

# Indagini geologico-tecniche di supporto al Piano Strutturale del Comune di Orbetello (GR)

(Del. C.R. 94/1985 – L.R. 1/2005 - Del. C.R. 12/2000 ex-salvaguardie – Piano Assetto Idrogeologico del Bacino Regionale Ombrone – Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Grosseto)

## 1 - PREMESSA

Per incarico dell'Amministrazione Comunale di Orbetello (Grosseto), vengono svolte le indagini geologico-tecniche di supporto al Piano Strutturale (L.R. 1/05 art. 62) ai sensi delle Del. C.R. 94/85 , Del. C.R. 12/00 (ex-salvaguardie), del Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino Regionale Ombrone e del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Grosseto.

Tali indagini sono state svolte a seguito dei contributi degli Enti preposti al controllo in ottemperanza all'art. 15 comma 2 della L.R. 01/2005. In particolare, per la redazione definitiva di tali indagini si fa riferimento ai seguenti contributi tecnici specifici sopraggiunti a seguito di incontri ufficiali con gli Organi Tecnici:

- contributo dell'URTT di Grosseto e dell'Autorità di Bacino Regionale Ombrone (prot. N. 125384/124.47 del 20/10/2005);
- contributo della Provincia di Grosseto Dipartimento Territorio Ambiente e Sostenibilità (prot. N. 98268 del 10/10/2005);
- contributo della Regione Toscana prot n. 124/0146367/006.003 del 7.12.05.

Lo scopo delle suddette indagini è di valutare le classi di pericolosità geologica e idraulica dell'intero territorio comunale in relazione alle normative vigenti (Del. C.R. 94/85; Del. C.R. 12/00; norme del PTC Provincia di Grosseto; Del. G.R. 1030/03; P.A.I. Autorità di Bacino Regionale Ombrone Del. C.R. 12/05) ed in relazione alle caratteristiche geologiche,

geomorfologiche, idrogeologiche, di vulnerabilità della falda, litotecniche e clivometriche del territorio comunale di Orbetello.

A tale proposito appare importante ricordare che l'intero territorio comunale è stato interessato nel 1997 (approvazione Del. G.R. 1283 del 15/11/1999) da un precedente studio geologico-tecnico di supporto alla Variante Generale al PRG, a cura del Dott. Geol. Pieraccini.

Di recente (Del. C.C. n. 10 30/01/2004) è stata approvata una Variante Generale al PRG per le zone agricole (circa 80% del territorio comunale) corredata di Indagini Geologico-Tecniche di supporto, redatte dagli scriventi, che hanno aggiornato le precedenti Indagini del 1999, definendo la pericolosità geologica ed idraulica e le classi di fattibilità dei singoli interventi. Sempre nel 2003 è stata adottata una Variante specifica per il Piano di Utilizzo del Demanio Marittimo, sempre corredata di Indagini Geologico Tecniche di supporto redatte dagli scriventi. Sono state inoltre adottate Varianti specifiche per la Zona termale dell'Osa, per i pontili sul Fiume Albegna in località Albinia e per l'ampliamento del Cimitero Comunale di Talamone, tutte con Indagini Geologico-Tecniche di supporto redatte dagli scriventi. Per la redazione delle suddette Varianti in prossimità del Torrente Osa e del Fiume Albegna sono stati inoltre redatti e approvati dalle Autorità competenti Studi Idrologico-Idraulici per la definizione del rischio idraulico ai sensi della Del. C.R. 12/00.

Sempre a seguito dell'avvio del procedimento per la formazione del Piano Strutturale sono stati eseguiti: studio idrologico-idraulico per la richiesta di deperimetrazione del rischio idraulico (P.I.M.E.) nel tratto terminale del Fiume Albegna; studi idrologico-idraulici di supporto alla progettazione delle opere di messa in sicurezza idraulica con individuazione delle aree soggette a rischio idraulico in prossimità del Fiume Albegna, Torrente Magione-Radicata, Controfossa Sinistra Albegna, Torrente Osa. Tali studi recepiti nel quadro conoscitivo lo implementano in maniera significativa e consentono di definire nel dettaglio le condizioni di rischio idraulico in prossimità dei principali corsi d'acqua classificati nel P.I.T. ed nel reticolo significativo del P.A.I..

Ulteriori dati utilizzati nel presente studio derivano dal Consorzio di Bonifica Osa-Albegna, dal Consorzio Bonifica Grossetana nonché dall'Autorità del Bacino Regionale Ombrone, dalla Provincia di Grosseto (Dip. Territorio Ambiente e Sostenibilità), dall'A.P.A.T. e dal S.I.T. della Regione Toscana. Per gli aspetti idrogeologici sono stati recepiti i dati messi a disposizione dal Gestore del Servizio Unico Integrato (Acquedotto del Fiora), dall'ATO, dal Settore Tutela Acque Interne e Costiere della Regione Toscana. Per gli aspetti relativi alla Laguna di Orbetello sono stati utilizzati i dati messi a disposizione dal Commissario della Laguna.

Per la definizione del rilievo geologico e geomorfologico è stato tenuto in considerazione l'avanzamento dei lavori del Progetto CARG alla data del dicembre 2005.

In considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del territorio comunale di Orbetello, nonché della necessità di eseguire un aggiornamento sistematico dei dati di base per lo studio geologico di supporto al P.S., il lavoro si è articolato secondo le indicazioni metodologiche della normativa vigente, approfondendo nel particolare i seguenti aspetti:

**Pianure alluvionali, zone umide costiere**

- Zone interessate da esondazioni, allagamenti, ristagni di acque e zone con difficoltà di drenaggio delle acque (ricerca storica);
- Zone classificate a pericolosità idraulica molto elevata nel vigente P.A.I.;
- Zone con opere di difesa idraulica, scoli meccanici e stato di deterioramento delle opere;
- Zone con interventi antropici che hanno influenzato la morfologia e l'assetto delle acque;
- Zone con evidenza di processi litorali marini, lacustri ed eolici;
- Zone con evidenza di forme e processi fluviali;
- Definizione degli affioramenti sotto il profilo litotecnico tenendo in considerazione i dati geognostici di base;
- Zone caratterizzate da terreni con caratteristiche meccaniche scadenti e con evidenze di cedimenti e cedimenti differenziali;
- Zona con presenza di falda continua nel mezzo poroso;
- Zone a differente permeabilità dei terreni;
- Zona soggetta a stress idrico ed interessata da elevata salinità totale;
- Zone di rispetto per approvvigionamenti potabili;
- Zona di concessione termale;
- Zone con diversa vulnerabilità della falda;
- Zone con notizie storiche di sinkhole;
- Reticolo significativo del P.A.I. e Del. C.R. 12/00.

### **Zona collinare e pedecollinare**

- Zone interessate da processi di versante ed erosione dei suoli;
- Zone classificate a pericolosità di frana molto elevata nel vigente P.A.I.;
- Zone franose del catalogo IFFI dell'A.P.A.T.;
- Zone interessate da fenomeni carsici;
- Zone di rispetto per approvvigionamenti potabili;
- Zona di concessione termale;
- Zone con elevata pendenza;
- Zone a differente permeabilità dei terreni e delle rocce;
- Zone con diversa vulnerabilità della falda;
- Zone con notizie storiche di sinkhole;
- Definizione degli affioramenti sotto il profilo litotecnico tenendo in considerazione i dati geognostici di base;
- Reticolo significativo del P.A.I. e Del. C.R. 12/00.

In particolare lo studio si è articolato secondo le seguenti modalità operative:

### STUDI PRELIMINARI E PRODUZIONE ELABORATI DI BASE

- a - acquisizione dati esistenti, sopralluoghi preliminari
- b - rilevamento di campagna supportato da studio fotogeologico
- c - produzione elaborati cartografici di base relativi all'intero territorio comunale tenendo in considerazione i rilievi esistenti implementati dagli aggiornamenti, approfondimenti e contributi tecnici succitati, in particolare:

- c1-carta geologica e sezioni geologiche (Tavole 1A-1I scala 1:10.000)
- c2-carta geomorfologia e dell'erosione dei suoli (Tavole 2A-2H scala 1:10.000)
- c3-carta delle pendenze (Tavole 3A-3H scala 1:10.000)
- c4-carta litotecnica (Tavole 4A-4H scala 1:10.000)
- c5-carta idrogeologica (Tavole 5A-5H scala 1:10.000).

### STUDIO DELLA VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA E DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA ED IDRAULICA

#### STUDIO DELLA VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA (intero territorio comunale)

- acquisizione ed elaborazione dei dati relativi agli elementi idrogeologici e di permeabilità dei terreni;
- acquisizione dati di precedenti studi a carattere idrogeologico sull'area;

- elaborazione dei dati;
- produzione dell' elaborato di sintesi

ed in particolare:

c6-carta della vulnerabilità idrogeologica (Tavole 6A-6H scala 1:10.000)

STUDIO DELLA PERICOLOSITA' (intero territorio comunale)

- acquisizione ed elaborazione dei dati relativi agli elementi geologici-geomorfologici-clivometrici-geotecnici ed idrogeologici
- studi idrologico-idraulici dei corsi d'acqua principali classificati, notizie storiche di esondazione, aree di ristagno o con difficoltà di drenaggio, e opere idrauliche
- elaborazione dei dati e relazione generale sulla pericolosità (geologica ed idraulica)
- produzione degli elaborati di supporto al P.S.

ed in particolare:

c7-carta della pericolosità geologica (Tavole 7A-7H scala 1:10.000)

c8-carta delle aree allagate e dei contesti idraulici (Tavole 8A-8H scala 1:10.000)

c9-carta della pericolosità idraulica (Tavole 9A-9H scala 1:10.000)

Le carte di pericolosità sono state elaborate in seguito alla sovrapposizione metodologica dei dati derivanti dai tematismi di base ed implementati con la normativa di riferimento.

Il presente studio ed i relativi elaborati cartografici, come specificato nel dettaglio nei successivi paragrafi, sono stati realizzati seguendo i criteri metodologici suddetti nel rispetto della direttiva "Indagini geologico-tecniche di supporto alla pianificazione urbanistica" (Del. C.R. del 12/02/1985 N. 94), del P.I.T. (ex-salvaguardie Del. C.R. 12/00), del PTC della Provincia di Grosseto, della Del. G.R. 1030/03 e dei criteri e NTA del P.A.I. Bacino Regionale Ombrone.

## 2 – GEOLOGIA

Al fine di avere uno strumento di analisi fisica del territorio utile per la determinazione della pericolosità geologica ed idraulica sono stati realizzati ex novo un rilievo ed una carta geologica dell'intero territorio comunale alla scala 1:10.000.

Il processo metodologico utilizzato è stato quello tipico del rilievo geologico di base con un primo inquadramento fisiografico e fotogeologico che ha consentito di determinare le strutture tettoniche principali ed i lineamenti geologici di riferimento per il territorio comunale di Orbetello.

L'interpretazione delle fotografie aeree (volo Regione Toscana 15/10/1994 altezza 2.000 m str. 1 ftg. 9/21, str. 2 ftg. 109/11, str. 3/A ftg. 100/108, str. 3/B ftg. 97/99, str. 4 ftg. 36/64, str. 5 ftg. 142/156, str. 6 ftg. 163/175; volo Regione Toscana 1984 altezza 2.000 m str. 1 ftg. 238/244, str. 2 ftg. 225/234, str. 3 ftg. 265/273, str. 4 ftg. 250/258) in relazione alle caratteristiche geologiche regionali del territorio di Orbetello è risultato uno strumento utile per una corretta impostazione del rilievo geologico a terra e soprattutto ha consentito di delineare l'assetto strutturale che ha influenzato in maniera significativa tale porzione di territorio della Toscana Meridionale.

Nell'eseguire il rilievo a terra oltre alle indicazioni fotogeologiche suddette si è tenuto in considerazione l'avanzamento dei lavori del Progetto CARG (Regione Toscana) alla data del dicembre 2005, la cartografia geologica della precedente indagine geologico-tecnica di supporto al P.R.G. ed il rilievo eseguito nel Bacino del Fiume Albegna dall'Università degli Studi di Modena nel 1992 (Boll. Soc. Geol. It. 111 1992). La cartografia geologica di riferimento del presente studio Tavole 1A-1H e la sezione geologica interpretativa (Tavola 1I) tiene quindi in considerazione gli studi di base precedenti implementati con nuove interpretazioni geologiche, frutto del lavoro di approfondimento eseguito dagli scriventi. Il presente lavoro ha utilizzato inoltre una nuova e significativa quantità di dati geognostici di dettaglio e geofisici che hanno consentito di ricostruire con maggiore precisione il modello geologico di riferimento del territorio di Orbetello (GR).

Il territorio studiato si colloca nella porzione terminale sud occidentale dell'ampia regione geologica e fisiografica della Toscana Meridionale ed è caratterizzato da evidenti caratteristiche morfologiche tipiche della zona costiera meridionale con ampie aree umide, con prevalente sviluppo in direzione appenninica, che si collocano al passaggio tra le porzioni terminali delle pianure alluvionali (Pianura del Fiume Albegna e del Torrente Osa) e le fasce costiere dunali. Tali aree pianeggianti, palustri o lagunari sono delimitate da dorsali dove affiorano le formazioni del substrato litoide che hanno altresì direzione prevalente antiappenninica per la porzione meridionale del territorio ed appenninica per l'estremo lembo nord (parco dell'Uccelina). Elemento significativo dell'assetto fisiografico di Orbetello,

con valore di riferimento per tutta l'Italia Centrale, è sicuramente la laguna omonima posta tra la porzione di territorio a nord del Fiume Albegna ed il rilievo di Monte Argentario.

L'assetto fisiografico, particolarmente significativo di questo territorio, costituisce elemento di riferimento per l'evoluzione paleogeografica dell'intera unità costiera della Toscana Meridionale, ed, analogamente ad altre aree, risulta fortemente influenzato dai condizionamenti tettonici.

Per quanto concerne la dinamica generale tettonico-stratigrafica che caratterizza i rilievi appenninici della Toscana Meridionale in cui, come sopra accennato, si inserisce il territorio del Comune di Orbetello, è opportuno, data la complessità sistema, suddividere le aree caratterizzate in affioramento dal prevalere di distinti complessi stratigrafico-tettonici.

Sulla base del suddetto criterio possiamo, sia a livello generale per l'intero edificio appenninico meridionale che nello specifico del territorio comunale di Orbetello, distinguere le seguenti aree:

- Aree in cui affiorano i terreni neogenici e quaternari di ambiente ora marino, ora continentale. Trattasi di un complesso formazionale che occupa gran parte delle depressioni morfologiche del territorio comunale ed appoggia su un insieme eterogeneo di formazioni, parte di Facies Toscana e parte di Facies Ligure che costituiscono il cosiddetto "Substrato litoide". Nello specifico del territorio comunale di Orbetello le formazioni appartenenti alle suddette aree sono quelle geologicamente più recenti ed in particolare: detrito di versante del Quaternario (dt), depositi di spiaggia ed eolici del Quaternario (s), depositi di transizione, di retrospiaggia ed alluvionali del Quaternario (tp), alluvioni fluviali recenti del Quaternario (a), panchina marina e sabbie eoliche in terrazzi del Quaternario (Qp), dune antiche del Quaternario (sd), argille e sabbie del Quaternario (Qm), sabbie rosse del Quaternario (sr), conglomerati poligenici poco coerenti del Pliocene (Pcg), sabbie del Pliocene (Ps), argille del Pliocene (Pag). Detti terreni affiorano nelle porzioni di costa bassa nelle ampie pianure, nelle vallecole minori, in limitate estensioni delle porzioni collinari minori e pedecollinare;
- Aree in cui affiorano rocce appartenenti alle diverse unità tettoniche liguri del substrato. Tali unità sormontano il complesso della Serie Toscana e sono rappresentate nel territorio comunale di Orbetello esclusivamente dai termini che costituiscono la copertura sedimentaria dell'unità tettonica nel suo complesso. In particolare

appartengono a tale sistema le formazioni mappate nella carta geologica di supporto al P.S. come galestri e palombini del Cretaceo Superiore (gp), flysch calcareo del Cretaceo Superiore (mp), calcareniti e calcari marnosi del Paleocene-Eocene (np). Tali unità affiorano nei rilievi collinari settentrionali del territorio a nord del tracciato attuale del Torrente Osa;

- Aree in cui affiorano le formazioni della Serie Toscana. Per gran parte di dette aree trattasi di finestre tettoniche con caratteristiche stratigrafico-strutturali tipiche della Serie Toscana ridotta presente nei rilievi appendici occidentali della Toscana Meridionale. Le formazioni della Serie Toscana sono sormontate come suddetto da quelle liguri sopra descritte. Nel territorio oggetto del presente studio si rileva la presenza del Macigno dell'Oligocene (mg), del flysch calcareo-marnoso dell'Eocene (n), del Calcare Cavernoso del Trias superiore (cv) e del Verrucano del Trias inferiore. Le formazioni della Serie Toscana affiorano nelle principali dorsali e nei rilievi più significativi sia con sviluppo in direzione appenninica (porzione nord-ovest del territorio comunale) sia anti-appenninica (ampio affioramento nella porzione meridionale del territorio comunale).

Tale distinzione consente di capire con maggiore chiarezza quanto verrà in seguito trattato nella descrizione dell'evoluzione tettonica dell'area e di identificare con precisione la posizione delle dislocazioni tettoniche, tenendo in riferimento la distinzione tra terreni neogenici e quaternari superiori (aree in cui affiorano i terreni del primo gruppo) e quelli del substrato (aree in cui affiorano le rocce dei due gruppi successivi).

La storia geologica dell'Appennino Centro-Settentrionale, di cui, come suddetto, l'area in studio è parte integrante, è caratterizzata da una o più fasi di corrugamento con uno stile prevalentemente plastico che si sono verificate in un regime di prevalente compressione.

Esse sono indicate come le fasi orogenetiche principali della complessa struttura dell'Appennino della Toscana Meridionale. Tali strutture sono riconoscibili nelle aree in cui affiora il substrato nelle dorsali collinari del territorio comunale. La fine di questa fase orogenetica principale (Oligocene-Miocene) coincide con il primo affermarsi di una nuova trasgressione marina i cui sedimenti costituiscono la base del ciclo sedimentario neo-autoctono particolarmente evidenti nel territorio comunale di Orbetello. La trasgressione è preceduta dal formarsi, a varie distanze dal mare, di una serie di depressioni chiuse, in cui si instaurano ampi bacini lacustri o palustri, la maggiore parte dei quali è stata

successivamente sommersa dalla trasgressione marina. Questa generale trasgressione ha caratteristiche ed entità che difficilmente si possono collegare direttamente con movimenti propri del livello marino, ma implica movimenti di abbassamento nelle catene appenniniche precedentemente corrugate ed emerse. Lo stesso dicasi per la fase di regressione verificatasi nel Pliocene. Di tali dinamiche si rilevano ampie tracce negli affioramenti del primo gruppo tettonico descritto, posti nella porzione collinare centro-settentrionale del territorio in studio.

Trattasi di uno stile rigido distensivo che ebbe il suo sviluppo principale quindi in età Pliocenica.

La tettonica distensiva, sovrapponendosi ai motivi plicativi delle fasi precedenti, determina anche strutture a Horst e a Graben con sviluppo prevalente in direzione appenninica ma con evidenze, particolarmente chiare nell'area in esame, in direzione anti-appenninica (porzione centrale e meridionale del territorio).

Questo regime tettonico è caratterizzato da una frammentazione in blocchi rigidi della crosta terrestre, secondo movimenti differenziali lungo il sistema delle faglie dirette, unitamente a ripetuti movimenti alterni di sollevamento e sprofondamento di ampiezza regionale.

