



COMUNE DI CALCINAIA  
PROVINCIA DI PISA

INDAGINI GEOLOGICO TECNICHE  
DI SUPPORTO ALLA REALIZZAZIONE DEL PIANO  
STRUTTURALE DI CALCINAIA

(art.24 L.R. 16 gennaio 1995 n. 5)

**RELAZIONE TECNICA**

**Relazione con:**

Sezione Geologica Interpretativa scala orizz. 1: 10.000 vert. 1: 1.000 – 1: 2.000

Stralcio Carta delle Aree Inondabili e dati Scolmatore Arno

---

**Studio redatto dal:**

**Dott. Geol. Marco Bastogi**

**Dott. Geol. Paolo Pierattini**

---

**FIRENZE 2002**

## PRESENTAZIONE

Siamo in un momento di significativo cambiamento e trasformazione degli studi geologici applicati alla pianificazione come di tutte le altre discipline urbanistiche.

I primi studi di geologia applicata alla pianificazione del territorio, si rivolgevano alla franosità delle aree urbanizzate e furono eseguiti in particolare nell'area appenninica (primi anni del '900); tali studi, fino agli anni '50, erano finalizzati alla individuazione delle cause dei fenomeni - a disastro avvenuto - con l'intento di capire le cause e definire i possibili rimedi. Solo successivamente, si cominciarono a sviluppare i primi studi di programmazione sulla espansione urbanistica relativi alle problematiche sismiche ed ai fenomeni franosi. Studi geologici vengono richiesti sia per le aree già urbanizzate, interessate da dissesti che per quelle in cui si prevede di espandere l'urbano.

Negli anni '80, in seguito a nuove calamità naturali e grazie all'impulso della ricerca scientifica, si contribuisce significativamente allo sviluppo delle conoscenze geologiche applicate alla pianificazione; vengono compiuti studi di microzonazione sismica mirati alla salvaguardia dei centri abitati ed al consolidamento di frane in aree urbanizzate. Sono degli stessi anni le prime normative regionali che tuttora costituiscono un punto di riferimento per gli studi geologici di pianificazione (mi riferisco in particolare alla L.R.21/84 e alla D.R.94/85 che definiscono le norme per le indagini geologico-tecniche di supporto alla pianificazione urbanistica ai fini della prevenzione del rischio sismico).

Queste normative contemplano già i temi che sono fondamentali per gli studi geologici di supporto alla pianificazione ed almeno sulla carta, coinvolgono l'intero territorio comunale. All'analisi dei fatti comunque, fino a tempi molto recenti, gli studi vengono eseguiti con il dovuto dettaglio e approfondimento solo nei centri urbani.

Oggi il territorio extraurbano e le risorse ambientali cominciano ad assumere un ruolo di primo piano negli studi di pianificazione

territoriale. I procedimenti di pianificazione cominciano ad inquadrarsi nell'ambito dell'intero ecosistema di un territorio dove, oltre all'urbano e alle attività antropiche, entra in gioco la salvaguardia delle risorse ambientali e prima tra tutte: l'acqua. Intervengono nuovi concetti quali la vulnerabilità ambientale (idrogeologica in particolare), il concetto di "sviluppo sostenibile", il concetto di "economia dell'acqua", la "valutazione degli effetti ambientali", le cosiddette "valutazioni strategiche". Si tratta di concetti già oggetto di discussione in conferenze mondiali negli anni '70, ma che solo adesso cominciano ad essere recepiti.

**La premessa della Legge Regionale 5/95 recita:**  
**.. "Sono risorse naturali del territorio l'aria, l'acqua, il suolo gli ecosistemi della fauna e della flora"...**  
 Queste parole valgono da sole a far capire con quale ottica, globale la Regione Toscana ha inteso affrontare il problema del "governo del territorio". Valutare, gestire e tutelare le risorse vuol dire conoscere a fondo l'ambiente fisico che caratterizza il territorio. Per raggiungere le finalità della legge che tende al raggiungimento dello "sviluppo sostenibile", si rende necessaria una conoscenza approfondita del territorio in tutti i suoi aspetti ed interrelazioni atte a fornire un quadro conoscitivo completo.

I dati facenti parte del quadro conoscitivo geo-idro-litologico devono essere di "base" per l'Urbanista per orientare le sue scelte, mentre per il Comune e la Regione deve servire per governare il territorio in maniera consapevole.

E' quindi importante e basilare impostare lo studio tenendo conto di tutti i dati disponibili esistenti, frutto di Studi e lavori svolti sul territorio specifico e su quello adiacente; mediante questi dati, si può assolvere il difficile compito di ricostruire le caratteristiche intrinseche, la storia e l'evoluzione dell'area specifica che contribuiscono a formare il quadro completo del territorio comunale auspicato dalle normative vigenti.

L'importanza di questo tema è dovuta inoltre alla evidente necessità di comprendere nuove discipline negli studi di pianificazione

comunale al fine di rendere i processi di sviluppo realmente sostenibile in relazione a tutti i parametri che entrano in gioco nel "sistema ambiente"; al di là delle normative infatti si comincia ad avvertire l'importanza non solo dell'urbanista e del geologo, ma anche di altre figure professionali quali l'agronomo-forestale, l'ingegnere idraulico, lo storico, il naturalista, l'archeologo, il paesaggista.

**Oltre all'introduzione di questi nuovi elementi negli studi di pianificazione, dall'esame degli studi geologici che sono di corredo ai P.R.G. vigenti in gran parte dei Comuni della nostra Regione, appare chiaramente la necessità di rivisitare in chiave più attuale anche quegli aspetti della geologia di base acquisiti e normati da tempo, a partire dal rilevamento geologico di campagna che in passato è stato spesso ripreso dalla letteratura e quindi finalizzato a obiettivi decisamente diversi da quelli che necessitano oggi a chi deve operare sul territorio, spesso con un dettaglio non sufficiente soprattutto per le zone extraurbane.**

A questo punto sono chiare le problematiche che devono essere affrontate e sviluppate in questa fase di cambiamento degli studi di pianificazione urbanistica.

Dott. Geol. Marco

Bastogi

## 1) **PREMESSA**

Nella presente relazione tecnica, vengono descritti i risultati dello studio geologico, geomorfologico, idrogeologico, geotecnico ed idrologico - idraulico, affidato dall'Amministrazione Comunale, come prescritto dalla normativa vigente nell'ambito della redazione del nuovo Piano Strutturale.

L'indagine è stata articolata in varie fasi durante le quali si è cercato di acquisire tutti gli elementi del territorio necessari sia per formare il quadro conoscitivo di base che per esprimere un giudizio sui diversi aspetti che contribuiscono alla classificazione delle diverse aree in termini di Pericolosità.

In un primo momento si è proceduto alla raccolta dei dati bibliografici a carattere storico, geologico, idrologico, idrogeologico e di quelli tecnici relativi a studi idrologici - idraulici e geotecnici, finalizzati alla realizzazione di opere edilizie; sono stati inoltre esaminati per gli aspetti geologici, gli strumenti urbanistici di tutti i Comuni confinanti. E' sulla base di questa fase preliminare che è stato possibile impostare correttamente le fasi successive del rilievo in campagna e di elaborazione dei dati.

Durante i ripetuti sopralluoghi e rilievi di dettaglio effettuati nel territorio comunale, sono stati censiti numerosi pozzi freatici presenti sia nel territorio comunale che nelle sue adiacenze; le misure rilevate a fine aprile (2001) sono state sufficienti per la ricostruzione della superficie freatica e per poter stabilire le direzioni di flusso delle acque ipodermiche.

L'insieme dei dati rilevati trova collocazione nelle diverse carte tematiche di base alle quali si fonda, per gli aspetti legati alla geologia (s.l.), il presente Piano Strutturale.

Per quanto concerne l'informatizzazione dei dati cartografati, è doveroso ringraziare il Dott. Carlo Perugi, la cui disponibilità e competenza, hanno permesso l'allestimento informatico dell'intero studio che si compone delle seguenti Tavole:

*TAV. 1 - Carta geolitologica scala 1: 10.000*

*TAV. 2a e 2b - Carta geomorfologica dell'intero territorio comunale scala 1: 5.000*

---

**TAV. 3 - Carta idrogeologica e della permeabilità  
superficiale scala 1: 10.000**

TAV. 4a e 4b - Carta litotecnica e dei dati di base scala 1: 5.000

TAV. 5a e 5b - Carta della vulnerabilità degli acquiferi scala 1: 5.000

TAV. 6a e 6b - Carta delle aree esondabili e dei contesti idraulici  
scala 1: 5.000

TAV. 7a e 7b - Carta degli aspetti particolari per le zone sismiche  
scala 1: 5.000

Dalla sintesi di tutti i dati raccolti ed elaborati, rappresentati nei citati elaborati, si è potuto classificare in termini di Pericolosità (geomorfologica - geolitologica ed idraulica) l'intero territorio comunale. I risultati finali sono riprodotti nelle seguenti Tavole di sintesi:

TAV. 8a e 8b - Carta della pericolosità per fattori geomorfologici e geolitologici scala

1: 5.000

TAV. 9a e 9b - Carta della pericolosità per fattori idraulici scala 1: 5.000

Nella Tav. 6 "Carta delle aree esondabili e dei contesti idraulici" si è tenuto conto anche delle aree segnalate dal recente P.A.I (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino Arno) non ancora vigente, ma di prossima introduzione.

I nuovi dati di verifica approfondiscono ulteriormente la tematica sul rischio idraulico contribuendo a fornire un quadro estremamente aggiornato su di una questione tra le più preoccupanti.

## 2) INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL TERRITORIO

Il territorio comunale di Calcinaia si estende per una superficie di circa 15 km<sup>2</sup> per lo più in pianura, estremità nord orientale della più vasta Piana di Pisa. L'area comunale è compresa tra i rilievi dei Monti Pisani ad occidente e l'estremità meridionale del Pianalto delle Cerbaie ad oriente. A settentrione, verso la Provincia di Lucca, il territorio è delimitato dall'ex padule di Bientina, mentre a sud, la pianura si apre nei territori di Cascina e Pontedera.

Il Comune confina con i territori comunali di Bientina (a nord), S. Maria a Monte (ad est), Pontedera (a sud), Cascina e Vicopisano ad ovest.

L'area comunale è compresa nelle sezioni della Carta Topografica al 25.000 serie 25, del Foglio 273 I e II.

### **3) BREVE PROFILO STORICO SULLE TRASFORMAZIONI DEL TERRITORIO**

L'area di pianura ha subito in passato, per mano dell'Uomo, profonde trasformazioni sia nella morfologia del territorio che, soprattutto, nella rete idrografica.

Ad iniziare dall'avvento della colonizzazione Romana, tutta l'area della piana pisana, ha subito profonde modificazioni del paesaggio naturale per adattarlo alle esigenze delle popolazioni insediate. Le grandi opere di bonifica e di sistemazione idraulica - agraria succedutesi nei secoli hanno reso il sistema di drenaggio quasi completamente artificiale; la rete dei fossi fu realizzata sia per proteggere gli insediamenti e le coltivazioni dalle alluvioni, sia per colmare con le torbide dell'Arno, le aree depresse paludose.

L'area di Calcinaia con gli altri centri limitrofi, è stata al centro di sistemazioni idrauliche di notevole mole per l'intera pianura pisana.

L'economia e la qualità della vita in questo territorio, sono sempre state legate alla regimazione ed al controllo della rete idraulica. Arno, Serchio, Era - Cascina, nel loro divagare, con il tempo hanno sostanzialmente costruito la pianura come oggi la vediamo. L'Era ed il Serchio, con il loro carico di sedimenti apportavano i materiali che costruivano la pianura, mentre l'Arno, in questo tratto finale, ha avuto sostanzialmente il compito di ridistribuire gli apporti sedimentari.

Il Serchio con i suoi depositi, ha colmato la stretta fascia di pianura compresa tra i Monti Pisani e le Cerbaie, creando in una prima fase, un lago (lago di Sextum) poi ridottosi a palude (Padule di Bientina). A causa dei suoi stessi apporti, il Serchio troverà una via più breve verso il mare, attraverso Filettole e Ripafratta.

La pianura di Calcinaia è attraversata dall'Arno e dai canali artificiali dell'Emissario di Bientina, che drena le acque della pianura di Bientina, dello Scolmatore dell'Arno di Pontedera e da quello

dell'Usciana che raccoglie le acque nella depressione palustre di Fucecchio.

L'Arno, tra il 1561 ed il 1564, sotto la spinta di Cosimo I de' Medici, subisce una sostanziale modifica già prospettata da Leonardo da Vinci. Il tratto compreso tra Montecchio e San Giovanni alla Vena, viene rettificato con un'opera di notevole mole ed impatto sulla zona. Il suo meandro che lambiva l'abitato di Bientina, viene abbandonato (circa 11 km) e sostituito da un canale artificiale circa rettilineo di circa 3 km.

I terreni recuperati e bonificati del vecchio alveo, andarono sotto il controllo della Fattoria di Vicopisano di S.A.R. di proprietà Medici che affiancandosi alle altre Fattorie di Bientina e di Pianora, poteva esercitare un ruolo preminente nell'economia dell'area.

Il centro di Calcinaia si trovò spostato dalla sponda sinistra a quella destra e per questo penalizzato nei collegamenti con Pisa. Anche Bientina e Vicopisano persero il loro collegamento fluviale.

I problemi idraulici dell'Arno non erano comunque finiti con questa grandiosa opera; le sue inondazioni erano ancora troppo frequenti e minacciavano in particolare Pisa. C'era anche il problema del Padule di Bientina che creava un ambiente malsano e soggetto a continui allagamenti.

Già prima del taglio dell'Arno a Calcinaia, esisteva un canale chiamato Arnaccio, documentato dal 1167, che ad iniziare da Fornacette, in linea retta, si dirigeva al mare. In esso previo la rottura dell'argine che lo separava dall'Arno, venivano scolmate le acque di piena per salvaguardare Pisa. Il suo funzionamento però, non fu considerato mai troppo favorevolmente tanto che Targioni Tozzetti nel 1768 così lo descrive: *"...Arnaccio sembra un alveo vuoto di gran fiume; perché è un gran fossone, formato per ambe le parti da un grande, e gagliardo argine o ripa; e siccome è di fondo quasi superiore alla pianura sottoposta, e non può ricevere l'acque di essa, queste si adunano in due fossi, i quali corrono paralleli ad Arnaccio, senza comunicare punto con esso: il sinistro si chiama Rio di Pozzale, il destro l'Antifosso di Arnaccio. Cammina Arnaccio per linea retta, fino alla strada detta di S.Maria; da lì in poi fa due o tre angoli, e dall'angolo di Coltano in giù cresce l'ampiezza del suo canale, e si va a perdere nei bassi che sono sotto quest'angolo; dal che ne segue, che se le acque d'Arno derivate per questa parte, sono di quantità eccedente, si fanno strada, e si diffondono lungo la via di Livorno dà*



*Ponti di Stagno, per Fosso Reale, e per Bocca di Calambrone, dove trovano maggiore facilità a penetrare, e scaricarsi in Mare. Fuori di questa occasione, Arnaccio serve di strada più breve da Livorno a Firenze, la quale però a cagione del terreno sciolto e bellettoso, è molto fangosa e paludosa nell'Inverno, e troppo polverosa nell'Estate. Nel letto d'Arnaccio anticamente si seminava, ma nel 1631 fu determinato si lasciasse a pascolo de' bestiami delle Comunità adiacenti. Per altro sopr'agli argini, vicini a'Fossi non si può seminar'altro che Senapa e Guado. Diminuita che sia la Piena d'Arno, e cessato il timore, si rifà di nuovo l'Argine del Trabocco, e l'acqua stravasata in Arnaccio, che a cagione del poco declive non abbia potuto giungere al Mare, stagna nell'alveo, e seccasi per l'azione del Sole, e de' Venti. Siccome questo Fosso attraversa la strada Fiorentina e quando è pieno d'acqua ne impedirebbe il passo, è stato saviamente provvisto a tal bisogno, con un magnifico e lungo Ponte...".* Questo canale attraversava l'unica strada di comunicazione tra Firenze e Pisa creando gravi problemi con le piene; si decise così, sotto Cosimo I de' Medici, di realizzare a Fornacette, il lungo ponte ad arcate citato (ancora esistente) chiamato "Trabocco". I problemi non cessarono e nel 1761 fu deciso l'interramento del ponte e dell'Arnaccio sul quale fu costruita l'omonima direttrice che collega Fornacette all'Aurelia

Per l'ex lago di Bientina ridotto a padule si dovette attendere il 1859, perché potesse diventare area di pianura. Fu sotto i Lorena, grazie al progetto di A. Manetti che si realizzò il Canale Emissario (1861) che ad iniziare da Altopascio, prosegue verso Calambrone per raggiungere il mare con un tragitto circa parallelo a quello del vecchio Arnaccio. Per la sua realizzazione fu necessario attraversare l'Arno e si costruì la "Botte tra Vicopisano e Calcinaia. Si tratta di un'opera gigantesca per quei tempi che raggiungeva ben 255 metri di lunghezza con uno spessore dei muri di 3,50 metri. La bonifica non dette esiti sperati, così che dal 1915 - 1930 si dovettero eseguire nuovi lavori di allargamento e approfondimento del Canale.

Dopo la seconda guerra mondiale, terminata la fase delle bonifiche, rimaneva il problema di difesa del territorio dalle esondazioni dell'Arno.

Alla fine degli anni '60, grazie alle nuove possibilità tecniche offerte dal perfezionamento delle macchine escavatrici per il movimento terra, un'altra grande opera di salvaguardia fu realizzata a sud del territorio comunale: lo Scolmatore dell'Arno. Questo canale che inizia

da Pontedera, per un breve tratto di circa 400 metri, attraversa l'estremità meridionale del territorio comunale per poi raggiungere Calambrone, dove poco prima di sfociare in mare, riceve anche le acque dell'Emissario di Bientina e del tratto rettificato del canale dei Navicelli.

Negli anni '80 la realizzazione del Canale Allacciante dell'Usciana ha nuovamente stravolto l'assetto idrografico dei luoghi. Quest'ultimo canale si stacca in prossimità del confine territoriale tra Calcinaia e S. Maria a Monte, percorrendo l'area de "La Paduletta", quindi attraverso l'ansa di Montecchio, sotto attraversa l'Arno in "botte" per raggiungere lo Scolmatore di Pontedera.

E' evidente che da tutte queste trasformazioni, il territorio ha subito sostanziali cambiamenti anche nella stratigrafia superficiale. Dove l'alveo è stato ricostruito artificialmente, sono presenti depositi che ben si distinguono da quelli presenti nelle antichi alvei abbandonati. Processi sedimentari diversi hanno presieduto alla formazione della pianura in relazione alle energie di trasporto da parte delle acque dei corsi d'acqua e delle loro direzioni; le opere di bonifica per colmata hanno inoltre, in molti casi, modificato le antiche quote apportando materiali generalmente a granulometria "fine", la cui localizzazione è difficilmente spiegabile con le ricostruzioni geomorfologiche evolutive che naturalmente hanno costruito la pianura.

In molti casi, come le indagini svolte hanno in più occasioni rivelato, il territorio registra stravolgimenti causati dai significativi apporti di materiali scavati per la realizzazione dei diversi canali; generalmente si tratta di accumuli in forma di argini o contro argini, mai a distanze eccessive dai luoghi di escavazione e per lo più di spessore inferiore al metro, anche se non mancano riporti che possono raggiungere anche gli 8 metri.

#### 4) INQUADRAMENTO GEOLOGICO DEL TERRITORIO

L'area territoriale in cui si inserisce il Comune di Calcinaia, occupa l'estremità nord orientale della più vasta pianura pisana. Essa presenta caratteri morfologici che rispecchiano la diversa natura geologica dei terreni affioranti.

I Monti Pisani con forme aspre e scoscese, costituiscono un massiccio carbonatico in brusco contrasto con l'uniformità della pianura, mentre le forme morbide delle colline delle Cerbaie, rivelano la presenza di depositi fluvio lacustri facilmente erodibili che si raccordano dolcemente con la pianura e formano il così detto "Pianalto delle Cerbaie", costituito a livello sommitale da terreni prevalentemente sabbiosi del Pleistocene medio. Il lato occidentale di quest'ultimo rilievo, è inclinato verso la valle di Bientina e rappresenta il limite fisiografico tra la valle suddetta e quella dell'Usciana (Federici 1987)

Tra questi due rilievi si estende il breve tratto di pianura formata da depositi fluvio - palustri del sistema Arno - Serchio; questa stretta fascia pianeggiante che nell'ambito territoriale di Calcinaia è localizzata a quote comprese tra 10 - 13 m. s.l.m., in un recente passato è stata percorsa dal F. Serchio, mentre in un periodo più recente, diventò sede (in parte) di un lago. Attualmente ha carattere di valle morta perché non è attraversata da alcun corso d'acqua naturale, ma soltanto dal canale Emissario di Bientina, realizzato per la bonifica dell'omonimo lago o padule, formatosi per gli accumuli alluvionali dell'Arno, definitivamente prosciugato nel 1859 (Federici 1987), grazie alla realizzazione del sistema di canali che drenano le acque verso il canale Emissario ed attraverso "la Botte", di S. Giovanni alla Vena, possono defluire in mare a Calambrone.

L'Arno ha contribuito allo sviluppo di questo tratto della pianura con un percorso tortuoso che ha raggiunto Bientina e Vicopisano.

#### **4.1 - Evoluzione paleogeografica della pianura di Pisa**

La pianura di Pisa risulta localizzata in corrispondenza di una vasta depressione tettonica, miocenica, in gran parte sottomarina che si è impostata lungo il prolungamento sud orientale del graben del fiume Magra (bacino Pisano - versiliese). Questa depressione è limitata ad est dalla struttura positiva dei Monti Pisani, mentre ad ovest è presente la dorsale di Viareggio sommersa a circa 30 km dai Monti Pisani.

Il limite della pianura, a sud, è probabile che coincida con una faglia trascorrente trasversale alla struttura appenninica.

