



LUCIANO SERGIAMPIETRI GEOLOGO

Via di Cafaggio, 2

56122 PISA

Tel. 0507215350

CELL. 3476697582

studiosg@gmail.com



COMUNE DI PISA

**PIANO ATTUATIVO
PER LA RIORGANIZZAZIONE
DELL'AREA CEMES s.p.a.**

AREA PQ1 art. 1.2.2.6 R.U.

VIA MONTELUNGO 15 - 56122 PISA



Proprietà:

CEMES S.P.A.

Via delle Trincere 11, 56127 Pisa

tel. 050 542845 - fax 050 543521

amministrazionecemes@cemes-spa.com



INDAGINI GEOLOGICHE, IDRAULICHE E SISMICHE

(ai sensi del DPGR 5/R 2020)

Relazione Aprile 2020

Relazione integrativa Ottobre 2020 - Novembre 2021



LUCIANO SERGIAMPIETRI
GEOLOGO
CELL. 3476697582
studioslg@gmail.com
Via di Cafaggio, 2
56122 PISA



COMUNE DI PISA

**PIANO ATTUATIVO
PER LA RIORGANIZZAZIONE
DELL'AREA CEMES s.p.a.**

AREA PQ1 art. 1.2.2.6 R.U.

VIA MONTELUONGO 15 - 56122 PISA



Proprietà:
CEMES S.P.A.
Via delle Trincere 11, 56127 Pisa
tel. 050 542845 - fax 050 543521
amministracionecemes@cemes-spa.com



INDAGINI GEOLOGICHE AI SENSI DEL DPGR 5/R 2020

Aprile 2020

ELENCO DEI CONTENUTI

1- PREMESSA

- 1.1 - Inquadramento dell'area nel vigente Regolamento Urbanistico
- 1.2 - Il progetto

2 - ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

- 2.1 - Evoluzione paleogeografica e geologica della Pianura di Pisa

3 – ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI IDROGEOLOGICI

4 - L'AREA D'INTERVENTO NELLE CARTOGRAFIE DI PIANO STRUTTURALE

- 4.1. - Carta litotecnica
- 4.2 - Carta idrogeologica
- 4.3. - Carta della pericolosità geologica
- 4.4. - Carta delle aree allagabili
- 4.5 - Carta del sistema idraulico

5 – ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI GEOLOGICO – TECNICI

- 5.1 - Quadro conoscitivo Piano Strutturale – Carta geologico-tecnica
- 5.2 - Indagini in sito
- 5.3 - Modello litostratigrafico locale

6 – ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI IDRAULICI

- 6.1 – provvedimenti per il rischio idraulico

7 – ELEMENTI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

- 7.1 - Classificazione sismica
- 7.2 - Accelerogrammi di riferimento - Provincia di Pisa
- 7.3 - Possibili effetti locali indotti dal sisma
- 7.4 - Categoria di suolo
- 7.4 – Microzonazione sismica di Livello 1

8 – TAVOLA RIASSUNTIVA DELLE PERICOLOSITA'

9 – ACCORGIMENTI TECNICO - COSTRUTTIVI DA ADOTTARE

- 9.1 Pericolosità idraulica
- 9.2 pericolosità sismica

ALLEGATI:

- Prove CPT
- Relazione Downhole

1 – Premessa

La presente relazione illustra le indagini geologiche, idrauliche e sismiche eseguite in funzione del “Piano Attuativo per la riorganizzazione dell’area CEMES” in Pisa, zona viale delle Cascine – Via Montelungo.

La relazione tiene conto di quanto prescritto dall’art. 4 delle direttive tecniche, allegato A del DPGR n. 5/R 2020.

In particolare illustra il quadro conoscitivo di riferimento con importanti aggiornamenti relativi a:

- **Aspetti idraulici**, mediante l’esame della relazione idraulica redatta dal prof. Ing. Stefano Pagliara, che aggiorna il quadro idraulico relativamente al PGRA e al reticolo minore.
- **Aspetti geologico tecnici**, mediante l’esecuzione di nuove indagini, quali:
 - N. 4 prove penetrometriche statiche (CPT) in aggiunta alle 2 esistenti, per un totale di n. 6 CPT;
 - N. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo della prof. di 40 m dal pc;
 - Esecuzione di prova sismica Down hole e misure HWSR in sito;
- **Aspetti sismici**, mediante riesame delle indagini di Microzonazione sismica di livello 1 condotta dal comune di Pisa.

Non risultano necessari particolari approfondimenti relativamente agli aspetti geomorfologici e idrogeologici.

1.1 Inquadramento dell’area nel vigente Regolamento Urbanistico

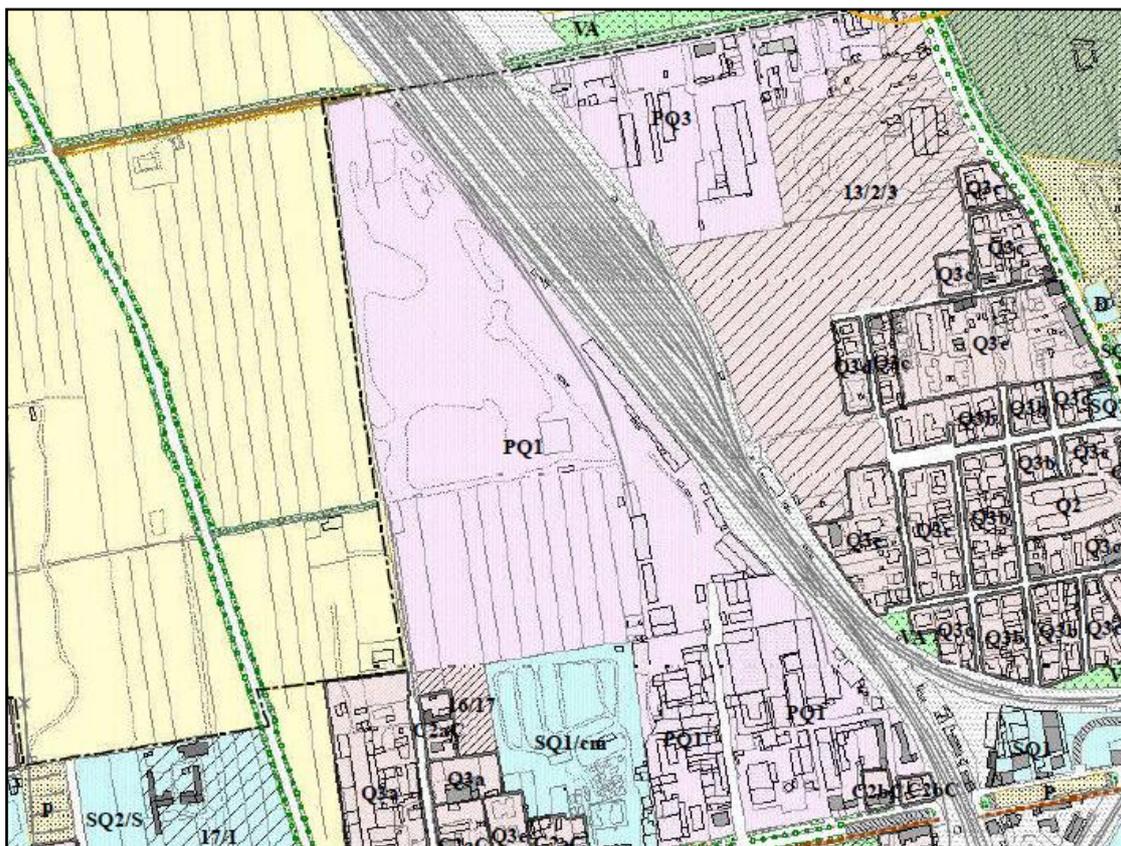
Articolo 1.2.2.6 - Insediamenti produttivi: singoli PQ1, produzione di beni e di servizi PQ2, in base a progetti unitari PQ3

1) Descrizione e Obiettivi

Degli insediamenti produttivi è previsto il miglioramento della qualità formale e funzionale, mediante l’attribuzione di ulteriori dotazioni di spazi per servizi pubblici e/o ad uso collettivo, la trasformazione di quelle esistenti, il miglioramento delle dotazioni di spazi pertinenziali, il riordino delle funzioni insediate, la nuova edificazione nei lotti liberi, in termini anche di riconfigurazione del tessuto urbano quale:

*la giacitura e la larghezza degli elementi viari
l’impianto fondiario,*

*il sistema degli spazi scoperti, nonché dei rapporti tra spazi scoperti, spazi coperti e volumi edificati,
la modificazione degli edifici esistenti, ovvero quote rilevanti degli stessi.*



2) Interventi

Nel rispetto e in conformità, se non diversamente indicato, a quanto stabilito dal presente testo normativo e in particolare dalle disposizioni dell'art. 04 "Norme e prescrizioni di riferimento generali" e dell'art. 05 "Tutela degli edifici e degli elementi di interesse storico", sono ammessi gli interventi di seguito elencati:

ristrutturazione edilizia alle seguenti condizioni:

- nei limiti della sagoma dell'edificio esistente alla data di approvazione delle presenti norme salvo, se convenzionati, gli incrementi strettamente necessari a rispondere ad esigenze, non altrimenti soddisfabili, di adeguamento degli edifici, e dei connessi impianti, a disposizioni normative e/o relative alle specifiche utilizzazioni attivabili;
- senza incremento delle unità immobiliari se la superficie utile lorda risulta maggiore a quella ammessa dai parametri per la sostituzione edilizia.

