



**Comune di Montemurlo**

**Sindaco**

Marco Lorenzini

**Assessore all'Urbanistica**

Giorgio Ferruccio

**Responsabile del procedimento**

Giacomo Dardi

**Garante dell'informazione e partecipazione**

Sara Tintori

**Gruppo di progetto**

Daniela Compolmi

Maria Grazia La Porta

Sara Pescioni

Luca Agostini

**Consulenti**

Aspetti ambientali - VAS

Andrea Giraldi

Sistema Informativo

Idp progetti gis

Aspetti socio - economici

Annalisa Tonarelli

Mauro Lombardi

Aspetti geologici

Gaddo Mannari

Ferruccio Capecci

Alessandra Mucci

Aspetti idraulici

Davide Settesoldi

**Contributi di settore**

**Settore edilizia privata - SUAP**

Sandra Vannucci, Claudia Baroncelli,  
Mariella Martini, Cristiano Nastasi

## Piano Strutturale

### Relazione Geologica

(modificata a seguito delle osservazioni del Genio Civile)

Doc.

G



## INDICE

1 – Scopo dell’incarico e gruppo di lavoro	pag. 3
2 – Riferimento alla normativa	pag. 4
3 – Organizzazione generale dello studio	pag. 4
4 – Rilievi geologici, geomorfologici, idrogeologici	pag. 5
4.1 – Carta geologica	pag. 5
4.2 – Carta geomorfologica	pag. 10
4.3 – Carta dei dati di base	pag. 14
4.4 – Carte Geologico-tecniche	pag. 15
4.4.1 – Aree di pianura	pag. 15
4.4.2 – Aree di collina	pag. 17
4.4.3 – La subsidenza	pag. 18
4.5 – Carta Idrogeologica	pag. 21
4.5.1 – La Permeabilità	pag. 21
4.5.2 – Acquiferi e morfologia della superficie freatica di pianura	pag. 23
5 – Zonazioni di pericolosità	pag. 26
5.1 – Carta della pericolosità geomorfologica	pag. 26
5.2 – Carta della pericolosità sismica	pag. 27
5.3 – Carta delle problematiche idrogeologiche	pag. 30
6 – Prescrizioni e direttive	pag. 33
6.1 – Prescrizioni in funzione della pericolosità	pag. 33
6.2 – Direttive per la formazione del Piano Operativo	pag. 33
6.2.1 – Aspetti geologici e geomorfologici	pag. 33
6.2.2 – Aspetti idraulici	pag. 34
6.2.3 – Aspetti sismici	pag. 34
6.2.4 – Aspetti idrogeologici	pag. 35
6.3 – Invariante 1 del PIT	pag. 35
6.4 – Attività estrattive	pag. 38
 Appendice	
Tabella delle indagini di sottosuolo	pag. 39
Nota Tecnica sulla subsidenza a firma del Prof. Nicola Casagli	pag. 52



## **COMUNE DI MONTEMURLO**

### **RELAZIONE GEOLOGICA**

=====

#### **1 - SCOPO DELL'INCARICO E GRUPPO DI LAVORO**

Con Determina n. 51 del 09.12.2015 del Responsabile dell'Area Programmazione e Assetto del Territorio del Comune di Montemurlo è stato affidato allo Studio Mannori & Associati Geologia Tecnica, ed allo Studio associato GTI Geologia Tecnica "l'incarico per la redazione dello studio geologico di supporto alla redazione della nuova strumentazione urbanistica". La presente relazione riporta i dati geologici necessari per l'adozione della variante generale al Piano Strutturale.

Pur nella unitarietà dell'intero lavoro, il dott. Mannori ha curato gli aggiornamenti dei rilievi geologici e geomorfologici, compresa la redazione delle relative cartografie. Il dott. Capecchi, Studio GTI Geologia Tecnica, ha curato la raccolta e l'interpretazione dei nuovi dati di sottosuolo disponibili ed ha curato l'aggiornamento della Carta idrogeologica. Le carte di pericolosità geomorfologica e sismica, che costituiscono la sintesi dell'intero lavoro, sono, com'è ovvio, il risultato della collaborazione di entrambi i professionisti incaricati.

Hanno fornito un contributo indispensabile l'arch. Giacomo Dardi e tutti i tecnici dell'Ufficio Urbanistico comunale con i quali sono state discusse tutte le fasi del lavoro.

L'affidabilità e la grande quantità dei dati disponibili hanno permesso di ricostruire un quadro molto attendibile delle criticità geomorfologiche e sismiche del territorio comunale. Le indagini idrauliche e la relativa Carta della pericolosità che completano l'analisi delle criticità ambientali del territorio, non fanno parte di questo studio; sono state eseguite dall'ing. Settesoldi cui sono state affidate con incarico separato.

In seguito all'adozione, i tecnici del Genio Civile hanno richiesto alcune integrazioni ai documenti presentati. In sintesi è stata redatta una nuova cartografia (Carta Idrogeologica di Tav. G7.1), contenente dati già riportati in altri elaborati e sono stati aggiornati alcuni elementi della carta di pericolosità sismica (Tav. G6) e di quella geologico-tecnica delle aree di pianura (Tav. G4.1). E' stata inoltre approfondita la tematica della subsidenza rilevata con i sistemi interferometrici satellitari in alcune porzioni di pianura.

## **2 - RIFERIMENTO ALLA NORMATIVA**

Il presente studio fa riferimento al DPGR 25/10/11 n. 53/R che detta le regole per la formazione e l'adeguamento degli strumenti urbanistici ai fini della prevenzione dal rischio geologico, idraulico e sismico. Per quanto riguarda la normativa sovracomunale si è tenuto in debita considerazione il PTC della Provincia di Prato ed Piano per la Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) approvato in data 3/3/2016.

Si è tenuto conto inoltre del Piano di Indirizzo Territoriale delle Regione Toscana con particolare riferimento alla definizione delle unità morfogenetiche del territorio di Montemurlo e dei relativi vincoli.

## **3 – ORGANIZZAZIONE GENERALE DELLO STUDIO**

Il lavoro è consistito nell'aggiornamento degli elaborati geologici già presenti negli strumenti urbanistici vigenti. Sono stati acquisiti ed elaborati i nuovi dati di sottosuolo messi a disposizione dall'Ufficio Tecnico del Comune che hanno comportato modeste variazioni nelle carte litotecniche delle aree di pianura e sono state introdotte leggere modifiche alla Carta Geomorfologica per tener conto di alcuni modesti dissesti nel frattempo intervenuti e di una più puntuale interpretazione dei fenomeni erosivi superficiali.

I risultati dello studio sono articolati nei seguenti documenti:

Doc. G	Relazione Geologica
Tav. G1	Carta geologica
Tav. G2	Carta geomorfologica
Tav. G3	Carta dei dati di base
Tav. G4.1	Carte geologico-tecniche delle aree di pianura
Tav. G4.2	Carta geologico tecnica delle aree collinari
Tav. G5	Carta della pericolosità geologica
Tav. G6	Carta della pericolosità sismica locale
Tav. G7	Carta delle problematiche idrogeologiche
Tav. G7.1	Carta Idrogeologica

Le metodologie utilizzate per il rilievo, l'elaborazione e la restituzione cartografica di ogni tematismo sono illustrate nei capitoli in cui vengono descritte le singole tavole.

I rilievi sul terreno sono stati eseguiti in scala 1:10.000 e restituiti utilizzando la cartografia più aggiornata della Regione Toscana.

#### **4 - RILIEVI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI, IDROGEOLOGICI**

Le carte tematiche in forma digitale sono autosufficienti, nel senso che contengono legende che compaiono a comando. Tuttavia si è ritenuto opportuno redigere queste brevi note illustrative che hanno i seguenti scopi principali:

- elencare le fonti da cui derivano i dati presentati
- indicare le procedure adottate per i rilievi e l'elaborazione dei dati
- segnalare la completezza ed il grado di attendibilità dei dati
- facilitare l'utente nell'estrazione dei diversi tematismi

##### **4.1 – Carta geologica (Tav. G1)**

Per il substrato è stato riportato il rilievo della Carta Geologica Regionale 1:10.000 (Progetto CARG); per le coperture detritiche e le zone in dissesto è stato utilizzato il rilievo di dettaglio delle Carte geologiche allegate al Piano Strutturale ed al Regolamento Urbanistico vigenti.

Per quanto riguarda l'aspetto strutturale, si tratta della classica sovrapposizione tra unità Liguri e la Falda Toscana; i contatti tra le unità sono naturalmente di natura tettonica. In generale il territorio comunale è interessato, nella parte alta, dagli affioramenti della formazione delle arenarie tipo Macigno per le quali vengono usate le nuove terminologie (Formazione dell'Acquerino nelle varie facies) introdotte dai rilievi del progetto CARG e nella parte bassa dalle formazioni argillose calcaree delle Unità Liguri, fino ai depositi alluvionali della pianura. Nella porzione sud orientale del territorio collinare affiorano per brevi estensioni formazioni più antiche della serie ofiolitica costituente la base delle Unità Liguri.

Per quanto riguarda gli aspetti litologici si fornisce una breve descrizione delle singole unità litologiche distinte nella carta.

Preme far notare la coerenza della Carta Geologica con la perimetrazione dei sistemi morfogenetici di cui alla Invariante 1 del PIT. In entrambi i casi si tratta infatti di tematismi mutuati più o meno direttamente dagli stessi rilievi geologici del CARG della Regione Toscana.

##### ***Coperture detritiche e depositi alluvionali (Olocene)***

##### **Terreni di riporto**

Sono stati cartografati solo quando caratterizzati da spessori consistenti e quando possono determinare dissesti o comunque alterazioni morfologiche significative. In

pratica sono stati segnalati due soli affioramenti: quello lungo la strada per Javello sul fianco sinistro della valle dell'Agna che rappresenta un accumulo consistente di materiali di spurgo di una vecchia cava di calcari da tempo non più attiva e quello della discarica di Volpaie sul versante sinistro del T. Bagnolo, anche questa da tempo non più attiva e provvista di opere di bonifica.

Dal punto di vista litologico si tratta in entrambi i casi di materiali eterogenei, di granulometria molto variabile, con vario grado di compattazione.

### **Depositi di frane attive, quiescenti e inattive**

Dal punto di vista litologico, si tratta in tutti e tre i casi di accumuli gravitativi di materiale di pezzatura molto variabile con evidenze di movimenti in atto o recenti nel caso di frane attive, remoti nel caso di frane quiescenti o non più evidenti nel caso di quelle inattive. La composizione litologica dei corpi di frana dipende dalle formazioni su cui questi fenomeni si sviluppano; per la maggior parte i materiali degli accumuli sono costituiti da depositi limoso-argillosi delle coperture della formazione di Sillano.

Le diverse tipologie di frana e i diversi meccanismi che le hanno generate sono discussi nella descrizione della Carta Geomorfologica.

Età: Olocene

### **Depositi alluvionali attuali o recenti di pianura**

Si tratta di depositi di origine fluviale ed in piccola parte palustre comprendenti tutti i termini fra le argille e i ciottoli. Nelle aree distanti dallo sbocco in pianura dei corsi d'acqua principali (Agna e Bagnolo) prevalgono generalmente i depositi a granulometria fine costituiti prevalentemente da argille e limi, con livelli e lenti di sabbie, ghiaia e ciottoli irregolarmente distribuiti a partire dalla profondità di m 8-15 dal p.c.; nei pressi dei torrenti Agna e Bagnolo i sedimenti alluvionali sono in prevalenza costituiti da ghiaia, ciottoli e sabbie che formano i conoidi dei due corsi d'acqua. La delimitazione dei due conoidi a granulometria grossolana è rappresentata nella Carta Geomorfologica (Tav. G2).

Età: Olocene

### **Depositi fluviali attuali e recenti di fondovalle**

Sono stati cartografati nella parte medio superiore delle valli dei torrenti Agna e Bagnolo. Sono costituiti in prevalenza da ciottolami di varia pezzatura con abbondante matrice sabbiosa.

### **Depositi fluviali antichi terrazzati**

Sono anche questi depositi fluviali, depositati in epoche più antiche dei precedenti. Costituiscono i terrazzi di sedimentazione fluviale a quote più elevate dei sedimenti recenti, nella fascia di raccordo tra il fondo valle ed i versanti. Sono costituiti da ghiaie e ciottoli in abbondante matrice sabbiosa, con grado di compattazione in genere medio-alto.

Età: Olocene

### **Depositi eluvio-colluviali**

Su tutte le formazioni rocciose che costituiscono il substrato è presente una copertura originata dall'alterazione in situ dello stesso substrato e/o da modesti fenomeni di trasporto ad opera di acque di ruscellamento. Questa copertura è stata cartografata quando il suo spessore è stato stimato superiore a 2 metri. Nelle zone in cui il substrato è costituito dalla Formazione dell'Acquerino, i depositi detritici sono costituiti da sabbie limose con numerosi frammenti arenacei di dimensioni estremamente variabili; in quelle con substrato argillitico sono composti in prevalenza da argille più o meno limose; in presenza di Alberese infine prevalgono i clasti calcarei e marnosi in scarsa matrice limosa.

Età: Olocene

### **Depositi alluvio-colluviali**

Sono presenti nelle zone di raccordo fra il piede dei versanti e le aree di pianura o di fondovalle; in questi ambienti deposizionali i sedimenti presentano elevata eterogeneità litologica essendo costituiti in parte da depositi di versante (clasti a spigoli vivi scarsamente classati) ed in parte da sedimenti alluvionali.

### ***Successione “Ligure”***

#### **Formazione di Monte Morello**

Affiora nella zona centrale del territorio collinare del Comune in strati di spessore variabile da pochi centimetri ad un metro circa. Si tratta di un'alternanza di marne, calcari marnosi, calcisiltiti e calcareniti di colore biancastro (i cosiddetti “calcari alberese”). I naturali fenomeni di dissoluzione chimica da parte delle acque piovane e di circolazione che attaccano le litologie calcaree di questa formazione sono responsabili del limitato spessore dei suoli generalmente presenti al di sopra del substrato roccioso.

Età: Eocene medio-superiore

### **Formazione di Sillano**

Argilliti e siltiti di colore grigio scuro con inclusi blocchi di natura calcarea di colore nocciola e rossastro, calcareo marnosa di colore verdastro e arenacea. Nell'ambito di questa formazione sono state distinte tre litofacies con reciproci rapporti di eteropia:

Litofacies Arenacea: si tratta di arenarie grossolane generalmente alterate, con cemento carbonatico, in strati molto spessi e banchi. La base degli strati è frequentemente costituita da livelli di brecciole con clasti di calcari micritici, argilliti e rocce verdi.

Litofacies calcareo siltosa: si tratta di calcisiltiti grigie prevalenti alternate a strati di calcari marnosi tipo Formazione di Monte Morello e, più raramente, a argilliti ed arenarie fini. All'interno di questa litofacies sono stati individuati, in prossimità di Podere Baragazze (nella parte sud orientale del Comune) due olistoliti costituiti da rocce serpentinitiche.

Litofacies pelitico arenacea (tipo Pietraforte): alternanza di straterelli arenacei, di siltiti, di argilliti e, più raramente, di marne e calcareniti. Le arenarie sono generalmente fini e con cemento carbonatico e localmente possono rappresentare la percentuale maggiore nell'ambito dell'affioramento

Età: Cretaceo Superiore - Eocene inferiore

### **Argille a Palombini**

E' costituita da un'alternanza di calcisiltiti e calcilutiti grigio scure con base frequentemente calcarenitica, alternate a argilliti brune a frattura scagliosa. Lo spessore degli strati calcarei può superare anche il metro, ma in media è compreso fra 40 e 60 centimetri.

Età: Cretaceo.

### **Calcari a Calpionelle**

La formazione è costituita da calcilutiti e calcisiltiti di colore biancastro o grigio chiaro in strati di spessore variabile da 15 cm a 3 m, a fratturazione concoide, con liste e noduli di selce generalmente grigia.

Età: Cretaceo.

### **Diaspri di Monte Alpe**

Sono costituiti da alternanze, spesso molto regolari, tra strati centimetrici di selce rossa, meno spesso verde, e interstrati da millimetrici a decimetrici di argilliti silicee.

Età: Giurassico.

### **Serpentiniti e Gabbri**

Rocce vulcaniche, alla base delle formazioni della serie Ligure.

### ***Successione Toscana***

#### **Formazione dell'Acquerino (*Membro pelitico arenaceo*)**

Affiora in aree limitate sul fondo valle dell'Agna, all'altezza di Case Reticiaia e all'estremità nord del territorio comunale. E' costituita da siltiti prevalenti con strati di arenaria e, più raramente, di marne. Lo spessore degli strati arenacei è generalmente compreso fra 10 e 25 centimetri; la granulometria varia da fine a grossolana al variare dello spessore degli strati.

Età: Miocene inferiore.

#### **Formazione dell'Acquerino (*Membro arenaceo*)**

Occupava l'area di alta collina ed è costituita da arenarie grossolane in strati molto spessi e in banchi con intercalazioni sottili di siltiti ed argilliti; talora alla base dei banchi sono presenti brecciole costituite da calcari micritici, siltiti ed argilliti.

Età: Oligocene superiore – Miocene inferiore.

### **Marne Varicolori**

E' un piccolo affioramento nell'alta valle dell'Agna: si tratta di marne e marne argillose di colore dal grigio chiaro, al rosso e al verdastro con stratificazione sottile non sempre evidente. Presenta talora sottili intercalazioni di areniti fini dello spessore di pochi centimetri.

Età: Oligocene superiore – Miocene inferiore.

In carta sono state riportate le linee di ugual spessore dei depositi di copertura fluvio lacustre (isopache) espresse in metri dal piano campagna; sono state elaborate utilizzando i dati di perforazioni profonde, eseguite in passato per scopi diversi.

Come si vede il substrato si approfondisce verso il centro del bacino con una pendenza piuttosto regolare di poco inferiore al 10%.

La sezione geologica riportata in carta illustra la situazione strutturale e i rapporti stratigrafici fra le varie formazioni. Si osserva:

- La profondità del substrato al di sotto della pianura alluvionale è stata ricavata dalle isopache.

- L'elemento strutturale di maggior importanza è costituito dalla faglia che separa le formazioni arenacee terziarie dalla successione ligure; si tratta di un elemento di carattere regionale che dà origine a morfologie e ambienti molto diversi tra loro, evidenziati anche dai diversi valori di acclività e dal diverso uso del suolo.

#### **4.2 – Carta geomorfologica (Tav. G2)**

Gli elementi geomorfologici sono stati ricavati da fotointerpretazione utilizzando una copertura aerea presente sull'intero l'intero territorio comunale in scala 1:13.000 (~2100 metri di quota). Successivamente si è proceduto ad una verifica in campagna di tutte le forme individuate con la fotointerpretazione con particolare attenzione ai fenomeni che potevano maggiormente incidere sulla stabilità del territorio come, ad esempio, i corpi di frana, l'erosione diffusa o i movimenti di massa superficiali.

Naturalmente i caratteri morfologici su cui è stata posta maggiormente l'attenzione sono quelli riferibili ai diversi tipi di frane (attive, quiescenti e inattive), Per queste sono state consultate tutte le banche dati disponibili: IFFI, carte della franosità regionale, PTC, Piano per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del F. Arno. In tutti i casi si tratta di inventari non derivati da rilievi diretti ma da precedenti elenchi ormai superati per modalità di rilievo e terminologia utilizzata. Con particolare riferimento ai dati dell'AdB, risulta che non sono presenti frane cartografate in scala 1:10.000; le uniche forme presenti si riferiscono anche in questo caso a inventari in scala 1:25.000; per questo sono stati presi contatti con i tecnici dell'AdB ed è stato concordato di procedere ad un aggiornamento congiunto della carta del Pai sulla base della Carta Geomorfologica del presente studio.

