

PUG



PIANO URBANISTICO GENERALE

Proposta di Piano | **Assunzione** | QC | Relazione

B SISTEMA AMBIENTALE

QC.B2

SUOLO E SOTTOSUOLO: CARATTERISTICHE E CRITICITÀ

ASSUNZIONE
Delibera C.C. n° 86 del 29/12/2021

ADOZIONE
Delibera C.C. n° del / /

APPROVAZIONE
Delibera C.C. n° del / /



**Comune
di Modena**

ELEMENTI DI NATURA GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA PER LA FORMAZIONE DEL QUADRO CONOSCITIVO

RELAZIONE

Rev. 1 - Settembre 2018

aTeam - Progetti Sostenibili

Dott. Geol. Valeriano Franchi
Dott. Geol. Alessandro Ghinoi

Rev. 2 - rif. PG 302037/2020

GEO-XPRT ITALIA Srl

Coordinamento Generale
Dott. Geol. Giorgio Masotti

Collaboratori
Dott. Geol. Alberto Fiori
Dott. Enrico Notari

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	3
2	CARTA GEOLOGICA - TAV. AG.0.....	3
2.1	SUBSISTEMA DI VILLA VERUCCHIO (AES7).....	5
2.2	UNITA' DI VIGNOLA (AES7b)	5
2.3	SUBSISTEMA DI RAVENNA (AES8).....	6
2.4	UNITÀ DI MODENA (AES8a).....	7
3	LITOLOGIA DI SUPERFICIE (PRIMO METRO AL DI SOTTO DEL SUOLO AGRARIO) - TAV. AG.1	8
4	ELEMENTI DEL SOTTOSUOLO DI INTERESSE APPLICATIVO - TAV. AG.2.....	10
5	GEOMORFOLOGIA - TAV. AG.3.....	12
6	ALLAGABILITÀ POTENZIALE NATURALE ED EVENTI ESONDATIVI STORICI - TAV. AG.4	14
7	GEOTECNICA - TAV. AG.5.....	17
8	IDROGEOLOGIA - TAV. AG.6	19
9	IDROGEOLOGIA - TAV. AG.6.1	21
10	SUBSIDENZA (PERIODO DI MONITORAGGIO: 2011-2016, CON RIFERIMENTO ANCHE AL PERIODO PRECEDENTE, 2006-2011) - TAV. AG.7.....	24
11	ATTIVITÀ ESTRATTIVE - TAV. AG.8	26
12	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	27

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: CARTA GEOLOGICA (TAV. AG.0).....	4
Figura 2: LITOLOGIA DI SUPERFICIE (TAV. AG.1).....	9
Figura 3: CARTA DEGLI ELEMENTI DEL SOTTOSUOLO DI INTERESSE APPLICATIVO (TAV. AG.2).....	11
Figura 4: GEOMORFOLOGIA (TAV. AG.3).....	13
Figura 5: ALLAGABILITÀ POTENZIALE NATURALE ED EVENTI ESONDATIVI STORICI (TAV. AG.4).....	16
Figura 6: GEOTECNICA (TAV. AG.5)	18
Figura 7: IDROGEOLOGIA (TAV. AG.6)	20
Figura 8: PIEZOMETRIA E SOGGIACENZA - (PRIMAVERA 2019)	21
Figura 9: PIEZOMETRIA E SOGGIACENZA - AUTUNNO 2019.....	22
Figura 10: PIEZOMETRIA E SOGGIACENZA - AUTUNNO 2020.....	22
Figura 11: TAVOLA DI CONFRONTO ANDAMENTO PIEZOMETRICO E SOGGIACENZA (TAV. AG.6.1)	23
Figura 12: SUBSIDENZA (TAV. AG.7)	25
Figura 13: ATTIVITÀ ESTRATTIVE (TAV. AG.8).....	26

1 INTRODUZIONE

La presente relazione è stata redatta a seguito di un aggiornamento necessario del documento redatto nell'anno 2018 dal Dott. Geol. Valeriano Franchi e Dott. Geol. Alessandro Ghinoi, in cui venivano riportati i risultati di una raccolta dei dati disponibili, presso il Comune di Modena, relativi al quadro conoscitivo ambientale, nelle specifiche matrici geologica e idrogeologica, a partire dalla base conoscitiva di riferimento rappresentata dal Progetto Ambiente del 1989.

Il Progetto Ambiente è stato successivamente integrato con ulteriori approfondimenti, anche cartografici, che hanno comportato l'aggiornamento delle matrici in esame e pertanto costituiscono parte integrante del quadro conoscitivo di riferimento.

L'obiettivo del presente studio di aggiornamento è quello di organizzare tutti i dati disponibili per il territorio con eliminazione delle possibili ridondanze e privilegiando i dati più recenti e valutati attendibili.

Lo studio ha prodotto, pertanto, specifici elaborati cartografici, allegati alla presente relazione, le cui peculiarità sono descritte nei capitoli seguenti.

L'organizzazione dei dati è stata effettuata all'interno di un database geografico opportunamente georeferenziato conformemente al sistema di riferimento in uso dal SIT del Comune di Modena, aggiungendo, ove necessario, i metadati di interesse suddivisi in layers cartografici sovrapposti.

L'organizzazione dei dati è stata eseguita per permettere la compatibilità del database geografico del SIT senza escludere la possibilità di implementazioni/approfondimenti attraverso studi e indagini future.

2 CARTA GEOLOGICA - TAV. AG.0

Da un punto di vista geologico il territorio del Comune di Modena appartiene al bacino sedimentario della pianura Padana, formatosi, a partire dal Miocene, con l'avanzata delle falde appenniniche che ha determinato sprofondamenti flessurali nell'antistante avampaese padano, portando alla formazione di un bacino subsidente. In termini stratigrafici, a partire dal Pleistocene, inizia un ciclo sedimentario marino (Qm in Ricci Lucchi et alii, 1982), che porta al colmamento del bacino padano e che si chiude con depositi sabbioso-ciottolosi di spiaggia noti come "Sabbie gialle".

Al di sopra del quaternario marino si sviluppano i depositi quaternari continentali che costituiscono un supersistema denominato "Emiliano-Romagnolo" a sua volta suddiviso in due sistemi (Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore e Sistema Emiliano Romagnolo Superiore) separati da una discontinuità rilevabile nelle aree marginali della pianura e legata a una fase tettonica di importanza regionale di sollevamento delle strutture appenniniche. Tale fase tettonica ha determinato un forte incremento della deposizione grossolana.

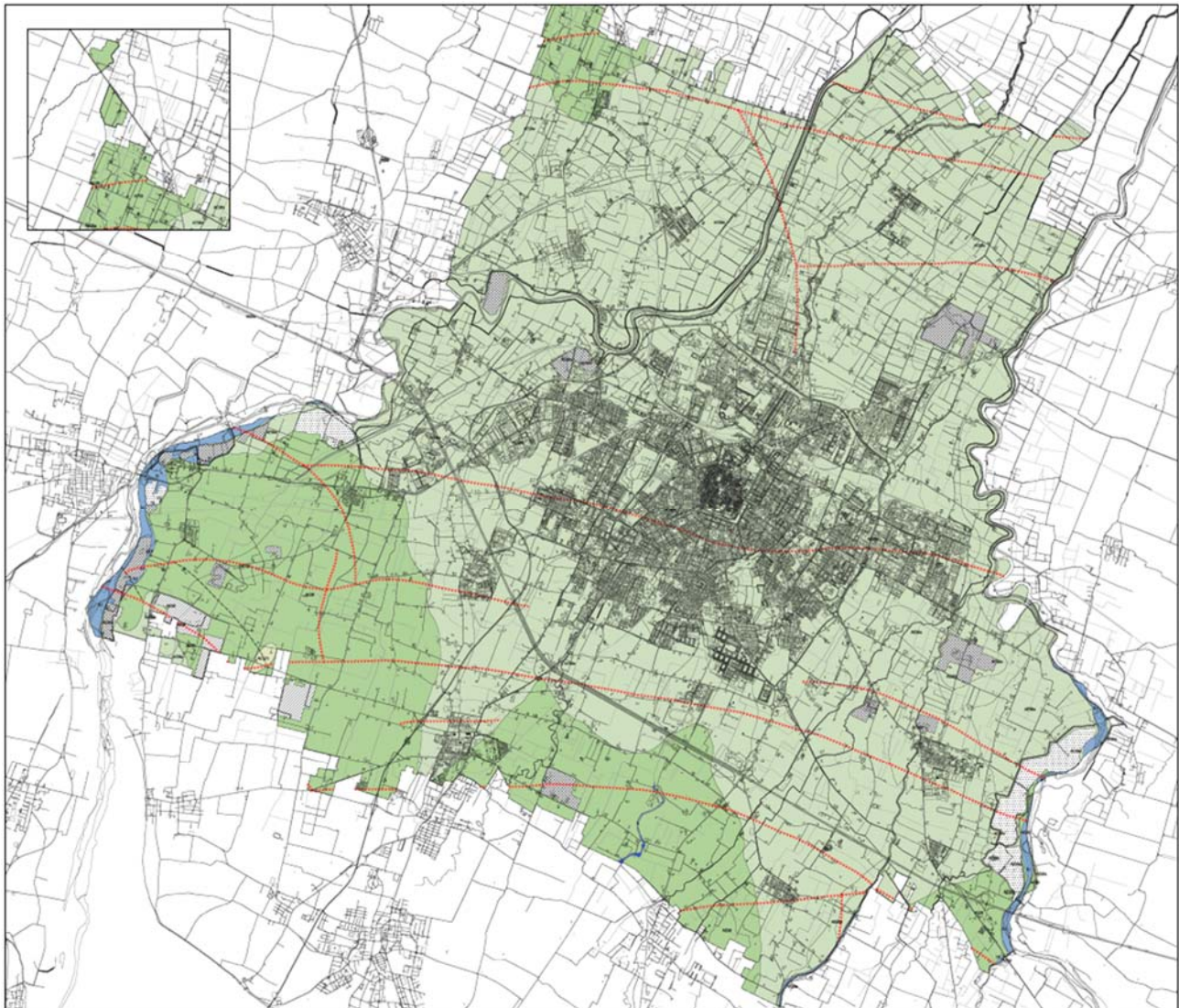
All'interno dei sistemi si individuano cicli deposizionali ("subsistemi") che presentano una porzione inferiore costituita da litologie prevalentemente fini, per lo più argillose. Ghiaie e sabbie, quando presenti, sono spesso canalizzate e comunque molto meno estese rispetto alla parte superiore. Al di sopra di questa, si riconosce una porzione superiore caratterizzata da granulometrie più grossolane, costituite da limi, sabbie e ghiaie; le ghiaie hanno tetto tabulare e sono molto più estese e potenti rispetto a quelle presenti nella porzione inferiore.

Si tratta di unità cicliche caratterizzate dall'alternarsi di due litologie; le discontinuità che dividono i subsistemi sono rappresentate nelle aree di alta pianura da paleosuoli ben sviluppati legati a periodi di interruzione della sedimentazione talora molto ampia, che hanno consentito la pedogenesi della parte sommitale dei depositi ghiaioso sabbiosi; più a valle la superficie di separazione tra due subsistemi non è più contrassegnata da paleosuoli e può essere seguita solo basandosi sulla differenza litologica.

Il Sintema Emiliano-Romagnolo inferiore è costituito prevalentemente da depositi fini con gli intervalli ghiaioso sabbiosi confinati a sud della via Emilia, mentre il Sintema Emiliano-Romagnolo superiore presenta alternanze di sedimenti grossolani e fini che si spingono a nord ben oltre la Via Emilia.

Nel territorio Comunale affiorano i depositi del Sintema Emiliano-Romagnolo superiore, ed in particolare si individuano terreni appartenenti all'Unità di Vignola (AES7b), al Subsintema di Ravenna (AES8), e all'Unità di Modena (AES8a) (Figura 1).






Figura 1: CARTA GEOLOGICA (TAV. AG.0)





LEGENDA

 Perimetro Comunale




Coperture quaternarie

-  AES7b - Unità di Vignola
-  AES8 - Subsintema di Ravenna
-  AES8a - Unità di Modena
-  b1 - Deposito alluvionale in evoluzione
-  h - Deposito antropico






Elementi strutturali

-  faglia profonda indeterminata dedotta
-  sovrascorrimento profondo post-tortoniano dedotto

Attività estrattive

-  Aree di Cava attive
-  Aree di ex-Cava (riempimenti maggiori 3 m)
-  Aree di ex-Cava (riempimenti minori 3 m)

Si riporta di seguito una descrizione di tali unità desunta dalle note illustrative della Carta Geologica d'Italia Foglio 201 "Modena" a cura di G. Gasperi e M. Pizzolo, 2009.

SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE		
	AES8a	SUBSINTEMA DI RAVENNA: UNITÀ DI MODENA Ghiaie, sabbie e limi. <i>Olocene</i>
	AES8	SUBSINTEMA DI RAVENNA Ghiaie, sabbie e limi. <i>Pleistocene sup. - Olocene</i>
	AES7	SUBSINTEMA DI VILLA VERRUCCHIO Ghiaie, sabbie e limi. <i>Pleistocene sup.</i>
	AES7b	SUBSINTEMA DI VILLA VERRUCCHIO: UNITÀ DI VIGNOLA Ghiaie, sabbie e limi. <i>Pleistocene sup.</i>
	AES7a	SUBSINTEMA DI VILLA VERRUCCHIO: UNITÀ DI NIVIANO Ghiaie, sabbie e limi. <i>Pleistocene sup.</i>

2.1 SUBSINTEMA DI VILLA VERUCCHIO (AES7)

I depositi appartenenti a tale unità affiorano in un'area di limitata estensione del settore meridionale del territorio comunale. E' facilmente riconoscibile nel sottosuolo a causa del corpo ghiaioso tabulare presente al tetto, alterato nelle zone di alta pianura in un suolo molto evoluto (alfisuolo): costituisce il gruppo di depositi terrazzati più estesi e facilmente riconoscibili delle aree pedecollinari. La sua potenza varia da 0 a 70 metri circa. L'età è pleistocenica, compresa tra 120.000 anni B.P. e i 15.000 anni circa, età della più antica datazione attribuibile al Subsintema di Ravenna.