Sondaggi profondi eseguiti nella pianura, hanno messo in evidenza il substrato profondo sul quale è avvenuto il riempimento sedimentario

(Fancelli et all. 1986); si tratta del "tetto" delle successioni litologiche pre - mioceniche, ricostruite mediante rilievo sismico a riflessione a profilo continuo dall'AGIP Mineraria (Ghelardoni et all. 1968).

Questa superficie di substrato, si presenta con oscillazioni molto variabili in senso verticale; talvolta mostra aree relativamente prossime alla superficie, in altri casi poste tra i 1500 - 2000 m sotto il livello del mare. Esistono anche zone in cui le isobate si infittiscono prospettando l'esistenza di pareti sub verticali sepolte, corrispondenti con molta probabilità, ai fasci di faglie responsabili dell'apertura e sprofondamento delle stesse fosse.

I sedimenti che riempiono questa depressione tettonica, sono stati suddivisi in due sequenze successive (Fancelli et al. 1986); quella più profonda, definita substrato intermedio, comprende sedimenti che dal Miocene superiore raggiungono la fine del Pleistocene inferiore (terreni che affiorano sulle Colline dei Monti Livornesi e sui Monti di Casciana Terme), quella superiore è ben riconoscibile lungo la sezione della strada agli Archi, tra Livorno e la Via Emilia, studiata da Bossio et al. 1981 e riproposta da Fancelli et all. 1986.

Nel Miocene superiore, con l'istaurarsi del regime tettonico disgiuntivo, si formarono depressioni bacinali e sollevamenti tettonici delimitati da faglie dirette, parallele alla neoformata catena appenninica; la regione viene interessata da una trasgressione marina testimoniata dai sedimenti che oggi costituiscono le Colline pisane. Si formano i depositi conglomeratici ai quali seguono argille lagunari, quindi sedimenti evaporitici con strati di gesso intercalati alle argille ed infine sabbie argille e conglomerati depositati in un bacino ristretto e con acque poco profonde.

Nel Pliocene inferiore, si ha una più intensa subsidenza che determina una trasgressione marina più estesa (Baldacci et al. 1995), i depositi di questa fase arrivano ad appoggiare direttamente sulle rocce del substrato profondo. La sedimentazione inizialmente di tipo argilloso evolve in facies sabbiosa.

Nel Pliocene medio si verifica una regressione (astiana) che si conclude nel Pliocene superiore con la completa emersione del Valdarno inferiore.

Con la regressione del mare, si verificano le condizioni che provocano la completa erosione dei depositi marini del Pliocene superiore. Sulle terre emerse si imposta un primo reticolo fluviale che

prefigura il sistema idrografico Arno - Serchio; si intuisce infatti (Federici, Mazzanti 1988), la presenza di un corso d'acqua ad est dei Monti Pisani che si congiunge con un antico Arno. Poiché si presume che l'Arno, in questo periodo, non avesse ancora superato la gola di Pontassieve assumendo un percorso simile all'odierno (Bartolini e Pranzini 1984), doveva allora esistere un altro corso d'acqua che aveva l'andamento est-ovest.

Con il Pleistocene, iniziano le oscillazioni eustatiche del livello del mare collegate ai cicli glaciali; la linea di costa si sposta comunque, anche in conseguenza dello sprofondamento tettonico del bacino in questione e di quelli adiacenti. Il mare arriva circa fino a Cascina, mentre ad oriente di quest'ultima località, la sedimentazione è di carattere esclusivamente lacustre e fluviale.

Il Pleistocene inferiore è rappresentato da depositi di facies marina corrispondenti ai Piani Santerniano ed Emiliano che si ritrovano oggi, in affioramento sulle Colline Pisane. Si tratta di una serie molto omogenea che inizia da un livello trasgressivo spesso qualche metro di sabbie con ciottoli, a cui seguono argille e sabbie argillose ad "arctica islandica" di mare franco ed infine le sabbie regressive di Nugola Vecchia di facies di mare strettamente costiero, di spiaggia e di retro spiaggia.

Con questo deposito termina il substrato intermedio ed inizia quello superiore (Fancelli et al. 1986) con sedimenti posteriori al Pleistocene inferiore. In questo periodo il mare si ritira nuovamente e per almeno tutto il Pleistocene medio, si verifica un sollevamento epirogenetico (sollevamento o abbassamento della crosta derivante da ampio assestamento di livello) che fa emergere tutto il valdarno inferiore; i fiumi intraprendono un'energica attività erosiva che interrompe la documentazione sedimentaria.

Durante il Pleistocene medio superiore, sul fronte del bacino lacustre (area orientale), si ha invece la sedimentazione di depositi fluvio lacustri (Lago delle Pianore) che oggi si ritrovano sul margine delle colline, vedi per esempio la formazione dei conglomerati sabbie e limi di Casa Poggio ai Lecci alle Cerbaie.

I sedimenti fluvio-lacustri, sono attribuiti ad una stessa età perché la loro giacitura è raccordabile ad una medesima superficie e sono costituiti, in prevalenza, da clasti provenienti dai Monti Pisani (quarziti ed anageniti); si può così ragionevolmente ritenere che si

siano depositati nell'interglaciale Mindel - Riss (Federici e Mazzanti 1988).

Nello stesso periodo l'Arno ha superato la gola di Pontassieve. Nel Riss è molto probabile che si siano attivate le faglie che delimitano le Cerbaie, e lungo tali discontinuità, si è attuato il sollevamento degli stessi rilievi. Anche nella pianura di Pisa le faglie marginali sono state probabilmente attive nello stesso periodo con effetti di sprofondamento del bacino ulteriormente accentuati dall'incisione fluviale conseguente all'abbassamento del livello di base dell'Arno per glacioeustatismo marino negativo.

Durante l'interglaciale Riss-Würm, i corsi d'acqua principali del Valdarno inferiore hanno prodotto la maggior quantità dei loro depositi sedimentari, mentre la fase di erosione più importante si è sviluppata durante le fasi würmiane.

Sulle Cerbaie, la formazione di Casa Poggio ai Lecci, presenta un'alterazione pedologica senza Plintite a riprova del fatto che nell'interglaciale Riss - Würm questi terreni erano ormai completamente emersi.

L'altreazione con la formazione dei suoli a "Plintite" è infatti tipica dell'interglaciale Mindel - Riss, durante il quale invece, la formazione suddetta si stava depositando. In assenza di documentazione geologica relativa al Tirreniano, non è possibile sapere se la pianura di Pisa, nell'interglaciale Riss-Würm, abbia subito subsidenza. Quello che è certo è che nel Würm II il mare presentava un livello più basso di almeno 60 metri rispetto a quello attuale, conseguentemente la pianura, doveva essere molto più alta sul lato occidentale.

I fiumi in fase di massima incisione devono aver notevolmente approfondito tutte le valli affluenti del paleo Arno. L'Arno nel frattempo, era stato raggiunto nei pressi di Calcinaia, dal Serchio da Bientina, un fiume talmente impetuoso (Federici 1987), da spingere l'Arno a lambire a sud le colline, dove depositava i conglomerati (Sagre 1955). Si tratta di un'insieme di ciottoli grossolani e di ghiaie con elementi quarziticci - filladici e calcari cristallini, di provenienza dai Monti Pisani e dalle Apuane, distribuiti in tutto il sottosuolo della pianura ad iniziare da Bientina (Fig.3). In questo deposito, ha sede la più importante falda acquifera da cui attingono la maggior parte dei pozzi della pianura.

Sopra a questi ciottolami e ghiaie sono presenti limi fluvio - palustri che testimoniano una diminuzione dell'attività erosiva fluviale dettata da cambiamenti climatici; infatti da condizioni umide di fase oceanica si giunse a condizioni aride di fase continentale (Fancelli et al. 1986).

I limi fluvio palustri, infine, si ritrovano (verso la costa), sormontati da sedimenti eolici che indicano il ravvicinarsi del litorale a seguito del sollevamento eustatico del mare.

Nel Würm III, ha inizio un nuovo ciclo erosivo che provoca incisione delle valli in corrispondenza dei terreni eolici e marini. L'erosione è operata da un fiume importante: l'Arno o il Serchio. Quest'ultimo infatti, già dal Würm I, si era aperto un passaggio da Ripafratta che sussisteva in contemporaneità con l'altro ramo che passava da Bientina; il passaggio da Ripafratta, non era comunque sempre attivo.

Da Bientina invece, il paleo Serchio raggiungeva il mare congiungendosi a nord delle Secche della Meloria con l'antico corso dell'Arno.

Ci sono indizi che l'Arno, (secondo Della Rocca ed all. 1987), dopo la confluenza con l'Era abbia seguito due percorsi: uno meridionale in cui l'alveo procedeva in un primo momento tra Lapignano e nuovo scolmatore e successivamente tra Chiesa Nuova e Arnaccio; un secondo corso che riceveva le acque da tutti gli affluenti che discendevano le colline. Il primo di questi, più vicino al ramo attuale, riceveva le acque da un fiume emissario del lago - padule di Bientina, che si stava formando a causa dello sbarramento causato dalle alluvioni dell'Arno e più tardi, da quelle del Serchio da Ripafratta.

Con lo scioglimento dei ghiacci post Würm III, il livello del mare inizia a risalire: ha inizio la trasgressione Versiliana che raggiunge il suo massimo con l'attuale linea di riva, sui litorali rocciosi del livornese e di La Spezia. Verso l'interno, nella pianura, l'ingressione marina raggiunge e supera i precedenti depositi eolici e marini (Mazzanti 1983); si riempiono le incisioni vallive prodotte nel Würm III con limi palustri ed alluvionali e si ispessiscono anche i depositi della pianura. La trasgressione verso l'interno è limitata oltre che dalle barre sabbiose eoliche, dai sedimenti fluviali che hanno riempito la pianura, isolando le depressioni interne dalla piana marina.

I depositi sedimentati nell'Olocene, sono quelli che si possono osservare sulla pianura attuale (i depositi torbosi palustri e quelli di colmata sono quelli maggiormente rappresentati). Sul lato costiero continua la deposizione delle dune e dei lidi litoranei corrispondenti a barre emerse allineate secondo i vecchi litorali.

Con l'avvento della colonizzazione Romana, l'evoluzione della pianura pisana non è più solo frutto di eventi naturali; interventi antropici per scopi agricoli - forestali e di regimazione idraulica, stravolgeranno le possibilità erosive e di trasporto sedimentario della rete idraulica.

#### **4.2 - Evoluzione della pianura di Calcinaia: il modello deposizionale meandriforme**

La pianura di Calcinaia è sostanzialmente caratterizzata dalla presenza del grande meandro dell'Arno che fino al 1560 aveva lambito l'abitato di Bientina e di Vicopisano.

I meandri si formano tipicamente nelle parti basse delle pianure alluvionali e presentano un'asse di propagazione generalmente perpendicolare alla costa.

I fiumi a meandri come l'Arno, scorrono entro una fascia leggermente rilevata rispetto all'adiacente pianura; il canale fluviale è in questi casi più profondo ed asimmetrico, rispetto a quello che lo stesso corso d'acqua presenta nella zona più a monte, ed incide sedimenti "fini" (argille e limi) con forme delle sponde, ripide sul lato concavo che talvolta possono presentare contropendenze dovute alla sottoescavazione ad opera della corrente fluviale. In corrispondenza della sponda convessa la pendenza è invece più debole.

Il meandro evolve spostandosi, sia verso valle che lateralmente, per una fascia di ampiezza generalmente pari a 15 - 20 volte la larghezza del canale.

L'evoluzione di un meandro, contempla un'azione concomitante di erosione, sulla sponda esterna (riva concava) e deposizione su quella interna (convessa). La struttura sedimentaria caratteristica è la barra di meandro (Fig. 2).

Il materiale depositato sulla sponda convessa, è costituito dal carico di fondo del corso d'acqua (comunemente sabbia fine); i sedimenti presenti sul lato concavo (esterno) sono sempre più antichi di quelli



"di barra" che il meccanismo di deposito fluviale fa accrescere sul lato convesso (interno). L'accrescimento granulometrico prevede una diminuzione di granulometria dal basso verso l'alto, dovuta alla minore energia di trasporto del flusso idrico dal fondo, verso la sponda in deposizione; i granuli, spinti dalla pressione principale della corrente, si muovono parallelamente alle rive, cioè lungo linee di uguale velocità.

Alla diminuzione di energia verso la sponda convessa, fa eco una variazione nelle strutture: da laminazione incrociata di tipo "duna" a laminazione incrociata tipo "ripple" (si tratta di forme ondulate prodotte dal movimento dell'acqua).

Dopo ogni picco di piena si sviluppa la massima erosione, con crolli dovuti alla sottoescavazione o escavazione erosiva al piede della sponda. Il materiale eroso si deposita in buona parte sul lato convesso del meandro successivo e le superfici di accrescimento, viste in sezione (Vd. fig. 2), si mostrano inclinate a basso angolo ( $5^{\circ}$ - $15^{\circ}$ ) verso l'asse del canale.

Con il taglio di un meandro, come nel caso in oggetto, si arresta la migrazione del canale e della barra; il canale viene sigillato in condizioni naturali, dal così detto "tappo argilloso" (clay plug).

Nel caso del meandro di Calcinaia, i dati disponibili individuano le sabbie di canale a profondità di circa 4 metri dal p.c. attuale, mentre il terreno sovrastante è di natura limo argillosa ed è dovuto alle opere di colmata ai fini dell'utilizzo agricolo della fascia di territorio ad opera della Fattoria medicea di Vicopisano.

Anche il meandro di Montecchio si è sviluppato con il medesimo meccanismo descritto, erodendo sul lato Pontedera ed accrescendosi sul lato verso le colline.

Dalla geometria della barra di meandro, è possibile ricostruire la paleoidraulica di un antico corso d'acqua, sapendo che lo spessore della barra è uguale a quello dell'antico canale che l'ha formata; ecco quindi che le caratteristiche sedimentologiche ed i rapporti tessiturali legati all'evoluzione di un meandro, vengono a corrispondere tra zone omologhe del paleo canale, permettendo di individuare, ai fini della caratterizzazione litologico stratigrafica del deposito alluvionale, una stratigrafia piuttosto omogenea.

5) **INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA COMUNALE:**  
 la Carta Geolitologica e la Sezione Geologica interpretativa - Tav.  
 1

5.1 - Introduzione

La Carta Geolitologica deve essere considerata una carta d'inquadramento geologico generale e di carattere tecnico - applicativo. In essa sono descritte le formazioni geologiche ed i relativi membri litologici con gli assetti giacitureali delle formazioni; essa rappresenta la base descrittiva per inquadrare geologicamente l'intero territorio comunale.

La Tavola è frutto di una specifica campagna di rilievo e tiene conto degli aggiornamenti proposti dalla recente letteratura scientifica.

*In particolare, la carta riporta la descrizione delle formazioni affioranti e dei membri formazionali riproducibili alla scala di rilievo utilizzata.*

---

Il territorio compreso entro i limiti amministrativi del Comune di Calcinaia, è interamente rappresentato nella Tavola unica in scala 1:10.000 ed è in buona parte pianeggiante; solo un limitato lembo, localizzato ad oriente, (area delle Cerbaie), presenta morfologia collinare.

*Gli elementi descritti sono distinti per le due diverse aree morfologiche:*

---

## 5.2 - L'area di pianura

La pianura di Calcinaia, è formata da sedimenti del Pliocene superiore e quaternari.

Sondaggi profondi eseguiti nella pianura, hanno messo in evidenza il substrato profondo sul quale è avvenuto il riempimento sedimentario (Fancelli et al. 1986) si tratta cioè del "tetto" delle successioni litologiche pre - mioceniche che per l'area specifica si trova ad una profondità di oltre 500 metri dal p.c. (calcari analoghi a quelli affioranti sui Monti Pisani).

I sedimenti che costituiscono questo riempimento, come abbiamo detto in un paragrafo precedente, sono suddivisi in due sequenze successive; la più profonda, definita substrato intermedio, comprende i sedimenti che dal Miocene superiore raggiungono la fine del Pleistocene inferiore. Si tratta di depositi che oggi possiamo osservare in affioramento sulle colline pisane e che comprendono, nell'ordine, dal

basso: conglomerati, sedimenti di ambiente lagunare (argille), evaporiti (strati di gesso alternati ad argille), sabbie, argille e conglomerati sempre di origine marina. Nel Pliocene inferiore la sequenza evolve verso termini sabbiosi che in conseguenza dell'emersione avvenuta nel Pliocene superiore sono assenti perché erosi.

Con l'inizio del Pleistocene, ha termine la prima successione deposizionale di riempimento (substrato intermedio). Il riequilibrio statico della crosta (sollevamento epirogenetico protrattosi per tutto Pleistocene medio), fa riemergere nuovamente il Valdarno inferiore e con l'impostazione del nuovo reticolo fluviale, inizia l'azione erosiva che interrompe la continuità di deposizione. E' in questo periodo (Pleistocene iniziale) che in corrispondenza delle fasi interglaciali (scioglimento dei ghiacci), si intensifica notevolmente l'azione erosiva e si forma il deposito ghiaioso fluviale, esteso a tutto il sottosuolo della pianura di Pisa e presente, nel nostro territorio, a profondità di circa 35-40 metri dal p.c. (Fig.2); a formarlo sono un paleo Serchio proveniente da nord ed un corso d'acqua ad andamento pressoché analogo a quello dell'odierno Arno. E' soprattutto questo paleo Serchio ad apportare ciottoli grossolani e ghiaie erosi dai Monti Pisani e dalle Apuane (elementi quarzitici - filladici e calcari cristallini).

Questo antico ramo del Serchio coesisteva già dal Würm I, contemporaneamente al ramo che si era aperto un passaggio da Ripafratta. Da Bientina invece, il paleo Serchio raggiungeva il mare congiungendosi a nord delle Secche della Meloria con l'antico corso dell'Arno.

Sopra a questi ciottolami e ghiaie sono presenti limi fluvio - palustri che testimoniano una sostanziale diminuzione dell'attività erosiva fluviale dettata da cambiamenti climatici; da condizioni umide di fase oceanica si giunse ad una fase continentale, più arida (Fancelli et al. 1986).

**Durante l'interglaciale Riss-Würm, i corsi d'acqua principali del Valdarno inferiore hanno prodotto la maggior quantità dei loro depositi sedimentari, mentre la fase di erosione più importante si è sviluppata durante le fasi würmiane. Si distinguono due aree, mentre ad ovest di Cascina, l'area era occupata dal grande golfo chiamato "Sinus pisanus" (nel quale prosegue la sedimentazione marina), nel nostro territorio la sedimentazione diviene di carattere esclusivamente fluviale ed anche lacustre; l'area fu**

**infatti occupata dal grande lago detto "delle Pianore" (Federici e Mazzanti 1988).**

L'ingresso del mare verso il territorio ad est di Cascina, fu limitata oltre che dalle barre sabbiose eoliche, dai sedimenti fluviali che colmavano la pianura, isolando le depressioni interne dalla piana marina.

I depositi recenti olocenici, sono quelli che si possono osservare sulla pianura attuale, tra essi sono maggiormente rappresentati i depositi torbosi palustri e quelli di colmata che, tuttavia, nella specifica area di pianura, sono estremamente ridotti. Questi depositi infatti si localizzano nelle aree più lontane dai corsi d'acqua (sia quelli antichi che quelli attuali), dove proprio per l'assenza dei materiali trasportati dalle esondazione, sono rimaste leggermente depresse e quindi soggette ad impaludamenti. In queste aree vi giungevano solo i materiali più fini.

La pianura di Calcinaia, stretta tra Monti Pisani e le Cerbaie, è stata occupata completamente dai fiumi che con i loro depositi non hanno lasciato spazio a zone depresse.

Le **Alluvioni recenti ed attuali (Olocene)** che appaiono in celeste sulla Tav. 1 (Carta Geolitologica) con la sigla "all" - sono gli unici depositi presenti, costituiti prevalentemente da limi, sabbie di esondazione fluviale o di barra di meandro dei fiumi attuali ed antichi che hanno solcato questo tratto della pianura.

### **5.3 - L'area della collina**

Nell'area collinare di "Le Cerbaie", affiorano sedimenti del Pliocene marino e fluvio lacustri del Pleistocene (Quaternario). E' nel Riss che molto probabilmente si sono attivate le faglie che delimitano le Cerbaie e che hanno permesso il loro sollevamento.

**Nella Tavola 1, si osserva che l'area del "Pianalto delle Cerbaie" sono presenti due formazioni a composizione prevalentemente sabbiosa, mentre nella modesta valle de "La Paduletta", sono stati riportati i materiali di scavo del Canale Allacciante Scolmatore dell'Usciana che hanno ricoperto, i depositi alluvionali del Rio Nero, sollevando il livello del terreno. Anche alcune vallecole laterali sono state riempite da tali riporti che nella Tavola 1, vengono opportunamente**

## **distinti rispetto ai depositi eluvio - colluviali pedecollinari.**

Ad iniziare dal basso affiorano le seguenti unità:

**conglomerati e sabbie di Santa Maria a Monte** (Pliocene inferiore - medio)

*Si tratta di conglomerati e sabbie di ambiente litoraneo - lagunare.*

*Il membro conglomeratico (**Pcg**) è sviluppato particolarmente nella zona compresa tra Ponte alla Navetta e Ponte a Cappiano e risulta costituito da elementi di anageniti quarziti e filladi miste a ciottoli di calcari radiolariti e macigno provenienti tutti dal Monte Pisano. Le sabbie (**Ps**), di colore giallo, sono piuttosto fini (tipiche di mare profondo) che talvolta contengono livelli lenticolari argillosi grigiastri (Vd. estremità comunale lungo la provinciale Francesca - zona franosa bonificata). Queste sabbie plioceniche, risedimentate in ambiente litoraneo, in aree extra comunali, si trovano intercalate ad altri sedimenti di diversa origine. Il loro assetto è a reggipoggio con inclinazioni verso nord nord-ovest di 5°- 10°. Nella Tavola è riportato con maggior precisione ed estensione, la lente sabbiosa della formazione che affiora in prossimità della Provinciale n°8. In occasione di un evento franoso di piccola entità che ha interessato la sede stradale e la sottostante scarpata, è stato possibile approfondire il quadro conoscitivo geologico, estendendo la suddetta lente verso ovest.*

Questa formazione si ritrova esclusivamente sulle colline delle Cerbaie.