Di seguito vengono descritti in dettaglio i principali caratteri geomorfologici cartografati nella Tavola G2.

**Frane attive:** come detto al paragrafo precedente, si tratta di un numero limitato di aree di piccola estensione in cui sono rilevabili indizi di movimenti gravitativi attivi. I movimenti sono prevalentemente traslazionali e più raramente roto-traslazionali complessi con superfici di scivolamento piuttosto superficiali attestata in corrispondenza del limite coltre detritica/substrato roccioso. In particolare si segnala un fenomeno verificatosi di recente sulla strada per Javello in sinistra Agna; si tratta di un movimento di una certa estensione che ha interessato i materiali di riporto accumulati durante

l'attività della cava dismessa di rocce calcaree.



*Area in frana a valle della cava dismessa*

**Frane quiescenti:** si tratta di forme derivate da movimenti gravitativi di cui non si rilevano al momento segni di evoluzione recente, ma di cui non si può escludere la riattivazione del movimento facilitata dalla composizione quasi sempre argillosa dei materiali e della natura del substrato. Il meccanismo del movimento è simile a quello delle frane attive.

**Frane inattive:** si tratta di due soli movimenti considerati ad oggi stabilizzati, in cui non solo non si riconoscono segni di evoluzione, ma di cui si ricostruisce con difficoltà la forma originaria.

### **Conoidi**

Sono state rilevate le aree di conoide dei torrenti Agna e Bagnolo; la delimitazione delle due aree è stata realizzata con un rilievo morfologico di dettaglio che ha permesso di individuare le aree di sedimentazione ad alta energia dei due corsi d'acqua, seppure con qualche margine di approssimazione dovuta alla pesante trasformazione del territorio urbanizzato.

### **Frane non cartografabili**

Si tratta in tutti i casi di dissesti localizzati quasi sempre in cigli di terrazzamento antropico o nei rilevati stradali, in quest'ultimo caso ormai sistemati o in via di sistemazione.

### **Aree soggette ad erosione diffusa**

Sono aree in cui, a causa dell'elevata pendenza e/o della scarsità di suolo per motivi litologici o colturali, i processi erosivi dovuti alle acque di ruscellamento producono effetti rilevabili, fino alla denudazione del suolo. Nella maggior parte dei casi si tratta di aree con limitata estensione concentrate in prossimità di corsi d'acqua fortemente incisi. La scarsa estensione areale di questi fenomeni consente un riporto in carta solo come simboli puntuali.

### **Bordi di scarpata morfologica inattiva**

Si riferiscono nella maggior parte dei casi a elementi visibili solo mediante la fotointerpretazione e di nessuna influenza sulla stabilità generale dei versanti; al controllo di campagna quelli segnati nelle varie carte prima citate sono risultati sempre degli elementi difficilmente individuabili che separano tratti di versante con modesti cambiamenti di pendenza. In ogni caso in loro corrispondenza non si rileva alcun indizio di attività erosiva.

La scarsa diffusione degli elementi geomorfologici che maggiormente incidono sulla stabilità dei versanti (frane, erosione diffusa, movimenti di massa etc.) denota una bassa propensione al dissesto del territorio nel suo complesso. Le aree soggette a processi morfologicamente degenerativi sono, come è naturale che sia, più frequenti nelle zone di affioramento delle formazioni argillitiche, ma anche in corrispondenza di queste formazioni risultano poco numerose e arealmente poco estese.

### **Forme di origine antropica**

Fra le forme di origine antropica, di particolare rilievo per l'impatto che hanno sul territorio, sono le casse di espansione di recente realizzazione, l'area della discarica delle Volpaie e la cava di serpentiniti del Monteferrato.

Sono state cartografate le aree collinari e montane con terrazzamenti artificiali; il terrazzamento, oltre a rappresentare un segno storico dell'utilizzazione del suolo,

costituisce, se ben conservato, un elemento di regimazione delle acque superficiali favorevole alla stabilità generale dei versanti. Il terrazzamento artificiale è molto diffuso nelle aree collinari di affioramento delle formazioni “Liguri”; sono praticamente inesistenti nelle aree montane di affioramento delle arenarie che evidentemente, per l’acclività e l’altitudine elevate, sono sempre state coperte da boschi spontanei.

Oltre agli elementi sopra descritti sono stati cartografate, fra le forme di origine antropica, i rilevati di maggior altezza dei sistemi viario e ferroviario, i laghi artificiali con le relative dighe e le arginature dei corsi d’acqua.

### **Il reticolo idrografico**

E’ stato riportato in questa carta il reticolo idrografico secondo la LR 79/2012 aggiornato dalla Delibera di Consiglio Regionale n. 101 del 21/12/2016; sono stati riportati anche gli spartiacque fra i bacini idrografici principali di questi corsi d’acqua.

Analizzando le carte Geologica e Geomorfologica alla scala dell’intero Comune, si differenziano in modo evidente alcune zone caratterizzate da una marcata omogeneità litologica e quindi morfologica che ha dato luogo, fin da epoche remote, a differenti utilizzazioni dell’ambiente.

**Ambiente di pianura dei depositi alluvionali.** Occupa la parte meridionale del territorio del comune ed è solcato dai principali corsi d’acqua (Agnà e Bagnolo); una complessa rete di fossi secondari invasa e smaltisce le acque basse. Si tratta di un ambiente fortemente antropizzato fin da epoche storiche, attualmente sede di attività produttive prevalentemente industriali e delle principali infrastrutture viarie.

**Ambiente di bassa collina della Successione “Ligure”.** Occupa i primi rilievi collinari e si spinge fino a circa 450 metri di quota. Questa parte di territorio è caratterizzata da morfologie dolci dovute alla facile erodibilità delle litologie argillitiche del substrato. Le caratteristiche morfologiche hanno permesso la coltivazione a vite ed olivo su terrazzamenti artificiali documentati fin da epoche remote. Attualmente questa zona rappresenta un’area con un elevato valore paesaggistico con un’agricoltura non “industrializzata” ancora in gran parte gestita a livello familiare, spesso *part-time*. In modo particolare questo tipo di utilizzo del territorio è evidente nelle colline al di sotto di una linea che congiunge Cicignano con la Villa del Barone.

**Ambiente di alta collina delle arenarie dell'Acquerino.** Costituisce la parte alta del territorio comunale, oltre i 450 metri circa e comprende il crinale spartiacque fra Ombrone e Bisenzio. L'elevata resistenza all'alterazione delle arenarie di questa formazione fanno sì che la pendenza sia quasi ovunque superiore al 35%, tanto che l'utilizzo di questi terreni per pratiche agricole è sempre stato sporadico e limitato alla selvicoltura.

#### 4.3 – Carta dei dati di base (Tav. G3)

L'archivio informatico delle indagini geognostiche allegato al Regolamento Urbanistico del 2013 è stato aggiornato con i dati riportati nella Relazione della Microzonazione sismica del 2015 e con nuovi dati allegati alle pratiche edilizie recenti fornite dagli Uffici Comunali.

Nell'archivio informatico ciascuna indagine è stata caratterizzata sulla base dei seguenti campi:

Numero progressivo	
Numero e anno di pratica	
Tipo prova	
Profondità raggiunta	
Litologia prevalente fra 0 e 4 metri (LITO 0-4)	(argilla, limo, sabbia, ghiaia, substrato)
Litologia prevalente fra 4 e 8 metri (LITO 4-8)	(argilla, limo, sabbia, ghiaia, substrato)
Litologia prevalente fra 8 e 12 metri (LITO 8-12)	(argilla, limo, sabbia, ghiaia, substrato)
Caratteristiche litotecniche medie fra 0 e 4 metri (GEOT 0-4)	(scadenti, medie, buone)
Caratteristiche litotecniche medie fra 4 e 8 metri (GEOT 4-8)	(scadenti, medie, buone)
Caratteristiche litotecniche medie fra 8 e 12 metri (GEOT 8-12)	(scadenti, medie, buone)
Profondità del substrato (PROF_SUBS)	(metri dal P.C.)

Il campo “Caratteristiche litotecniche medie” è stato riempito tenendo conto delle resistenze penetrometriche statiche medie entro quel dato livello secondo il seguente criterio:

Resistenze penetrometriche medie comprese fra 0 e 8 kg/cmq	caratteristiche scadenti
Resistenze penetrometriche medie comprese fra 8 e 20 kg/cmq	caratteristiche medie
Resistenze penetrometriche medie maggiori di 20 kg/cmq	caratteristiche buone

Complessivamente sono stati utilizzati n 454 dati così suddivisi:

n. 85 prove penetrometriche dinamiche

- n. 179 prove penetrometriche statiche
- n. 11 indagini geofisiche P/SH
- n. 78 indagini sismiche HVSR
- n. 15 indagini sismiche Masw
- n. 14 indagini sismiche Esac e Remi
- n. 10 indagini sismiche DH
- n. 13 saggi con escavatore
- n. 24 sondaggi
- n. 25 relazioni geologiche senza prove *in situ*.

Di particolare utilità sono risultate le prove penetrometriche statiche che forniscono con buona attendibilità una caratterizzazione litologica e litotecnica dei sedimenti alluvionali di pianura.

L'archivio informatico è stato indispensabile per la realizzazione delle carte litotecniche del territorio di pianura del Comune; copia cartacea di tale archivio è allegata in Appendice.

#### **4.4 – Carte geologico tecniche**

##### **4.4.1 - Aree di pianura (Tav. G 4.1)**

Sono state elaborate due **Carte della Litologia prevalente**, ottenute correlando i dati litologici ricavati dai numerosi punti di controllo stratigrafico distribuiti nella zona di pianura. Di particolare utilità sono state le 179 prove penetrometriche statiche; i grafici penetrometrici forniscono infatti un dettaglio molto raffinato per la distinzione delle granulometrie dei sedimenti compresi nel campo da argille a sabbie.

L'elaborazione è consistita nella individuazione della litologia prevalente in due livelli (m 0-4, m 4-8,) realizzando così una specie di “tomografia” litologica con un grado di attendibilità molto elevato considerato l'alto numero di dati a disposizione.

I terreni detritici, di origine eluvio colluviale, presenti in queste carte sono stati classificati come “frammenti litoidi in matrice argilloso sabbiosa”.

I criteri con cui sono state elaborate le carte sono gli stessi già utilizzati nel 2008 per la Relazione Geologica allegata al Regolamento Urbanistico attualmente vigente. I limiti dei vari tipi litologici sono stati aggiornati a seguito all'inserimento di 42 nuovi punti di controllo (26 CPT +16 sondaggi), ma le variazioni che ne derivano sono veramente modeste e non significative.

I vari termini litologici portano in legenda anche la sigla utilizzata negli studi di Microzonazione Sismica secondo il seguente schema.

<b>Definizione litologica</b>	<b>Sigla Carta Geologico Tecnica</b>
Prevalenza di argille e limi	ML Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose e argillose limi argillosi di bassa plasticità
Prevalenza di sabbie e ghiaia	GM miscela di ghiaia, sabbia e limo
Frammenti litoidi in matrice argilloso sabbiosa	GM miscela di ghiaia, sabbia e limo

Si riporta di seguito una breve descrizione delle due tavole

#### **Livello 0-4 metri**

E' stata distinta la fascia di alta pianura con i sedimenti alluvio-colluviali provenienti in quota parte anche dal disfacimento delle formazioni rocciose della collina; si tratta di sedimenti a prevalenza argillosa con frammenti litoidi quasi esclusivamente di siltiti.

Risulta ben delimitato il conoide del T. Agna, costituito da ghiaia e rari ciottoli con abbondante matrice sabbioso-limosa. Non è stato possibile invece documentare le caratteristiche litologiche del conoide del T. Bagnolo che pure è visibile dal punto di vista morfologico; in quella zona i dati disponibili non sono stati ritenuti sufficienti e si è preferito lasciare indefinita la caratterizzazione litologica del sottosuolo piuttosto che fornire una interpretazione non attendibile.

Nel resto della pianura esiste una marcata uniformità litologica con presenza di sedimenti coesivi comprendenti quasi esclusivamente argille e limi.

#### **Livello 4-8 metri**

Rispetto all'intervallo precedente non si rilevano variazioni significative. Si rileva la mancanza della fascia di sedimenti alluvio-colluviali ai piedi delle colline; evidentemente lo spessore di questi sedimenti non supera i 4-5 metri di spessore. Si rileva anche un modesto aumento dell'estensione dei sedimenti grossolani del conoide dell'Agna. Modeste estensioni di ghiaie e sabbie testimoniano la presenza del conoide del Torrente Bagnolo nella sua parte terminale. In conclusione fino alla profondità di m 8 esiste una marcata uniformità litologica sia in senso orizzontale che verticale.

I sedimenti alluvionali della pianura fino alla profondità di m 8 dal p.c. hanno in genere caratteri geotecnici medio-buoni. Secondo i criteri utilizzati per la classificazione litotecnica delle aree di pianura questo significa che si hanno resistenze penetrometriche statiche sempre superiori a 10 kg/cmq; di conseguenza si tratta di terreni con coesione non drenata che nelle condizioni peggiori hanno valori pari a  $C_u > 0.5$  kg/cmq.

Le prove penetrometriche statiche che indicano sedimenti scadenti con resistenze inferiori a 10 kg/cmq, sono in numero limitato, dell'ordine del 5% e risultano distribuite in modo casuale a testimonianza che si tratta di situazioni locali non significative.

Ferma restando la necessità di caratterizzare con dettaglio adeguato il terreno nella fase dei progetti esecutivi delle opere edilizie, fin d'ora risulta che le caratteristiche geotecniche dei terreni alluvionali non pongono limiti all'utilizzazione del territorio.

Rispetto alle carte precedentemente eseguite, per il vigente Regolamento Urbanistico e per gli studi di Microzonazione Sismica di Primo Livello, sono state apportate alcune modifiche a seguito dell'inserimento di nuovi dati. E' stato possibile infatti definire un piccolo conoide in corrispondenza del T. Bagnolo ed è stato dettagliato il conoide dell'Agna a sud della provinciale, in zona Cafaggio.

#### 4.4.2 - Aree di collina (Tav. G 4.2)

Si tratta di un elaborato derivato dalla carta geologica ottenuto raggruppando le varie formazioni tenendo conto della composizione litologica e delle loro caratteristiche tecniche; i criteri utilizzati per il raggruppamento delle varie formazioni e la terminologia sono quelli indicati dalla Regione Toscana nel volume "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica".

Rispetto alla Carta Geologico Tecnica allegata agli studi di MS sono presenti alcune differenze riferibili alla diversa classificazione delle litofacies della Formazione di Sillano. Negli studi di MS sono state inserite nella tipologia ALS, che si porta dietro una connotazione da "non bedrock" in termini sismici. In un'ottica litotecnica tradizionale (erodibilità, stato di fratturazione etc.) abbiamo ritenuto che fossero maggiori le affinità con formazioni francamente litoidi, quali le arenarie dell'Acquerino o i calcari di Monte Morello e pertanto sono state classificate nella tipologia LPS.

Nella tabella che segue viene riportata la corrispondenza utilizzata.

<b>Carta Geologica</b>	<b>Carta Geologico Tecnica</b>
Depositi antropici	RI - Terreni contenenti resti di attività antropica
Frana attiva con tipo di movimento indeterminato	Complessa - attiva
Frana quiescente con tipo di movimento indeterminato	Complessa - quiescente
Frana inattiva con tipo di movimento indeterminato	Complessa - inattiva
Depositi detritici eluvio colluviali Depositi alluvio-colluviali	ML - Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità eluvio/colluviali
Depositi fluviali attuali e recenti di fondovalle Depositi fluviali antichi terrazzati	GM – miscela di ghiaia, sabbia e limo
Formazione di M. Morello Formazione Acquerino Calcari a Calpionelle, Diaspri, Facies arenacea,	LPS – Substrato lapideo, stratificato

calcarea siltosa e pelitica arenacea della F.di Sillano	
Marne varicolori, Argille a Palombini. F. di Sillano	ALS - Alternanza di litotipi, stratificato
Gabbri, Serpentiniti	LP - Substrato lapideo
Olistoliti ofiolitici	AL – Alternanza di litotipi, non stratificati

L'attribuzione della codifica della carta geologico tecnica alle coperture non ha creato particolari problemi; sia per quanto riguarda i depositi alluvionali che per le coltri detritiche. Le coperture sono state suddivise in due sole categorie:

**ML Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose e argillose limi argillosi di bassa plasticità** – sono riferibili ad una sedimentazione palustre e lacustre lontano dagli sbocchi in pianura dei principali immissari, per quanto riguarda le aree di pianura. Nelle aree collinari comprende i materiali detritici provenienti dalla disgregazione delle formazioni argillitiche del substrato.

**GM Ghiaia, miscela di ghiaia sabbia e limo** sono riferibili ad una sedimentazione alluvionale di energia medio alta; in questa categoria sono compresi i sedimenti di conoide, quelli fluviali di fondovalle e quelli terrazzati.

Per una valutazione speditiva delle caratteristiche geomeccaniche delle formazioni della collina, qualche indicazione può essere data solo per i materiali di copertura.

Come detto i depositi eluvio colluviali ed alluvio-colluviali sono spesso a forte componente argillosa in quanto in tutto o in parte provenienti dal disfacimento di rocce argillitiche. Si tratta quindi di materiali con comportamento coesivo. Possono essere attribuiti a questi terreni valori della coesione non drenata anche elevati, superiori a 0.8-1.0 kg/cmq; il valore di questo parametro risulta però scarsamente significativo dal momento che il rischio in questo caso deriva dai colamenti superficiali che possono verificarsi in questi tipi di terreno. Il problema quindi va visto in termini di tensioni efficaci non valutabili senza analisi di dettaglio localizzate; sulla base di esperienze in terreni analoghi si possono fornire solo indicazioni di larga massima ipotizzando valori a lungo termine dell'angolo di attrito  $\varphi' = 20-25^\circ$  e coesione drenata  $C' = 0$  kg/cmq.

#### **4.4.3 – La subsidenza**

Il tema della subsidenza nell'ambito dell'intera pianura tra Pistoia e Firenze è oggetto di interessanti studi da parte del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze. In particolare vengono analizzati i dati interferometrici da satellite che forniscono indicazioni sugli spostamenti sull'asse verticale dei punti

“bersaglio” in grado di riflettere con continuità le radiazioni radar emesse da sonde orbitali collocate a circa 800 chilometri di quota rispetto alla superficie terrestre.