Il Subsintema di Villa Verucchio è costituito da limi prevalenti con subordinate ghiaie e sabbie nella porzione inferiore e da depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi di conoide del fiume Secchia nella porzione superiore. Nelle aree meridionali, in prossimità del fiume Secchia l'intera unità è costituita da ghiaie. E' suddivisa in unità di rango inferiore, l'Unità di Vignola, che comprende la parte superiore a granulometria grossolana con sedimentazione caratteristica dell'ultima fase glaciale, e l'Unità di Niviano che ne rappresenta la porzione inferiore generalmente più fine che rappresenta il deposito del penultimo interglaciale. La base dell'unità è caratterizzata nel sottosuolo dall'inizio della deposizione fine susseguente alle ghiaie che caratterizzano la sommità del Subsintema di Bazzano.

Il limite superiore del Subsintema di Villa Verucchio è posto in corrispondenza del passaggio tra le ghiaie presenti al tetto dell'unità e i depositi prevalentemente limoso argillosi che caratterizzano la parte inferiore del successivo Subsintema di Ravenna. Nelle zone meridionali le ghiaie sono intensamente pedogenizzate sino a costituire un suolo molto evoluto, testimoniando una prolungata lacuna nella sedimentazione.

Lo spessore complessivo delle ghiaie relative alla conoide del fiume Secchia raggiunge i valori massimi a Sud di Modena (>40 m) e diminuisce rapidamente verso Nord e verso est e ovest della paleoconoide.

2.2 UNITÀ DI VIGNOLA (AES7b)

E' riconoscibile soprattutto nelle aree di alta pianura ove vi è continuità laterale dei corpi ghiaiosi e il loro tetto è tabulare. E' formata da ghiaie a matrice limo-sabbiosa della conoide del fiume Secchia, che passano distalmente e lateralmente a limi e limi-sabbiosi con rare ghiaie, di ambiente di interconoide e ancora a valle a limi e limi-argillosi di piana alluvionale. Tale unità nel territorio comunale di Modena compare esclusivamente all'interno della conoide del fiume Secchia.

In essa le ghiaie, ai bordi e verso valle della conoide, passano a ghiaie e sabbie e quindi a sabbie, ma meno estese delle ghiaie, e più distalmente ancora ai depositi limoso-argillosi di piana inondabile. A est della paleoconoide del Secchia sono presenti le estreme propaggini occidentali della conoide del Panaro. I massimi spessori delle ghiaie, anche superiori a 20 metri, si riscontrano a sud di Modena, mentre spostandosi a nord e lateralmente, pur aumentando la potenza dell'unità considerata, i depositi grossolani sono intercalati a quelli fini in alternanze plurimetriche e lo spessore complessivo delle ghiaie diminuisce. Nelle aree prossimali della conoide del Secchia, al tetto dell'unità, è presente un paleosuolo (riscontrato presso Magreta, nel Comune limitrofo di Formigine), che presenta un fronte di alterazione di circa 1.2-1.5 metri, che costituisce il limite con il sovrastante Subsistema di Ravenna. Nelle aree distali di conoide questo manca e il tetto dell'unità è posto al passaggio tra le ghiaie ed i sovrastanti depositi fini attribuiti al Subsistema di Ravenna. A valle della conoide mancano del tutto le ghiaie e non è possibile tracciare con sicurezza il limite superiore dell'unità, che viene collocato dove si verificano variazioni granulometriche, cioè dai livelli sabbiosi sottostanti si passa a livelli prevalentemente limo-argillosi. Le ghiaie dell'Unità di Vignola hanno una estensione superiore a quella del Subsistema di Ravenna: infatti i depositi ghiaiosi della conoide del fiume Secchia appartenenti all'Unità di Vignola si estendono sino a valle della città di Modena, ove si rinvennero alla profondità di 20-30 metri. L'età della base è superiore a 30.000 anni B.P.; l'età del tetto è più antica dei 15.000 anni B.P. La deposizione dell'Unità di Vignola sembra legata a condizioni idrauliche e climatiche diverse da quelle che caratterizzano il successivo Subsistema di Ravenna e comunque caratterizzate da maggiori portate, da maggiore carico solido e da un diverso pattern di distribuzione delle ghiaie rispetto all'attuale. Si può ipotizzare che la deposizione di tale unità sia avvenuta nel corso dell'ultima glaciazione e, forse, anche durante il periodo immediatamente successivo.

2.3 SUBSISTEMA DI RAVENNA (AES8)

Tale Subsistema, che affiora nella parte meridionale del territorio comunale, si sviluppa in condizioni di piana inondabile, e rappresenta l'intero spessore dei sedimenti, prevalentemente fini, depositi nell'ultimo postglaciale, in parte al di sopra dell'esteso corpo ghiaioso attribuito all'Unità di Vignola. La base è caratterizzata nell'area tipo da una superficie di discontinuità corrispondente ad una lacuna stratigrafica di entità variabile e marcata da un netto contrasto di facies: i depositi alluvionali di età pleistocenica (parte sommitale di Villa Verucchio) sono sovrastati da depositi di ambiente parafanco e marino-marginale riconducibili all'ultimo ciclo trasgressivo-regressivo di età olocenica. Nella zona emiliana la base del Subsistema non è facilmente riconoscibile. Nella zona di Magreta la base affiora in alcune cave, in cui limi e limi-argillosi poggiano con un contatto netto sulle ghiaie e limi di colore bruno-rossastro alterati dal paleosuolo a tetto dell'Unità di Vignola.

Verso la pianura ed allontanandosi dall'asse principale dei fiumi, questo paleosuolo non è più presente, ma sono presenti solo ghiaie inalterate ed il limite inferiore del Subsistema viene posto convenzionalmente al tetto dei corpi ghiaioso-sabbiosi ad elevata estensione laterale che caratterizzano la porzione sommitale di Villa Verucchio. Ancora più a nord mancano le ghiaie ed il limite con l'Unità di Vignola non è più contrassegnato da un netto cambiamento litologico, perché presumibilmente qui la sedimentazione si è sviluppata con continuità e senza grandi variazioni. In queste aree la base del Subsistema è contrassegnata da alcuni metri di argille più o meno limose alle quali sono intercalati, a profondità variabili tra 15 e 25 metri, livelli centimetrici o decimetrici ricchi in sostanza organica. Il limite superiore del Subsistema coincidente sempre con la superficie topografica, è caratterizzato dalla presenza di suoli a basso grado di alterazione con profilo di alterazione inferiore ai 150 cm.

La risalita del livello del mare dopo l'ultima fase glaciale non deve essere stata di breve durata, come sembrano indicare

lo spessore relativamente potente (circa 5 metri) dei sedimenti argillosi, la frequente presenza in essi di resti organici vegetali discontinui di spessore relativamente modesto, e infine le datazioni radiometriche effettuate su questi livelli torbosi che hanno fornito età variabili tra 15.130 e 9.935 anni B.P. La sedimentazione della porzione basale del Subsintema di Ravenna si sarebbe sviluppata su una piana alluvionale mal drenata caratterizzata da estese paludi, in un arco di tempo di almeno 5000 anni.

All'intervallo basale ricco di sostanza organica segue una sedimentazione prevalentemente fine, più o meno spessa. A profondità variabili a seconda delle zone è presente un secondo livello nerastro, torboso, assai esteso lateralmente, databile approssimativamente tra i 4580 e 3.970 anni B.P (7.5 – 11.6 m di profondità).

I depositi del Subsintema di Ravenna, affioranti estesamente nella parte Sud-Occidentale del territorio Comunale, sono granulometricamente fini, e vanno dalla sabbia media all'argilla, deposti in ambienti di piana alluvionale sviluppata a valle delle conoidi. Solo nelle aree a sud dell'autostrada A1 presso il fiume Secchia sono presenti i depositi ghiaiosi di conoide. A valle delle conoidi il territorio presenta una uniforme inclinazione verso NNE interrotta da blande ondulazioni positive allungate in senso N-S e NNE-SSO, rilevabili con cartografia con isoipse di 1 metro.

I depositi di questo subsintema sono il prodotto della sedimentazione prevalentemente verticale dovuta a processi di tracimazione di corsi d'acqua sinuosi, che si sviluppano a valle dei corsi d'acqua braided caratteristici delle conoidi pedemontane. I processi deposizionali hanno portato alla formazione di argini naturali prevalentemente sabbiosi, crevasse e piane inondabili limose e argillose, mentre la migrazione dei meandri e delle barre di meandro ha condotto alla deposizione di corpi sabbiosi nastriformi allungati nel senso di scorrimento delle acque.

La parte superiore del subsintema, sino al piano di campagna, è caratterizzata da maggiore frequenza di livelli sabbioso limosi o limoso argillosi con frequenti intercalazioni sabbiose, a testimonianza di un aumento areale degli ambienti di argine e di rotta fluviale legati ad una maggiore dinamica dei corsi d'acqua.

La sedimentazione grossolana, ghiaiosa, che si rinviene alla base dell'unità in eteropia con i livelli argillosi torbosi, è localizzata nelle aree prossime al fiume Secchia, e nel suo insieme si presenta drasticamente più ridotta rispetto a quella dell'Unità di Vignola.

La potenza massima del subsintema è superiore a 20 metri. Lo spessore aumenta, oltre che allontanandosi dalla catena, anche lateralmente agli assi vallivi principali; a Magreta si registrano spessori di 3-5 metri, spostandosi verso est superano i 10 metri. Infatti il Subsintema aggrada su una topografia più articolata dell'attuale, legata alla precedente fase deposizionale prevalentemente ghiaiosa e a morfologia convessa dell'Unità di Vignola. L'età è pleistocenica superiore-olocenica. Le datazioni della base oscillano tra i 15.000 e 9.000 circa BP.

2.4 UNITÀ DI MODENA (AES8a)

Tale unità, affiorante estesamente su tutto il territorio comunale, è caratterizzata dalla presenza al tetto di un suolo a bassissimo grado di alterazione con profilo di alterazione inferiore a 1 metro. Ad essa appartengono i sedimenti deposti dopo l'età romana (post V secolo d.C.). La base dell'unità è ben riconoscibile dalla presenza di un suolo evoluto al tetto del Subsintema di Ravenna.

Nel sottosuolo della città, al di sopra delle ghiaie dell'Unità di Vignola, si colloca il Subsintema di Ravenna che qui appare a costituzione relativamente omogenea, essendo formato da argille con la presenza sporadica di piccoli corpi lenticolari limo-sabbiosi. A profondità comprese tra i 5 e gli 8 metri dal piano campagna è presente l'Unità di Modena; la litologia è prevalentemente argillosa, frequenti vi si intercalano lenti estese anche oltre la decina di metri, limose e sabbiose, evidentemente legate a corsi d'acqua, che si ripetono spesso sulla stessa verticale. Frequenti sono pure le lenti torbose

che nella periferia sud della città appaiono costituire, alla profondità di 2 metri, un corpo esteso con spessori anche superiori ai 3 metri. Nel sottosuolo della città sono caratteristici della unità valori modesti di consistenza di solito molto inferiori rispetto a quelli che caratterizzano il sottostante Subsistema di Ravenna. La base è molto irregolare e sembra colmare precedenti solchi di canali e torrenti.

Lo spessore può raggiungere gli 8 metri, profondità alla quale si rinviene il piano archeologico romano in alcune aree della città di Modena. L'età è post V sec. d. C. - Attuale.

La cartografia geologica riporta inoltre alcuni elementi strutturali quali faglie e sovrascorrimenti profondi e le zone oggetto di attività estrattive distinguendo le aree di cava attive, aree di ex-cava con riempimenti maggiori di 3 metri e aree di ex-cava con riempimenti minori di 3 metri.

3 LITOLOGIA DI SUPERFICIE (PRIMO METRO AL DI SOTTO DEL SUOLO AGRARIO) - TAV. AG.1

La carta della litologia di superficie del Progetto Ambiente, a scala 1:10.000, è stata ottenuta correlando i punti di determinazione granulometrica effettuati in campagna nel primo metro dalla base del suolo agrario. La campionatura ha una maglia di circa 200- 250 metri ed è stata effettuata con trivella a mano al di sotto dello strato umificato, a circa 50 cm di profondità dal piano campagna. Ad eccezione delle ghiaie, l'attribuzione dei campioni alle classi granulometriche prescelte è stata fatta tagliando il materiale con un filo armonico, secondo la metodologia adottata da Gasperi e Gelmini "Determinazione speditiva delle granulometrie di rocce sciolte" (1976).

Il Progetto Ambiente si è dotato anche di una carta della litologia di superficie a scala 1:25.000, semplificando la distribuzione spaziale a scala 1:10.000 delle varie classi granulometriche per quanto riguarda il territorio comunale ed accorpando il territorio limitrofo sulla base di studi simili effettuati nell'alta pianura modenese da Fazzini et al. (1976) e sulla base di elaborazioni cartografiche in possesso delle Amministrazioni comunali di Formigine, Castelnovo Rangone e San Cesario.