sostituzione edilizia

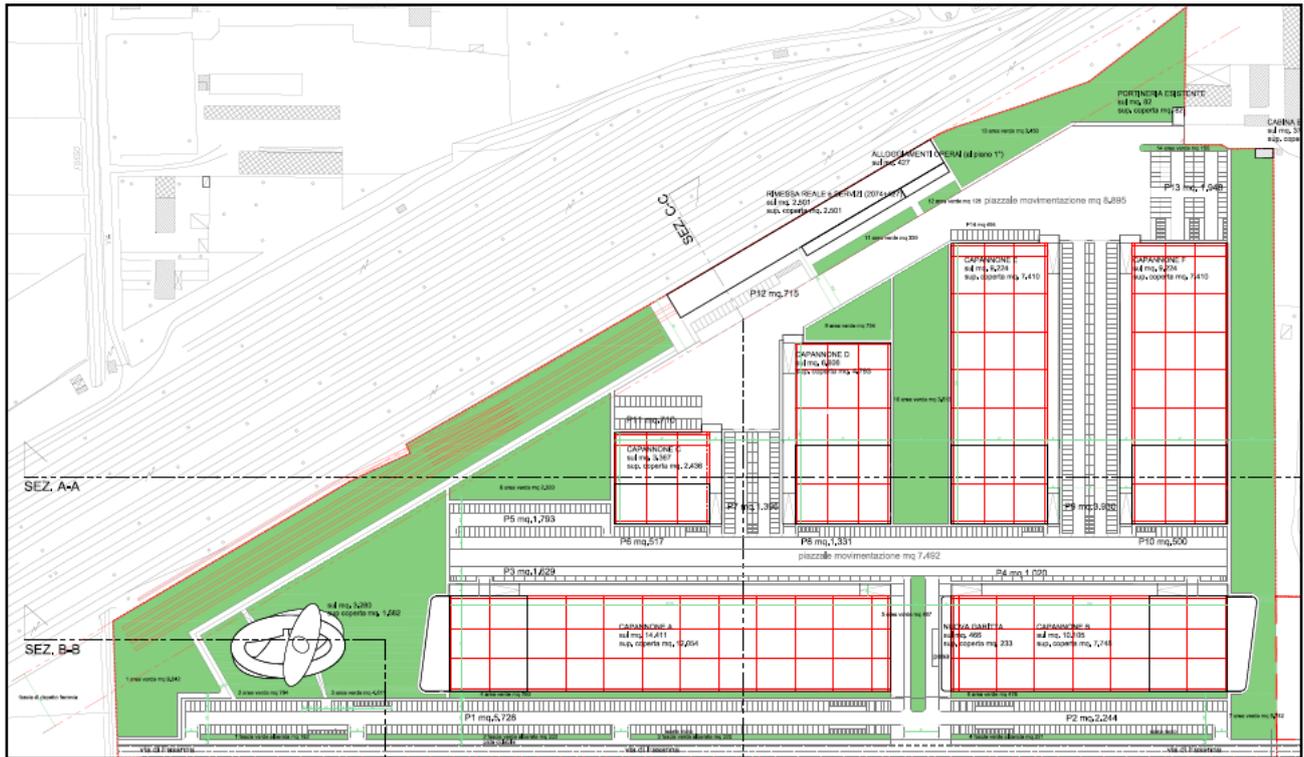
- limitatamente agli ambiti produttivi PQ1, previo Piano Attuativo o a richiesta dei proprietari degli immobili interessati, da unico progetto edilizio, al quale possono fare riferimento anche più titoli abilitativi, previo atto unilaterale d'obbligo registrato e trascritto con polizza fidejussoria a garanzia della completa realizzazione del progetto unitario, con i seguenti parametri:

- a) indice di utilizzazione fondiaria: 0,50 mq/mq o non superiore a quella preesistente se maggiore;
 - b) indice fondiario massimo di copertura: 0,50 mq/mq;
 - c) altezza massima degli edifici: 15 metri lineari, salve peculiari esigenze proprie di manufatti speciali;
 - d) superfici accessorie di cui all'art. 04.11;
 - e) dotazione minima di spazi scoperti di pertinenza sistemati a verde, di cui almeno la metà alberata con piante di alto fusto: 25 per cento della superficie fondiaria;
- limitatamente agli ambiti produttivi PQ2 con i parametri della nuova edificazione

Nel rispetto dell'art. 1.2.2.6, capoverso 2) l'intervento risulta urbanisticamente ammissibile.

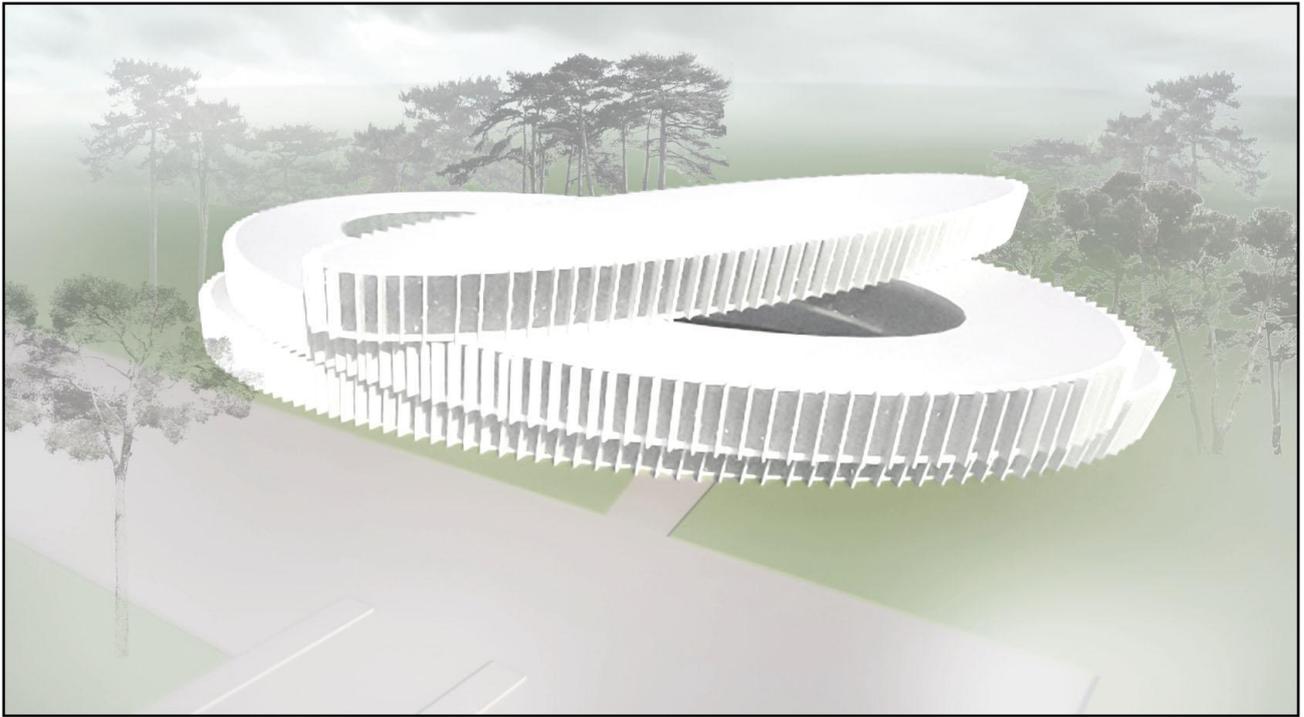
1.2 Il progetto

Il progetto, acura dell'Arch. Beniamino Cristofani, prevede la realizzazione di una nuova palazzina uffici dell'altezza max di m 15, nel settore Nord del comparto, e la realizzazione di n. 6 capannoni ad uso industriale dell'atezza max di m. 11. Il sistema fondale delle strutture prevede la realizzazione di volumi di compensazione sotto il piano campagna dimensionati in modo da permettere l'invasamento dei volumi idrici necessari alla compensazione idraulica. Per i particolari si vedano gli elaborati progettuali.

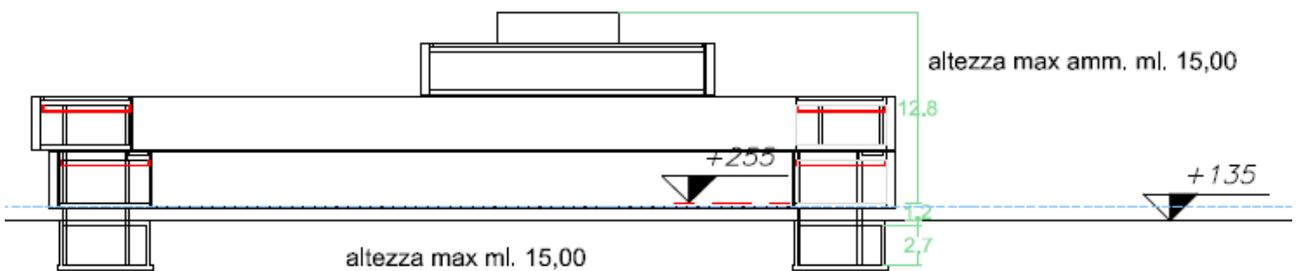


SUPERFICIE AREA CEMES		138.868 mq	
01	INGRESSO MEZZI (da Via Montelungo)	06	VERDE PRIVATO 34.638 mq
02	PORTINERIA CONTROLLO ACCESSI 82 mq	07	PIAZZALI MOVIMENTO MERCI 15.370 mq
03	INGRESSO DA VIA DELLE CAVALLE 282 mq	08	PARCHEGGI 23.942 mq
04	CABINA ELETTRICA 37 mq	09	NUOVI ALLOGGIAMENTI 427 mq
05	PROLUNGAMENTO DI VIA DI FASANNA	10	EX RIMESSA REALE OFFICINA 2.501 mq
		11	NUOVO RACCORDO FERROVIARIO
		12	NUOVI UFFICI 3.280 mq
		13	NUOVI CAPPANONI 53.403 mq

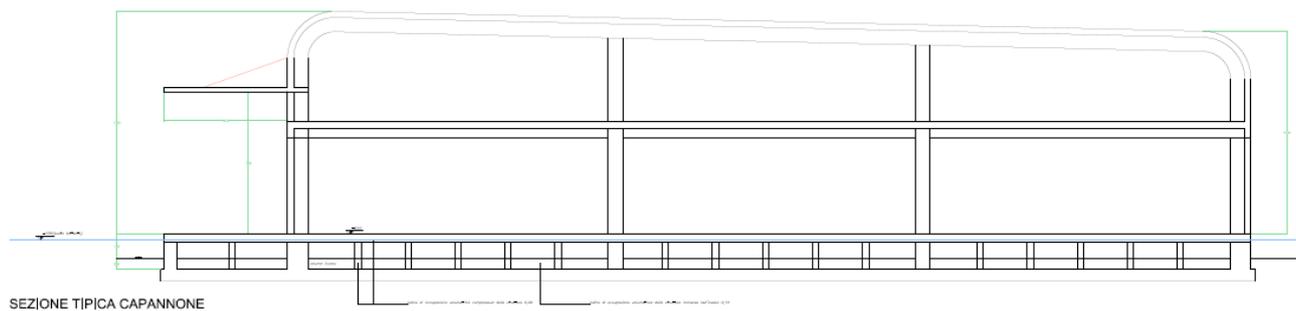
Planimetria di progetto



Vista prospettica della nuova palazzina uffici



Sezione palazzina uffici con fondazioni compensate e volumi d'invaso



sezione tipo di capannone

2 - ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

2.1 - Evoluzione paleogeografica e geologica della Pianura di Pisa

La pianura di Pisa costituisce la parte meridionale di un'ampia depressione tettonica ("depressione Versiliese-Pisana") di forma triangolare, orientata circa NO-SE dalla foce del Fiume Magra ai dintorni di Pisa e di Livorno (Mazzanti, Pasquinucci, 1983).