Relativamente alla zona di Montemurlo sono disponibili tre serie di dati:

- Ers - periodo 1993-2000
- Envisat – periodo 2003-2010
- Sentinel – periodo 2014-2018

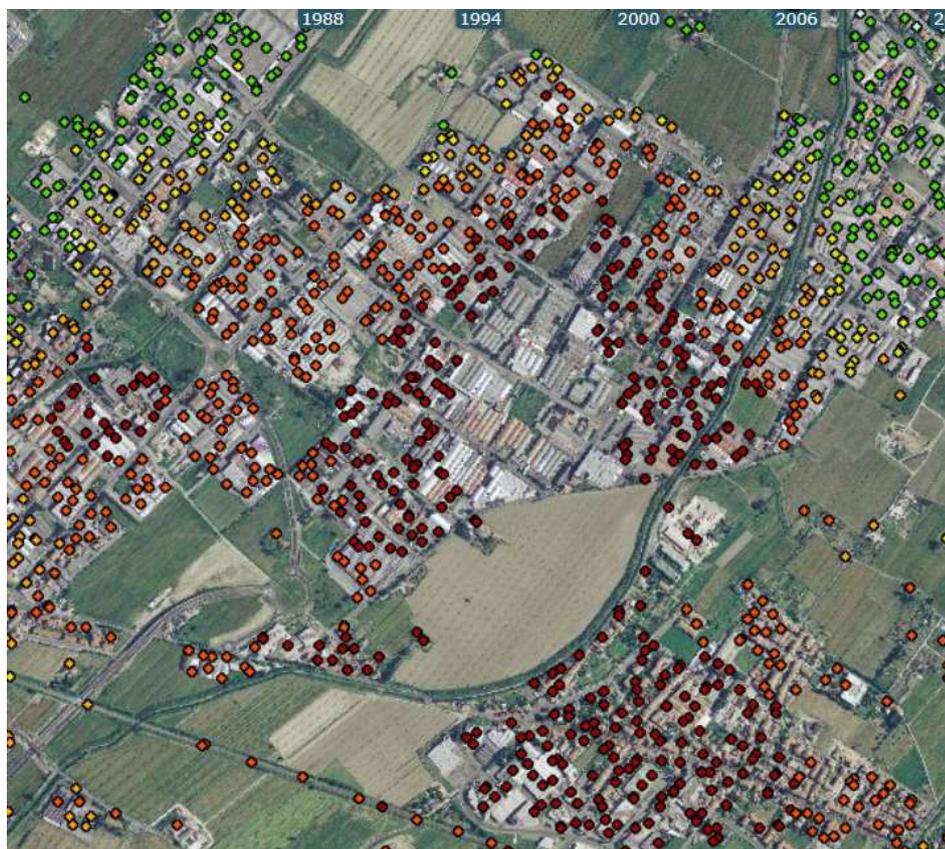
Le prime due serie di dati forniscono indicazioni relative a fenomeni di subsidenza anche localmente marcati, con valori medi dell'ordine di 20 mm/anno e con punte di 100 mm/anno.

La terza serie di dati (Sentinel) indica un arresto del fenomeno con localizzate inversioni di tendenza, e quindi con sollevamenti della superficie di campagna. Questa terza serie di dati è stata commentata in una Nota Tecnica da parte del Prof. Nicola Casagli del Dipartimento di Scienze della Terra che viene allegata in Appendice.

Dall'analisi di tutti i dati interferometrici e dai risultati della Nota Tecnica sulle registrazioni Sentinel, si osserva:

- i dati interferometrici rilevati fino al 2010 indicano, per ampie zone dell'area di pianura del territorio comunale, marcati fenomeni di subsidenza (punti di colore rosso nelle figure seguenti);
- in particolare dall'analisi numerica dei singoli valori, nella zona di Oste vengono registrati tassi di abbassamento localmente molto elevati con punte di 100 mm/anno;
- nel periodo 2014-2018 (le ultime registrazioni sono dell'aprile di questo anno) viene rilevata una battuta di arresto, con addirittura locali fenomeni di inversione di tendenza (punti di colore celeste);
- in questo periodo rimangono solamente limitate aree ancora in subsidenza, ma con tassi più che dimezzati rispetto alle precedenti registrazioni;
- rilievi condotti speditivamente nelle aree maggiormente attive non hanno fatto emergere indizi sul terreno o sugli edifici presenti nell'area.

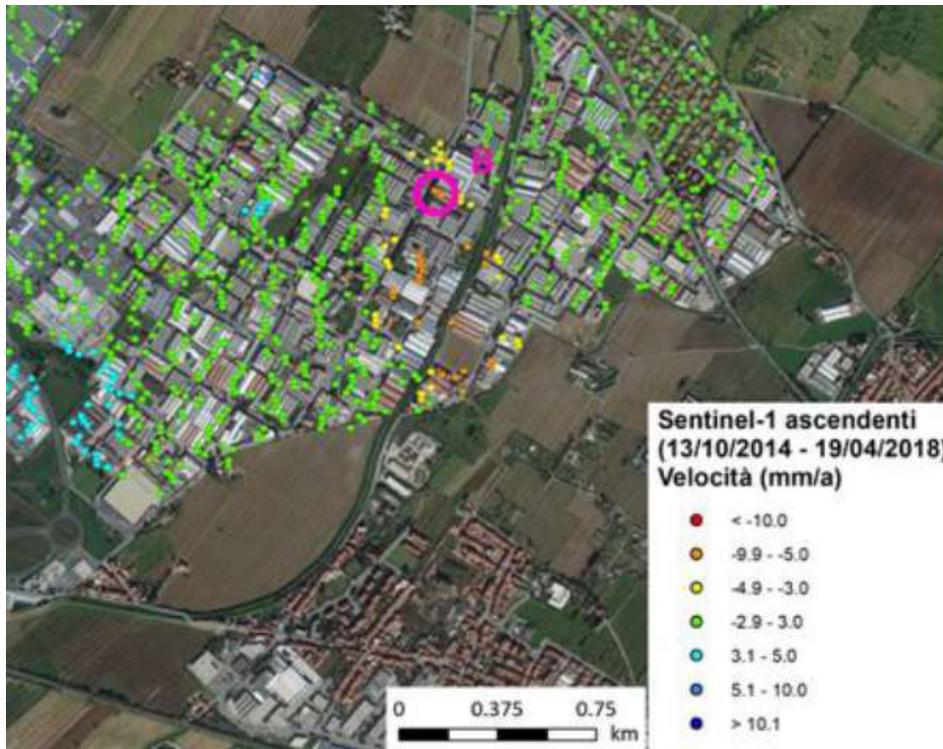
Come indicato nella Nota Tecnica del Prof. Casagli, si ritiene opportuno continuare a monitorare il fenomeno, possibilmente anche con strumentazione installata direttamente in situ.



Dati Ers 1993-2000



Dati Envisat  
2003-2010



Dati Sentinel  
2014-2018

## 4.5 – Carta Idrogeologica

### 4.5.1 – La permeabilità

Si è ritenuto opportuno indicare in maniera sintetica le caratteristiche di permeabilità delle formazioni litologiche distinte nella Carta Geologica (Tav. G1) perché questo parametro più di altri fornisce indicazioni immediate sulle caratteristiche idrogeologiche dei terreni, e risulta, tra l'altro, determinante per la valutazione del grado di protezione di un acquifero. Le caratteristiche di permeabilità sono quindi indispensabili per l'elaborazione della Carta delle problematiche idrogeologiche (Tav. G7).

Il parametro "permeabilità" è di difficile determinazione. Le misure effettuate in laboratorio su campioni di terreno e le prove in sito forniscono dati puntuali che non possono essere estrapolati ad intere formazioni rocciose che affiorano per superfici molto ampie e che hanno caratteristiche litologiche e strutturali rapidamente variabili in spazi brevi.

Non potendo quindi contare su dati provenienti da prove dirette, si è dovuto fare

ricorso ad un criterio più complesso, basato sulla combinazione, nelle singole formazioni, di una serie di elementi macroscopici quali la porosità, la densità di fratturazione, il tipo di carsismo, le caratteristiche strutturali che possono essere valutati direttamente sul terreno e/o ricavati dalla letteratura specifica relativa a zone anche diverse da quella in esame.

Per i sedimenti della pianura valutazioni importanti sulla permeabilità derivano dalla conoscenza delle modalità di formazione e riempimento del paleoinvaso lacustre del bacino Pistoia Firenze. Per quanto riguarda i litotipi affioranti nel territorio studiato è stata utilizzata la Carta Geologica di Tav. G1.

I criteri suddetti e le valutazioni effettuate, pur verificate alla luce di un'approfondita conoscenza del territorio, hanno permesso una indicazione di permeabilità di carattere soltanto qualitativo, con indicazione di massima delle caratteristiche idrogeologiche delle singole formazioni rocciose.

Le formazioni presenti nell'area studiata sono state classificate a seconda della loro permeabilità media, distinguendo permeabilità primaria e permeabilità secondaria. La permeabilità primaria è quella determinata dalla porosità in depositi alluvionali e detritici o comunque in tutti i tipi di sedimenti sciolti; la permeabilità secondaria è invece quella determinata da fratturazione in terreni litoidi.

Nell'area di pianura, come detto, la situazione idrogeologica deriva direttamente dai processi geologici che hanno dato origine alla pianura alluvionale di Pistoia-Firenze, formata per il riempimento della depressione palustre che occupava all'inizio dell'era quaternaria l'intera zona compresa fra l'Appennino e la dorsale del Montalbano. L'antico invaso palustre si è colmato per l'apporto solido dei torrenti provenienti essenzialmente dal versante settentrionale della depressione, dove il rapido sollevamento della catena appenninica ha favorito una attività erosiva ancora oggi molto intensa. Ai margini settentrionali della pianura, in corrispondenza dello sbocco dei torrenti principali, dove si trova il territorio di Montemurlo, si sono così depositati grandi quantità di sedimenti grossolani che hanno formato i conoidi dei torrenti Ombrone, Agna e Bisenzio che costituiscono la caratteristica idrogeologica principale dell'intera pianura. Nella fascia centrale e meridionale della pianura, fossi e torrenti ormai con energia ridotta, e quindi con apporto solido minore, hanno depositato sedimenti a granulometria fine, costituiti in prevalenza da sabbie fini, limi e argille più o meno limose, a permeabilità sempre più bassa via via che si procede verso la bassa pianura in direzione sud e sud-est.

Nel territorio collinare affiorano quasi esclusivamente formazioni rocciose caratterizzate da permeabilità secondaria per fratturazione la cui definizione costituisce un problema ancor più complesso di quello affrontato per le aree di pianura. Per definire con sufficiente attendibilità il grado di permeabilità secondaria di un'area occorre

acquisire una serie di parametri (composizione litologica, densità di fratturazione, presenza di grandi dislocazioni tettoniche e loro andamento in profondità) di non facile valutazione con le sole osservazioni di superficie e spesso variabili in spazi molto brevi.

E' riportata di seguito l'assegnazione alle varie classi di permeabilità delle singole formazioni geologiche distinte nella Carta Geologica di Tav. G1.

	<b>Permeabilità primaria</b>	<b>Permeabilità secondaria</b>
<b>Permeabilità molto scarsa</b>	<i>Classe 1</i> (non presente)	<i>Classe I:</i> Formazione di Sillano, Marne Varicolori, Argille a Palombini
<b>Permeabilità scarsa</b>	<i>Classe 2</i> Depositi alluvionali recenti di bassa pianura	<i>Classe II:</i> Litofacies Pelitico-arenacea e Calcareao siltosa della Formazione di Sillano, Membro pelitico arenaceo della Fm dell'Acquerino, Serpentinetti, Gabbri
<b>Permeabilità da medio bassa a medio alta</b>	<i>Classe 3</i> Depositi di frana, Depositi eluvio colluviali, Depositi alluvio colluviali	<i>Classe III:</i> Fm di Monte Morello, Membro arenaceo della Fm dell'Acquerino, Diaspri, Litofacies arenacea della Fm di Sillano
<b>Permeabilità alta e molto alta</b>	<i>Classe 4</i> Depositi di conoide, Terreni di riporto, Depositi fluviali recenti, Depositi fluviali antichi	<i>Classe IV:</i> Calcari a Calpionelle

#### 4.5.2 – Acquiferi e morfologia della superficie freatica di pianura

La pianura di Montemurlo costituisce una porzione della fascia settentrionale della più ampia pianura del Medio Valdarno. Questa rappresenta l'evoluzione del bacino fluviolacustre formatosi nel Pleistocene inferiore e tuttora attivo tettonicamente. La depressione è stata riempita, man mano che si approfondiva, da sedimenti che raggiungono lo spessore massimo di 600 metri nell'area di Campi Bisenzio. Nel territorio di Montemurlo, il substrato roccioso prelacustre si trova ad una profondità massima superiore a 250 metri al confine sud del Comune (vedi Tav. G1). I pochi pozzi che hanno raggiunto questo substrato indicano la presenza di formazioni appartenenti alle formazioni “Liguri”, con prevalenza di rocce argillitiche.

Nella zona di Montemurlo, data la presenza degli sbocchi in pianura dei torrenti Agna e Bagnolo, gli acquiferi sono costituiti dai corpi di ghiaie e sabbie presenti soprattutto nelle aree di conoide cartografate nella Carta Geomorfologica di Tav. G2. Si tratta di acquiferi piuttosto estesi arealmente anche se con spessori generalmente non elevati; questo fa sì che in queste porzioni di territorio la risorsa idrica del sottosuolo sia generalmente diffusa e sufficiente per i bisogni delle attività industriali ed agricole.

La superficie della falda in situazione di magra (ottobre) e di morbida (maggio) è riportata nella Carta delle Isofreatiche di Tav. G7.1. Le carte sono state riprese dallo

studio Gabbani *et Alii.* (2003)<sup>1</sup> che hanno condotto un'analisi idrogeologica nell'area di pianura dei Comuni di Montale, Montemurlo e Agliana. E' la stessa carta presentata nel Piano Strutturale del 2008 e richiamata nella variante del 2012. E' ragionevole pensare che i prelievi dalla falda siano cambiati rispetto agli inizi degli anni duemila cui si riferiscono le misure freatiche; questo perché sono mutate per tipologia e per numero le attività industriali e soprattutto perché nella parte occidentale del territorio di pianura sono aumentati in maniera significativa i terreni utilizzati dalle attività agricole specializzate. Per questo si è ritenuto opportuno procedere ad un aggiornamento dei dati freatimetrici utilizzando misurazioni eseguite per scopi diversi negli anni 2011-2013 in situazione di morbida ed eseguendo, nel febbraio 2017, a nuove misurazioni in alcuni pozzi campione sempre in periodi di morbida. Nella Carta delle Isofreatiche riportata in Tav. G7.1 sono ubicati i pozzi dove sono state eseguite le nuove misure; nella tabella che segue sono riportati i dati rilevati.

Nell'ambito del territorio di pianura, le aree a maggior permeabilità derivano dalla Carta della Litologia Prevalente di Tav. G4.1 e più in particolare dall'intervallo 0-4 metri. Nell'area del T. Bagnolo, per massima cautela, la classe di alta permeabilità è stata estesa verso sud e verso est ad una zona priva di dati di sottosuolo.

n. pozzo	Data delle misure	Prof. livello freatico dal p.c.	Quota p.c. s.l.m.	Quota livello freatico s.l.m.	Quota sulla carta del 2003 (situazione di morbida)
1	2011-2013*	1,36	57,00	55,64	55 ÷ 57
2	2011-2013*	0,98	57,50	56,52	57,0
3	2011-2013*	0,54	59,40	58,86	57÷60
4	2011-2013*	1,12	54,85	53,73	54,0
5	28.02.17	0,76	56,70	55,94	55 ÷ 57
6**	28.02.17	-	-	51.65	51-52
7	28.02.17	0,64	49,20	48,86	49,0

\* Media di tre misure effettuate dal 2011 al 2013 sempre in situazione di morbida

\*\* Media di misure effettuate in tre piezometri nella stessa particella

Come si vede, le misure effettuate dal 2011 al 2017 sono molto simili a quelle della Carta del 2003 che rimane quindi ancora valida sia per quanto riguarda la

<sup>1</sup> Gabbani G., Pranzini G., Vagaggini R. - *Qualità delle acque sotterranee del Comune di Montemurlo (Prato) in relazione alla vulnerabilità dell'acquifero e alle fonti potenziali di inquinamento.* (2003). Atti I Convegno Nazionali AIGA 2003, Chieti, 449-462.

morfologia della superficie freatica che per la profondità dal piano campagna della tavola d'acqua; in altre parole, nulla di significativo è cambiato dal 2003 ad oggi. Ciò significa che, di qualsiasi entità siano i prelievi effettuati soprattutto nella stagione estiva di magra, lo sfruttamento della risorsa è compatibile con l'alimentazione, tanto che nella stagione di morbida i livelli freatici si mantengono negli anni a quote molto vicine al piano campagna.

L'analisi delle curve isofreatiche di morbida di Tav. G7.1 mette in evidenza i seguenti elementi principali:

- Il flusso delle acque sotterranee segue a grandi linee quello dell'idrografia superficiale, con direzione dai rilievi circostanti la pianura verso il centro.
- Le principali aree di alimentazione della falda sono costituite dalle aste fluviali e dai conoidi dei torrenti Agna e Bagnolo. In particolare il torrente Agna drena le acque di falda nella parte dell'alta pianura, grosso modo fino all'altezza della Via Montalese, a valle della quale alimenta gli acquiferi di pianura.
- Le acque dei torrenti, Funandola, Stregale e Meldancione, non sembrano avere rapporti diretti con le acque di sottosuolo.
- Il gradiente idraulico rimane su valori piuttosto bassi in tutto il territorio di pianura con un massimo di 1% nella parte di alta pianura ed un minimo di 0.3% in corrispondenza dell'area industriale di Oste. Probabilmente questa diminuzione di gradiente verso sud dipende dalla diminuzione di permeabilità che si ha allontanandosi dalle aree di conoide verso gli acquiferi più poveri della bassa pianura.

Gli acquiferi delle zone collinari sono contenuti nelle formazioni rocciose che in pianura costituiscono il substrato dei complessi alluvionali recenti. Hanno caratteristiche molto diverse dagli acquiferi di pianura contenuti nei sedimenti alluvionali.

Questo tipo di acquifero è caratterizzato da permeabilità secondaria per fratturazione e per carsismo: l'acqua, cioè, circola nelle cavità e/o nelle fratture delle rocce e un intervallo può essere più o meno "acquifero" a seconda della densità di cavità, di faglie e di fratture presenti.

L'individuazione di acquiferi di questo genere è molto difficile e comporta conoscenze dettagliate della struttura geologica della zona e degli sforzi tettonici cui le formazioni rocciose sono state soggette nella loro storia geologica e richiede criteri di analisi sofisticati.

## 5 – ZONAZIONI DI PERICOLOSITA'

### 5.1 – Carta della Pericolosità Geomorfologica (Tav. G5)

Tenendo conto degli indirizzi indicati dal Regolamento Regionale 53/R la zonazione di pericolosità si è basata sui seguenti criteri:

#### **Classe G1 (pericolosità bassa)**

Fanno parte di questa classe:

- le aree di affioramento dei depositi alluvionali attuali e recenti nonché dei depositi fluviali antichi e recenti;
- le aree di affioramento delle formazioni litoidi non argillitiche con pendenza minore del 15% in assenza di indizi geomorfologici di dissesto quali frane e movimenti di massa (Monte Morello, Acquerino, facies arenacea del Sillano e l'intera serie ofiolitica).

#### **Classe G2 (pericolosità media)**

E' la classe in cui ricade genericamente tutto il territorio collinare e montano, quando non siano presenti elementi favorevoli o sfavorevoli che indichino una pericolosità minore o maggiore. In particolare fanno parte di questa classe:

- le aree di affioramento delle formazioni litoidi non argillitiche con pendenza maggiore del 15% in assenza di indizi geomorfologici di dissesto;
- le aree di affioramento delle formazioni argillitiche indipendentemente dall'acclività (Sillano in tutte le sue facies meno quella arenacea, Argille a Palombini, Marne Varicolori) ed in assenza di indizi geomorfologici di dissesto;
- le aree di affioramento dei depositi detritici delle formazioni non argillitiche con pendenza minore del 15%;
- le aree di affioramento dei depositi alluvio colluviali.

#### **Classe G3 (pericolosità elevata)**

Sono comprese in questa classe:

- le aree di affioramento dei Depositi detritici della Formazione dell'Acquerino con pendenza maggiore del 15%;
- le aree di affioramento dei Depositi detritici delle formazioni argillitiche indipendentemente dall'acclività;
- le aree di frana inattiva (in quanto corpi detritici su versanti acclivi).

Sono state inserite in questa classe anche alcune aree di piccole dimensioni in cui si facevano sentire gli effetti di due o più forme e processi di versante puntuali. Più in particolare il criterio utilizzato prevede l'inserimento di un'area in G3 quando entro una distanza di m 100 sia presente più di un simbolo puntuale, indipendentemente dalla sua tipologia. Per definire l'estensione e la forma delle nuove aree si è tenuto conto di considerazioni di carattere morfologico, oltre naturalmente della necessità di comprendere i simboli in questione.