In relazione al tema in oggetto, ovvero la distribuzione delle classi granulometriche in superficie sull'intero territorio comunale, un successivo elaborato cartografico a cura dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, che rappresenta l'aggiornamento più recente e dettagliato della matrice in esame è costituito dalla carta redatta da Panizza et al. (2004) per la pubblicazione "Per Un Atlante Storico Ambientale Urbano", a cura di Mazzeri (2004).

Gli Autori hanno elaborato la documentazione cartografica sia utilizzando dati bibliografici (Fazzini et al., 1976; Gelmini et al., 1988; Gasperi et al., 1989), sia sulla base di un esame diretto di circa un centinaio di nuovi campioni litologici. La determinazione dei tipi granulometrici è stata eseguita in campagna, sottoponendo a taglio con filo armonico i campioni prelevati secondo la tecnica di Gasperi e Gelmini (1976), la stessa applicata per l'acquisizione dei dati pubblicati in precedenza per il Progetto Ambiente. Nelle aree urbanizzate sono stati utilizzati i dati più superficiali di stratigrafie del sottosuolo già esistenti.

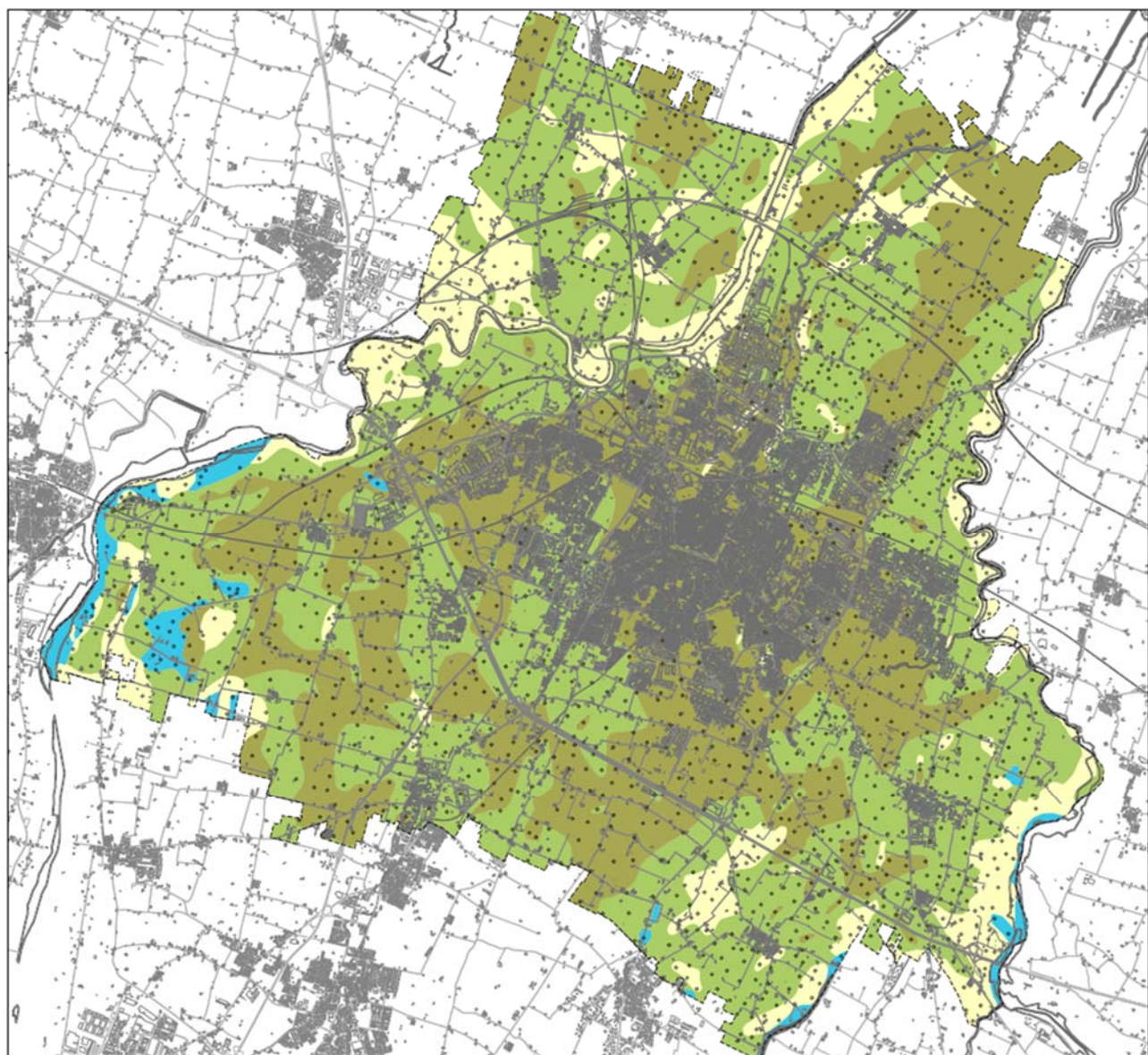
I tipi granulometrici sono stati distinti (Figura 2) in depositi prevalentemente: a) ghiaiosi; b) sabbiosi; c) limosi; d) argillosi. I depositi superficiali presenti nell'area di studio sono essenzialmente olocenici, cioè compresi negli ultimi 10.000 anni, e di origine fluviale.

La carta proposta in questa sede per l'aggiornamento del Quadro Conoscitivo è quindi quella più aggiornata, a cura di Panizza et al. (2004), modificata nei soli colori e nella dimensione dei simboli puntuali rispetto all'originale.

La carta mostra una evidente prevalenza dei terreni fini (argille e limi), con ghiaie affioranti soltanto nel settore meridionale,

in prossimità dei fiumi Secchia e Panaro. Le ghiaie in matrice sabbiosa affiorano principalmente lungo le fasce parallele ai tracciati fluviali principali (F. Secchia – F. Panaro), con una evidente maggiore diffusione in corrispondenza del corso del Secchia, nel settore settentrionale del territorio comunale.

Figura 2: LITOLOGIA DI SUPERFICIE (TAV. AG.1)



Punti di prelievo campioni terreno e rispettiva litologia

- Argilla prevalente
- Ghiaia prevalente
- Limo prevalente
- Sabbia prevalente

Litologia di superficie: interpolazione litologie da punti di prelievo

- Terreni prevalentemente argillosi
- Terreni prevalentemente ghiaiosi
- Terreni prevalentemente limosi
- Terreni prevalentemente sabbiosi

In occasione delle analisi di microzonazione sismica di II livello, effettuate per il Comune di Modena dal Dott. Geol. Masotti G. (2016), l'intero territorio comunale è stato suddiviso in base a classi stratigrafiche codificate dagli Standard di rappresentazione cartografica appositamente predisposti dal Dipartimento di Protezione Civile Nazionale per le analisi di microzonazione sismica nazionali. Tali classi permettono di suddividere il territorio per aree omogenee dal punto di vista della sequenza litologica a partire dal piano campagna fino alla massima profondità indagata dalle indagini geognostiche pregresse. Quest'ultimo elaborato è senz'altro complementare rispetto a quello della litologia di superficie precedentemente descritto: la litologia del primo metro è solitamente difficilmente interpretabile sulla base dei risultati delle prove penetrometriche, mentre viene di solito "persa" nelle fasi iniziali dei sondaggi a carotaggio continuo. Pertanto, una carta della litologia di superficie quale quella proposta in questa sede, è un importante contributo alla conoscenza delle caratteristiche litologiche dello strato più superficiale del territorio, che ospita le reti dei principali servizi (rete fognaria, fibre ottiche, condutture rete gas ecc.), ma che costituisce anche l'elemento naturale condizionante la permeabilità del terreno e, di conseguenza, in grado di influire, insieme ad altri parametri, sulle condizioni di allagabilità potenziale naturale (vedasi, a tal proposito, anche il capitolo 4 di questa relazione).

Con riferimento alle indicazioni del progetto SOS4LIFE, si è valutato di procedere eventualmente ad una fase successiva alle verifiche di dettaglio sui Servizi ecosistemici forniti dai suoli urbani, come previsto dalle linee guida definite dalla Regione Emilia-Romagna.

4 ELEMENTI DEL SOTTOSUOLO DI INTERESSE APPLICATIVO - TAV. AG.2

La carta descrive la distribuzione di alcune caratteristiche del sottosuolo che possono avere potenziali interessi applicativi, in particolare dai punti di vista stratigrafico, idrogeologico e sismico, ovvero:

1. il tetto del primo strato ghiaioso;
2. aree di attenzione per il fenomeno della liquefazione caratterizzate dalla presenza di spessori significativi di terreni sabbiosi e sabbioso-limosi a profondità inferiori a 20 metri dal piano campagna;
3. isobate della base del Subsistema di Bazzano (AES6) in m s.l.m.

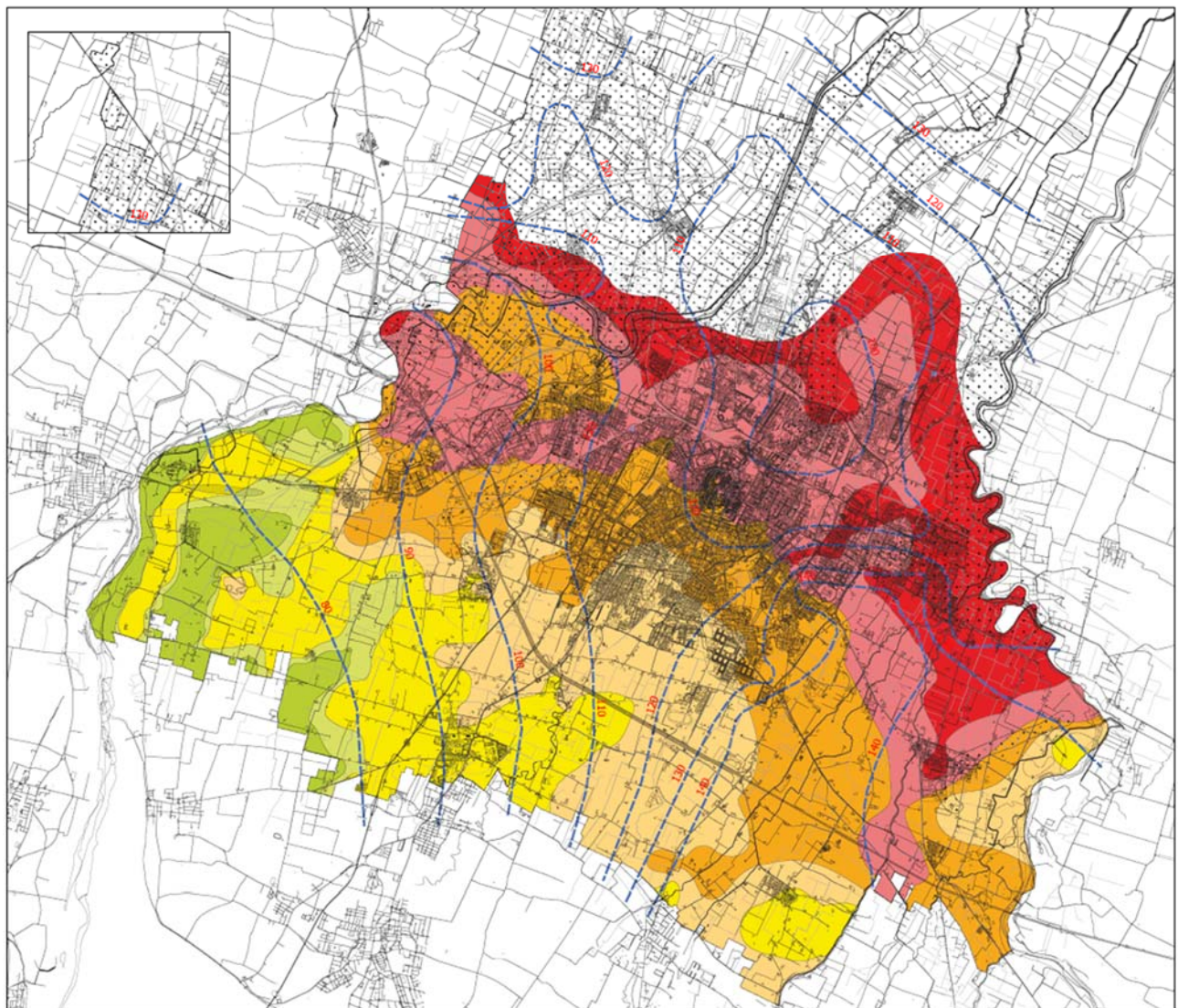
La superficie del tetto del primo strato ghiaioso significativo è stata ricostruita nello studio della Microzonazione Sismica di II livello del Comune di Modena sulla base dell'analisi di un corposo database di indagini geognostiche, distinguendo anche, in alcune porzioni di territorio, la presenza di isolate lenti ghiaiose superficiali solitamente di spessore di qualche metro. Sono inoltre state riportate alcune lenti ghiaiose superficiali addizionali, individuate nella cartografia del "Progetto Ambiente" del Comune di Modena, allegato al P.R.G. del 1989 (Tavola 1 a1.3.4 Quadro Conoscitivo – "Tetto delle ghiaie"). I livelli ghiaiosi, oltre a marcare la superficie del primo spessore consistente, permeabile, ove può raccogliersi la falda confinata più superficiale, possono costituire anche il primo contrasto d'impedenza significativo, da tenere in considerazione per eventuali analisi di risposta sismica locale da eseguire per tipologie edilizie che richiedano una valutazione approfondita dell'amplificazione sismica locale.