Questa depressione (figura 1) è delimitata verso est, dalle Alpi Apuane, Monti d'Oltre Serchio e Monti Pisani, verso Sud dalle Colline Pisane e del terrazzo di Livorno; verso Ovest, dalla "dorsale di Viareggio" sommersa dal mare e compresa tra Livorno ed il promontorio di Punta Bianca (Mazzanti, Pasquinucci, 1983).

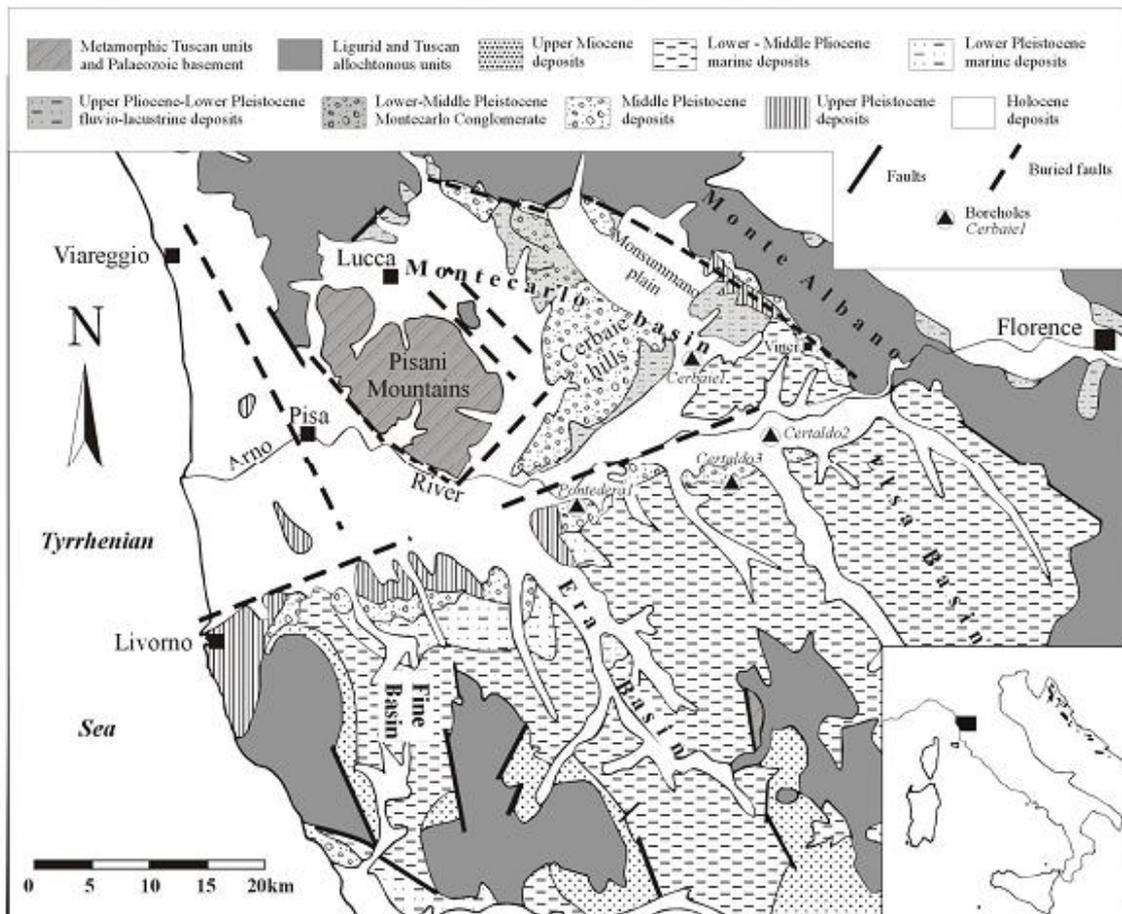


Figura 1: Schema tettonico della bassa valle dell'Arno (da P. Cantini, I. Marson, E. Pinna, G. Pinna, 2002).

I bordi orientale e occidentale di questa depressione tettonica coincidono con faglie distensive a direzione appenninica ed a grande rigetto verticale, con piani di faglia inclinati verso l'asse del bacino; il bordo meridionale sembra coincidere con una faglia trascorrente, di impostazione molto antica, precedente l'inizio dell'attività delle prime, che risalgono al Miocene superiore.

La zona corrispondente alla depressione tettonica è quindi confinata da aree a comportamento tettonico differenziato:

- le Alpi Apuane, i Monti d'oltre Serchio e i Monti Pisani, con tendenza al sollevamento, seppur con rimo irregolare;
- i Monti di Punta Bianca-Ameglia e la dorsale di Viareggio, con tendenza a un lento sollevamento dei primi e a un lento sprofondamento della seconda, la quale sembra sia stata completamente sommersa dal mare solo all'inizio del Pleistocene inferiore;
- le Colline Pisane e la zona di Livorno, che avrebbero seguito inizialmente le vicende della depressione Versiliese-Pisana, probabilmente differenziandosene solo a partire dal Pliocene medio, durante il quale avrebbe avuto inizio un debole sollevamento, mentre la depressione continuava a sprofondare;

I ritmi dell'attività tettonica ed i cambiamenti climatici condizionano ritmo e modalità di formazione dei sedimenti che si depositavano nella depressione, a partire dai depositi riconducibili all'inizio della fase distensiva (Tortoniano):

Il Pliocene inf. e medio è caratterizzato da una fase di trasgressione marina collegata agli sprofondamenti tettonici determinati dalla fase distensiva. I sedimenti riconducibili a tale epoca, deposti nel Valdarno Inferiore, mostrano immersioni verso NO e N, diminuendo di spessore, progressivamente, verso l'attuale corso dell'Arno; ciò indica che la successiva emersione è avvenuta in seguito ad un sollevamento da SE verso NO. Tale sollevamento spiegherebbe l'allineamento longitudinale degli affluenti di sinistra del Fiume Arno.

La ricostruzione paleogeografica in destra d'Arno è meno precisa, ma indica la presenza, ad Est del Monte Pisano, del paleoSerchio che confluisce nel paleoArno.

La regressione del Pliocene medio-superiore indica l'inizio di un sollevamento epirogenetico.

Nel Pleistocene inferiore si verificano sprofondamenti tettonici dei bacini; tali sprofondamenti determinano, nel Valdarno inferiore, la sedimentazione di depositi di facies marina caratterizzati da in livello di argille e argille sabbiose ad *Artica islandica* sormontate da sabbie di tipo regressivo (Sabbie di Nugola Vecchia) di ambiente marino costiero.

Contemporaneamente a questo sprofondamento si è formata una depressione delimitata dalle colline plioceniche in sinistra d'Arno maggiormente sollevate; in tale depressione, dove non è arrivato il mare pleistocenico, si depositano sedimenti continentali di ambiente lacustre e fluviale.

La parte superiore del Pleistocene Medio è caratterizzata da una fase di trasgressione glacioeustatica che vede l'innalzamento del livello medio marino fino raggiungere i 120 metri di quota rispetto all'attuale l.m.m. (Terrazzo della Fattoria delle Pianacce, Livorno).

In quest'epoca si depositano sedimenti prevalentemente fluviali di piana di esondazione e palustri, detti Conglomerati e limi di Casa Poggio ai Lecci che si depositano a nord delle colline livornesi in direzione della Val d'Egola e sul grande terrazzo delle Cerbaie. Tale formazione rappresenta il più antico documento pervenutoci dell'impostazione del grande sistema fluviale del paleoSerchio ad est del Monte Pisano lungo l'attuale piana di Lucca.

L'interglaciale Mindel-Riss (Pleistocene medio) è caratterizzato da accumuli eolici e colluviali (depositi continentali) nell'area del Terrazzo della Fattoria delle Pianacce e da depositi fluviali o fluvio lacustri verso l'interno (Conglomerati e limi di Casa Poggio ai Lecci); la Formazione dei Conglomerati e Limi di Casa Poggio ai Lecci risulta tettonicamente dislocata dalla faglia che Trevisan (1971) ipotizza correre al di sotto dei sedimenti alluvionali delle Cerbaie e proseguire nel sottosuolo della Pianura di Pisa.

Durante l'interglaciale Riss-Wurm nella pianura di Pisa si determinano incisioni fluviali dovute all'abbassamento del livello dell'Arno per glacioeustatismo marino negativo.

Durante la fase glaciale del Wurm, le pianure pisane e versiliese sono emerse con una linea di costa posta più in basso di circa 60m rispetto a quella attuale. In questa fase si verifica la massima incisione dei fiumi nella Pianura Pisana che è caratterizzata dal deposito della formazione detritica conglomeratica denominata da Serge (1955) Conglomerato dell'Arno e Serchio da Bientina.

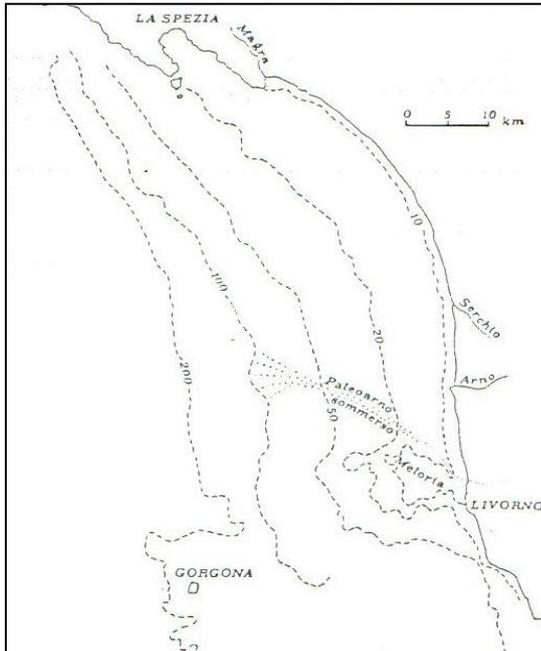


Fig. 2- Carta della batimetria del mare prospiciente il litorale tra Spezia e Livorno, è evidenziato a NW della Meloria il corso del paleoArno, oggi sommerso, formatosi durante l'ultima oscillazione glaciale quando il livello del mare era più basso di almeno 110 m rispetto a quello attuale (Mazzanti, 1983).