Il Regolamento 53/R prescrive di inserire in questa classe le aree soggette a fenomeni di subsidenza. Sulla base delle considerazioni di cui al paragrafo 4.4.3, si ritiene di non avere elementi sufficienti per vincolare porzioni di territorio in base a questo fenomeno. Si ritiene altresì opportuno proseguire con il monitoraggio dei dati interferometrici ed eventualmente di procedere con l'installazione di strumentazione di misura in situ in modo da valutare eventuali riprese del fenomeno.

#### **Classe G4 (pericolosità molto elevata)**

Sono comprese in questa classe:

- Le aree soggette a frane attive e le zone con riporti antropici.

### **5.2 – Carta della Pericolosità Sismica (Tav. G6)**

Secondo le indicazioni del 53/R la zonazione di pericolosità sismica segue necessariamente la realizzazione di uno studio di Microzonazione sismica di livello 1 definito dalle specifiche tecniche di cui all'o.d.p.c.m. 3907/2010; tale studio è già in possesso dell'Amministrazione Comunale e contiene fra l'altro la "Carta delle frequenze" e la "Carta delle microzone in prospettiva sismica (MOPS)" indispensabili per la redazione della Carta della pericolosità sismica.

In termini metodologici i criteri di redazione della carta di pericolosità sismica sono definiti nel 53/R; in sintesi nella quasi totalità dei casi questa carta è una trasposizione della carta delle MOPS, in quanto questa già riassume gli elementi litostratigrafici e geosismici necessari per la definizione della pericolosità.

Il territorio del sistema insediativo è stato suddiviso nelle quattro classi indicate dalla normativa.

#### **Classe S1 – Pericolosità bassa**

Comprende le zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla

sollecitazione sismica. In altre parole in questa classe ricadono le aree comprese nelle Zone 1011, 1012, 1041, 1042 delle MOPS corrispondenti al substrato stabile su versanti con acclività  $< 15^\circ$ .

### **Classe S2 – Pericolosità media**

Comprende le zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3). Ricadono in questa classe:

- le zone di affioramento di substrato stabile con pendenza  $> 15^\circ$  (Zone 2001, 2002, 2003, 2004)
- le zone di pianura in cui non sia stato registrato un alto contrasto di impedenza. Questo elemento è stato valutato mediante la carta delle frequenze: la pianura è stata suddivisa in base alla frequenza ed all'ampiezza del picco di risonanza  $f_0$ . E' prassi comune considerare fra 1 e 10 Hz la finestra critica per l'edilizia comunemente presente nel nostro territorio e l'ampiezza mediamente  $A > 3.0$  per indicare valori di contrasti di impedenza significativi. Fra 1 e 10 Hz sono comprese infatti, con stime di larga massima, le frequenze di risonanza di edifici con altezza fino a 30 metri. Nella carta delle MOPS queste aree corrispondono alle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali in cui, al di sotto dei depositi di copertura, il substrato risulti oltre i 130 metri (Zone 2009 e 2010)). Sovrapponendo infatti la carta delle isobate con quella delle frequenze si osserva infatti che il limite  $F_0 = 1$  Hz, considerato come valore soglia, corrisponde circa ad una profondità del substrato di 100-130 metri.
- Le aree interessate da frane inattive.

### **Classe S3 - Pericolosità elevata**

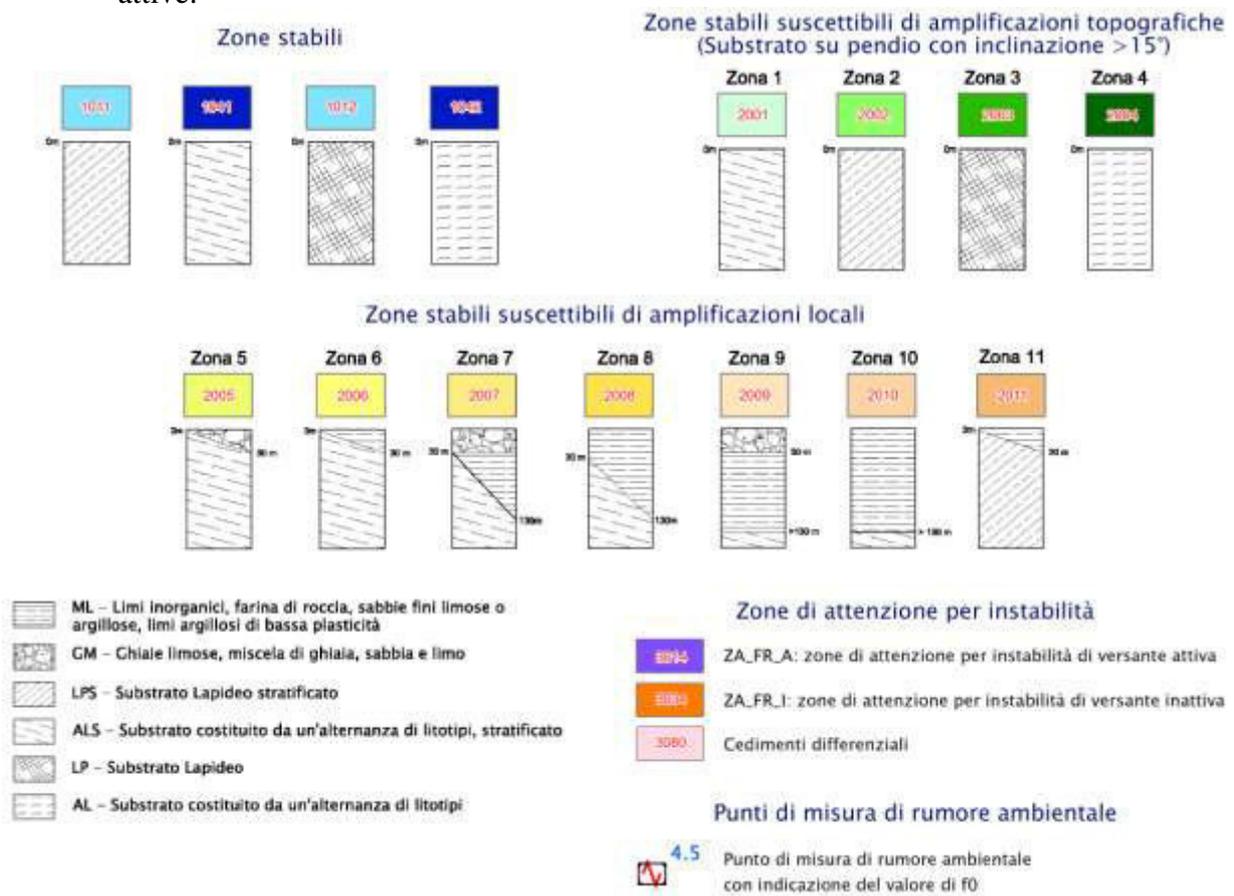
Vi sono comprese le zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisicomeccaniche significativamente diverse; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri. Ricadono in questa classe:

- le zone di contatto tra alluvioni/coltri detritiche e substrato roccioso (buffer di 40 metri della Zona 3080).

- le zone suscettibili di amplificazioni locali in cui sia stato registrato un alto contrasto di impedenza. Nel nostro caso queste aree corrispondono al territorio di pianura in cui, al di sotto dei depositi a copertura, il substrato risulti compreso entro i 130 metri (Zone 2005, 2006, 2007, 2008, 2011)

### Classe S4 - Pericolosità molto elevata

Comprende le zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; ricadono in questa classe le aree interessate da frane attive.



Legenda della Carta delle MOPS

### 5.3 – Carta delle problematiche idrogeologiche (Tav. G7)

In accordo con il punto c.4 del Regolamento 53/R per aree con problematiche idrogeologiche si intendono quelle aree “*in cui la risorsa idrica è esposta o presenta un basso grado di protezione*”. Le aree con possibilità di “*squilibri idrogeologici*” che riguardano in generale l’assetto e la stabilità del territorio sono infatti segnalate nella Carta Geomorfologica e nella Carta della Pericolosità Geomorfologica. Per questo la Carta G7 è, in pratica, una carta della vulnerabilità degli acquiferi.

La valutazione della vulnerabilità all’inquinamento delle acque sotterranee è uno dei metodi essenziali per la programmazione territoriale. Questa valutazione, infatti, consente:

- una corretta pianificazione territoriale, favorendo l’ubicazione di infrastrutture e di attività potenzialmente inquinanti nelle aree di minore vulnerabilità;
- una valutazione del rischio di inquinamento delle risorse idriche sotterranee, confrontando la vulnerabilità delle falde con le attività potenzialmente inquinanti attualmente presenti o previste sul territorio;
- una corretta applicazione delle aree di salvaguardia dall’inquinamento delle opere di captazione delle acque destinate al consumo umano, secondo la normativa vigente.

Vi sono varie definizioni di **vulnerabilità**; qui ricordiamo la seguente: *attitudine di una falda ospitata in un acquifero ad ingerire e diffondere un inquinante, idroveicolato o fluente in fase a sé, sversato alla superficie del terreno od in corsi d'acqua superficiali.*

In parole più semplici, il grado di vulnerabilità ci dice se e quanto le acque sotterranee sono naturalmente protette dall’inquinamento eventualmente prodotto in superficie, e quanto può diffondersi nella falda un inquinante che l’abbia raggiunta.

Si tratta pertanto di una *vulnerabilità intrinseca*, funzione solo delle caratteristiche naturali del sistema idrogeologico. La vulnerabilità così definita potrà essere completata e dettagliata per aree e/o situazioni particolari associando alla zonazione di vulnerabilità intrinseca l’ubicazione e la tipologia dei centri di pericolo e la mappatura della qualità dell’acqua di falda (definizione di aree dove la concentrazione di specie inquinanti supera quella massima ammissibile), in questo caso verrà elaborata la carta della *vulnerabilità integrata*.

La Carta di Tav. G7 è stata elaborata utilizzando i dati disponibili; fornisce una zonizzazione *qualitativa* del grado di vulnerabilità. E’ stato utilizzato il metodo “*per complessi e situazioni idrogeologiche*” o “*naturale*” che parte dal presupposto di individuare domini idrogeologici caratterizzati da condizioni più o meno uniformi in relazione al movimento degli inquinanti nel sottosuolo. Ne deriva che i dati di base di partenza sono stati: la situazione litologica del territorio comunale, i dati litostratigrafici di sottosuolo, i dati di produzione dei vari acquiferi e soprattutto la valutazione del grado di permeabilità delle varie formazioni geologiche come è stato descritto al paragrafo

#### 4.5.1.

La carta contiene due codici di lettura, ovvero una legenda distinta in due parti, ciascuna per un'area idrogeologicamente omogenea: una per le aree di pianura ed una per le aree di collina

#### **Aree di pianura**

**A - Grado di Vulnerabilità alto:** il terreno sovrastante il primo acquifero ha uno spessore ridotto ed una permeabilità relativamente alta, per cui offre scarsa protezione nei confronti di un eventuale inquinante sparso in superficie. Il tempo d'infiltrazione è inferiore ad un mese, per cui solo gli inquinanti più rapidamente degradabili possono essere adsorbiti e neutralizzati dal terreno non saturo. Questa classe è presente nel territorio in coincidenza dei conoidi di Agna e Bagnolo nonché nei fondovalle degli stessi corsi d'acqua.

**B - Grado di Vulnerabilità medio-alto:** lo spessore e la permeabilità del terreno sovrastante il primo acquifero di sottosuolo comportano tempi di arrivo di un eventuale inquinante sparso in superficie mediamente lunghi con possibilità di degradazione degli inquinanti biologici; non è comunque garantita la neutralizzazione dei più comuni inquinanti chimici.

**C - Grado di Vulnerabilità medio-basso:** il primo acquifero sotterraneo di interesse pratico è relativamente protetto dal terreno soprastante con permeabilità bassa o nulla. Il tempo di arrivo è superiore ad un anno, quindi solo gli inquinanti meno degradabili possono raggiungere la falda per infiltrazione dalla superficie. Ricadono in questa classe le aree della pianura al di fuori dei conoidi dell'Agna e del Bagnolo.

#### **Aree collinari**

Per le **falde nei depositi litoidi** l'assegnazione del Grado di Vulnerabilità ha seguito i seguenti criteri:

**I – Grado di Vulnerabilità alto:** eventuali piccole falde presenti all'interno dell'unica formazione francamente carbonatica (Calcari a Calpionelle) sono estremamente vulnerabili all'inquinamento da parte di sversamenti in superficie. Il rischio di inquinamento riguarda solo le eventuali sorgenti alimentate da queste falde.

**II - Grado di Vulnerabilità medio alto:** le formazioni geologiche che affiorano in queste aree, composte in prevalenza da arenarie o calcari marnosi, hanno una permeabilità media per fratture. Un inquinamento consistente può raggiungere la rete idrica sotterranea ed inquinare le sorgenti alimentate.

**III - Grado di Vulnerabilità medio basso:** la permeabilità medio-bassa delle formazioni geologiche affioranti rende basso il rischio che un inquinante disperso in superficie raggiunga le sorgenti di bassa portata alimentate dalla modesta rete idrica.

**IV - Grado di Vulnerabilità basso:** in queste zone le formazioni geologiche, composte prevalentemente da argilliti, hanno permeabilità molto scarsa e quindi non contengono falde idriche di qualche interesse e non consentono l'infiltrazione di sostanze contaminanti negli acquiferi eventualmente sottostanti. Tuttavia un inquinante sparso in superficie può essere trasportato facilmente, dalle acque di ruscellamento superficiale, agli eventuali acquiferi delle aree confinanti topograficamente più basse.

Nella tabella che segue sono riportati i criteri utilizzati per la costruzione della Carta delle Problematiche Idrogeologiche a partire dalla distribuzione delle formazioni geologiche.

<b>Grado di Vulnerabilità</b>	<b>Formazioni</b>
A - Alto	Conoide, Depositi fluviali attuali e recenti, Depositi fluviali antichi, Riporto
B – Medio Alto	Detrito alluvio-colluviale
C – Medio Basso	Depositi di bassa pianura
I – Alto	Calcari a Calpionelle
II – Medio Alto	Acquerino Membro Arenaceo Pelitico, Monte Morello, Sillano litofacies arenacea, Diaspri
III – Medio Basso	Acquerino Membro Pelitico Arenaceo, Serpentiniti, Olistoliti Serpentinitici, Gabbri, Sillano Facies pelitico arenacea e facies calcareo siltosa
IV - Basso	Sillano, Argille a Palombini, Marne Varicolori

In sintesi:

- Le aree che presentano una certa criticità in termini di protezione delle acque sotterranee sono limitate ai conoidi di Agna e Bagnolo ed ai sedimenti fluviali di fondovalle dove il tempo di arrivo di un eventuale inquinante sversato in superficie è inferiore ad un mese.
- Mancano nel territorio comunale le aree a vulnerabilità molto alta dove il tempo di arrivo molto breve di un inquinante alla falda (inferiore a una settimana) creerebbe criticità significative nell'utilizzo del territorio.
- Le coltri detritiche ed i corpi di frana, che sono di esiguo spessore in termini idrogeologici, non sono state considerati; la vulnerabilità in queste aree è riferita al relativo substrato roccioso.

Nella carta sono riportati anche i punti di approvvigionamento per l'acquedotto pubblico. Si tratta di un esiguo numero di punti di captazione per lo più da acque superficiali.

## **6 – PRESCRIZIONI E DIRETTIVE**

### **6.1 – Prescrizioni in funzione della pericolosità**

Fino all'adozione del Piano Operativo le condizioni di fattibilità geomorfologica, idraulica e sismica relative a tutti gli interventi edilizi e urbanistici dovranno essere definite sulla base dei criteri di cui ai punti 3.2.1, 3.2.2 e 3.5 della DPGR 25/10/11 n. 53/R.

### **6.2 – Direttive per la formazione del Piano Operativo**

Ai sensi del DPGR.n.53/R/11 lo studio geologico di supporto al Piano Strutturale definisce le caratteristiche di pericolosità del territorio di Montemurlo. In particolare definisce la pericolosità geologica, idraulica e sismica sulla base degli aggiornamenti delle cartografie geologiche del Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale, dello studio di Microzonazione Sismica di primo Livello e degli studi idrologico-idraulici di dettaglio condotti specificatamente sul reticolo idrografico.

Per la determinazione della fattibilità degli interventi ammessi dal Piano Operativo, si dovrà fare riferimento alla carta della pericolosità geologica (Tav. G5), alla carta della pericolosità idraulica allegata agli studi dell'Ing. Settesoldi, alla carta della pericolosità sismica (Tav. G6), alla carta delle problematiche idrogeologiche (Tav.G7) ed alla cartografia del Piano di Gestione Rischio Alluvioni dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

Questi elaborati individuano le problematiche fisiche rispetto alle quali ciascun nuovo intervento dovrà soddisfare le necessarie condizioni di stabilità e funzionalità nel tempo, senza creare condizioni di aggravio della pericolosità nelle aree limitrofe e/o sulle strutture esistenti.

#### **6.2.1 - Aspetti geologici e geomorfologici**

La Carta della Pericolosità Geologica (Tav. G5) individua zone omogenee del territorio all'interno delle quali si evidenziano i fattori geologici e geomorfologici, strutturali e dinamici, che si configurano come condizioni predisponenti il dissesto idrogeologico.

Qualsiasi azione di trasformazione dei caratteri geomorfologici del suolo e del suo uso dovrà tenere in debita considerazione le problematiche geologiche individuate all'interno di ciascuna area secondo le indicazioni riportate al paragrafo 5.1.

Il Piano Operativo dovrà definire:

- una classificazione di fattibilità per tutti gli interventi ammessi dal PO sulla base del

rapporto tra grado di pericolosità dell'area di intervento e la vulnerabilità delle realizzazioni previste;

- le necessarie prescrizioni da associare ad ogni classe di fattibilità tenendo conto degli indirizzi previsti nel Regolamento 53/R al punto 3.2.

### **6.2.2 - Aspetti idraulici**

La Carta della Pericolosità Idraulica allegata agli studi dell'Ing. Settesoldi individua zone omogenee del territorio soggette ad allagamenti per eventi di piena con diversi tempi di ritorno sulla base degli esiti degli studi idraulici di dettaglio specificatamente condotti per la definizione del rischio idraulico. Qualsiasi intervento ammesso dal Piano Operativo che possa prevedere un nuovo impegno di suolo e/o la significativa trasformazione dello stesso dovrà tenere in debita considerazione le problematiche idrauliche individuate all'interno di ciascuna area secondo la classificazione espressa nella Carta della Pericolosità Idraulica.

Il Piano Operativo, dovrà definire:

- una classificazione di fattibilità per tutti gli interventi ammessi dal PO sulla base del rapporto tra grado di pericolosità dell'area di intervento e la vulnerabilità delle realizzazioni previste;

- le necessarie prescrizioni da associare ad ogni classe di fattibilità tenendo conto degli indirizzi previsti nel Regolamento 53/R al punto 3.2 e nella disciplina del PGRA agli articoli 7 e 9;

- i criteri progettuali per limitare gli effetti dell'impermeabilizzazione dei suoli;

- i criteri applicativi per le procedure di compensazione dei maggiori volumi di acque meteoriche prodotti dalle trasformazioni morfologiche attuate per la messa in sicurezza delle nuove realizzazioni.

### **6.2.3 - Aspetti sismici**

La carta della pericolosità sismica (Tav. G6) elaborata sulla base della carte delle MOPS derivata dallo studio di microzonazione sismica di primo livello, riporta l'articolazione delle classi di pericolosità sismica per i principali centri abitati del territorio comunale (vedi paragrafo 5.2).