Ulteriori e meno intensi movimenti dello stesso tipo si registrano poi durante il Quaternario. Detti movimenti, compresi sotto la denominazione di tettonica recente, hanno assunto comunque un'importanza rilevante nell'assetto geografico, morfologico ed idraulico del territorio di Orbetello e sicuramente caratterizzano il peculiare aspetto paesistico ed ambientale attuale.

In particolare si hanno una serie di depressioni chiuse di recente formazione, in cui si instaurano ampi bacini palustri e lagunari delimitati da vere e proprie dune talora consolidate o tomboli legati a vari fenomeni deposizionali eolici e marini.

Per meglio comprendere l'assetto geologico stratigrafico sopra descritto si rimanda alla consultazione dell'allegata carta geologica alla scala 1:10.000 (tavola 1 delle indagini geologico tecniche di supporto al P.S.) con particolare riferimento alle sezioni geologiche (tavola 11).

Dopo la suddetta descrizione dell'evoluzione tettonica, che assume rilevanza ai fini della definizione dei processi geologici e paleogeografici e della sismicità dell'area si procede nella descrizione delle caratteristiche stratigrafiche e giacimentologiche delle singole formazioni presenti nel territorio comunale.

In particolare si distinguono cinque unità geologico-stratigrafiche:

- **Terreni di origine antropica.**
- **Quaternario;**
- **sedimenti neogenici di età Pliocenica;**

- **serie ligure;**
- **serie toscana.**

**Terreni di origine antropica.**

*Terreni di riporto (r)*

Questi depositi sono formati da terreni di riporto di chiara origine antropica.

Trattasi di riporti attuali o storici formati da terreni eterogenei di scadenti caratteristiche geotecniche e che hanno perso qualsiasi assetto stratigrafico definito. Frammisti a limi argille e sabbie si rilevano clasti e frammenti litoidi e di laterizi.

Tali depositi sono più frequenti in prossimità di aree urbanizzate.

**Quaternario.**

Queste formazioni sono caratterizzate da terreni di varia origine; fluviale recente o attuale a tessitura variabile da limi argillosi a ciottolami, di spiaggia od eolica, di transizione e di retrospiaggia, di panchina marina, detritica ed eluviale, tutti attribuibili al Quaternario.

Stratigraficamente queste formazioni si trovano in discordanza nella posizione superiore alle formazioni delle unità dei sedimenti neogenici, della serie toscana e della serie ligure.

*Detrito di versante (dt)*

Depositi prevalentemente incoerenti costituiti da ciottoli di varia forma e dimensione derivati dal disfacimento delle formazioni contermini (prevalentemente calcaree) ed accumulatisi ai piedi dei versanti per azione prevalentemente gravitativa, unitamente a depositi a granulometria più fine individuati in prossimità dei movimenti franosi dei depositi di origine marina del Pliocene.

In tale formazione sono stati raggruppati i vari depositi localizzati nei corpi di frana, ai piedi dei versanti come accumuli detritici e distinti come forma morfologica nel caso dei con di deiezione.

Tale unità affiora in maniera diffusa nel territorio in esame ed in particolare ai piedi dei rilievi collinari calcarei. In tale contesto geologico specifico si possono distinguere (vedi Tavola 2 – Carta Geomorfologica) forme complesse e articolate di deposito che formano una vera e propria unità di transizione continua tra i rilievi calcarei e le unità di chiara origine alluvionale o marina soprastanti.

*Depositi di spiaggia ed eolici (s).*

Sabbie di spiaggia attuali e di duna con tessitura omogenea e colore prevalentemente giallo-ocra con rari passanti di colore rossastro o nocciola talora cementati.

Per quanto concerne i sedimenti di duna trattasi di una forma eolica con vegetazione anche di alto fusto costituita da sedimenti fini prevalentemente sabbiosi ormai stabili. Qui si rilevano talvolta elementi di disturbo antropico come muretti, marciapiedi, sottoservizi, recinzioni, edifici e infrastrutture. Limitatamente ad alcune porzioni di tali zone (Tombolo della Feniglia ed in limitate porzioni nella zona antistante il Campo Regio) sono presenti i caratteri originari-naturali della forma.

*Depositi di transizione di retrospiaggia ed alluvionali (tp).*

Terreni fini costituiti da limi, limi argillosi e sabbiosi talora torbosi di ambiente prevalentemente lagunare o palustre.

Intercalati a tali depositi, soprattutto nella porzione prossima alle sabbie di origine eolica, si rilevano rare sabbie ocracee talvolta cementate.

Sono depositi prevalentemente di colmata ed alluvionali in prossimità dei corsi d'acqua temporanei. Affiorano nelle depressioni chiuse di recente formazione, in cui si instaurano ampi bacini palustri e lagunari e talora nelle vallecole minori fino ad incontrare (zona della Bonifica di Talamone) le propaggini dei rilievi collinari.

Nella zona retrostante la Laguna di Orbetello, costituiscono una rilevante unità di passaggio tra i terreni di laguna attuale ed i depositi continentali che dipartono dalla zona pedecollinare. Sono prevalentemente terreni di scadenti caratteristiche geotecniche con evidenti difficoltà di drenaggio per condizionamenti morfologici.

*Alluvioni fluviali recenti (a).*

Depositi fluviali incoerenti e coerenti costituiti prevalentemente da limi sabbiosi alternati a sabbie e argille sabbiose con orizzonti talora ghiaiosi e ciottolosi.

Affiorano estesamente anche con discreto spessore (compresi tra 20 e 40 m dal p.c. e massimi nelle parti centrali di 60-80 m dal p.c.) nell'ampia pianura alluvionale compresa tra il Torrente Osa ed il Fiume Albegna.

In prossimità delle porzioni marginali della pianura alluvionale Osa-Albegna, vicine alle pendici pedecollinari, e negli affioramenti estesi a nord del Torrente Osa, si riconoscono livelli terrazzati di primo ordine.

Tali depositi si rilevano inoltre in prossimità di corsi d'acqua minori talora privi di opere di difesa idraulica che hanno dato origine a fenomeni di deposizione alluvionale di modesta entità.

*Panchina marina e sabbia eolica in terrazzi (Qp).*

Depositi sabbiosi cementati di origine marina ed eolica alternati a depositi sabbiosi prevalentemente eolici. Trattasi come forma morfologica di una duna fissa con antichi depositi marini diagenizzati che hanno contribuito al mantenimento della forma. Tale formazione si rileva esclusivamente nella parte orientale del Tombolo di Orbetello.

*Dune antiche (sd).*

Depositi sabbiosi omogenei raramente cementati di origine eolica in posizione marginale distante dall'attuale linea di costa. Trattasi come forma morfologica di una duna antica con fenomeni di erosione in atto. Tale formazione si rileva esclusivamente nella parte sud orientale del territorio comunale in prossimità della località Poggio Rina.

*Argille e sabbie (Qm).*

Depositi argillosi e sabbiosi con frequenti livelli fossiliferi di origine marina o lagunare. Trattasi di una formazione marginale ma significativa per la definizione dell'evoluzione geologica dell'area in esame che affiora nella parte meridionale del territorio comunale. In tale formazione si rilevano antichi fenomeni di erosione fluviale.

*Sabbie rosse (Sr).*

Depositi di sedimentazione marina prevalentemente sabbiosi di colore rosso acceso con frequenti livelli cementati ed inclusi ciottolosi e ghiaiosi. Tali terreni testimoniano un tardo ciclo di sedimentazione marina che si colloca nella parte terminale e marginale della depressione occupata da depositi alluvionali recenti. La formazione affiora quindi in prossimità di ampie fasce morfologiche di passaggio tra la zona pedecollinare e la pianura alluvionale o le zone palustri attuali.

**Sedimenti neogenici.**

Queste formazioni sono caratterizzate da terreni di origine marina di varia granulometria (dai conglomerati fino alle argille) del ciclo sedimentario del Pliocene. La distribuzione di detti sedimenti segue una depressione in direzione anti-appenninica con sviluppo prevalente parallelo all'asse del corso attuale del Fiume Albegna, nella porzione ad est del confine comunale. Gli affioramenti che ricadono nel territorio comunale (termine trasgressivo della serie sedimentaria) costituiscono il lembo nord-ovest dell'antico bacino di sedimentazione marina.

*Conglomerati poligenici poco coerenti (Pcg).*

Depositi di origine marina, grossolani, costituiti da elementi poligenici in matrice sabbioso-limosa, talora ben cementati e passanti lateralmente a livelli sabbioso-limosi.

Affiorano in piccoli lembi nei rilievi collinari a nord del Torrente Osa.

*Sabbie (Ps).*

Depositi a tessitura sabbioso-limosa di colore giallastro, costituiti da strati con spessori variabili tra 0.5 e 1 m.

Intercalati a tali depositi si riscontrano dei sottili livelli di limo, da debolmente sabbioso ad argilloso, e rare lenti ghiaiose e ciottolose. Spesso si ritrovano cartografate nell'unità anche litologie più coesive molto compatte.

Affiorano nei rilievi collinari a nord del Torrente Osa.

*Argille (Pag).*

Depositi argilloso-limosi piuttosto compatti e di colore grigio-azzurro si presentano abbastanza omogenei e con una diffusa fessurazione, a causa dei processi di alterazione superficiale, soprattutto al termine della stagione secca. Talvolta, all'interno di tale formazione, si rilevano abbondanti livelli fossiliferi.

Affiorano nei rilievi collinari a nord del Torrente Osa.

**Serie ligure.**

Le formazioni di seguito descritte appartengono alle diverse unità tettoniche liguri del substrato litoide. Tali unità, che sormontano il complesso della Serie Toscana, sono rappresentate nel territorio comunale di Orbetello esclusivamente dai termini che costituiscono la copertura sedimentaria dell'unità tettonica nel suo complesso. Tali unità affiorano nei rilievi collinari settentrionali del territorio a nord del tracciato attuale del Torrente Osa.

*Galestri e palombini (gp).*

Nell'area di riferimento affiorano in prevalenza gli argilloscisti talora silicei subordinati ad intercalazioni di calcari grigi e di colore nocciola e calcari silicei compatti. Negli affioramenti di tale formazione del Cretaceo superiore si riscontrano talora anche orizzonti di torbiditi arenacee, marne e calcari marnosi grigi. Negli affioramenti piuttosto estesi e localizzati a nord del Torrente Osa nei pressi di Fonteblanda e Poggio Sugherino è stato possibile verificare in alcune porzioni l'andamento stratigrafico con assetto assai variabile e talora caoticizzato.

La formazione risulta essere fortemente condizionata dall'assetto tettonico descritto in precedenza.

*Flysch calcareo (mp).*

La formazione mp è caratterizzata da affioramenti di flysch calcareo-marnosi con alternanze di calcari, calcari marnosi grigi o biancastri e marne. Alternati ai suddetti orizzonti prevalentemente compatti e stratificati si riscontrano rari strati caratterizzati da argilloscisti marnosi e vere e proprie marne con assetto stratigrafico anche caoticizzato.

Negli affioramenti piuttosto estesi e localizzati a nord del Torrente Osa nei pressi di Maremmello di Sopra, Santa Maria del Grano, Poggio Ospedaletto e Poggio San Sebastiano è stato possibile verificare in alcune porzioni l'andamento stratigrafico con assetto prevalente in direzione nord-ovest.

Anche tale formazione del Cretaceo superiore, risulta essere fortemente condizionata dall'assetto tettonico descritto in precedenza.

*Calcareniti calcari marnosi (np).*

La formazione delle Calcareniti e calcari marnosi (np) risulta costituita da calcareniti compatte, calcari silicei e calcari marnosi con rarissime intercalazioni di argilloscisti. Talora si rilevano orizzonti francamente arenacei alternati alle prevalenti calcareniti.

Negli affioramenti piuttosto limitati e localizzati nei pressi del versante che degrada da Poggio Civitella verso la valle del Torrente Osa è stato possibile verificare l'andamento stratigrafico con assetto prevalente in direzione ovest/sud-ovest.

Anche tale formazione dell'Eocene risulta essere fortemente condizionata dall'assetto tettonico descritto in precedenza.

**Serie Toscana.**

Le formazioni di seguito descritte costituiscono delle finestre tettoniche con caratteristiche stratigrafico-strutturali tipiche della Serie Toscana ridotta presente nei rilievi appenninici occidentali della Toscana Meridionale. Le formazioni della Serie Toscana sono sormontate come suddetto da quelle liguri sopra descritte. Tali formazioni affiorano nelle principali dorsali e nei rilievi più significativi sia con sviluppo in direzione appenninica (porzione nord ovest del territorio comunale) che anti-appenninica (ampio affioramento nella porzione meridionale del territorio comunale).

*Macigno (mg).*

La formazione del Macigno (mg) comprende arenarie quarzoso-feldspatiche micacee in strati intercalati da scisti. La formazione oligocenica, che talora si presenta in bancate di grande spessore, affiora in un'area estesa nell'estremo nord del territorio comunale, nei pressi di Poggio Ospedaletto ed in piccoli appezzamenti, prevalentemente ubicati nella porzione a nord del Torrente Osa.

*Flysch calcareo marnoso (n).*

La formazione flyscioidale eocenica comprende calcareniti, calciruditi con macroforaminiferi, calcari con selce, calcari marnosi e marne. La litofacies più diffusa in affioramento è costituita da strati di 30-50 centimetri di calcari marnosi rosati e da bancate di marne calcaree rosse o rosate con rare intercalazioni decimetriche di siltiti grigio verdi.

Essa affiora sul versante esposto ad est di Poggio Talamonaccio con andamento stratigrafico prevalente in affioramento in direzione nord-ovest. Un affioramento piuttosto esteso si rileva a nord di Talamone in prossimità del Podere Cavaliere con andamento stratigrafico prevalente in affioramento in direzione ovest.

*Calcare Cavernoso (cv).*

Il Calcare Cavernoso (cv) è formato da una breccia di calcari dolomitici di colore grigio e avana, in caso di alterazione, assai vacuolare in superficie. Sono presenti plaghe più cementate ed altre costituite da ammassi dolomitici polverulenti (cenerone). In alcune zone sono presenti le evaporiti originariamente intercalate alle dolomie.

Il Calcare Cavernoso risulta inoltre essere caratterizzato da avanzati processi di carsismo con evidenti forme morfologiche del tipo doline, inghiottitoi e grotte.

La formazione, costituisce il più significativo acquifero dell'area ed in prossimità dei principali lineamenti tettonici (localizzati con strutture positive soprattutto nei rilievi nella porzione nord del territorio comunale) risulta anche influenzata da una alimentazione idrogeologica profonda di origine termale.

Tale formazione del Trias superiore rappresenta sicuramente la formazione più diffusa e significativa del territorio comunale ed è caratterizzata da vasti affioramenti in località Fonteblanda e Ansedonia e costituisce la globalità dei rilievi collinari ad est del Capoluogo ed a nord di Talamone.

*Verrucano (V).*

Per quanto concerne il Verrucano (V) del Trias medio-inferiore si rilevano prevalentemente delle arenite in grosse bancate alternate a scisti quarzificati violetti e quarziti biancastri. Trattasi di sedimenti clastici talora interessati da debole metamorfismo e caratterizzati da estrema variabilità sia come potenza sia come successione dei termini che lo compongono. Tale variabilità risulta più accentuata nella parte alta della successione in prossimità del passaggio alle facies carbonatico-evaporitiche del Trias superiore.

Tale formazione affiora estesamente nei rilievi a nord di Talamone nell'area prospiciente alla linea di costa attuale, dove dà origine alle tipiche falesie, talora interessate da processi di dissesto geomorfologico attivo.

### 3 - GEOMORFOLOGIA

Come specificato in premessa il presente studio ha aggiornato ed integrato il precedente studio geomorfologico di supporto alla Variante Generale al PRG approvata nel 1999. Lo studio si è basato preliminarmente su di un rilievo fotointerpretativo (volo Regione Toscana 15/10/1994 altezza 2.000 m str. 1 ftg. 9/21, str. 2 ftg. 109/11, str. 3/A ftg. 100/108, str. 3/B ftg. 97/99, str. 4 ftg. 36/64, str. 5 ftg. 142/156, str. 6 ftg. 163/175; volo Regione Toscana 1984 altezza 2.000 m str. 1 ftg. 238/244, str. 2 ftg. 225/234, str. 3 ftg. 265/273, str. 4 ftg. 250/258) che ha consentito una prima ricognizione dei processi e delle forme morfologiche prevalenti presenti sul territorio del Comune di Orbetello. Nella fase preliminare del lavoro sono stati utilizzati anche tutti i contributi forniti dagli Enti interessati ai sensi del comma 2 dell'art. 15 della L.R. 01/2005. In particolare si fa riferimento ai dati del quadro conoscitivo del S.I.T. regionale, del catalogo IFFI dell'APAT, del Piano Assetto idrogeologico del Bacino Regionale Ombrone, del P.T.C. della Provincia di Grosseto (comprensivo dello Studio dei Geositi), del CARG e del catasto delle grotte della federazione Speleologica Toscana.

Successivamente sono stati eseguiti approfonditi rilievi a terra che hanno battuto tutto il territorio comunale con precisazione cartografica degli elementi che in seguito vengono descritti.

Risulta importante descrivere in dettaglio le diverse forme e processi geomorfologici presenti nell'area in esame per comprendere il quadro morfoevolutivo del territorio del Comune di Orbetello.

In campagna sono state raccolte informazioni di dettaglio per la definizione genetica delle forme, dei processi, per lo stato di attività dei fenomeni e la loro distribuzione areale.

I suddetti rilievi hanno avuto come supporto cartografico la Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000 (scala di rilievo) e restituita in scala 1:10.000.

In particolare sono state distinte forme e processi di versante, fluviali, carsici, litorali ed antropici.

#### **3.1 -Forme e processi di versante.**

Le zone collinari del Comune di Orbetello sono interessate da una modesta e circoscritta franosità, mentre più articolati e diffusi appaiono i veri e propri fenomeni erosivi. Viste le caratteristiche climatiche e clivometriche del territorio analizzato, i rilievi hanno individuato lo stato di attività dei movimenti di massa (attivi, inattivi e quiescenti), la loro tipologia (classificazione Varnes: scivolamento rotazionale, scivolamento traslazionale, crollo,

complesso) nonché le aree di influenza delle frane stesse e l'area potenzialmente coinvolgibile.

L'area di influenza è stata individuata con un intorno di 20 m oltre il coronamento, i fianchi e l'unghia del movimento franoso. Tale area di influenza è stata talora ridotta od ampliata in relazione alla presenza di condizionamenti morfologici, geologici e strutturali locali valutati per ogni singolo movimento franoso.

L'area potenzialmente coinvolgibile si estende per ulteriori minimi 20 m ed è sempre valutata comunque in relazione alle specifiche condizioni di pendenza, morfologica, geologia e struttura locali.

Nelle ricognizioni dei fenomeni di versante è stata recepita e la perimetrazione della zona PFMA in località Talamone del P.A.I., nonché i fenomeni franosi in località Monte Polpi individuati nella cartografia CARG.

Le forme ed i processi individuati consentono di individuare le porzioni di territorio interessate da fenomeni di erosione accelerata e per rivoli, e da movimenti di massa. All'interno di tali fenomeni di dissesto è stata eseguita una dettagliata analisi delle varie forme e processi di sviluppo del dissesto; sono state eseguite inoltre delle analisi geomorfologiche per individuare le zone interessate da fenomeni di deposizione.

In particolare tutti i fenomeni erosivi più lenti e di entità modesta si localizzano nella porzione collinare sud a causa del substrato litoide e dell'abbondante copertura boschiva. Lo stesso può dirsi anche per i rilievi di Talamonaccio e Fonteblanda. La zona invece con maggior presenza di fenomeni erosivi è quella collinare nei pressi della Marta a causa di affioramenti di terreni maggiormente erodibili.