**Conglomerati sabbie e limi di Casa Poggio ai Lecci** (Pleistocene medio)

La formazione segnalata con la sigla **Qt** è costituita da ghiaie ciottoli di verrucano ed altri elementi cristallini provenienti dal Monte Pisano, da sabbie e limi di ambiente per lo più fluviale che si sedimentavano nell'antico lago delle "Pianore". Possono essere compresi anche sedimenti di origine lagunare e talvolta di spiaggia marina deposti nell'interglaciale Tirreniano (Tozzi, Grifoni, Cremonesi 1994). La formazione raramente raggiunge spessori di 30 metri e corrisponde ad un terrazzo che si estende lungo i margini delle colline e di Monte Castello sino a costituire la maggior parte del Pianalto delle Cerbaie. Questi sedimenti, sono attribuiti ad una stessa età perché la loro giacitura circa orizzontale, è raccordabile con una medesima superficie (depositi dell'interglaciale Mindel - Riss, Federici e Mazzanti 1988).

Sulle Cerbaie, dove la formazione affiora estesamente, presenta un'alterazione pedologica senza Plintite a comprova del fatto che nell'interglaciale Riss - Würm questi terreni erano ormai completamente emersi. L'alterazione con la formazione dei suoli a "Plintite" è tipica dell'interglaciale Mindel - Riss, durante questo periodo, la formazione suddetta si stava depositando.

#### **Detrito eluvio - colluviale (attuale)**

Con la sigla (Dt), risultano cartografati depositi di origine gravitativa, accumulati per il disfacimento erosivo dei rilievi sabbiosi e conglomeratici. Si tratta di limitatissimi affioramenti di sabbie e ciottoli, localizzati ad occidente della collina di Montecchio, ai piedi di Monte Belvedere ed in alcuni piccoli impluvi circostanti al Bosco di Montecchio che si distinguono per la diversa acclività di raccordo tra la collina e la pianura dai sedimenti che costituiscono i versanti.

#### **Riporto (Rp)**

Nella Tav. 1 sono stati cartografati solo i riporti, relativi allo scavo del Canale Scolmatore Allacciante dell'Usciana, poiché a differenza degli altri terreni di riporto che si ritrovano nell'area di pianura, questi materiali sabbiosi ricoprono i depositi alluvionali argillosi sottostanti e quelli, eluvio - colluviali, delle vallecole marginali.

Nella Carta sono segnalate le vecchie Cave d'alveo unitamente alla posizione dell'antico meandro del'Arno; inoltre viene riportata la probabile ubicazione della Faglia distensiva che delimita il lato orientale dei Monti Pisani e che ha causato la depressione tettonica compresa tra i Monti Pisani stessi ed il rilievo delle Cerbaie.

#### **5. 4 - Sezione geologica interpretativa**

La sezione geologica interpretativa allegata alla presente relazione, la cui traccia appare sulla Tav. 1, attraversa in direzione NE - SW l'intero territorio comunale di Calcinaia.

La sezione che ha inizio da Case Paduletta, attraversa l'area delle Cerbaie passando dall'estremo lembo occidentale, si immette nella pianura ed attraversandola termina a sud ovest di Fornacette.

**Scopo della sezione è quello di illustrare, alla luce dell'interpretazione geologica e per quanto noto da indagini e perforazioni svolte nell'area, le condizioni stratigrafiche nei diversi contesti (pianura e collina) ed i rapporti intercorrenti tra morfologia ed assetto dei depositi con i loro aspetti macroscopici tessiturali.**

La sezione, ricavata dalla stessa base topografica del rilievo geologico, è stata realizzata con diversa scala verticale: rispettivamente per il tratto di pianura (A - A') la scala verticale è 1 : 1.000, mentre per quello collinare (B-B') la scala è 1 : 2.000. La scala orizzontale è invece la stessa 1: 10.000. Il motivo risiede in una migliore rappresentazione visiva della stratigrafia presente nei due diversi contesti. I due tratti consecutivi si raccordano nel punto A'≡B.

I dati stratigrafici in essa riportati sono frutto dei risultati delle indagini profonde (pozzi e/o sondaggi); per l'area collinare sono stati integrati anche dalle ricognizioni di campagna.

L'area di pianura presenta a profondità attorno ai 35 - 40 metri, (confermata da tutte le prospezioni profonde disponibili), il deposito ghiaioso dell'antico Arno e Serchio da Bientina. Al di sopra di queste ghiaie, sono presenti depositi prevalentemente limo argillosi di origine fluvio palustre con sporadiche lenti a granulometria sabbiosa.

In prossimità dell'antico e del più recente tracciato dell'Arno, possono essere presenti sedimenti più sabbiosi di esondazione. Dove le quote spiccano rispetto alla circostante area di pianura, si segnala l'esistenza di riporti, generalmente addossati all'argine, conseguenti allo scavo dei diversi canali succedutisi nei secoli per i vari interventi di bonifica.

Depositi quaternari più antichi si trovano a formare l'area collinare; sostanzialmente si tratta di sabbie limose e conglomerati, residui degli antichi depositi che i torrenti trasportavano nel bacino lacustre delle Pianore. Alla base di questi, si trovano altri depositi sabbiosi e conglomeratici poco più antichi, originati in ambiente lagunare da sabbie marine e dagli apporti fluvio torrentizi che raggiungevano un antico tratto costiero.

La sezione evidenzia la presenza del deposito quaternario (f.ne dei Conglomerati, Sabbie e Limi di Casa Poggio ai Lecci) al di sotto del sottile spessore di depositi fluviali del Rio Nero nella valle della "Paduletta" e dei soprastanti riporti relativi allo scavo del Canale Allacciante.

#### 6) CARTA GEOMORFOLOGICA. Tav 2

Questo elaborato, è il primo tra quelli previsti ad essere realizzato in scala 1: 5.000 ed è stato suddiviso su due Tavole (Tav 2 a "Calcinaia Capoluogo" e Tav. 2 b "Frazione Fornacette").

Per maggior facilità di sovrapposizione è stato deciso (per questo elaborato e per tutti gli altri redatti alla scala 1 :5.000) di riportare su entrambi gli elementi cartografici, una fascia comune in sovrapposizione e per una maggiore comodità di lettura la legenda.

Le due tavole individuano e descrivono i principali caratteri geomorfologici superficiali e sub - superficiali del territorio, rilevati da specifica campagna di rilievo e dall'indagine fotointerpretativa, in riferimento alle cause e ad i processi che gli



hanno generati, sia di origine naturale che legati alle attività antropiche.

Per le "forme" e fenomeni da segnalare, ci siamo riferiti a quanto indicato nella "legenda per una carta geomorfologica semplificata, finalizzata alla dinamica geomorfologica: cartografia della pericolosità connessa ai fenomeni di instabilità dei versanti (GR Geografia Fisica e Geomorfologia, CNR, 1987).

Per inquadrare con maggior precisione il contesto in cui si origina e si evolve la singolarità geomorfologica descritta ed i processi in atto o la loro evoluzione possibile, si sono riportati sulla Carta i litotipi prevalenti (in retino: formazioni sabbiose e conglomeratiche), i quali interagendo con i fattori esterni possono produrre, nel tempo, condizioni di disequilibrio ed alterazioni ambientali.

#### 6. 1 - **METODOLOGIA D'INDAGINE**

Alla redazione della carta geomorfologica si è giunti attraverso due distinte fasi di lavoro:

- A) Analisi stereoscopica di fotografie aeree (volo Regione Toscana 1975 e volo SOREM 1991). Per mezzo dell'analisi di questi fotogrammi si sono potute individuare le aree di divagazione dei paleoalvei e gli accumuli dei riporti più recenti. Questa fase di lavoro ha naturalmente investito una scala più ampia del territorio comunale, in modo da avere una visione più generale dei caratteri idraulici attuali ed antichi.
- B) Controllo in campagna per l'individuazione aggiornata delle aree di ex cava e dei terreni di riporto, delle condizioni degli alvei dei corsi d'acqua ed in generale dei principali caratteri geomorfologici.

Di seguito si descrivono le diverse forme nell'ordine elencato ed in dipendenza dell'agente morfodinamico che le ha generate, entrando nel dettaglio sulle loro caratteristiche.

Nella legenda della Carta, le forme sono suddivise in 3 gruppi che comprendono forme connesse all'azione di:

- 1 - acque correnti superficiali
- 2 - gravità
- 3 - attività antropica

## 6.2 - “Forme” o processi morfodinamici dovuti alle acque superficiali

Ruscellamento diffuso - E' il maggiore responsabile degli accumuli pedecollinari di deposito eluvio - colluviale; si sviluppa ed è più efficace dove, il terreno con giacitura acclive, è privo di copertura vegetale arborea. Diviene particolarmente attivo quando il suolo è saturo in conseguenza del perdurare delle precipitazioni atmosferiche, quando è più difficoltosa l'ulteriore infiltrazione; l'acqua allora provoca un'erosione superficiale dovuta all'impatto delle gocce di pioggia sul suolo.

Questo fenomeno si sviluppa in particolare sul versante occidentale di Montecchio, sul versante del colle di Belvedere e sulle pendici della collinetta “Il Monte” .

Erosione concentrata - E' presente nella sola area collinare e solo dove, per motivi antropici (apertura di strade nel bosco o denudamento in seguito ad attività edilizia), si espone la superficie del suolo sabbioso - limoso, all'azione diretta della pioggia e del ruscellamento .

Si manifesta con solchi profondi anche 40 - 50 cm diretti lungo la massima pendenza, ben evidenti lungo le strade di recente realizzazione interne all'area boschiva collinare (Bosco del Bufalo e Poggio Niki), realizzate per accesso dei tecnici dell'acquedotto.

Anche lungo i fronti di arretramento del versante, relativi alle sistemazioni delle aree in frana, recentemente bonificate e non protetti, si notano incisioni parallele ed allungate in direzione della massima pendenza che provocano notevoli difficoltà nell'attecchimento della vegetazione pioniera.

In certi casi, ad esempio quando si manifestano su brevi scarpate, possono degenerare in forma di modesti movimenti di crollo (smottamenti).

Erosione di sponda e/o scalzamento al piede di sponda - Per erosione di sponda si intende il prelievo e l'assunzione in carico del materiale

detritico dalle sponde o dal fondo di un corso d'acqua. Generalmente fenomeni di questo tipo si osservano in corrispondenza del lato concavo delle sponde fluviali o torrentizie, quando non sono protette.

**Fenomeni di erosione di sponda sono stati rilevati lungo il Canale Allacciante Scolmatore dell'Usciana, in prossimità del ponte, lungo la Provinciale n°8 che lo attraversa "La Paduletta". In questa corrispondenza, le acque di piena del canale, tendono ad erodere la sponda ed il fenomeno provoca un conseguente scalzamento al "piede" che comporta un movimento dei sedimenti sabbiosi incoerenti, verso l'alveo. Per provvedere alla messa in sicurezza del manufatto, in corrispondenza della spalla destra è stato necessario intervenire con opere di consolidamento (pali) affinché il perdurare del fenomeno erosivo non provocasse il progressivo cedimento del ponte. Anche in sponda destra dell'Arno, in fregio a Poggio S. Michele, si osserva una "nicchia" di circa una ventina di metri di larghezza, rimarcata dall'assenza della vegetazione arborea golenale o dal piegamento dei fusti, dovuta allo scalzamento al piede operato dalla corrente del fiume.**

Alveo di torrente in erosione - Poiché la quasi totalità dei corsi d'acqua attraversano aree di pianura, data la modestissima pendenza che questi presentano, è praticamente impossibile che si possano verificare fenomeni erosivi d'alveo.

Nell'area collinare, gli interventi per la realizzazione del Canale Allacciante Scolmatore dell'Usciana, hanno radicalmente modificato il reticolo idrografico minore; alcuni impluvi sono scomparsi a seguito del riempimento delle vallecole secondarie con il materiale di scavo del canale ed anche le pendenze sono variate. Il Rio Nero, nel suo tratto terminale, è stato canalizzato e notevolmente accorciato ed oggi interessa il territorio comunale per circa 200 metri, scaricando le sue acque nel Canale Allacciante. Il suo vecchio tratto terminale di attraversamento tra Poggio San Michele e M. Belvedere, è adesso per metà occupato dai riporti di

scavo, mentre per la metà opposta, è ridotto ad un modestissimo impluvio quasi sempre asciutto che defluisce in Arno. E' su questo corso d'acqua e su altri impluvi ancora più brevi suoi affluenti si segnalano limitati effetti erosivi d'alveo.

Orlo di scarpata in erosione - Si tratta di tutti quei margini localizzati lungo i versanti dove si verificano bruschi inasprimenti della acclività; su di essi le acque di ruscellamento provocano erosione accentuata (ad esempio valle di confine tra Calcinaia e S. Maria a Monte).

Orlo di terrazzo - Si tratta del limite del terrazzo rissiano che delimita le spianate sommitali delle Cerbaie alla quota di circa 50 m s.l.m.. Questo lineamento indica la fase di chiusura sedimentaria della formazione di Casa Poggio ai Lecci (tardo Pleistocene medio).

Alvei sepolti e/o probabile margine di alveo sepolto - Nella Carta sono individuati i paleoalvei sepolti rintracciati con la fotointerpretazione e sulla base della documentazione storica esistente. Si tratta di tracciati modificati dall'opera dell'uomo in tempi storici con l'intento di bonificare le aree soggette a frequenti esondazioni. La presenza di paleoalvei è confermata, per la zona di Fornacette e per quella ad est del capoluogo comunale, dall'analisi dei dati penetrometrici che individuano il deposito sabbioso d'alveo, a profondità variabili tra 5 - 3 metri.

Per l'area di Fornacette, parallelamente all'ansa che compie l'Arno davanti a S. Giovanni alla Vena, i dati penetrometrici, mettono in evidenza un deposito sabbioso "sepolto" mediamente tra 4 - 6 metri da p.c., il cui limite esterno, mantenendosi circa parallelo all'attuale andamento dell'Arno, passa dalla località "I Ponti", quindi seguendo via dell'Argine, si approssima al cimitero raggiungendo, in direzione nord, il Canale Emissario. Non è noto se questo deposito si estende oltre l'Emissario in direzione di Case Bianche - Case S. Lorenzo poiché per quell'area non disponiamo di alcun dato di sottosuolo e le foto aeree non forniscono indizi utili.

Il limite riportato sulla Carta, non è assolutamente definibile dall'analisi delle foto aeree, ma tiene conto dei dati di sottosuolo e

della Carta geometrica del Granducato della Toscana, realizzata nel 1830 da G. Inghirami che pone un limite dell'Arno compatibile con i dati di sottosuolo.

### 6.3 - “**Forme**” o processi morfodinamici dovuti alla gravità

La configurazione topografica del territorio è prevalentemente di pianura con blande pendenze in direzione sud - sud ovest; solo nell'area collinare di “Le Cerbaie” con i suoi pur modesti rilievi di quota inferiore ai 60 metri s.l.m., si possono presentare le condizioni necessarie al coinvolgimento dell'agente morfodinamico in questione.

Falda detritica - Si tratta di modesti corpi detritici - colluviali, accumulati ai piedi dei rilievi collinari in corrispondenza di impluvi. Il più esteso è localizzato in corrispondenza del versante occidentale del poggio di Montecchio.

Fascia a forte pendenza (> 35%) suscettibile di dissesto gravitativo - Sul versante sud orientale di Monte Belvedere - Poggio San Michele, adiacente alla S.P. “Francesca”, dove la pendenza si inasprisce si verificano con frequenza fenomeni franosi di dissesto che inducono, data la presenza di fabbricati ad uso abitativo e della sottostante strada provinciale, ad una particolare azione di prevenzione. La forte acclività e le particolari condizioni stratigrafico - giacitureali costituiscono per il tratto di versante tra Ponte alla Navetta ed il limite comunale con il territorio di S. Maria a Monte, le condizioni predisponenti ai fenomeni di dissesto. Una situazione analoga, ma meno gravosa si riscontra anche lungo la provinciale della Val di Nioevole (S.P. n°8), dove la minore acclività ed un fronte di altezza più contenuta, limitano il manifestarsi della problematica.

Corona di frana attiva - Allo stato attuale è presente una sola frana di questo tipo, attualmente oggetto di studio per un imminente intervento di bonifica. Si tratta di un crollo innescato da un fenomeno di sifonamento a livello della formazione sabbiosa.

Accumulo di frana - Gli accumuli di frana generalmente vengono rimossi con gli interventi di bonifica che rimodellano il profilo del versante; solo in prossimità della Provinciale n°8 un antico accumulo di frana è ancora individuabile proprio alla base di un antico fenomeno franoso al momento non attivo.

Corona di frana non attiva - Le principali corone di paleo frane si rilevano alle pendici meridionali del colle tra Montecchio e Santa Colomba. Si tratta di alcuni impluvi piuttosto incavati, che risaltano rispetto ad altri, localizzati nelle immediate adiacenze, molto meno pronunciati. La loro posizione, ricade lungo una lente sabbiosa allungata di sabbie gialle di S. Maria a Monte che rappresenta la causa predisponente dei movimenti franosi.

#### 6.4 - Cause dei fenomeni franosi dell'area collinare

I rapporti tra le componenti eteropiche argillose e sabbiose dei terreni, comportano, in determinate condizioni, condizioni geotecniche ed idrogeologiche molto diverse rispetto a quelle che competono a sedimenti granulometricamente più uniformi; conseguentemente anche le ripercussioni in caso di fenomeni di movimento di massa, sono ben diverse.

La contemporanea presenza di terreni sabbiosi con quelli argillosi o comunque "fini", comporta fenomeni di movimento di massa e condizioni geologico - tecniche ed idrogeologiche molto diverse da quelle che generalmente competono a sedimenti più omogenei, dell'uno o dell'altro tipo.

I materiali argillosi infatti, mostrano una tendenza al colamento ed allo scoscendimento, mentre le sabbie sono più facilmente soggette a fenomeni di crollo.

Dove c'è alternanza di sabbie con argille, il fenomeno della rottura avviene bruscamente, in stretta connessione con precipitazioni di particolare intensità e durata; le modificazioni che portano alla

rottura, sono sempre legate alla presenza dei corpi sabbiosi più permeabili.

L'azione determinante è quella dell'acqua sotto forma di pressione interstiziale che, nell'ambito degli strati a maggiore permeabilità, diviene capace di ridurre la pressione normale (pressione efficace) lungo la potenziale superficie di scivolamento, dove si possono raggiungere le condizioni in cui si sviluppa il fenomeno della "liquefazione" delle sabbie.

La fenomenologia si esplica quando il sedimento sabbioso è sovrapposto da un terreno a minor grado di permeabilità; poiché la sovrappressione neutra provocata dalle acque meteoriche che filtrano nel sedimento più permeabile non è dissipata con facilità, si sviluppano dei disequilibri nella massa che portano allo scalzamento in un punto del corpo sabbioso con il conseguente crollo di parte della scarpata. E' quanto si verifica per la pendice a monte della S.P. n°5 (Francesca), tra Ponte alla Navetta ed il limite del Comune, dove le condizioni stratigrafiche indicano dall'alto verso il basso la seguente situazione: un deposito limo argilloso di "tetto" (f.ne Casa Poggio ai Lecci), quindi il deposito sabbioso (Sabbie di S. Maria a Monte) ed ancora più in basso, i conglomerati in matrice limo sabbiosa della stessa formazione.

Nell'area collinare interna (zona della Paduletta), dove si verificano e si sono verificati fenomeni franosi di crollo analoghi nella dinamica a quelli citati, ritroviamo delle condizioni predisponenti molto simili; le stesse sabbie questa volta sono interposte nei depositi quaternari limo sabbiosi e si trovano in forma di lente allungata in senso trasversale al versante. In questo ultimo caso, la presenza della Provinciale n°8 tende ad incrementare il rischio di frana poiché il piano stradale asfaltato, oltre che ad incrementare il carico sulle sottostanti sabbie, contribuisce a rendere impermeabile il "tetto" del deposito sabbioso, riproducendo le stesse condizioni che si verificano sul versante prospiciente alla Provinciale "Francesca".

Il sovraccarico, infatti, esercita contemporaneamente, due azioni: l'aumento delle sollecitazioni al taglio e l'incremento della pressione dell'acqua nei pori che determinano il formarsi di temporanee falde confinate.

Questi fenomeni comportano dislocazioni a componenti orizzontale e, soprattutto, verticale in conseguenza della repentina decompressione che si verifica per la "fessurazione" dei terreni sovrastanti, di bassa permeabilità, o in conseguenza di fenomeni di "liquefazione", che si localizzano nel "corpo" sabbioso.

## 6.5 - "Forme" o processi dovuti all'attività antropica

Nel corso degli anni si sono avvicinati diverse usi del territorio per renderlo più adeguato alle necessità umane e per salvaguardarlo dall'impaludamento. Un po' ovunque sono riconoscibili modifiche della morfologia naturale dovuti ad interventi dell'Uomo.

Nella Tav. 2 a e 2 b della Carta Geomorfologica, sono state segnalate le "forme" principali, significative alla scala del rilievo, che in qualche modo possono interferire con altri fattori (acque superficiali e sotterranee, gravità etc.).

Tra le attività antropiche che più hanno modificato la morfologia del paesaggio si segnalano le cave di sabbia ed argilla da fornace oggi dismesse, localizzate in corrispondenza dell'antico corso dell'Arno o in prossimità delle aree golenali.

Anche gli scavi per la realizzazione dei diversi tratti canalizzati hanno lasciato tracce indelebili sul territorio, basti pensare agli accumuli di escavazione disposti lungo le aste fluviali principali a cui si riferiscono. Nella Tavole, in molti casi, questi terreni di riporto sono cartografati distintamente e con il lo spessore che presentano in prossimità delle loro estremità.

