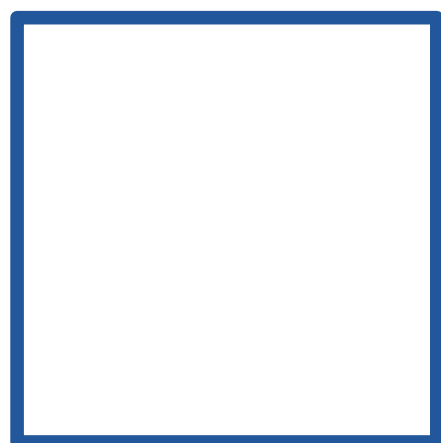
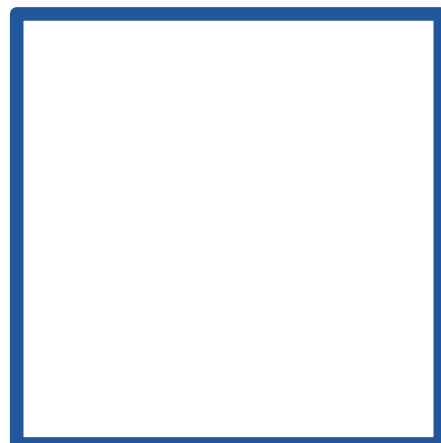
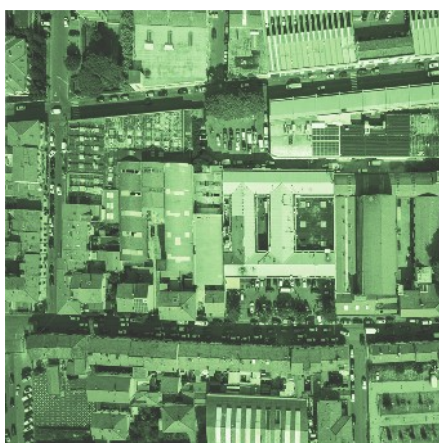


Piano Strutturale 2024

Relazione geologica



ELABORATO ST_AF_8

Approvazione 2024

Sindaco

Matteo Biffoni

Assessore all'Urbanistica e ambiente

Valerio Barberis

Garante per l'Informazione e Partecipazione

Laura Zacchini

Progettista e Responsabile del Procedimento

Pamela Bracciotti – Dirigente Servizio urbanistica, Transizione ecologica e Protezione civile

Coordinamento Tecnico Scientifico

Silvia Balli – Responsabile Coordinamento atti di governo del territorio

Gruppo di Progettazione

Catia Lenzi - Responsabile Ufficio di Piano

Vanessa Cencetti, Francesco Rossetti, Virginia Castellucci

Valutazione Ambientale Strategica

Annalisa Pirrello

Processo Partecipativo e Comunicativo

Avventura Urbana srl

Contributi Specifici

Disciplina degli insediamenti

Chiara Nostrato, Sara Gabbanini

Disciplina del territorio rurale

NEMO Srl - Studi agroforestali e Rete Ecologica

Benedetta Biaggini

Geologia, Idrogeologia e Sismica

Alberto Tomei

Aspetti giuridici

Giacomo Muraca

Archeologia

Luca Biancalani

Studi sul paesaggio agrario storico

Università degli Studi di Firenze DIDA – Chiara Giuliacci
coordinamento Prof. Tessa Matteini, Prof. Paolo Nanni

Aspetti ecologico-paesaggistici delle aree umide

Carlo Scoccianti

Forestazione urbana

Antonella Perretta, Paolo Bellocci - Pianificazione strategica del patrimonio naturale

Studi economici delle caratteristiche del tessuto e del sistema produttivo

I.R.P.E.T. - Istituto Regionale Programmazione Economica della Toscana

Studi delle dinamiche socioeconomiche del sistema tessile e archeologia industriale

IRIS srl, Giuseppe Guanci

Studi sulle identità del territorio, policentrismo e multiculturalità

Corinna Del Bianco

Studi sui miglioramenti ambientali e bioclimatici derivanti dalle strategie di riqualificazione tecnologica ambientale delle aree produttive

Università la Sapienza - Dipartimento Pianificazione, Design e Tecnologia dell'Architettura

Responsabile scientifico: Prof. Fabrizio Tucci

Gruppo di lavoro: Paola Altamura, Marco Giampaolletti, Caterina Dalsasso, Maria Lidia Giannini, Federica Nava, Maria Michaela Pani, Violetta Tulelli

Servizio Mobilità e Infrastrutture

Riccardo Pallini, Daniela Pellegrini, Edoardo Bardazzi, Antonio Manolio, Marinella Carrieri

Servizio Servizi demografici e statistica

Elena Cappellini, Sandra Carmagnini, Sabrina Frosali - Statistica

Servizio Cultura, Turismo e comunicazione

Claudia Giorgetti, Vanessa Postiferi, Valentina Del Sapio – Rete civica

Oretta Giunti, Teresa Di Giorgio – Ufficio Relazioni con il pubblico

Servizio Innovazione e Agenda Digitale

Alessandro Radaelli, Francesco Pacini, Mattia Gennari - S.I.T. Open data e Big Data

Database geografico

LDP Progetti GIS srl

Supporto organizzativo

Patrizia Doni - Segreteria Assessorato Urbanistica e Ambiente

Supporto amministrativo

Enrico Desii, Silvia Guidotti, Barbara Paoletti, Erika Bellandi UO Amministrazione e servizi generali

Indice

Premessa.....	1
Capitolo 1 – Il Quadro conoscitivo.....	4
1.1 - Descrizione e rappresentazione del territorio di Prato: le carte di analisi.....	4
1.1.1 Carta geologica (QC_AF_1).....	4
1.1.2 Carta litotecnica e dei dati di base (QC_AF_2).....	9
1.1.3 Carta geomorfologica (QC_AF_3).....	12
1.1.4. - Carta idrogeologica (QC_AF_4).....	18
1.1.5. - Carta dell'acclività (QC_AF_5).....	20
Capitolo 2 – Lo statuto del territorio.....	22
2.1 – La pericolosità del territorio.....	22
2.1.1 Carta della pericolosità geologica (ST_AF_1).....	23
2.1.2 Carta della pericolosità sismica locale (ST_AF_2).....	24
2.1.3 Carta della pericolosità da alluvione (ST_AF_3).....	26
2.1.4 Carta dei battenti idraulici per TR 200 anni (ST_AF_4).....	28
2.1.5 Carta dei ristagni per Tr 200 anni (ST_AF_5).....	29
2.1.6 Carta della magnitudo idraulica e delle aree presidiate dai sistemi arginali (ST_AF_6).....	29
2.1.7 Carta delle problematiche idrogeologiche (ST_AF_7).....	30

Premessa

Questo documento costituisce la relazione tecnica finale relativa allo studio geologico elaborato a supporto del nuovo Piano Strutturale che, rispetto alla versione adottata con DCC.n.48 del 27/07/2023, viene aggiornata a seguito delle osservazioni e richiesta di integrazioni pervenute dopo l'adozione del Piano, sia da parte di privati cittadini, sia da parte degli Enti preposti al controllo e verifica della documentazione presentata. In particolare si riportano anche le modifiche conseguenti al completamento del procedimento ex art.16 della disciplina del progetto di PAI “dissesti geomorfologici” che ha portato alla ridefinizione delle banche dati geografiche della pericolosità geomorfologica del PAI Arno e delle aree a pericolosità da dissesti di natura geomorfologica del Progetto di PAI “dissesti geomorfologici”, anche a seguito dei dissesti causati dalla calamità naturale che ha colpito il territorio pratese il giorno 2 novembre 2023.

Nei paragrafi che seguono si riporta la descrizione di quanto è stato elaborato per la definizione dello studio geologico di supporto al nuovo Piano Strutturale di Prato che aggiorna ed andrà a sostituire quello attualmente vigente così come modificato con l'ultima variante approvata con Del.C.C.n.16 del 11/03/2019 relativa all'adeguamento del quadro conoscitivo alle direttive del D.P.G.R. 53/R/2011 ed al P.G.R.A.

Le indagini geologiche di supporto al vigente PS si rifacevano infatti a direttive regionali adesso superate da quelle nuove allegate al DPGR.n.5/R/2020 “Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche” cui si fa riferimento per i nuovi elaborati cartografici e di testo.

Con l'emanazione del nuovo regolamento regionale, oltre a introdurre piccole variazioni nella definizione delle aree a diversa pericolosità del territorio, viene stabilita la necessità di basare la pericolosità sismica del territorio sugli esiti di uno studio di Microzonazione Sismica di livello 2. A questo proposito l'Amm.ne Comunale di Prato aveva già ottemperato in precedenza, utilizzando uno specifico finanziamento ministeriale messo a disposizione dalla Regione Toscana (Decreto Dirigenziale di G.R.T.n.116262 del 4/10/2018 di cui all'Ordinanza CDPC.n.344/2016).

Il lavoro che è stato svolto in questa fase non parte quindi da “zero” ma recupera e aggiorna tutti gli elementi e le conoscenze già elaborati in precedenza che ancora oggi risultano pertinenti e coerenti sia rispetto alla nuova normativa di settore sia rispetto alle eventuali modifiche dei fenomeni idrogeomorfologici che già riconosciuti e descritti a suo tempo, concorrono ancora validamente alla formazione del quadro conoscitivo ed alla conseguente predisposizione dello scenario di pericolosità del territorio.

I nuovi elaborati cartografici prodotti seguono quindi lo “schema” indicato dalle nuove direttive regionali e superano in tutto e per tutto gli elaborati del precedente Piano Strutturale.

Per la ricostruzione del nuovo quadro conoscitivo e dello scenario di pericolosità geologica e sismica sono stati condotti degli specifici studi e approfondimenti sia richiesti dalle nuove direttive regionali sia per ottemperare alle disposizioni del PAI –

“Dissesti geomorfologici” (adottato nel dicembre 2022) rispetto al quale la carta geomorfologica, basata su un nuovo rilevamento dalle più recenti foto aeree disponibili in vista stereoscopica, costituisce le “osservazioni” ai sensi dell’art.16 della disciplina di Piano, in vista della sua approvazione finale.

Al di là degli adempimenti dovuti alla variazione dello scenario di riferimento normativo sovraordinato, cui contribuisce anche il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni approvato con il d.p.c.m. 1 dicembre 2022 rispetto al quale il Comune di Prato si è già adeguato con l’ultima variante al PS, lo studio geologico di supporto al nuovo Piano Strutturale sostituisce tutta la documentazione precedente elaborata a più riprese nell’arco di circa un decennio per tener conto delle variazioni e delle disponibilità di nuovi dati che hanno permesso l’implementazione e l’aggiornamento sia delle carte di analisi che di pericolosità. Seguendo l’orientamento generale della normativa regionale che suddivide il processo di pianificazione in un “*quadro conoscitivo*” e in uno “*statuto del territorio*” anche lo studio geologico si articola in due parti; le cartografie di analisi (QC_AF) e quelle della valutazione della pericolosità (ST_AF), rispettivamente, la raccolta e l’organizzazione di tutti i dati conoscitivi disponibili e la successiva interpretazione, in chiave di pericolosità, dei vari fenomeni che possono verificarsi e interagire negativamente con l’attività antropica.

In definitiva gli elaborati che compongono lo studio geologico di supporto al nuovo Piano Strutturale sono i seguenti:

Indagini geologiche, idrauliche e sismiche DPGR.n.5/R/20:

QC_AF_1_Carta geologica, scala 1:10.000;

QC_AF_2_Carta litotecnica e dei dati di base, scala 1:10.000;

QC_AF_3_Carta geomorfologica, scala 1:10.000 (modificata a seguito delle osservazioni);

QC_AF_4_Carta idrogeologica, scala 1:10.000;

QC_AF_5_Carta dell’acclività, scala 1:10.000;

ST_AF_1_Carta della pericolosità geologica, scala 1:10.000 (modificata a seguito delle osservazioni);

ST_AF_2_Carta della pericolosità sismica locale, scala 1:10.000 (modificata a seguito delle osservazioni);

ST_AF_3_Carta della pericolosità da alluvione, scala 1:10.000;

ST_AF_4_Carta dei battenti idraulici per Tr 200 anni, scala 1:10.000 (modificata a seguito delle osservazioni);

ST_AF_5_Carta dei ristagni per Tr 200 anni, scala 1:10.000;

ST_AF_6_Carta della magnitudo idraulica e delle aree presidiate da sistemi arginali, scala 1:10.000;

ST_AF_7_Carta delle problematiche idrogeologiche, scala 1:10.000

ST_AF_8_Relazione geologica (modificata a seguito delle osservazioni).

Completano il quadro conoscitivo di riferimento tutti gli elaborati dello studio idrologico-idraulico realizzato nel 2019 per la variante al PS di adeguamento al PGRA e lo studio di Microzonazione sismica di livello 2 costituito dai seguenti elaborati:

Studio di Microzonazione Sismica di livello 2:

QC_SM_1_Carta delle indagini, scala 1:5.000;

QC_SM_2_Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica, scala 1:5.000;

QC_SM_3_Carta delle sezioni geologico-tecniche, scala 1:5.000;

QC_SM_4_Carta delle frequenze fondamentali dei depositi, scala 1:5.000;

QC_SM_5_Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), scala 1:5.000;

QC_SM_6_Carta di microzonazione sismica con fattore di amplificazione relativo al periodo 0,1s – 0,5s scala 1:5.000;

QC_SM_7_Carta di microzonazione sismica con fattore di amplificazione relativo al periodo 0,5s – 1,0s scala 1:5.000;

QC_SM_8_Carta di microzonazione sismica in riferimento al fattore di amplificazione massimo, scala 1:5.000;

QC_SM_9_Relazione tecnica e data-base delle indagini geognostiche.