L'elaborato cartografico evidenzia che i livelli ghiaiosi superficiali sono soprattutto presenti nel settore sud-occidentale del territorio comunale, in relazione alla paleo-dinamica fluviale del fiume Secchia. I tali zone si ha la maggior concentrazione di aree di cava. Si rileva, inoltre, che nel settore sud-occidentale e, in parte, anche in quello occidentale, sono presenti lenti ghiaiose anche all'interno dello spessore che separa il piano campagna dal tetto del primo importante strato ghiaioso, le cui isobate mostrano un progressivo approfondimento in direzione NNE. Nel settore settentrionale del territorio la profondità dei livelli ghiaiosi, comunque rari, è superiore a 30 metri dal piano di campagna.

La cartografia riporta, inoltre, le zone di attenzione per il fenomeno della liquefazione desunte dallo studio di microzonazione sismica e caratterizzate dalla presenza di spessori significativi di terreni sabbiosi e sabbioso-limosi a profondità inferiori a 20 m dal piano campagna

Le isobate della base di AES6 descrivono l'andamento della superficie che, in base agli studi di microzonazione sismica di II livello eseguiti per il territorio comunale (Masotti G., 2016), può essere considerata un substrato a comportamento rigido (bedrock sismico di riferimento), dato necessario per l'esecuzione di analisi di risposta sismica locale (RSL) qualora si rendesse necessario una valutazione più approfondita del fattore di amplificazione sismica.

Figura 3: CARTA DEGLI ELEMENTI DEL SOTTOSUOLO DI INTERESSE APPLICATIVO (TAV. AG.2)



● Aree di attenzione per il fenomeno della liquefazione con presenza di sabbie a profondità inferiore a 20 m da p.c.

Profondità del tetto del primo livello ghiaioso (in m da p.c.)

- Tetto Ghiaie minore di 3 m
- Tetto Ghiaie tra 10 e 15 m
- Tetto Ghiaie tra 15 e 20 m
- Tetto Ghiaie tra 20 e 25 m
- Tetto Ghiaie tra 25 e 30 m
- Tetto Ghiaie tra 3 e 5 m
- Tetto Ghiaie tra 5 e 10 m

Lenti ghiaiose superficiali

- Lenti superficiali di ghiaia al di sopra del tetto individuato dalle isobate - valore interpolato (m da p.c.)
- Lenti superficiali di ghiaia al di sopra del tetto individuato dalle isobate - valore medio stimato (m da p.c.)

Isobate del bedrock sismico (in m s.l.m.)

- Base del Subsistema di Bazzano (AES6)

5 GEOMORFOLOGIA - TAV. AG.3

La carta della geomorfologia rappresenta sia gli elementi naturali che antropici che contribuiscono a comporre il quadro della morfologia superficiale dell'intero territorio comunale.

La prima cartografia geologico-geomorfologica di buon dettaglio del territorio comunale risale al 1987 ed è parte della più ampia "Carta geologica del margine appenninico e dell'alta pianura tra i fiumi Secchia e Panaro (Provincia di Modena)", a cura di G. Gasperi e le cui note illustrative sono contenute in Gasperi et al., 1989. Oltre alle principali litologie superficiali, la carta mostra le principali conoidi alluvionali che interessano il centro abitato di Modena, i paleoalvei e gli orli dei terrazzi fluviali.

Una cartografia geomorfologica di maggior dettaglio è contenuta nella Relazione geologica idromorfologica e ambientale della Variante al PRG di Modena del gennaio 2000, ma la cui estensione areale interessa soltanto il settore centro occidentale del territorio comunale. Tale documento, oltre alle classi di litologia superficiale già presenti nella carta della litologia superficiale del Progetto Ambiente, riporta i paleoalvei, le cave attive, esaurite e dismesse, nonché le colmate artificiali.

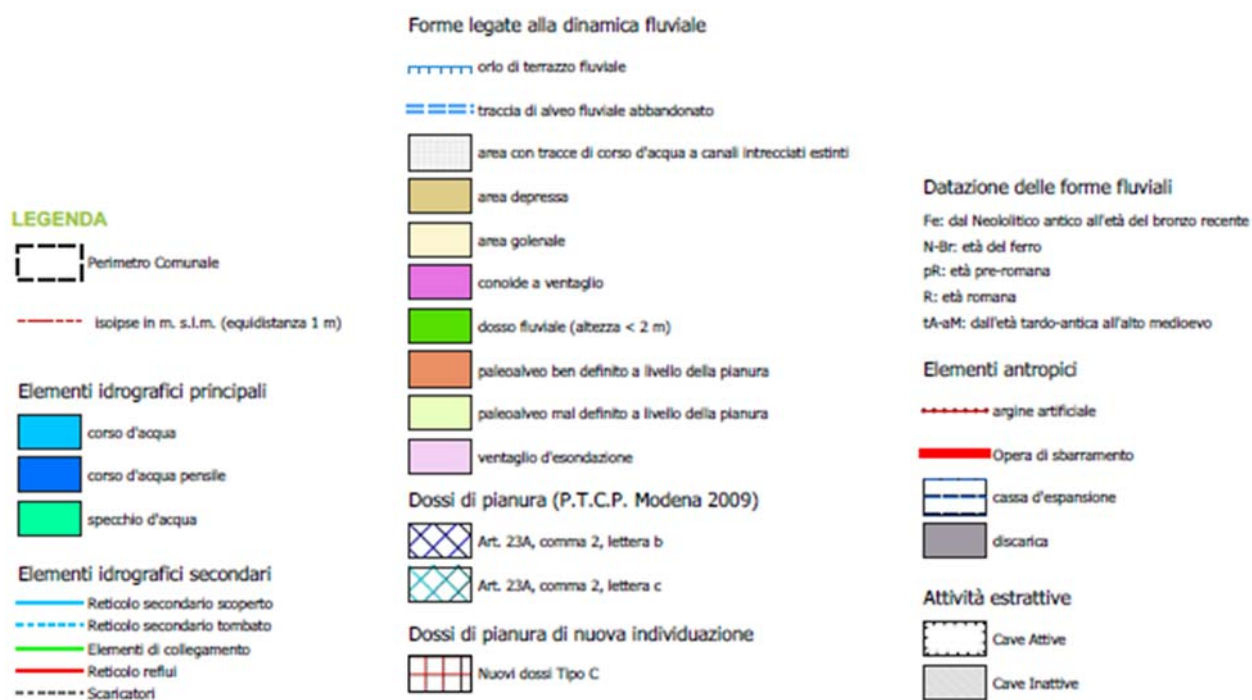
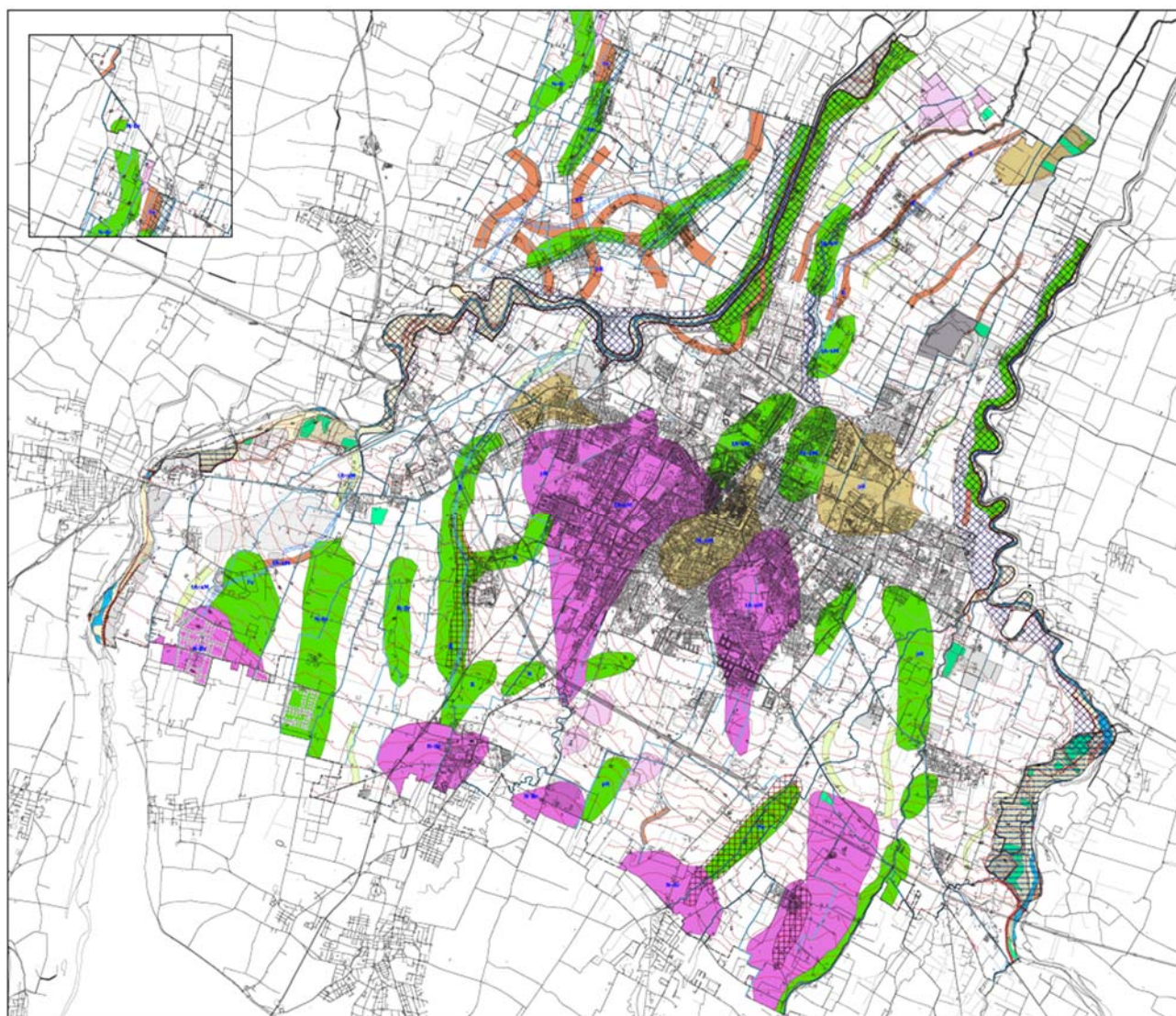
La carta geomorfologica proposta in questa sede (Figura 4) è stata redatta mediante l'utilizzo dei dati rappresentati dall'omonima carta a cura dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, realizzata da Panizza et al. (2004) per la pubblicazione "Per Un Atlante Storico Ambientale Urbano", a cura di Mazzeri (2004). Tali elementi sono essenzialmente costituiti dalle numerosissime tracce paleo-idrografiche che testimoniano la mobilità nel tempo dei corsi d'acqua e la loro maggiore persistenza in determinati luoghi. Altri elementi sono i corsi d'acqua attuali, le aree golenali, gli specchi d'acqua e le forme antropiche principali rappresentate dalle aree di cava, casse d'espansione e discariche.

In particolare, lo stato di "attività" delle aree di cava è stato aggiornato al 2017 sulla base della cartografia specifica fornita dall'Ufficio Attività Estrattive del Comune di Modena; a questa sono stati aggiunti i poligoni delle aree inattive non presenti nella cartografia comunale aggiornata al 2017, ma identificati nello Studio di Microzonazione sismica di II livello redatto per il Comune di Modena (2016).

A completamento degli elementi sopra citati, la carta riporta le isoipse, con equidistanza di 1 m, le quali evidenziano gli andamenti morfologici della superficie topografica.

Un ulteriore dato significativo è l'età relativa delle principali forme legate alla dinamica fluviale, dedotta sulla base dei ritrovamenti archeologici. La datazione relativa (dal Neolitico antico all'alto medioevo) è stata effettuata da Cardarelli et al. (2004) per la pubblicazione "Per Un Atlante Storico Ambientale Urbano", a cura di Mazzeri (2004).

Figura 4: GEOMORFOLOGIA (TAV. AG.3)



La carta mostra un'elevata densità di forme legate alla dinamica fluviale, quali paleoalvei, dossi e conoidi alluvionali, sull'intero territorio comunale. Oltre ai due corsi d'acqua principali, il Secchia e il Panaro, sono soprattutto i torrenti minori (quali il Cerca e il Tiepido) ad aver prodotto la maggior parte delle forme fluviali che interessano il centro della città ed i suoi più prossimi dintorni. Tra queste, la più vasta è rappresentata dal conoide che si apre a ventaglio sul centro storico, databile dal tardo Antico all'Alto Medioevo. Fra le forme fluviali convesse (dossi e conoidi) possono essere presenti anche aree relativamente depresse, dove più difficile può essere lo smaltimento delle acque superficiali.

La cartografia individua, inoltre, i dossi di pianura identificati dal PTCP (2009), ed in particolare quelli di ambito fluviale recente (tipo B) coincidenti con le sedi degli attuali principali alvei fluviali, e i paleodossi (tipo C) di modesta rilevanza percettiva e/o storico-testimoniale e/o idraulica.

Dalla analisi morfologica e altimetrica verificata mediante i DTM messi a disposizione dall'amministrazione comunale, si conferma l'individuazione dei dossi di tipo C individuati dal PTCP della provincia di Modena. Si sono identificate, inoltre, nuove forme morfologicamente percettibili nel settore meridionale del territorio comunale, come evidenziato nella cartografia allegata. Per le nuove forme individuate si dovrà valutare se applicare le norme di tutela previste dal PTCP all'articolo 23A.