Una nota particolare va fatta riguardo a importanti e cospicui depositi di deiezione e detritici nelle porzioni inferiori dei rilievi in cui affiora il Calcere Cavernoso (in special modo allo sbocco delle vallecole minori).

### **3.2 -Forme e processi fluviali.**

Queste forme sono associate a processi fluviali o comunque imputabili all'energia erosiva e/o deposizionale dei corsi d'acqua anche di dimensioni modeste.

Per quanto concerne le aste fluviali principali (Albegna/Osa) e, limitatamente ad alcune zone di torrenti minori, sono state segnalate le scarpate fluviali in erosione.

L'analisi morfologica ha consentito di individuare anche antichi processi di deposizione/erosione fluviale (terrazzi) e aree interessate da vecchi tracciati dei corsi d'acqua principali (paleoalvei). Si sono distinte inoltre le aree interessate da difficoltà di drenaggio e ristagno delle acque superficiali sostanzialmente per inefficienza e scarsa manutenzione della rete fluviale naturale.

Tali aree si collocano essenzialmente nelle pianure alluvionali dei Fiumi Osa e Albegna.

### **3.3 -Forme e processi carsici**

La presenza di vaste aree con affioramenti della formazione del Calcarea Cavernoso ha condotto ad uno sviluppo di processi di dissoluzione calcarea (carsismo). Le evidenze di tale processo si manifestano anche ad un attento rilievo geomorfologico di superficie. In particolare nel massiccio calcareo sono state rilevate numerose doline, inghiottitoi e grotte sicuramente attribuibili al complesso fenomeno di carsismo presente nel sottosuolo.

Tali fenomeni sono più evidenti nelle porzioni collinari meridionali (zona Polverosa – Poggio del Leccio), ove si è utilizzato per l'implementazione del quadro conoscitivo anche il database del S.I.T. regionale e quello della Federazione Speleologica Toscana. Data la rilevante estensione della formazione del calcarea cavernoso l'aspetto del carsismo epigeo ed ipogeo rappresenta un elemento caratterizzante della morfologia del territorio del Comune di Orbetello che deve essere tenuto presente nella pianificazione urbanistica di tali aree.

### **3.4 -Forme e processi litorali marini, lacustri ed eolici.**

In linea generale il territorio costiero analizzato può essere suddiviso in base a due elementi fisici principali: la costa alta e quella bassa.

All'interno delle suddette classi sono state distinte nel dettaglio le aree interessate da falesia, le varie forme di duna, e le porzioni di riva marina interessate da erosione e le aree di particolare attenzione per l'equilibrio costiero così come definite dal P.A.I. (zona falesia

Talamone). Per quanto concerne le forme di dissesto della falesia sono state individuate le aree interessate da frane e dissesti. Sono stati distinti anche, ove presenti, i terrazzi marini. Nelle forme e processi litorali sono ricomprese anche le zone umide e le aree lagunari che nel territorio di Orbetello rivestono un'importanza rilevante (vedi Bonifica di Talamone e Laguna di Orbetello).

Le zone di falesia con dissesti sono concentrate nelle aree settentrionali e meridionali del territorio analizzato (Parco dell'Uccellina ed Ansedonia), mentre i fenomeni erosivi costieri si ritrovano nel margine sud-ovest del territorio (Santa Liberata).

In questa sede ci preme anche sottolineare alcune notazioni di carattere ambientale in merito alla duna costiera ai sensi della Del. C.R. 47/90.

Le forme relitte che si trovano nell'area analizzata sono testimoni di un ambiente complesso a cui hanno in passato concorso diversi fenomeni sia fisici che biologici. In particolare il mare ha, durante gli anni, deposto la sabbia che si è depositata in un luogo in cui si ha l'annullamento fisico di varie forze, non ultima quella del vento. Durante la formazione dei tomboli poi si sono create le condizioni perché alcune piante particolari iniziassero la colonizzazione e la stabilizzazione di questi ammassi sabbiosi. Proprio attraverso l'azione di queste piante (all'inizio di tipo essenzialmente erbaceo) si ha la prima consolidazione della sabbia, successivamente si ha la colonizzazione della duna da parte di piante più grandi. Il processo di formazione della duna in passato era senza sosta attraverso questa "simbiosi" tra organismi vegetali e trasporto delle particelle di sabbia da parte del mare e del vento. Chiaramente tutto dipende dall'apporto di materiale sabbioso da parte del mare. Nel retroduna protetto dal vento e dalle mareggiate pian piano si può sviluppare una vero e proprio bosco.

Nell'area di Campo Regio è stata distinta con precisione una forma di retroduna in parte antropizzata che segnala con evidenza un passato dell'area occupato da un lago costiero (vedi Lago Burano più a sud).

Sulle dune la risorsa idrica è scarsa e le piccole falde superficiali risentono in maniera sensibile degli apporti pluviometrici. Allo stato attuale la duna costiera è in crisi essenzialmente per gli interventi antropici sul paesaggio e su effetti indotti quali ad esempio l'erosione delle coste per il minor apporto solido dei fiumi. Negli ultimi tempi per la verità si sta anche riconoscendo la positiva azione avuta nel divieto di escavazione degli alvei dei corsi d'acqua che scaricano i sedimenti nel mare antistante le aree costiere del Comune di Orbetello, tali divieti hanno consentito un'apparente regressione del fenomeno erosivo almeno in alcune località.

Complessivamente le aree costiere risentono attualmente dei processi geomorfologici relativi a :

1. azione del mare;
2. azione del vento;
3. azione dei corsi d'acqua;
4. azione dell'uomo.

### **3.4.1 La Laguna di Orbetello (dati e storia).**

La Laguna di Orbetello rappresenta senza dubbio l'elemento qualificante del territorio comunale, proprio per tale motivo si vogliono in questa sede fornire elementi conoscitivi per il completamento di un esauriente quadro geologico e geomorfologico dell'area.

La Convenzione di Ramsar (1971) considera la Laguna di Orbetello una tra le zone umide più interessanti d'Europa; essa rappresenta inoltre una delle ultime aree umide ancora rimaste in Italia. Dal punto di vista strettamente geomorfologico essa non ha la morfologia di un vero e proprio ecosistema lagunare bensì di uno stagno costiero. A differenza di quanto detto per le lagune, gli stagni costieri, anche se direttamente collegati al mare, sono scarsamente influenzati dalle maree e spesso ricevono acqua dolce da immissari di varia origine.

La laguna è separata dal mare da due tomboli completi: la Giannella (a nord-est) e la Feniglia (a sud-ovest). La superficie complessiva dei due specchi d'acqua è di circa 2700 ha. Al margine estremo del terzo tombolo incompleto, interno alla laguna, sorge il centro abitato di Orbetello. Una diga artificiale collega Orbetello al Monte Argentario e divide la laguna in due specchi d'acqua: quello di Ponente (14,5 km<sup>2</sup>), con profondità variabile di 0,6-1,6 m; e quello di Levante (11,5 km<sup>2</sup>). La profondità media è di 1,20 m e la comunicazione tra i due bacini è garantita dai lumi della diga e dal corto canale Glacis sito fuori dalle porte della cittadina. La comunicazione con il mare aperto è consentita nella Laguna di Ponente, in prossimità del Monte, tramite il canale di Nassa, (lungo 700 m, largo 30 m e profondo 1,5-2 m, che 200 m prima di entrare in laguna biforca a sud e dopo altri 60 m a nord; la sua parte centrale arriva invariata in laguna) e tramite un canale navigabile parallelo a Nassa detto di S. Liberata. Detto canale navigabile, lungo 260 m circa, è utilizzato come porticciolo turistico e costituisce un'altro sbocco che, tuttavia, è spesso interrato. Il canale Fibbia collega invece la Laguna di Ponente al fiume Albegna quasi in prossimità della foce. Ha lunghezza totale di 3500 m, sezione trapezoidale con sponde alte 2-3 m, larghezza alla base di 14 m e profondità di 2,5-3,0 m. La laguna di Levante possiede un unico canale: il canale di Ansedonia che è lungo 1840 m, largo 20 m e con profondità media di 1,5-2 m. Tutti i canali possiedono paratoie per impedire il flusso delle acque e, ad eccezione di S. Liberata,

hanno impianti per il pompaggio delle acque in laguna (idrovore con portata di 8 m<sup>3</sup>/sec.). Il canale più antico è quello di Ansedonia, scavato nella roccia in epoca etrusca; gli altri sono recenti: Nassa e Fibbia risalgono al 1800, S. Liberata al 1908, scavato ad opera della Società prodotti chimici colle e concimi (SITOCO).

Dal punto di vista geologico, l'area occupata dalla laguna, è stata interessata in passato da fenomeni di emersioni ed inondazioni cicliche, dipendenti dalle oscillazioni eustatiche del livello marino. A partire dal Pleistocene sono state riconosciute numerose fasi trasgressive e regressive, documentate dai depositi continentali e marini in successione. Le fasi trasgressive sono sempre state accompagnate dalla formazione di tomboli in senso lato e sono testimoniate dalla presenza di panchine e solchi di battente sull'Argentario, al di sopra ed al di sotto dell'attuale livello marino. I tomboli di Giannella e Feniglia e l'istmo di Orbetello altro non sono che l'ultima espressione della trasgressione Versiliana. La Laguna di Orbetello è pertanto un ecosistema instabile con cicli calcolati di 550 anni ed armoniche di 1000 e 1650 anni. I primi documenti storici che parlano della laguna risalgono all'alto medioevo. Tuttavia si suppone che i due tomboli di Feniglia e Giannella fossero già formati completamente in età etrusco-romana grazie ai numerosi ritrovamenti archeologici. La città di Orbetello sembrerebbe abitata già dal VII sec. a.C., mentre le mura sono etrusche del VI sec. a.C.. La peschiera di Nassa sembra risalire all'epoca longobarda fra il VII e l'VIII secolo.

Storicamente si sono sempre segnalati i cosiddetti "mali del lago", infatti il 6 gennaio 1603, un calo di temperatura causò la prima di una lunga serie di gelate che si ripeteranno nel 1654, 1710, 1789 con conseguente moria di pesci e grandissime perdite economiche per tutta la popolazione. Ancora, nel 1719, una fortissima tempesta fece tracimare le acque marine oltre il Tombolo della Feniglia. Nel 1723 le acque divennero torbide e guaste al punto da impedire la montata; tale fenomeno si ripeté con gravità maggiore nel 1776. Il 30 novembre del 1758 un diluvio provocò l'innalzamento del livello delle acque lagunari che oltrepassarono gli argini e riversarono in mare facendo perdere il loro prezioso contenuto in pesci. Ancora nel 1764 una burrasca devastò il "lago" causando una grande moria di pesci; nel 1776 le acque lagunari sono a tal punto guaste da mettere a repentaglio la salute pubblica; perciò Ferdinando di Napoli nel febbraio del 1792 fece riordinare le palizzate che circondavano Orbetello, ripulire i fossi, allontanare e distruggere le piante palustri, per migliorare le condizioni del lago il quale ne giovò tanto che otto anni più tardi la produttività era tornata a grandi livelli. Il Granduca Leopoldo II, nel 1842, fece costruire la Diga, inaugurata il 12 maggio, che ruppe il millenario isolamento delle coste dell'Argentario incrementando i traffici commerciali e consentendo alla città di Orbetello di usufruire delle sorgenti d'acqua del Monte Argentario attraverso un acquedotto costruito sulla stessa (1846). Essa, tuttavia, causò gravi danni all'ecosistema lagunare, infatti, divise l'antico "lago" in due lagune: di Ponente e di Levante; inoltre l'insufficiente numero di ponti, oltretutto di poca luce, non permisero scambio di acque limitandone l'ossigenazione. Nel 1859, il Comune approvò

e finanziò la realizzazione di un nuovo canale di immissione ad Ansedonia sperando così di poter aprire una nuova peschiera. Il progetto tuttavia non ebbe successo ed il canale, il 27 ottobre 1859, a causa delle correnti marine, fu invaso da alghe e sabbia provenienti dalla vicina Feniglia. Il Comune non si fece scoraggiare dal fallimento dell'opera e riprese il progetto spostando di un quadrante la bocca del canale senza ottenere tuttavia il successo sperato. Nello stesso periodo (1860) il dott. Giorgini, direttore della Bonifica, ordinò sconsideratamente la chiusura del canale di Fibbia, con l'assurda motivazione di evitare il mescolamento delle acque dolci dell'Albegna con quelle salmastre della laguna. Le conseguenze furono disastrose e nel 1865 il Comune chiese la riapertura del canale per evitare un disastro ecologico (il livello del lago si abbassò sensibilmente), che avvenne solo nel 1870. Nel 1874 aprì a Terrarossa (Monte Argentario) la miniera di ferro manganesifero dalla Società Fratelli Rae di Livorno con trasporto del minerale estratto per via lacuale. Il 31 ottobre del 1884 il Comune delibera la costruzione di un ponte girevole ad una luce di m 5,04 nel canale di immissione tra il mare ed il lago a Nassa. Nel piano generale di Bonifica del lago lo Stato delibera nel 1885 la costruzione di un grande canale ad Ansedonia (richiederà dieci anni di lavori) che appena aperto al mare fu distrutto in una sola notte di burrasca. Furono dei primi del 1900 le seguenti opere di costruzione: ferrovia Porto S. Stefano-Orbetello Città-Orbetello Scalo, inaugurata nel 1913; ponti sotto la Diga per evitare il completo impaludamento della Laguna, costruzione del canale navigabile Santa Liberata-Orbetello Scalo, detto il "Fossone", con apertura del secondo sbocco al mare parallelo a Nassa (1908), ad opera della Società Prodotti Chimici Colla e Concimi fondata nel 1906. Questo creò un nuovo Scalo marittimo sulla costa tirrenica, lungo 8,5 km e largo 12 m al fondo e 18 m al pelo d'acqua, con profondità variabile da 1,5 m a 2,5 m, che nel 1914 fu classificato come Porto di Seconda Categoria. Il canale navigabile costruito dall'industria è parallelo alla sponda della Laguna di Ponente e separato da un cordolo di materiale terrigeno dalla fabbrica fino al canale Glacis; quindi non è più fisicamente separato dalla laguna ma limitato da palizzate fino allo sbocco a mare. Nel 1922 la Montecatini apre una fabbrica di esplosivi oggi attiva con il nome di S.I.P.E. Nobel. Negli anni 1916-1917, si ebbe l'istallazione dei primi impianti dell'aeroporto di Orbetello e della Scuola per Piloti di Idrovolante con formazione di un idroscalo per idrovolanti (S 55 x) il quale negli anni tra il 1928-1933 divenne famoso per le Crociere internazionali che ne partirono. L'antico e tortuoso (ma grande) canale spagnolo, costruito a scopo militare, che collegava le due lagune, isolando il centro storico di Orbetello, fu interrato nel 1926 e si aprì il piccolo canale Glacis che limitò ulteriormente la già scarsa circolazione lagunare. Un nuovo danno all'ecosistema lagunare è inflitto nel 1945, quando per liberare la città dalle macerie prodotte dal bombardamento tedesco, furono scaricati in laguna migliaia di m<sup>3</sup> di detriti con la formazione del Lungolago di Levante oggi funzionante, in parte, da parcheggio. Nel 1948 le acque della laguna si colorarono di rosso a seguito di una proliferazione microalgale, ancora nel 1964 e nel 1965 di verde e nel 1966 di marrone in seguito ad un'enorme

imputridimento della materia organica; gli stessi fenomeni si verificarono nel 1969 e nel 1970. Nel gennaio del 1974 iniziano i lavori per la realizzazione di un impianto sperimentale a Nassa per la piscicoltura; esso constava di 6 vasche circolari in legno da 1 a 2 metri quadrati. Visto il successo della sperimentazione, nel triennio 1976-77-78 verrà realizzato un fabbricato di 225 m<sup>2</sup> con vasche in cemento. I lavori perfezionati nel 1980-82 costituiscono il Laboratorio Ittiogenico di Santa Liberata (o di Nassa). Nel 1975 il Comune affida ad una équipe di studiosi delle Università di Modena, Trieste e Milano il compito di indagare lo stato di salute della laguna. Oltre agli apporti di materia organica derivanti dalle peschiere, i liquami domestici ed industriali, prima smaltiti in fossa a tenuta o dispersi, sono, per ragioni igieniche, convogliati nella fognatura comunale e scaricati direttamente in laguna. Verso gli anni '70, il comune instaura un depuratore che giunge fino allo smaltimento secondario dei liquami; questo, sebbene abbatta il B.O.D. e la materia organica, non elimina composti azotati e fosforo, responsabili dei fenomeni di eutrofizzazione, anzi li rende disponibili in forma ossidata e perciò più rapidamente assimilabili. Ulteriori episodi di morie di pesce si sono verificati negli anni 1981, 1983, 1986, 1992 e nel 1993.

I Tomboli di Feniglia e Giannella costituiscono l'essenza della laguna, infatti, qualora fossero sopraffatti dalle acque marine, essa cesserebbe di essere. Il tombolo della Giannella, che separa a Nord-Ovest la Laguna di Ponente dal mare è originato ad opera del cordone alluvionale dell'Albegna per deposito di materiali terrigeni trasportati dal fiume ed ivi sospinti dalle correnti. La sua larghezza è maggiore verso la costa e diminuisce all'Argentario. Esso è di origine recente: cartografie del 1572 e del XVII sec. d.C. lo mostrano incompleto e nettamente disgiunto dall'Argentario. La sua configurazione attuale sembra risalire alla fine del XVIII sec. d.C.. Attualmente il tombolo presenta fenomeni erosivi nella sua porzione centrale e soprattutto meridionale legati agli squilibri tra i contributi del fiume Albegna e l'erosione marina esaltata dai caratteri morfologici degli antistanti fondali marini. Il tombolo di Feniglia doveva essersi configurato già in età etrusco-romana, come dimostrato dai numerosi ritrovamenti archeologici (strada etrusca che collega Cosa a P. Ercole, opere idrauliche presso Poggio Pertuso). Originato in seguito a depositi di materiale sabbioso ad opera delle correnti marine, è molto più ampio del primo ed è lungo quasi 6 km e largo dai 700 ai 1100 m. Il più grave errore nella gestione del Tombolo della Feniglia fu commesso nel 1804, quando fu venduto a due privati che lo utilizzarono come pascolo, per il taglio del legname, e per produrre soda con il metodo Le Blanc, depauperando irreversibilmente la vegetazione. La superficie da rimboschire per evitare insabbiamento del fondale della laguna è stimata nel 1824 pari a 173 ha e, nel 1898, risulta triplicata. Nel 1894, visti i gravissimi danni arrecati dai privati al Tombolo, e data l'impossibilità di impedirne lo scempio, il Comune compra la macchia del Marchese Guglielmi. Nel 1911 iniziano i lavori di rimboschimento con semina di pini, pioppi e cipressi, piante erbacee ed arbusti (come l'*Ammophila arenaria*) per saldare la sabbia. Il decreto del 26 luglio 1971 costituisce la

riserva forestale di protezione "DUNA DI FENIGLIA". Con la costruzione nel 1973 della darsena di Cala Galera all'estremo occidentale del tombolo si è realizzata una cospicua deposizione di oltre 6000 m<sup>3</sup> di sabbia che ha interessato dai 100 ai 150 m di spiaggia compensato da un fenomeno erosivo subito ad oriente.

L'istmo di Orbetello è il più antico dei tre tomboli e la chiusura successiva di quelli esterni ne ha arrestato la crescita.

Grazie agli interventi del Commissariamento della Laguna, i canali di Nassa, Ansedonia e Fibbia sono stati dotati di impianti (idrovoce) per il pompaggio di acqua in laguna. La circolazione delle acque è caratterizzata da due regimi:

- Regime di circolazione naturale, in cui le bocche sono in comunicazione con il mare ed i flussi entranti ed uscenti sono regolati dalle maree, peraltro con escursioni molto modeste;
- Regime di circolazione forzata; questo è tipico del periodo estivo per limitare l'eutrofizzazione eccessiva, è caratterizzato da due bocche chiuse con flussi entranti in laguna regolati dalle idrovoce e dalla terza bocca aperta con flusso regolato dalla marea. L'attivazione degli impianti non è continua durante tutta l'estate sebbene debba prolungarsi per 10-15 giorni per essere efficace.