Ciascun tematismo rappresentato nelle carte che compongono lo studio geologico è stato costruito con dati vettoriali in modo da poter implementare una qualsiasi banca dati che utilizzi un sistema informativo geografico secondo gli standard tecnici regionali. La cartografia utilizzata come base per tutti gli elaborati cartografici è quella derivata dalla C.T.R. in scala 1:10.000 e 1:2.000 ed è stata suddivisa in due quadranti (nord e sud) in modo da rappresentare tutto il territorio di Prato in stampe di formato comunemente riproducibile.

Nei paragrafi seguenti si descrivono le nuove cartografie prodotte mentre per lo studio di Microzonazione Sismica di livello 2 si rimanda alle rispettive relazioni tecniche ed elaborati cartografici.

Capitolo 1 – Il Quadro conoscitivo

1.1 - Descrizione e rappresentazione del territorio di Prato: le carte di analisi

Qui di seguito vengono illustrate le diverse carte tematiche che compongono il quadro conoscitivo in relazione anche alle “ricadute” che ciascuna di esse produce sulla determinazione della pericolosità del territorio.

La carta geologica (QC_AF_1), la carta litotecnica e dei dati di base (QC_AF_2) e la carta dell'acclività (QC_AF_5) rappresentano la costituzione fisica, l'“ossatura” immutabile del territorio con la quale dovremo sempre confrontarci per qualsiasi tipo di intervento.

La carta geomorfologica (QC_AF_3) e la carta idrogeologica (QC_AF_4) rappresentano la fotografia “istantanea” che ritrae lo stato attuale del territorio in relazione alle dinamiche fisiche che attualmente lo regolano, alla tipologia dei dissesti, alla loro ricorrenza e spazialità. Tali elaborati ci danno la possibilità di rappresentare ed evidenziare le dinamiche naturali del territorio e di distinguere, in una certa misura, i fenomeni propri da quelli indotti o potenzialmente innescabili da pratiche antropiche non corrette.

1.1.1 Carta geologica (QC_AF_1)

La descrizione e l'interpretazione dei corpi rocciosi che rappresentano ora il substrato di fondazione ora il “grande serbatoio” delle acque sotterranee, oltre a “regolare” la stabilità dei versanti, rappresenta la base di partenza necessaria per una corretta pianificazione e gestione del territorio.

Da sempre l'analisi dei corpi rocciosi è stata finalizzata alla individuazione dei caratteri fisici e chimici delle diverse formazioni geologiche affioranti ed alla comprensione dei meccanismi di deposizione e di trasporto che, a grande scala, hanno contribuito alla “costruzione” della morfologia dei luoghi. Gli stessi caratteri ci permettono anche la comprensione della circolazione delle acque di falda, il riconoscimento delle aree di maggior vulnerabilità degli acquiferi oltre la determinazione delle caratteristiche geomeccaniche di base.

Come base di partenza per lo studio geologico del territorio comunale è stato fatto riferimento alla Cartografia Geologica Regionale (CARG), in scala 1:10.000, approfondendo poi il dettaglio attraverso l'interpretazione di foto aeree e sopralluoghi in campagna soprattutto per l'individuazione corretta dei terreni di copertura (corpi franosi e detritici).

L'articolazione della legenda della carta geologica prevede dunque il riconoscimento dei depositi superficiali sciolti e del substrato lapideo, la natura dei quali ha immediato riflesso sulla resistenza all'erosione e sulla capacità di lasciar penetrare e

immagazzinare l'acqua nel sottosuolo, mentre la loro distribuzione areale governa la stabilità dei versanti collinari e le caratteristiche geotecniche del substrato di pianura.

L'individuazione di tutte le aree ove si riscontra una copertura pedologica discontinua impone, invece, una particolare attenzione sugli effetti dell'erosione delle acque superficiali e sul controllo e il mantenimento della stabilità dei versanti collinari e sulla regolazione degli afflussi in pianura.

Nel complesso è stato raggiunto un livello di conoscenza sufficientemente dettagliato che interessa una serie di problematiche che spaziano dalla genesi e dall'evoluzione geologica dei terreni alla loro caratterizzazione geotecnica e idrogeologica.

La legenda della carta individua e definisce i terreni di "copertura" costituiti da materiali sciolti (depositi alluvionali e di accumulo) ed il "substrato lapideo" articolato nelle diverse Unità tettoniche caratterizzate dalle varie Formazioni. In cartografia si riportano, inoltre, le misure di strato relative ad ogni affioramento significativo sul territorio con il relativo valore di inclinazione rispetto al piano orizzontale, le principali faglie e fratture tettoniche oltre alla traccia lungo la quale è stata realizzata una sezione geologica più significativa che mostra i rapporti stratigrafici tra le principali formazioni geologiche presenti nel territorio pratese.

I depositi alluvionali (in parentesi la notazione adottata nel CARG):

- **attuali** (b): si tratta del materiale detritico che attualmente trasporta e deposita il Fiume Bisenzio all'interno del suo alveo e comprende terreni con litologie e granulometrie che possono variare dai ciottoli fino ai materiali più fini quali limi e argille.

- **recenti** (bna): rappresentano tutti i depositi che sono caratterizzati da una prevalenza di terreni fini (limoso-argillosi) anche se localmente si può riscontrare la presenza di livelli più grossolani, localizzati principalmente a sud e ad ovest del territorio comunale, messi in posto dalle divagazioni del reticolo idrografico minore.

- **terrazzati** (bnt): sono depositi litologicamente molto eterogenei formati dal susseguirsi di momenti di erosione a momenti di deposizione della corrente fluviale che gli ha conferito una morfologia terrazzata. Questi depositi si ritrovano ai margini delle valli più strette a quote superiori rispetto a quelle a cui si trova attualmente il corso d'acqua che li ha generati.

- **conoide alluvionale** (ca): si tratta di una struttura morfologica derivante dall'accumulo di sedimenti fluviali dove quelli più grossolani (ghiaie e sabbie) si ritrovano nella zona apicale (verso monte) mentre quelli più fini (argille e limi) si ritrovano ai margini ed a maggiore distanza dallo sbocco del Fiume Bisenzio e del Torrente Bardena nella pianura pratese.

I depositi di accumulo:

- **antropico** (h5): rappresentano tutti i materiali utilizzati per la realizzazione di manufatti antropici come i rilevati per le linee ferroviarie e/o autostradali, i riempimenti

e le sopraelevazioni rispetto al piano di campagna, caratterizzati, nel complesso, da un'elevata eterogeneità litologica.

– **eluvio-residuale** (b2a): questi depositi costituiscono prevalentemente il prodotto della dissoluzione chimica dei terreni carbonatici che sciogliendosi subiscono un trasporto lungo il versante ed una rideposizione in zone poco acclivi lasciando sul terreno residui insolubili prevalentemente di natura argillosa.

- **colluviale** (b7): rappresentano tutti i depositi che sono caratterizzati da una prevalenza di terreni fini (limoso-argillosi) anche se localmente si può riscontrare la presenza di livelli più grossolani. La genesi di tali depositi risulta prevalentemente di natura colluviale ovvero terreni che hanno subito una alterazione, un trasporto lungo il versante ed una rideposizione in tratti di versante meno acclivi (ad esempio la fascia pedecollinare che borda i rilievi della Calvana in sinistra idrografica del Bisenzio).

– **detritico e di frana** (a3): si tratta di materiale proveniente dalla disgregazione meccanica dei terreni litoidi. Le dimensioni dei clasti risultano prevalentemente grossolane e la composizione varia secondo la natura della roccia di origine. Geneticamente sono depositi costituiti dall'accumulo dovuto prevalentemente alla gravità e perciò sono compresi in questa classe sia i depositi attribuibili a frane e paleofrane (in questo caso ripresi dal nuovo rilievo utilizzato per la carta geomorfologica che va a sostituire quelli indicati nella cartografia del CARG) sia i corpi detritici in senso lato. In base alla litologia che costituisce la roccia madre tali depositi possono essere più o meno ricchi di una frazione fine ma conservano generalmente una morfologia riconducibile ad un accumulo gravitativo.

Il substrato lapideo è stato suddiviso in unità tettoniche, in base alle più accreditate teorie sull'orogenesi dell'Appennino. Le Unità presenti sul territorio sono quelle cosiddette “Toscane” e “Liguri”: le prime sono rappresentate dall'Unità del Monte Cervarola mentre le seconde sono rappresentate dall'Unità di Monte Morello e del Monte Gottero che comprende tutta la caratteristica serie “ofiolitica”.

UNITA' TETTONICHE TOSCANE

Unità del Monte Cervarola

– Formazione dell'Acquerino (AQR1)

Torbiditi arenaceo pelitiche con arenarie in strati gradati, talvolta alternati a peliti costituiti da siltiti e argilliti. Le arenite hanno grana da fine a grossolana in funzione dello spessore degli strati. Rapporto A/P (arenarie/peliti) da 1 a >1 con tendenza ad aumentare verso il basso della stratificazione. Lo spessore massimo affiorante si aggira sui 1.500 metri (Chattiano ? - Aquitaniano).

UNITA' TETTONICHE LIGURI

Unità di Monte Morello

– Formazione di Sillano (SIL)

Costituita da argilliti varicolori con irregolari intercalazioni di arenarie quarzoso-calcaree e calcareniti, finemente stratificate, di marne e calcari marnosi grigio chiari. Nella facies più comune le argilliti sono prevalenti; altre facies abbastanza diffuse sono formate da una maggiore quantità di arenarie, fittamente interstratificate con argilliti grigie con o senza rare intercalazioni di calcari marnosi e marne. La Formazione del Sillano contiene al suo interno grandi lenti di materiale torbiditico che costituiscono la *Pietraforte*. In alcune località (come Figline di Prato) presenta come intercalazioni al suo interno o al passaggio con Formazione del M. Morello, livelli di breccie grossolane con clasti spigolosi provenienti dai termini del Supergruppo del Vara: basalti, gabbri, serpentiniti, diaspri, calcari micritici biancastri, variamente associati. Data la natura prevalentemente argillitica di questa formazione, la deformazione tettonica è spesso assai intensa, rendendo di difficile valutazione lo spessore originario, che dovrebbe aggirarsi su qualche centinaio di metri. I microfossili che si trovano nei livelli calcarei e marnosi indicano un'età compresa tra la parte bassa del Cretaceo superiore ed il Paleocene.

- Formazione di Sillano – Membro di Gualdo (SILb)

Argilliti rosse-verdine e grigie con intercalazioni di calcari marnosi verdastri.

- Formazione di Sillano litofacies olistostromica (SILa)

Argilliti e siltiti in facies olistostromica, sono presenti localmente "slump" o lembi di successioni riconducibili alle formazioni delle Argille a Palombini e dei Calcari a Calpionelle/Calpionelle. Localmente sono cartografabili blocchi ed olistoliti ofiolitici.

- Formazione di Monte Morello (MLL)

Alternanza di calcari detritici grigio giallastri, calcari marnosi bianchi e nocciola a frattura concoide, marne, arenarie calcaree, calcareniti e argilliti; talora la base degli strati è calcarenitica. Prevalgono i termini calcareo marnosi. Lo spessore degli strati è variabile dai 30 centimetri a oltre un metro per quanto riguarda i calcari marnosi. Nella porzione basale della formazione si osservano liste di selce nera. Contatto inferiore con la Formazione di Sillano. (Eocene inf. - medio)

Unità del Monte Gottero – serie ofiolitica

Le Ofioliti sono costituite da rocce di origine sia magmatica che sedimentaria e rappresentano sezioni di crosta oceanica e del sottostante mantello che sono state sollevate o sovrapposte alla crosta continentale fino ad affiorare. La grande importanza geologica delle ofioliti risiede nel testimoniare, all'interno delle grandi catene montuose come gli Appennini o le Alpi, la presenza di resti di un bacino oceanico preesistente consumato dal fenomeno della subduzione.

Nel territorio di Prato, e precisamente nel bacino del Torrente Bardena (Figline di Prato), affiora il "complesso ofiolitico" cioè un'associazione di rocce ignee e metamorfiche costituite principalmente da masse peridotitico-serpentinose e gabbriche, da effusioni basaltiche generalmente con strutture a cuscino (pillow-lavas) con al tetto rocce sedimentarie di mare profondo. Queste particolari rocce rappresentano la tipica sequenza litologica che si costituisce per fuoriuscita di magma nelle zone di frattura del fondo oceanico.

Queste rocce si ritrovano in ambiente “continentale” a seguito di ampie e complesse evoluzioni tettoniche che hanno fatto migrare e emergere i fondi oceanici (e con essi gli accumuli sedimentari depositatisi al di sopra per centinaia di milioni di anni) fino a costituire gli attuali rilievi. La tipica sequenza dal basso verso l’alto è così rappresentata:

- a) rocce peridotitiche serpentizzate, ultrabasiche, intrusive, costituite da olivina o peridoto che è un silicato di Fe e Mg il cui prodotto di alterazione (idrotermale) è il serpentino. Tali rocce rappresentano la prima fase di raffreddamento di un magma quando si separano per primi i minerali ricchi in Fe e Mg (da qui il loro colore scuro);
- b) rocce gabbriche, intrusive, costituite anch'esse, ma in proporzione minore, da minerali ferro-magnesiaci e da feldspati, minerali con un maggior contenuto in calcio e silice;
- c) rocce basaltiche o diabasiche, rappresentano l'equivalente effusivo dei gabbri, si ritrovano nella parte superiore delle serie ofiolitiche e sono spesso associati a rocce sedimentarie pelagiche (Argille a Palombini, Calcari a Calpionelle, Diaspri).