La profonda incisione fluviale si ritrova a -57m nell'area di Stagno e -23 nel sottosuolo di Calcinaia, in corrispondenza della confluenza del PaleoArno e Paleoserchio. Nell'area di Ripafratta sono stati individuati tre orizzonti di ghiaia rispettivamente alle quote di -42 -34m (livello 1), -25-10m (livello 2) e +3+8m (livello 3) metri sul livello medio marino. Il Conglomerato dell'Arno e Serchio da Bientina è litologicamente caratterizzato da una grande quantità di ciottoli di quarziti filladi trasportati dal paleoSerchio.

Nel post-Wurm si verifica un nuovo evento di trasgressione, detto anche trasgressione Versiliana, con conseguente avanzamento delle spiagge. Questo fenomeno fu determinato dall'aumento degli apporti solidi di alcuni fiumi, in particolare dall'Arno; alcuni autori mettono questo fenomeno in relazione al notevole disboscamento e all'estensione delle pratiche agricole conseguenti alla colonizzazione Romana (Morelli, 1927).

Il meccanismo del progressivo avanzamento del litorale è dovuto alla continua formazione di nuove barre parallele alla linea di costa e poste "verso mare" rispetto a quelle già esistenti e in via di emersione. Inizialmente sommerse, col passare del tempo, emergevano in lunghi lidi paralleli alla linea di riva, separando altrettante strette e allungate lagune (lame) in comunicazione con il mare attraverso piccoli passaggi trasversali, derivati dalle correnti di riflusso.

Man mano che i lidi emergevano, costituivano sia ostacolo per la circolazione delle sabbie sollevate dal vento che zone di accumulo per cordoni di dune.

In tempi più recenti, dal 1000 a.C., fino ai giorni nostri la Pianura di Pisa è stata caratterizzata dalle variazioni che il corso dell'Arno ha subito, sia per cause naturali sia antropiche. Nell'area di San

Rossore erano presenti anse dell'Arno ad andamento tortuoso che ostacolavano il deflusso delle acque cosicch , nel 1338, furono eseguiti due tagli: il primo in corrispondenza dell'ansa in Loc. Cascine Nuove il secondo dell'ansa esistente tra Luicchio e le Cascine Nuove (Cavazza, 1994).

Inoltre si sono susseguiti nel tempo ulteriori interventi antropici finalizzati al risanamento della pianura, in ultimo la bonifica dell'area del Tombolo a sud dell'Arno (1922); tali interventi hanno determinato l'attuale morfologia della Pianura Pisana.

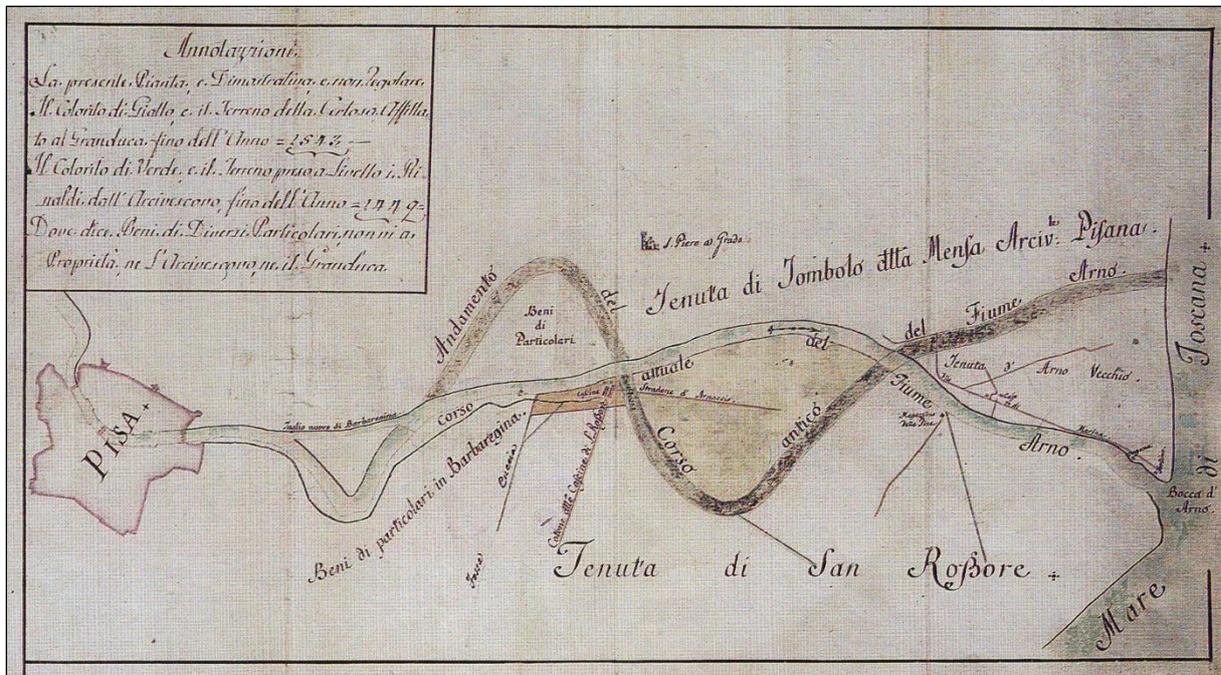


Fig. 3 – Pianta dimostrativa e non regolare del corso dell'Arno da Pisa al mare della seconda met  del XVIII secolo. In evidenza l'antico corso dell'Arno (Paglialunga et al., 2001).

L'architettura deposizionale della Pianura di Pisa   quindi il risultato delle fasi tettoniche susseguite a partire dall'inizio della fase distensiva (Tortoniano), descritte in precedenza, che hanno dato origine ad una sequenza deposizionale che, a sud dell'Arno,   stata indagata dall' Agip mediante sismica a riflessione e sondaggi (Mariani e Prato,1988) integrata da indagini gravimetriche (P. Cantini, I. Marson, E. Pinna, G. Pinna, 2002).

Nella figura seguente sono ubicati i pozzi profondi denominati Monte Nevoso e Tombolo1, 2, 3, e 4 e le linee sismiche utilizzate per la ricostruzione sismo stratigrafica del sottosuolo. Tali perforazioni, che hanno raggiunto una profondit  di 1800m, costituiscono la massima profondit  direttamente indagata nella Pianura di Pisa.

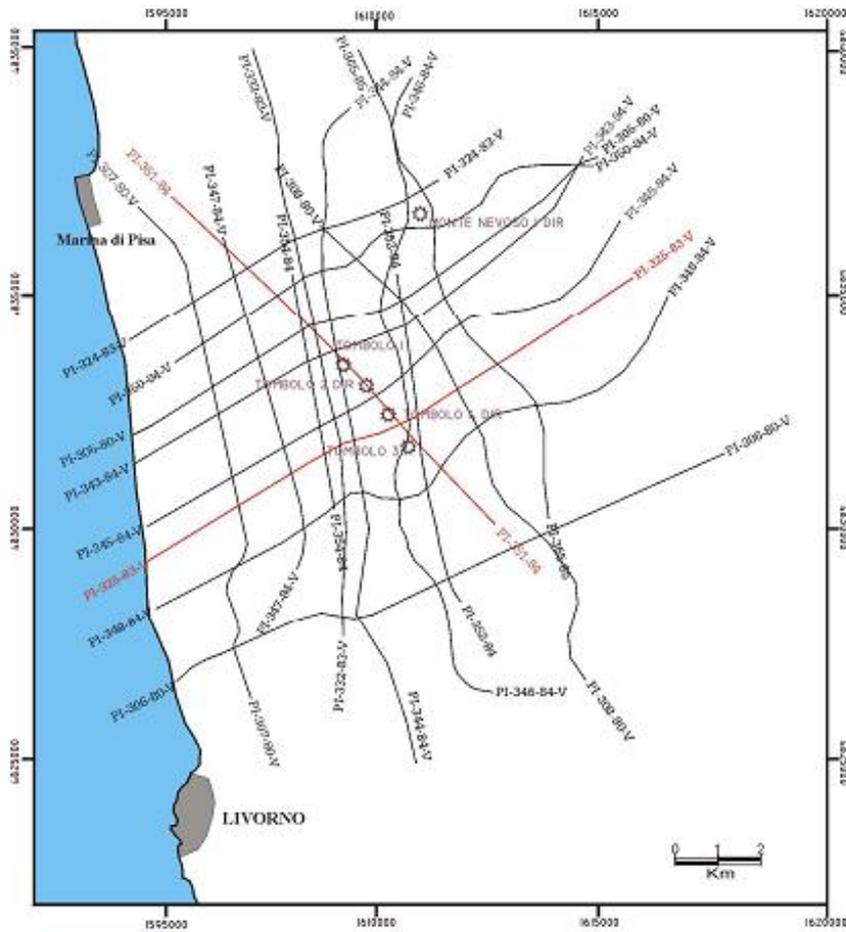


Figura 4: ubicazione delle linee sismiche e dei pozzi (da P. Cantini, I. Marson, E. Pinna, G. Pinna, 2002)

Nell'area a Sud dell'Arno l'Agip, per la ricerca di idrocarburi, ha quindi effettuato una serie di studi per definire la potenza, l'assetto strutturale e le sequenze sismiche dei sedimenti neogenici. La ricostruzione eseguita riconosce (figure 5 e 6) diverse unità sismiche separate da discontinuità stratigrafiche (tetto del Pliocene inferiore, tetto del Pliocene medio, base del Messiniano) e da discontinuità angolari (tetto del messiniano). La potenza massima dei sedimenti nel bacino dell'Arno raggiunge circa 3800m di spessore.