Durante l'alta marea le acque si spostano dal mare alla laguna, mentre durante la bassa marea è la laguna che scarica in mare. Studi condotti da Gorelli, (1988) ed Andriola, e colleghi (1996), nell'ambito del progetto ENEA, hanno evidenziato che il sistema lagunare risente delle maree solo in forma ridotta, per cui il regime di circolazione naturale si esplica solo in una zona adiacente alle bocche di qualche centinaio di metri; inoltre la velocità di flusso al centro della laguna sia nel caso della circolazione forzata che in quella naturale è di 0,002 m/s mentre alla bocca si registrano valori di 0,10 m/s. Nelle zone centrali della laguna, dove non è influente l'apporto d'acqua delle bocche, solo l'interazione con l'atmosfera produrrà, perciò, significativi effetti sui regimi idrodinamici e sui processi di mescolamento. Gli apporti di acqua dolce sono limitati nella laguna di Levante al piccolo torrente detto Fosso del Perugino sito presso il taglio di Ansedonia, e, nella Laguna di Ponente dal fiume Albegna.

L'Albegna riveste un'importanza fondamentale per quanto riguarda la formazione del tombolo di Giannella ma c'è da dire che esso inoltre agisce sulla laguna regolandone anche gli apporti liquidi presso il canale di Fibbia. Nell'area di Ansedonia, in seguito alla carsicità

del terreno sono possibili apporti idrici sotterranei. Il bacino dell'Argentario influisce con apporti diretti dei piccoli corsi d'acqua pluviali e delle polle di acqua dolce anche se questi sembrano trascurabili. Mancano dati certi su eventuali risalienze idrotermali (ipotizzate da vari studi) all'interno della laguna.

### **3.5 -Forme antropiche.**

L'intervento dell'uomo assume un ruolo importante nell'assetto morfologico in quanto contribuisce ad accelerare localmente l'azione di determinati processi morfogenetici, talora esasperandone o limitandone gli effetti.

In relazione a quanto sopra nel territorio comunale di Orbetello lo sviluppo delle forme erosive amplificate dall'azione dell'uomo risulta essere piuttosto modesto e limitato alla porzione di territorio collinare centrale e settentrionale.

All'interno delle forme e processi antropici vengono distinti tutte le opere principali dell'uomo che possono avere una certa rilevanza sull'assetto del territorio con particolare attenzione alle scarpate agli scavi ai riporti, ai laghi artificiali e tutte le opere di difesa idraulica.

Per quanto riguarda la zona di costa sono state individuate le rive con evidente influenza antropica. Sono state altresì indicate le aree di cava ormai dismesse da tempo, gli argini fluviali che sono anche elemento di giudizio sulla pericolosità idraulica (ex-salvaguardie P.I.T.).

Le caratteristiche geomorfologiche del territorio comunale di Orbetello sono esplicitate nelle Tavole 2A-2H.

## 4 - CARATTERISTICHE CLIMATICHE

Le caratteristiche climatiche del territorio comunale di Orbetello sono state valutate attraverso i dati pluviometrici rilevati nelle stazioni poste rispettivamente a S. Donato, Orbetello (dati dal 1935 al 1996), Talamone, Poggio Perotto, Marsiliana e Capalbio (dal 1967 al 1996) ed i dati sulle temperature registrati nella stazione di misura di S. Donato e Orbetello (dal 1935 al 1996).

Le stazioni suddette hanno consentito di avere una copertura sufficiente sia arealmente che temporalmente del territorio comunale di Orbetello.

La stazione di misura dei dati termometrici risulta essere quella più vicina e comparabile alle condizioni climatiche del territorio in esame in riferimento all'intervallo di tempo preso in considerazione.

Dalla ricostruzione delle isoiete utilizzando i dati sopra menzionati, risulta che la variazione topografica del territorio del Comune di Orbetello influenza assai poco la distribuzione delle precipitazioni medie con medie intorno ai 650 mm di precipitazioni annua con minimo in luglio e massimo in novembre.

Per la definizione delle portate massime e per lo studio dei dati pluviometrici associati agli eventi di dissesti geomorfologici rilevanti, fondamentale risulta lo studio delle precipitazioni di massima intensità e breve durata.

Sia i processi erosivi che quelli legati ai fenomeni gravitativi sono, infatti, in stretta correlazione temporale con gli eventi atmosferici caratterizzati da forti intensità di precipitazione.

In relazione ai dati disponibili sono state prese in considerazione le precipitazioni massime negli intervalli compresi fra 5-10-15-20-30 minuti, 1-3-6-12 -24 ore registrate nella stazione di Orbetello tra il 1928 ed il 1996.

Di seguito si riporta una sintesi delle massime intensità di precipitazione (mm) negli intervalli sopra detti:

5min	10min	15min	20min	30min	1ora	3ore	6ore	12ore	24ore
10,6	18,0	20,0	30,0	60,0	76,0	100,2	140,2	194,2	232,2

Tabella 1- precipitazioni critiche 1928/1996

Le stazioni di misura dei dati termometrici prese come riferimento sono poste a S. Donato ed Orbetello, alle rispettive quote di 19 m ed 1 m s.l.m..

Analogamente ai dati sulle precipitazioni sono state ricostruite le temperature medie massime dal 1935 al 1996, ottenendo una curva caratteristica unimodale con massimi di temperatura nei mesi di Luglio ed Agosto e minimi nel mese di Gennaio.

Il valore medio annuale per le 2 stazioni è di 15,1 °C per San Donato e 16,2 °C per Orbetello.

Complessivamente il clima nel territorio comunale di Orbetello, secondo la classificazione di KÖPPEN, rientra in quelli di tipo subarido C1.

## 5 – ACCLIVITA' E CARTA DELLE PENDENZE

La carta delle pendenze e' una delle carte tematiche di base previste dalla normativa ed ha come scopo principale di contribuire alla corretta valutazione della pericolosità di una zona attraverso la descrizione dell'acclività del rilievo.

Nell'area oggetto di studio e' stata quindi realizzata tale cartografia (Tav. 3 A/H) utilizzando la scala di base 1:10.000 e sono state prese in considerazione le seguenti classi di pendenza:

- classe 1: pendenze inferiori del 5%
- classe 2: pendenze tra il 5% ed il 10%
- classe 3: pendenze tra il 10% ed il 15%
- classe 4: pendenze tra il 15% ed il 25%
- classe 5: pendenze tra il 25% ed il 35%
- classe 6: pendenze superiori al 35%.

La scelta di queste sei classi e' stata ritenuta la piu' indicata affinche' fosse possibile evidenziare una serie di intervalli di pendenza tali da essere significativi in relazione alla situazione morfologica della zona nel suo complesso.

In particolare, oltre alle prime due classi definite per pendenze deboli o molto deboli, si e' notato che per quanto riguarda le aree collinare e pedecollinari del Comune di Orbetello le pendenze piu' frequenti erano quelle comprese tra il 10% ed il 35%, si e' preferito dunque suddividere tale intervallo in tre classi e raggruppare tutte le zone con acclività superiore in una sola classe.

Questa suddivisione inoltre ha permesso di poter mettere chiaramente in evidenza la stretta relazione esistente tra valori di pendenza, litotipi presenti e caratteristiche geomorfologiche delle aree.

Le pendenze superiori al 35% si riscontrano principalmente ed in modo quasi esclusivo nelle zone di affioramento dei complessi litoidi (Calcarea Cavernosa, Verrucano) specialmente lungo la costa (falsie).

Anche gli altri complessi litoidi (Macigno, Calcareniti, FLYSCH ecc.) danno luogo a versanti di elevata acclività, ricadendo nelle classi 4 e 5, ma con una netta predominanza delle pendenze comprese tra il 15% ed il 35%.

Questi rapporti risultano particolarmente evidenti nei pressi dei rilievi maggiori (Poggio Ospedaletto, Talamonaccio, La Marta ecc.).

I sedimenti terrigeni, sia continentali che marini invece si manifestano quasi sempre con caratteri morfologici decisamente piu' dolci, con pendenze che normalmente rientrano nelle classi 1-2-3 cio' puo' essere riscontrato soprattutto nelle vallate principali dell'Osa, Albegna, Valle dell'Oro ecc..

Quantitativamente le zone ad acclività medio-bassa sono nettamente prevalenti rispetto a quelle ad acclività medio-alta denotando una scarsa energia del rilievo complessiva del territorio comunale di Orbetello.

In nessun caso sono state rilevate aree con pendii con presenza di sabbie sciolte, argille e limi soffici con pendenza media  $>25\%$ . Vi sono invece vaste aree con presenza di detrito grossolano, comunque consolidato, su pendenze  $>25\%$ .

## 6 - CARATTERISTICHE LITOTECNICHE DEGLI AFFIORAMENTI E DATI DI BASE

Le "Unità geologiche" affioranti nell'area in esame (v. Carta Geologica) sono state caratterizzate ed accorpate sotto il profilo litotecnico, secondo parametri relativi alle caratteristiche fisico-meccaniche, in "Unità litotecniche" o meglio sotto-unità.

Tale lavoro è stato esemplificato mediante la realizzazione di una carta litotecnica (Tav. 4 A/H) in scala 1: 10.000.

I limiti delle sotto-unità litotecniche rappresentate nella suddetta cartografia tematica sono stati definiti mediante l'incrocio del rilevamento diretto in campagna (attraverso uno studio fotointerpretativo) e dei dati derivanti da indagini dirette sui terreni o rocce ricavati da relazioni geologiche di supporto ad interventi diretti. In osservanza della normativa vigente, il fine della suddetta carta è di delimitare i terreni che possono manifestare comportamento meccanico omogeneo, indipendentemente dalla posizione stratigrafica e dai relativi rapporti geometrici.

La suddivisione è stata fatta seguendo la normativa di riferimento (Del. C.R. 94/85, Allegato 1, punto 3.5.3) distinguendo quindi 3 grandi unità indipendentemente dalla posizione stratigrafica e dai relativi rapporti geometrici:

- **Litotipi lapidei** (ovvero successioni carbonatiche, turbiditiche, rocce ignee)
- **Litotipi lapideo-argillosi** (ovvero successioni caotiche tipo flysch ecc..)
- **Litotipi conglomeratici, ghiaiosi, sabbiosi ed argillosi** (ovvero terre propriamente dette).

Queste 3 grandi unità sono state poi ulteriormente suddivise in sotto-unità utilizzando i seguenti criteri tipici degli affioramenti presenti:

### **Lapidei:**

- (1a) non stratificati molto fratturati con carsismo (Calcere Cavernoso)
- (1b) stratificati e mediamente fratturati (macigno)
- (1c) stratificati scarsamente fratturati (verrucano)

### **Lapideo-Argillosi:**

- (2a) strutturalmente ordinati (galestri e palombini)

- (2b) strutturalmente disordinati (flysch calcareo, brecciole nummulitiche)

### **Conglomerati, Ghiaie, Sabbie e Argille:**

- (3a) terreni sciolti o scarsamente cementati a granulometria grossolana con possibilità di instabilità dinamica per cedimenti o cedimenti differenziali o instabilità dinamica per fenomeni franosi (riporto, detrito, depositi di spiaggia ed eolici);
- (3b) terreni mediamente cementati a granulometria grossolana (panchina marina e sabbia eolica in terrazzi, dune antiche, sabbie rosse);
- (3c) terreni prevalentemente cementati a granulometria grossolana (conglomerati poligenici poco coerenti, sabbie);
- (3d) terreni a granulometria fine di scadenti caratteristiche geotecniche con possibilità di instabilità dinamica per cedimenti e cedimenti differenziali (depositi di transizione di retrospiaggia e lacustri)
- (3e) terreni prevalentemente fini con passaggi a granulometria media con caratteristiche geotecniche da scadenti a medie (alluvioni recenti, argille e sabbie marine o lagunari recenti);
- (3f) terreni fini sovraconsolidati (argille sovraconsolidate).

Sempre in questa tavola sono stati ubicati tutti i dati geognostici di base, geotecnici, litostratigrafici e geofisici reperiti presso l'A.C. od altri Enti. In particolare questa carta contiene l'ubicazione di:

- dati geologici e geotecnici ottenuti dalle relazioni geologiche allegate alle pratiche edilizie;
- dati di laboratorio derivanti dalla realizzazione di sondaggi geognostici;
- dati di campagna di prove penetrometriche statiche e dinamiche;
- profili geoelettrici;
- pozzi censiti dall'A.P..

Ciascun punto di indagine è stato georeferenziato sulla Carta Litotecnica e gli è stato attribuito un codice necessario per la sua ricerca. In particolare il primo numero accanto alla sigla (S, D, P, C ecc..) rappresenta la denominazione originale nel singolo lavoro, mentre il secondo numero rappresenta il progressivo assegnato nella presente indagine e "marker" nell'allegato di riferimento (allegato 1).

Complessivamente sono stati cartografati 754 punti di indagine di cui:

N°	Tipo di indagine
19	prove penetrometriche statiche CPT
57	prove dinamiche
5	profili geoelettrici
14	analisi di laboratorio
16	sondaggi geognostici
643	pozzi con stratigrafia nota

Tabella 2 - Indagini geognostiche

Questa ampia raccolta di informazioni, oltre a soddisfare la normativa che richiede espressamente una "Carta dei sondaggi e dati di base" (DCRT 94/85 punto 3.5.7) è stata utile per la messa a punto delle metodologie per la creazione di una banca dati geologici informatizzata estesa a numerose indagini geologiche allegare alle pratiche edilizie in possesso dell'Amministrazione.

I dati relativi alle singole indagini sono stati riportati in allegato 1 alla presente relazione in maniera da essere consultabili liberamente.

Come si desume dalla legenda della cartografia e dalla descrizione sopra riportata le sottounità critiche dal punto di vista litotecnico (scarse proprietà fisico-meccaniche) sono le seguenti 2b, 3a, 3d, 3e.

La prima sottounità (2b) strutturalmente disordinata a prevalente componente argillitica e marnosa, tenera, a resistenza meccanica bassa, costituisce alcuni versanti nelle aree collinari presso il Parco dell'Uccellina, Fonteblanda, Maremmello. In relazione al comportamento complesso controllato soprattutto dalla componente argillitica inglobante i materiali lapidei fratturati, è possibile l'occorrenza di lenti processi gravitativi. Per locali condizioni idrauliche ed in presenza di coperture detritico-colluviali, alterate, etc., si possono innescare fenomeni di rapido decadimento fisico-meccanico, fino a produrre dissesti, soprattutto in coincidenza di interventi erronei o di inadeguato sostegno o drenaggio.

La seconda sottounità (3a) caratterizzata da terreni sciolti assai recenti è soggetta a possibilità di cedimenti e cedimenti differenziali, o se su pendio a fenomeni franosi o di scoscendimento, si colloca prevalentemente lungo il bordo costiero, nelle zone di San Donato, Valle dell'Oro, i 2 Tomboli, alle pendici dei principali rilievi collinari e nelle vallecole secondarie con vasta presenza di coltri detritiche. Spesso tale unità in presenza di eventi meteorici di una certa intensità tende (su pendio) a provocare colate di materiali più o meno fini.

La terza (3d) e quarta unità (3e) sono tipiche di pianura e sono particolarmente critiche per il comportamento geotecnico legato al grado di consolidazione raggiunto dai materiali

(sempre basso). Questi terreni possono essere localmente (zona di bonifica di Talamone, Camporegio, piana dell'Albegna, della Palude della Tagliata e di tutta la fascia circumlagunare) soggetti a significativi fenomeni di subsidenza o di variazioni volumetriche in relazione alle condizioni di saturazione e consolidazione. In tali unità come vedremo in seguito si sono in passato verificati fenomeni di sinkholes in alcune aree circoscritte.

## 7 - CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRITORIO.

La L.R. 21/84 e la Del. C.R. N° 94 del 12/2/1985 hanno recepito l'importanza dello studio dei fenomeni sismici ai fini delle "Indagini geologico-tecniche di supporto alla pianificazione urbanistica".

Fino al 2003 il Comune di Orbetello non risultava inserito negli elenchi dei comuni sismici. Con la Del. G.R. 604/03 la Regione Toscana, in applicazione dell'Ord.P.C.M. 3274/03 ha emanato le prime disposizioni sulla riclassificazione sismica della Regione Toscana. In tale Delibera il Comune di Orbetello viene classificato fra i comuni toscani a bassa sismicità in Zona 4.

Ai sensi della normativa nazionale (Ord.P.C.M. 3274/03 succ. mod. e int.) il Comune di Orbetello è soggetto ad un'accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A pari a

$$a_g = 0.05 g.$$

Con Del. C.R. 169/03 è stato introdotto l'obbligo della progettazione antisismica per i comuni in Zona 4 della Regione Toscana.

Mancando ad oggi una normativa specifica per i comuni sismici classificati in Zona 4 relativa alla valutazione dei potenziali "effetti locali" degli eventi sismici: liquefazione, amplificazione per effetti morfologici, amplificazione per effetti litologici, cedimenti e cedimenti differenziali, frane; si è ritenuto opportuno attenersi, in favore della sicurezza, alle disposizioni della vecchia classe 3 della Del. C.R. 94/85.

La richiesta di valutazione degli effetti locali risultava dalla seguente tabella 3:

	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Amplif. eff. morfol.	•	•	
Amplif. eff. litologici	•	•	
Cedimenti ced. diff.	•	•	•
Liquefazione	•		
Frane	•	•	•

Tabella 3 - Classi sismiche e "effetti locali"

Nel comune di Orbetello, quindi non si richiedono particolari considerazioni sugli effetti del sisma riguardanti fenomeni di amplificazione e liquefazione.

Tuttavia è stata condotta un'indagine storica conoscitiva sui fenomeni avvenuti nella zona di Orbetello dalla quale risulta (come dimostrano pubblicazioni del C.N.R., della Regione Toscana e di altri Enti) che la distribuzione della frequenza dall'anno 1000 al 1980 è inferiore ai 10 eventi, con profondità ipocentrale entro i 30 Km, ed intensità massima del VI grado MCS.

Si conferma quindi la scarsa sismicità dell'area e quindi la bassa probabilità del verificarsi dei fenomeni superficiali correlati (frane e cedimenti differenziali per effetto di sisma).

## **8 - IDROGEOLOGIA**

Il tematismo di base più significativo per quanto concerne le indagini geologico tecniche di supporto al P.S. del Comune di Orbetello è risultato essere sicuramente quello idrogeologico. Tale fatto deriva dalle condizioni fisiografiche di Orbetello con forti condizionamenti anche morfologici legati al tema delle acque superficiali e sotterranee. Gli equilibri idrogeologici della laguna di Orbetello, i condizionamenti derivati dal mare e dalle azioni di bonifica nelle zone palustri o umide, unitamente ad una complessa situazione idrogeologica con afflussi del circuito idrogeologico profondo (acque termali calde) ed un regime di prelievi di acqua del sottosuolo molto sviluppato, rendono tale tema di interesse fondamentale per lo sviluppo compatibile del territorio.

Per quanto possibile in riferimento ad uno studio di supporto ad uno strumento urbanistico, sono stati approfonditi vari temi di interesse idrogeologico, ottenendo una cartografia di sintesi utile per una corretta programmazione dello sviluppo del territorio individuando le possibilità di mitigazione o riduzione degli evidenti squilibri attuali del regime idrogeologico.