- **Argille a Palombini** (APAA)

Argilliti grigio scure-brune, localmente contengono intercalazioni decimetriche fino a metriche di calcari micritici silicizzati, spesso contenuti quarzo detritico. I livelli calcarei sono abbondanti verso la base e decrescono verso l’alto delle sequenze dove aumenta invece il quarzo detritico. Il nome di Palombini, che fa riferimento al colore grigio dei colombi, è stato dato alle intercalazioni calcaree. L’ambiente della sedimentazione è ancora quello di un mare profondo ma con progressivo aumento di apporti terrigeni da parte di correnti di torbida, provenienti da zone emerse molte lontane (sedimenti distali). (Hauteriviano sup. - Campaniano).

- **Calcari a Calpionelle** (CCL)

Calcolititi grigio scure con base generalmente calcarenitica alternate talvolta ad argilliti brune. Gli strati hanno uno spessore variabile da 20 centimetri a qualche metro. (Titonico – Oxfordiano (?) sup.).

- **Diaspri** (DSA)

Radiolariti rosso scure in strati centimetrici, alternate localmente a strati centimetrici di argilliti brune o rosso scure. I tipi più puri, bianchi, verdognoli, giallastri, compatti presentano frattura concoide lucente, quelli meno puri rossastri, fino a rosso mattone, opachi, a frattura scagliosa. L'intensità e il tono della colorazione sono in relazione alla presenza di sostanze ferruginose. Lo spessore degli strati è dell'ordine di pochi centimetri.

Questo corpo roccioso si presenta spesso fratturato secondo piani di discontinuità sub-perpendicolari alla direzione della stratificazione formando blocchetti prismatici. Per la sua durezza e lavorabilità tale roccia è stata sfruttata in passato dai cacciatori musteriani, circa 30.000 anni fa, per la fabbricazione di utensili per la caccia. (Titonico – Oxfordiano (?) sup.).

- **Basalti** (BST)

Rocce basiche effusive raffreddatesi in ambiente marino a contatto con le acque profonde oceaniche formando la caratteristica struttura a “cuscinò” (*pillow-lavas*)

– **Gabbri (GBB)**

Roccia intrusiva olocristallina, formata principalmente da plagioclasio e pirosseni. Rappresenta il corrispondente intrusivo del Basalto. Si presentano massivi, generalmente eufotidi, a grana grossolana. Localmente tettonizzati.

Queste rocce, di aspetto massivo, costituiscono i termini “intrusivi” della sequenza ofiolitica, la grana è da fine a grossolana.

I minerali costituenti principali sono i plagioclasti ed i pirosseni, questi ultimi, unitamente agli altri minerali scuri minori (olivina ed anfiboli), costituiscono generalmente il 50% della roccia con valori variabili fra il 35 ed il 65% .

Tali rocce sono utilizzate generalmente come ghiaia per rilevati ferroviari, materiale di costruzione per strade o più genericamente come inerti. Nella zona di Prato esiste una cava, detta delle Macine, molto vicina alla cava di “serpentino” di Pian di Gello dalla quale venivano estratte e lavorate le macine per i molini. La particolare composizione mineralogica del gabbro (elevato tenore di magnesio e di calcio, sodio e potassio molto scarsi e elevato tenore di ferro) non consente lo sviluppo di una rigogliosa copertura vegetale che non trova la quantità e la qualità giusta di elementi nutritivi.

– **Serpentiniti (PRN)**

Roccia ultrafemica (contenuto in silice minore del 45%) metamorfizzata appartenente alla famiglia delle peridotiti, prevalentemente lherzoliti, nelle quali tutti i minerali componenti (olivina, pirosseno e a volte gli anfiboli) si sono trasformati in serpentino.

Sono rocce originatesi dal metamorfismo di rocce plutoniche ultrabasiche e delle vulcaniti che si formano durante la prima fase di raffreddamento del magma quando si separano i minerali più ricchi in Fe e Mg (da qui il loro colore scuro).

Il serpentino si mostra in struttura compatta, massiccia, anche se spesso con molti piani di fratturazione, con una varietà di colorazione dal verde al verde scuro e blu con varie striature il cui aspetto globale ricorda la pelle dei serpenti (da qui il nome).

Tali rocce sono state utilizzate come pietre ornamentali ove la fratturazione lo permetteva oppure come pietrisco per le massicciate stradali e ferroviarie.

1.1.2 Carta litotecnica e dei dati di base (QC_AF_2)

Con lo studio di Microzonazione Sismica di secondo livello che il Comune di Prato aveva già fatto elaborare ai fini dell'aggiornamento dello scenario di pericolosità sismica del territorio così come richiesto dalle attuali Direttive regionali (DPGR.n.5/R/2020), si è potuto disporre di una serie di nuove indagini geognostiche utili per l'implementazione della mappa delle indagini geognostiche realizzati nel territorio pratese.

Già da tempo il Comune di Prato ha creato e reso disponibile in rete (<https://mappe.comune.prato.it/mappebinj/jsp/urbanistica/geoweb/mappa.jsp>) un archivio relativo a tutte le indagini geognostiche realizzate sul territorio comunale di

supporto all'attività edilizia tra il 1996 ed il 2002, contenente l'ubicazione, la data d'esecuzione, la profondità ed i relativi diagrammi di prova.

Tali prove sono state riportate in cartografia con un simbolo diversamente colorato a seconda della tipologia e con la numerazione identificativa del database, in modo da poter consultare i dati di ciascuna indagine sul sito web comunale.

Tutte le prove acquisite con gli studi di Microzonazione Sismica di livello 1 e 2 invece, oltre ad essere rappresentate secondo un diverso simbolo che ne individua la tipologia, sono numerate in riferimento al relativo "report" consultabile in formato .pdf (la lettera P e L indica, rispettivamente, una indagine puntuale lungo una verticale e una indagine sismica lungo uno "stendimento" orizzontale).

A differenza della carta geologica, nella carta litotecnica si suddividono e si accorpano le formazioni rocciose ed i terreni sciolti in base alle loro caratteristiche fisico-meccaniche principali. L'insieme di questi dati e le informazioni derivanti dalla letteratura riguardo le litologie presenti sul territorio hanno permesso di suddividere le formazioni rocciose ed i terreni sciolti in unità litotecniche con caratteristiche fisico-meccaniche diverse. Per i litotipi lapidei sono state considerate le informazioni relative alla litologia, alla stratificazione ed al grado di fratturazione. Per i terreni sciolti sono stati valutati lo spessore e il grado di addensamento, con particolare riferimento ai terreni che presentano scadenti caratteristiche geotecniche, come quelli di riporto o il detrito di versante. In definitiva sono stati fatti i seguenti raggruppamenti:

Terreni sciolti

– **Terreno di riporto e rilevati antropici**

Sono terreni generalmente a basso grado di addensamento e scarsi valori di resistenza che variano molto in riferimento alle modalità di messa in posto e di costipamento.

– **Depositi eluvio-residuali**

Questi terreni presentano una granulometria fine e un modesto grado d'addensamento, tranne rari casi in cui possono aver subito processi di sovraconsolidazione. Nel complesso questo tipo di substrato è da ritenere di scarse caratteristiche geomeccaniche.

– **Depositi detritici colluviali e accumuli di frana**

Per la loro stessa natura sono terreni caratterizzati da scarso grado di addensamento, equilibrio al limite della stabilità e, nella maggior parte dei casi, abbondante presenza di acqua almeno durante i periodi più piovosi. Per questi motivi costituiscono un substrato con caratteristiche geomeccaniche da valutare attentamente in funzione anche della pendenza del versante.

– **Depositi alluvionali di pianura e terrazzati**

Non avendo riconosciuto zone con particolari problematiche derivanti da possibile liquefazione o da scarso addensamento dei terreni, si è inserito tutti i depositi alluvionali della pianura in un'unica unità litotecnica. In base alle informazioni fornite dal database

delle indagini geognostiche, dai diversi lavori presenti in letteratura e dall'esperienza diretta sul territorio, si può affermare che, almeno nei primi 10 metri di profondità, i terreni di pianura presentano generalmente discrete caratteristiche geomeccaniche anche se necessariamente da valutare puntualmente in occasione della realizzazione di nuovi interventi edilizi.

Terreni lapidei

– Rocce a struttura massiva magmatiche

Questo raggruppamento è costituito dai Basalti, Gabbri e Serpentiniti della serie “ofiolitica”. Si tratta di rocce di origine magmatica sia intrusiva che effusiva che per la loro genesi e composizione mineralogica possiedono buone caratteristiche geomeccaniche. Nel territorio affiorano come strutture massive non presentando superfici di discontinuità dovute a stratificazione o originate da fenomeni di intensa fratturazione.

- Rocce stratificate a prevalente componente arenacea

Arenarie della Formazione dell'Acquerino si presentano in strati anche di un metro di spessore generalmente poco fratturati e possiedono buone caratteristiche geomeccaniche.

- Rocce stratificate a prevalente componente calcareo marnosa

In questo caso si tratta esclusivamente del “Calcere Alberese” della Formazione di M.Morello che si presenta molto compatta e a bassa porosità con buone caratteristiche meccaniche nelle stratificazioni calcaree che si alternano a livelli siltitici e argillitici che possono “indebolire” il complesso roccioso specialmente in situazioni di giacitura a “franapoggio”.

– Rocce stratificate a prevalente componente argillitico-calcareo

In questa unità litotecnica si considera la Formazione di Sillano, nelle sue varie componenti, caratterizzata da un insieme di litologie molto eterogeneo spesso interessato da importanti sistemi di fratturazione che nell'insieme conferiscono caratteristiche geomeccaniche anche mediocri da valutare localmente, così come gli affioramenti delle Argille a Palombini caratterizzate da un intenso grado di esfoliazione e fratturazione che le rende facilmente erodibili dall'azione meccanica e solvente dell'acqua. I Calcari a Calpionelle, invece, si presentano con una struttura più “ordinata” in strati anche superiori al metro di spessore con buone caratteristiche geomeccaniche generali ma dotati di un certo grado di fratturazione.

– Rocce stratificate a prevalente componente silicea

L'unità è interamente costituita dai Diaspri, caratterizzati da un elevato grado di fratturazione originato da più sistemi di discontinuità che producono un detrito di forma cubica, a volte anche scagliosa, di dimensioni di pochi centimetri. Questa peculiare caratteristica conferisce a questa unità delle proprietà geomeccaniche scadenti.

affioranti. In pianura, dove maggiormente si esplica l'attività e l'impatto antropico, le forme e l'evoluzione della dinamica morfologica sono profondamente influenzate dalla presenza delle infrastrutture ed insediamenti urbani che, in tempi relativamente brevi, hanno contribuito fortemente all'alterazione delle dinamiche fluviali con pesanti ripercussioni sul regime di deflusso delle acque superficiali. Ne consegue che il territorio di collina è ancora soggetto a una lenta e costante evoluzione morfologica mentre in pianura si assiste ad una evoluzione dinamica caratterizzata da improvvisi e sempre più frequenti eventi alluvionali.

La legenda utilizzata per il riconoscimento e la descrizione dei fenomeni geomorfologici è stata costruita differenziando le forme dovute ai diversi agenti morfogenetici:

Forme e processi dovuti all'azione delle acque superficiali:

Forme di erosione

Le forme dovute all'erosione delle acque superficiali risultano più o meno diffuse su tutto il territorio collinare in relazione al substrato litologico ed alla copertura vegetale:

- Alveo in approfondimento: i corsi d'acqua che possiedono un profilo longitudinale di fondo non costante tendono, nei tratti di maggiore pendenza, ad erodere il proprio alveo approfondendolo, generando così un profilo con una pendenza minore e più costante. Questo fenomeno si manifesta principalmente nei fossi che drenano il bacino della Bardena e nei principali impluvi della Calvana come il Rio Buti.
- **Area soggetta a ruscellamento diffuso (erosione areale):** questo tipo di erosione si manifesta con più incisività nelle aree con copertura vegetazionale e pedologica scarsa quali alcuni tratti del Monteferrato e localmente sulla Calvana. In queste zone la scarsa protezione dalle acque dilavanti può innescare fenomeni che portano anche all'asportazione totale della sottile copertura pedologica ed eluviale.
- **Erosione lineare severa:** anche in questo caso le cause che danno origine a questo fenomeno sono la scarsa copertura vegetazionale e l'elevata pendenza. Dove le acque si raccolgono formando i primi flussi incanalati l'erosione si concentra lungo gli assi di scorrimento principali con incisione della roccia in posto e formazione di solchi di approfondimento.
- **Sponda d'incisione torrentizia:** dove la pendenza del versante rimane su valori alti i fenomeni suddetti possono innescare fenomeni di scalzamento laterale delle sponde in impluvi già esistenti. Questa situazione predispone anche il verificarsi di fenomeni gravitativi, che interessano la copertura detritica superficiale, determinando, nel complesso, un notevole trasporto di materiale lapideo verso valle.
- **Erosione di sponda attiva (ES):** area soggetta a franosità attiva per effetto dell'erosione delle acque incanalate sulle sponde dell'alveo.
- **Orlo di terrazzo fluviale:** questa forma di erosione caratterizza i depositi alluvionali terrazzati individuando la linea lungo la quale avviene il brusco aumento di pendenza separando la zona pianeggiante, a monte, da quella sub verticale a valle.