Il Piano Operativo dovrà definire:

- una classificazione di fattibilità per tutti gli interventi ammessi dal PO sulla base del rapporto tra grado di pericolosità dell'area di intervento e la vulnerabilità delle realizzazioni previste;

- le necessarie prescrizioni da associare ad ogni classe di fattibilità tenendo conto degli indirizzi previsti nel Regolamento 53/R al punto 3.2.

#### **6.2.4 - Aspetti idrogeologici**

La Carta delle problematiche idrogeologiche (Tav. G 7) individua differenti areali di vulnerabilità delle acque sotterranee rispetto ai quali è necessario attuare azioni di tutela e di salvaguardia rispetto alla possibilità di inquinamento.

Il Piano Operativo dovrà prevedere specifiche normative per la salvaguardia della risorsa idrica mediante valutazione dell'impatto di attività particolarmente inquinanti.

### **6.3 – Invariante 1 del PIT**

La formazione del PO dovrà inoltre tener conto del Piano di Indirizzo Territoriale (PIT) di cui alla DCRT 37/2015. In particolare, per quanto riguarda l'**Invariante 1** (i caratteri idrogeomorfologici dei bacini idrografici e dei sistemi morfogenetici), il territorio comunale ricade in tre tipi fisiografici (Pianura, Collina e Montagna) ed in sei sistemi morfogenetici (vedi Fig. 1).

Relativamente ai sistemi morfogenetici, l'Abaco Regionale delle Invarianti (Abaco 1/1a), indica gli **obiettivi di qualità** per ciascun sistema; per il territorio comunale di Montemurlo tali obiettivi sono i seguenti:

#### **Bacini di esondazione**

- Contenere l'esposizione di persone e beni al rischio idraulico.
- Mantenere e ripristinare le reti di drenaggio superficiale.
- Regolamentare l'uso di sostanze chimiche ad effetto eutrofizzante dove il sistema di drenaggio coinvolga aree umide di valore naturalistico.

#### **Alta Pianura**

- Limitare il consumo di suolo per ridurre l'esposizione al rischio idraulico e salvaguardare i caratteri qualitativi e quantitativi delle risorse idriche.

#### **Collina a versanti dolci sulle Unità Liguri**

- Evitare gli interventi di trasformazione che comportano alterazioni del deflusso superficiale al fine della prevenzione del rischio geomorfologico;
- Evitare che la viabilità minore destabilizzi i versanti.

#### **Collina a versanti ripidi sulle Unità Liguri**

- Evitare interventi di trasformazione che comportino alterazioni del deflusso superficiale, al fine della prevenzione del rischio geomorfologico;
- Evitare che la viabilità minore destabilizzi i versanti.

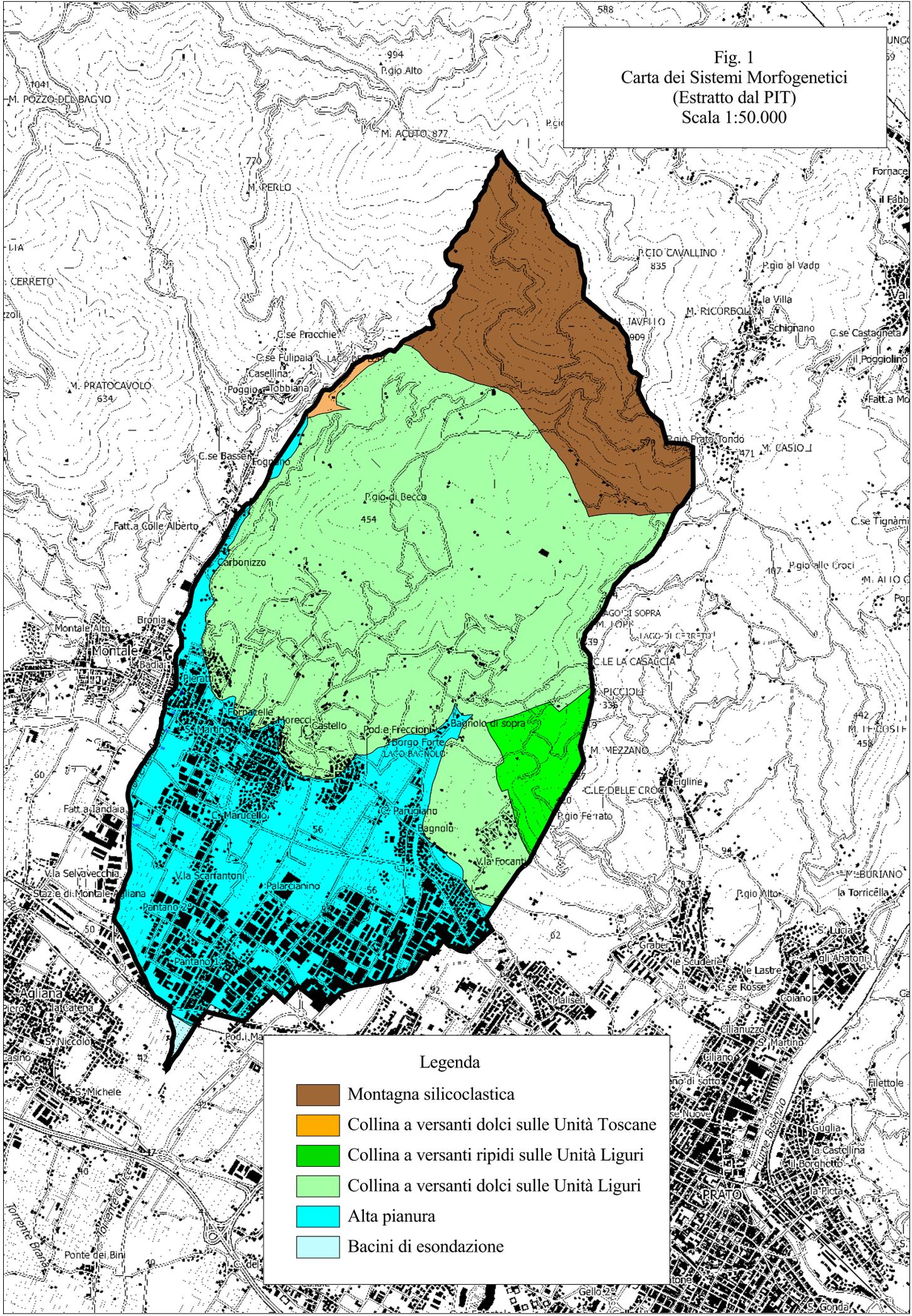
**Collina a versanti dolci sulle Unità Toscane**

- Limitare gli interventi che riducono l'infiltrazione dell'acqua, in particolare l'impermeabilizzazione del suolo, e che comportano la riduzione della copertura forestale di lunga durata;
- Evitare che la viabilità minore destabilizzi i versanti.

**Montagna silicoclastica**

- Evitare gli interventi di trasformazione che comportano aumento del deflusso superficiale e alterazione della stabilità dei versanti al fine della prevenzione del rischio geomorfologico;
- Evitare che interventi relativi alla viabilità minore destabilizzino i versanti.

Fig. 1  
 Carta dei Sistemi Morfogenetici  
 (Estratto dal PIT)  
 Scala 1:50.000



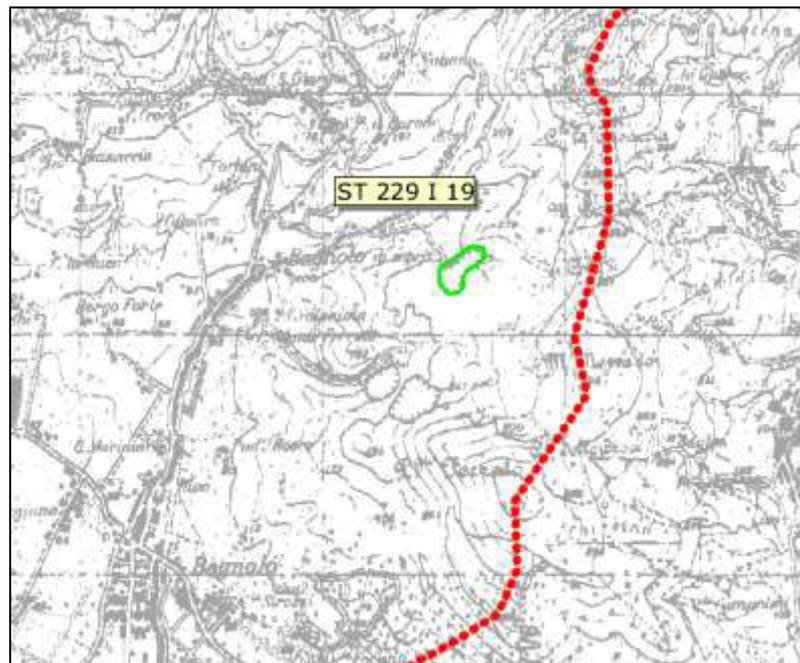
Legenda

- Montagna silicoclastica
- Collina a versanti dolci sulle Unità Toscane
- Collina a versanti ripidi sulle Unità Liguri
- Collina a versanti dolci sulle Unità Liguri
- Alta pianura
- Bacini di esondazione

#### 6.4 – Attività estrattive

Nel territorio comunale non sono in atto attività estrattive di alcun genere; data l'assenza di interessi economici all'apertura di nuove aree di estrazione, ma soprattutto dato l'elevato valore paesaggistico del territorio collinare, si ritiene che già fin d'ora che il PO non individuerà aree destinate a questa finalità.

Il Praer segnala soltanto la presenza di una cava di serpentiniti, da tempo dismessa e riservata al reperimento di materiali ornamentali storici (Fig. 2).



 Settore II - Cave e zone di reperimento di materiali ornamentali storici

Fig. 2 – Estratto del Praer per l'area di Montemurlo

Piano Strutturale del Comune di Montemurlo – Relazione Geologica

Tabella dei Dati di Base (in grisé sono riportati i dati utilizzati nel precedente Regolamento Urbanistico)

Numero	N. Pratica	Anno	Tipo Prova	Profondità	LITO 0-4	LITO 4-8	LITO 8-12	GEOT 0-4	GEOT 4-8	GEOT 8-12	Numero prove
1	1/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	10.00	Non utilizzabile			medio	medio	buono	
2	2/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	10.00	Non utilizzabile			medio	medio	buono	
3	3/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	10.00	Non utilizzabile			medio	medio	buono	
4	4/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	10.00	Non utilizzabile			medio	buono	buono	
5	5/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	10.00	Non utilizzabile			medio	buono	buono	
6	6/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	12.00	Non utilizzabile			medio	medio	buono	
7	7/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	10.00	Non utilizzabile			medio	buono	buono	
8	8/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	10.00	Non utilizzabile			medio	buono	buono	
9	9/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	8.00	Non utilizzabile			buono	medio		
10	10/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	8.00	Non utilizzabile			buono	medio		
11	11/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	10.00	Non utilizzabile			buono	buono	buono	
12	12/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	10.00	Non utilizzabile			buono	buono	buono	
13	13/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	10.00	Non utilizzabile			medio	buono	buono	
14	15/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	10.00	Non utilizzabile			buono	buono	buono	
15	14/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	10.00	Non utilizzabile			buono	medio	medio	
16	17/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	12.00	Non utilizzabile			medio	buono	medio	
17	18/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	8.00	Non utilizzabile			buono	buono		
18	19/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	12.00	Non utilizzabile			buono	buono	buono	
19	20/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	10.00	Non utilizzabile			buono	buono	buono	
20	21/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	10.00	Non utilizzabile			buono	buono	buono	
21	22/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	7.80	Non utilizzabile			buono	buono	buono	
22	23/23 PRG	1988	Prova penetrometrica statica	8.00	Non utilizzabile			buono	buono	buono	
23	30-94	1989	Prova penetrometrica statica	5.00	L	S		buono	buono		
24	90	1989	Prova penetrometrica statica	15.00	L	L	A	buono	buono	buono	1/3
24	90	1989	Prova penetrometrica statica	13.00	A	L	L	buono	buono	buono	2/3
25	82	1989	Prova penetrometrica dinamica	5.40							
26	19	1988	Prova penetrometrica dinamica	5.10							
27	71	1989	Prova penetrometrica dinamica	6.00							
28	10	1990	Prova penetrometrica statica	2.00	G			buono			1/2
28	10	1990	Prova penetrometrica dinamica	4.50							2/2
29	121	1989	Prova penetrometrica statica	3.20	G			buono			1/2
29	121	1989	Sondaggio	15.00	S	S	G				
30	104	1989	Prova penetrometrica dinamica	7.50							1/2
30	104	1989	Prova penetrometrica statica	3.40	G			buono			2/2
31	65	1990	Prova penetrometrica statica	6.00	A	S		buono	buono		1/2
31	65	1990	Prova penetrometrica statica	6.00	A	S		buono	buono		2/2

Piano Strutturale del Comune di Montemurlo – Relazione Geologica

32	63	1989	Prova penetrometrica statica	10.00	A	L	L	medio	buono	buono	1/3
32	63	1989	Prova penetrometrica statica	13.00	A	A	A	medio	buono	medio	2/3
32	63	1989	Sondaggio	7.50	L	L					3/3
33	61	1989	Prova penetrometrica dinamica	8.10							1/2
33	61	1989	Prova penetrometrica statica	8.00	A	A		buono	buono		2/2
34	53	1989	Prova penetrometrica dinamica	5.10							1/3
34	53	1989	Prova penetrometrica dinamica	4.50							2/3
34	53	1989	Prova penetrometrica dinamica	5.10							3/3
35	37	1989	Saggio con escavatore	2.00	G						
36	35	1989	Prova penetrometrica statica	2.80	G			medio			1/2
36	35	1989	Prova penetrometrica dinamica	6.00							2/2
37	10	1989	Prova penetrometrica statica	8.00	L	G		buono	buono		
38	167	1988	Prova penetrometrica statica	20.20	A	L	S	medio	medio	buono	1/8
38	167	1988	Prova penetrometrica statica	20.20	A	A	S	medio	medio	buono	2/8
38	167	1988	Prova penetrometrica statica	17.80	A	A	A	medio	buono	buono	3/8
38	167	1988	Prova penetrometrica statica	21.20	A	L	A	medio	medio	buono	4/8
38	167	1988	Prova penetrometrica statica	20.20	A	S	L	medio	medio	buono	5/8
38	167	1988	Prova penetrometrica statica	20.20	A	S	A	medio	medio	buono	6/8
38	167	1988	Prova penetrometrica statica	20.00	A	A	A	medio	scadente	buono	7/8
38	167	1988	Prova penetrometrica statica	22.00	A	L	A	medio	scadente	buono	8/8
39	42-43	1993	Prova penetrometrica statica	6.20	L	S		buono	buono		1/4
39	42-43	1993	Prova penetrometrica statica	5.60	A	S		buono	buono		2/4
39	42-43	1993	Prova penetrometrica statica	6.40	A	A		buono	buono		3/4
39	42-43	1993	Prova penetrometrica statica	6.00	A	L		buono	buono		4/4
40	49	1990	Prova penetrometrica statica	5.60	A	S		buono	buono		1/2
40	49	1990	Prova penetrometrica statica	6.00	A	L		buono	buono		2/2
41	42	1992	Prova penetrometrica statica	8.00	A	A		medio	buono		
42	33	1992	Prova penetrometrica statica	7.00	A	A		buono	buono		
43	34	1992	Prova penetrometrica statica	8.00	A	A		buono	buono		
44	80	1991	Sondaggio	6.00	L	G					
45	56	1991	Relazione senza indagini	0.00							
46	43	1991	Prova penetrometrica dinamica	0.00							8/9
46	43	1991	Prova penetrometrica dinamica	0.00							9/9
47	76	1990	Prova penetrometrica statica	0.00							1/9
47	76	1990	Prova penetrometrica statica	0.00							2/9
47	76	1990	Prova penetrometrica statica	0.00							3/9
47	76	1990	Prova penetrometrica statica	0.00							4/9
47	76	1990	Prova penetrometrica statica	0.00							5/9
48	43	1991	Prova penetrometrica statica	0.00							6/9

Piano Strutturale del Comune di Montemurlo – Relazione Geologica

48	43	1991	Prova penetrometrica statica	0.00								7/9
49	122	1990	Prova penetrometrica dinamica	0.00								
50	62	1990	Prova penetrometrica statica	8.00	A	A		medio	buono			
51	54	1990	Prova penetrometrica statica	6.00	A	A		buono	buono			1/2
51	54	1990	Prova penetrometrica statica	6.00	A	S		buono	buono			2/2
52	20	1993	Prova penetrometrica dinamica	10.00								1/2
52	20	1993	Sondaggio	5.00	A	A						2/2
24	90	1989	Prova penetrometrica statica	12.00	L	L	A					3/3
29	121	1989	Prova penetrometrica statica	5.80	G	G		buono	buono			2/2
55	77	1990	Prova penetrometrica statica	3.20	G			buono				1/2
55	77	1990	Prova penetrometrica dinamica	6.00								2/2
56	1	2002	Prova penetrometrica dinamica	10.20	L	L	L					1/3
56	1	2002	Prova penetrometrica dinamica	11.20	L	L	L					2/3
56	1	2002	Prova penetrometrica dinamica	10.20	L	L	L					3/3
57	2	2002	Relazione senza indagini	0.00								
58	10	2002	Prova penetrometrica statica	6.00	A	S		medio	medio			
59	14	2002	Relazione senza indagini	0.00								
60	25	2002	Prova penetrometrica statica	3.60	A			buono				
61	27	2002	Prova penetrometrica statica	12.00	L	S	A	buono	buono	buono		
62	39	2002	Prova penetrometrica statica	4.80	G			buono				
63	47	2002	Prova penetrometrica statica	10.60	S	L	A	buono	buono	buono		1/4
63	47	2002	Prova penetrometrica statica	10.60	A	A	A	buono	buono	buono		2/4
63	47	2002	Prova penetrometrica statica	10.60	A	A	A	buono	buono	buono		3/4
63	47	2002	Prova penetrometrica statica	9.60	A	A	A	buono	buono	buono		4/4
64	52	2002	Prova penetrometrica statica	12.60	A	A	A	buono	buono	buono		1/3
64	52	2002	Prova penetrometrica statica	12.60	A	A	A	buono	buono	buono		2/3
64	52	2002	Saggio con escavatore	3.50	L							3/3
65	58	2002	Prova penetrometrica statica	12.60	A	L	L	medio	buono	buono		1/12
65	58	2002	Prova penetrometrica statica	12.60	L	L	L	buono	buono	buono		2/12
65	58	2002	Prova penetrometrica statica	11.60	A	L	L	buono	buono	buono		3/12
65	58	2002	Prova penetrometrica statica	11.60	L	L	L	medio	buono	buono		4/12
65	58	2002	Prova penetrometrica statica	12.60	A	A	A	buono	buono	buono		5/12
65	58	2002	Prova penetrometrica statica	12.60	L	L	A	buono	medio	buono		6/12
65	58	2002	Prova penetrometrica statica	12.60	L	L	A	buono	medio	buono		7/12
65	58	2002	Prova penetrometrica statica	12.60	L	L	L	buono	buono	buono		8/12
65	58	2002	Prova penetrometrica statica	12.60	L	L	L	buono	buono	buono		9/12
65	58	2002	Prova penetrometrica statica	12.60	A	L	L	buono	buono	buono		10/12
65	58	2002	Prova penetrometrica statica	11.00	L	L	L	medio	medio	buono		11/12
65	58	2002	Prova penetrometrica statica	11.20	A	L	L	medio	buono	buono		12/12