Orlo di scarpata - Scarpate artificiali delimitano un po' ovunque le pendici dei rilievi collinari; tra Montecchio e Ponte alla Navetta, cigli di scarpate delimitano aree piane servite per ricavare ripiani edificabili e/o terrazzi per uso agricolo. In molti casi sono i terreni di riporto che presentano bordi rialzati rispetto al territorio circostante (vallecole laterali in località "la Paduletta" e in località "Assaletta").



Area di frana bonificata - Negli ultimi anni, molte delle aree soggette ad eventi franosi sono state bonificate per lo più mediante rimodellatura del versante con realizzazione di "gradoni" che arretrano la scarpata, conferendogli una minore acclività. Si tratta di interventi che comunque non agiscono direttamente sulla causa scatenante principale che è l'acqua di infiltrazione, ma su una delle cause predisponenti: l'acclività.

In un caso recente che ha coinvolto la scarpata di valle della S.P. n°8, sono state messe in opera gabbionate, ma in tutti questi interventi si sono comunque trascurate opere di salvaguardia quali: canali di raccolta ed allontanamento delle acque piovane e di intercettazione delle stesse a monte dell'area dissestata. Opere generalmente atte a garantire la stabilità a "lungo termine". E' evidente che così procedendo, senza agire preventivamente sulla causa principale (infiltrazione di acqua piovana) non si può escludere la ripresa di ulteriori eventi franosi.

Cartografare queste aree oggetto di bonifica ha quindi il senso di mantenere per prima cosa mantenere una "memoria storica" sugli eventi passati in relazione all'area sensibile a tali eventi e segnalare una situazione di latente pericolosità.

Rilevato stradale - Si sono cartografati i tratti stradali sopraelevati rispetto alle aree circostanti che possono condizionare il drenaggio dei territori da essi sottesi delimitati. Possono rappresentare altresì, in caso di allagamenti, delimitazioni all'ingresso da parte delle acque di allagamento come nel caso della località "Il Casone" che durante l'evento del 1966 fu protetta dalla vicina strada di accesso all'argine dell'Arno in rilevato; in quell'occasione funzionò da diga limitando l'invasione delle acque.

Argine - Sono stati cartografati tutti gli argini in terra realmente presenti. In taluni casi (tratto terminale del Rio Nero) la base topografica adottata, non riporta l'esistenza dell'argine; in altri casi ancora (Arno a Fornacette), l'argine in sinistra idrografica è cartografato come "muro".

Cave a "fossa" abbandonate - Si tratta di vecchie cave utilizzate per l'approvvigionamento di argilla e/o di sabbia, localizzate nell'area

occidentale del territorio. In corrispondenza di queste il mutamento morfologico causato dall'uomo è molto evidente.

Le "Cave Leoncini", sono state attive nella prima metà del '900 e si trovano a nord di Fornacette, tra la Strada provinciale della "Botte" e l'Arno.

Costituiscono delle depressioni, profonde fino a 3-4 metri che solo in parte sono state riempite da materiali di riporto (Vd. Tav.2 b); rappresentano condizioni di rischio molto alto per la risorsa idrica sotterranea

Nella zona del Marrucco, al confine con il Comune di Vicopisano sono invece localizzate le cave di sabbia. Distribuite lungo il paleoalveo dell'Arno, si espandevano soprattutto nel territorio confinante. Nel territorio di Calcinaia è presente una sola di queste ex cave (a metà con il territorio di Vicopisano), oggi sede di un lago integrato ad un centro attrezzato per attività ricreative. Poiché l'acqua della falda è esposta, costituiscono luoghi in cui il rischio per la risorsa è ancora più elevato.

Antica area di escavazione - Dall'analisi morfologica del territorio adiacente a Montecchio, sulla base della distribuzione litostratigrafica dei corpi ghiaiosi che in zona presentano i massimi spessori e della documentazione storica esaminata, si ritiene di aver identificato l'antica area di escavazione per le ghiaie di Poggio Belvedere - Poggio San Michele, utilizzata dall'Ufficio Fiumi e Fossi.

**In un documento del 1758 si cita che i proprietari della grancia (fattoria) di Montecchio ricorsero alla sacra Cesarea Maestà contro l'Ufficio dei Fiumi e Fossi perché con i lavori di scavo delle ghiaie aveva causato danni alle terre. In altro documento datato 1 gennaio 1773, l'Ufficio dei Fossi, si impegna a pagare alla grancia di Montecchio, scudi 4 per l'escavazione delle ghiaie, mentre il 15 giugno 1784, il permesso di escavar ghiaie, venne disdetto all'Ufficio dei Fossi e si aprono le trattative con il Comune di Pontedera.**

Cavità artificiali - Si tratta di due modesti pertugi scavati a livello della formazione sabbioso conglomeratica pleistocenica localizzati in fregio alle cateratte dell'Usciana.

Aree depresse - Sono aree marginali alle principali zone di escavazione o cinte da rilevati stradali o da argini, in cui il drenaggio delle acque risulta, quasi sempre, piuttosto difficoltoso

Corpi d'acqua (ex area di cava) - Si tratta dell'ex cava di sabbia precedentemente descritta.

## 7) CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEL TERRITORIO: il sistema acquifero della pianura; lineamenti idrogeologici

Nella pianura di Pisa confluiscono direttamente sia il bacino idrografico che quello idrogeologico dell'Arno, mentre attraverso la pianura di Lucca, mediante il doppio collegamento dalle valli di Ripafratta e di Bientina, i bacini idrografici ed idrogeologici del Serchio.

**La circolazione delle acque sotterranee della pianura, avviene nei sedimenti acquiferi più o meno permeabili per porosità, nell'ambito dei terreni descritti nei paragrafi precedenti, in coerenza con l'assetto stratificato dei depositi od alla presenza di corpi discontinui lenticolari. La continuità laterale degli acquiferi risulta quindi essere molto variabile e spesso in presenza di corpi lenticolari si determina un'anisotropia idraulica non solo verticale, ma anche orizzontale.**

In questo contesto è evidente che solo la presenza di orizzonti continui può garantire la circolazione delle acque, permettendo l'instaurarsi di una ben definita "falda"; negli altri casi in cui le acque permeano acquiferi discontinui più o meno interconnessi, gli scambi idrici e le variazioni piezometriche, risultano di complessa individuazione ed interpretazione.

**Il sistema acquifero della pianura può essere suddiviso in due sottosistemi: quello superficiale, di tipo freatico, localizzato entro i primi metri di profondità dal piano campagna ed alimentato dalle precipitazioni e dagli scambi idrici con la rete**

idraulica minore, e quello profondo, formato da più livelli acquiferi contenuti in terreni ghiaiosi e sabbiosi. Quest'ultimo è noto come "acquifero multistrato confinato", (Baldacci et alii. 1995).

L'acquifero freatico è generalmente povero, specialmente in presenza dei terreni limo-argillosi che caratterizzano i primi dieci metri della pianura; quello profondo, è in pressione, ed ha sede in livelli sabbiosi e/o ghiaiosi sovrapposti (nell'area di Calcinaia prevalgono le ghiaie). Quest'ultimo è quello che si estende su una superficie maggiore, formata dai conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina ed è particolarmente sfruttato dal settore industriale.

Sintetizzando le informazioni sul sottosuolo della pianura si possono riconoscere due suddivisioni principali; la copertura superficiale e l'acquifero multistrato confinato. Le condizioni idrostratigrafiche della pianura, si possono riassumere in questo modo dall'alto verso il basso:

Un orizzonte superficiale che costituisce nell'insieme la copertura del sistema acquifero confinato costituito da terreni a bassa permeabilità con la presenza di un insieme di corpi lentiformi o comunque discontinui, a permeabilità maggiore di quella dei terreni circostanti (Vd. Sezione Geologica Interpretativa allagata). Nella pianura la falda superficiale si trova a profondità di qualche metro.

Le falde freatiche ivi contenute sono alimentate dalle precipitazioni e si ha scambio idrico con la rete idrica minore sia pure con lento movimento d'acqua.

L'acquifero costituito da depositi prevalentemente ghiaiosi, ciottolosi in pressione (il conglomerato dell'Arno e del Serchio da Bientina) ha profondità che per la pianura pisana variano tra 20 - 40 m.

La superficie del tetto delle ghiaie non sempre corrisponde al limite fisico di un unico corpo acquifero, ma è più facilmente assimilabile all'involuppo di vari livelli ghiaiosi più o meno continui in parte sovrapposti o sfalsati in senso verticale come in quello

orizzontale. La maggiore estensione si riconosce lungo la linea E-O, mentre lungo la direttrice N-S si ha maggiore discontinuità in accordo con la paleoidrografia del sistema Arno Serchio.

Al di sotto del conglomerato Arno - Serchio da Bientina, nell'area della piana pisana, esiste un altro corpo acquifero (non rappresentato nella sezione geologica allegata), rappresentato ancora da livelli ghiaiosi, ma più discontinui dei precedenti. Di questo acquifero si hanno scarse informazioni essendo stato raggiunto solo da pochi pozzi.

### **8) CARTA IDROGEOLOGICA E DELLA PERMEABILITA' SUPERFICIALE. Tav. 3**

---

Nella Tavola vengono illustrate (in colore diverso) tre distinte classi di permeabilità superficiale, definite sulla base delle caratteristiche granulometriche medie delle litologie prevalenti affioranti.

La carta è propedeutica alla redazione della Tavola sulla vulnerabilità degli acquiferi, nella quale, con maggior dettaglio, saranno effettuate ulteriori suddivisioni nell'ottica di quanto previsto dal vigente P.T.C.P., in funzione della vicinanza di zone a rischio di inquinamento ed allo spessore dei terreni di copertura caratterizzati da permeabilità minori.

*In questa tavola viene attribuito un valore di permeabilità anche ai terreni di riporto prodotti dallo scavo del Canale Scolmatore Allacciante dell'Usciana e distribuiti nella stretta fascia di pianura de "La Paduletta". A questi ultimi si può attribuire una permeabilità di tipo "medio" in quanto derivano da depositi prevalentemente limo sabbiosi e conglomeratici (f.ne Casa Poggio ai Lecci).*

*I riporti relativi allo scavo dell'Emissario di Bientina, dell'Arno e dello Scolmatore di Pontedera, sono invece rappresentati dagli stessi terreni che costituiscono la pianura; poiché non tendono a modificare la locale permeabilità, non sono diversamente segnalati su questa Tavola.*

---

Le tre classi distinguono una "Permeabilità alta" ( $K = 10^{-2} - 10^{-4}$  m/s), che interessa la formazione dei "Conglomerati e Sabbie di S. Maria a Monte" ed i depositi detritici eluvio-colluviali. La "Permeabilità media" ( $K = 10^{-4} - 10^{-6}$  m/s), comprende invece i depositi della formazione dei "Conglomerati, Sabbie e Limi di Casa Poggio ai Lecci", le aree in cui a causa della passata attività estrattiva risulta denudato

il paleoalveo sabbioso ed i terreni prevalentemente limo sabbiosi di riporto con i quali sono state riempite alcune vallecole che bordano la zona della Paduletta e rialzano l'omonimo tratto di pianura.

La classe a "permeabilità medio - bassa" ( $K = 10^{-6} - 10^{-9}$  m/s) comprende i depositi di pianura di ridotta permeabilità per la presenza di frazioni significative di argilla; si tratta delle aree alluvionali di più recente esondazione fluviale.

## 8.1 - Le falde acquifere

**Durante le indagini relative al presente studio, al fine di ricostruire il livello della falda, è stato effettuato un censimento dei pozzi distribuiti sull'intero territorio comunale ed ovviamente anche nelle fasce contigue.**

**Si tratta di 91 pozzi di tipo freatico ed altri 12 artesiani per un totale di 103 pozzi.**

Come si può notare dalla Tav. 3, per lo più sono stati misurati livelli statici in pozzi poco profondi (tra 6 - 12 metri), di vecchia data e realizzati per usi agricoli; solo in rari casi è stato possibile accedere ai dati stratigrafici e soprattutto alla misurazione del livello nei pozzi profondi.

Per poter disporre di dati più omogenei possibili e confrontabili, la campagna di rilievo che si è svolta in aprile 2001 ed è stata contenuta in un arco di tempo più breve possibile (tre giorni).

I livelli misurati sono riportati con la relativa ubicazione nella Tavola riprodotta alla scala 1: 10.000. Essi si riferiscono alla stagione di morbida ed evidenziano per lo più, una superficie della tavola d'acqua, generalmente molto vicina piano campagna. I livelli statici nella maggioranza dei casi, si attestano attorno al primo metro dal p.c.; fanno eccezione alcune aree del territorio comunale, dove il livello della falda si imposta a profondità maggiori come ad esempio ad est del Capoluogo, ai piedi della collina di Montecchio dove, peraltro, la quota al raccordo con la pianura è maggiore.

In alcuni casi si è notato una sensibile variazioni del livello anche a breve distanza tra i "punti" di misura; tali difformità, sono certamente da imputare alla circolazione ipodermica imposta dalle

variazioni litologiche alle quali competono permeabilità diverse che condizionano gli scambi idrici e conseguentemente i livelli statici.

**La ricostruzione di una superficie piezometrica relativa alla falda profonda (acquifero confinato delle ghiaie del Serchio e Arno), ha sofferto della scarsità di punti di controllo in quanto la maggior parte dei pozzi è chiusa in modo tale da non poter permettere l'accesso alla misurazione. Le poche misure disponibili sono state fornite da Enti (Genio Civile e Azienda Cerbaie), e si riferiscono al periodo della realizzazione del pozzo; nei pochissimi casi in cui si è potuto effettuare delle misurazioni, si trattava di pozzi di tipo domestico e di profondità mai superiore ai 25 m da p.c..**

**In definitiva, mentre i punti di controllo relativi alla falda superficiale sono distribuiti su tutto il territorio in studio, quelli disponibili per l'acquifero confinato sono molto pochi e non correlabili tra loro, conseguentemente solo i pozzi che attingono alla falda superficiale sono stati utilizzati per la ricostruzione della superficie piezometrica relativa al primo acquifero.**

L'acquifero profondo è costituito da ghiaie del conglomerato Arno - Serchio da Bientina ed è un acquifero confinato o in pressione.

Una tipica falda confinata, è comunemente, ma erroneamente, chiamata artesiana ed è costituita da uno strato permeabile, delimitato a "tetto" ed a "letto", da una formazione impermeabile. L'acqua che scorre tra i vuoti presenti tra i sedimenti, ha sempre una certa pressione idrostatica dovuta alla differenza di quota tra il punto dell'acquifero considerato ed il punto in cui esso non è più confinato (affioramento alla superficie), ad essa si deve aggiungere la pressione litostatica relativa al carico del terreno sovrastante.

I dati relativi alle misure in periodo di morbida sui pozzi profondi della pianura di Pisa, indicano che la zona di alimentazione della falda profonda in ghiaia, è localizzata in corrispondenza delle Colline Pisane e Livornesi; è infatti ragionevole supporre che gli apporti alluvionali più antichi, sepolti sotto i più recenti, siano in collegamento idraulico con la falda che ai piedi dei suddetti rilievi non è più profonda di 40 - 50 metri da p.c..

Dalla valle di Bientina, come le ricostruzioni paleogeografiche della base dell'acquifero fanno intuire (Vd. fig. 3) è facile dedurre l'esistenza di un deflusso in direzione della pianura di Pisa, confermato anche dai dati sui pochi pozzi noti. Così come avviene per le Colline Livornesi e Pisane, è quindi molto probabile che i terreni sabbiosi conglomeratici affioranti alle Cerbaie, si trovino in contatto idraulico con il conglomerato Arno-Serchio.

## 8.2 - La ricostruzione piezometrica

La Tav.3 riporta la ricostruzione della tavola d'acqua in periodo di morbida. Come si può notare dalla Carta, non si osservano andamenti delle isofreatiche che denotino scambi con i canali e/o con la rete idrica minore. All'altezza di Calcinaia, l'Arno è alimentato dalla falda, mentre nel tratto prospiciente a Fornacette, è l'Arno ad alimentarla.

Dove sono presenti i laghi, residui di una passata attività estrattiva, questi mostrano di essere in relazione con essa ed in particolare di drenarla.

Non si deve credere tuttavia che l'intera falda superficiale della ex palude di Bientina scarichi le sue acque verso la piana di Pisa, infatti, studi in corso e da quanto si evince dalla Tavola in oggetto, si conferma l'esistenza di un massimo piezometrico circa in corrispondenza dell'antico paleocorso dell'Arno precedente al taglio di Calcinaia; a sud di tale barriera "spartiacque" il deflusso è diretto verso l'Arno, mentre a nord è diretto verso l'ex padule confluendo in direzione del campo pozzi dell'Acquedotto delle Cerbaie.

Alcune misure effettuate a fine settembre (magra) mostrano per gli stessi pozzi una depressione della tavola d'acqua di circa 2 metri; non si notano comunque grandi variazioni stagionali nei rapporti fiume - falda ad eccezione dello spostamento del punto di inversione dei rapporti tra fiume e falda che certamente arretra verso monte, proprio perché la falda freatica in settembre è più bassa che in primavera.

La situazione illustrata dalla Tavola 3 non si discosta sostanzialmente con quella registrata nell'analogha Carta di P.R.G., che si riferisce al periodo dicembre - febbraio 1994..



### 8.3 - Schema di alimentazione

La valle tra Bientina e Calcinaia, è lambita ad ovest dai Monti Pisani ed a est dal Pianalto delle Cerbaie. Sul versante dei Monti Pisani, ci sono limitati affioramenti carbonatici, localizzati nella parte basale, che alimentano localmente l'acquifero superficiale. Sul Pianalto delle Cerbaie invece si individuano due acquiferi costituiti da depositi ghiaioso ciottolosi che poggiano su un orizzonte prevalentemente sabbioso, entrambi questi acquiferi sono dotati di buona permeabilità: si tratta dei "Conglomerati e Sabbie di S. Maria a Monte" di alta permeabilità e della Formazione di "Casa Poggio ai Lecci" dotata di una permeabilità poco più bassa per la presenza tra le sabbie ed i ciottolami dei limi.

Da notizie bibliografiche sappiamo che "a letto" di quest'ultimo acquifero si trova un substrato argilloso impermeabile che immerge con debole inclinazione verso la valle in direzione dell'ex padule di Bientina, questo fa sì che la falda superficiale, presente sui rilievi, tenda a defluire verso i depositi del conglomerato Arno - Serchio da Bientina ed alimenti quindi la falda profonda confinata.

Concorrono all'alimentazione per infiltrazione indiretta, delimitate aree di depositi alluvionali terrazzati (non nel territorio comunale) e gli alvei, nonché le relative falde di sub alveo dei corsi d'acqua che scendono dai rilievi delle Cerbaie in territorio esterno a quello del Comune di Calcinaia.

Le Colline Pisane hanno uno schema di alimentazione molto simile a quello descritto per il "Pianalto delle Cerbaie", dato che le rocce incassanti presentano una debole inclinazione immergente verso la pianura, ma in questo caso le unità acquifere presentano affioramenti discontinui con il substrato impermeabile che affiora solo nelle incisioni vallive più profonde; queste condizioni, contrariamente a quanto accade alle Cerbaie, favoriscono il deflusso superficiale riducendo quello profondo.

L'acquifero confinato viene alimentato quindi per infiltrazione diretta delle acque meteoriche dalle aree dove la falda è poco profonda e per ricarica indiretta attraverso strutture idrogeologiche e le falde di sub alveo dell'Arno e della valle di Bientina (il termine di sub alveo è improprio per la valle di Bientina dato che è stata abbandonata dal corso del Serchio).

## 9) CARTA LITOTECNICA E DEI DATI DI BASE. Tav. 4

### 9.1 - I dati di base

I dati di base utilizzati per inquadrare il territorio dal punto di vista litologico e della caratterizzazione geologico tecnica (per i primi 10 - 15 metri di suolo), sono riportati nella Tav. 4 a e 4 b, redatta, in scala 1: 5.000, sulla base topografica regionale.

Si tratta per lo più di prove penetrometriche di tipo statico (CPT) e molto più raramente di sondaggi e stratigrafie note di pozzi.

La massa dei dati disponibili è, come intuibile, concentrata nelle aree urbane e di nuova espansione urbanistica; per la restante parte del territorio agricolo, sono ben evidenti ampie zone prive di informazioni puntuali, stratigrafiche e/o geotecniche. E' il caso, ad esempio, dell'ampia zona compresa tra gli ultimi fabbricati a nord della frazione Fornacette e l'Arno fino ad Osteriaccia. Anche nella zona nord occidentale, verso il limite territoriale con il comune di Vicopisano ed in corrispondenza dell'ansa interna di Montecchio, tra le ultime propaggini sud delle Cerbaie e l'Arno, in fregio a Pontedera, sono totalmente assenti dati atti a ricostruire la stratigrafia ed a caratterizzare geotecnicamente il territorio.

Si tratta, tuttavia, di aree di pianura abbastanza chiare dal punto di vista litostratigrafico in quanto sono assimilabili, per analogia di storia evolutiva ai noti territori adiacenti, originati dallo stesso modello di deposizione fluviale rappresentato dalla "barra di meandro" (Vd. Paragrafo 4.2 - fig. 2).

Le condizioni di formazione di buona parte della pianura sono da ricercare in quella "macchina naturale" rappresentata dal Fiume Arno. L'Arno, divagando nella pianura nel corso delle ultime centinaia di migliaia d'anni, mediante le grandi anse (meandri) che caratterizzano le aree della bassa pianura, ha "costruito" quasi tutto il territorio comunale, apportando (come tutte le indagini possono comprovare), almeno nel suo periodo più recente, una coltre di limo (in prevalenza) talvolta più sabbioso altre volte più argilloso, secondo l'energia che questo corso d'acqua metteva al momento in gioco. Quest'energia ha comunque operato esclusivamente su di un materiale ben classato, "fine", poiché come per tutti i fiumi nei loro tratti maturi di piana prossima

alla foce, quando non vi sono ulteriori apporti di sedimenti grossolani da parte di affluenti importanti (sabbie grosse o ghiaie), l'azione erosiva si limita al trasporto dei soli materiali fini, facilmente trasportabili dal fiume che provvede a depositarli nei tratti d'alveo, ove l'energia della corrente è minore contribuendo così ad accrescere la pianura.