### **8.1 – Rilevamento dei dati idrogeologici e considerazioni metodologiche**

Per la restituzione dei dati idrogeologici e sulla vulnerabilità degli acquiferi sono stati tenuti presenti ed in debita considerazione: a) il Piano di Tutela delle Acque -Settore Tutela Acque Interne della Regione Toscana (Del. C.R. 6/2005); b) le aree di perimetrazione del cuneo salino del PTC della Provincia di Grosseto; c) il monitoraggio dell’Autorità di Bacino Ombrone relativo alla qualità delle acque sotterranee della pianura dell’Albegna; d) precedenti studi di carattere idrogeologico dell’area con particolare riferimento allo studio commissionato dalla Regione Toscana all’Università di Firenze (Prof. G. Pranzini) nel 1996.

L’indagine idrogeologica effettuata nel territorio comunale di Orbetello è stata estesa all’intero territorio comunale attraverso la suddivisione dei terreni e delle rocce affioranti in varie classi e tipi di permeabilità superficiale e definendo quindi le potenzialità idriche dei principali acquiferi.

L’analisi sulla permeabilità delle rocce e terreni ha, inoltre permesso di definire l’andamento spaziale dei vari acquiferi in modo da evidenziarne gli aspetti di maggiore interesse idrogeologico. Il lavoro è stato approfondito analizzando tutti i dati stratigrafici ed idrogeologici disponibili attraverso il censimento dei pozzi unitamente ai dati connessi

forniti dall'Amministrazione Provinciale, i dati dell'A.T.O. e tutti i dati ricavati dalle varie prospezioni od indagini geotecniche eseguite nel territorio.

E' stata quindi individuata una significativa porzione di territorio, rappresentata dall'ampia zona pianeggiante o pseudo-pianeggiante posta tra i fiumi Osa ed Albegna, dalle vallecole minori e da tutta la fascia di collegamento tra tali aree e le vere e proprie zone costiere, ove si rileva un complesso acquifero multifalda dotato di evidenti elementi di continuità idrogeologica. Trattasi del complesso acquifero multifalda costiero plio-pleistocenico ed attuale costituito da più livelli sabbiosi o sabbioso-ghiaiosi intervallati da orizzonti talora discontinui di limi ed argille con eteropie in prossimità della linea di costa attuale con i depositi eolici di retro-spiaggia e gli stessi depositi sabbiosi di spiaggia attuale.

Unitamente ai suddetti elementi di continuità idrogeologica nell'area in esame si rileva un considerevole numero di punti di misura significativi di tale acquifero multifalda (pozzi con caratteristiche idrogeologiche omogenee) che ha consentito una corretta ricostruzione della geometria e struttura dell'acquifero e della morfologia piezometrica. Per carenza di dati non è stato possibile ricostruire l'andamento piezometrico degli altri acquiferi (rocce fratturate ed acquiferi isolati o scarsamente significativi) del territorio comunale pur eseguendo, anche per loro tutti gli ulteriori approfondimenti di carattere idrogeologico descritti nel presente capitolo

Il rilievo piezometrico è stato eseguito in un solo giorno da tre squadre di rilevatori nel mese di giugno 2004 (11/06/2004).

In seguito ad una dettagliata analisi comparativa in alcuni punti di misura, individuati con dettaglio nella tavola 5 (carta idrogeologica) è stato possibile eseguire delle misure di conducibilità elettrica delle acque di falda. Queste misure di conducibilità elettrica sono state effettuate in contemporanea con il rilievo piezometrico sopra descritto.

La conducibilità elettrica è risultata utile per definire il grado di salinità delle acque e quindi ricostruire, unitamente alle condizioni della morfologia piezometrica, lo sviluppo del cuneo salino e dell'area ad elevata salinità, caratterizzata da condizioni di stress idrico. I dati così ottenuti hanno consentito inoltre la rappresentazione delle isoconduttive nella stessa area dove è stata eseguita la ricostruzione della morfologia piezometrica.

E' stato possibile effettuare anche un dettagliato rilievo di tutti i pozzi e sorgenti compresi quelli con caratteristiche termali riconosciute dal Ministero della Salute e dalla Regione Toscana e quelli per uso potabile. Il controllo diretto di circa 110 pozzi o emergenze della falda ha consentito inoltre di individuare alcune criticità di carattere idrogeologico in relazione all'uso delle acque ed al sistema di adduzione.

In relazione alla localizzazione della rete acquedottistica, ai programmi di utilizzo eseguiti dall'A.T.O., all'economicità ed ai possibili sviluppi dei prelievi potabili è stata eseguita una valutazione della potenzialità idrica dell'acquifero del Calcare Cavernoso

utilizzato per usi potabili ed altri usi ed ubicato nel rilievo collinare posto ad est del Capoluogo.

La sintesi di tutti i dati idrogeologici sopra menzionati ha consentito di definire le varie zone di rispetto per la risorsa potabile (zona di tutela assoluta, zona di rispetto e zona di protezione idrogeologica) e le aree come quelle caratterizzate da elevata salinità e stress idrico, da assoggettare a speciali misure di protezione idrogeologica (norme NTA e misure del Piano di Tutela delle Acque della Regione Toscana).

## **8.2 – Classi di permeabilità dei terreni**

In relazione alle caratteristiche tessiturali e geolitologiche delle varie formazioni affioranti ed a prove di permeabilità sperimentali tipiche delle stesse e ritenute valide da dati di pubblicazioni eseguite nell'area di riferimento, nella carta idrogeologica (tavola 5) l'intero territorio comunale è stato suddiviso in varie classi di permeabilità. Tale studio si rende particolarmente utile per la valutazione delle possibili interazioni tra gli acquiferi principali ed eventuali zone a rischio di contaminazione, consentendo quindi successivamente la definizione preliminare della vulnerabilità idrogeologica (vedi oltre).

Per definire nel dettaglio l'estensione delle aree di salvaguardia o di tutela speciale, i dati precedentemente descritti vanno incrociati con le considerazioni sulla dinamica e sulle caratteristiche geochimiche della falda. La successiva definizione dei centri di pericolo consentirà di individuare le aree a rischio idrogeologico.

Nell'analisi condotta sono stati presi in considerazione anche i suggerimenti che vengono indicati nella normativa di riferimento (Regione Toscana, PTC, ATO) ai fini di una corretta classificazione di permeabilità superficiale e conseguentemente vulnerabilità idrogeologica.

In relazione a quanto sopra vengono quindi individuate tre diverse classi di permeabilità dei terreni e delle rocce affioranti (elevata, media, bassa), in maniera da distinguere in funzione del coefficiente di permeabilità  $K$  il diverso tempo di percolazione superficiale.

E' stata inoltre eseguita un'ulteriore suddivisione all'interno delle suddette classi di permeabilità in modo da avere una maggiore definizione anche del tipo di permeabilità prevalente per porosità o per fessurazione. Vengono così individuate sottoclassi porose e sottoclassi fratturate. Tutte queste elaborazioni consentono di ottenere in via generale una classificazione sulla permeabilità dei terreni.

Sono state distinte quindi:

- **Classe di permeabilità bassa (B):** che riunisce tutte le unità litologiche a composizione prevalentemente argillosa, nelle quali la penetrazione ed il passaggio sono minimi. Si distinguono unità a permeabilità bassa prevalente per porosità (Bp) e caratterizzate dalle seguenti formazioni geologiche: *tp*, *Qm* e *Pag*. Si distingue inoltre una sola unità a permeabilità bassa prevalente per fessurazione (Bf) caratterizzata dalla formazione geologica *gp*.
  
- **Classe di permeabilità media (M),** riunisce una serie di terreni e rocce a caratteristiche assai varie per alternanze di strati permeabili ed impermeabili. Si distinguono unità a permeabilità media prevalente per porosità (Mp) e caratterizzate dalle seguenti formazioni geologiche: *a* e *Ps*. Si distinguono inoltre unità a permeabilità media prevalente per fessurazione (Mf) caratterizzate dalle formazioni geologiche: *V*, *mp*, *np*, *mg*, ed *n*.
  
- **Classe di permeabilità alta (A),** della quale fanno parte quelle rocce ed i terreni che, per le loro caratteristiche di circolazione e permeabilità possono costituire ottimi acquiferi. Si distinguono unità a permeabilità elevata prevalente per porosità (Ap) e caratterizzate dalle seguenti formazioni geologiche: *sr*, *r*, *dt*, *s*, *Qp*, *sd*, e *Pcg*. Si distingue inoltre una unità a permeabilità elevata prevalente per fessurazione (Af), caratterizzata dalla formazione geologica del Calcare Cavernoso e potenzialità idrogeologiche di carattere regionale.

Per valutazioni di dettaglio si rimanda all'analisi della carta idrogeologica (tavola 5) dove vengono chiaramente distinte le suddette classi in relazione alla disposizione areale degli affioramenti delle unità idrogeologiche accorpate in funzione delle classi e della tipologia di permeabilità. Dette delimitazioni unitamente alle condizioni geometriche e strutturali dell'acquifero hanno contribuito in maniera significativa alla definizione delle zone di protezione idrogeologica. Tali aree sono infatti caratterizzate da pregi particolari della falda dati sia da condizioni intrinseche (particolare produttività e talora qualità buona) che da condizioni contingenti ed in particolare dall'interesse strategico per gli attuali ed i futuri sviluppi dell'uso idropotabile.

### **8.3 – Morfologia piezometrica e caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero superficiale principale dell'area pianeggiante e costiera**

Come accennato in precedenza nelle aree pianeggianti o pseudo pianeggianti poste tra i fiumi Osa ed Albegna, nelle vallecole minori e nella fascia del loro collegamento con le zone costiere si rileva un complesso acquifero multifalda dotato di elementi di continuità idrogeologica. Trattasi del complesso acquifero multifalda costiero plio-pleistocenico ed attuale costituito da più livelli sabbiosi o sabbioso-ghiaiosi intervallati da orizzonti talora discontinui di limi e ed argille con eteropie in prossimità della linea di costa attuale con i depositi eolici di retro spiaggia e gli stessi depositi sabbiosi di spiaggia attuale. In merito alla geometria ed alla struttura dell'acquifero si rilevano spessori medi complessivi nella porzione centrale dell'area pianeggiante di circa 60-80 metri con orizzonti produttivi (ghiaie e sabbie) che variano notevolmente in relazione alle eteropie deposizionali ma che in media hanno spessori significativi medi di circa 15-20 metri. Data la discreta continuità geometrica dell'acquifero si possono distinguere in tutto tre orizzonti produttivi principali (superficiale, intermedio ed inferiore) che nel complesso raggiungono le potenze sopra descritte. Ai margini dei rilievi collinari ed in prossimità di condizionamenti tettonici dell'originaria area deposizionale si rilevano riduzioni locali di tali spessori fino ad un minimo di circa 10-15 metri medi complessivi (orizzonti produttivi ridotti ad un massimo di 3-5 metri). Per valutazioni di dettaglio si rimanda all'analisi della carta idrogeologica (tavola 5) dove vengono chiaramente distinte le aree dell'acquifero in studio dove è stata ricostruita la morfologia piezometrica.

Nell'acquifero in esame si rilevano numerosissimi pozzi utilizzati in prevalenza per usi irrigui stagionali molto intensi e subordinatamente per servizi o usi industriali. Nelle ricostruzioni stratigrafiche disponibili e negli schemi di tubaggio, soprattutto nei vecchi pozzi, sono rare le corrette separazioni di livelli acquiferi isolati. Sia per fattori naturali (eteropie laterali o contatti verticali) che a causa dei condizionamenti delle opere di presa si assiste quindi alla vera e propria miscelazione dei tre orizzonti acquiferi principali. Si determinano quindi vere e proprie condizioni di un acquifero multifalda di importanza regionale tipico di molte zone costiere toscane.

L'alimentazione dell'acquifero proviene direttamente per percolazione dagli affioramenti dello stesso, dai corpi d'acqua che interagiscono con i livelli produttivi (fiumi, laguna e mare) e soprattutto dall'interazione degli orizzonti acquiferi alla base e lateralmente con i versanti calcarei saturi.

Per i motivi suddetti e per assenza di dati di ulteriore dettaglio risulta difficilmente attendibile la stesura di un vero e proprio bilancio idrogeologico dell'acquifero studiato. Tuttavia dai dati analizzati si evidenziano portate significative in gran parte dei pozzi che captano tutto l'acquifero con portate medie di esercizio variabili tra 15-20 litri al secondo

per ciascuna opera. Dati i valori di risorsa rinnovabile, l'estensione degli affioramenti e le buone portate per singolo punto di approvvigionamento significativo, la ricarica dall'acquifero calcareo risulta sicuramente essere molto importante per il sistema, anche se difficilmente quantificabile.

E' importante segnalare che a sua volta lo stesso acquifero calcareo quando intercetta un piano di faglia profondo risulta interessato da fenomeni di alimentazione per risalienza dal circuito idrotermale profondo, con acque ricche in sali e con temperature elevate. In alcuni punti di misura tale effetto condiziona anche l'acquifero superficiale multifalda. Per quanto concerne la quantità di risorsa dell'acquifero in questione, rimandando ad uno studio specifico per la definizione attendibile del bilancio idrogeologico, si concorda con quanto indicato in via generale da uno studio eseguito nell'anno 2000 nell'area in esame (Quaderni di Geologia Applicata, 7/3/2000) dove si determina un volume totale di acqua immagazzinabile nell'acquifero studiato pari a circa  $180 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

In relazione ai dati disponibili sui prelievi e tenendo in considerazione il rilievo eseguito in questa fase di studio soprattutto in riferimento alla diffusione dei pozzi con prelievi superiori a 10 l/sec, si riscontra che in gran parte dell'area in studio si hanno prelievi eccessivi che possono determinare una condizione di stress idrico associata ad un progressivo peggioramento della qualità delle acque di falda. Il problema dell'acquifero studiato oltre agli eccessivi prelievi prevalentemente per gli usi irrigui è sicuramente, come vedremo in seguito, quello della elevata salinità delle acque.

Passando ad una analisi di dettaglio della morfologia piezometrica per determinare precisamente le aree interessate da stress idrico si sottolinea che il rilievo piezometrico, che ha interessato circa 110 pozzi con dati omogenei, è stato eseguito in un solo giorno da tre squadre di rilevatori nel mese di giugno 2004 (11/06/2004), per garantire la massima istantaneità e quindi rappresentatività della misura. Si sottolinea che il continuo emungimento cui è sottoposta la falda prevalentemente per usi irrigui comporta di misurarne solo il livello in condizioni dinamiche. Si ha quindi una valutazione molto alterata rispetto alle condizioni naturali della falda ma sicuramente attinenti ad una condizione dinamica che ben rappresenta l'acquifero nelle condizioni attuali.

Partendo dall'estremo lembo nord-ovest dell'area dove è stata rappresentata la morfologia piezometrica nella vallecchia minore dei collettori occidentale ed orientale e nella zona di Fonteblanda si rileva in generale un andamento piatto e depresso della superficie piezometrica nelle aree prossime alla linea di costa con livello piezometrico medio pari a quello del mare. Procedendo verso i rilievi collinari la superficie piezometrica assume un andamento ellittico con un'area caratterizzata dalla maggiore depressione (livello anche inferiore al livello del mare) a forma cilindrica iperbolica centrale e con fronte di alimentazione dal massiccio calcareo laterale. Lo stesso fronte di alimentazione si rileva nei pressi di Fonteblanda. Nell'ampia area pianeggiante e pseudo

pianeggiante compresa tra i corsi d'acqua attuali del Fiume Osa ed Albegna si rileva in generale una ampia superficie radiale della piezometria che individua chiaramente una zona di alimentazione proveniente dagli affioramenti diretti degli orizzonti acquiferi in prossimità dell'area pedecollinare posta nella porzione est di questa zona. Si rilevano inoltre in quest'area i maggiori condizionamenti dovuti ad eccessivi prelievi che danno luogo a due fenomeni distinti. Il primo è quello che vede localizzata in tale area ed in particolare nell'area compresa tra la zona di retroduna attuale ed i primi rilievi collinari, una vasta zona dove la superficie piezometrica risulta fortemente depressa con valori che scendono anche al di sotto del livello del mare. Si notano inoltre situazioni locali di forte depressione che fanno assumere alla superficie piezometrica il classico andamento cilindrico parabolico. Tali condizionamenti locali dovuti a singoli pozzi con portate significative determinano una tipica situazione con spartiacque dinamici che intervallano varie condizioni di depressione cilindrica parabolica della superficie piezometrica. Trattasi quindi di tipica falda radiale influenzata dai prelievi.

Anche il rapporto con i corsi d'acqua risente di tale condizione dinamica dei prelievi con situazioni che fanno sì che talora il fiume alimenta la falda e talora invece la drena. Anche nella parte centrale costiera quindi la superficie piezometrica risulta complessa e fortemente influenzata dai prelievi. Tuttavia si nota un fronte di alimentazione anche dal mare che risulta amplificato in prossimità dei corsi d'acqua principali determinando possibili aree di contaminazione naturale a causa dell'eccessiva salinità delle acque di falda.

Dall'analisi della morfologia piezometrica il condizionamento principale di tale fenomeno risulta comunque essere l'eccessivo prelievo eseguito non tanto lungo la linea di costa ma nell'area a funzione agricola esclusiva retrostante. Tale eccessivo prelievo che determina una condizione generale di depressione estesa della falda insiste in una zona che per cause naturali (fronte di alimentazione dal mare, possibili interazioni con circuiti idrotermali profondi) e condizionamenti locali (corsi d'acqua come vie di ingressione prevalente, prelievi dei consorzi di bonifica etc.) è caratterizzata da problemi di eccessiva salinità delle acque di falda causando i presupposti di una zona di stress idrico progressivo esteso anche oltre il confine comunale distante alcuni chilometri dalla linea di costa. Per ulteriori valutazioni si rimanda alla consultazione della carta idrogeologica (tavola 5).

Procedendo in direzione sud nell'analisi della morfologia piezometrica si determina il termine della suddetta area vasta (zona di stress idrico) tra i due corsi d'acqua principali dato dal forte fronte di alimentazione localizzato alle propaggini dei rilievi calcarei. Trattasi di un tema comune che caratterizza tutta la zona sud del territorio comunale e che è dato dalla forte alimentazione al sistema studiato da parte dell'acquifero del

Calcarea Cavernoso. Quando l'acquifero intercetta un piano di faglia profondo importante si possono avere fenomeni locali di alimentazione per risalienza dal circuito idrotermale profondo, con acque ricche in sali e con temperature elevate ed anche elevata conducibilità. Nella rimanente porzione sud del territorio si ha una superficie piezometrica prevalentemente radiale a filetti divergenti a partire dal vicino fronte di sovralimentazione dei rilievi calcarei con forma piatta nei pressi della linea di costa e che raramente scende al disotto del livello del mare. In particolare si rileva una forte depressione della superficie piezometrica dovuta ad eccessivi prelievi nei pressi dell'impianto di itticoltura posto immediatamente a nord del tombolo della Feniglia. Comunque dall'analisi della morfologia piezometrica questa forte depressione risulta isolata rispetto all'ampia depressione della falda della pianura compresa tra il Fiume Osa ed Albegna. Tale elemento positivo (la divisione delle 2 depressioni) sotto il profilo idrogeologico è dovuto alla presenza di un forte fronte di sovralimentazione proveniente dall'acquifero del Calcarea Cavernoso che da luogo a un vero e proprio spartiacque delle acque di sottosuolo localizzato poco a sud di Orbetello Scalo.

Nella marginale Valle d'Oro, che rappresenta l'estremo lembo sud dell'area oggetto di ricostruzione della superficie piezometrica, il fronte di alimentazione proveniente dai rilievi calcarei risulta essere il fenomeno prevalente causando una condizione locale che, nonostante i numerosi prelievi ad uso irriguo, non risulta interessata da stress idrico. La falda invece assume una forma cilindrica iperbolica con una discreta depressione, amplificata da alcuni prelievi di pozzi esistenti, in prossimità della palude della tagliata etrusca.