La sequenza sismo-stratigrafica presente al di sopra di un substrato databile al Miocene inf. Oligocene, rappresentato da arenarie del Macigno o da una serie carbonatica bacinale è la seguente (P. Cantini, I. Marson, E. Pinna, G. Pinna, 2002):

- una serie del Pleistocene - sabbioso ghiaiosa (circa 800m)
- una serie del Pliocene medio superiore – argilloso sabbiosa (circa 100m)
- una serie del Pliocene inferiore – sabbioso argillosa (circa 1200m)
- una serie del Messiniano e del Pre Messiniano – argilloso arenacea (circa 800m)

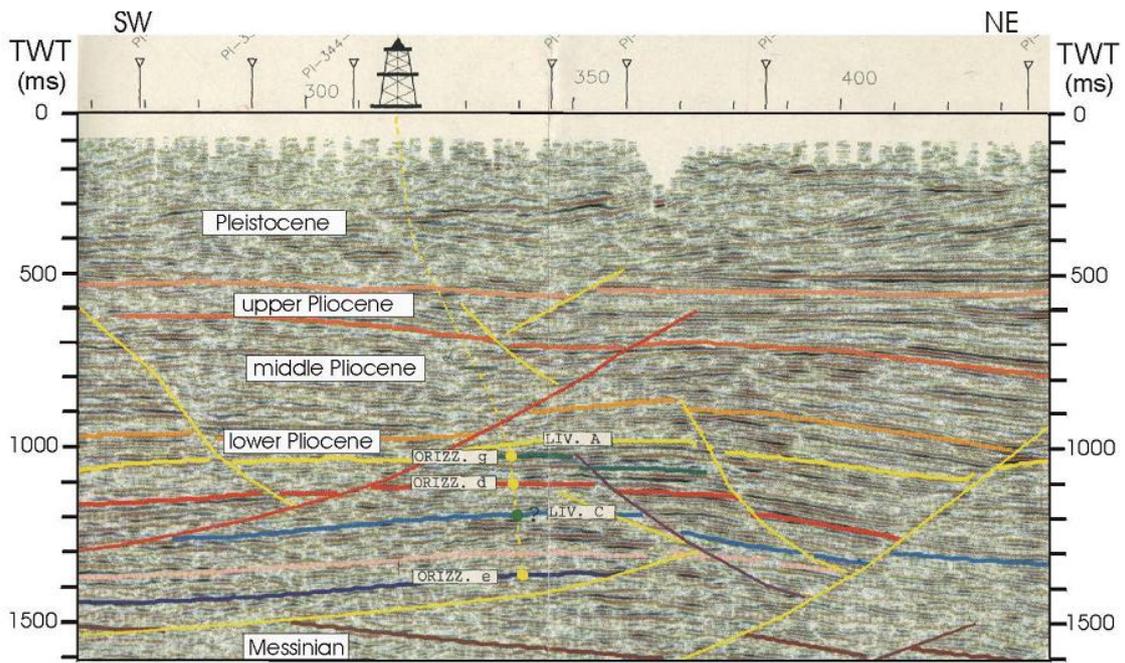


Figura 5: Ricostruzione delle sequenze sismiche per la linea PI 325 (in rosso in figura 3) (da P. Cantini, I. Marson, E. Pinna, G. Pinna, 2002).

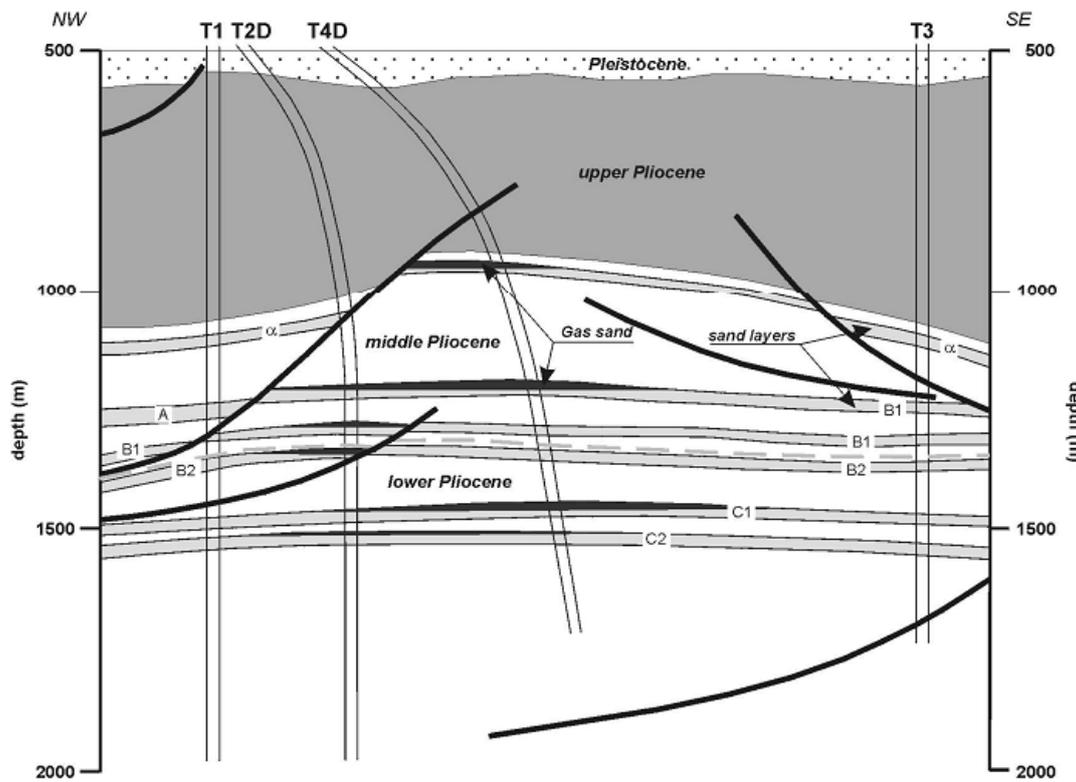


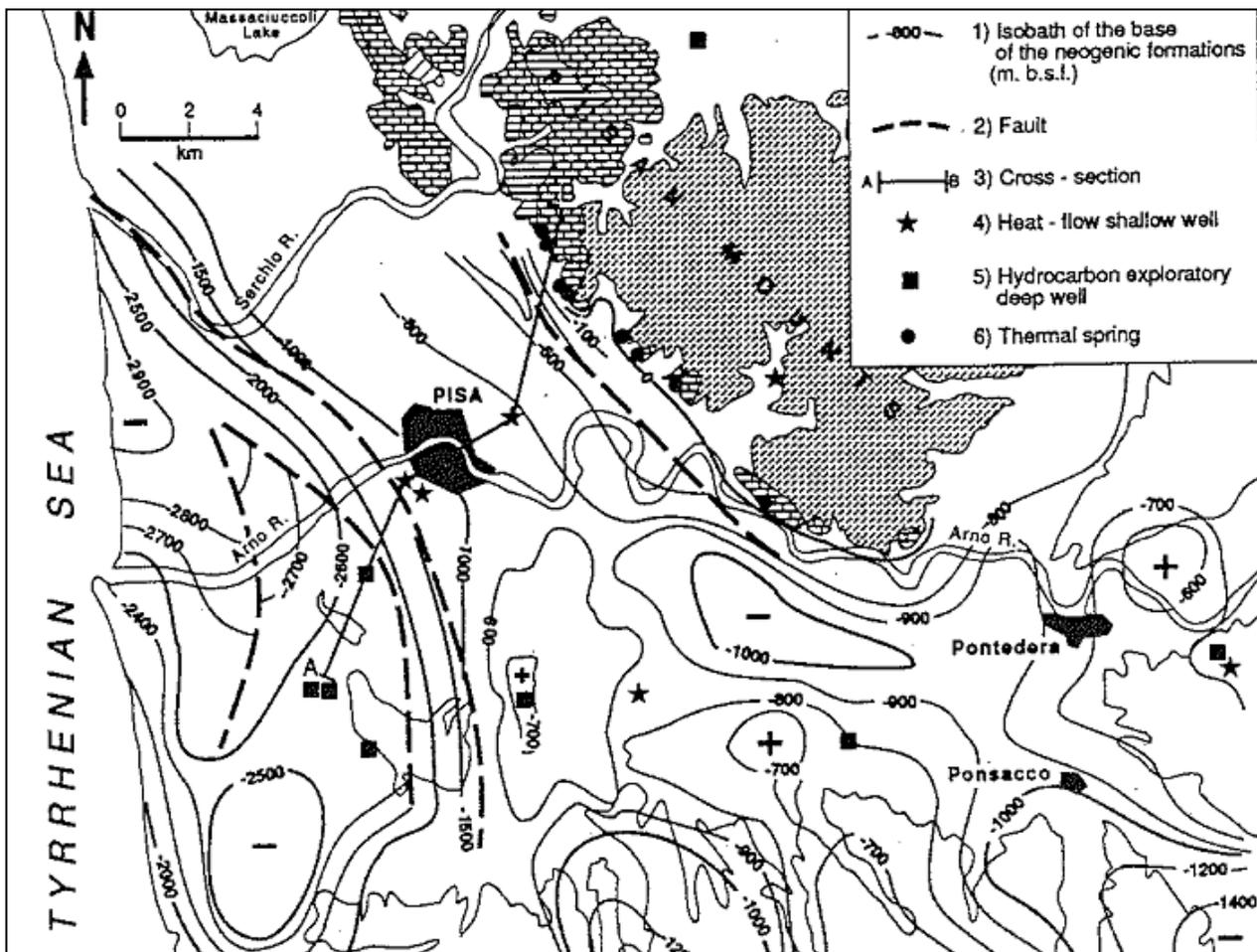
Figura 6: sezione geologica interpretativa (da P. Cantini, I. Marson, E. Pinna, G. Pinna, 2002).

Relativamente alla profondità e all'andamento del substrato lapideo sottostante le formazioni neogeniche nell'ambito della Pianura di Pisa, è disponibile una dato rilevato mediante indagini gravimetriche, e confortato dalla realizzazione di un pozzo profondo (circa 1000 m dal pc), realizzato in località S. Cataldo (attuale area CNR di Pisa).

Le risultanze di tale indagine, eseguita da CNR e ENEL, sono schematicamente riportati in "GEOLOGICAL AND STRUCTURAL FEATURES OF THE SAN CATALDO DISTRICT HEATING PROJECT (PISA, ITALY)" a cura di S. Bellani, G. Buonasorte, S. Grassi e P. Squarci.

Secondo il quadro delineato dagli autori, (vedi schema allegato) il substrato lapideo, affiorante in corrispondenza del margine occidentale del Monte Pisano, si immergerebbe al di sotto delle formazioni neogeniche, sino a raggiungere i 2700 m di profondità in corrispondenza della costa, alla foce dell'Arno, e sarebbe dislocato da almeno quattro faglie distensive, che disegnano un andamento "a gradoni", di cui la prima correrebbe al piede del Monte Pisano e le altre si svilupperebbero a Sud di Pisa, con andamento sub parallelo alla costa.

Secondo questa ricostruzione, nell'areale compreso tra il Fiume Serchio e il Fiume Arno, la profondità del substrato raggiungerebbe i 1000 m a Sud di Pisa, sarebbe dislocato da una faglia con rigetto di circa 1000 m, e degraderebbe dai 2000 ai 2700 m in prossimità della costa.