Dalla geometria della barra di meandro, è possibile ricostruire la paleoidraulica di un antico corso d'acqua, sapendo che lo spessore della barra è uguale a quello dell'antico canale che l'ha formata; ecco quindi che le caratteristiche sedimentologiche ed i rapporti tessiturali legati all'evoluzione di un meandro, vengono a corrispondere tra zone omologhe di paleo canale, permettendo estrapolazioni significative ai fini della caratterizzazione litologico stratigrafica del deposito.

I dati di base utilizzati sono stati reperiti in massima parte presso l'Ufficio Tecnico comunale, quindi dall'Azienda Cerbaie e dal Genio Civile di Pisa.

L'insieme dei dati raccolti, ha permesso di disporre di un totale di oltre 240 punti di controllo stratigrafico dei quali, dopo un'accurata cernita, sono state escluse:

- prove penetrometriche dinamiche leggere (quando non erano le sole indagini esistenti per caratterizzare almeno qualitativamente la zona)
- prove penetrometriche statiche in soprannumero (aree a densità di prospezioni in soprannumero)
- stratigrafie di pozzi o sondaggi di dubbia attendibilità

Oltre al reperimento dei dati di base, (prevalentemente prove penetrometriche statiche) è stato necessario operare correlazioni tra le diverse prove presenti in zone di territorio adiacenti al fine di individuare caratteristiche comuni degne di essere messe in evidenza.

L'ubicazione di tutti i punti di controllo considerati, è riportata nelle due Tavole (Tav. 4 a e 4 b).

## **9.2 - Validità dei dati disponibili**

Il numero dei dati di base attraverso i quali si può caratterizzare il substrato di un territorio è una componente dinamica; la validità e l'attendibilità dei risultati raggiunti, è legata al

numero dei punti di controllo disponibili; è necessario, quindi, un continuo aggiornamento, via, via che vengono acquisiti nuovi dati.

L'attendibilità dei dati è stata valutata attraverso le correlazioni tra le diverse prove ed indagini per le diverse aree territoriali.

Già in questa fase sono stati riconsiderati i dati su cui si basava il precedente Strumento Urbanistico ed a questo riguardo, sarebbe opportuno che l'Amministrazione provvedesse a creare un archivio dei dati di base, iniziando dai dati geologici e geotecnici ricavabili dai punti di prospezione fino ad oggi raccolti e disponibili. In questa prospettiva, in allegato al presente rapporto, vengono presentati gli istogrammi e le stratigrafie raccolte e sulle quali si fonda il presente studio.

### 9.3 - Metodologia operativa

**La Carta, realizzata a scala 1: 5.000 su due tavole (TAV. 4a, Calcinaia capoluogo e TAV. 4b, Frazione Fornacette), nasce dall'esigenza di descrivere l'intero territorio comunale dal punto di vista delle caratteristiche litologiche e litotecniche (resistenza ai carichi e compressibilità dei suoli).**

Le indagini disponibili per il territorio in studio sono rappresentate quasi esclusivamente da prove penetrometriche di tipo statico (CPT), abbiamo così ritenuto che il miglior approccio per rendere più attendibile il quadro conoscitivo delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni, fosse proprio quello di esprimere la "qualità" geotecnica attenendoci il più possibile a quelli che sono i dati forniti da questo strumento, senza lasciare spazio ad interpretazioni soggettive, generalizzandoli mediante l'ausilio di correlazioni empirico - sperimentali.

La prova statica, tra le varie indagini geognostiche possibili, presenta dei vantaggi molto interessanti quali:

- lo strumento registra una resistenza all'avanzamento che dipende (oltre dal tipo di terreno attraversato), dalle caratteristiche costruttive dell'apparecchio. Lo strumento segue degli standard costruttivi internazionali, quindi il dato risultante è oggettivo e non influenzato da interpretazioni; è così possibile disporre di un dato confrontabile per l'intero territorio considerato.

- La litologia dell'area di pianura (nei primi 15-20 metri da p.c.) non presenta variazioni significative verso termini a granulometria grossolana (ghiaie e/o sabbie) essendo noti i meccanismi di formazione della pianura. I terreni sono quindi, granulometricamente ben inquadrati tra le sabbie fini e le argille e questa considerazione rende possibile il riconoscimento della litologia di sottosuolo con questo strumento che in altre circostanze non permette sempre un chiaro ed univoco riconoscimento.
- La prova è continua per tutto lo spessore che viene esplorato.

Questo tipo d'indagine è tra quelle a cui più usualmente si fa ricorso per la caratterizzazione di un terreno; anche nel restante territorio provinciale si verifica questa tendenza all'uso del penetrometro statico, così che la stessa Provincia di Pisa, all'atto di affrontare la redazione del Piano Territoriale di Coordinamento, ha fatto riferimento alla stessa tipologia di dati di base per stabilire la maggiore o minore suscettibilità del sottosuolo nei riguardi di possibili fenomeni di cedimento o rottura dei terreni di fondazione in conseguenza di sovraccarichi e di possibili sollecitazioni sismiche.

In questo caso la Provincia di Pisa, per il proprio PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale), ha elaborato una "Carta della Pericolosità Geomorfologica", che per le aree di pianura, definisce determinate classi di Pericolosità associate al diverso valore medio di resistenza del Penetrometro statico. Niente di più facile quindi, dovendo analizzare un territorio quasi esclusivamente di pianura, adottare la stessa "chiave di lettura" con dati omogenei e comuni a tutto il territorio, esenti da interpretazioni o da possibili errori analitici.

Abbiamo quindi mantenuto la stessa classificazione sintetica, utilizzata dal PTCP che distingue cinque differenti ambiti di consistenza del terreno (riportate al termine del paragrafo) ed abbiamo classificato i primi 10 metri di sottosuolo relativi al campione di dati disponibili, entro i quali si risentono gli effetti delle pressioni indotte dalla grandissima maggioranza dei manufatti.

In questo modo, oltre a caratterizzare dal punto di vista litotecnico il territorio, è anche possibile inquadrarlo qualitativamente, nell'ambito più vasto del territorio provinciale (pianura di Pisa).

Oltre a ciò, rimanendo fermamente ancorati ai dati oggettivi disponibili, si è cercato di offrire al pianificatore o al tecnico consultatore, uno strumento che non si limiti ad una caratterizzazione del substrato del solo primo livello generico del terreno, ma ove possibile, in conseguenza di un'attenta analisi dei dati e della loro correlazione, individuare nell'ambito dei primi 10 metri più conosciuti, un secondo livello di suolo con caratteristiche litotecniche diverse; generalmente si è cercato di segnalare i livelli in cui le qualità geotecniche subiscono un peggioramento, ma in assenza di questa condizione, l'inizio dei depositi di qualità geotecnica migliore: depositi sabbiosi.

A questo scopo è stata predisposta una legenda che si ritiene piuttosto chiara e così articolata: ad una piccola colonnina stratigrafica, posta in prossimità dei dati puntuali, è affidato il compito di dettagliare le litologie prevalenti (sabbie, limi argillosi, conglomerati) e contemporaneamente, sia le caratteristiche medie delle resistenze che competono a questi terreni nella zona specifica, sia le profondità medie in cui si verificano i passaggi litologici - litotecnici.

I dati puntuali analoghi, sono contenuti da una linea (linea d'inviluppo) che segnalerà i metri o l'intervallo in metri, a cui avviene il passaggio litologico e litotecnico significativo. Così procedendo rimarranno delle aree prive di informazioni per mancanza oggettiva di dati puntuali dove non è possibile estendere la ricostruzione litologico - tecnica del sottosuolo. Sarà il pianificatore o l'utente stesso che consultando la carta ed esaminando le aree prive d'informazione, in relazione alla loro vicinanza con aree note, a valutare secondo le necessità del caso, l'opportunità o meno di approfondire la conoscenza del sottosuolo ed eventualmente, la tipologia di prova più opportuna.

**Le zone prive d'informazioni, ben evidenti nelle due Tavole, saranno e dovranno rappresentare uno stimolo per approfondire la conoscenza di base del territorio nelle occasioni future.**

In questo modo si potrà disporre di uno strumento basato esclusivamente sui dati reali, privo d'interpretazioni soggettive. Si evita, in altre parole, di compiere estrapolazioni, tracciando "limiti" teorici la cui accuratezza lascerebbe alquanto perplessi in assenza di

caratteri geomorfologici che possano permettere valutazioni precise sulle condizioni litologico tecniche del substrato.

In un solo caso si è potuto estrapolare il dato della prova 29 (in Comune di Bientina) centrata sull'antico alveo sepolto dell'Arno, per caratterizzare il tratto di paleo alveo ricadente nel territorio comunale ad est di Calcinaia.

Il metodo qui introdotto, fornisce una ricostruzione continua del sottosuolo, fino alla profondità di 10 metri dal piano di campagna. La quantità ed il tipo di dati a disposizione ha permesso l'utilizzazione di questo metodo, in gran parte innovativo, certamente più preciso, rispetto alle tradizionali ricostruzioni del sottosuolo; queste ultime, infatti, vengono eseguite di solito mediante sezioni litologiche che riportano la distribuzione dei sedimenti lungo profili topografici prescelti, fornendo una rappresentazione discontinua del sottosuolo e lasciando troppo spazio all'interpretazione dell'utilizzatore.

Sulla base dei dati di resistenza del penetrometro statico si sono fatte considerazioni sulla parametrizzazione media dei terreni.

Nella tabella riportata in legenda e riprodotta anche nella tabella seguente, ci siamo attenuti ad una caratterizzazione, per tutte le classi di resistenza del terreno, improntata verso un terreno definibile: "puramente coesivo" (argille e limi argillosi), fornendo valori medi di coesione non drenata e d'elasticità di tipo edometrico. Solo nei casi di classi con valori di resistenza maggiori di 20 Kg/cm<sup>q</sup>, si è voluto fornire una parametrizzazione parallela, anche in un ottica che vede il terreno come "mezzo puramente incoerente" (sabbie e limi sabbiosi), fornendo i valori minimi che competono all'angolo d'attrito interno.

In quest'ultimo caso abbiamo voluto considerare anche ed in particolare, le sabbie e le ghiaie che affiorano nell'area collinare, anche se per esse sono disponibili pochissimi dati puntuali, sapendo dalle conoscenze geologiche che il loro ambiente di formazione si è mantenuto abbastanza omogeneo per tutto il periodo della loro deposizione.

Tab. 1

CLASSI DI RESISTENZA DEL TERRENO RIFERITE ALLA PROVA PENETROMETRICA STATICA (CPT)			
CLASSE	RESISTENZA ALLA PUNTA (Rp)	PARAMETRI MEDI	
1	< 5 kg/cm <sup>q</sup>	c <sub>u</sub> = 0,10-0,20 Kg/cm <sup>q</sup>	E <sub>ed</sub> < 20 Kg/cm <sup>q</sup>
			-

2	5 - 10	Kg/cmq	$c_u = 0,20-0,40$ Kg/cmq $E_{ed} = 20 - 35$ Kg/cmq	-
3	5 - 15	Kg/cmq	$c_u = 0,10-0,30$ Kg/cmq $E_{ed} = 20 - 50$ Kg/cmq	-
4	20	Kg/cmq	$c_u = 0,70-0,80$ Kg/cmq $E_{ed} = 60 - 80$ Kg/cmq	-
5	> 20	Kg/cmq	$c_u > 0,80$ Kg/cmq $E_{ed} = > 80$ Kg/cmq	$Dr > 70\%$ ; $\phi > 28^\circ$

In totale da circa 240 dati puntuali di partenza, sono stati scelti 184 dati di base sui quali è stato fondato lo studio litotecnico del territorio; tra questi:

- 148 - prove penetrometriche statiche (CPT)
- 19 - prove penetrometriche dinamiche (tra pesanti e leggere)
- 9 - stratigrafie di pozzi
- 8 - stratigrafie di sondaggi o saggi geognostici

I relativi istogrammi e stratigrafie, parte integrante del presente studio, sono allegati in un apposito fascicolo, parte integrante del presente studio.

Nella Tavola 4 oltre ai dati puntuali considerati e le corrispondenti zonizzazioni litologiche tecniche, figurano:

- le zone d'accumulo dei terreni di riporto distinte (con numero romano) per provenienza e periodo d'accumulo, aggiornate agli ultimi interventi per la realizzazione del Canale Allacciante Scolmatore dell'Usciana.
- le litologie affioranti prevalenti (sabbie, conglomerati e limi argillosi)
- i depositi di colmata noti dalla documentazione storica (colmata dei terreni di Montecchio)

**Le classi, secondo il criterio stabilito dalla Provincia di Pisa, sono le seguenti:**

**Classe I, < 5 Kg/cmq** - Zone pianeggianti, costituite da materiali fini, poco consolidati con livelli intercalati a resistenza praticamente nulla, e con un substrato litotecnico posto a profondità superiori a 25 m. Si tratta di terreni sedimentatisi recentemente in modo naturale o per colmata artificiale, in ambiente palustre.

In taluni casi, può essere presente in superficie un livello di pochi metri di terreni sovraconsolidati per essiccamento cui competono resistenze più elevate ( $R_p$  intorno a 10 Kg/cmq).

**Classe II, 5 - 10 Kg/cmq** - Zone pianeggianti costituite da materiali fini poco consolidati con livelli intercalati di maggiore resistenza ma di modesto spessore. Talvolta i livelli più resistenti sono concentrati nei primi 7 metri di suolo ed al di sotto dei 15 - 20 metri.



Questi materiali sono il risultato della sedimentazione recente in ambiente palustre o di pianura alluvionale marginale.

**Classe III, 5 - 15 Kg/cmq - Zone pianeggianti costituite da alternanze di sabbie, limi ed argille.**

**Questi materiali sono il risultato della sedimentazione recente in ambiente di pianura alluvionale prossimale.**

**Classe IV, 20 Kg/cmq** - Pianure alluvionali con sottosuolo costituito da alternanze di sabbie e limi sovraconsolidati. Livelli di bassa resistenza, quando presenti, costituiscono intercalazioni di spessore irrilevante, oppure un orizzonte relativamente potente, ma a profondità considerevole.

**Classe V, > 20 Kg/cmq** - Pianure alluvionali costituite da ghiaie o sabbie ben addensate o materiali fini sovraconsolidati

## 10) CARTA DELLA VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA. Tav. 5

La carta della vulnerabilità idrogeologica, presentata nella Tav. 5a e 5b, mostra il grado di protezione naturale degli acquiferi, ricostruito sulla base dello spessore e delle caratteristiche granulometriche dei terreni di copertura noti da informazioni bibliografiche, dall'osservazione di campagna e soprattutto in base ai dati di base disponibili. Essa prende in considerazione la salvaguardia della risorsa idrica sotterranea in relazione alle attività ed alle trasformazioni del territorio che potenzialmente possono compromettere l'integrità dell'acquifero.

Nella Carta viene distinto con grado di protezione diverso (classe), un ben definito range di tempo di arrivo, nelle condizioni limite di infiltrazione satura, verticale dell'acqua, riferibile ad una determinata idrostruttura della copertura (Gargini 1993).

La risorsa considerata, indipendentemente dal suo utilizzo, è la falda superficiale. L'acquifero profondo, rappresentato dalle ghiaie dell'antico corso del Serchio e Arno, risulta ben separato dalla falda superficiale da almeno 25 metri di sedimenti a permeabilità molto ridotta; il rischio di contaminazioni per quest'ultimo, oltre che dalla "cattiva abitudine" di non separare le acque delle diverse falde durante le fasi di completamento di un pozzo, è limitata alle aree prossime al rilievo collinare delle Cerbaie, dove come già detto nel paragrafo relativo all'alimentazione degli acquiferi, le formazioni sabbiose e

conglomeratiche che costituiscono il Pianalto delle Cerbaie, sono in probabile collegamento con l'acquifero profondo nell'area di Bientina.

L'acquifero superficiale, pur non essendo molto produttivo, acquisisce una notevole importanza per l'utilizzo domestico compreso l'uso irriguo che ne viene fatto, costituendo un "serbatoio" per l'inquinante che con il tempo può raggiungere anche le risorse idriche profonde.

L'elaborato prodotto è una carta della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi che prescinde dalla presenza o meno di opere di captazione (pozzi o altro). Le classi e sottoclassi di maggiore vulnerabilità, sono definite in base ad un parametro quantitativo principale che nel caso specifico è rappresentato dal tempo di transito attraverso la copertura fino alla falda, di un potenziale agente inquinante sversato sul terreno (Haith 1989, Gabbani 1990). Altri parametri che concorrono a determinare la vulnerabilità intrinseca sono: precipitazione efficace, tipologia del suolo, tipologia dell'acquifero e le relazioni idrodinamiche tra fiume e falda, ricavabili dalla Carta Idrogeologica (Vd. Tav 3). Da quest'ultimo elaborato è possibile ricostruire le vie di flusso preferenziale verso la falda di inquinanti presenti nelle acque superficiali.

E' evidente come la falda freatica sia particolarmente soggetta ad inquinamenti, sia per la sua prossimità con la superficie del suolo che per il suo diretto collegamento con le acque superficiali.

Il grado di permeabilità è in stretta relazione con la granulometria del deposito, il contenuto in argilla, la compattazione ed in taluni casi con il grado di cementazione. La falda profonda, pur essendo nel territorio di Calcinaia ben separata da quella superficiale, presenta un grado di vulnerabilità che dipende sostanzialmente dall'ubicazione dell'area di alimentazione e dal suo sfruttamento. Nel territorio di Calcinaia, l'area collinare e la fascia immediatamente adiacente di raccordo con la pianura, non presentano un utilizzo dei suoli tale da provocare particolari rischi di inquinamento, mentre lo sfruttamento della risorsa profonda per i motivi precedentemente indicati di mancanza di separazione tra falde, può essere inquinata dalla falda superficiale.

Per l'intero territorio comunale non sono comunque individuabili aree classificabili a Vulnerabilità irrilevante e/o bassa, ciò dipende essenzialmente dalla alta permeabilità dei depositi o in alternativa

dalla costante vicinanza della falda alla superficie (in molti casi, in periodo di morbida, mediamente attorno al metro).

Le linee di deflusso della falda superficiale individuano uno "spartiacque" sotterraneo che separa il flusso in prossimità di Bientina in due sensi: verso nord est e verso sud - sud ovest. L'Arno nel suo tratto di attraversamento della pianura tra Bientina e Calcinaia, drena le acque della falda, mentre alimenta la falda nel tratto tra l'Emissario di Bientina e Fornacette.

L'area ad ovest della Provinciale della "Botte" è particolarmente vulnerabile, sia per la presenza delle vecchie Cave Leoni che mettono a nudo i terreni sabbiosi dell'antico alveo dell'Arno, sia per la presenza di attività produttive potenzialmente inquinanti localizzate dove gli spessori della copertura limo argillosa sono particolarmente ridotti (2 - 3 metri Vd. Tav 4b). La condizione è ben evidente dai dati dalle indagini geognostiche (tra cui dei sondaggi) ed è stata inserita nella fascia a Vulnerabilità media 3b. La stessa Vulnerabilità interessa la prevalente parte dei terreni sabbiosi limosi che costituiscono l'area collinare, ma in questo caso il rischio è molto inferiore poiché allo stato attuale non sono presenti utilizzi del suolo potenzialmente inquinanti.

Si è provveduto a delimitare una fascia di circa una cinquantina di metri che borda il paleoalveo dell'Arno a nord del capoluogo; si tratta di una fascia di transizione tra i terreni limo argillosi a vulnerabilità media (3a) della prevalente parte della pianura ed il paleoalveo, certamente caratterizzato da una vulnerabilità elevata (4a) per la presenza delle sabbie a profondità abbastanza prossime al piano campagna (circa 4 metri) e di insediamenti produttivi in continuità con quelli di Bientina localizzati proprio sull'antico percorso fluviale. Probabilmente il posizionamento di questi fabbricati è stato scelto proprio in funzione della maggior produttività idrica legata alle sottostanti sabbie di paleoalveo.

La fascia che borda la zona a sud dell'Arno, tra il Canale Emissario, Osteriaccia - Allori, è stata inserita in Vulnerabilità media 3a, attenendoci, in mancanza di dati diretti, a quanto riportato nell'Atlante della Vulnerabilità Idrogeologica (Tav.3) del P.T.C.P..

Vulnerabilità elevate (sottoclasse 4a), sono compatibili con i litotipi sabbiosi e ghiaiosi della formazione di S. Maria a Monte, ma anche in questo caso presentano rischi contenuti in funzione dell'utilizzo a basso impatto che viene fatto di questo territorio.

Naturalmente le aree a vulnerabilità maggiore sono quelle occupate dai corpi d'acqua; in tali casi, i tempi di propagazione dell'eventuale inquinante sono estremamente ridotti.

Nella Tavola sono riportati anche i Pozzi ad uso idropotabile gestiti dall'Azienda delle Cerbaie con le loro aree di rispetto dei 200 m come previste dalle normative vigenti.

Per quanto riguarda un eventuale rischio di inquinamento provocato da perdite o rotture della rete fognaria, sulla base delle informazioni disponibili reperite presso gli Uffici comunali, sappiamo che le porzioni del territorio, provvisto di rete fognaria, sono limitate alle aree urbanizzate ed in particolare: al capoluogo (tra Vicarese ed Arno), alla zona di Osteriaccia - Chiesino Allori ed Assarino (lungo le direttrici stradali), all'urbanizzato di Fornacette e di Sardina.

E' evidente quindi come gli eventuali rischi di inquinamento legati alla condotta fognaria, risultano ben localizzabili sul territorio. In questo senso le aree dove è maggiore la pericolosità, sono quelle di Sardina (prossime alle sabbie del paleoalveo dell'Arno) e di Fornacette tra il Canale Emissario e l'Arno. Per quest'ultima area ed in particolare per una ristretta zona in prossimità del confine con Cascina (tra Arno e statale), poiché non esiste rete fognaria, le acque di scarico sono smaltite attraverso fossi a cielo aperto ed il rischio per la risorsa, risulta ancora più alto.