#### ***8.4 – Salinità dell'acquifero superficiale principale dell'area pianeggiante e costiera***

In alcuni punti di prelievo ritenuti significativi e dove è risultato possibile effettuare un prelievo diretto sono state eseguite delle misure di conducibilità elettrica delle acque di falda direttamente in campagna. Sono state inoltre prese come riferimento delle misure di conducibilità elettrica delle acque superficiali eseguite nei corsi d'acqua a varie altezze e livelli ed in vari punti della laguna e del mare (foce Albegna, foce Osa etc). Elaborando tali dati è stato possibile ricostruire l'andamento delle isoconduttive prendendo come limite lo stesso utilizzato per la ricostruzione della morfologia piezometrica. Il rilievo della conducibilità elettrica delle acque come precedentemente accennato è stato eseguito in contemporanea con quello piezometrico sopra descritto

Tale analisi è risultata utile per definire il grado di salinità delle acque e quindi ricostruire, unitamente alle condizioni della morfologia piezometrica, lo sviluppo del cuneo salino e dell'area ad elevata salinità e caratterizzata da condizioni di stress idrico

con livello piezometrico inferiore o prossimo allo 0 s.l.m.. Partendo sempre dalla porzione nord dell'area ed in particolare nella zona della bonifica di Talamone si rilevano condizioni generali di elevata conducibilità e quindi elevata salinità totale. Tale valore decresce dalla linea di costa verso la parte interna della vallecchia salvo un'area di elevata salinità crescente e coincidente con una zona di forte depressione della superficie piezometrica (Tav. 5A). Scendendo in direzione sud per quanto concerne l'ampia area compresa tra il Fiume Osa ed il Fiume Albegna e comprendente le zone lagunari, marine e dei tomboli si rileva una parziale condizione di minore salinità totale in prossimità della zona di duna attuale con aumento della stessa sia ovviamente in direzione mare che in direzione del Campo Regio. Per quanto concerne la zona pianeggiante del Campo Regio e tutta quella nei pressi del tracciato attuale del Fiume Albegna l'alta salinità coincide con la zona di forte depressione della superficie piezometrica e si estende fino ad incontrare l'area pedecollinare. Si segnala inoltre una maggiore ingressione significativa nei pressi del corso attuale del Fiume Albegna. Per il resto abbiamo una discreta coincidenza con i dati della superficie piezometrica con sensibile diminuzione della salinità solo in prossimità del fronte di alimentazione diretta dai margini collinari ad est.

Per quanto concerne la porzione sud del territorio analizzato, nei tomboli, si rilevano condizioni simili a quelle precedentemente descritte per la duna costiera, con salinità che diminuisce nell'asse centrale dei tomboli, probabilmente a causa di una alimentazione per ricarica diretta della falda locale di acqua dolce non sfruttata e presente nei depositi sabbiosi dunali.

Anche per quanto concerne la rimanente area della porzione sud si rileva una sostanziale coincidenza con quanto descritto in merito alla morfologia piezometrica. In tale porzione di territorio si ha elevata salinità solo in prossimità delle zone costiere senza pericolose ingressioni estese, anche grazie alla presenza del fronte di sovralimentazione della falda del Calcere Cavernoso. Si segnala comunque elevata salinità nella palude della Tagliata Etrusca ed in un'ampia area in prossimità dell'impianto di itticultura posto a nord del tombolo della Feniglia. Tale zona ad elevata salinità comprende localmente tutto l'acquifero superficiale studiato tra la laguna ed i rilievi collinari calcarei e coincide in parte con una forte depressione della superficie piezometrica. In tale area non si escludono possibili interferenze anche di risalienze di fluidi idrotermali profondi, che possono interessare in parte anche l'acquifero superficiale attraverso cause naturali (faglie) o pozzi non correttamente condizionati. Come risulta anche dall'analisi della morfologia piezometrica tale area ad elevata salinità e di stress idrico pare essere isolata rispetto all'ampia ingressione del cuneo salino della pianura compresa tra il Fiume Osa ed il Fiume Albegna. Confrontando i dati piezometrici con quelli sulla conducibilità elettrica si può confermare quindi la presenza di un forte fronte di sovralimentazione proveniente dall'acquifero del Calcere Cavernoso che da luogo a un vero e proprio

spartiacque delle acque di sottosuolo localizzato poco a sud di Orbetello Scalo e che isola tale area di stress da quella della piana alluvionale.

### **8.5 – Confronto con il cuneo salino della cartografia provinciale del PTC e con l'area soggetta ad intrusione dell'acqua marina del Piano di Tutela delle Acque della Regione Toscana.**

L'estensione areale individuata nel presente lavoro ed indicato come area di stress idrico e di ingressione del cuneo salino è stata ricostruita su dati valicati direttamente in campagna e per un numero di opere censite assai rilevante (circa 110 opere di presa sotterranee). Il valore determinato dalla conducibilità elettrica pari a 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  incrociato con livelli piezometrici prossimi allo 0 s.l.m. ha consentito di determinare con esattezza l'area interessata da stress idrico ed ingressione cuneo salino. Tale area risulta talora più ampia rispetto alle aree soggette all'intrusione di acqua marina del Piano di Tutela delle Acque e soprattutto nella pianura centrale Osa Albegna e nell'area della bonifica di Talamone più ridotta rispetto alle aree del cuneo salino individuate nel PTC. Uno dei limiti che ha consentito una definizione più cogente dell'area di stress idrico e di ingressione del cuneo salino è stata anche la delimitazione degli acquiferi potenzialmente in contatto con le acque di mare. In particolare le riduzioni delle aree individuate dalla Provincia di Grosseto nel PTC tengono in considerazione quanto sopra riducendo i limiti in ragione di ricariche laterali e di separazione con i livelli acquiferi sottostanti ai terreni prettamente alluvionali e marini.

I 3 modelli non sono d'altra parte confrontabili in quanto non sottostanno agli stessi criteri ed agli stessi punti di valutazione (sia quantitativi che qualitativi). Rimane comunque il fatto che per tutti e 3 i modelli si tratta di aree con intrusione di acqua marina. Pertanto la giustificazione delle differenze rispetto ai precedenti modelli è dovuta anche alla scala del rilievo, al numero dei punti di misura ed alla congiunta valutazione di elevata salinità e livello prossimo o al di sotto dello 0 s.l.m..

In merito al Piano delle Acque della Regione Toscana l'acquifero della pianura dell'Albegna viene classificato come già interessato da ingressione di acque marine e quindi soggetto a quanto indicato negli artt. 5 e 9 commi 5 delle Misure (Norme di piano) dello stesso Piano di Tutela. L'individuazione cartografica dell'area di stress idrico costituisce quindi elemento di classificazione per l'applicazione delle norme di cui sopra e costituisce inoltre aggiornamento del Piano stesso ai sensi dell'art. 11.

## **8.6 – Potenzialità idrica dell'acquifero utilizzato per usi idropotabili, bilancio idrico e future previsioni urbanistiche**

La risorsa idropotabile che viene distribuita nel territorio comunale viene captata attraverso 5 pozzi che prelevano acqua dall'acquifero del Calcarea Cavernoso. Come può essere osservato nella carta idrogeologica (tavola 5) tali pozzi sono tutti ubicati in prossimità del margine ovest del rilievo calcareo posto immediatamente ad est del Capoluogo.

Ai fini di determinare la potenzialità idrica dell'acquifero utilizzato per usi idropotabili è stata valutata la risorsa rinnovabile di tale rilievo calcareo che può interferire con le captazioni idropotabili. Nel territorio comunale si rilevano altri importanti ed estesi affioramenti dell'acquifero del Calcarea Cavernoso (in particolare il più esteso è localizzato a nord di Talamone) che pur costituendo comunque una risorsa rinnovabile del sistema, non vengono presi in considerazione nella presente stima, poiché non interessati da futuri sviluppi dei prelievi ai fini idropotabili. Tali affioramenti risultano inoltre fortemente tettonizzati e potenzialmente influenzati da possibili interferenze locali con acque ricche in sali e del circuito idrotermale profondo. In tal caso risultano necessari opportuni approfondimenti di carattere idrogeologico, in modo da captare esclusivamente risorsa rinnovabile e di buona qualità. Questi affioramenti calcarei insieme al detrito di copertura sovrastante costituiscono comunque un potenziale bacino di riserva delle risorse idropotabili che è stato tutelato nella presente indagine come "zona di protezione idrogeologica".

La "zona di protezione idrogeologica" così individuata viene proposta come acquifero da tutelare e che costituisca aggiornamento del Piano di tutela delle Acque della regione Toscana ai sensi dell'art. 11 delle Norme di Piano.

Nello specifico la zona oggetto della presente stima delle risorse rinnovabili si sviluppa ad est e nord-est del Capoluogo e risulta delimitata a nord dall'asta fluviale del Torrente Radicata, a ovest ed a sud dal tracciato della S.S. Aurelia (tra i Km 147 e 138) ed a est dal Fosso Melone.

Dal punto di vista morfologico detta zona risulta caratterizzata dalla presenza di rilievi con altezza variabile di circa 160-340 m s.l.m. sui quali affiorano estesamente rocce ascrivibili alla formazione triassica del Calcarea Cavernoso. Alle immediate falde di detti rilievi (c/o le pianure dei corsi d'acqua della zona) si rilevano depositi di età quaternaria costituiti da blocchi calcarei derivanti dal disfacimento dell'unità soprastante immersi in una matrice argillosa con la tipica colorazione rossastra.

Vista la scarsità dei dati idrogeologici ed in particolare di rilievi ripetuti nel tempo sull'andamento piezometrico e sulla portata delle manifestazioni di carattere idrogeologico ritenute significative, non si è potuto stimare in maniera accettabile la potenzialità idrica dell'acquifero utilizzando l'escursione dei livelli piezometrici in rilievi pluriennali. Siamo quindi ricorsi a valutazioni indirette che consentono comunque di ottenere risultati affidabili e di buona validità statistica per definire le leggi della variabilità temporale della risorsa e per previsioni circa l'entità disponibile per l'uso futuro della risorsa stessa.

Le condizioni idrogeologiche dell'acquifero ed in particolare il fatto che lo stesso risulta alimentato in maniera preponderante dall'infiltrazione meteorica, frazione delle precipitazioni efficaci, hanno contribuito in maniera significativa, oltre agli anzidetti condizionamenti dovuti alla scarsità dei dati sulla variazione del livello piezometrico, alla scelta del metodo preso in considerazione.

Vi sono infatti chiare indicazioni della stretta dipendenza tra il regime dei locali parametri climatici e quello dell'acquifero.

In questo contesto quindi la risorsa idrica rinnovabile dell'acquifero risulta bilanciata in riferimento ad un equilibrio naturale dell'infiltrazione totale (It) relativa all'affioramento della roccia serbatoio.

In relazione a quanto detto ed utilizzando la classica equazione del bilancio idrogeologico si è proceduto alla stima delle risorse rinnovabili dell'acquifero.

In particolare, anche in riferimento a numerosi studi statistici pubblicati in aree limitrofe sulla validità del metodo, sono stati utilizzati i dati climatici disponibili riguardanti la zona in studio.

Per quanto concerne l'estensione dell'affioramento della roccia serbatoio si sono computate le zone effettive di affioramento della roccia serbatoio.

Seguendo le specifiche suddette si descrivono nel dettaglio i risultati della valutazione delle risorse rinnovabili ottenuta applicando la seguente equazione del bilancio idrogeologico:

$$W_s = P - E_r$$

dove

$W_s$  = eccedenza idrica

$P$  = precipitazioni medie annue (calcolata con il metodo delle isoiete)

$E_r$  = evapotraspirazione reale (calcolata con il metodo di Turc)

$$I_t = W_s \cdot c.i.p.$$

dove

It=risorsa rinnovabile o volume idrico di ricarica  
c.i.p.=coefficiente di infiltrazione potenziale

In relazione poi a pubblicazioni in materia eseguite nell'area in studio e a valutazioni sulla permeabilità dell'acquifero sono stati stimati i seguenti valori:

P=**710** mm

Er=**465** mm

Ws=245mm

c.i.p.=**0,90**

It=220,5 mm

Tale valore corrisponde ad un volume idrico di ricarica determinato dal prodotto tra It e la superficie dell'area di alimentazione stimata in circa 55 Km<sup>2</sup>.

In relazione a quanto suddetto, la risorsa rinnovabile è pari a circa

**It= 12.127.500 mc/anno = 384 l/sec**

Considerando i dati strutturali e geofisici presi in considerazione in questa fase di indagine non si sono potute fornire indicazioni numeriche sulla quantità delle risorse permanenti dell'acquifero.

Il dato più incerto e su cui in questa fase non è possibile fornire indicazioni è quello relativo allo spessore saturo medio.

Studi di area vasta, eseguiti in acquiferi assimilabili a quello in oggetto, indicano comunque, in favore di sicurezza riferita all'equilibrio dell'acquifero, un volume d'acqua immagazzinato come risorsa permanente pari a circa 15-30 volte il volume di risorsa rinnovabile sopra definito.

Siamo quindi senza ombra di dubbio di fronte ad uno dei più rilevanti serbatoi naturali della Toscana centro meridionale con buone possibilità di incrementare lo sfruttamento per usi potabili nei limiti delle risorse rinnovabili naturali, senza rischi eccessivi di compromettere in maniera negativa l'equilibrio idrogeologico. L'importanza di tale acquifero è testimoniata anche nel Piano di Tutela delle Acque della Regione Toscana con qualità buona.

In relazione a quanto suddetto e tenendo in dovuta considerazione tutte le cautele esplicitate in precedenza, si tralasciano (in virtù dei dati finora acquisiti) i contributi delle potenzialità idriche dell'acquifero derivati dalle risorse permanenti. In favore della sicurezza si considerano quindi le potenzialità idriche dell'acquifero in studio pari alle risorse rinnovabili sopra definite (384 l/sec).

Considerando i prelievi effettuati per usi potabili, irrigui e industriali e sovrastimando gli stessi in favore di sicurezza, secondo i dati fornitici dal Gestore dell'Acquedotto e dalla Provincia di Grosseto, si ha un emungimento medio globale istantaneo pari a 340 l/sec medio globale annuo.

Pertanto, considerate le risorse rinnovabili dell'acquifero rimangono disponibili circa 44 l/sec.

In relazione alle considerazioni quantitative sulla risorsa va precisato che da tale acquifero prelevano anche pozzi privati con particolare riferimento ai cospicui prelievi degli impianti di itticultura. In parte comunque tali pozzi captano anche acque del circuito idrotermale profondo come dimostrano i dati isotopici analizzati dall'A.R.P.A.T. e pertanto prelevano acque con sovralimentazione profonda difficilmente quantificabile in termini di risorsa effettivamente disponibile con i dati finora raccolti.

Come accennato infatti anche in precedenza lo stesso acquifero calcareo quando intercetta un piano di faglia profondo (via di contaminazione naturale) risulta interessato da fenomeni di alimentazione per risalienza dal circuito idrotermale profondo, con acque ricche in sali e con temperature elevate e talora anche ricche in mercurio. Tale fenomeno risulta diffuso sia arealmente nell'acquifero che con interconnessioni profonde.

Trattasi quindi di un acquifero complesso con ottime potenzialità idriche per lo sfruttamento potabile ma che risulta interessato complessivamente da prelievi superiori alle risorse rinnovabili e da forti sovralimentazioni da parte del circuito idrotermale profondo.

A nostro avviso un'adeguata realizzazione di nuovi pozzi per attingimento di acqua potabile, opportunamente ubicati e finestrati esclusivamente in corrispondenza dello strato di falda rinnovabile (non interessato da faglie e fratture), potrà contribuire a risolvere il problema della qualità delle acque, dovuto essenzialmente all'emungimento sia della falda superficiale povera di sali che della falda profonda appartenente al circuito idrotermale e non adatta per usi idropotabili. Occorre quindi innanzitutto proteggere correttamente la risorsa ed attuare un dettagliato piano di studi e di monitoraggi e riordinare complessivamente le quantità e soprattutto le modalità dei prelievi, in modo da garantire in primis il corretto prelievo idropotabile e dopo gli altri prelievi, riducendo gradualmente fino ad annullare pericolose interferenze tra acque di diverso chimismo e percorso idrogeologico.

Riguardo al fabbisogno idropotabile aggiuntivo che potrebbe essere necessario a seguito della stesura del R.U. non ci si può esimere dalla segnalazione che la problematica principale da affrontare è quella relativa alle opere di presa e soprattutto alla rete distributiva delle acque potabili. Infatti come testimoniato anche dal contributo

fornito dal locale A.T.O. risultano quantitativi non fatturati pari ad almeno il 60% dei prelievi ai soli fini idropotabili. Stimando quindi la popolazione media residente, la popolazione aggiuntiva durante il periodo estivo ed i consumi medi degli altri A.T.O. della Toscana, siamo in presenza di perdite rilevanti se non addirittura massimali nell'ambito regionale. Gli sforzi da intraprendere quindi si devono concentrare e massimizzare sul recupero della rete distributiva e sulla realizzazione a regola d'arte (a seguito di specifici studi ed indagini idrogeologiche) delle opere di presa.

### **8.7 – Zone di rispetto, di salvaguardia e di protezione idrogeologica**

La sintesi dei suddetti dati idrogeologici, unitamente alle considerazioni di carattere normativo ha consentito di definire le azioni di tutela idrogeologica da intraprendere nel P.S. e negli atti amministrativi anche successivi. Sono state quindi distinte le varie zone di rispetto per la risorsa potabile (zona di tutela assoluta, zona di rispetto e zona di protezione idrogeologica) e per la risorsa termale (zona di concessione mineraria) e le aree da assoggettare a speciali misure temporanee di protezione idrogeologica come quelle caratterizzate da elevata salinità e stress idrico.

Per quanto concerne la risorsa potabile e la tutela delle acque sotterranee destinate al consumo umano, in assenza di studi specifici di maggiore dettaglio (studi peraltro necessari anche alla luce dei risultati della presente indagine idrogeologica) è stata definita una zona di tutela assoluta di circa 10 metri ed una di rispetto nell'intorno dell'opera di captazione in cui si applicano le prescrizioni ed i vincoli dell'art. 5 del D.L. 258/2000. Negli affioramenti diretti dell'acquifero del Calcere Cavernoso o delle formazioni ad elevata permeabilità, in contatto diretto con il suddetto acquifero, in relazione a quanto indicato nel paragrafo precedente, è stata inoltre individuata una ulteriore area di rispetto denominata "zona di protezione idrogeologica". Per l'individuazione precisa di tali aree si rimanda alla tavola 5 "Carta Idrogeologica". La zona di protezione idrogeologica ha lo scopo di tutelare la falda dell'acquifero del Calcere Cavernoso ritenuto, nel rispetto del PTCP e del Piano di Tutela delle Acque della Regione Toscana, una falda di importanza strategica per il territorio del Comune di Orbetello sia per una condizione intrinseca (particolare produttività associata a buona qualità con corrette opere di presa) che contingente (falda di interesse prevalente in zone ad emergenza idrica stagionale).

Trattasi quindi di un acquifero complesso con ottime potenzialità idriche per lo sfruttamento potabile ma che risulta interessato complessivamente da prelievi superiori alle risorse rinnovabili e da forti sovralimentazioni localizzate (piani di faglia) da parte del circuito idrotermale profondo.