– **Vallecola a conca:** le vallecole a conca (fondo piatto) testimoniano una costante azione di dissoluzione del substrato roccioso da parte delle acque incanalate superficialmente. Queste vallecole possono ancora essere interessate dal deflusso delle acque di scorrimento superficiale ma possono anche rappresentare forme relitte di assi di scorrimento principali non più percorsi dalle acque.

Forme di accumulo

- **Conoide alluvionale inattiva:** si tratta di strutture morfologiche derivanti dall'accumulo di sedimenti fluviali, le forme più importanti sul territorio sono state originate dal Fiume Bisenzio e dal Torrente Bardena. Originariamente queste strutture possedevano una pendenza molto debole e attualmente, a causa dell'intenso sviluppo urbanistico, hanno quasi completamente perso qualsiasi evidenza morfologica.

Forme carsiche

I rilievi carbonatici della Calvana sono soggetti a diffusi fenomeni di “carsismo” che si manifestano principalmente nella zona di crinale ove la morfologia piatta di quella porzione collinare trattiene maggiormente le acque meteoriche. Le forme più macroscopiche sono costituite da doline, grotte e depositi eluvio-residuali.

– **Dolina (DOL2):** rappresenta una depressione del terreno originata dalla dissoluzione della roccia carbonatica da parte delle acque di precipitazione meteorica. E' inserita tra le forme carsiche superficiali anche se per potersi originare necessita di un ben sviluppato carsismo di sottosuolo.

– **Grotta:** sui rilievi della Calvana si contano diverse grotte di origine carsica, buona parte delle quali percorribili perché caratterizzate da un profilo longitudinale sub orizzontale. Queste forme rappresentano un motivo d'interesse scientifico perché si sono originate solo nei Monti della Calvana e non in altre zone limitrofe dove affiora sempre la Formazione del Monte Morello (litofacies Calcarea Alberese).

– **Deposito eluvio-residuale:** come spiegato precedentemente nel paragrafo relativo alla carta geologica, questi depositi costituiscono il prodotto della dissoluzione chimica dei terreni carbonatici che sciogliendosi subiscono un trasporto lungo il versante ed una rideposizione in zone poco acclivi lasciando sul terreno residui insolubili prevalentemente di natura argillosa.

Forme e processi dovuti all'azione della gravità:

Le fenomenologie legate all'azione della gravità risultano distribuite secondo uno schema che rispecchia, con buona approssimazione, la natura e l'assetto strutturale delle diverse formazioni geologiche affioranti. I fenomeni gravitativi osservati sui rilievi calcarei sono costituiti da corpi detritici formati per la degradazione superficiale degli strati rocciosi; le forme di accumulo conseguenti risultano ben delineate così come le scarpate corrispondenti alle nicchie di distacco che, seppur non più attive, conservano

ancora la forma netta tipica della scarpata di degradazione. Tali fenomeni risultano generalmente quiescenti e sono attribuibili, per le parti alte e mediane dei versanti, alla forte acclività ed alla giacitura degli strati, mentre per le porzioni basali, allo scivolamento della copertura sovrastante i corpi litoidi.

La maggiore diffusione di fenomeni gravitativi si rinviene comunque all'interno dei depositi a prevalente composizione argillitica; qui sono rilevabili anche dei fenomeni attivi sia per quanto riguarda i corpi di frana sia per quanto riguarda le aree in cui si manifestano elementi premonitori di instabilità come il soliflusso, le rotture di pendio e le scarpate di degradazione attive. La distribuzione dei fenomeni gravitativi generalmente non è correlabile direttamente soltanto ai fattori dovuti alla pendenza dei versanti (che nei litotipi argillitici non raggiunge mai valori molto elevati) ma anche ad altri due fattori fondamentali quali la presenza di acque sotterranee e l'azione erosiva dei fossi e dei torrenti che determina una sensibile azione di scalzamento al piede dei versanti.

Infine una ulteriore fenomenologia rilevatrice di instabilità si osserva al contatto fra litotipi prevalentemente argillitici e gli altri terreni lapidei. La diversa erodibilità esistente tra questi due gruppi litologici, determina uno "scalino" morfologico in corrispondenza del quale si possono instaurare fenomeni di instabilità nei terreni rocciosi più competenti. Queste situazioni morfo-strutturali causano fenomeni prevalentemente di crollo che a loro volta possono movimentare i sottostanti terreni argillitici.

In ogni caso, tutte le aree riconosciute come soggette a dissesto gravitativo sono state perimetrate considerando la zona di distacco (nicchia di frana laddove ancora riconoscibile), la zona di scorrimento e la zona di accumulo.

In riferimento alla necessità di procedere alla richiesta di revisione della "Mappa della pericolosità da dissesti di natura geomorfologica" del PAI, le forme riconosciute e cartografate sono state classificate secondo la tabella C dell'Allegato 3 - *Modalità di redazione delle proposte di revisione ed aggiornamento delle mappe del PAI* della disciplina di piano.

In legenda vengono suddivisi i fenomeni dovuti alla gravità in "forme di denudazione", cioè quelle morfologie dovute all'asportazione e movimentazione del terreno, e "forme di accumulo" con la corrispondente notazione del PAI evidenziata in parentesi.

Forme di denudazione

– **Nicchia di frana attiva:** superficie, generalmente ripida, che delimita l'area quasi indisturbata circostante la parte sommitale del fenomeno franoso attivo, generata dal movimento del materiale lapideo spostato. Rappresenta la parte visibile delle superficie di rottura e/o di distacco.

– **Nicchia di frana quiescente:** con questo termine si fa riferimento alla stessa superficie precedentemente descritta ma relativa ad un movimento franoso quiescente, cioè ad un movimento inattivo che può essere riattivato dalle sue cause originali; fenomeno per il quale permangono le cause predisponenti il movimento.

- **Nicchia di frana inattiva:** con questo termine si fa riferimento alla stessa superficie precedentemente descritta ma relativa ad un movimento franoso inattivo, cioè ad una forma relitta di un movimento franoso che si è sviluppato in condizioni geomorfologiche o climatiche considerevolmente diverse dalle attuali e, di conseguenza, non è più influenzato dalle sue cause originali.
- **Scarpata di degradazione attiva:** porzione di versante a forte pendenza con processi di degradazione meteorica in atto che provocano generalmente la caduta a valle di materiale detritico; in condizioni morfo-climatiche particolari possono originarsi veri e propri fenomeni franosi.
- **Scarpata di degradazione inattiva:** a differenza della scarpata di degradazione attiva in questo caso il versante ha raggiunto naturalmente una propria stabilità anche se mantiene sempre un'elevata pendenza; generalmente si presenta con una copertura vegetazionale ben sviluppata.
- **Rottura di pendio:** "linea" che indica il brusco aumento di pendenza di un versante, con bordo arrotondato, originata da processi erosivi ormai inattivi oppure da antichi fenomeni franosi non più attivi.

Forme di accumulo

- **Frana di scivolamento attiva (S3):** con questo termine oltre ad indicare il materiale spostato dalla sua posizione originaria sul versante, viene specificato lo stato del fenomeno cioè "attivo". Inoltre viene indicato che si tratta di uno "scivolamento" cioè di un movimento di materiale verso la base del versante che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio, che costituisce, appunto, la superficie di scivolamento.
- **Frana di crollo attiva (C3):** in questo caso cambia la tipologia del movimento trattandosi di "crollo" cioè di un fenomeno che inizia con il distacco di terra o roccia da un pendio acclive e prosegue quindi per caduta libera nell'aria, rimbalzo e rotolamento a terra della massa detritica distaccata.
- **Area a franosità diffusa attiva (FD3):** areale esteso in cui si riconoscono movimenti franosi attivi, poco profondi, dalla morfologia complessa per cui non è ricostruibile chiaramente la geometria.
- **Frana di scivolamento quiescente (S2):** accumulo detritico che si è mosso lungo il versante la cui stabilità risulta critica in quanto gli agenti morfogenetici che lo hanno determinato sono ancora presenti.
- **Frana di crollo quiescente (C2):** area dove in passato si sono verificati dei crolli e dei distacchi di materiale lapideo dove permane ancora della instabilità nella massa rocciosa.
- **Area a franosità diffusa quiescente (FD2):** areale esteso in cui si riconoscono segni premonitori di un movimento franoso (potenziale instabilità), aree soggette a soliflusso.
- **Frana inattiva stabilizzata (S1):** accumulo detritico movimentato in passato lungo il versante il cui stato risulta inattivo in quanto, non essendo più presenti le cause originali, ha raggiunto un nuovo equilibrio.

- **Colata detritica “Debris flow” (DF):** Aree limitrofe al reticolo interessato da colate detritiche torrentizie costituite da miscele solido-liquide ad elevata densità, in grado di percorrere molto rapidamente elevate distanze lungo il reticolo idraulico.
- **Detrito di versante:** si tratta di materiale proveniente dalla disgregazione meccanica dei terreni litoidi ed è caratterizzato da dimensioni prevalentemente grossolane. Questo tipo di accumulo, generalmente caratterizzato da una scarsa frazione fine, raggiunge una propria stabilità disponendosi, naturalmente, secondo l'angolo di attrito interno proprio degli elementi litoidi che lo compongono. La stabilità di una tale massa detritica può essere comunque messa in crisi anche con interventi artificiali quali scavi, riprofilature dei versanti, interventi che alterano la regimazione e il deflusso delle acque di scorrimento superficiale.
- **Deposito colluviale:** un accumulo di questo tipo è caratterizzato da una prevalenza di terreni fini la cui genesi deriva dall'alterazione del substrato roccioso e dal trasporto lungo il versante verso zone poco acclivi. Questo tipo di deposito può presentare una naturale instabilità in particolari condizioni morfologiche e climatiche come nel caso in cui sia deposto su un substrato litoide con giacitura anche debolmente a franapoggio che favorisce lo scivolamento in occasione di eventi meteorici importanti.

Forme e manufatti antropici

L'attività di cava nel territorio pratese non è più esercitata e le aree estrattive risultano tutte dismesse. La maggior parte di esse, dopo l'abbandono, sono andate incontro a un processo di rinaturalizzazione spontanea con ricostituzione di una naturale copertura erbaceo-arbustiva e talora arborea. In alcuni casi, come la cava di calcare alberese della Querce-Pizzidimonte, una porzione della cava di serpentinite di Pian di Gello e quella nella zona dei Lecci, quest'ultima parzialmente convertita in un piccolo bacino idrico, sono state recuperate ponendo attenzione alla messa in sicurezza dei fronti di scavo e alla riqualificazione del paesaggio ricreando una copertura erbaceo-arbustiva. Restano però ancora molti siti estrattivi che mostrano ben visibili i segni del degrado non solo dei fronti di cava ma anche dei piazzali e della viabilità connessa. Uno sguardo generale all'attività estrattiva mostra quanto poco fossero tutelati i fattori ambientali nella scelta dei siti e nelle modalità di coltivazione; infatti, particolarmente nei dintorni di Figline di Prato si può osservare una fitta rete di stradelle costellate di numerosi punti di escavazione che si susseguono senza evidenziare un organico piano di sfruttamento. Identica situazione si osserva anche nella zona della "Cementizia" dove le numerose aree di escavazione abbandonate sono state tutte soggette ad un processo di rivegetazione spontanea. Le "aree di ex cava" riportate anche nella carta ST_PATR_1 "Elementi patrimoniali della struttura territoriale idro-geomorfologica" saranno oggetto di verifica in sede di PO relativamente alla individuazione dei "siti dismessi" di cui all'art.31 della Disciplina del Piano Regionale Cave.

In pianura le principali forme antropiche sono costituite dai rilevati e dagli argini dei corsi d'acqua incanalati del reticolo idrografico delle acque alte. La loro presenza ostacola il deflusso naturale delle acque basse determinando la formazione di veri e propri "bacini" chiusi ove l'acqua tende ad accumularsi e ristagnare. Tra i manufatti antropici si segnalano anche le opere idrauliche in alveo, come le briglie, e le opere di

regimazione idraulica come le casse d'espansione che, a loro volta, costituiscono in qualche caso, uno sbarramento al deflusso dei fossi e delle scoline.

1.1.4. - Carta idrogeologica (QC_AF_4)

L'idrogeologia studia il "ciclo" delle acque naturali, ed in particolare quelle di sottosuolo, in rapporto alle strutture geologiche. Riguarda quindi le caratteristiche delle rocce nei confronti dell'acqua (porosità, fratturazione, permeabilità), la provenienza delle acque naturali, le leggi che regolano il loro movimento nelle rocce, sia in condizioni naturali che per effetto del pompaggio dai pozzi di emungimento. Ne consegue che l'idrogeologia ha come base fondamentale un accurato studio della geologia tradizionale e come scopo principale la ricerca dell'acqua di sottosuolo e la sua salvaguardia, rappresentando l'elemento fondamentale per tutte le attività antropiche. Le principali proprietà di una roccia e di un terreno nei confronti dell'acqua sono la porosità e la permeabilità. La porosità di una roccia è il rapporto fra il volume dei vuoti e quello totale; tanto maggiore è la porosità, tanto maggiore sarà il volume di acqua immagazzinabile. La permeabilità di un corpo roccioso è la sua "conducibilità" idraulica, cioè la relativa disponibilità a lasciarsi attraversare dall'acqua. Non esiste una proporzionalità diretta fra queste due proprietà, in quanto la permeabilità dipende soprattutto dalle dimensioni degli spazi porosi e dalla comunicazione fra questi. Si possono avere due tipi di porosità, quella primaria, che deriva dalle caratteristiche genetiche e si forma insieme alla roccia stessa, e quella secondaria, che deriva, invece, dalla successiva fratturazione delle rocce a comportamento rigido, per effetto degli sforzi tettonici.