Come considerazione generale, finale, si ritiene che la vulnerabilità del territorio di Calcinaia sia medio - alta e di ciò si dovrà tenere conto nel futuro sviluppo urbanistico in relazione all'impianto di nuove attività potenzialmente inquinanti che potrebbero compromettere definitivamente la qualità delle acque sotterranee della prima falda (ad oggi qualitativamente di scarsa qualità). Il deterioramento dell'acquifero freatico, mette in pericolo anche le risorse idriche profonde, coinvolte dai collegamenti idraulici naturali tra livelli acquiferi, ma anche e soprattutto da quelli artificiali attraverso pozzi profondi privi di separazione tra gli acquiferi.

Le classi previste dal P.T.C.P. e descritte nella Tavola sono le seguenti:

**vulnerabilità irrilevante - classe 1:**

Aree in cui la risorsa idrica sotterranea non é presente (aree generalmente impermeabili o in cui la risorsa idrica sotterranea non é presente), gli eventuali inquinanti possono raggiungere zone a vulnerabilità maggiore solo attraverso la rete di drenaggio superficiale. Interessa aree argillose o marnose prive di falda per almeno i primi 5 metri.

Non è rappresentata nel territorio in esame.

**vulnerabilità bassa - classe 2:**

Si tratta di aree in cui la risorsa idrica sottostante apparentemente non è vulnerabile, sia per la natura degli acquiferi che dei terreni di copertura, ma permangono margini di incertezza dovuti a diversi fattori: scarsa disponibilità di dati, non precisa definibilità delle connessioni idrogeologiche e simili. Corrisponde comunque a situazioni in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda superiori a 30 giorni; in essa ricadono corpi idrici multifalda caratterizzati da alternanze tra litotipi sempre di bassa permeabilità non completamente definiti idrogeologicamente, terreni a bassa permeabilità, sciolti o litoidi con pendenze superiori al 20% o con piezometrica profonda, terreni alluvionali in vallette secondarie in cui non si rilevano indizi certi di circolazione idrica e con bacino di alimentazione caratterizzato in affioramento da litologie argilloso-sabbiose.

Non è rappresentata nel territorio in esame.

**vulnerabilità media - classe 3 - sottoclasse 3 a:**

corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica presenta un certo grado di protezione, insufficiente tuttavia a garantirne la salvaguardia. Vi sono comprese nelle aree di pianura in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 15 ed i 30 giorni. Comprende le aree interessate da falde libere in materiali alluvionali scarsamente permeabili con falda prossima al piano campagna, le aree con terreni a permeabilità medio - bassa con livello idrico profondo, i terrazzi alluvionali con falde sospese non direttamente connessi con acquiferi principali, i corpi detritici pedecollinari estesi. Nelle aree collinari e montuose comprende le zone in cui affiorano terreni a bassa permeabilità e quelle interessate da falde attestata in complessi detritici con evidenze di circolazione idrica.

**sottoclasse 3 b:**

Corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica presenta un grado di protezione mediocre. Comprende le aree di pianura in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra 7 -15 giorni, quali quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali mediamente permeabili con livelli piezometrici prossimi al piano campagna, quelle di ricarica di acquiferi confinati a bassa permeabilità, quelle relative a terrazzi alluvionali antichi costituiti da litologie poco permeabili e direttamente connessi all'acquifero principale, quelle a permeabilità medio-alta, ma con superficie freatica profonda.

Nelle aree collinari e montuose: le zone di affioramento di terreni litoidi a media permeabilità, le zone morfologicamente pianeggianti con affioramento di terreni sciolti di media permeabilità con sufficiente ricarica e le zone di alimentazione delle sorgenti più importanti emergenti da litologie poco permeabili.

Nel territorio comunale, interessa le zone morfologicamente pianeggianti con affioramento di terreni sciolti di media permeabilità: riporti sabbiosi area "La Paduletta", aree piane sommitali del Pianalto delle Cerbaie, i corpi detritici e la fascia a sud dell'Arno tra l'argine, via delle Case Bianche e Chiesino Allori.

**vulnerabilità elevata - classe 4 :****sottoclasse 4a:**

Corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica presenta un grado di protezione insufficiente. Vi ricadono, nelle aree di pianura, le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra 1 - 7 giorni, quali quelle di ricarica di acquiferi confinati a media permeabilità, quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali molto permeabili con falda prossima al piano campagna, quelle dei terrazzi alluvionali antichi, costituiti da litologie molto permeabili connesse all'acquifero principale. Nelle aree collinari e montuose, comprende le zone di affioramento di terreni litoidi altamente permeabili, le zone di affioramento di terreni sciolti a permeabilità elevata con sufficiente ricarica, le zone di infiltrazione in terreni a permeabilità medio-alta, le zone di alimentazione delle sorgenti più importanti, emergenti da litologie mediamente permeabili.

paleoalveo

**sottoclasse 4b:**

Corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica é esposta, in cui i tempi di penetrazione e di propagazione dell'eventuale inquinante nella falda, sono estremamente bassi. In essa ricadono le zone di ricarica di acquiferi confinati ad alta permeabilità, le zone di alveo o di golena, quelle morfologicamente depresse nelle quali la falda é esposta o protetta soltanto da esigui spessori di sedimenti, le zone nelle quali, per cause naturali o antropiche, si verifica l'alimentazione delle falde libere o semiconfinate con acque facilmente contaminabili. Comprende anche le zone interessate da fratturazione permeata da acque nei complessi carbonatici a carsismo sviluppato; le zone di alimentazione delle sorgenti importanti, emergenti da litologie molto permeabili, le zone di cava "a fossa" con falda affiorante ed i corpi d'acqua.

**11) CARTA DELLE AREE ESONDABILI E DEI CONTESTI IDRAULICI. Tav. 6**

L'elaborato redatto su due Tavole a scala 1: 5.000 (Tav. 6a e 6b), riporta elementi importanti per inquadrare con precisione le problematiche afferenti al deflusso delle acque superficiali ed alla pericolosità idraulica. In particolare vengono indicati:

- Le aree destinate dall'Autorità di Bacino "Arno" come soggette a rischio idraulico (del C.I. 139/99 ex "Decreto Sarno" e le corrispondenze e/o le nuove aree segnalate dal P.A.I. "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico" non ancora vigente, ma di imminente approvazione.
- Gli interventi strutturali in previsione per la riduzione del rischio idraulico
- Le opere idrauliche di difesa: arginature, opere di protezione di sponda, cateratte.
- Gli elementi di potenziale criticità del sistema idraulico: aree depresse, punti di ostruzione degli alvei, sotto attraversamenti in "botte", erosione di sponda, aree suscettibili di allagamento

- I vincoli sovracomunali in materia di rischio idraulico (aree di rispetto, tutela e protezione ai sensi della Del. C.R. 12/00

L'area segnalata dall'Autorità di Bacino a pericolosità molto elevata (P.I.4) mantiene con il P.A.I. la stessa delimitazione che sostanzialmente comprende le aree degli alvei e quelle golenali dell'Arno, del Canale Emissario e del Canale Scolmatore. Per esse nel P.A.I., si stimano inondazioni con tempi di ritorno trentennali.

Le aree a rischio idraulico molto elevato (R.I.4) con il prossimo P.A.I. non saranno più indicate, mentre le aree B.I., di estensione dell'ambito B del D.C.R. 12/00 coincidono nel P.A.I. con le aree a Pericolosità Idraulica Elevata (P.I.3); per esse nel P.A.I. si stimano inondazioni con tempi di ritorno centennali. Nella cartografia di dettaglio del P.A.I. sono da ascrivere a questa zonizzazione due aree nuove: l'estremo lembo sud del Comune (zona in sinistra idrografica dello Scolmatore) ed un area di forma articolata nell'ansa di Montecchio. Vengono comunque a mancare le strette fasce al piede dell'argine sud dell'Arno.

Nel P.A.I., appaiono inoltre le aree definite a Pericolosità Media (P.I.2) riferite alla "Carta guida delle aree allagate" (aree storicamente inondate dall'evento del 1966), dove per esse vengono stimate inondazioni con tempi di ritorno duecentennali; in ultimo si segnalano le aree a Pericolosità Idraulica Moderata (P.I.1), determinate sulla base di criteri geologici e morfologici con stime di eventi a cadenza cinquentennale.

Tra gli interventi in previsione per la riduzione del rischio idraulico sono segnalati due scolmatori per l'Arno: il primo, in attraversamento dell'area collinare, dovrebbe avere il compito di scolmare le acque in territorio di Bientina dove è prevista una cassa di espansione, il secondo dovrebbe scolmare le acque dell'Arno nel Canale Emissario.

Per quanto attiene le opere di arginatura e di protezione delle sponde, nelle due Tavole sono cartografate le situazioni aggiornate come risultano allo stato attuale. La base topografica risulta infatti alquanto imprecisa in fatto di argini. L'Arno, nel tratto in sinistra idrografica tra la "Botte" e Fornacette è dotato di argine in terra, mentre nella base topografica è indicata l'esistenza di un muro, un'altra imprecisione riguarda il tratto terminale del Rio Nero, in questo



caso la base topografica riporta un alveo completamente privo di opere di protezione. In destra idrografica è invece presente un argine in terra di altezza circa 3 metri rispetto alla pianura circostante che delimita un alveo pensile di larghezza circa m. 5,50. La sponda opposta, alla stessa quota dell'argine, termina con il ciglio del canale allacciante.

Un'altra particolarità non segnalata dalla base topografica, interessa l'argine dell'Arno nell'ansa di Montecchio, dove in posizione circa intermedia al tratto est (in cui la sponda del Fiume più si avvicina all'argine), per un tratto di circa un centinaio di metri nella parte interna, è presente un contro argine di rinforzo, addossato al principale e di altezza circa la metà di quest'ultimo. Nella stessa località (poco più a sud), si segnala la presenza di tane di nutrie scavate nell'argine stesso che possono costituire un problema per la stabilità della struttura arginale.

Opere di protezione delle sponde sono limitate all'Arno ed al Canale Emissario nei tratti prossimi all'abitato, mentre fenomeni di scalzamento al piede o di erosione di sponda si sono osservati, in corrispondenza della parte concava dell'ansa dell'Arno, poco più a valle dell'immissione del Canale di Usciana; si tratta di una piccola nicchia di circa 15 metri di larghezza, localizzata sulla sponda. Anche per il Canale Allacciante dell'Usciana in prossimità del ponte sulla provinciale n°8 si è rilevato un fenomeno di scalzamento per erosione di sponda; in questo caso per prevenire dissesti più gravi, è stato effettuato un consolidamento, mediante micropali, in corrispondenza della spalla del ponte.

Tra gli elementi di criticità del sistema idrico, merita menzione il restringimento dell'alveo dell'Arno in corrispondenza dell'innesto dello Scolmatore e l'ostruzione rappresentata dai ruderi del vecchio ponte ferroviario.

In queste due Tavole sono dettagliate, le aree depresse che generalmente coincidono con quelle nelle quali, per ovvie difficoltà di drenaggio, sono presenti ristagni ed allagamenti a livelli di gravità diversa. Si segnalano, tra esse, le aree delle ex cave ad ovest della provinciale della "Botte"; si tratta di alcune depressioni di oltre 3 metri di profondità in cui anche in occasione di eventi piovosi di breve durata si formano ampi specchi d'acqua. Altre depressioni di entità minore sono presenti attorno a quelle principali, probabilmente sempre legate alla passata attività estrattiva. Anche in questi ultimi casi,

eventi piovosi relativamente modesti, possono manifestare ristagni prolungati.

Nell'area sud - sud ovest del territorio di Fornacette, in prossimità della località "I Ponti", per le difficoltà di drenaggio e le condizioni morfologiche, sono segnalati frequenti ristagni. In particolare il fossetto che borda la statale, in corrispondenza dell'attraversamento della ferrovia, presenta una luce molto ridotta ed insufficiente per il deflusso delle acque; in seguito il fossetto risulta tombato per un brevissimo tratto prima di immettersi nel Fosso Arnaccio. Anche ad oriente del capoluogo, tra il viale Matteotti, l'argine dell'Arno ed il colle di Montecchio, è segnalata un'area che per le sue cattive condizioni di drenaggio è frequentemente soggetta a ristagni ed allagamenti. In particolare quest'area (conosciuta come "La Conca"), risulta delimitata da lineamenti positivi che la pongono ad una quota più bassa (strade in rilevato, argine, fascia pedecollinare). I fossetti di drenaggio di questa zona, seppur esistenti, non presentano una pendenza univoca in direzione del viale, ma diverse contropendenze che impediscono il regolare deflusso delle acque piovane. In fregio a quest'area, sul lato opposto del viale è presente una zona "chiusa" tra i rilevati stradali, quindi in condizioni morfologicamente avverse, tuttavia, in questo caso, il buon funzionamento della rete scolante impedisce il verificarsi di ristagni o allagamenti.

Per l'area che delimita l'espansione urbana di Fornacette a nord, allungata nel senso della statale, l'Ufficio Fiumi e Fossi di Pisa ha segnalato problemi legati al Fosso Lucaia. A tal proposito si sottolinea il superamento degli stessi in conseguenza degli interventi di urbanizzazione previsti ed attualmente in corso di realizzazione, che prevedono proprio la messa in sicurezza del Fosso Lucaia.

Per le altre zone del territorio non sono segnalati particolari problemi legati a ristagni o ad allagamenti ricorrenti; nella Tavola, sotto la voce Aree a Pericolosità Idraulica Media, sono indicate le aree che risultano essere state interessate da allagamento nel 1966, (dalla "Carta Guida delle Aree Allagate") e per le quali la ricorrenza dell'evento è stata stimata per tempi duecentennali.

Nelle due Tavole sono inoltre indicati i limiti degli ambiti di "rispetto, tutela e protezione", ai sensi della D.C.R. 12/00 ex 230/94, per i corsi d'acqua segnalati negli allegati:

Fiume	Arno	cod.	PI707
ambito	AB		
Canale Emissario di Bientina		cod. PI785B	ambito
AB			
Canale di Usciana		cod. PI2482C	ambito AB
Rio Nero		cod. PI1462	ambito AB
Canale Scolmatore dell'Arno.		Cod. PI3044	ambito
AB			

Si fa notare che le distanze dal piede esterno dell'argine cartografate nelle due Tavole, decorrono dall'estremità della "baffettatura" che simboleggia la scarpata d'argine. Si precisa inoltre per il Rio Nero, il fatto che la cartografia regionale non riporta l'esistenza dell'argine, si è dovuto quindi, al fine di tracciare i limiti d'ambito, riportare la linea che descrive il piede dell'argine, sulla base delle reali misure di rilievo, da cui hanno inizio le distanze dei limiti di ambito.

## **12) ASPETTI PARTICOLARI PER LE ZONE SISMICHE. Tav. 7**

Il Comune di Calcinaia risulta inserito tra i comuni dichiarati sismici di seconda categoria a grado di sismicità S=9 secondo quanto sancito dal decreto 19/03/1982 del Ministero LL.PP.. Secondo la D.C.R.T n.94/85, relativamente alla differenziazione delle indagini, il Comune è inserito nella sottozonazione regionale di terza categoria sismica con accelerazione convenzionale massima "a" < 0,20 g.

In base ai dati riferiti ai movimenti sismici documentati, con intensità superiore al quinto grado della scala Mercalli - Cancani - Sieberg (MCS), si rileva che il territorio di Calcinaia ricade all'interno di una fascia alla quale è stata attribuita un'intensità macrosismica di grado VII.

Il limite inferiore di intensità, nella "Mappa delle Aree di Massima Intensità Sismica", è stato scelto in VI MCS poiché rappresenta la soglia minima in cui si possono manifestare effetti sui manufatti.

Gli effetti dei fenomeni sismici legati ad aspetti litologici, morfologici e geotecnici locali, variano in funzione delle caratteristiche del moto quali l'accelerazione massima ed il contenuto

in frequenza dell'accelerogramma, riferiti a condizioni litologiche e morfologiche "tipo".

Per questo motivo la Regione Toscana, allo scopo di evitare vincoli territoriali ingiustificati sul territorio, ha pensato di introdurre, sulla base delle informazioni ad oggi disponibili, una differenziazione all'interno dei Comuni dichiarati sismici di seconda categoria atta a soddisfare le reali condizioni di rischio per l'area in questione.

Per le aree individuate nella terza classe, la normativa prevede, l'esame delle caratteristiche geologico - geotecniche riferibili a:

- Instabilità dinamica per cedimenti e cedimenti differenziali
- Instabilità per fenomeni franosi

Per la classe III quindi, si possono tralasciare le verifiche legate al potenziale di liquefazione e quelle relative all'amplificazione per effetti morfologici e litologici. In quest'ottica e sulla base delle caratteristiche geologico - tecniche del territorio comunale, sono stati riportati sulle Tavv. 7a e 7b in scala 1: 5.000, tutti quegli elementi suscettibili di influenzare la pericolosità di una certa zona nel territorio considerato.

L'intensità sismica (amplificazione), infatti, a parità di evento, può variare in funzione della morfologia superficiale e del substrato, oltre che delle caratteristiche geotecniche dei depositi.

Nell'elaborato sono riportati gli elementi geologici e geomorfologici che possono interagire con l'evento sismico ed incrementare la pericolosità dell'area specifica.

#### **12.1 - Instabilità dinamica per cedimenti e cedimenti differenziali**

Tra gli elementi capaci di indurre cedimenti alle strutture sono da segnalare i contrasti tra litologie diverse e le aree in cui sono presenti terreni di scadenti qualità geotecniche o di granulometria eterogenea potenzialmente suscettibili di densificazione.

Tra i primi si segnalano i contatti tra litologie diverse (conglomerati - sabbie, conglomerati - limi argillosi della pianura); nel secondo caso, i diversi accumuli di riporto localizzati in prossimità dei corsi d'acqua (Arno, Canale Emissario, Scolmatore e

Canale Allacciante dello Scolmatore dell'Usciana). I riporti costituiscono quasi sempre materiali di limitato spessore (50 - 60 cm), in certi casi ormai consolidati dal tempo (riporti dello scavo dell'Arno nella seconda metà del '500 - taglio del meandro) e quindi assimilabili a terreni normalconsolidati. In taluni casi si sono riconosciuti spessori superiori ai 2 metri fino ad 8 metri.

Tra le aree della pianura in cui sono presenti terreni molto compressibili già in prossimità della superficie, cioè dotati di bassa resistenza penetrometrica, si segnala l'area di recente edificazione ad ovest del capoluogo.

## 12.2 - Instabilità dinamica per fenomeni franosi

**Tra i fenomeni più vistosi che accompagnano un sisma, vi sono le frane. Nell'elaborato sono state quindi individuate e segnalate con distinta simbologia, tutti i siti interessati da frane: antiche nicchie di crollo, aree bonificate, frane attive.**

**La fascia a forte pendenza (> 35%), individua tutta una zona caratterizzata da identica problematica geologico tecnica, particolarmente indiziata di dissesto gravitativo; si tratta naturalmente di valutazioni basate essenzialmente sulla costituzione litostratigrafica del versante, la sua pendenza e sulla statistica del fenomeno.**

Nella Carta sono segnalati separatamente i limitati corpi detritici - colluviali e gli orli di scarpata in corrispondenza dei quali si possono verificare amplificazioni della risposta sismica.

I meccanismi che regolano la "liquefazione" nei terreni acclivi, sono meno noti di quelli delle aree di pianura. Uno dei fattori che certamente influenzano maggiormente questo fenomeno è la presenza dell'acqua nel terreno; da questo punto di vista, i terreni sabbiosi di versante risultano essere tra i più esposti al fenomeno.

L'analisi cinematica dei movimenti gravitativi che si sono verificati nel territorio comunale, descritta nel paragrafo 6.4, mette in evidenza un rischio dovuto alla presenza di acqua di infiltrazione nel deposito sabbioso con il conseguente incremento delle pressioni

interstiziali favorite dalla limitata permeabilità a "tetto" ed a "letto" di tale deposito.

Nell'ipotesi di sollecitazione sismica, la condizione di incremento della pressione dovuta all'acqua interstiziale, si raggiunge con maggiore rapidità (naturalmente sempre nel caso di terreno reso saturo dagli eventi piovosi) con l'estensione progressiva della fluidificazione del deposito. Ecco quindi in quale ottica si inserisce l'indicazione, dei depositi sabbiosi permeabili (Sabbie di S. Maria a Monte), intercalati in litologie di ridotta permeabilità, suscettibili di incrementare la loro pressione interstiziale con la successiva e rottura di equilibrio, certamente molto più accentuata in occasione di eventi sismici.

### 13) PERICOLOSITA' PER FATTORI GEOMORFOLOGICI E GEOLITOLOGICI. Tav. 8

L'elaborato di Tav. 8a ed 8b, realizzato alla scala 1: 5.000, rappresenta il risultato finale prodotto della sintesi di tutti i dati di rilievo analitico di carattere geologico - geomorfologico riportati nelle Tavole 1, 2, 4, 7, considerate di base ed indispensabili per esprimere una valutazione della pericolosità di supporto alla pianificazione urbanistica.

Questo elaborato, espressamente richiesto dalla Deliberazione della Regione Toscana n°94 del 12.2.1985 e ribadito dalla D.C.R. n°12/00, riporta la suddivisione per l'intero territorio comunale, in zone a diverso grado di pericolosità.

Il lavoro di sintesi ha comportato una interpretazione delle condizioni di pericolosità anche entro le zone che, nelle carte base di analisi, sono rimaste indeterminate per insufficienza di dati oggettivi; nel documento, risultano penalizzate le aree dove le condizioni geotecniche evidenziano a profondità esigue dalla superficie, qualità scadenti dei terreni.

#### 13.1 - CRITERI DI ZONIZZAZIONE

Per la descrizione delle distinte classi di Pericolosità, pur tenendo conto ovviamente delle normative vigenti e dei contenuti

previsti dal D.C.R. n°94/1985 e dal P.T.C. della Provincia di Pisa, ci siamo attenuti strettamente a quelle che sono le reali condizioni di pericolosità del territorio.