A nostro avviso un'adeguata realizzazione di nuovi pozzi per attingimento di acqua potabile, opportunamente ubicati e finestrati esclusivamente in corrispondenza dello strato di falda rinnovabile (non interessato da faglie e fratture), potrà contribuire a risolvere anche il problema della qualità delle acque, dovuto essenzialmente all'emungimento sia della falda superficiale povera di sali che della falda profonda appartenente al circuito idrotermale e non adatta per usi idropotabili. Occorre quindi innanzitutto proteggere correttamente la risorsa ed attuare un dettagliato piano di studi e di monitoraggi e riordinare complessivamente le quantità e soprattutto le modalità dei prelievi, in modo da garantire in primis il corretto prelievo idropotabile e dopo gli altri prelievi, riducendo gradualmente fino ad annullare pericolose interferenze tra acque di diverso chimismo e percorso idrogeologico.

Anche la risorsa termale captata proviene da un percorso idrogeologico profondo, in minima parte miscelato con acque superficiali, che sostanzialmente avviene nell'acquifero del Calcere Cavernoso e forse anche nelle unità idrogeologiche sottostanti. L'area in questione (Terme dell'Osa) si pone comunque su un affioramento dell'unità idrogeologica diversa e senza una connessione diretta rispetto all'acquifero sfruttato per usi idropotabili. In tale area, come in tutti gli affioramenti del cavernoso, si è individuata una azione di tutela descritta in precedenza in merito alla "zona di protezione idrogeologica".

Inoltre tenendo in dovuta considerazione gli approfonditi studi idrogeologici di corredo alla concessione mineraria delle Terme dell'Osa è allo stato attuale individuata la zona di concessione mineraria. In tale area si applicano le prescrizioni ed i vincoli della L.R. 86/1994.

In relazione ai risultati del presente studio idrogeologico, che ha individuato una situazione di particolare criticità e fragilità nell'acquifero superficiale plio-pleistocenico ed attuale localizzato nelle aree costiere ed in parte della zona pianeggiante retrostante, sono state inoltre mappate le aree da assoggettare a speciali misure temporanee di protezione idrogeologica. Tali aree sono state mappate e denominate come "aree interessate dall'ingressione del cuneo salino e da stress idrico". La loro individuazione è stata eseguita sia mediante considerazioni sperimentali (vedi quanto riportato nei paragrafi precedenti sull'acquifero superficiale) che analogiche secondo il seguente criterio. Le aree mappate sono quelle dove si rileva l'acquifero superficiale e dove si ha la sovrapposizione dei seguenti fenomeni:

1. aree con falda in forte depressione per eccessivi prelievi (in genere con livello piezometrico dinamico prossimo od inferiore a quello del livello del mare);

2. aree dove le acque di falda risultano caratterizzate sotto il profilo qualitativo da eccessiva salinità totale e con valori di conducibilità elettrica maggiore di 2.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Tali aree, particolarmente fragili per forti condizionamenti naturali (già specificati nei paragrafi precedenti) e dove si hanno eccessivi prelievi che hanno contribuito a creare condizioni avanzate e progressive di disequilibrio idrogeologico, necessitano quindi di misure di tutela speciali come indicato nelle specifiche norme del P.S..

Tale individuazione ha valenza specifica sia per quanto attiene l'art. 5 e l'art. 9 delle norme del Piano di Tutela delle Acque sia per quanto attiene l'art. 8 e art. 10 commi 1-2-3-4-5 del P.T.C. della Provincia di Grosseto.

Partendo da nord l'area individuata comprende la zona della bonifica di Talamone quasi per intero; tutta la zona costiera e pianeggiante compresa tra i rilievi calcarei posti a sud del Fiume Albegna e quelli a nord del Torrente Osa con una estensione prolungata fino al confine comunale nei pressi della valle alluvionale attuale del Fiume Albegna (probabile via preferenziale di contaminazione per eccessiva salinità); tutta la zona lagunare ed aree con estensione maggiore nei pressi degli impianti di itticultura posti a nord del tombolo della Feniglia e la fascia costiera a sud del territorio comunale nei pressi della palude della Tagliata Etrusca. Per valutazioni di maggiore dettaglio si rimanda alla Carta Idrogeologica (Tavola 5).

Per le prescrizioni e vincoli particolari riguardo alle aree sopra definite si rimanda alle NTA del P.S..

## **8.8 – Rischio sinkholes**

Nel territorio comunale di Orbetello vi sono evidenze di letteratura di fenomeni di sinkholes passati (dati Regione Toscana su fonte ANPA) ormai forme relitte come vecchi laghetti, depressioni colmate ecc...

Nella particolarità l'archivio storico dell'ANPA segnala 10 siti con le seguenti caratteristiche:

REGIONE	PROVINCIA	COMUNE	LOCALITA' O TOPONIMO	DATA DI FORMAZIONE	DIAMETRO	note	quota	IGM 25	litologia	profondità substrato
Toscana	Grosseto	Orbetello	Lago scuro	secolare		nella piana del F. Albegna				
					30		7	1351 so	terre rosse e calcare	decine di m
Toscana	Grosseto	Orbetello	piccola cavità vicino Lago scuro	sconosciuta prima del 1950	120	substrato a poca profondità	12	1352 NO	alluvioni, terre rosse	decine di m
Toscana	Grosseto	Orbetello	Torretta	sconosciuta prima del 1950	260	nella piana del F. Albegna		1351 so	alluvioni, terre rosse	decine di m
Toscana	Grosseto	Orbetello-S. Donato	podere 55	sconosciuta prima del 1950	130	nella piana del F. Albegna, travertini?	18	1351 SO S. Donato	alluvioni e travertini	decine di m
Toscana	Grosseto	Orbetello-S. Donato	tre piscine 1	ricolmato nel 1950	123	nella piana del F. Albegna	7	1351 SO S. Donato	alluvioni e travertini	decine di m
Toscana	Grosseto	Orbetello-S. Donato	tre piscine 2	ricolmato nel 1950	110	nella piana del F. Albegna	7	1351 SO S. Donato	alluvioni e travertini	decine di m
Toscana	Grosseto	Orbetello-S. Donato	tre piscine 3	ricolmato nel 1950	50	nella piana del F. Albegna	7	1351 SO S. Donato	alluvioni e travertini	decine di m
Toscana	Grosseto	Orbetello-S. Donato	ceppaie 1	sconosciuta prima del 1950	80	nella piana del F. Albegna	5	1351 SO S. Donato	alluvioni e travertini	decine di m
Toscana	Grosseto	Orbetello-S. Donato	ceppaie 2	sconosciuta prima del 1950	75	nella piana del F. Albegna	5	1351 SO S. Donato	alluvioni e travertini	decine di m
Toscana	Grosseto	Orbetello-S. Donato	ceppaie 3	sconosciuta prima del 1950	35	nella piana del F. Albegna	5	1351 SO S. Donato	alluvioni e travertini	decine di m
Toscana	Grosseto	Orbetello-S. Donato	podere 34			nella piana del F. Albegna, depressione circolare con una strada intorno da verificare		1351 SO S. Donato		
				sconosciuta prima del 1950	190		10	Donato	alluvioni e travertini	decine di m

La genesi del fenomeno dei sinkholes è sotto studio da vari anni anche se ai fini della definizione della pericolosità geologica di supporto ai Piani Strutturali costituisce elemento di novità con l'eccezione dell'evento nel Comune di Grosseto ed in quello di Camaiore. Senza dubbio però è un elemento conoscitivo da tenere presente specie nel caso in cui vi siano evidenze storiche del fenomeno in maniera da proporre un adeguato sistema di vincoli e norme specifiche a tutela di beni e persone.

Le cause che possono determinare il fenomeno di sinkhole (sprofondamento rapido ed improvviso del terreno) sono molteplici e generalmente concomitanti. In genere si ha un substrato al di sotto di una copertura sedimentaria ( depositi alluvionali) costituito in genere da litotipi soggetti a fenomeni di dissoluzione. Prevalentemente si tratta di rocce carbonatiche (calcari, dolomie, dolomie calcaree, calcari marnosi etc.) o evaporitiche (anidridi gesso e salgemma). Tali litotipi sono tutti in natura carsificabili ovvero soggetti a processi di dissoluzione chimica condizionata dalla circolazione delle acque e dalle caratteristiche fisico-chimiche delle acque stesse. Oltre ai caratteri litologici e morfologici del substrato, il manifestarsi delle voragini è influenzato dallo spessore e dal tipo di sedimenti di copertura; materiali sabbiosi o comunque con granulometria intermedia vengono più facilmente mobilizzati dalle acque circolanti rispetto ai materiali fini come limi ed argille. Un ruolo primario è rappresentato dal grado di consolidazione, poiché terreni poco consolidati risultano più soggetti a dissesti rispetto a materiali compatti. Il richiamo di materiali di copertura all'interno di condotti carsici è attivato mediante variazione della superficie freatica che può essere sia di origine naturale che antropica.

Un ulteriore fattore condizionante risulta essere la presenza di fenomeni termali con piezometrica prossima o superiore al piano di campagna. Tale fattore è in diretto collegamento con le grandi lineazioni tettoniche (faglie e fratture) profonde che rappresentano un livello di debolezza locale e via preferenziale per grandi flussi di acqua che possono aumentare i fenomeni carsici (acque ricche di Anidride Carbonica ed acide).

Le zone con notizie storiche di tale fenomeno nel Comune di Orbetello sono comprese tutte nella piana dell'Albegna, ove effettivamente si hanno spessori di sedimenti alluvionali fini talora prevalentemente sabbiosi di alcune decine di metri posti al di sopra di un substrato litoide carbonatico (Calcere Cavernoso). La stessa zona è interessata da linee di faglia a carattere regionale e da fenomeni di termalismo. Nella Carta Idrogeologica si riporta l'ubicazione dei "sinkholes storici" e di una relativa area di contorno (intorno significativo di circa 300 ml) in cui, in caso di nuovi interventi di tipo edificatorio, si devono eseguire indagini di dettaglio di tipo geoelettrico o di tipo gravimetrico in modo da accertare la profondità del substrato, le caratteristiche dei terreni di copertura e di ogni altra informazione utile alla definizione del problema delle aree soggette a rischio sinkholes.

Le suddette aree saranno normate con specifica vincolistica nelle NTA del P.S. con i contenuti di cui sopra.

## 9 – AREE ALLAGATE E CONTESTI IDRAULICI

Dovendo tenere in considerazione per gli studi geologico-tecnici di supporto al P.S. la normativa vigente in materia idraulica si è ritenuto idoneo elaborare una specifica cartografia riassuntiva dei contesti idraulici e delle aree allagate (notizie storiche di esondazione). Tale elaborato risponde anche alle indicazioni contenute nel contributo della Provincia di Grosseto in relazione alla Carta Idrologica ed in riferimento alle opere di difesa e di sistemazione idraulica esistenti.

In particolare relativamente alla cartografia prodotta (Tav. 8A/8H) si sono tenute in considerazione le ex-salvaguardie per la formazione di strumenti urbanistici generali e loro varianti: artt. 75-77 Del. C.R. 12/00 (**Ambito A1 e B**). In tale occasione è stato dunque eseguito un controllo dettagliato ed un approfondimento dei corsi d'acqua classificati. Il Dipartimento Ambiente della Regione Toscana, in relazione alle caratteristiche idrologiche ed idrauliche dei corsi d'acqua ed alle notizie storiche di esondazione, ha redatto un elenco ed una cartografia dei corsi d'acqua principali, ai fini del corretto assetto idraulico, soggetti alle ex-salvaguardie.

In particolare nel Comune di Orbetello sono stati classificati i seguenti corsi d'acqua:

- Fiume Albegna (GR703 – AB)
- Fosso Butterino (GR933 – AB);
- Scolo di Collecchio e Collettore Occidentale (GR2425 –AB);
- Collettore Orientale (GR1245 –AB-);
- Fosso Cordigliano (GR1087 –AB-);
- Fosso del Magione (GR1377 –AB-);
- Fosso Melone (GR1403 –AB-);
- Torrente OSA (GR2739 –AB-);
- Torrente Patrignone (GR2744 –AB-);
- Fosso del Pontino o delle Migliarina (GR1552 –AB-);
- Torrente Radicata e Contromossa Sn Albegna (GR2771 –AB-);
- Fosso Serra (GR1757 –AB-);
- Tagliata Etrusca (GR1515 –AB-);
- Torrente Tizzano e Albegnaccia e Controfosso Dx Albegna (GR1830 –AB-);
- Fosso Vallelunga (GR1883 –A-)
- Fosso Serra (GR 1757 –AB-)

In particolare: **l'ambito A1** è definito come zona di assoluta tutela del corso d'acqua e corrisponde all'area d'alveo, le golene, agli argini e alla zone comprese nelle due fasce della larghezza di 10 ml adiacenti al piede esterno dell'argine o in mancanza dal ciglio di sponda.

**L'ambito B** è definito come area potenzialmente inondabile e stabilito come zona a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a due metri sopra il piede esterno dell'argine o in mancanza il ciglio di sponda.

Il limite esterno di tale ambito è determinato dai punti di incontro delle perpendicolari all'asse del corso d'acqua con il terreno alla quota altimetrica come sopra individuata e non potrà comunque superare la distanza di metri lineari 300 dal piede esterno dell'argine o dal ciglio di sponda

Appare importante sottolineare che le ex-salvaguardie indicano tale ambito come aree che possono essere necessarie per gli eventuali interventi di regimazione idraulica tesa alla messa in sicurezza degli insediamenti.

Per quanto riguarda la definizione dell'**ambito A2** (da eseguirsi ai sensi dell'art. 14 comma 8 PTC) ed in conformità al PIT si rimanda in sede di R.U., quando saranno definite le previsioni.

Nella stessa tavola in conformità ai contenuti del PAI del Bacino Regionale Ombrone sono stati individuati tutti i corsi d'acqua appartenenti al reticolo significativo del PAI stesso per la conseguente valutazione della Pericolosità Idraulica estesa a tutti i corsi d'acqua.

Dalla ricerca storica eseguita presso gli archivi regionali (S.I.T.), presso la Provincia di Grosseto e presso i Consorzi di Bonifica, nonché sulla base di interviste dirette agli abitanti dei luoghi e rilievo di campagna, è stata perimetrata l'estensione delle aree esondate (notizie storiche di esondazione). Nello stesso elaborato sono state individuate inoltre le aree di ristagno e con difficoltà di drenaggio tenendo in considerazione lo Studio sulle problematiche idrauliche allegato al PTC vigente, nonché i rilievi di campagna eseguiti direttamente dagli scriventi.

Per tali fenomeni si rilevano ulteriori aree rispetto a quelle individuate nello studio del PTC, tenendo in considerazione gli approfondimenti di scala eseguiti nella presente indagine. Vi sono inoltre degli stralci sempre in riferimento allo studio del PTC, (1995) poiché dai sopralluoghi eseguiti si rilevano in alcune aree, segnalate anche nel contributo della stessa A.P., terreni con pendenze omogenee e senza effettivi rischi di ristagno o di difficoltà di drenaggio. In tali casi ad oggi si rilevano delle pendici omogenee senza controtendenze o tratti di corsi d'acqua che siano in grado di generare ristagni.

In merito ad alcune variazioni del perimetro rispetto a studi precedenti delle aree allagate (notizie storiche di esondazione) si segnala che le modifiche apportate

rispondono a criteri di tipo morfometrico (quote assolute del piano di campagna superiori a circa 6 m s.l.m.) e di tipo storico/testimoniale (interviste ai residenti). In particolare le riduzioni più significative riguardano le zone pedecollinari del massiccio calcareo presso La Parrina e Le Quattro Strade.

Appare importate sottolineare che le quote assolute di riferimento per le valutazioni di merito sono state eseguite sulla cartografia ufficiale (CTR) in scala 1:5.000.

All'interno della stessa cartografia sono stati individuati i tratti di corsi d'acqua con studi idrologici ed idraulici che fanno parte integrante del quadro conoscitivo del P.S., nonché i tratti dei corsi d'acqua arginati.

Riguardo allo stato di efficienza ed al grado di deterioramento delle opere di difesa e sistemazione idraulica si fa presente che tutto il territorio del Comune di Orbetello è all'interno di Consorzi di Bonifica (Osa-Albegna, Bonifica Grossetana) che garantiscono la perfetta efficienza e manutenzione di tutta la rete idraulica principale e delle opere annesse, che quindi può tranquillamente essere classificata a deterioramento nullo.

Gli altri elementi conoscitivi inseriti nella cartografia specifica fanno riferimento alla perimetrazione delle aree PIME e ASIP di cui al PAI in cui valgono i vincoli specifici di cui agli art. 5 e 10 delle NTA del PAI stesso (Del. C.R. 12/2005).

Rispetto alla perimetrazione PAI delle aree PIME, si propone un aggiornamento della perimetrazione stessa nella località Bocca dell'Albegna (Case Breschi) sulla base dello S.I.I. già in possesso presso gli Enti competenti che certifica la sicurezza idraulica con adeguanti franchi per il Fiume Albegna (art. 25 delle NTA del PAI).

Il riassunto grafico degli elementi conoscitivi di base delle informazioni idrologiche ed idrauliche del territorio comunale è riassunto nella già citata Carta delle Aree Allagate e dei Contesti Idraulici (Tav. 8A/8H).

## 10 – VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA

L'elaborato della Carta Idrogeologica (Tav. 5A/5H), unitamente a quelli più generali di classificazione del territorio (Carta Geologica, Carta Litotecnica) costituiscono una sorta di data base cartografico che può essere utilizzato come primo fondamentale strumento di conoscenza per una valutazione della vulnerabilità degli acquiferi. Per la redazione di tale elaborato sono state tenute in considerazione le indicazioni del contributo della Provincia di Grosseto (scheda n. 3 del PTC).

Nel quadro generale delle conoscenze di base (idrologia, idrogeologia) integrate da quelle idro-geochimiche ed idrodinamiche si hanno informazioni sufficienti per definire a livello areale lo stato di inquinamento reale delle risorse idriche e la vulnerabilità delle stesse.

La carta della vulnerabilità proposta tiene conto dei dati fino ad oggi disponibili sugli acquiferi del territorio comunale di Orbetello, in particolare sono state considerate le condizioni intrinseche delle falde con riferimento specifico alla produttività, alla qualità attuale della risorsa sotterranea (zona di stress idrico, zona di protezione idrogeologica del Calcere ecc...) e le zone di interesse strategico per l'uso idropotabile (vedi precedente paragrafo).

In altre parole la valutazione della vulnerabilità eseguita 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, che possono venire dispersi sul suolo, immessi anche accidentalmente nelle acque superficiali o provenienti da fronti di sovralimentazione salini (mare, canali di bonifica e corsi d'acqua con ingressione conclamata di acqua marina).

Nella valutazione della vulnerabilità hanno preponderanza i seguenti fattori:

- le classi ed il tipo di permeabilità, che determinano la velocità di percolazione dell'inquinante e l'azione di attenuazione insita nei diversi terreni (Carta Idrogeologica);
- la presenza di falde di importanza a carattere regionale (piana Albegna e massiccio calcareo);
- le aree già interessate da cuneo salino e stress idrico;
- eventuale presenza di acquiferi potenzialmente sfruttabili e con circolazione idrica significativa.

Sono state distinte 3 classi a diverso grado di vulnerabilità sulla base delle informazioni disponibili a livello di Strumento Urbanistico Generale (Tav. 6A/6H):

- Alta : zona di protezione idrogeologica con affioramenti di Calcarea Cavernosa o di depositi detritici (elevata permeabilità) posti stratigraficamente al di sopra dello stesso Calcarea Cavernosa con presenza di falda di interesse regionale, zone ad elevata permeabilità (Carta idrogeologica) senza protezione e con presenza di falda libera superficiale, aree già interessate da cuneo salino ed zona di stress idrico (compromissione già evidente della qualità dell'acquifero);
- Media : tale classe comprende i terreni di permeabilità media della Carta Idrogeologica ad esclusione delle aree interessate dall'ingressione del cuneo salino e di stress idrico; in tale classe si ritrovano formazioni contenente un acquifero di importanza secondaria o caratteristiche genetiche che consentono una certa protezione da potenziali inquinamenti;
- Bassa : in questa classe sono compresi i terreni a bassa permeabilità che hanno assenza di acquifero o che per le loro caratteristiche garantiscono una protezione superficiale agli agenti inquinanti; sono escluse da tale classe le zone già interessate dall'ingressione salina e dalla zona di stress idrico.

