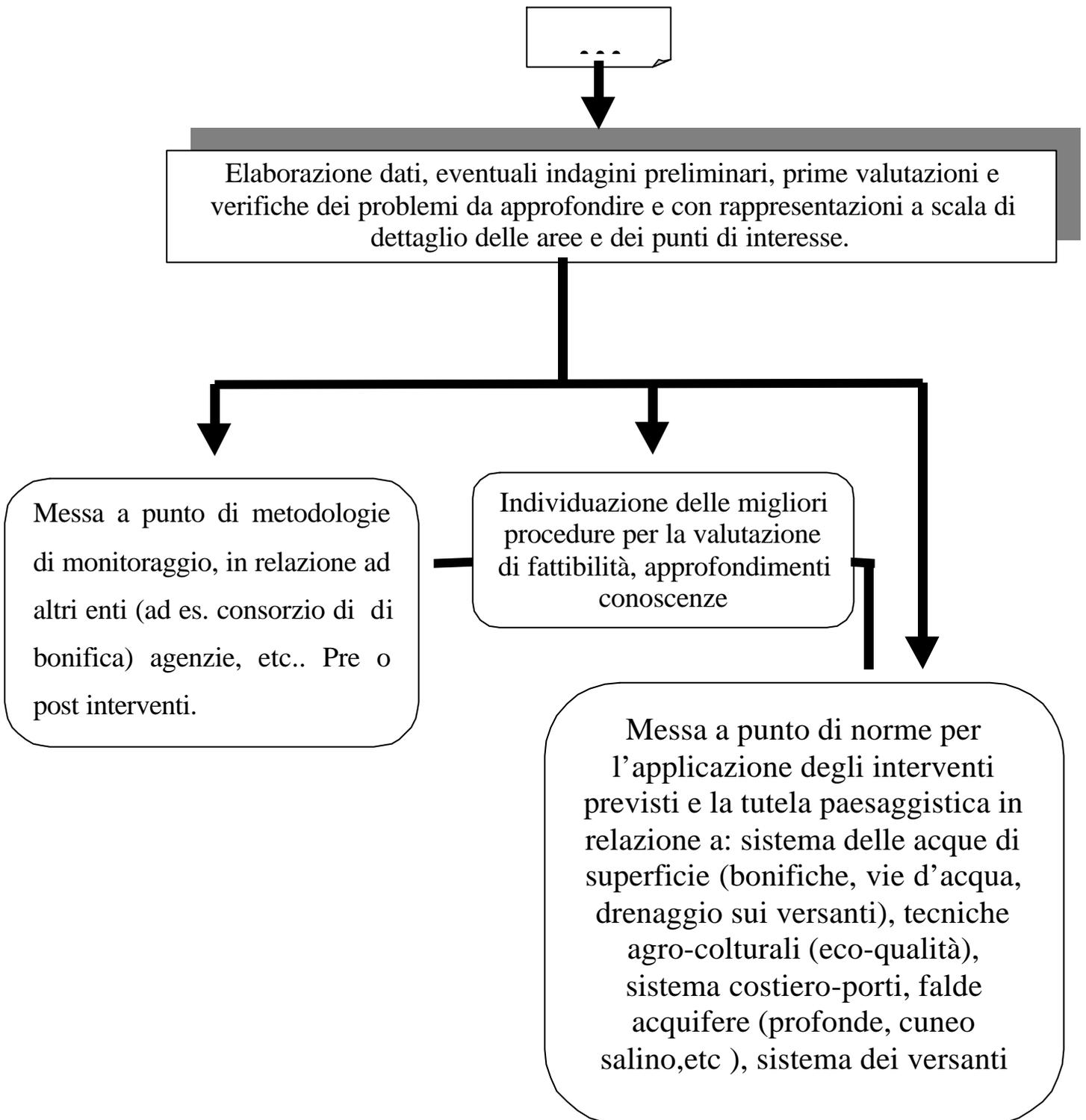
Alto	Giallo scuro	Falda o rete acquifera in pressione semilibera o libera protetta in superficie da una copertura poco permeabile
Medio	Verde medio	Falda acquifera in materiali granulari più o meno fini
	Verde medio ed azzurro medio a strisce alternate diagonali	Rete acquifera in arenarie più o meno fessurate
Medio Basso	Verde medio ed azzurro medio a strisce alternate orizzontali	Rete acquifera e/o corpi idrici multifalda
Basso	Lilla a strisce orizzontali	Complessi marnosi ed argillosi
Molto Basso	Lilla a quadretti	Complessi sedimentari a grana fine

**Diagramma del programma di indagini per l'aggiornamento del quadro conoscitivo**

## Aggiornamento Quadro conoscitivo Fase 1 A



## Fase 1 B



## Aggiornamento Quadro Conoscitivo