Per la simbologia grafica descrittiva delle diverse classi di pericolosità, ci siamo riferiti a quanto previsto nella D.C.R. del 16 giugno 1986 n°5633 "Istruzioni tecniche per la formazione degli strumenti urbanistici generali. Art.5 L.R. n°74 del 31/12/1984".

Il territorio comunale è stato suddiviso nelle seguenti classi di pericolosità:

#### **PERICOLOSITA' IRRILEVANTE** - Classe 1

Interessa le aree in cui risultano assenti limitazioni derivanti da caratteristiche geologico tecniche e morfologiche. Le caratteristiche litostratigrafiche del territorio comunale non permettono di individuare porzioni di territorio attribuibili a questa classe di pericolosità.

Non esistono, infatti, aree a pericolosità irrilevante, in quanto i litotipi che costituiscono la pianura, per la loro storia recente, presentano sempre parametri di compressibilità medio alti; inoltre i numerosi interventi di bonifica (colmata) succedutisi nel tempo, anche se a carattere locale e di superficie ridotta, lasciano un certo margine di incertezza sui primi metri di suolo. Parimenti per l'area collinare, la presenza di terreni prevalentemente incoerenti, facilmente erodibili e suscettibili di mobilitarsi con l'infiltrazione da parte delle acque meteoriche, esclude l'esistenza di tale classe per il territorio.

#### **PERICOLOSITA' BASSA** - Classe 2

Sono comprese le aree in cui le situazioni geologico-tecniche e morfologiche risultano apparentemente stabili, tuttavia permangono dubbi che potranno essere chiariti a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione.

Comprende le aree di pianura o collinari, con sottosuolo costituito da terreni di buone caratteristiche geotecniche, aree di versante con pendenze inferiori al 15% lontane da scarpate, nicchie e/o accumuli di frana.

#### **PERICOLOSITA' MEDIA** - Classe 3

In queste zone ogni intervento edilizio è fortemente limitato e le indagini di approfondimento dovranno essere condotte a livello di area nel suo complesso, sono inoltre da prevedersi interventi di bonifica e miglioramento dei terreni e/o l'adozione di tecniche di fondazione di un certo impegno.

Si possono distinguere due sottoclassi:

**Sottoclasse 3a:** comprende le aree di pianura con sottosuolo eterogeneo; per quelle acclivi, le aree con caratteristiche geomorfologiche, stratigrafiche e litotecniche favorevoli alla stabilità, ove gli eventuali e possibili fenomeni franosi coinvolgerebbero porzioni di territorio di ampiezza limitata.

**Sottoclasse 3b:** comprende aree di pianura con presumibile presenza di sedimenti con scadenti caratteristiche geotecniche, di bassa resistenza penetrometrica. Per le aree acclivi, quelle in cui le caratteristiche geomorfologiche, stratigrafiche e litotecniche sono sfavorevoli alla stabilità. Comprende anche le aree con elementi di instabilità diffusi che si manifestano con fenomeni puntuali di dissesto o di lenta evoluzione. I possibili fenomeni franosi, in questi casi, possono coinvolgere ampie porzioni del territorio e di sottosuolo.

#### PERICOLOSITA' ELEVATA - Classe 4

**Comprende aree acclivi coinvolte da fenomeni franosi attivi o in condizioni di quiescenza, ma le cui caratteristiche geomorfologiche sono tali da non poter escludere la ripresa generalizzata dell'attività in conseguenza di eventi sismici o meteorici di particolare importanza, o in conseguenza di interventi antropici. Comprende anche le aree di pertinenza fluviale - torrentizia, in cui è intensa l'erosione.**

#### 13.2 - VALIDITÀ DELLA CARTA NEL TEMPO

**Per quanto riguarda la validità della carta nel tempo, si sottolinea la necessità di prevedere aggiornamenti periodici a seguito dell'incremento delle conoscenze del sottosuolo.**



Relativamente alla validità attuale della carta, si conferma che la densità dei dati disponibili ed i numerosi rilievi svolti in tutta l'area, hanno permesso un dettaglio ed un'attendibilità sufficienti ad una corretta valutazione delle diverse problematiche. Preme, comunque sottolineare che la scala a cui è stata condotta l'indagine e l'indeterminatezza insita in ogni ricostruzione del sottosuolo, non hanno permesso l'individuazione della classe 1 di pericolosità prevista dalla normativa. Ne consegue che, nonostante l'elevata attendibilità della zonazione, resta sempre necessario, in fase di progetto, procedere alla verifica delle caratteristiche del terreno con indagini geognostiche di dettaglio.

Si fa inoltre presente che, nella delimitazione delle aree a diversa pericolosità, non si è tenuto conto delle alterazioni morfologiche localizzate. Così, per esempio, i rilevati autostradali, ferroviari e quelli delle strade principali, gli argini e gli alvei dei corsi d'acqua principali e le strade locali, non costituiscono classi di pericolosità distinta, rispetto all'area su cui insistono.

Per quanto concerne le amplificazioni locali alle sollecitazioni indotte dal terremoto, si fa presente che nelle zone di pianura, è molto difficile determinare con precisione le aree dove possano verificarsi tali fenomeni ed ancor più difficile è ovviamente, determinarne l'entità. L'amplificazione locale alle tensioni sismiche in zone di pianura dipendono infatti da numerose variabili di cui abbiamo già parlato nel paragrafo specifico.

Una delimitazione di dettaglio delle aree della pianura, nelle quali possano verificarsi fenomeni di amplificazione a diversa entità, comporterebbe quindi la perfetta conoscenza della situazione litologica, morfologica e strutturale del sottosuolo, fino a profondità notevoli.

Perciò, l'elaborato in oggetto, tiene conto delle eventuali amplificazioni locali delle sollecitazioni sismiche dovute a situazioni litologiche, morfologiche e strutturali del tipo di quelle sopra elencate, in modo qualitativo e con i limiti suddetti solo per quelle zone dove le condizioni favorevoli al verificarsi del fenomeno risultino particolarmente evidenti.

## 14) LA PERICOLOSITA' IDRAULICA

Le calamità avvenute anche recentemente nel territorio toscano in molte aree di pianura intensamente urbanizzate, hanno indotto molti Enti pubblici a valutare attentamente la possibilità del ripetersi di tali fenomeni e delle relative conseguenze in termini di pericolosità idraulica e di rischio idraulico.

Il rischio idraulico di un territorio dipende dalla dinamica fluviale dei corsi d'acqua distribuiti lungo tutto il suo bacino idrografico; la zonizzazione della pericolosità di un territorio quindi, non dovrebbe essere compito dei singoli Comuni dato che ad essi competono limitate porzioni dei bacini idrografici.

A livello comunale è possibile invece dettagliare con la massima precisione, le aree indiziate di rischio, tenendo conto delle informazioni disponibili elaborate a scala provinciale e regionale. In questa sede si dovrà considerare le modificazioni a carattere locale sopravvenute in conseguenza di interventi sul territorio ed in particolare svolgere tutte le indagini idonee a individuare le aree con problemi di ristagno e le cause che determinano l'insorgere del problema.

Per il territorio comunale di Calcinaia non sono note rotte arginali e/o episodi di sormonto degli argini che possono aver dato luogo ad esondazione; anche durante l'evento del novembre 1966, le aree allagate risultavano essere discontinue e limitate alle zone di influenza di fossi e fossetti che per il rialzamento dei livelli nella rete idraulica maggiore, non riuscivano a smaltire le loro acque.

I queste occasioni, molte aree protette da strade in rilevato, riescono a rimanere asciutte; in località Casone, ad esempio, da foto disponibili presso l'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa scattate il 5 novembre 1966, si evince assenza di allagamento attorno al nucleo rurale ed alle case ai piedi del colle di Montecchio, mentre dal lato opposto della strada si notano zone allagate.

I corsi d'acqua principali presenti nel territorio comunale risultano essere:

l'Arno, il Canale Emissario di Bientina, il Canale dell'Usciana e per tratti molto brevi, il Canale Scolmatore dell'Arno ed il tratto terminale del Rio Nero.

Sostanzialmente si tratta di canali artificiali di cui gli ultimi due: Scolmatore dell'Arno e Rio Nero, sono dimensionati per portate massime prestabilite o dimensionati in conseguenza di recenti interventi idraulici (realizzazione del Canale Scolmatore Allacciante dell'Usciana).

Per quanto riguarda i tre corsi d'acqua principali (Arno, Emissario e Canale Allacciante dell'Usciana), è stata svolta una ricerca presso l'Ufficio Tecnico del Comune e quelli di altri Comuni confinanti, su documentazioni comprovanti l'assenza di rischio idraulico per tempi di ritorno centenali e duecentennali; una sintesi dei risultati viene presentata di seguito.

Fiume Arno (cod. PI707) - Nel territorio di Calcinaia questo fiume ha un tracciato di poco più di 9 chilometri con pendenza media dell'alveo dello 0,25 . Opere idrauliche di protezione sono presenti in sponda destra solo per il tratto che delimita il capoluogo, per il resto l'alveo è delimitato da un argine in terra integro nella sua struttura e completato, solo per il tratto adiacente al capoluogo, da muretto d'argine.

Nel tratto di competenza comunale, l'Arno non riceve alcun affluente.

Il fiume possiede ampie aree golenali (60 -80 m) in corrispondenza delle parti concave delle anse.

Per la verifica idrologico idraulica del Fiume Arno, nel tratto compreso tra lo Scolmatore di Pontedera e la Stazione Idrometrografica di S. Giovanni alla Vena, sono stati presi in considerazione i dati riportati nello Studio relativo a Piano di Recupero di un immobile sito in via delle Case Bianche a Calcinaia fornitoci dall'Ufficio Tecnico del Comune ed eseguito dal Dott. Ing. C. Calistri.

In particolare si sono confrontati i dati delle portate massime annuali registrate in transito dalla stazione di misura di S.Giovanni alla Vena, forniti dall'Ufficio Idrografico di Pisa con i valori risultati dal calcolo delle portate al colmo relativi ad eventi di piena per tempi di ritorno pari a 200 anni indicati nella relazione suddetta.

Nella tabella seguente  $x$  sono riportati le portate di massima piena registrate nella stazione di S. Giovanni alla Vena ad iniziare dall'anno 1924 fino al 1994

**Tab. 2**

Anno di osservazione	Portata al colmo (mc/sec)	Anno di osservazione	Portata al colmo (mc/sec)	Anno di osservazione	Portata al colmo (mc/sec)
1924	1240	1948	1810	1972	495
1925	1670	1949	2270	1973	388
1926	1970	1950	820	1974	478
1927	1460	1951	2010	1975	-
1928	2030	1952	1100	1976	1102
1929	2230	1953	1500	1977	673
1930	1130	1954	1360	1978	747
1931	2070	1955	960	1979	1110
1932	1630	1956	761	1980	855
1933	1960	1957	756	1981	1135 + 370
1934	2080	1958	1610	1982	891 + 210
1935	1930	1959	1280	1983	1163
1936	1340	1960	1690	1984	768
1937	1650	1961	1370	1985	536
1938	764	1962	813	1986	667
1939	1460	1963	1301	1987	1238
1940	1520	1964	1079	1988	388
1941	1565	1965	934	1989	330
1942	1550	1966	2290	1990	1031
1943	998	1967	505	1991	1212 + 680
1944	-	1968	1315	1992	1411 + 480
1945	-	1969	966	1993	1420 + 500
1946	1114	1970	635	1994	469
1947	1881	1971	578	1995	-

Per il periodo successivo al 1967 (anno in cui fu completata la realizzazione del Canale Scolmatore dell'Arno), solo per alcuni anni sono disponibili anche dati relativi alla portata scolmata durante il corrispettivo evento di piena.

L'Arno alla sezione di di S. Giovanni alla Vena, sottende un bacino di 8.186 kmq; attraverso l'elaborazione statistica con il metodo di Gumbel, dei dati di massima piena registrati dalla stazione di misura, sono stati ottenuti i seguenti dati:

Portata media al colmo (mc/sec)	1268
Scarto quadratico medio $\sigma$ (l/sec/kmq)	540
Valore dominante N di Gumbel (mc/sec)	1025,35
$1/\alpha$	421,09

Espressione della distribuzione di Gumbel  $Q (Tr) = 1025,35 + 421,09y$

Coefficiente di correlazione  $r$   
0,996

La portata attesa alla sezione di S. Giovanni alla Vena, secondo la stima riportata, per eventi con tempi di ritorno centennali e duecentennali, risulta essere:

$$\mathbf{Tr (100) = 2.962 \text{ mc/sec} ; Tr (200) = 3.255 \text{ mc/sec}}$$

da questi valori estremi, si deve detrarre la portata massima che lo Scolmatore di Pontedera è in grado di smaltire (al max 900 mc/sec, Vd. allegato in calce alla presente relazione), si giunge così ai seguenti valori::

$$\mathbf{Tr (100) = 2.062 \text{ mc/sec} ; Tr (200) = 2.355 \text{ mc/sec}}$$

Dal confronto con i dati ufficiali di deflusso riportati nella tabella 2, si constata che per il periodo considerato, la portata attesa per eventi con ricorrenza centennale è stata superata negli anni 1929 (2.230 mc/sec), nel 1931 (2070 mc/sec), nel 1934 (2080 mc/sec), nel 1949 (2.270 mc/sec) e naturalmente nel 1966 con il massimo assoluto di 2290 mc/sec.

Per il valore relativo all'evento duecentennale, invece, non sono state registrate, almeno per il periodo considerato, portate superiori a quella stimata, anche se i valori riportati, non si discostano molto da quello critico.

Si conclude quindi che, poiché nel periodo considerato non vi sono notizie di rotte arginali e/o di sormonto degli argini nel territorio di Calcinaia, le condizioni di sicurezza, nelle condizioni attuali, sono certamente garantite per eventi con tempo di ritorno centennale, mentre per gli eventi di piena con tempi di ritorno di 200 anni, prima di escludere il pericolo, è necessario disporre del dato di portata massima smaltibile alla sezione di S. Giovanni alla Vena.

Canale Emissario di Bientina (cod. PI785A) - Il Canale Emissario attraversa il territorio comunale per un tratto di poco più di 2,5 km che inizia immediatamente dopo l'attraversamento della "Botte" che

sottopassa l'Arno. Quest'opera ingegnosa, realizzata da A. Manetti, fu inaugurata nel 1859 e permette l'attraversamento dell'Arno per un tratto di ben 255 m. E' dotata di luci di larghezza pari a m. 4,52 per un'altezza centrale di m 4,70.

La sezione della Botte è tuttavia insufficiente e crea notevoli problemi nel suo tratto a monte, esterno al Comune di Calcinaia.

Il Canale Emissario presenta un andamento piuttosto rettilinea con sponde prive di argini e opere di protezione che salvaguardano le due sponde ad iniziare da circa poco meno di una trentina di metri a monte del ponte sulla Tosco Romagnola, proseguendo a valle fino al raggiungimento dell'attraversamento ferroviario.

Il lato concavo della curva che il canale compie a sud ovest di Fornacette, si presenta in forma di terrazzamenti coltivati ad orto che, in caso di piene, possono arrecare pregiudizio al regolare deflusso.

L'indagine per la verifica idraulica, redatta in data 30 maggio 1998 è stata commissionata dal Comune di Calcinaia all'ing. P. Caliterna per la realizzazione di un ponte pedonale e ciclabile sul Canale Emissario a Fornacette, in affiancamento a quello esistente sulla strada statale n. 67 Tosco - Romagnola

Uno studio specifico sul canale è stato condotto nel 1975 dall'Ente Maremma di sviluppo in Toscana e Lazio, pubblicato in un fascicolo tecnico dal titolo: "L'assetto idraulico del Bacino di Bientina".

Gli esiti di questo studio sono che il canale è mal dimensionato in quanto dalla "Botte", è scarsa la capacità di portata. Attualmente quando il canale supera il livello di massima piena ammissibile inizia l'esondazione della vasta area in destra del padule di Bientina: dalla pianura di Lucca- Altopascio, al ponte della Tura.

La verifica idraulica è stata condotta nell'ipotesi di moto uniforme in corrispondenza della sezione del canale dell'attuale ponte della s.s. 67 a Fornacette.

Si è calcolata la massima portata di colmo con tempo di ritorno di 100 e 200 anni.

La superficie del bacino imbrifero del canale Emissario, sotteso da detta sezione è di circa 60 kmq.

Per la determinazione della curva che rappresenta le altezze massime possibili di pioggia in funzione del periodo di ritorno del fenomeno, viene considerato un tempo non inferiore a 100 anni. E' stato fatto riferimento, per la località, all'espressione e parametri elaborati dalla Regione Toscana da Pagliara - Viti pubblicati sul Giornale del Genio Civile fascicolo 7-8-9 del 1990:

$$h = a t^n T^m$$

con:

h = altezza di pioggia in mm

t = tc tempo di corrivazione del bacino idrografico

T = tempo di ritorno considerato

Dall'analisi delle curve elaborate da Pagliara - Viti, si ottengono i parametri caratteristici.

Per la valutazione dell'intervallo di tempo di corrivazione è stato fatto riferimento all'espressione di Giandotti:

$$t = (4 S^{0,5} + 1,5 L) / (0,8 H^{0,5})$$

$$Q = (h S) / t = 92,5 \text{ m}^3/\text{sec}, \text{ per un tempo di ritorno centennale}$$

$$Q = 105 \text{ m}^3/\text{sec} , \text{ per un tempo di ritorno di 200 anni}$$

La pendenza del canale Emissario è  $i = 0,000153$ , mentre l'area di deflusso  $A = 116,70 \text{ m}^2$  considerando m 1,00 di franco, rispetto all'intradosso del ponte sulla statale, il contorno bagnato è  $C = 31,4 \text{ m}$  da cui si ottiene un raggio idraulico  $R = 3,7 \text{ m}$ .

La velocità media massima della piena attesa in corrispondenza del ponte sarà, per la relazione di Chezy:

$$V = X (R i)^{0,5}$$

dove  $X = 87 / (1 + g/R^{0,5})$  secondo Bazin.

$$V = 1,06 \text{ m/sec}$$

il valore della massima portata ammissibile (con franco di 1 metro) al ponte è  $Q = 123 \text{ m}^3/\text{sec}$

La portata critica per un tempo duecentennale è quindi verificata e poiché l'alveo non presenta sostanziali restringimenti per il tratto in Comune di Calcinaia, è anche verificato il rischio di esondazione per tutto il restante corso.

Canale di Usciana e Scolmatore Allacciante (cod. PI2482C) - Costeggia il limite est - sud est del Comune, mentre il tratto allacciante allo scolmatore dell'Arno, attraversa l'area collinare interna.

La portata massima smaltibile attraverso la botte è di 500 mc/sec; questa portata, assieme ai 900 mc/sec (massima portata scolmabile dall'Arno), raggiunge i 1400 mc/sec che rappresenta la portata massima del Canale Scolmatore di Pontedera.

Sulla base di uno studio di verifica idraulica fatto eseguire dal Comune di S. Maria a Monte, approvato con Delibera del C.C. n°89 del 20/11/2000, gentilmente messo a disposizione dall'Ufficio Tecnico dello stesso Comune, si dispone di una verifica di calcolo per tempi di ritorno duecentennali. Il Tecnico incaricato ha considerato i 6 sottobacini che alimentano il Padule di Fucecchio, facendo riferimento alle piogge orarie registrate dalle stazioni pluviometriche di Montecatini e Pescia, rappresentative del regime pluviometrico nell'area del Padule da cui il Canale dell'Usciana ha origine.

La serie di dati storici è stata quindi sottoposta ad analisi statistica secondo Gumbel. Le conclusioni per la verifica duecentennale, portano ad una stima della portata critica pari a circa 770 mc/sec. Nello studio si afferma che tale portata risulta facilmente laminabile nello stesso Padule di Fucecchio, conseguentemente la portata di 500 mc/sec massima smaltibile attraverso la "Botte" in ingresso nel Canale Scolmatore di Pontedera, risulta certamente cautelativa.

I lavori eseguiti intorno agli anni '80, per la realizzazione del Canale Allacciante dell'Usciana, hanno stravolto notevolmente la morfologia e l'assetto idraulico della valle de "La Paduletta" e dei rilievi collinari. La conseguente drastica modifica del vecchio reticolo idraulico ha visto la sostanziale riduzione del Rio Nero, ridotto ad un limitato tratto terminale canalizzato di circa 200 metri; in precedenza il Rio Nero defluiva in Arno attraversando la collina di Poggio San Michele - M. Belvedere.

Al momento attuale, il vecchio alveo del Rio Nero è strato in buona parte riempito (lato Paduletta) dai materiali di escavazione



prodotti durante lo scavo del canale allacciante; rimane un brevissimo tratto di impluvio quasi perennemente asciutto che affluisce verso l'Arno.

## 15) CARTA DELLA PERICOLOSITA' PER FATTORI IDRAULICI. Tav.9

La Carta della Pericolosità Idraulica, rappresenterà il documento di sintesi in cui si distinguono le zone del territorio in relazione della diversa suscettibilità agli episodi di esondazione o ristagno delle acque.

Per l'intero territorio comunale non sono noti eventi storici di rotte arginali o comunque di esondazione relativi alla rete idraulica maggiore; le verifiche idrauliche eseguite per precedenti studi territoriali ed illustrate nel paragrafo precedente, escludono rischi di esondazione per i tempi di ritorno che generalmente devono essere considerati. In questa situazione è evidente che i problemi di Pericolosità Idraulica del territorio sono dettati sostanzialmente dalle difficoltà di drenaggio per motivi morfologici e/o di cattiva ricezione della rete di deflusso minore.

Per la stesura di questo ultimo elaborato, sono state esaminate tutte le documentazioni prodotte dai diversi Enti sensibili a questa problematica ed in particolare:

- "Carta guida delle aree allagate" secondo D.I. n°107 15/07/1997 dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno.
- "Carta delle aree inondabili" Quadrante 105 III, Provincia di Pisa 1995, relativa agli eventi alluvionali degli anni: 1991, 1992 e 1993.
- "Atlante della pericolosità idraulica" Tav. 2 del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa.
- P.A.I. "Piano assetto idrogeologico" (bozza) di imminente approvazione
- Indagini e rilievi disponibili presso l'Ufficio Tecnico comunale
- Rilievi eseguiti in occasione delle fasi di studio per la realizzazione del presente Piano Strutturale.