Risulta evidente che le zone a più alta vulnerabilità (ormai provata anche dalla perimetrazione della zona di stress idrico e di ingressione del cuneo salino) è quella in corrispondenza della Pianura compresa tra Osa ed Albegna, nonché le zone del Calcarea Cavernosa con evidenza di carsismo.

Nelle zone di alta vulnerabilità cartografate nell'elaborato di tavola 6A/6H e non ricomprese nelle zone già normate nelle NTA del P.S. e riferite alla zona di protezione idrogeologica e di stress idrico, risulta necessario sempre a livello di NTA, vincolare la realizzazione di qualsiasi intervento impattante la matrice interessata (acquifero vulnerabile) all'effettuazione di studi idrogeologici di dettaglio finalizzati alla tutela della risorsa idrica ed alla definizione del grado di fattibilità progettuale.

Nelle zone di media vulnerabilità in relazione a tipologie di intervento e destinazione d'uso particolari (strutture per liquidi inquinanti, infrastrutture nodali, viarie di importanza regionale, fognarie, condotte, discariche e cave) le NTA dovranno vincolare, come sopra, la realizzazione di tali interventi a all'effettuazione di studi idrogeologici di dettaglio finalizzati alla tutela della risorsa idrica ed alla definizione del grado di fattibilità progettuale nonché alla necessaria definizione delle misure di mitigazione.

## 11 – ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI DI PERICOLOSITA' GEOLOGICA

In relazione a quanto specificato in premessa è stata elaborata la Carta della Pericolosità Geologica (Tav. 7A/7H) per l'intero territorio comunale.

In relazione al rilievo geomorfologico effettuato ed alle risultanze dei rilievi di dettaglio dei tematismi di base, si sono distinte le classi di pericolosità in relazione ai seguenti criteri suggeriti dalla Del. C.R. 94/85 e tenendo in dovuta considerazione le vigenti misure del PAI di cui alla D.C.R. 12/2005:

- caratteristiche geomorfologiche;
- caratteristiche geolitologiche e topografiche;
- caratteristiche litotecniche;
- caratteristiche idrogeologiche.

Per le problematiche di carattere geologico, geomorfologico, litotecnico e idrogeologico, che influenzano la pericolosità, la sintesi delle valutazioni di base ha tenuto in dovuta considerazione sia il tipo di processo verificato che il grado di sviluppo attuale e futuro. In particolare il rilievo geomorfologico è risultato, in relazione alle caratteristiche del territorio analizzato un elemento fondamentale per la definizione dei caratteri di pericolosità geologica.

Sovrapponendo le varie valutazioni di base suddette, l'elemento geomorfologico è risultato quello con la correlazione diretta maggiore tra fenomeno mappato e classe di pericolosità. Oltre ai fenomeni geomorfologici mappati si è tenuto di conto anche dell'associazione di più fattori legati all'esposizione, alle caratteristiche litologiche, all'uso del suolo, alla copertura vegetale ed alla pendenza che genera e regola lo sviluppo delle situazioni di instabilità geomorfologica.

Tale valutazione è confermata dalle più recenti pubblicazioni in relazione al rischio di dissesto delle aree collinari.

In sintesi, per le aree collinari in cui il pericolo principale è quello del dissesto geomorfologico, le classi di pericolosità sono determinate in relazione alla sovrapposizione di tutti i fattori di base analizzati con particolare riferimento alla valutazione dello sviluppo del fenomeno morfologico distinto.

Pertanto in relazione alla tipologia del fenomeno, alle modalità ed al grado del possibile sviluppo ed all'insieme delle valutazioni di base delle aree circostanti, oltre alla

classificazione di pericolosità per l'area rilevata effettivamente instabile, si sono considerate due zone distinte intorno alle aree in frana (criteri del PAI).

In particolare prendendo a riferimento la mappatura eseguita nella Carta Geomorfologica per ciò che riguarda l'area di influenza e l'area potenzialmente coinvolgibile (vedi par. 3.1) si sono assegnate le classi di pericolosità geologica secondo quanto riportato in tabella 4.

In particolare si precisa che in relazione al tipo di fenomeno si è considerato la possibilità di retrogressione nell'area a monte di una scarpata o di evoluzione della corona di frana (lato monte) per un'estensione sempre maggiore dell'altezza rilevata.

Concettualmente l'area di influenza è stata assimilata ad una pericolosità elevata in ragione di fenomeni di arretramento o avanzamento considerando tale area direttamente influenzata dal movimento di massa stesso. L'area potenzialmente coinvolgibile rappresenta invece un'area a pericolosità media in ragione di un potenziale interessamento della zona pur non rilevando ad oggi situazioni di dissesto attivo.

In tutti i casi mappati vengono inoltre eseguiti aggiustamenti locali in relazione alle condizioni geologiche e geomorfologiche al contorno.

In aggiunta alla delimitazione delle aree sopra definite per le aree in frana o comunque classificate in classe di pericolosità elevata (scarpata fluviale, doline, grotte, falesie, riva in erosione, zona umida, laguna, soliflussi), in favore di sicurezza, si sono definite con esattezza limiti specifici per ogni forma secondo quanto descritto in Tab. 4..

Si precisa comunque che tale classe 3 (pericolosità media) "fittizia" è stata individuata, ove necessario in relazione al fenomeno presente, laddove vi era un confine diretto tra le classi 4 e 2 di pericolosità.

L'estensione di tale classe fittizia è stata stabilita in genere pari ad 1/3 dell'"intorno significativo" adiacente alla classe di pericolosità 4, come precedentemente specificato e riportato in tabella 4.

In questo modo le valutazioni di pericolosità tengono in considerazione l'estensione dell'instabilità secondo la tipologia del fenomeno e le condizioni di potenziale instabilità nel contorno, per fenomeni connessi con il dissesto.

Nelle aree pianeggianti in cui vi è la presenza di terreni di bonifica o di colmata e nelle zone dove affiora detrito o riporto è stata attribuita una classe di pericolosità geologica 3 media in relazione alle scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni superficiali (vedi Carta Litotecnica).

Sempre in classe 3 sono state cartografate le aree con difficoltà di drenaggio e ristagni.

Nella stessa cartografia sono state recepite le aree PFME del PAI in cui valgono le norme dell'art. 13 del PAI stesso.

Appare comunque importante sottolineare che la pericolosità così definita, seppure relativa a valutazioni puntuali di dettaglio, possiede sempre un margine di indeterminazione proprio della scala di valutazione. Tale analisi risulta comunque essere sufficiente al livello di Strumento Urbanistico Generale.

Quest'indeterminazione potrà essere chiarita a livello di indagine geognostica per i progetti esecutivi o per la predisposizione degli strumenti urbanistici attuativi.

In relazione a quanto suddetto le classi di pericolosità individuate nell'area in esame sono le seguenti:

## **CLASSE 2 - PERICOLOSITA' GEOLOGICA BASSA.**

*In questa classe sono comprese quelle aree collinari di varia acclività comprese quelle pianeggianti dove si verificano situazioni geomorfologiche e geologico-tecniche apparentemente stabili su cui però permangono dubbi che potranno essere chiariti a livello di indagini di supporto alla progettazione edilizia.*

Dal punto di vista geomorfologico non si verificano situazioni di dissesto degne di nota ed i terreni affioranti risultano di caratteristiche geotecniche medio-buone.

Particolare attenzione dovrà essere posta alle zone classificate in questa classe ma poste in prossimità di zone instabili o con dissesti o con classe di pericolosità 3 o 4.

## **CLASSE 3 - PERICOLOSITA' GEOLOGICA MEDIA**

*In tali aree, per le zone collinari, non sono presenti fenomeni di dissesto attivo come frane rilevanti, tuttavia le condizioni geologico-tecniche e soprattutto geomorfologiche del sito sono tali da far ritenere che esso si trova al limite dell'equilibrio e/o può essere interessato da fenomeni di amplificazione della sollecitazione sismica o dissesti geomorfologici in genere.*

*Rientrano in questa classe anche le zone interessate da ruscellamento diffuso, erosione superficiale diffusa, rotture di pendio, coperture detritiche, zone in abbandono o acclivi con scarsa regimazione e zone limitrofe alle aree interessate da frane o fenomeni di dissesto (aree fittizie definite in precedenza con un intorno significativo, aree potenzialmente coinvolgibili). In tale classe sono comprese le aree pianeggianti in cui vi è la presenza di terreni di bonifica o di colmata e le zone dove affiora detrito o riporto con scadenti*

*caratteristiche geotecniche dei terreni superficiali, zone con difficoltà di drenaggio e ristagni e aree a rischio sinkholes .*

*Qui ogni intervento edilizio è condizionato e le indagini di approfondimento dovranno essere condotte al livello di area nel suo complesso.*

*Per le aree a rischio sinkholes le indagini di dettaglio di tipo geoelettrico o di tipo gravimetrico dovranno accertare la profondità del substrato, le caratteristiche dei terreni di copertura e di ogni altra informazione utile per la comprensione del fenomeno e l'adozione di eventuali misure di salvaguardia e mitigazione.*

#### **CLASSE 4 - PERICOLOSITA' GEOLOGICA ELEVATA**

*In tali zone ricadono le aree interessate da fenomeni di dissesto attivi (frane, aree di influenza, soliflussi, fenomeni di subsidenza, grotte e doline ecc.).*

*In tali aree, per le zone collinari, sono presenti fenomeni di dissesto attivi o fenomeni di elevata amplificazione della sollecitazione sismica.*

*E' stata inoltre individuata e mappata nel dettaglio la pericolosità da frana molto elevata derivante dal Piano di Bacino del Fiume Ombrone.*

Per valutazioni di maggior dettaglio si rimanda alla precedente Tabella 4.

## 12 - ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Lo studio sulla pericolosità idraulica ha tenuto in dovuta considerazione la normativa sul rischio idraulico in riferimento alle ex salvaguardie (Del. C.R.12/00) e le definizioni di pericolosità idraulica contenute nel P.A.I. (Del. C.R.T. 12/2005).

In particolare relativamente al presente studio, oltre alle valutazioni di carattere generale sul rischio idraulico, si sono tenute in considerazione le direttive per la formazione di strumenti urbanistici generali e loro varianti: artt. 75-77 Del. C.R. 12/00 (**Ambito A1 e B**). In tale occasione è stato eseguito un controllo dettagliato ed un approfondimento dei corsi d'acqua classificati. Il Dipartimento Ambiente della Regione Toscana, in relazione alle caratteristiche idrologiche ed idrauliche dei corsi d'acqua ed alle notizie storiche di esondazione, ha redatto un elenco ed una cartografia dei corsi d'acqua principali, ai fini del corretto assetto idraulico, soggetti a prescrizioni vincoli e/o direttive.

Con lo stesso criterio, ed in conformità con il P.A.I. la pericolosità idraulica, estesa per l'intero territorio comunale, è stata valutata nel dettaglio per tutto il reticolo significativo del P.A.I..

In relazione alla perimetrazione delle aree con notizie storiche di esondazione, al rilievo delle opere idrauliche esistenti, agli studi idrologici ed idraulici redatti dagli scriventi nel territorio comunale di Orbetello che hanno in parte modificato i perimetri suddetti ed alle risultanze dei precedenti studi geologici ed idraulici, si sono distinte le classi di pericolosità in relazione ai seguenti criteri suggeriti dalle ex salvaguardie Del. C.R. 12/00 ed implementati con i criteri di pericolosità definiti dal P.A.I.:

- aree collinari ed aree di fondovalle;
- Ambito B ed Ambito A1 per i corsi d'acqua classificati dalle ex salvaguardie Del. C.R. 12/00;
- aree di fondovalle in cui vi sono notizie storiche di esondazione;
- situazione di alto morfologico (**situazione geomorfologica favorevole**) rispetto alla piana alluvionale di riferimento, di norma a quote altimetriche superiori a ml. 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda;
- presenza di opere di difesa idraulica;

- aree classificate a P.I.M.E. ed aree P.I.E. del P.A.I.;

Nella zona di fondovalle si è considerato una fascia di circa 100 ml sia in destra che in sinistra idraulica dei corsi d'acqua minori ma significativi come area di influenza idraulica dove assegnare la classe di pericolosità di riferimento.

L'attribuzione della classe di pericolosità ha tenuto quindi in considerazione l'area di influenza dei vari corsi d'acqua classificati sia dalle ex salvaguardie che nell'intero reticolo significativo del P.A.I., in relazione sia alle notizie storiche di esondazione che agli elementi morfologici sopra definiti nonché delle eventuali opere di difesa idraulica di riferimento, ed all'esistenza o meno di S.I.I..

In presenza di opere di difesa idraulica il grado di deterioramento delle stesse è risultato essere nullo tenendo in considerazione il lavoro di ottima manutenzione eseguito dai consorzi di bonifica.

Il riassunto grafico degli elementi conoscitivi di base per la stesura della pericolosità idraulica sono riassunti nella già citata Carta delle Aree Allagate e dei Contesti Idraulici (Tav. 8A/H).

Appare importate sottolineare che le quote assolute di riferimento per le valutazioni di merito sulla pericolosità idraulica sono state eseguite sulla cartografia ufficiale (CTR) in scala 1:5.000, tenendo in dovuta considerazione gli studi geologici precedentemente approvati di supporto alle Varianti Generali al PRG, così come la definizione della presenza e consistenza delle opere di difesa idraulica.

Oltre ai criteri suddetti la definizione della classe di pericolosità idraulica ha tenuto in dovuta considerazione anche l'assetto geomorfologico di dettaglio per ogni singola area.

In relazione a quanto suddetto ( Vedi Tavole 9A/9H) le classi di pericolosità idraulica individuate nel territorio comunale di Orbetello sono le seguenti:

#### **CLASSE 1 - PERICOLOSITA' IDRAULICA IRRILEVANTE.**

*In questa classe sono comprese le aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:*

- a) non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni;*
- b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente (quote altimetriche superiori a ml 2 rispetto al piede esterno dell'argine o del ciglio di sponda).*

## **CLASSE 2 - PERICOLOSITA' IDRAULICA BASSA.**

*In questa classe sono comprese le aree di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni:*

- a) non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni;*
- b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente di riferimento rispetto all'intero reticolo significativo del P.A.I. E degli altri corsi d'acqua classificati dalla ex Del. 12/00 (quote altimetriche superiori a ml 2 rispetto al piede esterno dell'argine o del ciglio di sponda).*

## **CLASSE 3 - PERICOLOSITA' IDRAULICA MEDIA**

*In questa classe sono comprese le aree per le quali ricorre almeno una delle seguenti condizioni:*

- a) vi sono notizie storiche di inondazioni;*
- b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole (quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a ml 2 sopra al piede esterno dell'argine o al ciglio di sponda).*

## **CLASSE 4 - PERICOLOSITA' IDRAULICA ELEVATA**

*In questa classe sono comprese le aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrono entrambi le seguenti condizioni:*

- a) vi sono notizie storiche di inondazioni;*
- b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole (quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a ml 2 sopra al piede esterno dell'argine o al ciglio di sponda).*

*Rientrano in questa classe inoltre le aree mappate in classe di pericolosità idraulica molto elevata (P.I.M.E. ) di cui alla D.G.R. 12/05 -P.A.I..*

Certaldo, Gennaio 2006

I tecnici:

Dott. Geol. Simone Fiaschi

Dott. Geol. Alessandro Murratzu

## INDICE

1 - PREMESSA .....	1
2 – GEOLOGIA.....	6
3 - GEOMORFOLOGIA.....	18
3.1 -Forme e processi di versante.....	18
3.2 -Forme e processi fluviali.....	20
3.3 -Forme e processi carsici.....	20
3.4 -Forme e processi litorali marini, lacustri ed eolici.....	20
3.4.1 La Laguna di Orbetello (dati e storia).....	22
3.5 -Forme antropiche.....	27
4 - CARATTERISTICHE CLIMATICHE.....	28
5 – ACCLIVITA' E CARTA DELLE PENDENZE.....	30
6 - CARATTERISTICHE LITOTECNICHE DEGLI AFFIORAMENTI E DATI DI BASE.....	32
7 - CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRITORIO.....	36
8 - IDROGEOLOGIA.....	38
8.1 – Rilevamento dei dati idrogeologici e considerazioni metodologiche.....	38
8.2 – Classi di permeabilità dei terreni.....	40
8.3 – Morfologia piezometrica e caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero superficiale principale dell'area pianeggiante e costiera.....	42
8.4 – Salinità dell'acquifero superficiale principale dell'area pianeggiante e costiera.....	45
8.5 – Confronto con il cuneo salino della cartografia provinciale del PTC e con l'area soggetta ad intrusione dell'acqua marina del Piano di Tutela delle Acque della Regione Toscana.....	47
8.6 – Potenzialità idrica dell'acquifero utilizzato per usi idropotabili, bilancio idrico e future previsioni urbanistiche.....	48
8.7 – Zone di rispetto, di salvaguardia e di protezione idrogeologica.....	52
8.8 – Rischio sinkholes.....	54
9 – AREE ALLAGATE E CONTESTI IDRAULICI.....	57
10 – VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA.....	60
11 – ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI DI PERICOLOSITA' GEOLOGICA.....	62
12 - ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA.....	66

ALLEGATO 1: DATI DI BASE

**ELABORATI CARTOGRAFICI (Contenuti nel raccoglitore):**

CARTA GEOLOGICA (SCALA 1:10.000)

TAV. 1A  
TAV. 1B  
TAV. 1C  
TAV. 1D  
TAV. 1E  
TAV. 1F  
TAV. 1G  
TAV. 1H  
TAV. 1I (SEZIONI GEOLOGICHE)

CARTA GEOMORFOLOGICA E DELL'EROSIONE DEI SUOLI (SCALA 1:10.000)

TAV. 2A  
TAV. 2B  
TAV. 2C  
TAV. 2D  
TAV. 2E  
TAV. 2F  
TAV. 2G  
TAV. 2H

CARTA DELLE PENDENZE (SCALA 1:10.000)

TAV. 3A  
TAV. 3B  
TAV. 3C  
TAV. 3D  
TAV. 3E  
TAV. 3F  
TAV. 3G  
TAV. 3H

CARTA LITOTECNICA (SCALA 1:10.000)

TAV. 4A  
TAV. 4B  
TAV. 4C  
TAV. 4D  
TAV. 4E  
TAV. 4F  
TAV. 4G  
TAV. 4H

CARTA IDROGEOLOGICA (SCALA 1:10.000)

TAV. 5A  
TAV. 5B  
TAV. 5C  
TAV. 5D

TAV. 5E  
TAV. 5F  
TAV. 5G  
TAV. 5H

CARTA DELLA VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA (SCALA 1:10.000)

TAV. 6A  
TAV. 6B  
TAV. 6C  
TAV. 6D  
TAV. 6E  
TAV. 6F  
TAV. 6G  
TAV. 6H

CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA (SCALA 1:10.000)

TAV. 7A  
TAV. 7B  
TAV. 7C  
TAV. 7D  
TAV. 7E  
TAV. 7F  
TAV. 7G  
TAV. 7H

CARTA DELLE AREE ALLAGATE E DEI CONTESTI IDRAULICI (SCALA 1:10.000)

TAV. 8A  
TAV. 8B  
TAV. 8C  
TAV. 8D  
TAV. 8E  
TAV. 8F  
TAV. 8G  
TAV. 8H

CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA (SCALA 1:10.000)

TAV. 9A  
TAV. 9B  
TAV. 9C  
TAV. 9D  
TAV. 9E  
TAV. 9F  
TAV. 9G  
TAV. 9H