Il territorio di Prato presenta un assetto idrogeologico piuttosto complesso e con marcate differenze sia in relazione ai caratteri geomorfologici che geologici. In particolare si possono chiaramente distinguere tre differenti ambiti con caratteristiche idrogeologiche significativamente diverse anche se strettamente connesse: "*La pianura*", "*I Monti della Calvana*" ed "*Il Bacino idrografico del T. Bardena*". I dati di base utilizzati per realizzare questo elaborato cartografico provengono da due fonti diverse. Per la "*La pianura*" è stato recuperato il lavoro fatto a suo tempo per il PTC della Provincia di Prato relativo alla geologia dei terreni affioranti ed all'andamento delle isopieze, cioè le linee che uniscono i punti della superficie freatica con una stessa quota rispetto al livello del mare. Per le altre due zone la permeabilità delle formazioni rocciose è stata ricavata, in via qualitativa, sulla base delle rispettive caratteristiche geolitologiche.

"La pianura"

I depositi alluvionali e fluvio-lacustri che costituiscono la pianura pratese sono composti da varie litologie ognuna delle quali possiede un diverso grado di permeabilità primaria. In questo areale la permeabilità predominante appare, almeno superficialmente, medio-bassa a causa dell'abbondante presenza di argille e limi che, possedendo una granulometria molto fine, risultano quasi impermeabili. Questi materiali si ritrovano

principalmente nelle zone esterne della pianura. L'area centrale è occupata, invece, dalla conoide del fiume Bisenzio che per sua stessa natura è costituita da materiali a granulometria grossolana come ghiaie sabbiose o sabbie limose interdigitate fra loro con una morfologia in pianta che ricorda le dita di una mano che si diramano radialmente dallo sbocco del Bisenzio nella pianura. I depositi più abbondanti sono rappresentati dalle ghiaie sabbiose a cui è stata assegnata una permeabilità alta mentre per le sabbie limose si può parlare di una permeabilità media, a causa della matrice limosa fine che limita la circolazione delle acque in sotterraneo. Quanto sopra descritto si riferisce all'assetto litostratigrafico dei depositi alluvionali nella porzione più superficiale del grande corpo detritico-alluvionale che, nella parte centrale della piana, raggiunge anche uno spessore di 450 metri rispetto al piano di campagna. In profondità le variazioni litologiche tra depositi fini e grossolani e la rispettiva distribuzione spaziale determinano la possibilità di formazione di falde acquifere a diversa profondità. Mentre nei primi 10-15 metri dal piano di campagna si possono incontrare falde acquifere di modesto spessore e capacità contenute nei depositi sabbiosi e ghiaiosi a loro volta intercalati nei sedimenti argilloso-limosi, più in profondità si sviluppa la falda acquifera principale il cui andamento piezometrico risulta in gran parte condizionato dall'intenso sfruttamento operato con i prelievi dei numerosi pozzi, sia ad uso pubblico che privato.

"I Monti della Calvana"

Questi rilievi sono da sempre tra i casi di studio più importanti presenti sul territorio essendo l'unica area di affioramento della Formazione del Monte Morello (Alberese) nella quale le forme di dissoluzione nei calcari, sia superficiali che sotterranee, assumono frequenza ed ampiezza tali che si può definire la zona come carsica. Per carsismo si intende quell'insieme di processi legati a fenomeni di dissoluzione che portano una roccia ad assumere una permeabilità secondaria elevata, superiore a quella primaria, crescente nel tempo e tale da condizionare le acque sotterranee a circolare con moto turbolento (Ford & Williams, 1989). Gli effetti più vistosi dei processi carsici si hanno sulla morfologia di superficie. La conseguenza forse più importante è quella di rendere una roccia caratterizzata da un elevato coefficiente d'infiltrazione. Nella maggior parte delle aree carsiche l'infiltrazione supera il 50% del totale delle precipitazioni, e in certe situazioni essa può arrivare sino al 90%; in pratica viene assorbita tutta l'acqua di precipitazione che non viene restituita immediatamente nell'atmosfera per evapotraspirazione o assorbita dalla vegetazione. Tutto questo fa sì che, in un'area carsica, il ruscellamento superficiale sia sempre molto esiguo e vista la natura delle rocce interessate, caratterizzato da uno scarso trasporto solido. Per questa ragione le aree carsiche sono caratterizzate da una morfologia superficiale del tutto particolare, in cui è spesso assente o poco sviluppata una rete di drenaggio superficiale e dove, viceversa, sono presenti delle "conche endoreiche", a tutte le scale, che raccolgono le acque di microbacini e le convogliano verso punti di infiltrazione concentrata. Un tale inquadramento generale descrive in maniera adeguata quello che è l'ambiente dei Monti della Calvana, all'interno dei quali si è sviluppato un complesso

sistema di condotte carsiche, alcune delle quali di dimensioni tali da poter essere percorribili e fruibili per le attività esplorative.

"Il Bacino idrografico del Torrente Bardena"

Questo bacino è caratterizzato da un'eterogeneità di formazioni rocciose con caratteristiche litologiche molto diverse fra loro. Le tre formazioni più importanti sono: le Ofioliti, il Sillano e la Formazione del M. Morello. Le Ofioliti, essendo rocce di origine magmatica, presentano una permeabilità primaria praticamente inesistente e quella secondaria viene valutata come medio-bassa perché in questa zona non risultano interessate da importanti sistemi di fratturazione. La loro bassa permeabilità e la scarsa copertura vegetale fa sì che le precipitazioni inneschino importanti fenomeni di ruscellamento superficiale che produce un forte dilavamento del suolo e della copertura vegetale. La Formazione di Sillano è costituita da un'alternanza di rocce (*facies*) con caratteristiche litologiche diverse. Nelle facies più diffuse le argilliti sono prevalenti; altre facies abbastanza diffuse sono formate da una maggiore percentuale di arenaria, fittamente interstratificata con argilliti grigie con o senza rare intercalazioni di calcari marnosi e marne. La diffusa presenza di argilliti impermeabili nei vari corpi rocciosi non permette la formazione di importanti flussi idrici, per questo motivo la Formazione di Sillano viene considerata di permeabilità medio-bassa.

Per quanto riguarda invece la Formazione del M. Morello c'è da tenere presente che in questa zona non sono presenti forme di dissoluzione tali da classificarla come carsica. In ogni caso, l'estesa fratturazione, conferisce a questo corpo roccioso una permeabilità secondaria piuttosto alta.

Nell'elaborato cartografico si rappresenta quindi la permeabilità dei terreni e tutti gli elementi, anche artificiali, che concorrono a definire il "sistema" delle acque sotterranee. Come nel caso delle caratteristiche litotecniche degli ammassi rocciosi anche la zonazione della permeabilità è stata elaborata con il criterio della associazione per complessi litologici e situazioni idrogeologiche, articolati nei diversi gradi di permeabilità primaria e secondaria.

L'elaborato cartografico si completa con l'individuazione dei punti di approvvigionamento idrico dell'acquedotto (fonte Publiacqua) e di quelli privati, articolati secondo i diversi usi (fonte Autorità di Bacino) che nell'insieme restituisce un'immagine di intenso sfruttamento della risorsa che andrebbe meglio regolamentato soprattutto in relazione al cambiamento climatico in corso che comporta un regime pluviometrico con precipitazioni di forte intensità, ma molto dilatate nel tempo, che non assicurano più una ricarica costante degli acquiferi a fronte di prelievi, quelli sì, costanti per tutto l'arco dell'anno.

1.1.5. - Carta dell'acclività (QC_AF_5)

L'andamento delle pendenze assume una connotazione importante nella determinazione della stabilità dei versanti collinari in quanto ad esso si associano i

diversi tipi litologici affioranti che, a seconda della loro genesi, reagiscono in maniera diversa alle sollecitazioni indotte dalla gravità: la determinazione della pericolosità del territorio collinare avviene, in prima battuta, proprio incrociando i tipi litologici della carta geologica con l'inclinazione dei versanti articolata nelle diverse classi di pendenza.

La carta dell'acclività dei versanti (o delle pendenze) non risulta, ai sensi delle direttive regionali (DPGR.n.5/R/20), tra gli elaborati di corredo al quadro conoscitivo di un Piano Strutturale; tuttavia, conoscere la pendenza dei versanti è fondamentale per elaborare la carta della pericolosità geomorfologica che riporta anche le aree con maggiore tendenza all'instabilità.

Conoscere l'andamento delle pendenze permette anche di valutare il potere erosivo che possono acquisire le acque superficiali nel loro scorrimento verso valle e, di conseguenza, fornire utili informazioni per la realizzazione degli interventi di sistemazione idraulica e agro-forestale da adottare per il mantenimento della stabilità idrogeologica dei versanti collinari.

I valori di pendenza dei versanti sono stati raggruppati in sei differenti classi:

- **classe 1:** da 0 al 5%; per i terreni che rientrano in questa classe non si rilevano problematiche di stabilità e sarà possibile adottare un tipo di irrigazione per scorrimento, una meccanizzazione senza limitazioni e praticare qualsiasi tipo colturale senza innescare fenomeni erosivi.
- **classe 2:** dal 5 al 10%; per i terreni posti su queste pendenze non sarà più possibile attuare una irrigazione per scorrimento senza innescare fenomeni erosivi di una qualche importanza e dove comunque saranno necessarie opere di regimazione delle acque superficiali.
- **classe 3:** sono compresi terreni con pendenza variabile tra il 10 e il 20% per i quali si potranno prevedere sistemi di irrigazione di tipo speciale, poco dispersivi, come il sistema a "goccia".
- **classe 4:** si raggiungono pendenze comprese tra il 20 e il 35% su gran parte del territorio collinare. In queste aree non sarà sempre agevole l'utilizzazione di mezzi meccanici e le colture necessiteranno sempre di efficienti opere di regimazione idraulica per prevenire l'erosione del suolo.
- **classe 5:** individua pendenze comprese tra il 35 e il 50% dove le condizioni dei terreni sono al limite della "lavorabilità" e dove le colture più stabili saranno rappresentate da prati e pascoli, oltre dai boschi produttivi.
- **classe 6:** individua territori posti a pendenze superiori al 50% dove i fenomeni erosivi potranno risultare molto accentuati tanto da innescare dei processi di degrado e di impoverimento del suolo costringendo all'adozione di particolari sistemazioni idraulico-forestali.

Capitolo 2 – Lo statuto del territorio

2.1 – La pericolosità del territorio

Le carte della pericolosità rappresentano l'interpretazione delle dinamiche fisiche, morfologiche, idrauliche e sismiche i cui effetti, presi singolarmente o in modo combinato tra di loro, determinano, favoriscono o accentuano il verificarsi di fenomeni pericolosi per gli insediamenti e le attività antropiche, quali, ad esempio, le aree di possibile influenza dei fenomeni franosi attivi o quiescenti, le aree interessate da eventi di piena con i diversi tempi di ritorno oppure le aree più suscettibili in caso di un evento sismico.

La finalità che si vuole raggiungere è quella di fornire, a chiunque si troverà ad operare sul territorio pratese, un riferimento sufficientemente dettagliato affinché in fase progettuale si possa adeguare la struttura e la funzionalità di un qualsiasi tipo di intervento al contesto fisico-ambientale in cui lo stesso andrà ad inserirsi.

Attraverso l'interpretazione delle analisi e degli approfondimenti condotti in fase di formazione del quadro conoscitivo si individuano aree omogenee dal punto di vista della pericolosità e delle criticità rispetto a specifici fenomeni secondo quattro differenti classi di gravità relativa. Sia la carta della pericolosità geologica (ST_AF_1) che quelle della pericolosità sismica locale (tavola ST_AF_2) e della pericolosità da alluvione (tavola ST_AF_3) suddividono il territorio in aree omogenee che faranno da riferimento per l'applicazione delle norme tecniche di attuazione del Piano Strutturale e del Piano Operativo. La sintesi e la valutazione dei fattori di pericolosità che possono concorrere a determinare un diverso grado di rischio, per i beni e per le persone insediate in una specifica porzione di territorio, costituiscono il necessario supporto per individuare un insieme di regole, prescrittive e prestazionali, che guideranno le azioni sul territorio che il successivo Piano Operativo andrà a definire coerentemente con la necessità di salvaguardare le risorse ambientali e di migliorare e/o mantenere la stabilità e la sicurezza dei luoghi.

Per l'individuazione completa delle pericolosità e dei vincoli e prescrizioni ad essa associati si deve tener conto anche dei piani sovraordinati che devono essere recepiti e anche modificati in sede di pianificazione comunale. In particolare la Carta della pericolosità geologica costituisce le "osservazioni" ai sensi dell'art.16 della disciplina di piano del PAI "Dissesti geomorfologici". Tale procedimento è già stato avviato e concluso dall'Amm.ne Comunale in modo di giungere ad una piena corrispondenza tra le cartografie del Piano Strutturale e quelle dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

Per quanto riguarda il Piano Gestione del Rischio Alluvioni il Comune di Prato si era già adeguato con l'ultima variante al Piano Strutturale che era stata sostenuta da uno specifico studio idrologico-idraulico che aveva ridefinito le perimetrazioni di pericolosità idraulica.