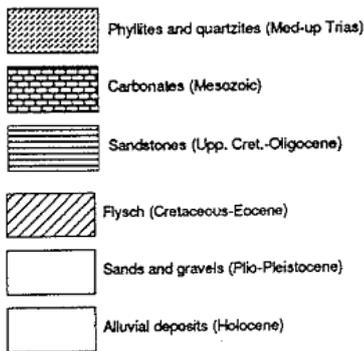


Figura 7: carta geologica della pianura di Pisa con le isobate del substrato roccioso (S. Bellani, G. Buonasorte, S. Grassi e P. Squarci, 1998)

Il medesimo rapporto è corredato da una sezione geologica che riporta anche l'andamento delle temperature al di sotto dell'areale pisano, indicando temperature di circa 60 – 70°C alla profondità di circa 1000 – 1200 m. Tali temperature renderebbero ipotizzabile un utilizzo delle acque calde sotterranee (geotermia a bassa entalpia).

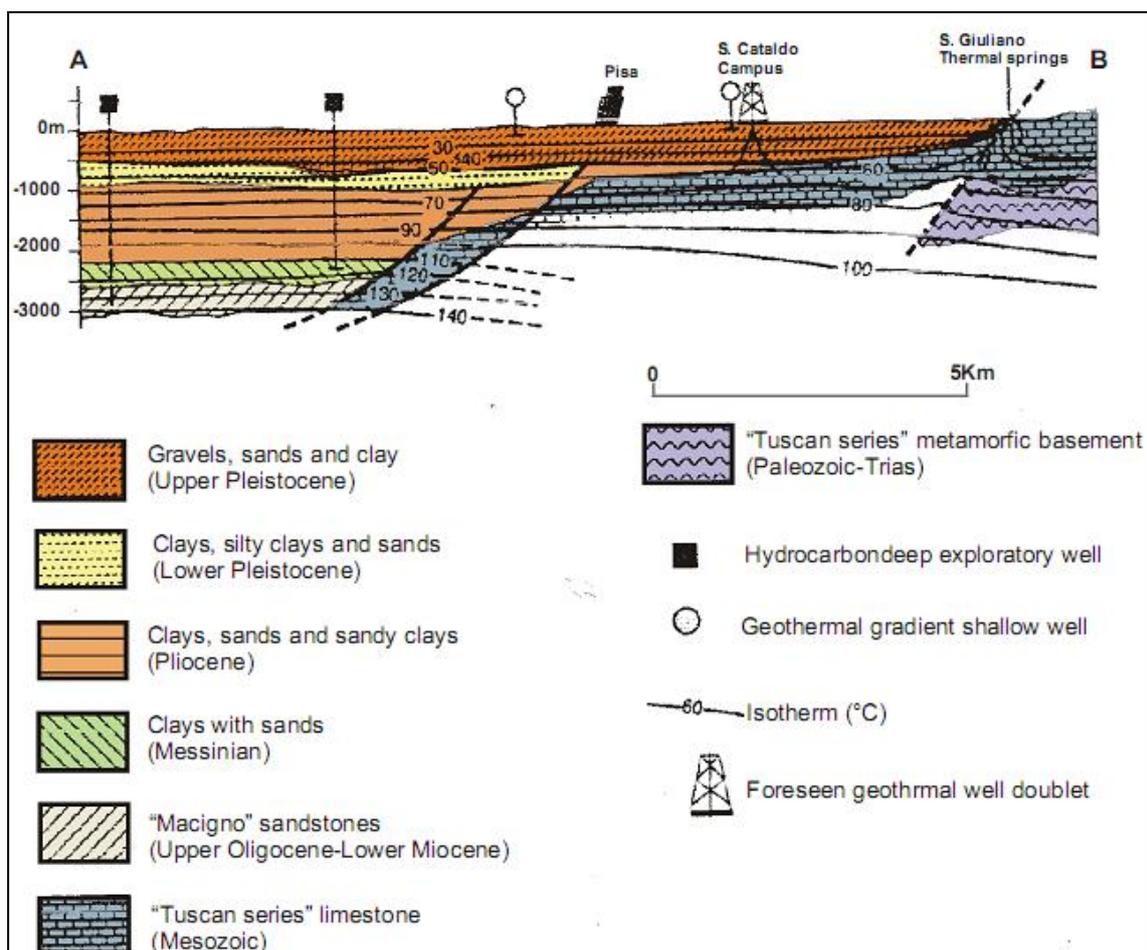


Figura 8: Sezione geologica (S. Bellani, G. Buonasorte, S. Grassi e P. Squarci, 1998)

3 – ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI IDROGEOLOGICI

Dal punto di vista idrogeologico la Pianura di Pisa è stata studiata, tra gli altri, da Baldacci, Bellini, Raggi: “Le risorse idriche sotterranee della Pianura Pisana”, 1995, secondo i quali si possono distinguere:

- il **Complesso acquifero della Pianura Pisana**, comprendente depositi superficiali affioranti e i depositi del sottosuolo che costituiscono l'Acquifero multistrato confinato (**Amc**).
- Le **Strutture idrogeologiche “incassanti”**, che possono essere in collegamento idraulico con l'Amc, direttamente o attraverso gli apporti alluvionali intra-pedemontani.

L'**Amc** viene alimentato dalle **Strutture idrogeologiche “incassanti”** (ricarica laterale e profonda), e dal Complesso acquifero della Pianura di Pisa (apparati detritico-alluvionali intra-pedemontani; cordoni dunali costieri e dune antiche; depositi eolico-fluviali della fascia pedecollinare meridionale); in questo caso la ricarica avviene per infiltrazione diretta delle acque meteoriche, dai corsi d'acqua e dalle loro falde di subalveo.

Inoltre questo acquifero riceve apporti da una circolazione profonda, alimentata da strutture idrogeologiche carbonatiche (prosecuzione sud-orientale delle Apuane), che sbocca nei campi idrotermali di S. Giuliano e Uliveto Terme.

Gli alvei dei Fiumi Arno e il Serchio, nella parte centrale della pianura, dove la copertura limo-argillosa raggiunge spessore fino a circa 50 m, sono idraulicamente separati dalle falde confinate.

Nei tratti pedemontani e costieri dei suddetti corsi d'acqua, dove invece la copertura permeabile e semipermeabile ha spessori ridotti, si verificano maggiori fenomeni di drenanza verso le falde confinate.

Il sistema idrogeologico della Pianura di Pisa è infine delimitato dalla linea di costa attraverso la quale dovrebbero scaricarsi, in condizioni naturali, le falde confinate dell' Amc; le condizioni piezometriche attuali indicano invece che la discarica è essenzialmente artificiale, attraverso i numerosi pozzi che attingono, nella Pianura di Pisa, alle falde stesse.

In sintesi il sistema acquifero della Pianura di Pisa ammette importanti contributi dall'esterno, provenienti dai bacini idrogeologici del Serchio e dell'Arno, oltre che da una circolazione profonda, fino ai circuiti idrotermali, può quindi essere considerato un “sistema acquifero aperto”.

A questo punto si rendono necessari alcuni chiarimenti circa il contesto idrogeologico generale in rapporto al modello concettuale sopra delineato.

In sintesi si può considerare l'imponente successione di sedimenti che colmano il bacino depresso, come una successione di materiali a granulometria variabile, sia verticalmente che orizzontalmente, che poggiano sul substrato lapideo profondo.

La variabilità granulometrica e composizionale comprende orizzonti francamente argillosi, limi, sabbie limose, sabbie franche e ghiaie, comportando così anche una notevole variazione della permeabilità dei diversi orizzonti omogenei.

La definizione di **Acquifero Multistrato Confinato (Amc)** ha appunto il significato di considerare l'intero spessore di riempimento come un unico corpo acquifero in cui i singoli orizzonti, che è

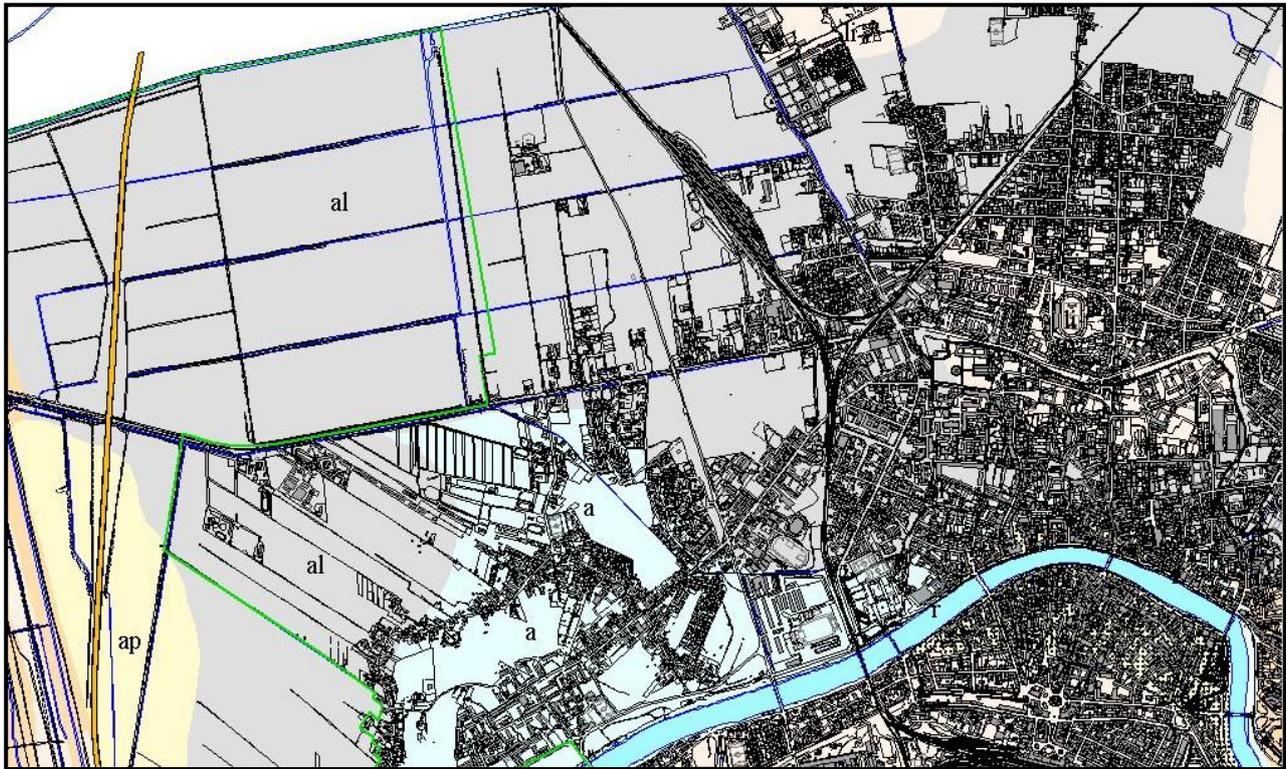
possibile delimitare, sono caratterizzati da parametri idrogeologici diversi, segnalando però che una parte consistente della pianura presenta orizzonti superficiali argillosi, quindi impermeabili, che rendono confinate vaste porzioni dell'acquifero.