Piano Strutturale del Comune di Montemurlo – Relazione Geologica

66	68	2002	Relazione senza indagini	0.00							
67	2	2003	Prova penetrometrica statica	5.60	L			medio			
68	9	2003	Prova penetrometrica statica	10.60	L	L	L	medio	buono	buono	
68	9	2003	Prova penetrometrica dinamica	10.20	L	L	L				
69	10	2003	Prova penetrometrica statica	7.00	A	A		medio	buono		
70	12	2003	Relazione senza indagini	0.00							
71	14	2003	Relazione senza indagini	0.00							
72	16	2003	Relazione senza indagini	0.00							
73	19	2003	Prova penetrometrica dinamica	2.20	subst						
74	27	2003	Prova penetrometrica statica	8.80	A	L		scadente	buono		1/4
74	27	2003	Prova penetrometrica statica	9.40	L	L		medio	buono		2/4
74	27	2003	Prova penetrometrica statica	9.20	L	L		medio	buono		3/4
74	27	2003	Prova penetrometrica statica	8.20	A	L		medio	buono		4/4
75	34	2003	Relazione senza indagini	0.00							
76	37	2003	Prova penetrometrica statica	3.20	A			buono			
77	51	2003	Prova penetrometrica statica	2.80	L			buono			
78	57	2003	Prova penetrometrica statica	11.20	A	L	S	medio	buono	buono	1/2
78	57	2003	Prova penetrometrica dinamica	12.00	A	L	S				2/2
79	58	2003	Relazione senza indagini	0.00							
80	64	2003	Saggio con escavatore	1.50	subst						
81	66	2003	Prova penetrometrica statica	4.60	A			buono			
82	8	2004	Prova penetrometrica statica	7.20	A	L		buono	buono		
83	10	2004	Prova penetrometrica dinamica	2.20	G						
83	10	2004	Prova penetrometrica dinamica	7.00	G	G					
84	11	2004	Prova penetrometrica statica	8.20	A	S		buono	buono		1/3
84	11	2004	Prova penetrometrica statica	8.60	L	S		buono	buono		2/3
84	11	2004	Prova penetrometrica statica	9.00	A	S		buono	buono		3/3
85	28	2004	Prova penetrometrica dinamica	6.80	S	S					1/5
85	28	2004	Prova penetrometrica dinamica	10.60	S	S	S				2/5
85	28	2004	Prova penetrometrica dinamica	10.00	L	S	S				3/5
85	28	2004	Prova penetrometrica dinamica	5.00	S	S					4/5
85	28	2004	Sondaggio	20.00	S	G	A				5/5
86	36	2004	Prova penetrometrica statica	5.00	A	S		buono	buono		
87	11	2005	Prova penetrometrica dinamica	3.80							1/3
87	11	2005	Prova penetrometrica dinamica	4.40							2/3
87	11	2005	Prova penetrometrica dinamica	4.60							3/3
88	12	2005	Prova penetrometrica dinamica	10.00	L	L	L				
89	16	2005	Prova penetrometrica statica	8.00	A	A		scadente	buono		
90	17	2005	Prova penetrometrica statica	8.00	A	A					1/2

Piano Strutturale del Comune di Montemurlo – Relazione Geologica

90	17	2005	Prova penetrometrica statica	8.00	A	A		buono	buono		2/2
91	22	2005	Prova penetrometrica statica	5.00	A	S		buono	buono		1/2
91	22	2005	Prova penetrometrica statica	5.00	A	S		buono	buono		2/2
92	28	2005	Prova penetrometrica statica	6.00	A	S		medio	buono		
93	34	2005	Relazione senza indagini	0.00							
94	X1	1990	Prova penetrometrica statica	11.00	L	L	S	buono	buono	buono	1/3
94	X1	1990	Prova penetrometrica statica	8.20	L	S		buono	buono		2/3
94	X1	1990	Prova penetrometrica statica	9.00	L	L	S	buono	buono	buono	3/3
95	X2	1993	Prova penetrometrica dinamica	7.60	G	G					1/5
95	X2	1993	Prova penetrometrica dinamica	5.80	G	G					2/5
95	X2	1993	Prova penetrometrica dinamica	6.00	G	G					3/5
95	X2	1993	Prova penetrometrica dinamica	6.00	G	G					4/5
95	X2	1993	Prova penetrometrica statica	2.80	G			buono			5/5
96	X3	1997	Prova penetrometrica statica	2.00	subst						1/6
96	X3	1997	Prova penetrometrica dinamica	5.00	subst						2/6
96	X3	1997	Prova penetrometrica dinamica	4.20							3/6
96	X3	1997	Prova penetrometrica dinamica	4.00							4/6
96	X3	1997	Prova penetrometrica statica	5.80	S	subst		buono			5/6
96	X3	1997	Prova penetrometrica dinamica	5.00	subst						6/6
97	35	2005	Prova penetrometrica statica	2.80	L			buono			
98	36	2005	Relazione senza indagini	0.00							
99	13	2006	Prova penetrometrica statica	9.60	L	S		buono	buono		1/3
99	13	2006	Prova penetrometrica statica	9.00	L	A		buono	buono		2/3
99	13	2006	Prova penetrometrica statica	13.00	A	S	L	buono	buono	buono	3/3
100	20	2006	Saggio con escavatore	4.50	G						1/3
100	20	2006	Saggio con escavatore	4.00	G						2/3
100	20	2006	Saggio con escavatore	4.00	G						3/3
101	71	2002	Prova penetrometrica statica	9.20	A	L		medio	buono		1/4
101	71	2002	Prova penetrometrica statica	10.60	L	L	L	medio	buono	buono	2/4
101	71	2002	Prova penetrometrica dinamica	9.20							3/4
101	71	2002	Prova penetrometrica dinamica	6.20							4/4
102	33	2005	Prova penetrometrica statica	8.00	Non utilizzabile			Non utilizzabile			1/5
102	33	2005	Prova penetrometrica statica	8.00	Non utilizzabile			Non utilizzabile			2/5
102	33	2005	Prova penetrometrica statica	7.00	Non utilizzabile			Non utilizzabile			3/5
102	33	2005	Prova penetrometrica statica	7.00	Non utilizzabile			Non utilizzabile			4/5
102	33	2005	Prova penetrometrica statica	8.00	Non utilizzabile						5/5
103	60	1998	Relazione senza indagini	0.00							
104	96	1998	Prova penetrometrica statica	7.00	L	S		medio	buono		
105	111	1998	Prova penetrometrica statica	3.00	L			medio			1/7

Piano Strutturale del Comune di Montemurlo – Relazione Geologica

105	111	1998	Prova penetrometrica dinamica	6.40	L	S					2/7
105	111	1998	Prova penetrometrica dinamica	6.40	L	S					3/7
105	111	1998	Prova penetrometrica dinamica	6.80	L	S					4/7
105	111	1998	Prova penetrometrica dinamica	4.80	L						5/7
105	111	1998	Prova penetrometrica dinamica	7.20	L	S					6/7
105	111	1998	Prova penetrometrica dinamica	7.40	L	S					7/7
106	14	1999	Prova penetrometrica dinamica	4.80		subst					1/3
106	14	1999	Prova penetrometrica dinamica	3.30	subst						2/3
106	14	1999	Prova penetrometrica dinamica	8.10		subst					3/3
107	29	1999	Prova penetrometrica dinamica	6.00							1/5
107	29	1999	Prova penetrometrica dinamica	6.00							2/5
107	29	1999	Prova penetrometrica dinamica	6.00							3/5
107	29	1999	Prova penetrometrica dinamica	6.00							4/5
107	29	1999	Prova penetrometrica dinamica	6.00							5/5
108	61	1999	Prova penetrometrica dinamica	5.80		subst					1/2
108	61	1999	Prova penetrometrica dinamica	5.80		subst					2/2
109	93	1999	Relazione senza indagini	0.00							
110	118	1999	Relazione senza indagini	0.00							
111	132	1999	Saggio con escavatore	2.00	subst						1/5
111	132	1999	Saggio con escavatore	2.00	subst						2/5
111	132	1999	Saggio con escavatore	2.00	subst						3/5
111	132	1999	Saggio con escavatore	2.00	subst						4/5
111	132	1999	Saggio con escavatore	2.00	subst						5/5
112	143	1999	Prova penetrometrica statica	10.40	A	A	A	buono	buono	buono	1/5
112	143	1999	Prova penetrometrica statica	15.40	A	A	A	buono	buono	buono	2/5
112	143	1999	Prova penetrometrica statica	10.40	A	A	A	buono	buono	buono	3/5
112	143	1999	Prova penetrometrica statica	10.00	L	A	L	buono	buono	buono	4/5
112	143	1999	Saggio con escavatore	4.50	L						5/5
113	8	2000	Relazione senza indagini	0.00							
114	2	2001	Prova penetrometrica statica	10.40	L	L	S	medio	buono	buono	1/2
114	2	2001	Prova penetrometrica statica	10.40	L	L	S	medio	buono	buono	2/2
115	24	2001	Prova penetrometrica statica	6.00	L	S		buono	buono		1/2
115	24	2001	Prova penetrometrica statica	6.00	L	S		buono	buono		2/2
116	27	2001	Prova penetrometrica statica	7.00	L	L		buono	buono		1/2
116	27	2001	Prova penetrometrica statica	5.00	L			buono			2/2
117	31	2001	Prova penetrometrica statica	9.20	A	A		buono	buono		1/2
117	31	2001	Prova penetrometrica dinamica	7.80							2/2
118	34	2001	Prova penetrometrica statica	8.80	A	L		buono	buono		
119	26	2005	Prova penetrometrica dinamica	7.20							1/2

Piano Strutturale del Comune di Montemurlo – Relazione Geologica

119	26	2005	Prova penetrometrica dinamica	8.40							2/2
120	27	2005	Relazione senza indagini	0.00							
121	6	2006	Prova penetrometrica statica	20.00	A	L	L	buono	buono	buono	1/7
121	6	2006	Prova penetrometrica statica	15.00	A	L	L	scadente	medio	buono	2/7
121	6	2006	Prova penetrometrica statica	15.00	A	L	L	medio	medio	buono	3/7
121	6	2006	Prova penetrometrica statica	20.00	A	L	L	medio	medio	medio	4/7
121	6	2006	Prova penetrometrica statica	15.00	A	L	L	medio	medio	buono	5/7
121	6	2006	Prova penetrometrica statica	15.00	A	L	L	medio	buono	buono	6/7
121	6	2006	P/SH	0.00							7/7
122	12	2006	Prova penetrometrica dinamica	8.80							1/4
122	12	2006	Prova penetrometrica dinamica	10.00							2/4
122	12	2006	Prova penetrometrica dinamica	9.60							3/4
122	12	2006	Prova penetrometrica dinamica	9.80							4/4
123	23	2006	Prova penetrometrica dinamica	8.00							1/2
123	23	2006	Prova penetrometrica dinamica	8.00							2/2
124	1	2007	Relazione senza indagini	0.00							
125	4	2007	Prova penetrometrica dinamica	6.20							1/6
125	4	2007	Prova penetrometrica dinamica	6.00							2/6
125	4	2007	Prova penetrometrica dinamica	10.60							3/6
125	4	2007	Prova penetrometrica dinamica	9.00							4/6
125	4	2007	Prova penetrometrica dinamica	10.00							5/6
125	4	2007	Prova penetrometrica dinamica	7.40							6/6
126	7	2007	Relazione senza indagini	0.00							
127	10	2007	Prova penetrometrica dinamica	8.20							1/2
127	10	2007	Prova penetrometrica dinamica	8.20							2/2
128	12	2007	Down-hole	30.00	S	S	S				3/3
129	16	2007	Relazione senza indagini	0.00							
130	17	2007	Prova penetrometrica statica	8.80	A	L		medio	buono		
131	19	2007	Prova penetrometrica statica	14.80	L	L	L	medio	buono	buono	1/3
131	19	2007	Prova penetrometrica statica	15.00	L	L	L	buono	buono	buono	2/3
131	19	2007	Prova penetrometrica statica	13.00	L	L	S	medio	buono	buono	3/3
132	20	2007	Prova penetrometrica dinamica	10.00							1/2
132	20	2007	Prova penetrometrica dinamica	10.00							2/2
133	25	2007	Prova penetrometrica statica	7.60	L	L		buono	buono		
134	26	2007	Prova penetrometrica statica	1.60							
135	34	2007	Relazione senza indagini	0.00							
136	36	2007	Relazione senza indagini	0.00							
137	40	2007	Relazione senza indagini	0.00							
138	3	2008	Saggio con escavatore	1.50							

Piano Strutturale del Comune di Montemurlo – Relazione Geologica

139	12	2008	Prova penetrometrica statica	11.60	L	L	L	medio	medio	buono	1/2
139	12	2008	Prova penetrometrica statica	11.60	L	L	L	buono	medio	buono	2/2
140	22	2009	Sondaggio	11.00	L	A	A				
141	23	2011	Prova penetrometrica statica	12.00	A	A	A	buono	buono	buono	1/5
141	23	2011	Prova penetrometrica statica	12.00	A	A	A	buono	buono	buono	2/5
141	23	2011	Prova penetrometrica statica	12.00	A	A	A	buono	buono	buono	3/5
141	23	2011	Prova penetrometrica statica	12.00	A	A	A	buono	buono	buono	4/5
142	5	2013	Prova penetrometrica statica	8.20	L	A		buono	buono		1/5
142	5	2013	Prova penetrometrica statica	9.00	A	A		medio	buono		2/5
142	5	2013	Prova penetrometrica statica	10.00	L	A	A	buono	buono	buono	3/5
142	5	2013	Prova penetrometrica statica	10.00	L	A	S	buono	buono	buono	4/5
142	5	2013	Down-hole	30.00	L	L	G				5/5
143		0	Prova penetrometrica statica	15.00	L	A	S	scadente	buono	buono	2/3
143		2015	Down-hole	30.00	L	L	S				3/3
143		0	Prova penetrometrica statica	15.00	A	A	S	scadente	medio	buono	1/3
144		0	Prova penetrometrica dinamica	10.00							
144		0	Remi	0.00							
145		0	Sondaggio	12.00	L	A	A				
145		0	Remi	0.00							
147	2	2015	Prova penetrometrica statica	15.00	L	S	L	medio	medio	buono	1/7
147	2	2015	Prova penetrometrica statica	15.00	L	L	S	medio	scadente	buono	2/7
147	2	2015	Prova penetrometrica statica	15.00	L	L	L	buono	buono	buono	3/7
147	2	2015	Prova penetrometrica statica	15.00	L	L	L	medio	medio	buono	4/7
147	2	2015	Prova penetrometrica statica	15.00	L	L	S	medio	scadente	buono	5/7
147	2	2015	Sondaggio	15.00	A	A	L				6/7 (S1)
147	2	2015	Down-hole	31.00	A	L	A				7/7 (S2/DH)
148	3	2015	Relazione senza indagini	0.00							
149	4	2015	Relazione senza indagini	0.00							
150	6	2015	Prova penetrometrica statica	3.20	subst			buono			1/7
150	6	2015	Prova penetrometrica statica	6.40	L	subst		buono	buono		2/7
150	6	2015	Prova penetrometrica statica	4.00	subst			buono			3/7
150	6	2015	Prova penetrometrica statica	4.00	subst			buono			4/7
150	6	2015	Prova penetrometrica statica	3.80	subst			buono			5/7
150	6	2015	P/SH	0.00							6/7
150	6	2015	P/SH	0.00							7/7
151	6	2016	Prova penetrometrica statica	10.20	A	G		scadente	buono		
152	9	2015	Prova penetrometrica dinamica	10.00							
153	7	2016	Prova penetrometrica statica	7.00	L	L		buono	buono		
154	9	2016	Relazione senza indagini	0.00							

Piano Strutturale del Comune di Montemurlo – Relazione Geologica

155	11	2016	Sondaggio	12.00	L	L	L				1/8
155	11	2016	Down-hole	31.00	G	G	G				2/8
155	11	2016	Sondaggio	15.00	L	L	L				3/8
155	11	2016	Prova penetrometrica dinamica	10.00							4/8
155	11	2016	Prova penetrometrica dinamica	11.20							5/8
155	11	2016	Prova penetrometrica dinamica	11.40							6/8
155	11	2016	Prova penetrometrica dinamica	10.00							7/8
155	11	2016	Prova penetrometrica dinamica	10.40							8/8
156	scia 6069	2015	Prova penetrometrica dinamica	9.00							
157	scia 6204	2016	Sondaggio	12.00							
158	9	2015	Prova penetrometrica dinamica	11.20							
159		2002	Sondaggio	12.00	L	G	G				1/2
159		2002	Sondaggio	10.00	L	G	G				2/2
P20	15	2011	Sondaggio	10.00	L	A	Substr				
P21	13	2011	Sondaggio	10.00	L	A	S				
P22	4519	2011	Sondaggio	11.00	G	G	Substr				
P23	1	2015	Sondaggio	10.00							
P24	10	2012	Down-hole	15.00	L	G	G				
P25	2	2012	Sondaggio	15.00	L	G	G				
P26	1	2014	Sondaggio	10.00	L	G	G				
P27	6	2014	Sondaggio	10.00	A	A	A				
P28	25	2011	Sondaggio	10.00	L	G	S				
P29	16	2010	Sondaggio	12.00	L	G	S				
P30	6	2010	Down-hole	32.00	L	G	G				
P31		2013	Sondaggio	12.00	L	subst					
P32	7	2009	Down-hole	33.00	L	L	L				
P33		2007	Sondaggio	7.00	R	S					
P34		2011	Down-hole	30.00	L	L	L				
P42	23	2011	Down-hole	32.00	L	A	A				4/5
P43			HVSR								
P44			HVSR								
P45			HVSR								
P46			HVSR								
P47			HVSR								
P48			HVSR								
P49			HVSR								
P50			HVSR								
P51			HVSR								
P52			HVSR								

Piano Strutturale del Comune di Montemurlo – Relazione Geologica

P53			HVSR								
P54			HVSR								
P55			HVSR								
P56			HVSR								
P57			HVSR								
P58			HVSR								
P59			HVSR								
P60			HVSR								
P61			HVSR								
P62			HVSR								
P63			HVSR								
P64			HVSR								
P65			HVSR								
P66			HVSR								
P67			HVSR								
P68			HVSR								
P69			HVSR								
P70			HVSR								
P71			HVSR								
P72			HVSR								
P73			HVSR								
P74			HVSR								
P75			HVSR								
P76			HVSR								
P77			HVSR								
P78			HVSR								
P79			HVSR								
P80			HVSR								
P81			HVSR								
P82			HVSR								
P83			HVSR								
P84			HVSR								
P85			HVSR								
P86			HVSR								
P87			HVSR								
P88			HVSR								
P89			HVSR								
P90			HVSR								
P91			HVSR								

Piano Strutturale del Comune di Montemurlo – Relazione Geologica

P92			HVSR								
P93			HVSR								
P94			HVSR								
P95			HVSR								
P96			HVSR								
P97			HVSR								
P98			HVSR								
P99			HVSR								
P100			HVSR								
P101			HVSR								
P102			HVSR								
P103			HVSR								
P104			HVSR								
P105			HVSR								
P106			HVSR								
P107			HVSR								
P108			HVSR								
P109			HVSR								
P110			HVSR								
P111			HVSR								
P112			HVSR								
P113			HVSR								
P114			HVSR								
P115			HVSR								
P116			HVSR								
P117			HVSR								
P118			HVSR								
P119			HVSR								
P120			HVSR								
P134		2007	Prova penetrometrica statica	10.00	A	L	G	medio	buono	buono	
P135		2006	Prova penetrometrica statica	19.80	A	A	A	buono	buono	buono	
P136		2001	Prova penetrometrica statica	9.80	S	S	S	buono	buono	buono	
P139			Esac	62.50							
P140			Esac	62.00							
P141			Esac	62.00							
P142			Esac	62.50							
P143			Esac	35.00							
P144			Esac	56.00							
P145			Esac	58.00							