Le forme antropiche più evidenti sono senza dubbio rappresentate dalle aree di cava per l'estrazione di ghiaie e sabbie, concentrate in particolar modo lungo gli alvei dei due fiumi principali, ma anche nella fascia meridionale di alta pianura e lungo il torrente Tiepido.

6 ALLAGABILITÀ POTENZIALE NATURALE ED EVENTI ESONDATIVI STORICI - TAV. AG.4

Uno dei principali obiettivi del Progetto Ambiente riguarda l'analisi dei fattori che determinano la permeabilità di superficie dei suoli in relazione alla necessità di garantire un'adeguata ricarica delle falde idriche sotterranee.

Inoltre l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo limita il fenomeno di ruscellamento superficiale il quale a sua volta comporta un incremento di portata nel sistema fognario. Nelle zone a limitata permeabilità, un controllo sulle infiltrazioni nel sottosuolo consente di contenere il rischio di allagamenti (Bulgarelli e Mazzeri, 2009).

Il Progetto Ambiente si era dotato di una "Carta della permeabilità di superficie" a scala 1:25.000, dove i diversi tipi litologici affioranti, riportati nella Carta della Litologia di Superficie a scala 1:25.000, sono stati raggruppati in tre categorie principali sulla base di un grado medio di permeabilità dedotta dalla natura e dalla granulometria dei materiali:

- Permeabilità elevata con valori del coefficiente di permeabilità $10^{-1} < K \leq 10^{-5}$: Ghiaie e Terreni prevalentemente Ghiaiosi; Sabbie e Terreni prevalentemente Sabbiosi (Valori di $K=m/s$);
- Permeabilità bassa con valori del coefficiente di permeabilità $10^{-5} < K \leq 10^{-8}$: Limi e Terreni prevalentemente Limosi (Valori di $K=m/s$);
- Permeabilità molto bassa o nulla con valori del coefficiente di permeabilità $K < 10^{-8}$: Argille e terreni prevalentemente Argillosi (Valori di $K=m/s$).

Il Progetto fa notare come la Carta della Permeabilità sia basata sulle caratteristiche delle rocce affioranti, le quali non sono estrapolabili in profondità, dove si possono localizzare rocce con permeabilità anche molto diverse.

La carta proposta in questa sede distingue sei tipologie differenti di aree sulla base delle peculiarità di smaltimento delle acque, della potenzialità di accumulo periodico o di possibili rotte o tracimazioni. Le sei tipologie sono state derivate dalla sovrapposizione delle classi litologiche (vedasi la carta della "Litologia di superficie") e delle classi morfologiche (vedasi la

carta della "Geomorfologia"):

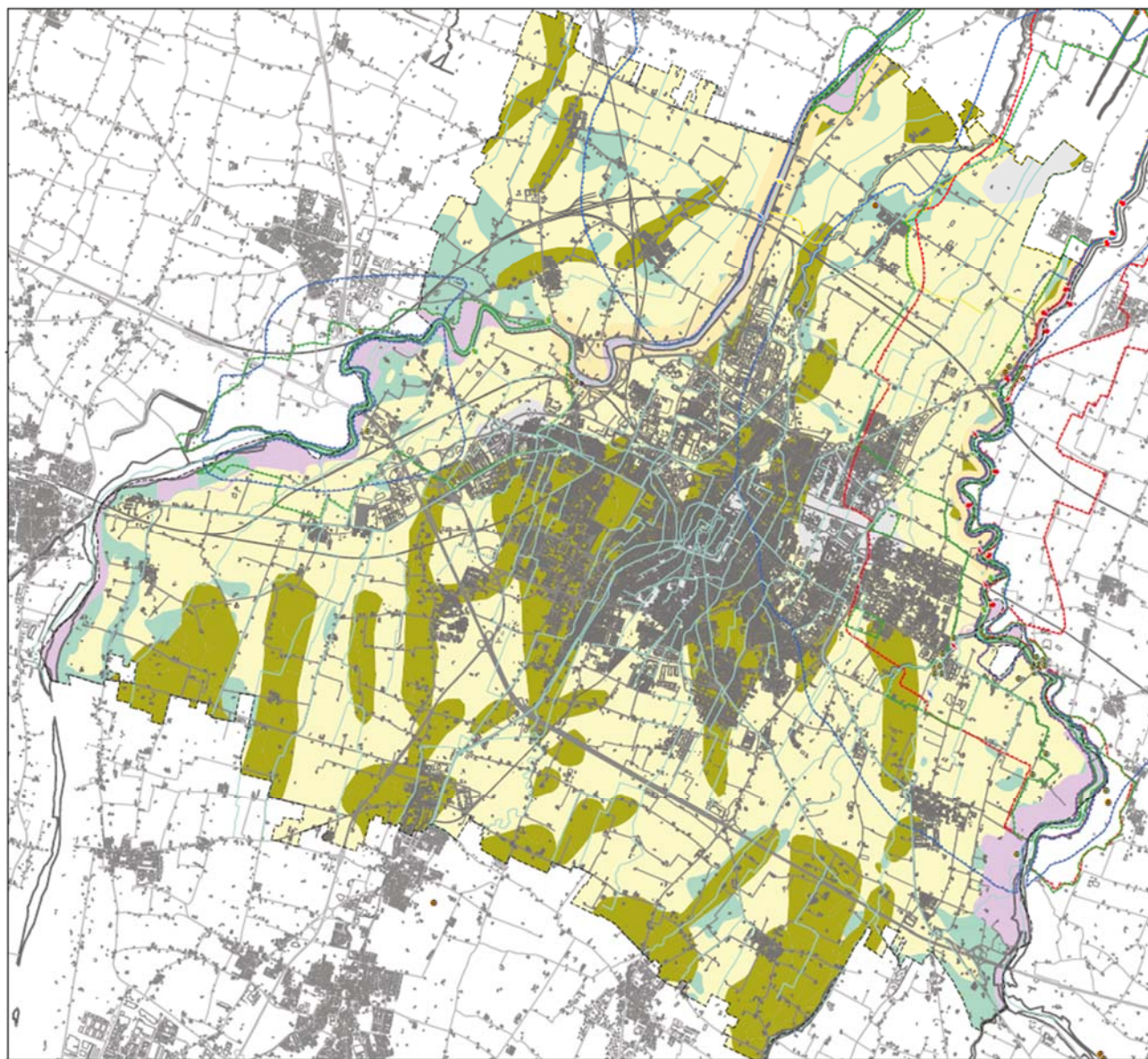
- Tipologia 1: Aree semi-depresse a difficile smaltimento delle acque: costituite da limi ed argille che non permettono l'infiltrazione delle acque; si trovano soprattutto in corrispondenza della zona urbana di Modena e a N-NE della città, circonscritte da forme fluviali convesse quali dossi e conoidi.
- Tipologia 2: Aree a facile smaltimento delle acque: costituite da materiali prevalentemente ghiaiosi o sabbiosi che permettono una rapida infiltrazione delle acque; sono limitate ad aree prossime all'alveo del fiume Secchia (lungo l'intero tratto che interseca il territorio comunale) e del fiume Panaro soltanto nel margine sud-orientale del territorio.
- Tipologia 3: Aree a difficile smaltimento delle acque: forme a livello della pianura circostante (es. paleoalvei e aree con tracce di corsi d'acqua a canali intrecciati estinti) caratterizzate da materiali prevalentemente limosi od argillosi, ove il potenziale ristagno delle acque è unicamente correlabile alla natura dei depositi presenti; sono ampiamente diffuse su tutto il territorio indagato.
- Tipologia 4: Aree a morfologia convessa a facile smaltimento delle acque: indipendentemente dalla litologia, non permettono il ristagno delle acque; sono ampiamente diffuse in tutta l'area di studio e rappresentate essenzialmente da dossi e conoidi.
- Tipologia 5: Aree di possibile rotta o tracimazione: nella media pianura sono le fasce di terreno, dell'ampiezza di circa 250 m, a lato dei tratti pensili di Secchia e Panaro.
- Tipologia 6: Aree ad accumulo periodico delle acque: aree golenali e casse di espansione di Secchia e Panaro che vengono liberamente occupate dalle acque in occasione delle piene.

Alle sei tipologie di aree a differente potenzialità di allagabilità sono state sovrapposte le tracce (punti di esondazione/tracimazione e aree effettivamente allagate) dei principali eventi alluvionali dal XIX secolo al 2014.

Entrambi i tematismi, potenziale allagabilità ed alluvioni storiche, sono stati assunti dallo studio a cura dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, realizzato da Panizza et al. (2004) per la pubblicazione "Per Un Atlante Storico Ambientale Urbano", a cura di Mazzeri (2004).

La rappresentazione dell'alluvione del 2014, ovvero delle aree allagate in occasione della rotta arginale del 19 gennaio 2014 avvenuta sulla sponda destra del Fiume Secchia, ad ovest di Albareto, è stata fornita dal Comune di Modena.

Figura 5: ALLAGABILITÀ POTENZIALE NATURALE ED EVENTI ESONDATIVI STORICI (TAV. AG.4)



Corsi d'acqua

Esondazioni storiche

Eventi con dettaglio cartografico non attendibile delle fonti

- ◆ Esondazioni prima metà '800
- ◆ Esondazioni seconda metà '800
- Esondazioni prima metà '900
- Esondazioni seconda metà '900

Eventi con dettaglio cartografico attendibile delle fonti

Rotte e tracimazioni

- ↑ Rotta 1966
- ↑ Rotta 1972
- ↑ Tracimazione 1972
- ↑ Rotta 1973
- ↑ Tracimazione 1973
- ↑ Rotta 2014

Aree allagate

- Aree allagate nei giorni 4-5/09/1966
- Aree allagate nei giorni 10-16/09/1972
- Aree allagate nei giorni 25-26/09/1973
- Aree allagate il 19 gennaio 2014

Classi di allagabilità potenziale naturale

- Area a difficile smaltimento delle acque
- Area a facile smaltimento delle acque
- Area a morfologia convessa a facile smaltimento delle acque
- Area ad accumulo periodico delle acque
- Area semi-depressa a difficile smaltimento delle acque
- Area di possibile rotta o tracimazione

7 GEOTECNICA - TAV. AG.5

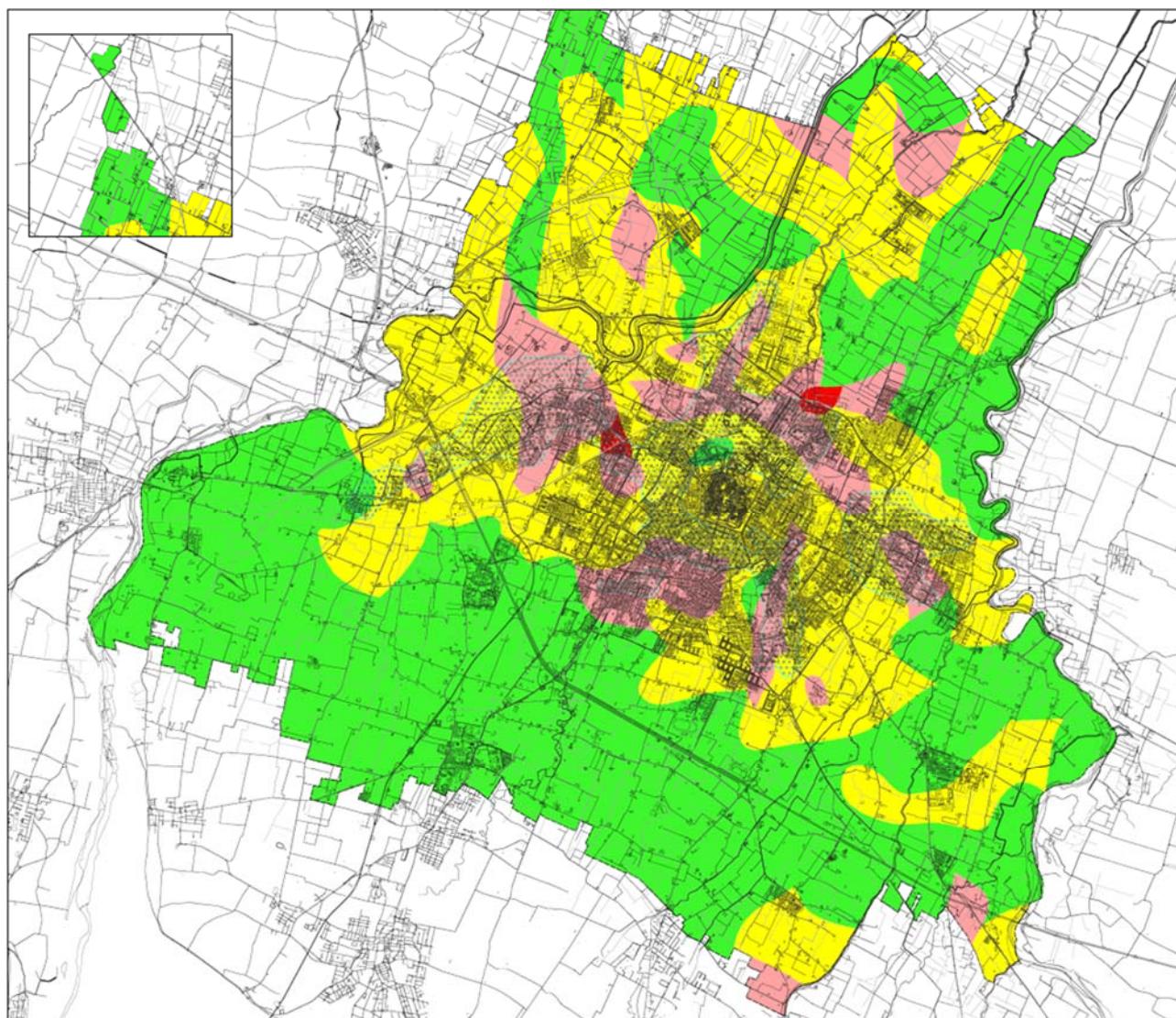
La carta descrive la distribuzione areale di classi di capacità portante dei terreni, espressa in termini di resistenza all'infissione della punta del penetrometro statico (R_p), in kg/cm^2 . Coincide con la carta ("Carta della capacità portante") originariamente contenuta nella "Valutazione della pericolosità sismica per la pianificazione territoriale ed urbanistica in Comune di Modena" (2010). Ad essa sono state sovrapposte le aree in cui R_p risulta essere minore di 7 kg/cm^2 nei primi 10 m da piano campagna, per spessori cumulati pari ad almeno 2 m. Queste ultime aree sono state assunte dall'analisi di Microzonazione sismica di II livello del Comune di Modena (Masotti G., 2016).