### 15.1 - Criteri di zonizzazione

la carta della pericolosità deriva dalla sovrapposizione dei dati conoscitivi riportati nella Tavola 6a e 6b, dai rilievi svolti sul territorio dopo gli eventi piovosi (purtroppo molto scarsi nel periodo siccitoso di svolgimento delle indagini) ed in ultimo dalle considerazioni espresse dai diversi studi idraulici reperiti, svolti sul territorio.

La carta ripartita nelle consuete due Tavole scala 1: 5.000 (Tav. 9a e 9b), suddivide l'intero territorio comunale in quattro classi a pericolosità crescente che segnalano la diversa probabilità di accadimento del fenomeno alluvionale.

La diversa probabilità di accadimento tiene conto della frequenza con cui i fenomeni di allagamento si verificano, distinguendo per la classe 3, di Pericolosità media, due sottoclassi: la "3a" con eventi di ristagno o allagamento non provati, ove le condizioni morfologiche e del reticolo idraulico sono tali da non destare particolare preoccupazione, la "3b" dove invece sono documentabili e ricorrenti gli eventi di ristagno e di allagamento.

L'inserimento nella classe "3b" rispetto ad una classe "4" comporta la possibilità di risoluzione del problema a livello di area di intervento con operazioni di ripristino (bonifica) e miglioramento del reticolo idraulico.

Nel dettaglio si riporta la legenda elaborata in relazione alla normativa vigente ed alle caratteristiche specifiche del territorio:

#### **PERICOLOSITA' IRRILEVANTE** - Classe 1

Aree collinari e montuose ove non sono possibili eventi di esondazione o sommersione. Non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni e/o sono in posizione di alto geomorfologico, (quote altimetriche superiori di ml. 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda). In tali aree non sono necessarie considerazioni sulla riduzione del rischio idraulico.

#### **PERICOLOSITA' BASSA** - Classe 2

Aree di fondovalle per le quali non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni e/o si trovano in posizione geomorfologica tale

da escludere eventi di esondazione o sommersione (quote altimetriche superiori a 2 m rispetto al piede esterno di argine o di ciglio di sponda).

**PERICOLOSITA' MEDIA** - Classe 3

**Sottoclasse 3a:** aree in cui non si hanno precise testimonianze storiche di episodi di esondazione o sommersione, tuttavia sono limitrofe ad aree note per passati eventi di esondazione o sommersione.

**PERICOLOSITA' MEDIA** - Classe 3

**Sottoclasse 3b:** aree in cui si hanno notizie storiche di episodi di esondazione o sommersione per eventi eccezionali con tempi di ritorno compresi tra 20 - 200 anni. Si trovano in posizione morfologicamente sfavorevole, anche se protette da opere idrauliche.

**PERICOLOSITA' ELEVATA** - Classe 4

Comprende i corpi idrici e le aree soggette ad esondazione o a sommersione in occasione di eventi relativamente frequenti, cioè con tempi di ritorno compresi tra 2 - 20 anni; individuati contemporaneamente, su base morfologica e storica.

---

Firenze gennaio 2002

Dott. Geol. Marco Bastogi

Dott. Geol. Paolo Pierattini

## BIBLIOGRAFIA

AA.VV.(1976):

**"La geologia nella pianificazione territoriale".**

Mem. Soc. Geol. It. Vol.XIV (1975)

Baldacci F.:

"Quaderno Autorità di Bacino"

Bacino dell'Arno - 1996

Baldacci F., Bellini L., Raggi G.:

**"Le risorse idriche sotterranee della Pianura di Pisa".**

**Atti soc. Tosc. Sci. Nat. Mem., Serie (A), 101, pp.241 - 322, -1995**

Baldacci F. e Raggi G.:

"Lineamenti geologici ed idogeologici della regione dell'Appennino ligure -toscano, a nord dell'Arno".

In: "Contributo alle conoscenze delle risorse geotermiche del territorio italiano"

CNR PFE spg RF 13 - 1982

**Bartolini C:**

**"Foglio 105 (Lucca). Nuovi contributi alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia".**

**Pubbl. n°251 del prog. Finaliz. Geodinamica del CNR - 1979**

**Bartolini C. et Alii:**

**Carta neotettonica dell'Appennino Settentrionale. Note illustrative.**

**Boll. Soc. Geol. It. 101(4) - 1983**

Bartolini C. e Pranzini G.:

"L'antecedenza dei corsi d'acqua che attraversano la dorsale Monte Albano - Poggiona

nel quadro dell'evoluzione Plio - Quaternaria del Valdarno".

Boll. Soc. Geol. It., 103, pp.271-278 - 1984

Benvenuti M., Bertini A., Conti C., Dominici S., Falcone D.:

**"Analisi stratigrafica e paleoambientale integrata del Pliocene dei dintorni di San Miniato"**

**In "Le Colline di S.Miniano (Pisa). La Natura e la Storia":**

**Quad. Mus. St. Nat. Livorno, Vol.14, Suppl. n.1 pp 29-49.**

C.N.R. - Provincia di Pisa - 1995

Bertani F., Bigazzi C.:

"La montagna"

in: AA.VV.: "San Giuliano Terme: la storia, il territorio.

vol. 1., pp.11 - 51, Pisa- 1990

Caciagli G.:

*"Rettifiche e varianti del basso corso dell'Arno in epoca storica"*

---

L'Universo, vol. 49, pp 133-162 - 1969

**Caleca A., Mazzanti R.:**

**"Immagini del territorio pisano: le carte di Leonardo".**

In Pisa e contado, una città e il suo territorio nella Toscana dei Medici - Livorno e Pisa: due città e un territorio nella politica dei Medici. Pisa - 1980

Caleca A., Mazzanti R.:

**"Le carte del Valdarno inferiore e della Toscana marittima di Leonardo da Vinci: sintesi di un territorio agli inizi del XVI secolo".**

**Boll. Soc. Geogr. It. - 1982**

Cavazza S.:

"L'idrogeologia attuale, la natura e i molteplici interventi umani"

In: La Pianura di Pisa ed i rilievi contermini - La natura e la storia Mem. Soc. Geog. It. Vol.50 -1994

Civita M.:

"previsione e la prevenzione del rischio di inquinamento delle acque sotterranee a livello regionale mediante le carte di vulnerabilità"

In: "studi sulla vulnerabilità degli acquiferi, 1" A.Zavatti (a cura di)

Pitagora Editrice - Bologna- 1990

Civita M.:

"Legenda unificata per le carte di vulnerabilità"

in: "studi sulla vulnerabilità degli acquiferi 1", (appendice)

Pitagora Editrice - Bologna - 1990

Civita M.:

"Il programma speciale RISE del Gruppo Nazionale per la Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche del CNR: finalità ed operatività".

Atti Convegno: ricerca e protezione delle risorse idriche sotterranee delle aree montuose"

Brescia - 1991.

Civita M.:

"Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: teoria e pratica".

Pitagora Editrice - Bologna - 1994

Ceccarelli Lemmut M. L., Mazzanti R., Morelli P.:

**"Il contributo delle fonti storiche alla conoscenza della geomorfologia".**

In: Mazzanti R. (Ed.). La Pianura di Pisa ed i rilievi contermini, Provincia di Pisa, Pisa - 1994

Ceccarelli Lemmut, Pascucci Graziella:1986

Cherubini L., Del Rio A., Mazzanti R.: 1987

"Sviluppo e prosciugamento delle paludi nella provincia di Livorno"

In: la gestione delle Risorse idriche Roma.

Ceragioli M., Giovannetti M., Spandr  R., Spinicci A. e Tessitore S.:

"Valutazione della vulnerabilit  intrinseca dell'acquifero freatico della pianura di Pisa con il metodo Sintacs"

Provincia di Pisa Area Governo del Territorio Servizio Difesa del Suolo.

Convegno in Pisa 6 dicembre 2000.

Dalla Rocca R., Mazzanti R., Pranzini E.:

"Studio geomorfologico della piana di Pisa (Toscana)"

Geografia Fisica Dinamica Quaternaria vol. 10 pp. 56- 84 - 1987

De Guidi G.:

**"Contributo allo studio geologico del sottosuolo della pianura pisana. Il pozzo artesiano della stazione ferroviaria di Pontedera (Pisa)"**

Atti Soc. Tosc. di Sc. Nat. Vol. XXXV - 1924

Dini I.:

"La prima falda artesianiana della zona di Pisa"

Comune di Pisa - 1976

Dominici S., Mazzanti R., Nencini C.:

**Geologia dei dintorni di San Miniato tra l'Arno, l'Elsa e l'Era**

In "Le Colline di S. Miniato (Pisa). La Natura e la Storia"

Quad. Mus. St. Nat. Livorno, Vol.14, Suppl. n.1 pp 1-35. - 1995

C.N.R. - Provincia di Pisa - 1995

Fancelli R., Grifoni R., Mazzanti R., Menchelli S., Nencini C.,

Pascuinucci M. & Tozzi C.:

"Il contesto geomorfologico - Evoluzione della pianura di Pisa"

In: "Terre e Paludi, reperti documenti immagini, per la storia di Coltano"

Circoscrizione n.9, Comune di Pisa, Pacini Editori Pisa pp 23-39 - 1986

Federici P.R. :

"Il territorio di Bientina dalla geologia alla storia"

In: "Il Padule di Bientina", Aspetti naturalistici ed agronomici"

Pacini Editori Pisa. - 1987

Federici P.R., Mazzanti R.:

"L'evoluzione della paleogeografia della rete idrografica del Valdarno inferiore"

Boll. Soc. Geografica It. Roma. Serie XI vol.V pp.573 615 - 1988

Galletti M.:

**Ricerche sulla pianura pisana - I. Analisi polliniche di sedimenti quaternari lacustri della zona di Pontedera (Pisa).**

**Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., 78 - 1972**

Gargini A:

"Studio idrogeologico del territorio comunale di Prato per la valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi mediante un sistema parametrico".

Estratto da Quaderni di Geol. Applicata vol. 3

Pitagora Editrice - Bologna - 1995

Gargini A., Pranzini G.:

"Map of protection against pollution of middle Valdarno plain aquifers" in 76° meeting Soc. Geol. It., Firenze, settembre 1992

edito in Mem. Soc. Geol. It. N. 148 pp. 923-928 - 1994

Giovannetti M., Ceragioli M., Marcolongo B., Spandré R. e Spinicci A:

"Valutazione della vulnerabilità intrinseca delle risorse idriche profonde della pianura di Pisa, applicazione del metodo parametrico WATER"

Provincia di Pisa Area Governo del Territorio Servizio Difesa del Suolo. Convegno in Pisa 6 dicembre 2000.

GR Geografia Fisica e Geomorfologia, CNR:

"cartografia della pericolosità connessa ai fenomeni di instabilità dei versanti"

Bol. Soc. Geol. It. N.106 - 1987

Greco G.:

"Calcinaia una pieve ed una comunità nell'età moderna"

Comune di Calcinaia. Assessorato alla Cultura - 1998

Grifoni Cremonesi R., Tozzi C.:

"Gli insediamenti dal Paleolitico all'Età del Bronzo"

in: Mazzanti R. (a cura di) - La Pianura di Pisa e i rilievi contermini. La natura e la storia

Mem. Soc. Geogr. Ital., 50 pp. 153-182, - 1994

Giannini E., Nardi R.:

"Geologia della zona nord occidentale del monte Pisano e dei Monti d'oltre Serchio (Province di Pisa e Lucca)"

Boll. Soc. Geol. It., 84, (5) pp. 197-270 - 1965

Ghelardoni R., Giannini E., Nardi R.:

**"Ricostruzione paleogeografica dei bacini neogenici e quaternari della bassa valle dell'Arno sulla base dei sondaggi e rilievi sismici".**

Mem. Soc. Geol. It., 7 pp. 91-106 - 1968

Lancellotta R.:

Penetrometro statico - terreni coesivi.

Atti della conferenza di Geotecnica di Torino. (1983)

Lawley C.:

"Montecchio" (memorie storiche), 1895

Comune di Calcinaia, Assessorato alla Cultura (ristampa) - 1998

Lazzarotto S., Mazzanti R., Nencini C.:

"Geologia e morfologia dei comuni di Livorno e Collesalvetti"

Supp.2 ai Quaderni del Museo di Storia Nat. Di Livorno, 11 pp. 1-85 - 1990

*Magaldi A., Bidini D., Calzolari C., Rodolfi G.:*

---

**"Geomorfologia, suoli e valutazione del territorio tra la Piana di Lucca e il Padule di Fucecchio"**

*Ann. Istitut. Super. Studio Difesa del Suolo, vol. 14, pp.21-108 - 1983*

---

Marroni M., Mazzanti R. e Nencini C.:

**"Geologia e morfologia delle Colline Pisane"**

In "Nuovi elementi negli studi di Scienze della Terra nelle colline pisane."

Quad. Mus. St. Nat. Livorno, Vol.11, Suppl. n.1 pp 1-40.

Consiglio Nazionale delle Ricerche - Provincia di Pisa - 1990

Mazzanti R. :

"Il punto sul Quaternario della fascia costiera dell'arcipelago di Toscana"

Quaderni Museo di Storia Nat. di Livorno vol. 4 - 1983

Mazzanti R.:

Quaderno Autorità di Bacino - Bacino dell'Arno. - 1994

Mazzanti R., Nencini C.:

"Le vicende geologiche e la morfologia del settore nord orientale della provincia di Pisa"

In: "Il Valdarno inferiore pisano" Studio economico e territoriale. A cura di A. Cecchella e M. Pinna.

Centro di Studi economici e finanziari, Pisa - 1991

Mazzanti R., Rau A.:

"La geologia". In: AA.VV; "La pianura di Pisa e i rilievi contermini" Mem. Soc, Geog. It., vol.50 .- 1994

Mazzanti R., Trevisan L.:

"Evoluzione della rete idrografica nell'Appennino centro - settentrionale".

Geogr. Fis. Dinam. Quat., 1 pp.55 - 62 - 1978

Menichetti S.:



"Cartografia del rischio geologico ambientale del P.T.C. della Provincia di Pisa generata con strumenti GIS"

In: Atti del 3° Corso di aggiornamento professionale dell'Ordine Regionale dei Geologi della Toscana; "Programmazione geologica territoriale e salvaguardia ambientale"  
pp. Firenze maggio 1996

Ministero dei Lavori Pubblici, Servizio Idrografico (anni vari):  
**Annali idrologici; Bacino dell'Arno e limitrofi tra Magra e il Fiora.**

Istituto Poligrafico dello Stato - Roma.

Nardi R., Nolledi G., Rossi :  
Geologia ed idrogeologia della piana di Lucca  
Geografia fisica dinamica Quaternaria vol. 10 pp. 132 - 160 - 1987

Sagre A. G.:  
"Note sulla idrografia continentale e marina"  
In: note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 F. 111, "Livorno"  
Min. Ind. Comm. Servizio Geologico D'Italia , pp. 20-26 - 1955

Sestini A. :  
"Appunti morfologici sulla regione "Le Cerbaie" in Toscana"  
in: Boll. R. Soc. Geogr. Ital. Roma, pp. 318-325 - 1929

Pasqualini E. :  
"Standard penetration test (S.P.T.)".  
Atti della conferenza di Geotecnica di torino -1983

**Piccardi S.:**  
**"Variazioni storiche del corso dell'Arno"**  
**Riv. Geogr. It., 43 pp. 15-34 - 1956**

Rapetti F., Vittorini S.:  
"I caratteri del clima": in AA.VV: "La Pianura di Pisa ed i rilievi Contermini"  
Mem. Soc. Geol. It., vol 50 - 1994

Repetti E.:  
"Dizionario Geografico Fisico Storico della Toscana"  
Firenze Tofani 1833 - 1846

Ricci Lucchi F.:  
"Sedimentologia"  
Parte III, Ed. CLUEB, Bologna - 1980

**Romagnoli L.:**  
**"Sondaggio a 200 m. di profondità nel Quaternario recente presso Pisa. Studio delle facies attraversate e considerazioni sulla sedimentazione costiera a carattere ciclico".**  
**Boll. Soc. Geol. It., vol. 76, pp. 1-14 - 1957**

**Rossi S., Spandrè R.:**

*"Caratteristiche idrodinamiche della I falda artesianiana in sabbia nei dintorni della città di Pisa".*

*Acque Sotterranee, fasc. 48, pp.27-36 - 1995*

**Siro L.:**

*"Alcuni metodi e limiti della microzonizzazione sismica."*

*Ricerche e studi FORMEZ-RS, N°37- 1984*

Siro L.:

*"Geologia applicata alla valutazione della pericolosità sismica".*

*Atti del seminario di aggiornamento professionale, Firenze - 1985.*

**Taddei E.:**

*"Le bonifiche toscane (precedenti, situazione, prospettive)".*

*Istit. Speriment. Per lo studio e la difesa del suolo. Firenze - 1957*

**Tardi A.**

*"Osservazioni sulle cause delle frane nei terreni sabbioso - argillosi del Pliocene toscano"*

---

*Geologia Tecnica n°1 pp. 33-38 - 1982*

Targioni Tozzetti G.:

*"Relazioni d'alcuni viaggi fatti in diverse parti della Toscana"*

---

*Firenze stamperia Granducale, Tomo II, pagg. 99-100 - 1768*

**Trevisan L., Tongiorgi E.:**

*"Le acque del sottosuolo della regione pisana".*

*La Provincia Pisana, pp. 9-10 - 1953*

**Trevisan L., Brandi G.P., Dallan L., Nardi R., Raggi G., Rau A., Squarci P., Taffi L. e Tongiorgi M.:**

*"Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio 105 - Lucca"*

*Servizio Geologico d'Italia Roma - 1971*

PRESENTAZIONE	Pag.	
1		
1) PREMESSA	Pag.	3
2) INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL TERRITORIO	Pag.	4
3) BREVE PROFILO STORICO SULLE TRASFORMAZIONI DEL TERRITORIO	Pag.	4
4) INQUADRAMENTO GEOLOGICO DEL TERRITORIO	Pag.	7
4.1 - Evoluzione paleogeografica della pianura di Pisa	Pag.	8
4.2 - Evoluzione della pianura di Calcinaia: il modello deposizionale meandriforme	Pag.	11
5) INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA COMUNALE: la Carta Geolitologica e la sezione Geologica interpretativa. Tav. 1	Pag.	13
5.1 - Introduzione	Pag.	13
5.2 - L'area di pianura	Pag.	13
5.3 - L'area di collina	Pag.	15
5.4 - Sezione Geologica interpretativa	Pag.	16
6) CARTA GEOMORFOLOGICA. Tav. 2	Pag.	17
6.1 - Metodologia di indagine	Pag.	18
6.2 - "Forme" o processi morfodinamici dovuti alle acque superficiali	Pag.	19
6.3 - "Forme" o processi morfodinamici dovuti alla gravità	Pag.	21
6.4 - Cause dei fenomeni franosi dell'area collinare	Pag.	22
6.5 - "Forme" o processi dovuti all'attività antropica	Pag.	23
7) CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEL TERRITORIO: il sistema acquifero della pianura, lineamenti idrogeologici	Pag.	25
8) CARTA IDROGEOLOGICA E DELLA PERMEABILITA' SUPERFICIALE. Tav. 3	Pag.	27
8.1 - Le falde acquifere	Pag.	28

8.2 - La ricostruzione	piezometrica	
8.3 - Schema di alimentazione		
Pag. 30		
9) CARTA LITOTECNICA E DEI DATI DI BASE. Tav.4		
Pag. 31		
9.1 - I dati di base		
Pag. 31		
9.2 - Validità dei dati disponibili		
Pag. 32		
9.3 - Metodologia operativa		
Pag. 32		
10) CARTA DELLA VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA. Tav.5		Pag. 36
11) CARTA DELLE AREE ESONDABILI E DEI CONTESTI IDRAULICI. Tav. 6		Pag. 41
12) CARTA DEGLI ASPETTI PARTICOLARI PER LE ZONE SISMICHE. Tav. 7		Pag. 44
12.1 - Instabilità dinamica per cedimenti e cedimenti differenziali	Pag. 45	
12.2 - Instabilità dinamica per fenomeni franosi	Pag. 46	
13) CARTA DELLA PERICOLOSITA' PER FATTORI GEOMORFOLOGICI E GEOLITOLOGICI. Tav.8		Pag. 47
13.1 - Criteri di zonizzazione		
Pag. 47		
13.2 - Validità della carta nel tempo		
Pag. 49		
14) LA PERICOLOSITA' IDRAULICA		Pag. 49
15) CARTA DELLA PERICOLOSITA' PER FATTORI IDRAULICI. Tav.9		Pag. 55
15.1 - Criteri di zonizzazione	Pag. 56	

#### BIBLIOGRAFIA

Allegati delle Indagini Geognostiche

Cartografia Tematica:

- Carta Geolitologica scala 1: 10.000.	
Tav. 1	
- Carta Geomorfologica scala 1: 5.000	Tavv.
2a e 2b	
- Carta Idrogeologica e della Permeabilità superficiale.	
Tav. 3	
- Carta Litotecnica e dei Dati di Base scala 1: 5.000	
Tavv. 4a e 4b	
- Carta della Vulnerabilità degli Acquiferi scala 1: 5.000	
Tavv. 5a e 5b	

- Carta delle Aree Esondabili e dei Contesti Idraulici  
 scala 1: 5.000. Tavv. 6a e 6b
- Carta degli Aspetti Particolari per le Zone Sismiche scala 1:  
 5.000 Tavv. 7a e 7b
- Carta della Pericolosità per Fattori Geomorfologici  
 e Geolitologici scala 1: 5.000.  
 Tavv. 8a e 8b
- Carta della Pericolosità per Fattori Idraulici scala 1: 5.000.  
 Tavv. 9a e 9b