2.1.1 Carta della pericolosità geologica (ST_AF_1)

L'individuazione dei fenomeni geomorfologici e l'attribuzione del diverso grado di pericolosità è stata effettuata a partire dalla nuova carta geomorfologica elaborata anche in funzione della richiesta di modifica alla cartografia del PAI "Dissesti geomorfologici" recentemente adottato dall'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale e in corso di approvazione.

La revisione e aggiornamento dei fenomeni geomorfologici ha quindi tenuto conto anche delle direttive dell'Allegato 3 - *modalità di redazione delle proposte di revisione ed aggiornamento delle mappe del PAI* della disciplina di Piano in modo da giungere ad una classificazione della pericolosità coerente sia con la perimetrazione che con la caratterizzazione degli stessi fenomeni.

In particolare sono state riconosciuti e cartografati i fenomeni geomorfologici cui si è attribuito la classe di pericolosità ai sensi del DPGR.n.5/R/20 in corrispondenza con la classe di pericolosità del nuovo PAI secondo il seguente schema:

Pericolosità PAI (geomorfo)*	Pericolosità DPGR.n.5/R/20	Descrizione
P4 (S3)	G.4	Frana di scivolamento rotazionale con evidenze dello stato attivo
P4 (C3)	G.4	Frana di crollo e ribaltamento attiva
P4 (FD3)	G.4	Aree franose attive poco profonde dalla morfologia complessa per cui non è ricostruibile chiaramente la geometria
P4 (DF)	G.4	Colata detritica " <i>Debris flow</i> "
P3 (C2)	G.2	Frana di crollo e ribaltamento quiescente
P3a (S2)	G.3	Frana di scivolamento rotazionale con evidenze di potenziale instabilità – frane quiescenti
P3a (FD2)	G.3	Aree potenzialmente instabili per caratteristiche litologiche, per deformazioni superficiali con caratteristiche plastiche (soliflussi)
P2 (S.1)	G.2	Frana di scivolamento rotazionale classificabile come inattive stabilizzate

*(geomorfo) è il codice della banca dati geomorfologica utilizzato dall'ADD per le diverse forme geomorfologiche cui corrisponde la classe PAI di pericolosità.

La legenda della carta della pericolosità geologica viene quindi articolata secondo le quattro classi di pericolosità di cui alle direttive regionali per le indagini geologiche che tengono conto anche di altri fattori fisici e litologici. Incrociando i dati

della carta geologica, della carta geomorfologica e della carta dell'acclività si è attribuito ai diversi fenomeni in atto e/o alle diverse combinazioni di condizioni fisico-morfologiche predisponenti i possibili dissesti, uno specifico grado di pericolosità secondo la seguente articolazione:

G.4 – Pericolosità molto elevata:

- aree in cui sono presenti fenomeni franosi attivi e relative aree di evoluzione;

G.3 – Pericolosità elevata:

- aree in cui sono presenti fenomeni franosi quiescenti e relative aree di evoluzione;
- aree con potenziale instabilità connessa a giacitura, acclività e litologia;
- aree caratterizzate da erosione delle acque superficiali e aree soggette ad erosione in alveo;
- corpi detritici posti su versanti con pendenze superiori a 15 gradi;
- aree con importanti modificazioni antropiche;

G.2 - Pericolosità media:

- aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi;
- aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali di bassa propensione al dissesto;
- corpi detritici posti su versanti con pendenze inferiori a 15 gradi.

G.1 - Pericolosità bassa:

- aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche e giaciturali non costituiscono fattori predisponenti il verificarsi di processi morfoevolutivi.

2.1.2 Carta della pericolosità sismica locale (ST_AF_2)

Questo elaborato si basa sugli esiti dello studio di Microzonazione Sismica di secondo livello che rappresenta la vera novità rispetto alle precedenti direttive regionali in materia di indagini geologiche. Tale studio, nell'ottica della prevenzione dal rischio sismico, costituisce un passo importante verso una sempre maggiore conoscenza degli effetti locali provocati da un evento sismico. In questa fase infatti la microzonazione sismica individua e caratterizza le zone stabili, ovvero, quelle porzioni di territorio per le quali non si ipotizzano effetti di amplificazione locale di alcuna natura; le zone stabili suscettibili di amplificazione sismica, ovvero, gli areali in cui il moto sismico viene modificato (amplificato) a causa delle caratteristiche lito-stratigrafiche e/o geomorfologiche locali del terreno; le zone suscettibili di instabilità e di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati da un sisma.

Come richiede la normativa, lo studio di Microzonazione Sismica viene realizzato soltanto per le aree urbanizzate e non estensivamente su tutto il territorio per cui la pericolosità sismica viene valutata a partire dalle carte delle MOPS (carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) che comunque, per il territorio di Prato

coprono tutta la pianura e le aree urbanizzate delle fasce collinari, ad eccezione dei rilievi dove affiora sostanzialmente il substrato lapideo.

La carta della pericolosità sismica sintetizza l'esito dello studio di MS (cui si rimanda agli specifici elaborati cartografici e di testo per i dettagli tecnici), secondo le seguenti classi di pericolosità:

Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4):

- aree interessate da instabilità di versante attive e relativa area di evoluzione (aggiornate al PAI), tali da subire una accentuazione del movimento in occasione di eventi sismici;

Pericolosità sismica locale elevata (S.3):

- aree interessate da instabilità di versante quiescente e relative aree di evoluzione (aggiornate al PAI);
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (F_x) > 1.4;

Pericolosità sismica locale media* (S.2*):

- aree caratterizzate da terreni con frequenze fondamentali inferiori a 1 Hz—con contrasti di impedenza elevati ($A_0 > 3$) e da terreni con possibili frequenze secondarie, comprese generalmente tra 3 e 6 Hz, dovute alla presenza di orizzonti litologici ghiaiosi addensati con velocità della onde di taglio significativamente superiori rispetto a quelle dei livelli litologici più superficiali.

Pericolosità sismica locale media (S.2):

- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (F_x) < 1.4;
- zone stabili suscettibili di amplificazione topografica (pendii con bedrock sismico subaffiorante e inclinazione superiore a 15 gradi).

Pericolosità sismica locale bassa (S.1):

- zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione inferiore a 15 gradi), dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.

Questa valutazione della pericolosità è da intendere come una articolazione delle situazioni fisiche e morfologiche che possono portare ad un aggravamento degli effetti “di base” prodotti da un sisma. La sismicità di un territorio scaturisce infatti da fattori geologici, geomorfologici e strutturali, anche di carattere regionale, che determinano la possibilità del verificarsi di terremoti la cui intensità massima viene valutata su base statistica. Per il territorio di Prato, classificato in Zona sismica 3 dalla Del.GRT.n.421 del 26/05/2014, la pericolosità sismica "di base", espressa in termini di accelerazione

massima del suolo (ag) riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s), è quantificabile con un valore compreso tra 0.15 e 0.175 g.

La pericolosità bassa (S.1) significa che per quelle aree è da attendere un terremoto con almeno le caratteristiche di base sopra indicate e che nelle altre aree del territorio a pericolosità crescente, le accelerazioni possibili saranno maggiori rispetto a quella di base (secondo il fattore di amplificazione FA calcolato appunto con lo studio di MS), in relazione alle condizioni microsismiche locali che andranno adeguatamente valutate in sede di indagini geognostiche e geofisiche di supporto sia ai nuovi interventi che sul patrimonio edilizio esistente.

Relativamente alla articolazione della classificazione della pericolosità sismica si è introdotto la classe S.2*, non prevista dalle direttive regionali di cui al DPGR.n.5/R/20, ma che permette di evidenziare una particolarità dei depositi alluvionali della pianura che si è potuto rilevare con le numerose indagini HVSR effettuate nell'ambito dello studio di MS di livello 2. Tali indagini hanno rilevato infatti picchi secondari a frequenze elevate rispetto ai valori fondamentali, con elevati contrasti di impedenza ($A > 3$). Poiché questa evidenza si è manifestata in modo sparso senza possibilità di individuare degli areali cartografabili si è introdotto una classe di pericolosità in più, rispetto a quelle indicate dalle direttive, per indicare la possibile presenza all'interno del "materasso" alluvionale della pianura, di orizzonti litologici più compatti e addensati, di spessore significativo, tali da generare potenziali effetti di amplificazione sismica in superficie.

2.1.3 Carta della pericolosità da alluvione (ST_AF_3)

La pericolosità da alluvione per il territorio di Prato era già stata valutata con uno specifico studio idrologico-idraulico, utilizzato anche per le cosiddette "osservazioni" al Piano Gestione del Rischio Alluvione già recepite e inserite nella nuova cartografia dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale. La nuova carta di pericolosità da alluvione è di fatto un aggiornamento della legenda alle specifiche delle nuove direttive regionali che uniformano l'articolazione delle classi di pericolosità della LR.n.41/18 a quelle del PGRA:

P3 – aree soggette ad alluvioni frequenti con tempo di ritorno T_r inferiore a 30 anni;

P2 – aree soggette ad alluvioni poco frequenti con tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni;

P1 – aree interessate da eventi alluvionali superiori a 200 anni; - aree di fondovalle storicamente non interessate da alluvioni e/o in condizioni di alto morfologico rispetto alla piana adiacente.

Per queste aree la legge regionale LR.n.41/18 detta le norme prescrittive e prestazionali per la realizzazione degli interventi in sicurezza idraulica, sia per le nuove realizzazioni

sia per gli interventi sul patrimonio esistente, all'interno ed all'esterno del territorio urbanizzato.

Il secondo tematismo riportato in cartografia riguarda il reticolo idrografico delle acque, definito dalla Regione Toscana con l'ultimo aggiornamento disponibile alla L.R.n.79/12, che si articola nei vari corsi d'acqua superficiali, i tratti intubati e gli specchi d'acqua, rispetto ai quali si applicano tutte le normative di tutela riportate anche nelle NTA del Piano Strutturale e del Piano Operativo. Tale reticolo è una rappresentazione allo stato attuale di un sistema che viene aggiornato periodicamente dalla Regione Toscana e che pertanto è da controllare nel tempo per avere la certezza di considerare nel modo corretto i vari tratti dei corsi d'acqua. Sul sito web della RegioneToscana:

https://geoportale.lamma.rete.toscana.it/difesa_suolo/#/viewer/openlayers/265 è infatti consultabile e “scaricabile” il file vettoriale dell’ultima versione aggiornata del reticolo.

Opere per la mitigazione del rischio idraulico

Per ridurre il rischio di esondazione di alcuni dei principali corsi d'acqua sono state realizzate, sul territorio di Prato, alcune casse d'espansione ubicate, come mostrato nell'elaborato cartografico, lungo il Torrente Bardena, Torrente Ombrone, Fosso Ficarello e Fosso Filimortula. Una cassa d'espansione è costituita da un'opera di presa, un bacino artificiale di espansione ed un'opera di scarico. L'opera di presa è progettata in modo tale che al raggiungimento di un determinato livello del corso d'acqua, parte della portata fluisca all'interno del bacino artificiale di espansione. In tal modo la portata che attraversa il corso d'acqua è ridotta della portata che invece inonda il bacino d'espansione. L'opera di scarico è posizionata al livello più basso della cassa in modo da consentire il totale deflusso delle acque che vengono accumulate durante l'evento di piena.

La realizzazione di queste opere fa parte di un progetto a più ampia scala che interessa tutto il di bacino del Fiume Arno e che, in parte, ricalca quanto ufficializzato dal Piano Stralcio Riduzione del Rischio Idraulico (DPCM del 5 novembre 1999) dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno, poi riconfermato nel PGRA. Questo strumento individua quindi le aree ritenute più strategiche per la messa in sicurezza dei corsi d'acqua principali, quali l'Ombrone ed il Bisenzio, differenziandole in due tipologie:

- aree di tipo A: nelle quali si può procedere alla progettazione preliminare degli interventi in quanto non sussistono motivi ostativi se non parziali ridefinizioni dei confini. All'interno di queste aree è presente un vincolo assoluto di non edificabilità.
- Aree di tipo B: nelle quali si rendono necessarie ulteriori verifiche di fattibilità da realizzarsi prima della fase di progettazione preliminare. All'interno di queste aree è presente un vincolo di salvaguardia che potrà evolvere o in una decadenza di qualsiasi vincolo oppure nel vincolo di inedificabilità assoluta.

Come è possibile verificare dall'elaborato cartografico, le casse d'espansione realizzate si collocano tutte all'interno delle aree di tipo A, riprendendone, a grandi linee, sia la

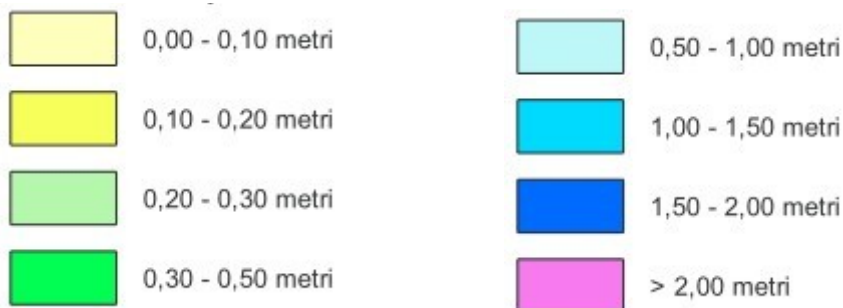
forma che le dimensioni, mentre le aree di tipo B, ad oggi, sono ancora in fase di verifica tecnica per definirne l'effettiva fattibilità.