Le aree identificate dalla "Carta della capacità portante" (2010), rappresentate a scala 1:75.000, sono distinte in 4 classi a crescente capacità portante: da "pessima" ($R_p < 6 \text{ kg/cm}^2$) a "buona" ($R_p > 14 \text{ kg/cm}^2$). Probabilmente, tale classificazione è una semplificazione della precedente classificazione realizzata per la carta omonima all'interno del Quadro Conoscitivo del PRG del 1989, a scala 1:10.000. In quest'ultima, le classi di capacità portante erano 10 e rappresentate per 3 differenti fasce di profondità a partire dal piano campagna: $0 \div 5\text{m}$; $5 \div 10\text{m}$; $10 \div 15\text{m}$. La "Carta della capacità portante" (2010), oltre a semplificare il numero di classi, non specifica a quale fascia di profondità si riferisca la classificazione stessa.

Entrambi gli strati informativi di cui sopra hanno una indubbia utilità in campo applicativo-geotecnico, in quanto consentono di discriminare, con buon grado di dettaglio, fra aree a differente comportamento per quanto riguarda i cedimenti che si possono attendere, sia in campo statico che in campo dinamico.

La carta mostra una diffusa presenza delle due classi di terreno con caratteristiche geomeccaniche più scadenti nelle fasce periferiche del nucleo storico dell'area cittadina. Le zone con caratteristiche scadenti non hanno una significativa continuità spaziale e sono fra loro separate da aree a portanza discreta. I terreni a portanza migliore interessano l'intera fascia meridionale di alta pianura ed ampie porzioni della fascia settentrionale del territorio comunale.

Figura 6: GEOTECNICA (TAV. AG.5)



LEGENDA



Perimetro Comunale

Capacità portante dei terreni superficiali



Zona con $R_p < 6 \text{ Kg/cm}^2$ - portanza PESSIMA



Zona con $6 < R_p < 10 \text{ Kg/cm}^2$ - portanza SCADENTE



Zona con $10 < R_p < 14 \text{ Kg/cm}^2$ - portanza DISCRETA



Zona con $R_p > 14 \text{ Kg/cm}^2$ - portanza BUONA

Capacità portante dei terreni sub-superficiali



Terreno con $R_p < 7 \text{ Kg/cm}^2$: spessore cumulato pari a almeno 2 m nei primi 10 m da piano campagna

8 IDROGEOLOGIA - TAV. AG.6

La carta AG.6 relativa alla idrogeologia del territorio comunale descrive gli elementi idrogeologici principali di seguito indicati:

Pozzi acquedottistici

Pozzi acquedottistici attivi (2021)

Pozzi acquedottistici dismessi (2021)

Perimetri di tutela delle acque destinate al consumo umano

**** *criterio geometrico* ****

Zona di tutela assoluta (10 m)

Zona di rispetto (200 m)

**** *criterio temporale (fonte ATERSIR – ARPAE)* ****

Criterio cronologico isocrona 60 gg

Criterio cronologico isocrona 180 gg

Criterio cronologico isocrona 365 gg

Zone di Tutela e Riserva

Zone di protezione delle acque sott. - Settori di ricarica di tipo A - ricarica diretta della falda (fonte PTCP 2009)

Zone di protezione delle acque sott. - Settori di ricarica di tipo B - ricarica indiretta della falda (fonte PTCP 2009)

Zone di protezione delle acque sott. - Settori di ricarica di tipo D - fasce adiacenti agli alvei fluviali (fonte PTCP 2009)

Zone di protezione delle acque sott - Aree caratterizzate da ricchezza di falde idriche - E (fonte PTCP 2009)

Aree di riserva per nuovi impianti acquedottistici (fonte PTCP 2009)

Zone di riserva per nuovi impianti (AIMAG 2021)

Tipo A

Tipo B

Zone di riserva per nuovi impianti (HERA 2021)

Tipo A

Tipo B

Spessori degli acquiferi

Spessori cumulativi acquiferi (A, B, C in metri)

0<spess<40

40<spess<80

80<spess<120

120<spess<160

160<spess<200

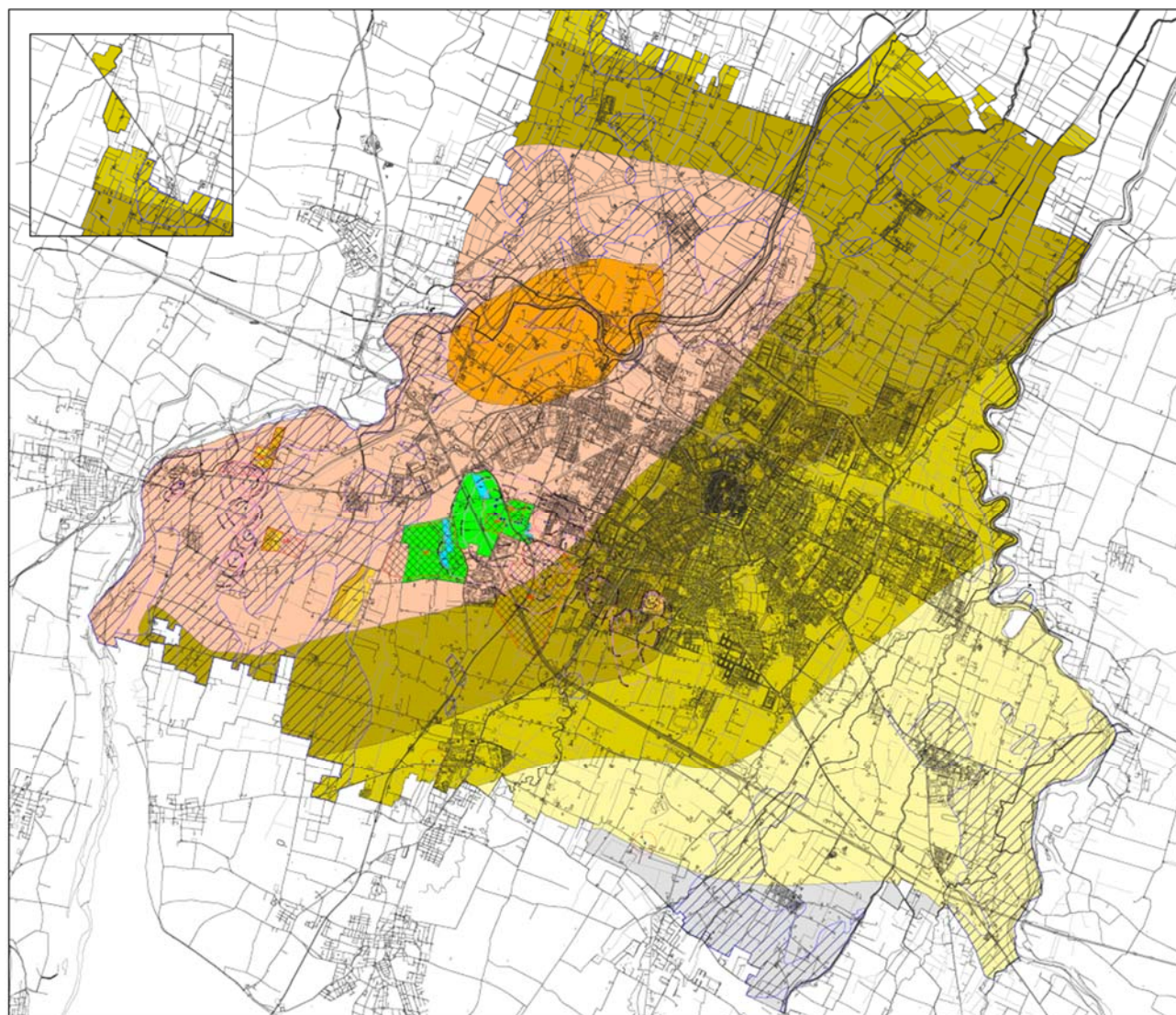
200<spess<240

L'analisi della cartografia consente di rilevare che l'intero territorio comunale risulta interessato dalla presenza di acquiferi estesi ed altamente produttivi, con spessore cumulato massimo degli acquiferi (da 160 a 200 m) in corrispondenza di un'ampia fascia che borda il tracciato dell'alveo del Fiume Secchia, con un massimo assoluto in corrispondenza

delle località Ponte Alto, Il Forno e Case Nuove.

La maggior parte delle captazioni ad uso acquedottistico è concentrata all'interno questa ampia fascia, in particolare in corrispondenza delle località di Marzaglia, Cittanova e nel settore Bruciata-Cognento-Via Aristotele.

Figura 7: IDROGEOLOGIA (TAV. AG.6)



LEGENDA

Perimetro Comunale

Pozzi acquedottistici

- Pozzi acquedottistici attivi (2021)
- Pozzi acquedottistici dismessi (2021)

Perimetri di tutela delle acque destinate al consumo umano

**** criterio geometrico ****

- Zona di tutela assoluta (10 m)
- Zona di rispetto (200 m)

**** criterio temporale (Fonte ATERSIR - ARPAE) ****

- Criterio cronologico isocrona 60 gg
- Criterio cronologico isocrona 180 gg
- Criterio cronologico isocrona 365 gg

Zone di Tutela e Riserva

- Zone di protezione delle acque sotterranee
Settori di ricarica di tipo A - ricarica diretta della falda (fonte PTCP 2009)
- Zone di protezione delle acque sotterranee
Settori di ricarica di tipo B - ricarica indiretta della falda (fonte PTCP 2009)
- Zone di protezione delle acque sotterranee
Settori di ricarica di tipo D - fasce adiacenti agli alvei fluviali (fonte PTCP 2009)
- Zone di protezione delle acque sotterranee
Aree caratterizzate da ricchezza di falde idriche - E (fonte PTCP 2009)
- AG6-Aree di riserva per nuovi impianti acquedottistici (fonte PTCP 2009)

Zone di riserva per nuovi impianti (AIMAG 2021)

- Tipo A
- Tipo B

Zone di riserva per nuovi impianti (HERA 2021)

- Tipo A
- Tipo B

Spessori degli acquiferi

Spessori cumulativi acquiferi (A, B, C in metri)

- 0 < spess < 40
- 40 < spess < 80
- 80 < spess < 120
- 120 < spess < 160
- 160 < spess < 200
- 200 < spess < 240

9 IDROGEOLOGIA - TAV. AG.6.1

La carta AG6.1 riporta l'andamento della piezometria e della soggiacenza del corpo acquifero definito, ai sensi delle Direttive 2000/60/CE e 2006/118/CE, come "confinato superiore", sulla base dei dati forniti da ARPAE e relativi alle campagne di misurazione di Primavera 2019, Autunno 2019 e Autunno 2020.

Viene inoltre riportata la delimitazione dei corpi idrici della pianura in:

- liberi
- confinati superiori

Gli acquiferi confinati superiori vengono a loro volta suddivisi in A1 e A2, di cui al modello concettuale stratigrafico della pianura emiliano romagnola definito dal Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna (RER & ENI AGIP 1998).

L'analisi della cartografia prodotta con specifico riferimento agli andamenti della piezometria e della soggiacenza (campagne di misurazione di Primavera 2019, Autunno 2019 e Autunno 2020) evidenzia alcune marcate variazioni (cfr. MO 75-00, MO 20-02) riconducibili presumibilmente a effetti di emungimento delle centrali acquedottistiche.