*Piano Strutturale del Comune di Montemurlo – Relazione Geologica*

P146			Esac	55.00						
P147			Esac	64.00						
P148			Esac	58.00						
P149			Esac	58.00						
L1		0	Masw	0.00						
L2		0	Masw	0.00						
L3		0	Masw	0.00						
L4		0	Masw	0.00						
L5		0	Masw	0.00						
L6		0	Masw	0.00						
L7		0	Masw	0.00						
L8		0	Masw	0.00						
L9		0	Masw	0.00						
L10		0	Masw	0.00						
L11		0	Masw	0.00						
L12		0	Remi	0.00						
L13		0	Masw	0.00						
L14		0	Masw	0.00						
L15		0	Masw	0.00						
L16		0	Masw	0.00						
L17		0	P/SH	0.00						
L18		0	P/SH	0.00						
L19		0	P/SH	0.00						
L20		0	P/SH	0.00						
L21		0	P/SH	0.00						
L22		0	P/SH	0.00						
L23		0	P/SH	0.00						
L24		0	P/SH	0.00						

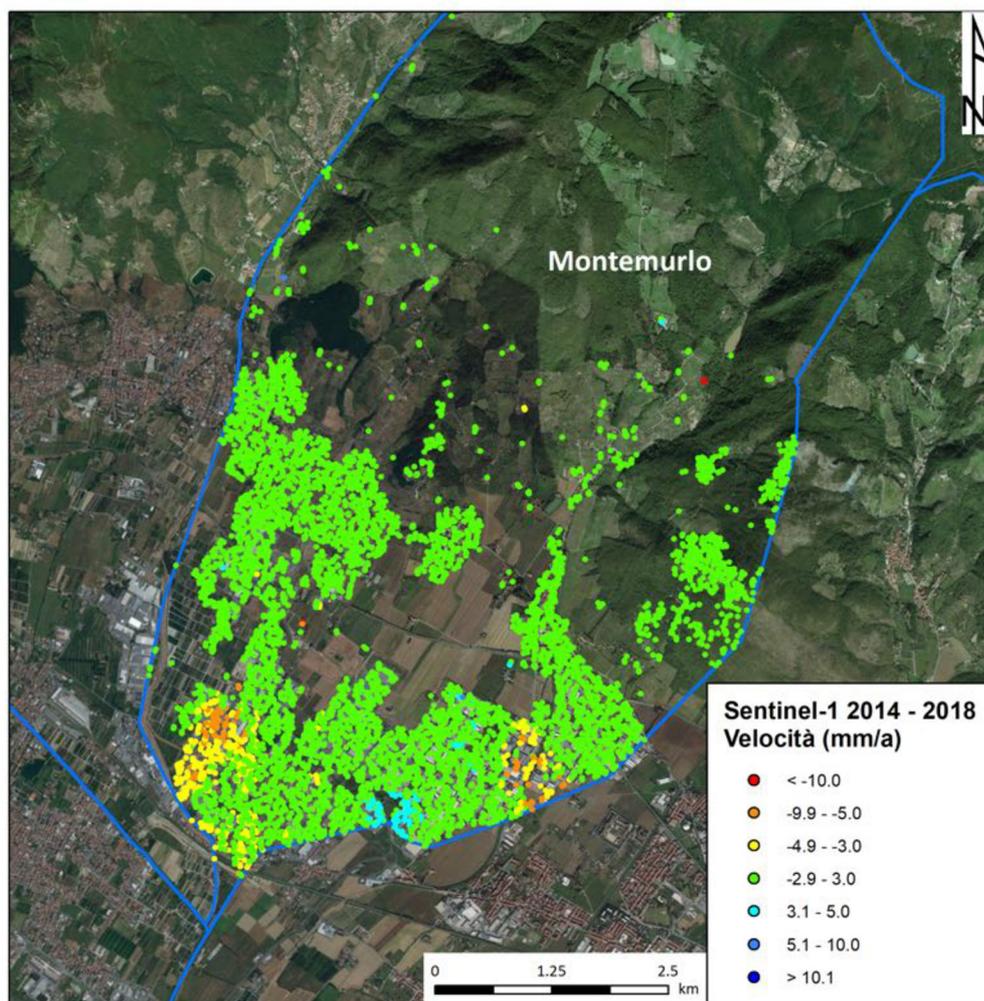


UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DST**  
DIPARTIMENTO DI  
SCIENZE DELLA TERRA

## Analisi dei dati satellitari nel Comune di Montemurlo (PO)

Nota tecnica



Firenze, 22 Maggio 2018

## A cura di

Prof. Nicola CASAGLI (DST -UNIFI)

Dott.ssa Silvia BIANCHINI (DST - UNIFI)

Dott. Matteo DEL SOLDATO (DST - UNIFI)

Dott. Roberto MONTALTI (DST - UNIFI)

Dott. Federico RASPINI (DST - UNIFI)

Dott. Lorenzo SOLARI (DST - UNIFI)

## TAVOLA DEI CONTENUTI

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>COPERTURA DEI DATI INTERFEROMETRICI SUL COMUNE DI MONTEMURLO (PO).....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE DI INTERESSE. ....</b>	<b>6</b>
3.1	SETTORE A.....	6
3.2	SETTORE B.....	7
3.3	SETTORE C.....	8
3.4	SETTORE D .....	9
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>11</b>

## 1 Introduzione

La seguente nota tecnica illustra le analisi satellitari su quattro settori (Figura 1) del Comune di Montemurlo (PO), individuati sulla base delle osservazioni effettuate dal Genio Civile di competenza.

Per verificare lo stato dei luoghi alla data dell'ultima acquisizione Sentinel-1 disponibile, il DST-UNIFI ha svolto un'analisi dei dati interferometrici satellitari nell'ambito dell'accordo "Attività di monitoraggio del rischio idrogeologico nel territorio della regione Toscana". Tale accordo è stato stipulato tra il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Firenze, il Dipartimento di Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri e la Regione Toscana in data 06/12/2017.

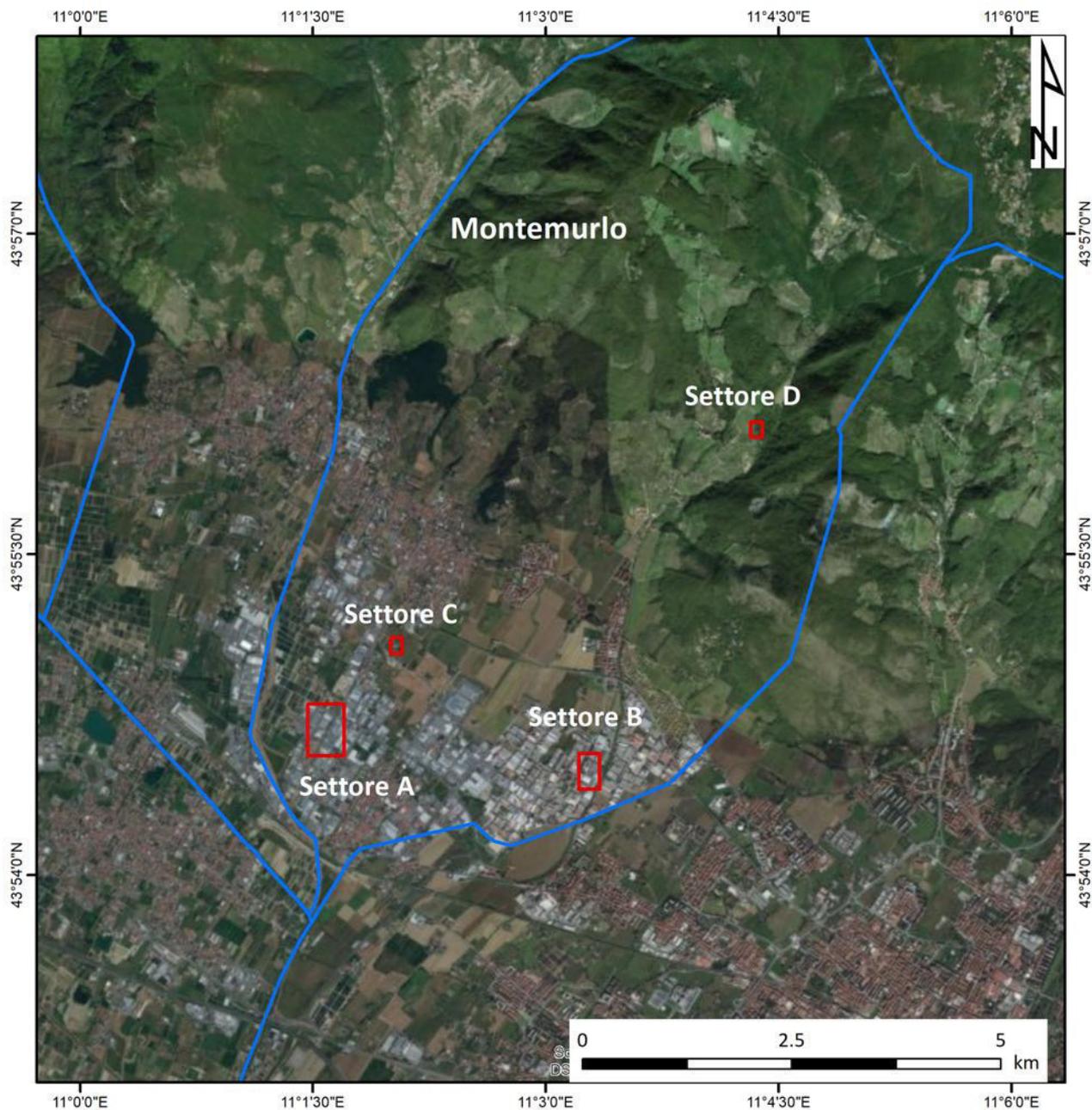


Figura 1 - Localizzazione dei quattro settori di interesse nel Comune di Montemurlo (PO).

## 2 Copertura dei dati interferometrici sul Comune di Montemurlo (PO).

Sono state utilizzate immagini Sentinel-1 (1A & 1B), riferite all'intervallo temporale 2014-2018, al fine di analizzare quattro settori di interesse all'interno del Comune di Montemurlo (PO).

Le specifiche tecniche dei dati acquisiti ed analizzati sono riportate in Tabella 1.

I *dataset* interferometrici processati con tecnica SqueeSAR sono composti da 132 immagini in orbita ascendente e da 124 immagini in orbita discendente, coprendo un periodo di tre anni sino al 19 aprile 2018.

Tabella 1 - Specifiche dei *dataset* utilizzati.

<i>Dataset</i>	Satellite	Geometria	Numero di immagini	Periodo monitorato	Angolo di vista (°)
1	Sentinel-1	Ascendente	132	12/12/2014 - 19/04/2018	36,3°
2	Sentinel-1	Discendente	124	22/03/2015 - 18/04/2018	37,2°

La copertura dei dati PS è comparabile sia in orbita ascendente (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** sinistra) che in orbita discendente (Figura 2 destra). In entrambe le orbite si nota una distribuzione dei punti misura molto maggiore nelle aree urbanizzate e nulla o quasi nulla in quelle boscate, a nord dell'abitato di Montemurlo. Gran parte della superficie comunale non presenta velocità al di fuori della soglia di stabilità ( $\pm 3$  mm/anno). Si notano due aree, in corrispondenza del confine meridionale del comune, con movimenti in allontanamento rispetto al sensore, aventi velocità medie di circa  $-7$  mm/anno. Una terza area, posta in posizione intermedia tra le precedenti, mostra movimenti in avvicinamento rispetto al sensore con velocità medie annue di circa  $4.5$ mm/anno.

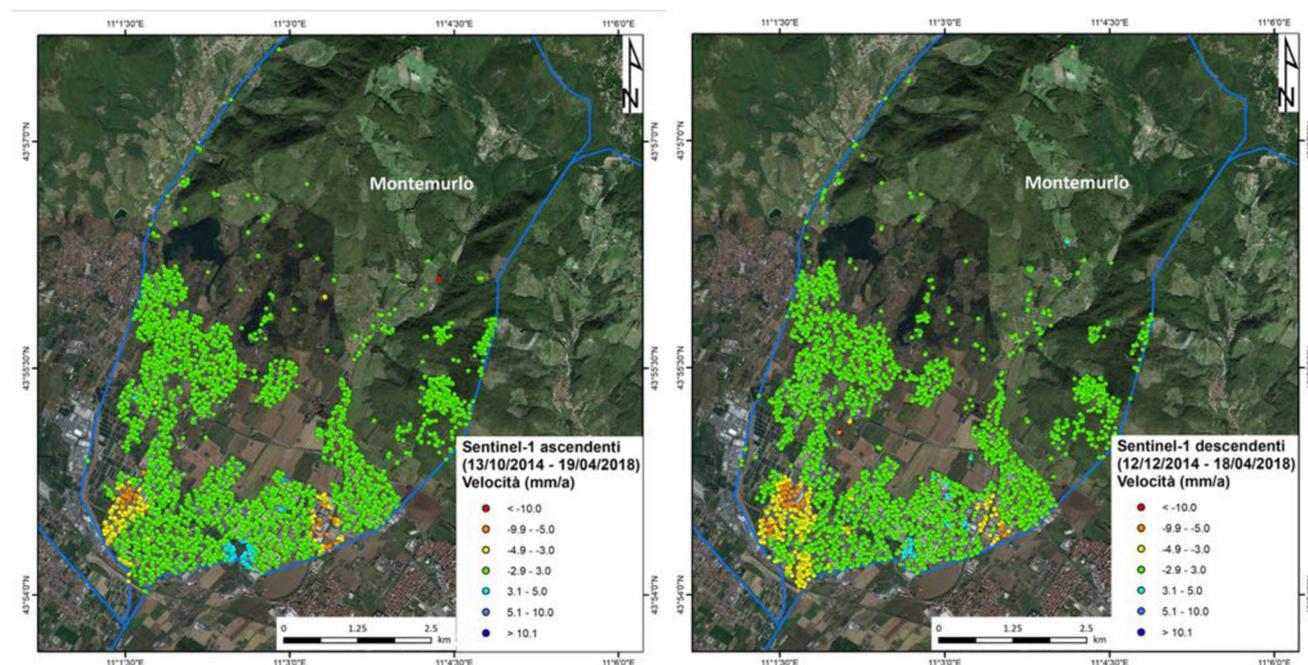


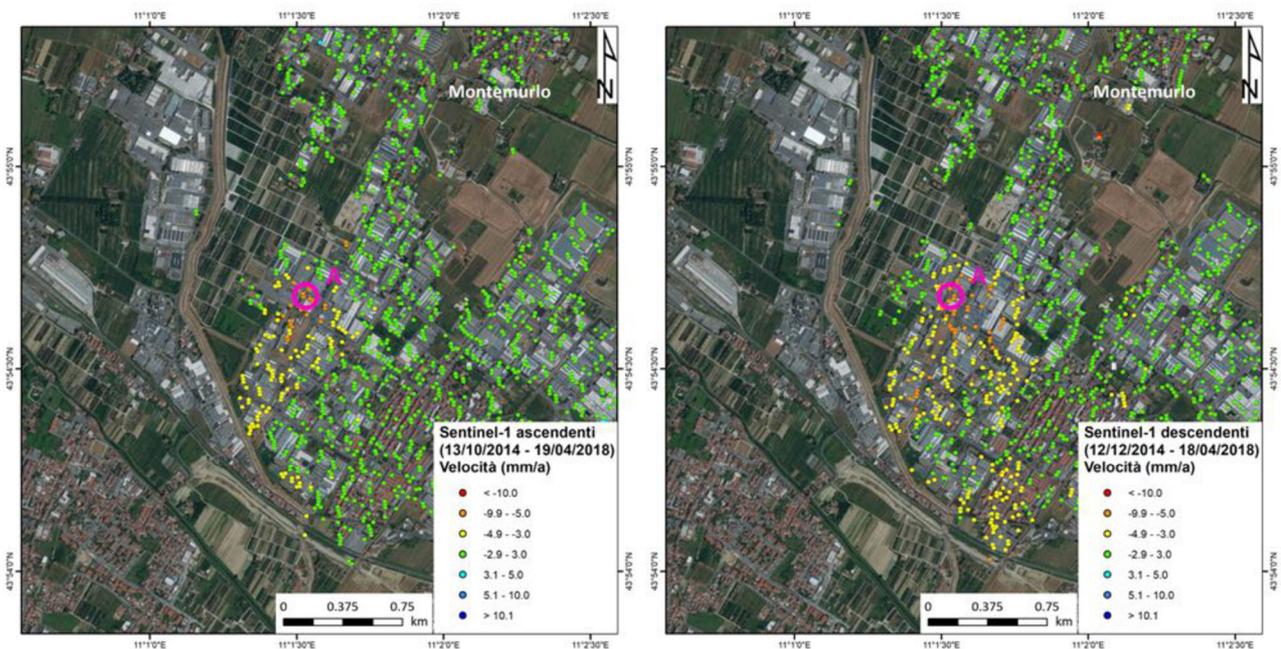
Figura 2 - Dati Sentinel-1 ascendenti (sinistra) e discendenti (destra), aggiornati rispettivamente al 19 ed al 18 aprile 2018, per il territorio del Comune di Montemurlo (PO).

### 3 Caratterizzazione delle aree di interesse.

Di seguito vengono illustrate, area per area, le risultanze satellitari per i quattro settori di interesse, sia dal punto di vista delle velocità medie sia dal punto di vista delle serie temporali.

#### 3.1 Settore A

Nel settore A sono presenti dati PS in entrambe le orbite (Figura 3); la copertura dei dati risulta essere elevata, vista la presenza di numerosi capannoni ed edifici industriali. Per un punto di interesse sono state estratte le serie temporali aggiornate all'ultima acquisizione disponibile del satellite Sentinel-1, ossia al 19 aprile 2018 in orbita ascendente ed al 18 aprile 2018 in orbita discendente (Figura 4, punto A).



**Figura 3 - Dati Sentinel-1 ascendenti (sinistra) e discendenti (destra), aggiornati rispettivamente al 19 ed al 18 aprile 2018, per il settore A del comune di Montemurlo (PO). Il cerchio A si riferisce al punto in cui sono state estratte le serie temporali.**

Le serie temporali in entrambe le orbite mostrano un movimento costante nel tempo ed in allontanamento rispetto al sensore nell'ordine di -7 mm/anno. Si segnala un lieve rallentamento nella parte terminale della serie.

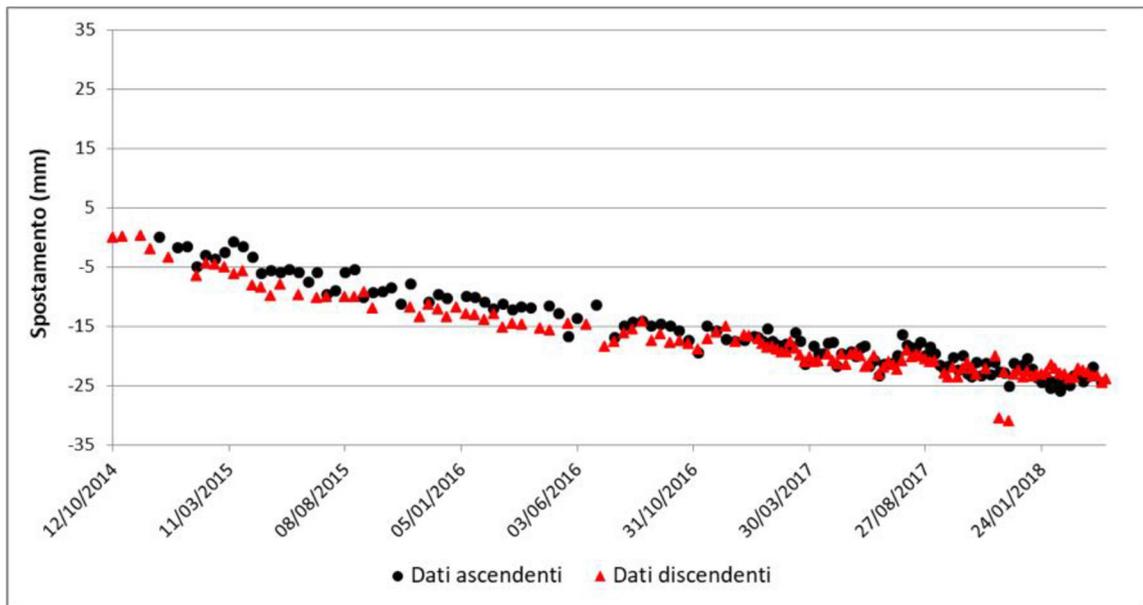


Figura 4 - Serie temporale ascendente (nero) e discendente (rosso) riferita al punto A.