Quando i consumi idrici erano sostanzialmente inferiori a quelli odierni, prima dello sviluppo industriale del dopoguerra, i pozzi perforati nella Pianura di Pisa, se sufficientemente profondi da attraversare sia il freatico che l'orizzonte delle argille superficiali, mostravano il fenomeno dell'artesianesimo (erano cioè pozzi "artesiani") e l'acqua di falda fluiva spontaneamente, poiché la piezometria si collocava al di sopra del piano di campagna.

E' degno di nota il fatto che la profondità di attingimento è cambiata col tempo e con la maggiore economicità delle perforazioni profonde, per cui, nel corso degli anni, sono stati realizzati pozzi sempre più profondi; attualmente la profondità media dei perfori è intorno ai 100 m, ma non sono rari pozzi più profondi; per contro sono rare le perforazioni che si spingono oltre i 200 m di profondità.

4 - L'AREA D'INTERVENTO NELLE CARTOGRAFIE DI PIANO STRUTTURALE

4.1 - Carta litotecnica

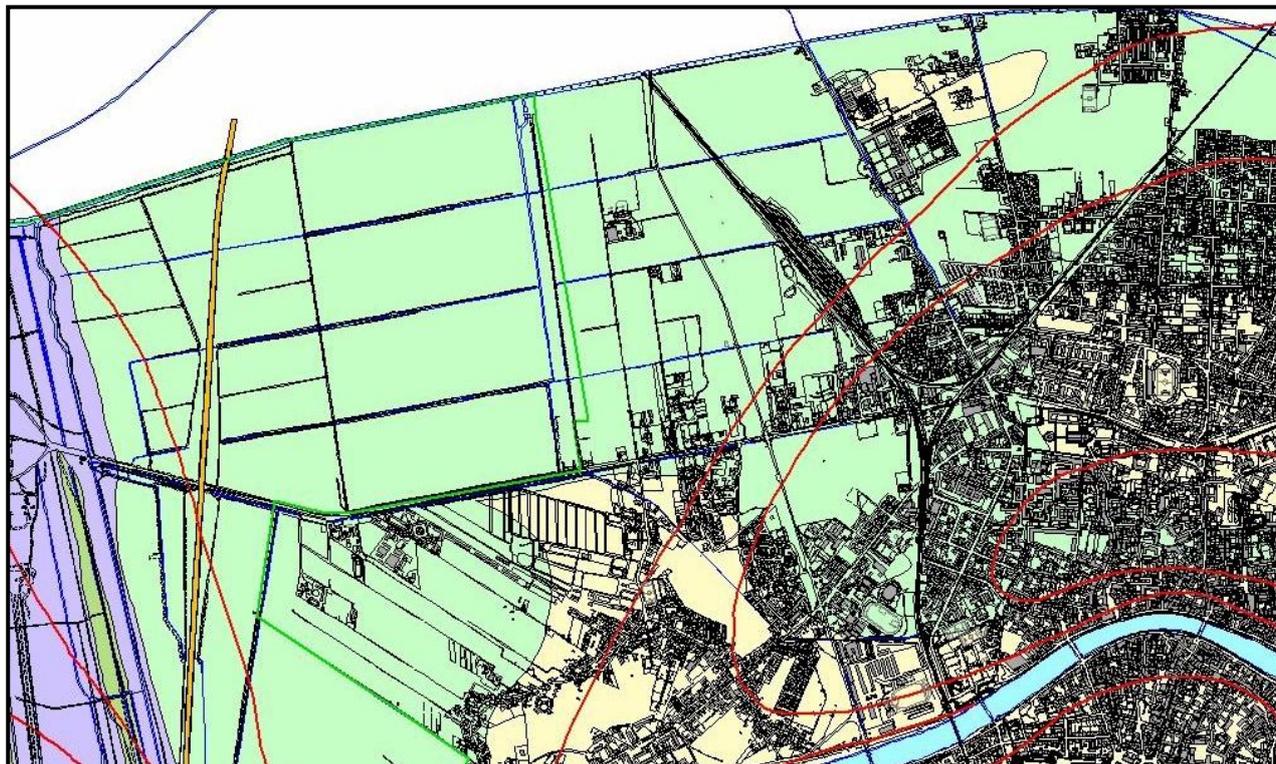


al

ARGILLE E LIMI

Questi terreni sono costituiti da limi ed argille di colore bruno-giallastro. La componente limosa è generalmente preponderante su quella argillosa. La R_p del penetrometro statico varia generalmente tra 9 e 15 kg/cmq. La coesione è compresa tra 0,4 e 0,7 kg/cmq, mentre il coefficiente di compressibilità volumetrica m_v assume valori tra 0,21 e 0,34 cmq/t con valori medi intorno a 0,25 cmq/t. In base a prove edometriche effettuate su campioni indisturbati prelevati negli orizzonti argillosi e limo-argillosi, è risultato che gli strati superficiali di questi terreni sono generalmente preconsolidati. Presentano inoltre valori generalmente elevati dell'indice di consistenza e valori del peso di volume compresi tra 1,7 e 1,9 kg/cmq.

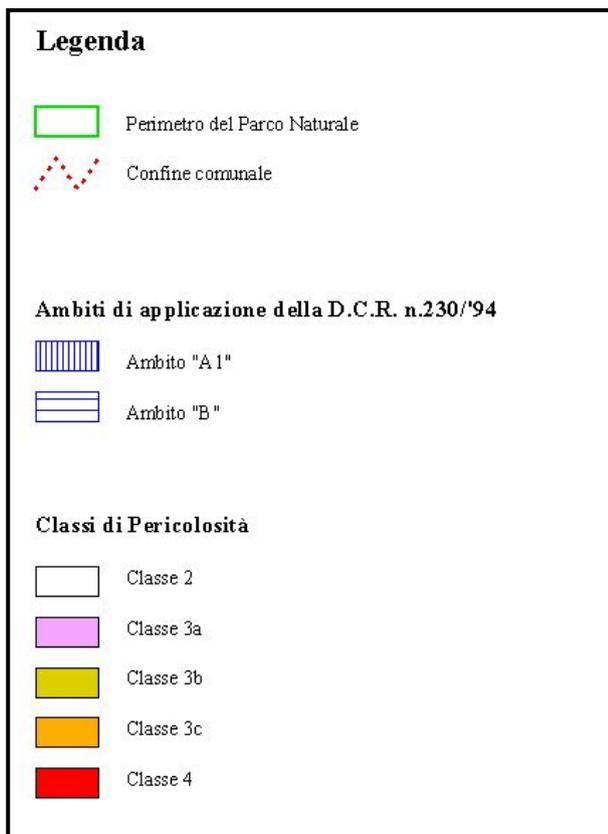
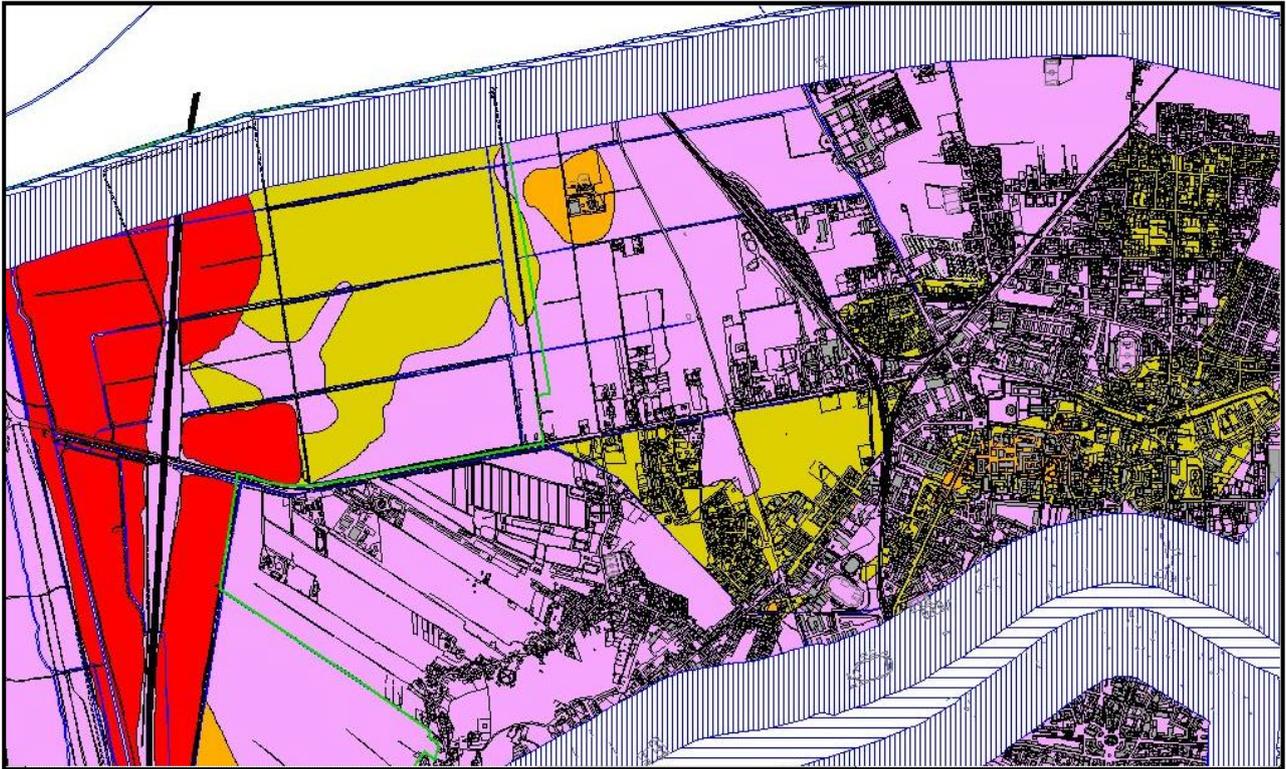
4.2 - Carta idrogeologica