2.1.4 Carta dei battenti idraulici per TR 200 anni (ST_AF_4)

Lo studio sulla pericolosità idraulica del territorio comprende anche l'individuazione delle altezze d'acqua raggiunte nelle diverse aree in occasione di eventi alluvionali relativi a tempi di ritorno duecentennali che è il riferimento di base per l'individuazione ed il dimensionamento degli interventi di messa in sicurezza ai sensi della normativa vigente.

La modellazione bidimensionale dello studio idrologico-idraulico ha basato la propagazione delle acque di esondazione su un modello digitale del terreno (DTM) fornito dalla Regione Toscana che si articola in celle quadrate di un metro di lato. Quello che ne deriva è una "griglia raster" molto dettagliata che individua l'altezza d'acqua in metri rispetto alla quota del piano di campagna per ogni metro quadrato di territorio soggetto agli allagamenti.

Nella carta dei battenti si riporta l'andamento generale delle altezze d'acqua (in metri rispetto al piano di campagna) raggruppandole secondo una scala di otto classi di diverso colore che tiene conto anche dell'articolazione dei limiti delle classi di magnitudo idraulica:



Poichè per la completa quantificazione dell'altezza del battente idraulico occorre tener conto anche del "contributo" delle modellazioni fatte dall'Autorità di bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale sui corsi d'acqua del reticolo principale del bacino dell'Arno di loro competenza (Fiume Bisenzio, Torrente Ombrone e Torrente Calice) in cartografia si riportano le perimetrazioni delle sole "celle idrauliche" riferibili ai suddetti corsi d'acqua del PGRA per le quali viene definito il valore dell'altezza d'acqua di esondazione, espresso in metri sul livello del mare, da confrontare con la quota del terreno rilevabile dai dati LIDAR

(<https://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html>) per valutare il battente idraulico in un determinato punto. Poiché gli areali delle due valutazioni (quelle dello studio idrologico-idraulico comunale e quelle dell’Autorità di Distretto) in alcune zone si sovrappongono, l'altezza d'acqua da considerare in un determinato punto sarà quella maggiore che scaturisce dal confronto dei due valori.

Per quanto riguarda infine l'areale al confine con il Comune di Montemurlo per il quale nella carta di pericolosità idraulica precedente si indicava la necessità di consultare il valore dei battenti sul sito web dell'Autorità di Bacino, con questo nuovo elaborato si riportano per quell'area i battenti che sono stati calcolati con lo studio idrologico-idraulico del Comune di Montemurlo che a quel tempo era ancora in corso di validazione da parte degli organi competenti e che oggi vengono considerati corretti anche per il territorio di Prato.

2.1.5 Carta dei ristagni per Tr 200 anni (ST_AF_5)

Anche questo elaborato contribuisce alla definizione della pericolosità idraulica della pianura pratese in quanto tiene conto del contributo del reticolo delle acque basse alla formazione di ristagni dovuti alla difficoltà di drenaggio in occasione di forti precipitazioni, con la conseguente formazione di un battente idraulico che potrà formarsi anche se non si verifica l’esonazione dai corsi d’acqua del reticolo delle acque alte. Il reticolo delle acque basse è infatti un sistema assai complesso in quanto si tratta di fossi e corsi d'acqua minori che nella parte nord della città entrano a far parte del sistema fognario per poi tornare a giorno e scorrere “naturalmente” nella fascia di pianura a sud della città, con un deflusso regolato dagli scolmatori di piena e un recapito condizionato dal funzionamento degli impianti idrovori asserviti al reticolo di bonifica.

In questo caso si individua quindi una pericolosità "quantitativa" che tiene conto anche del volume delle acque meteoriche che può piovere ed accumularsi direttamente sul terreno. Nella legenda della carta si leggono quindi le altezze d’acqua che si possono formare nella pianura in occasione di eventi meteorici con tempo di ritorno duecentennale che andranno comunque tenuti in considerazione per la definizione della fattibilità degli interventi anche nei casi in cui si ricada al di fuori delle perimetrazioni di pericolosità da alluvione.

2.1.6 Carta della magnitudo idraulica e delle aree presidiate dai sistemi arginali (ST_AF_6)

La carta della magnitudo idraulica è stata aggiunta alla serie delle carte di supporto alla ricostruzione del quadro conoscitivo del PS in base ai nuovi dettami normativi entrati in vigore con la LR.n.41/18. Di fatto il nuovo dato che scaturisce dal mettere in relazione l’altezza del battente idraulico duecentennale in un determinato punto con la velocità delle acque di esonazione (sempre per eventi duecentennali) nello

stesso punto, determina le diverse prescrizioni di fattibilità idraulica per la realizzazione degli interventi nelle zone a pericolosità da alluvione frequente (P3) e/o poco frequente (P2).

Le classi di magnitudo idraulica sono così definite ai sensi dell'art.2 della LR.n.41/18:

- “magnitudo idraulica moderata”: valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s). Nei casi in cui la velocità non sia determinata (e questo è il caso che si verifica nelle “celle idrauliche” del PGRA), battente uguale o inferiore a 0,3 metri;
- “magnitudo idraulica severa”: valori di battente inferiore o uguale a 0,5 metri e velocità superiore a 1 metro per secondo (m/s) oppure battente superiore a 0,5 metri e inferiore o uguale a 1 metro e velocità inferiore o uguale a 1 metro per secondo (m/s). Nei casi in cui la velocità non sia determinata (e questo è il caso che si verifica nelle “celle idrauliche” del PGRA), battente superiore a 0,3 metri e inferiore o uguale a 0,5 metri;
- “magnitudo idraulica molto severa”: battente superiore a 0,5 metri e inferiore o uguale a 1 metro e velocità superiore a 1 metro per secondo (m/s) oppure battente superiore a 1 metro. Nei casi in cui la velocità non sia determinata (e questo è il caso che si verifica nelle “celle idrauliche” del PGRA) battente superiore a 0,5 metri.

Il secondo tematismo rappresentato in cartografia riguarda, anch'esso, una nuova direttiva della LR.n.41/18 che all'art.14 stabilisce che per gli interventi di nuova costruzione nelle aree presidiate da sistemi arginali siano previste misure per la gestione del rischio di alluvione nell'ambito del Piano di Protezione Civile. Tale norma presumibilmente vuole introdurre un nuovo concetto di salvaguardia e di difesa rispetto alle potenziali rotture degli argini di cui, negli studi idrologico-idraulici, non si tiene conto. Le aree presidiate da sistemi arginali sono state quindi rappresentate con un limite grafico ben riconoscibile secondo le modalità indicate al comma s) dell'art.2 della LR.n.41/18 che prevedono l'individuazione di “fasce” di territorio, calcolate a partire dalla base degli argini dei corsi d'acqua e fino ad una distanza massima di 300 metri, dove il piano di campagna si trova a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota di 2 metri più alta della quota riferita al piede esterno dell'argine.

2.1.7 Carta delle problematiche idrogeologiche (ST_AF_7)

Questo elaborato interpreta le caratteristiche idrogeologiche del territorio sia in chiave di potenzialità che di salvaguardia della risorsa idrica. Le caratteristiche di permeabilità del substrato così come definite nella carta idrogeologica permettono di valutare, in prima battuta, le potenzialità degli acquiferi e la vulnerabilità delle acque di falda rispetto all'inquinamento. E' evidente, infatti, come la maggiore o minore permeabilità del terreno e delle rocce che costituiscono il substrato permetta una maggiore o minore diffusione e dispersione di un inquinante idroveicolato. Al di là quindi della capacità di auto-depurazione intrinseca di ciascun terreno (comunque riferibile quasi esclusivamente a inquinanti di origine organica), con le acque

d'infiltrazione superficiale anche gli inquinanti eventualmente trasportati, o comunque trasportabili in soluzione, hanno la possibilità di circolare in sottterraneo. Questo fenomeno può deteriorare la qualità delle acque di falda di estese porzioni di territorio anche molto distanti dal punto di infiltrazione. Poiché il fattore fisico che permette la circolazione in sottterraneo è la permeabilità, la vulnerabilità delle acque sotterranee è associata alle caratteristiche litologiche e genetiche delle rocce e dei terreni, oltre che alla esposizione al rischio di inquinamento dovuto alle attività antropiche che si svolgono in superficie.

Vulnerabilità delle acque sotterranee:

Facendo riferimento al contesto geologico e fisico il territorio di Prato può essere suddiviso in due grandi "unità" idrogeologiche individuabili nei depositi alluvionali della pianura e nelle formazioni rocciose che costituiscono i rilievi collinari circostanti:

Terreni sciolti - depositi alluvionali della pianura

Come base di partenza per la valutazione della vulnerabilità di questi depositi sono stati utilizzati i dati contenuti nel quadro conoscitivo del PTC della Provincia di Prato relativi alla stratigrafia della piana. Questi dati rappresentano la distribuzione orizzontale dei depositi alluvionali a quattro diverse profondità: piano campagna, a -5 metri, -10 metri e a -15 metri di profondità. Da ognuna di queste sezioni orizzontali sono state estratte le perimetrazioni relative alle ghiaie ed ai ciottolami, essendo queste le litologie più permeabili e di conseguenza quelle maggiormente predisposte ad idroveicolare più velocemente un inquinante nella falda principale. Il passo successivo è stato quello di sovrapporre queste perimetrazioni ottenendo così delle aree che forniscono anche un'informazione riguardo la distribuzione verticale di questi depositi, valutata come la caratteristica più discriminante per l'attribuzione di un valore di vulnerabilità. Questa scelta è motivata dal fatto che se un inquinante viene sversato in un'area dove affiorano depositi caratterizzati da un'alta permeabilità e con un elevato spessore, in breve tempo si potrebbe rischiare di contaminare, in un primo momento, i corpi d'acqua più superficiali, interessati da prelievi per uso privato, e, successivamente, la falda freatica principale da cui attingono i pozzi dell'acquedotto pubblico. Tutto questo, evidentemente, avverrebbe in un tempo molto più lungo e con effetti meno dannosi se un inquinante dovesse attraversare depositi a minore permeabilità che, oltre a rallentare la circolazione verso il basso, possiedono caratteristiche fisiche e chimiche tali da "legare" le molecole inquinanti alle particelle solide del terreno. Sulla base di queste valutazioni si è articolato il grado di vulnerabilità secondo la seguente classificazione:

- **Vulnerabilità alta:** aree in cui le ghiaie ed i ciottolami si sviluppano dal piano di campagna fino ad oltre 15 metri di profondità;
- **Vulnerabilità media:** aree in cui le ghiaie ed i ciottolami si sviluppano dal piano di campagna fino a 10 metri di profondità;

- **Vulnerabilità medio-bassa:** aree in cui le ghiaie ed i ciottolami si sviluppano al di sotto di 10 metri di profondità;
- **Vulnerabilità bassa:** aree in cui argille, limi, limi sabbiosi e sabbie limose si sviluppano dal piano campagna fino ad oltre 15 metri di profondità.

formazioni litoidi

La valutazione della vulnerabilità delle formazioni litoidi deriva direttamente dalle considerazioni che sono state fatte per determinare il grado di permeabilità di queste rocce nella carta idrogeologica. Come spiegato in precedenza, queste formazioni sono caratterizzate da intensi sistemi di discontinuità che gli conferiscono un elevato grado di permeabilità per fratturazione. Si deve ricordare che i rilievi costituiti da queste rocce rappresentano le principali area di ricarica per la falda e per questo motivo risultano zone ancora più sensibili dei depositi della pianura nei riguardi di eventuali sversamenti di sostanze inquinanti. Particolare attenzione deve essere fatta per i Monti della Calvana all'interno dei quali l'acqua d'infiltrazione scorre con moto turbolento e con grandi portate attraverso un sistema di condotte carsiche molto ben sviluppato. In tali condizioni una sostanza inquinante non impiegherebbe molto tempo a contaminare l'acqua delle sorgenti o addirittura quella della falda principale.