### 3.2 Settore B

Nel settore B sono presenti dati PS in entrambe le orbite (Figura 5); la copertura dei dati risulta essere elevata, vista la presenza di numerosi capannoni ed edifici industriali. Per un punto di interesse sono state estratte le serie temporali aggiornate all'ultima acquisizione disponibile del satellite Sentinel-1, ossia al 19 aprile 2018 in orbita ascendente ed al 18 aprile 2018 in orbita discendente (Figura 5, punto B).

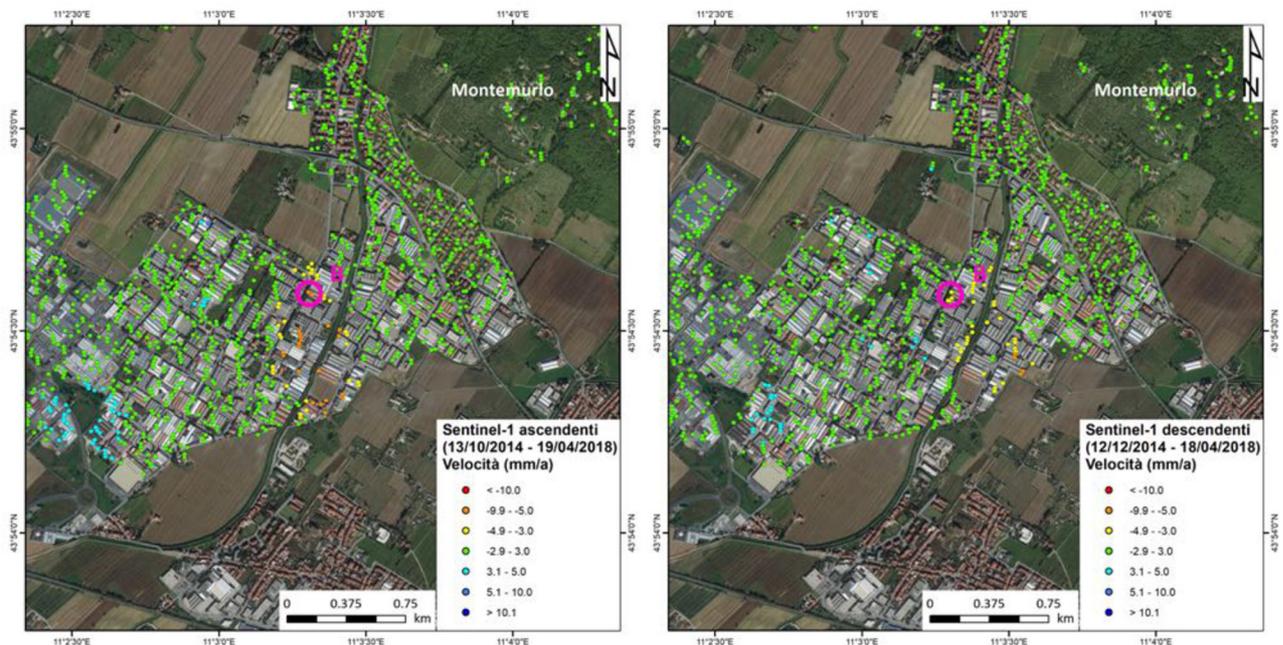


Figura 5 - Dati Sentinel-1 ascendenti (sinistra) e discendenti (destra aggiornati rispettivamente al 19 ed al 18 aprile 2018, per il settore B del comune di Montemurlo (PO). Il cerchio B si riferisce al punto in cui sono state estratte le serie temporali.

Le serie temporali in entrambe le orbite mostrano un *trend* in allontanamento rispetto al sensore nell'ordine di -6.5 mm/anno con una accelerazione da febbraio 2017 ed una progressiva stabilizzazione a partire da gennaio 2018 (Figura 6).

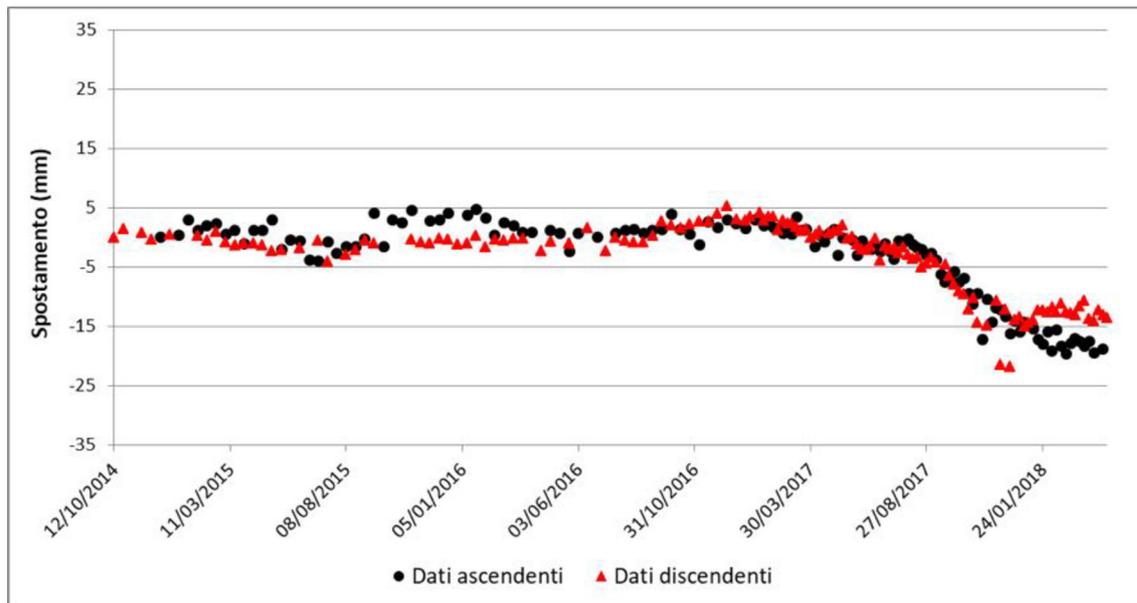


Figura 6 - Serie temporale ascendente (nero) e discendente (rosso) del punto B.

### 3.3 Settore C

Nel settore C sono presenti dati nella sola orbita discendente (Figura 7); la copertura risulta essere più scarsa rispetto ai settori precedenti in quanto sono presenti solamente alcuni edifici isolati contornati da campi coltivati. Per un punto di interesse è stata estratta la serie temporale aggiornata all'ultima acquisizione disponibile del satellite Sentinel-1, ossia al 18 aprile 2018 in orbita discendente.

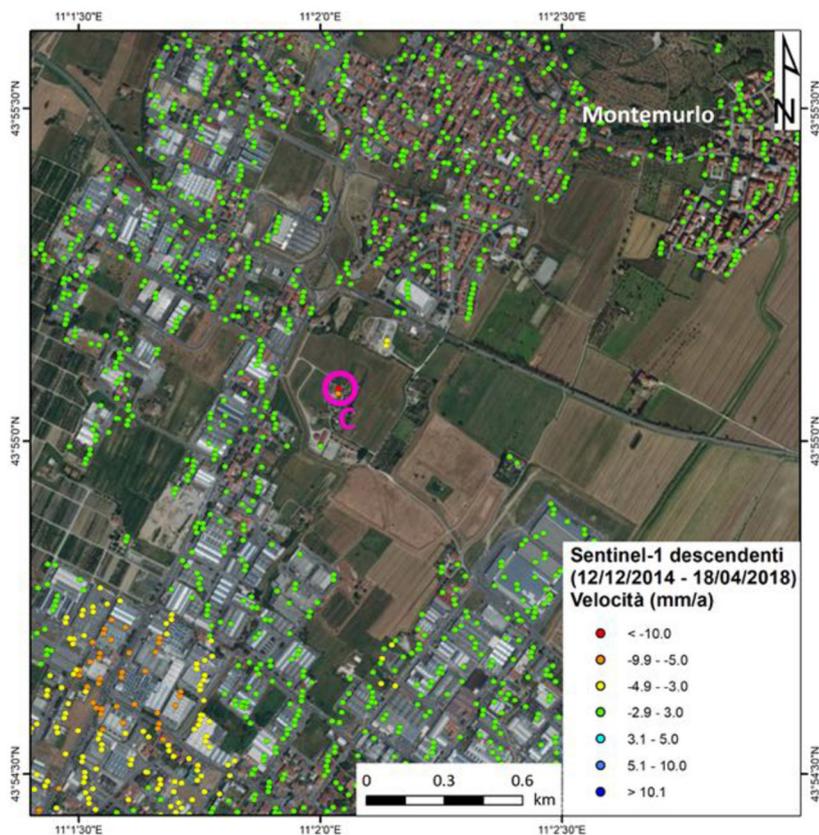


Figura 7 - Dati Sentinel-1 discendenti, aggiornati al 18 aprile 2018, per il settore C del comune di Montemurlo (PO). Il cerchio D si riferisce al punto in cui è stata estratta la serie temporale.

La serie temporale mostra, nei primi 6 mesi, dati molto rumorosi che non permettono di individuare un chiaro *trend*. A partire da giugno 2015 è possibile riconoscere un lento movimento in allontanamento rispetto al sensore seguito da un' accelerazione più netta a partire da gennaio 2017. Da dicembre 2017 la serie sembra stabilizzarsi attorno a valori molto bassi di spostamento (Figura 8). I punti di interesse nel settore C mostrano velocità medie annue, in allontanamento rispetto al sensore, di -10 mm/anno.

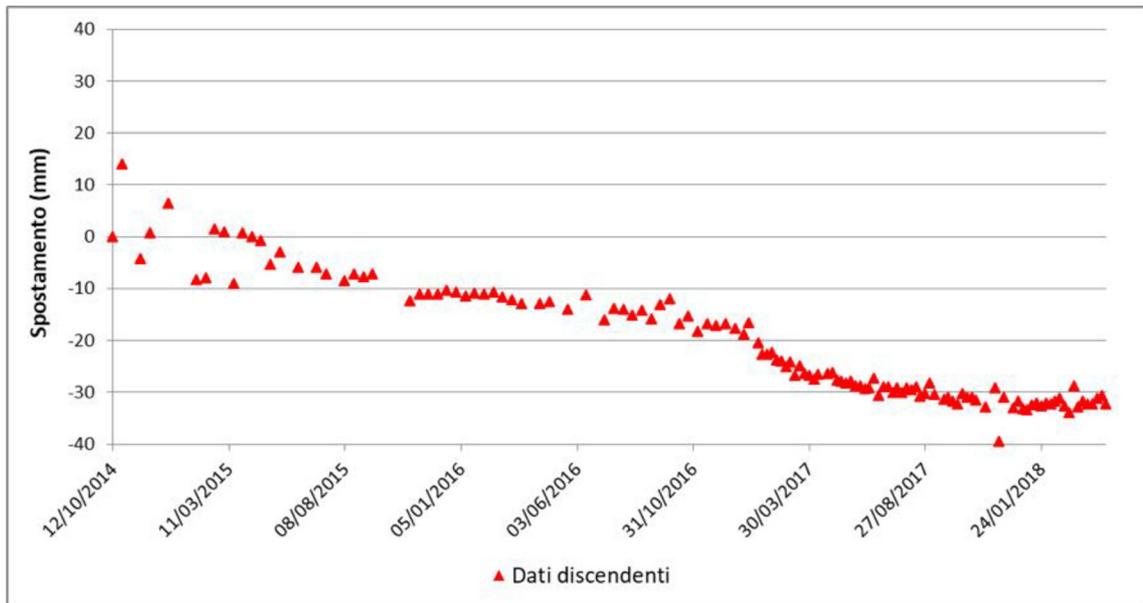


Figura 8 - Serie temporale discendente del punto C.

### 3.4 Settore D

Nel settore D sono presenti dati PS nella sola orbita discendente (Figura 9); la copertura risulta particolarmente rada a causa della diffusa vegetazione, sia per la presenza di campi arati che di alberi ad alto fusto. Per un punto di interesse è stata estratta la serie temporale aggiornata all'ultima acquisizione disponibile del satellite Sentinel-1, ossia al 18 aprile 2018 in orbita discendente.

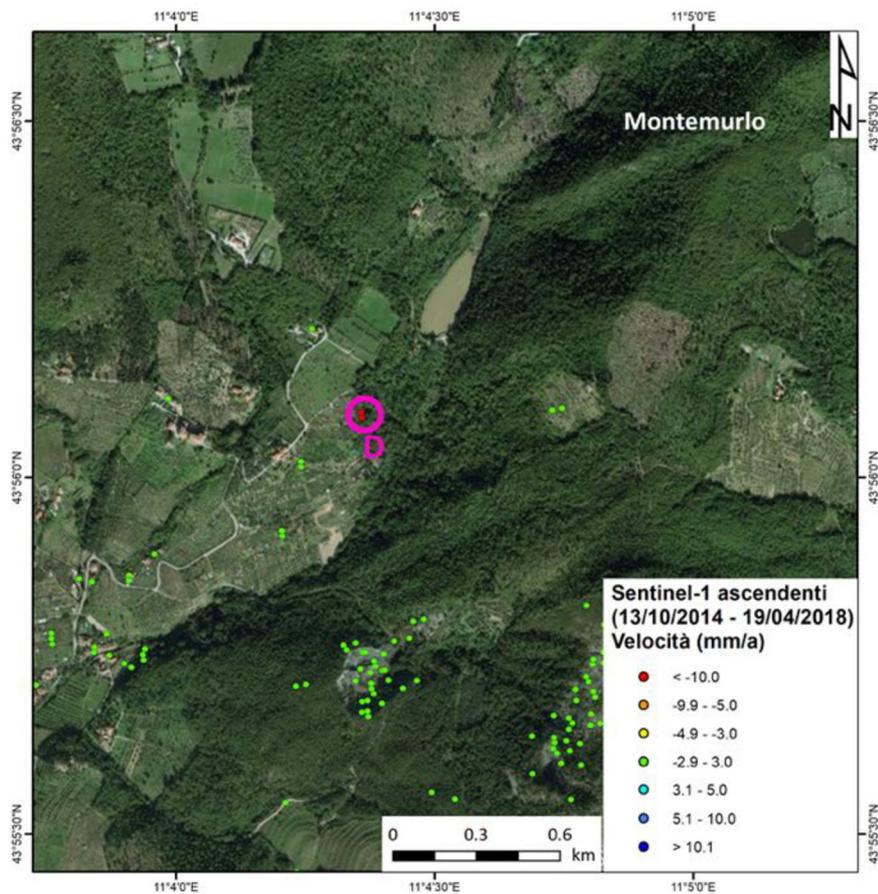


Figura 9 - Dati Sentinel-1 ascendenti, aggiornati al 19 aprile 2018, per il settore D del comune di Montemurlo (PO). Il cerchio D si riferisce al punto in cui è stata estratta la serie temporale.

La serie temporale mostra un *trend* lineare di allontanamento rispetto al sensore in orbita ascendente per tutto il periodo monitorato e con una velocità media annua di -11 mm/anno (Figura 10).

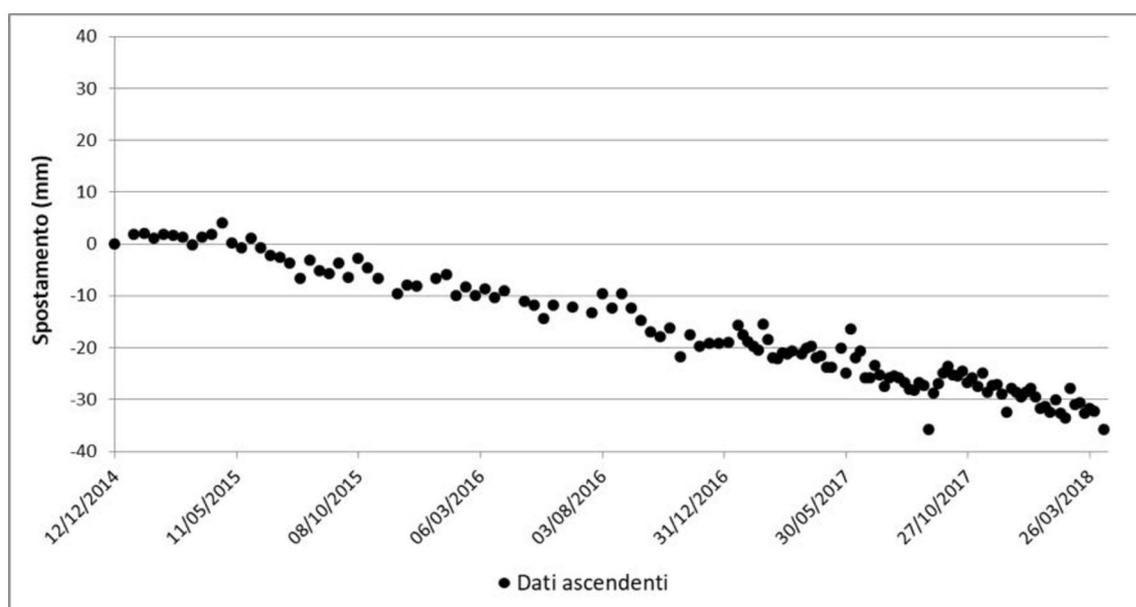


Figura 10 - Serie temporale ascendente del punto D.

## 4 Conclusioni

Il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Firenze ha effettuato una analisi delle immagini *radar* satellitari Sentinel-1, nel territorio del comune di Montemurlo (PO).

Le serie temporali in entrambe le orbite dei punti PS nel settore A mostrano un movimento costante nel tempo ed in allontanamento rispetto al sensore dell'ordine di -7 mm/anno. Si segnala un lieve rallentamento del *trend* di spostamento nella parte terminale delle serie.

Le serie temporali in entrambe le orbite dei punti PS nel settore B mostrano un *trend* di spostamento in allontanamento rispetto al sensore nell'ordine di -6.5 mm/anno con una accelerazione da febbraio 2017 ed una progressiva stabilizzazione a partire da gennaio 2018.

Nel settore C sono presenti dati PS solamente in orbita ascendente, con velocità medie annue pari a -10 mm/anno. La serie temporale di riferimento mostra, nei primi 6 mesi, dati molto rumorosi che non permettono di individuare un *trend*. partire da giugno 2015 è possibile riconoscere un lento movimento in allontanamento rispetto al sensore seguito da un'accelerazione più netta a partire da gennaio 2017. Da dicembre 2017 la serie sembra stabilizzarsi attorno a valori molto bassi di spostamento.

Nel settore D sono presenti dati PS solamente in orbita discendente, con velocità medie annue pari a -11 mm/anno. La serie temporale di riferimento mostra un *trend* lineare e costante in allontanamento rispetto al sensore per tutto il periodo monitorato.

A seguito di una analisi di dettaglio delle serie storiche dei settori individuati sulla base delle osservazioni effettuate dal Genio Civile di competenza, non si evidenziano situazioni di aggravamento in atto delle criticità riscontrate.

Si raccomanda tuttavia di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni deformativi anche con strumentazione installata direttamente in situ.