Figura 8: PIEZOMETRIA E SOGGIACENZA - (PRIMAVERA 2019)

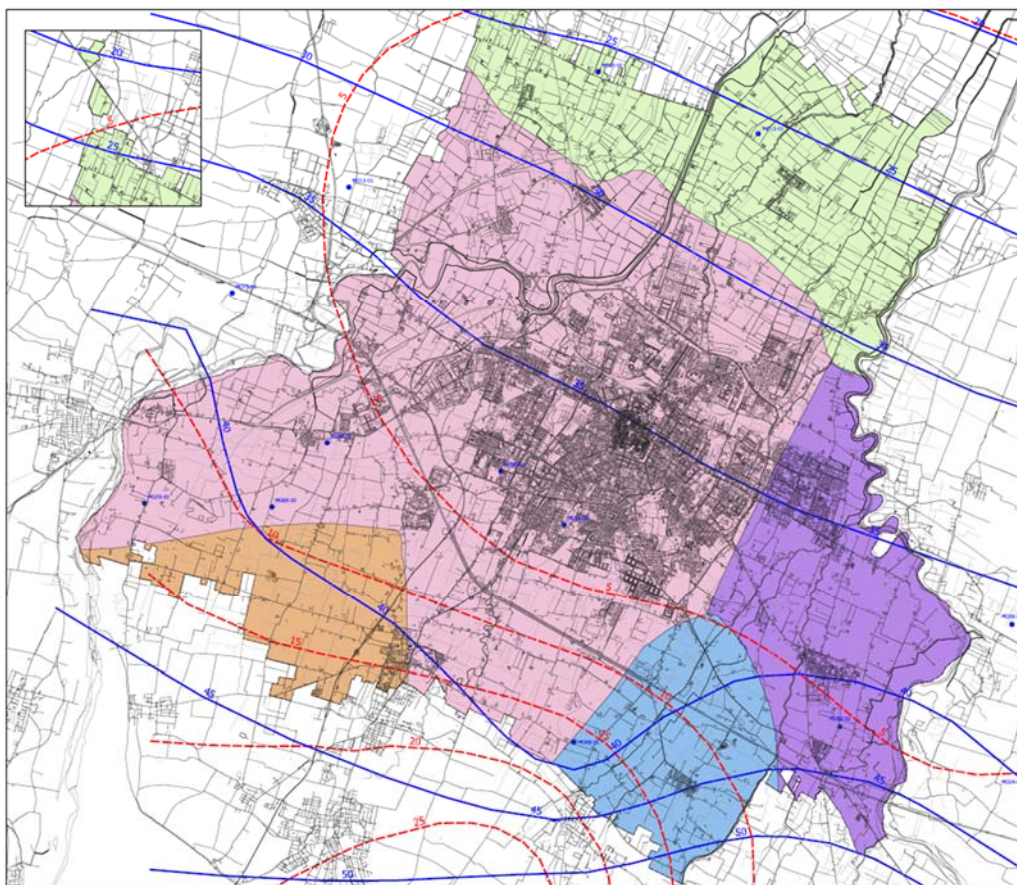


Figura 9: PIEZOMETRIA E SOGGIACENZA - AUTUNNO 2019

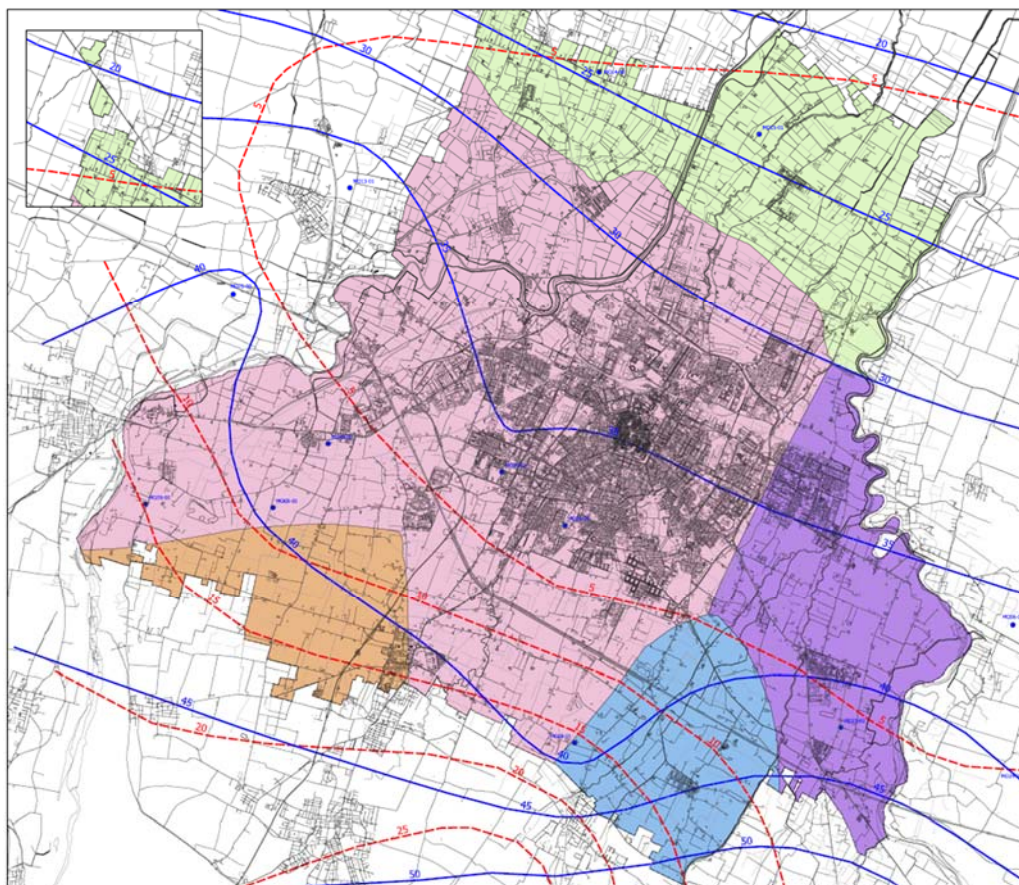


Figura 10: PIEZOMETRIA E SOGGIACENZA - AUTUNNO 2020

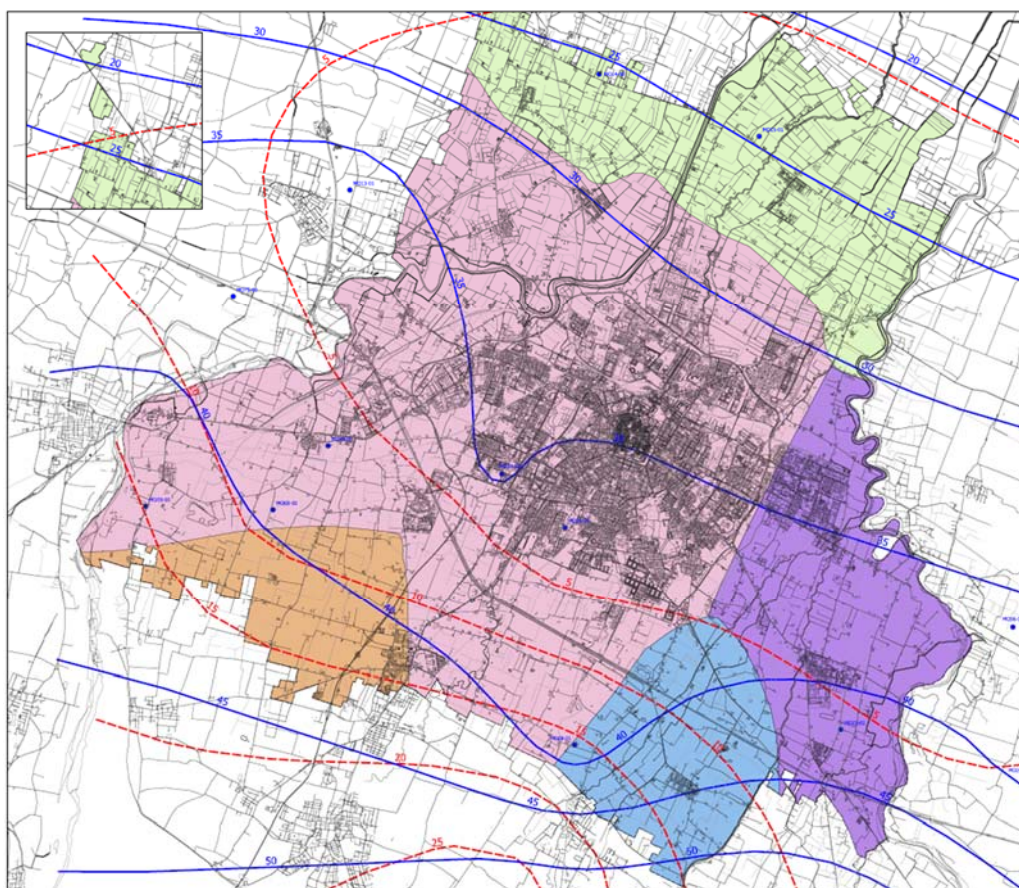
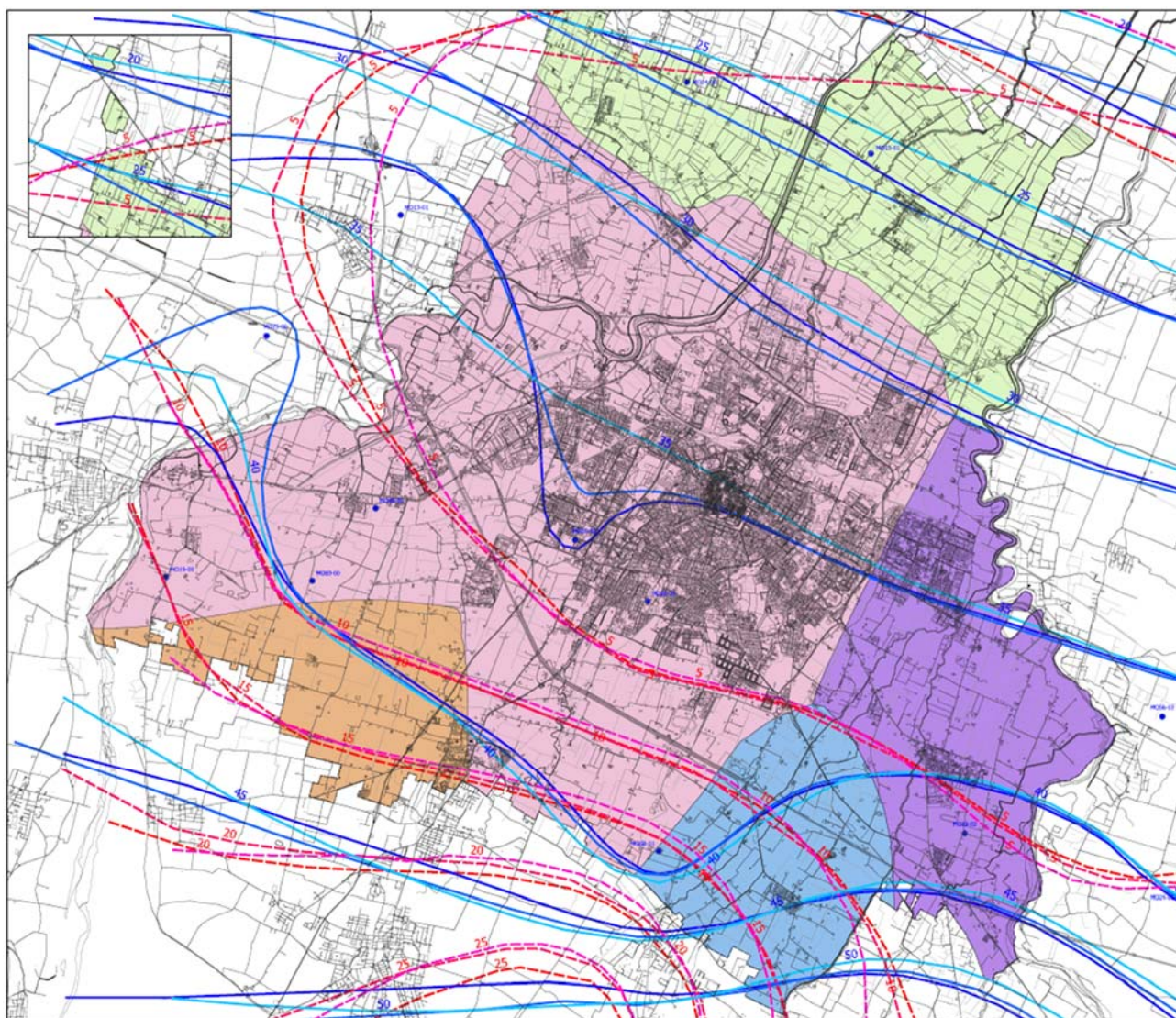



Figura 11: TAVOLA DI CONFRONTO ANDAMENTO PIEZOMETRICO E SOGGIACENZA (TAV. AG.6.1)









LEGENDA

 Perimetro Comunale






Pozzi rilevati ARPAE

 Pozzi misurati

Isolinee della piezometria e soggiacenza

-  Isopleze confinato superiore (m. s.l.m.m.) - Primavera 2019
-  Soggiacenza confinato superiore (m. da p.c.) - Primavera 2019
-  Isopleze confinato superiore (m. s.l.m.m.) - Autunno 2019
-  Soggiacenza confinato superiore (m. da p.c.) - Autunno 2019
-  Isopleze confinato superiore (m. s.l.m.m.) - Autunno 2020
-  Soggiacenza confinato superiore (m. da p.c.) - Autunno 2020

Corpi acquiferi liberi e confinati superiori

-  Conoide Panaro - confinato superiore
-  Conoide Secchia - confinato superiore
-  Conoide Secchia - libero
-  Conoide Tiepido - confinato superiore
-  Pianura Alluvionale Appenninica - confinato superiore

10 SUBSIDENZA (PERIODO DI MONITORAGGIO: 2011-2016, CON RIFERIMENTO ANCHE AL PERIODO PRECEDENTE, 2006-2011) - TAV. AG.7

La carta riporta le classi di velocità verticale del suolo in mm/anno sulla base delle operazioni di rilevamento effettuati da Arpae Emilia-Romagna (ARPAE ¹).

Come riportato nel portale web di Arpae sulla tematica relativa alla subsidenza ², il progetto "Rilievo della subsidenza nella pianura emiliano-romagnola" è stato realizzato in due fasi.