In base al grado di permeabilità, le formazioni rocciose sono state suddivise in due classi di vulnerabilità:

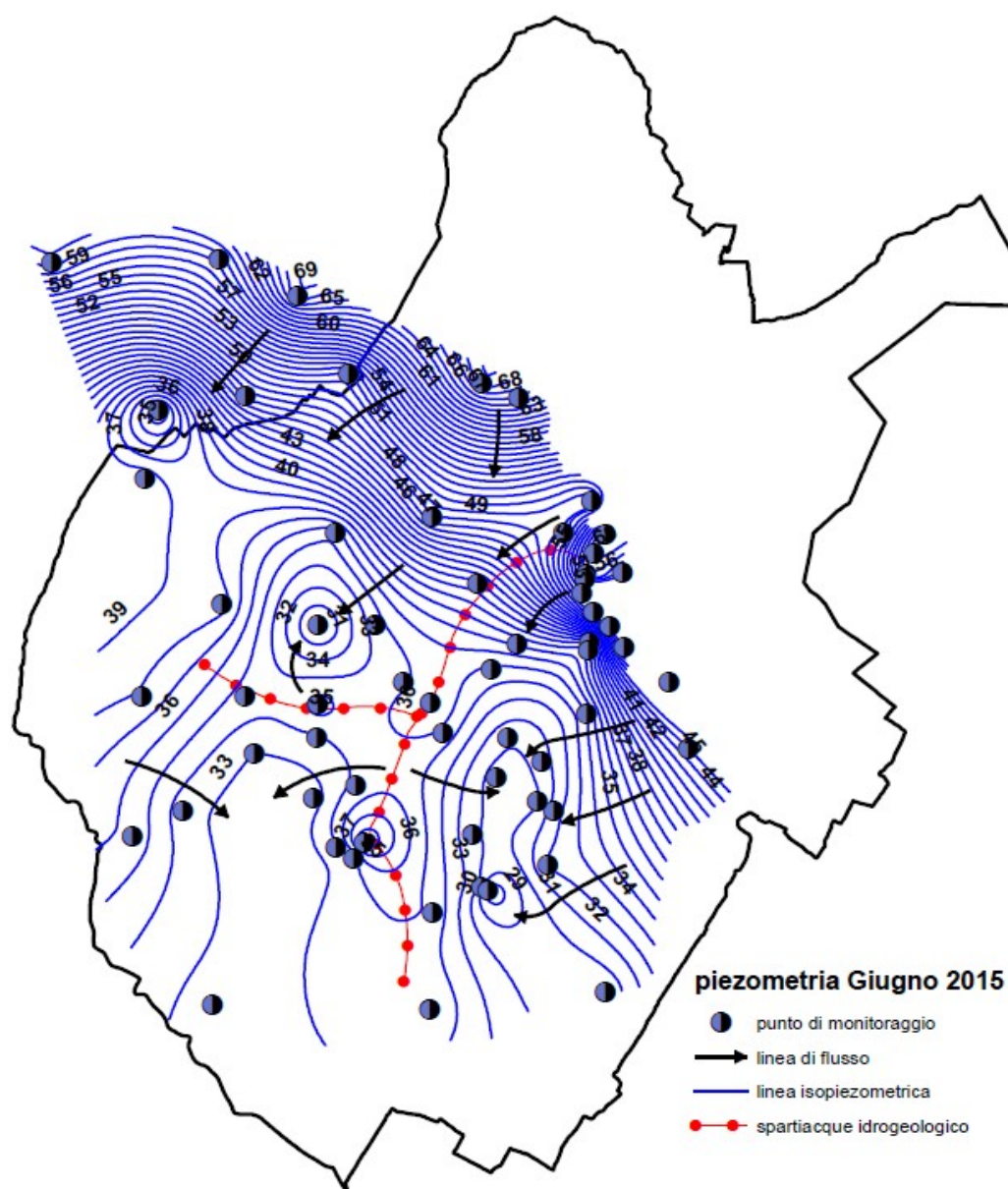
- **Vulnerabilità alta:** aree in cui affiora la Formazione del M.Morello ("Alberese").
- **Vulnerabilità media:** aree in cui affiorano la Formazione del Sillano in tutte le sue facies, Arenarie del M.Falterona, Serpentiniti, Gabbri, Diaspri, Argille a Palombini, Calcari a Calpionelle.

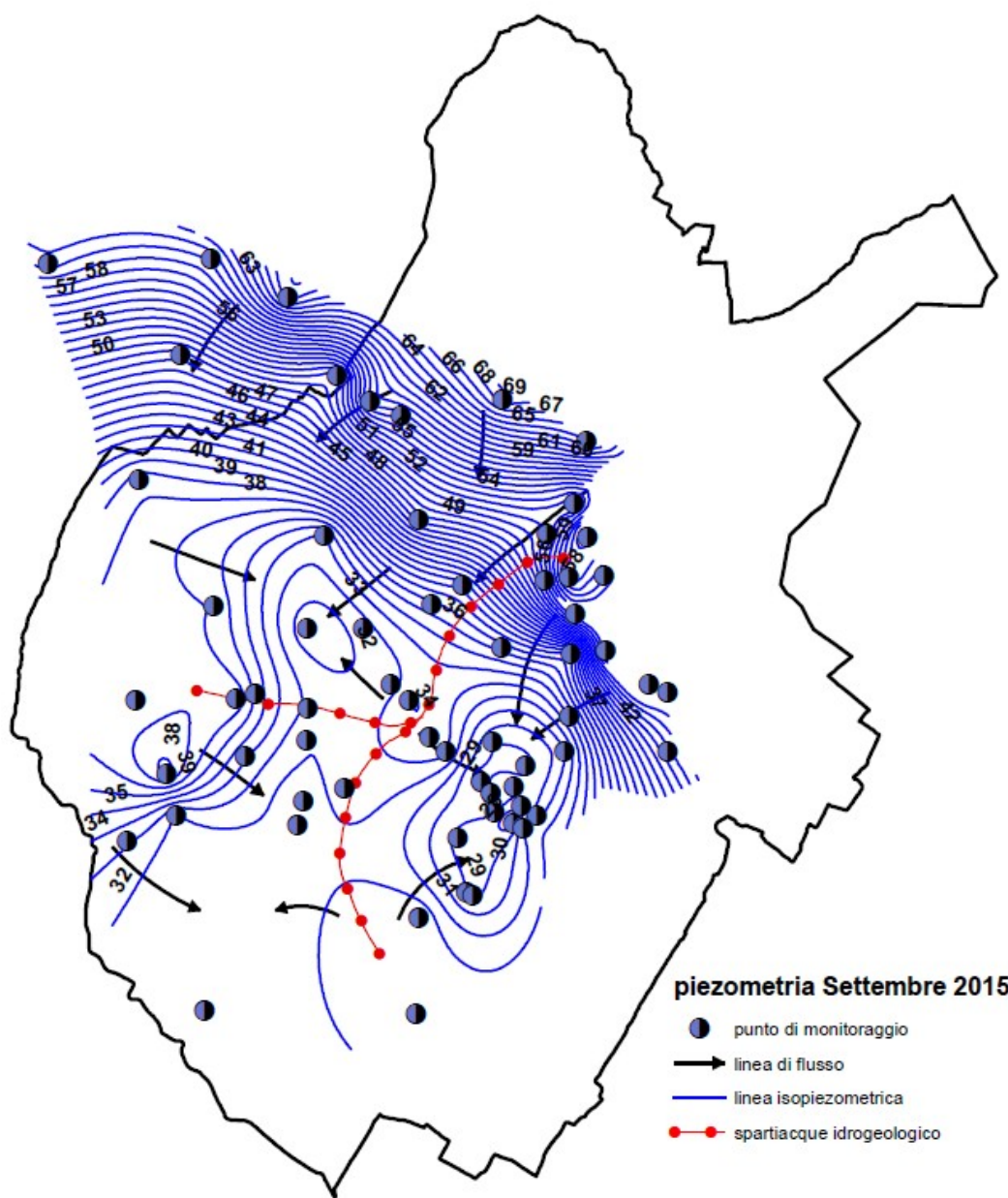
Tutte le coperture detritiche sui versanti rientrano, invece, nella categoria dei terreni sciolti e sono state classificate a vulnerabilità medio-bassa in relazione al fatto che pur avendo caratteristiche di media permeabilità all'interno di questi corpi detritici non sono presenti falde acquifere significative.

Captazione delle acque sotterranee:

Se la vulnerabilità degli acquiferi dovuta alle caratteristiche intrinseche del substrato roccioso è una componente importante per l'uso e la salvaguardia delle acque sotterranee, altri elementi legati allo sfruttamento delle acque sotterranee completano il quadro delle problematiche idrogeologiche da tenere in considerazione per un uso non distruttivo della risorsa. La conoide del Bisenzio è da tempo sfruttata per l'approvvigionamento idrico dell'acquedotto mediante una serie di pozzi distribuiti su tutta la piana ma con maggiore concentrazione in alcune aree dove, evidentemente, la produttività è maggiore. Un sistema di monitoraggio consistente in una serie di piezometri che misurano il livello dell'acqua sotterranea permette di valutare l'andamento nel tempo della falda profonda e di tracciare i maggiori percorsi di flusso sotterraneo seguendo l'andamento delle curve piezometriche che, nella carta, riportano l'altezza d'acqua rispetto al livello del mare. In questo caso sono stati riportati i livelli

misurati nel giugno del 2015 in una rete di monitoraggio istituita con il "Protocollo di Intesa per l'approfondimento dello studio conoscitivo dell'acquifero della Piana di Prato del 29/05/2015, sottoscritto dall'Autorità di Bacino Fiume Arno, dal Comune di Prato, dalla Provincia di Prato, dall'Autorità Idrica Toscana e da Publiacqua S.p.A., nel cui ambito è stato elaborato lo "Studio conoscitivo dell'Acquifero di Prato – Indagini idrogeologiche e geochemico – isotopiche 2015-2016", West Systems srl, PIN srl, IGG-CNR, marzo 2016". Tale misurazione è stata ripetuta anche nel settembre del 2015 e le due figure sottostanti mostrano le differenze; il periodo di giugno è da considerare di morbida, mentre il periodo di settembre di magra:





Al di là delle variazioni stagionali dovute al regime pluviometrico il dato interessante che viene rilevato dalla rete di monitoraggio è la vasta area di depressione della falda che si estende circa al centro della pianura dove, evidentemente, il prelievo di acqua con i pozzi (che non sono soltanto quelli dell'acquedotto) supera la capacità di ricarica da parte delle acque di infiltrazione che scendono dai rilievi collinari. L'intero complesso calcareo della Calvana e buona parte dei rilievi del bacino della Bardena dove affiorano le formazioni più permeabili sono da considerare, infatti, aree di ricarica della falda cioè zone in cui le acque di precipitazione meteorica, infiltrandosi, vanno ad alimentare il "grande serbatoio" costituito dai depositi sciolti della pianura.

Lo sfruttamento delle acque di falda mediante il continuo prelievo con i pozzi unitamente ad una ricarica sempre più intermittente a causa delle variazioni del regime pluviometrico dovuto ai cambiamenti climatici può incrementare il fenomeno della subsidenza, cioè l'abbassamento del terreno dovuto alla consolidazione del sottosuolo. Nel territorio pratese si è assistito al suddetto fenomeno principalmente a partire dalla seconda metà del secolo scorso, in concomitanza con il grande sviluppo industriale e tecnologico che ha sfruttato in modo massiccio le grandi risorse sotterranee di acqua.

I dati sull'andamento di questo fenomeno sono registrati dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale che ha elaborato una mappa degli areali soggetti alla subsidenza nell'ambito della cartografia del PAI rispetto ai quali la Regione Toscana dovrebbe aggiornare le attuali direttive allegate al DPGR.n.5/R/20 per il controllo di tale fenomeno.

Oltre alla captazione mediante pozzi, lo sfruttamento delle acque sotterranee riguarda anche l'utilizzo delle sorgenti che scaturiscono dal substrato roccioso, laddove una variazione di permeabilità nell'ammasso roccioso intercetta il flusso sotterraneo delle acque forzandole a uscire in superficie. Anche in questi casi sono state perimetrare le relative zone di alimentazione valutando le condizioni idrogeologiche locali, cioè il rapporto tra il flusso delle acque sotterranee e l'assetto strutturale della formazione geologica entro cui scorrono. Questo permette di valutare il bacino idrogeologico di alimentazione di ogni sorgente che alcune volte non corrisponde al bacino idrografico: in questo caso le sorgenti sarebbero alimentate anche da acque che si infiltrano al di fuori del bacino idrografico.

Relativamente all'applicazione delle norme di salvaguardia delle acque sotterranee ai sensi del D.Lgs.152/06 le zone di ricarica della falda e delle sorgenti corrispondono alle zone di rispetto del decreto legislativo mentre per le aree di rispetto dei pozzi, dato che non è possibile individuare un areale specifico di ricarica in quanto si tratta di un emungimento puntuale dalla profondità di una falda molto estesa e senza direzioni preferenziali di alimentazione, la zona circolare con raggio di duecento metri, assume un valore di tutela dalla possibile infiltrazione di inquinanti superficiali attraverso il punto di captazione.

Disponibilità delle acque sotterranee

Un aspetto molto importante quando si parla di vulnerabilità della risorsa idrica è quello del bilancio idrico cioè il rapporto tra i volumi di acqua che alimentano un acquifero e quelli che vengono prelevati. L'Autorità di Bacino del Fiume Arno ha redatto, con Del.C.I. n.24 del 28 Febbraio 2008, il Progetto di Piano di Bacino Stralcio "Bilancio Idrico" mediante il quale viene definito il bilancio delle acque sotterranee e superficiali. Questo documento contiene le misure per la pianificazione dell'economia idrica e mira a ricondurre i valori di bilancio entro limiti socialmente accettabili nel rispetto degli assetti e delle risorse naturali e dello sviluppo sostenibile del territorio. Il bilancio è redatto per tutti gli acquiferi significativi che vengono suddivisi in due

tipologie: quelli interessati da grave deficit di bilancio e quelli con bilancio prossimo all'equilibrio o bilancio positivo. Nella carta delle problematiche idrogeologiche abbiamo riportato gli areali relativi agli acquiferi con deficit di bilancio che sono articolati in base all'entità del disavanzo:

D4 - area a disponibilità molto inferiore alla capacità di ricarica (art.9): in cui il disavanzo relativo fra la ricarica media su unità di superficie e i prelievi risulta molto elevato, < -10.000 mc/ha.

D3 – area a disponibilità inferiore alla capacità di ricarica (art.10): in cui il disavanzo relativo fra la ricarica media su unità di superficie e i prelievi risulta elevato, fra -10.000 e -1.000 mc/ha.

Da quando è stato approvato il piano di bacino stralcio Bilancio Idrico questi areali non sono stati più aggiornati.

Prato, 28 Febbario 2024

Dott.Geol.Alberto Tomei