- Nella prima fase (2016-2017), è stata effettuata l'analisi interferometrica di dati radar satellitari con la quale è stato possibile individuare e localizzare i punti di misura, quasi 2 milioni, e stimare le loro velocità medie annue di spostamento (mm/anno).
- Nella seconda fase del lavoro, conclusa nel 2018, sono stati elaborati i dati acquisiti da 33 stazioni GPS permanenti al fine di calibrare i risultati dell'analisi interferometrica, ed è stata elaborata la carta a curve isocinetiche relativa all'intera area di pianura regionale per il periodo 2011-2016, disponibile al link in nota 1.

Nella cartografia proposta per il quadro conoscitivo del P.U.G. del Comune di Modena, si è ritenuto necessario riportare anche, in un inserto a minor scala, la situazione riferita al periodo 2006-2011.

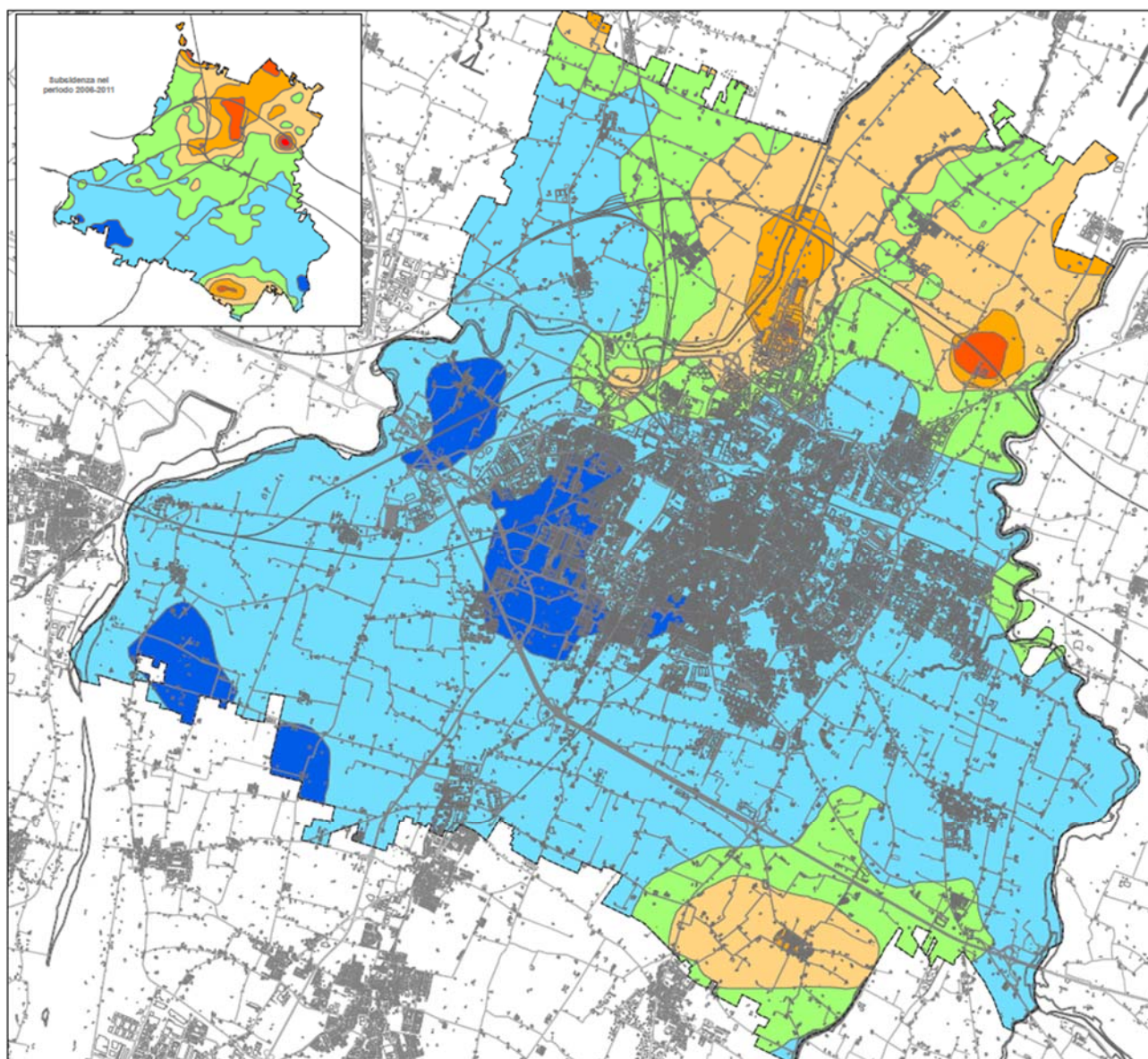
Il quadro relativo alla situazione della subsidenza al 2011 è stato ottenuto con il metodo dell'analisi interferometrica di dati radar satellitari, supportato dall'elaborazione di 17 stazioni permanenti GPS.

Dal confronto tra la situazione al 2016 e quella al 2011 emerge una sostanziale riduzione generalizzata dei movimenti verticali negativi, particolarmente evidente sia all'interno del perimetro urbanizzato della città che nella fascia periferica occidentale, con un ampliamento delle aree a "guadagno di quota" nel Villaggio artigiano di via Emilia Ovest e nella zona verde a nord e a sud del vecchio tracciato ferroviario, fino all'incrocio tra via Giardini e via Contrada, nonché lungo viale Amendola, in una fascia che si estende tra il Bonvi Parken e buona parte del Parco Amendola (ovvero nell'area che ospita i pozzi ad uso acquedottistico di Hera S.p.A.).

¹ <https://www.arpae.it/cartografia/>

² https://www.arpae.it/dettaglio_notizia.asp?id=9694&idlivello=1414








Figura 12: SUBSIDENZA (TAV. AG.7)



LEGENDA

Subsidenza (Arpae)

Classi di velocità di movimento verticale del suolo (mm/anno)

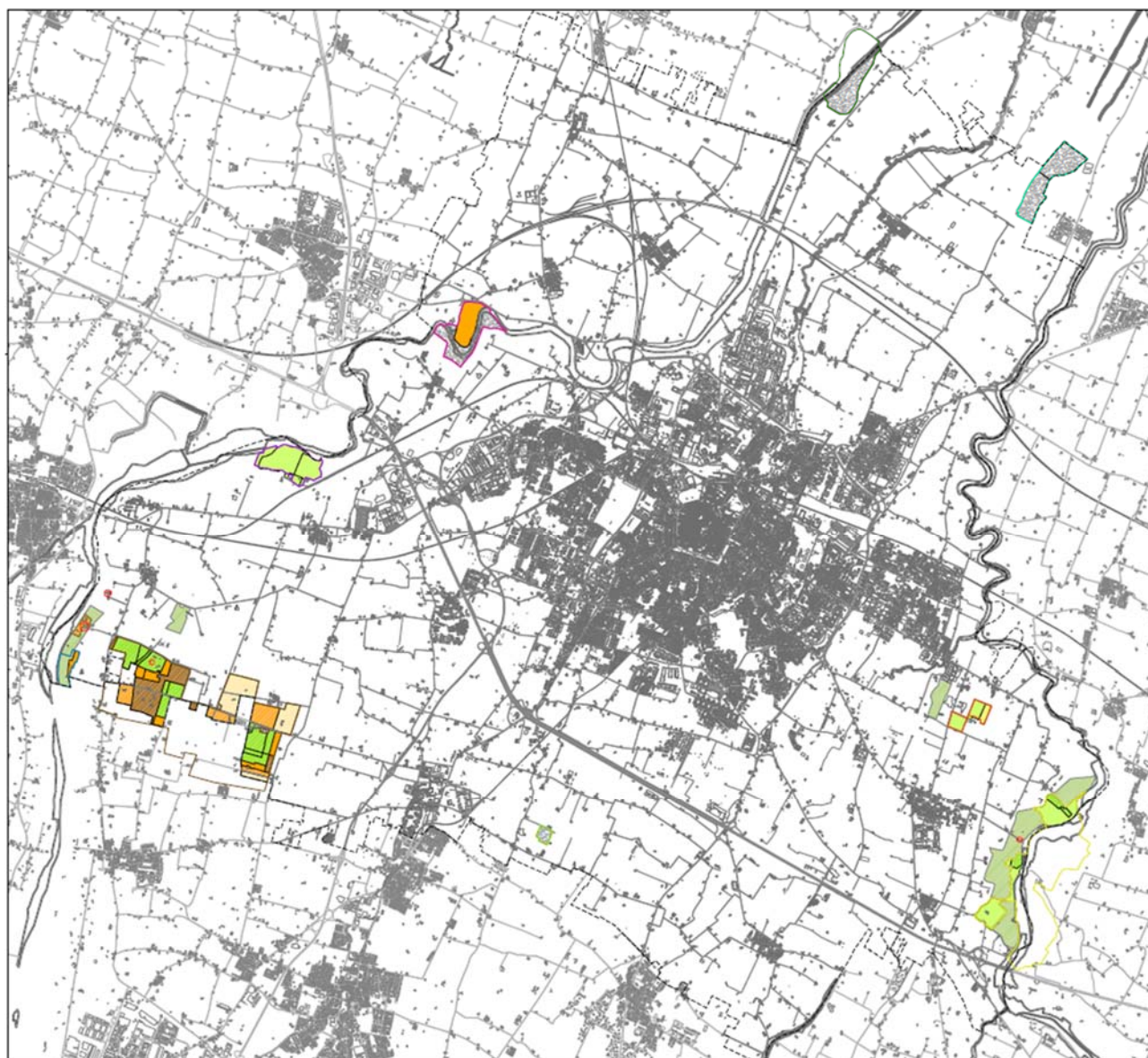
	-15/-12,5
	-12,5/-10
	-10/-7,5
	-7,5/-5
	-5/-2,5
	-2,5/0
	0/+2,5

11 ATTIVITÀ ESTRATTIVE - TAV. AG.8

La carta contiene le perimetrazioni degli Ambiti e dei Poli del PAE 2009, unitamente agli impianti per inerti, aggiornati al 2017, ed al dettaglio relativo allo stato di attività delle singole aree di cava (aggiornamento al 2017), distinguendo tra:

- cava attiva,
- cava in attivazione,
- cava pianificata (e relativa fase di pianificazione),
- cava recuperata,
- cava rinaturalizzata spontaneamente,
- cava recuperata da PAE precedenti,
- cava in fase di recupero,
- cava pianificata, non attuata.

Figura 13: ATTIVITÀ ESTRATTIVE (TAV. AG.8)



LEGENDA

PAE 2008

	Ambito "Casette di Baggiovara"
	Ambito "Cittanova"
	Ambito "Fossalta"
	Ambito "Molo Garavini"
	Ambito "Rangoni"
	Polo n°13 "Tre Olmi"
	Polo n°14 "Il Cantone"
	Polo n°30 "Prati di S. Clemente"
	Polo n°5 "Pederzona"
	Polo n°7 "Cassa di espansione del Panaro"

Attività delle aree di cava, all'anno 2017

	Cava attiva
	Cava in attivazione
	Cava pianificata fase A
	Cava pianificata fase B
	Cava pianificata fase C
	Cava recuperata
	Cava rinaturalizzata spontaneamente
	Cava recuperata PAE precedenti
	Cava in fase di recupero
	Cava pianificata non attuata
	Impianti inerti

12 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Bulgarelli, V. e Mazzeri, C. (2009) – La nuova città. In: Bulgarelli, V. e Mazzeri, C. (Ed.), La città e l'ambiente. APM Edizioni, Carpi, pp. 41–66.
- Cardarelli, A., Cattani, M., Labate, D. e Pellegrini, S. (2004) – Archeologia e geomorfologia. Un approccio integrato applicato al territorio di Modena. In: Mazzeri, C. (Ed.), Per Un Atlante Storico Ambientale Urbano. APM Edizioni, Carpi, pp. 31–51.
- Fazzini, P., Gasperi, G. e Gelmini, R. (1976) - Litologia di superficie dell'alta e media pianura modenese. Atti Soc. Nat. Mat. di Modena, 107, 53-66.
- Gasperi, G. e Gelmini, R. (1976) - Determinazione speditiva della granulometria di rocce sciolte. Gr. St. Quat. Pad. Quad. 3, 21-24.
- Gasperi, G., Cremaschi, M., Mantovani Uguzzoni, M.P., Cardarelli, A., Cattani, M. e Labate, D. (1989) - Evoluzione plio-quadernaria del margine appenninico modenese e dell'antistante pianura. Note illustrative alla carta geologica - Mem. Soc. Geol. It., 39 (1987), 375-431.
- Gelmini, R., Paltrinieri, N., Marino, L., Tosatti, G., Gasperi, G., Barelli, G. e Cerfoli, G. (1988) - Litologia di superficie e isobate del tetto del primo livello ghiaioso. Carta a scala 1:25000. Comune di Modena, Piano Regolatore Generale, Progetto Ambiente.
- Masotti G. (2016) - Studio di microzonazione sismica del territorio comunale di Modena
- Mazzeri, C. (a cura di) (2004) - Per un atlante storico ambientale urbano. APM Edizioni, Carpi, 211 p.
- Panizza, M., Castaldini, D., Pellegrini, M., Giusti, C., Piacentini, D. (2004) - Matrici geo- ambientali e sviluppo insediativo: un'ipotesi di ricerca. In: Mazzeri, C. (Ed.), Per Un Atlante Storico Ambientale Urbano. APM Edizioni, Carpi, pp. 31–51.