Legenda

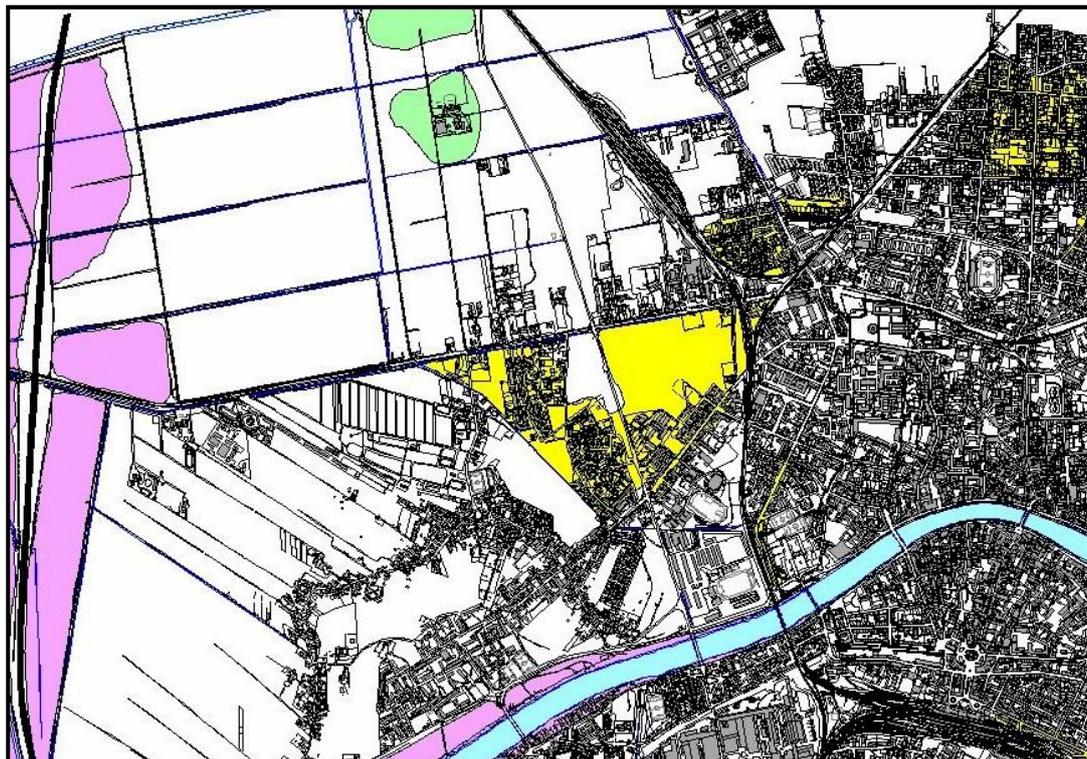
-  Confine comunale
-  Perimetro Parco Naturale
-  Isofreatiche estive. Valori riferiti al livello del mare
-  Sedimenti a permeabilità primaria medio elevata
-  Sedimenti a permeabilità primaria generalmente medio-bassa, sono presenti livelli più o meno continui a permeabilità leggermente maggiore in corrispondenza delle intercalazioni sabbiose
-  Sedimenti a permeabilità primaria media
-  Sedimenti a permeabilità primaria molto bassa, contengono livelli praticamente impermeabili in corrispondenza delle intercalazioni torbose
-  Depositi praticamente impermeabili

4.3. - Carta della pericolosità geologica



La cartografia di Piano Strutturale indica, per l'area in oggetto, una pericolosità 3a, pericolosità medio- bassa, con riferimento alla compressibilità dei terreni.

4.4. - Carta delle aree allagabili



Legenda



Confine comunale



Perimetro Parco Naturale



Isofreatiche estive. Valori riferiti al livello del mare



Aree soggette a frequenti esondazioni



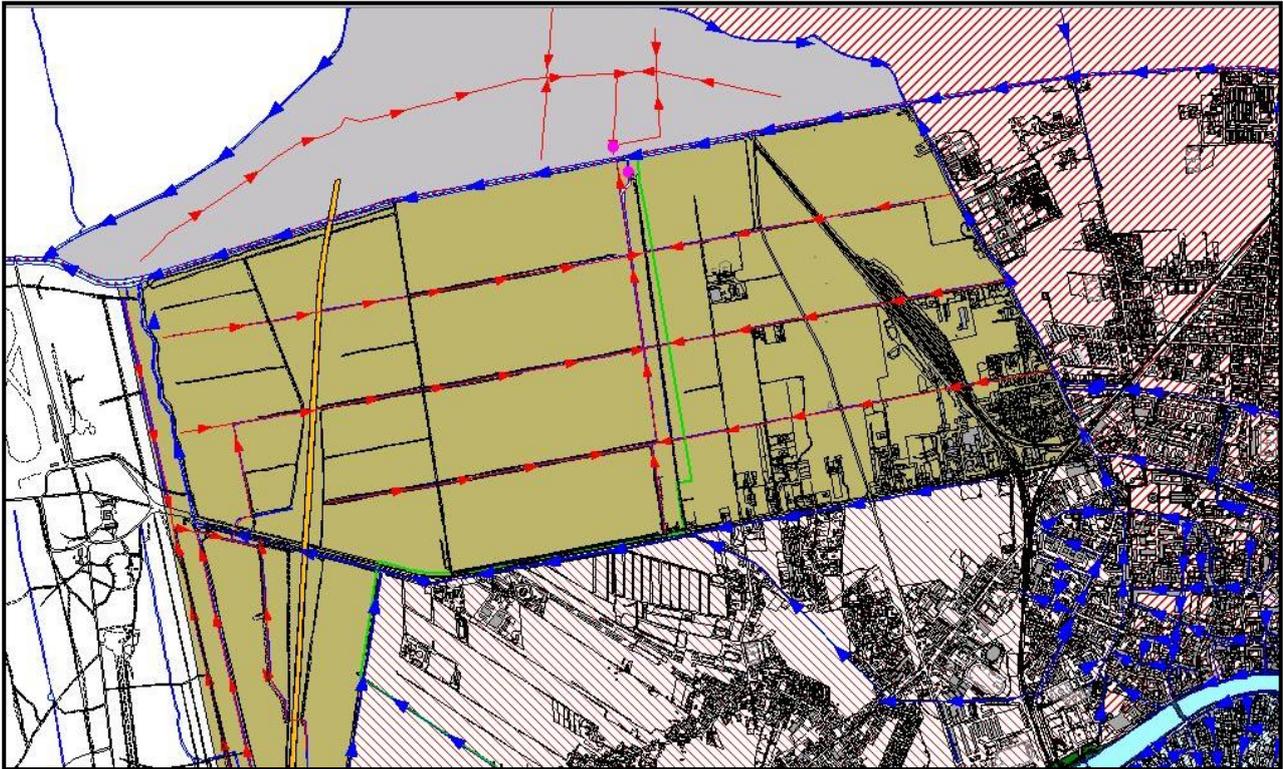
Aree soggette a episodi di tracimazione dei canali di bonifica e difficoltoso drenaggio in caso di eventi piovosi intensi



Aree soggette a ristagni per difficoltoso drenaggio delle acque in caso di eventi piovosi intensi

L'area non appare interessata da fenomeni di allagamento o ristagno.

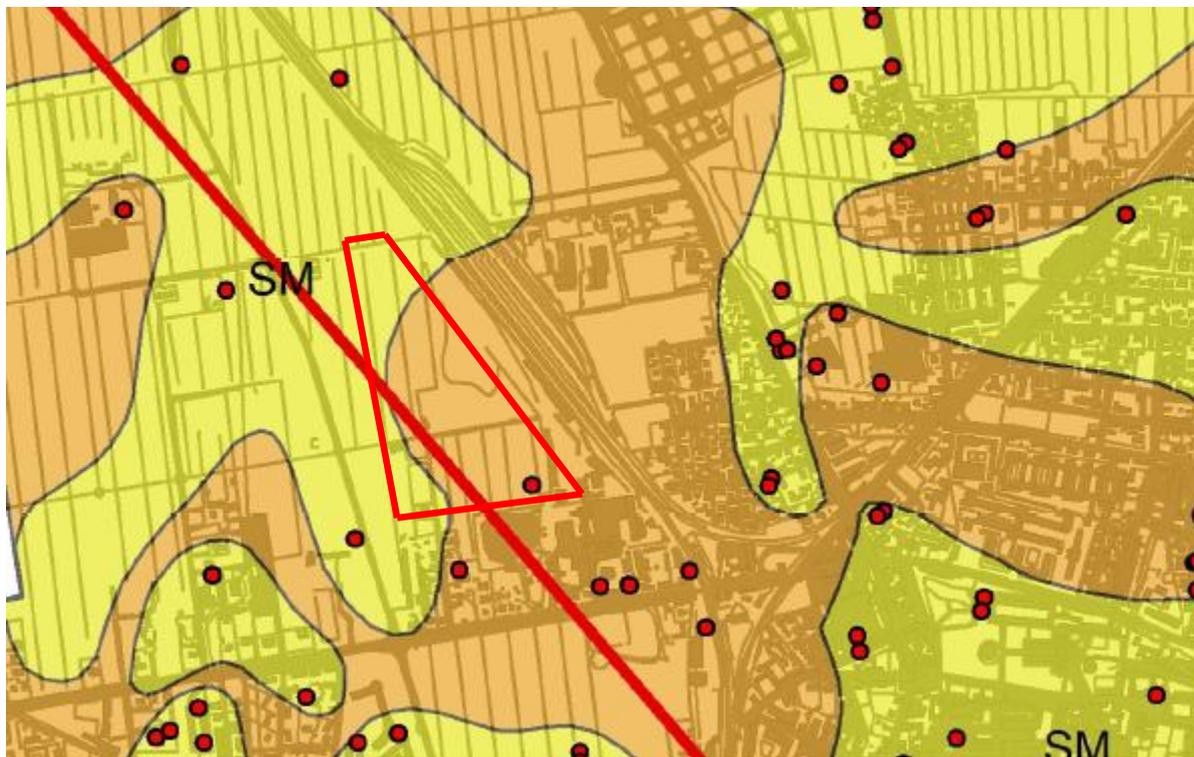
4.5 - Carta del sistema idraulico



L'area appare compresa nel sottobacino a scolo meccanico di Campaldo (zona a Nord dell'Arno). Il reticolo drenante dell'area e' direzionato verso Est e, successivamente verso Nord, con recapito finale nel Fiume Morto.

5 – ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DGLI ASPETTI GEOLOGICO – TECNICI

5.1 Quadro conoscitivo Piano Strutturale – Carta geologico-tecnica

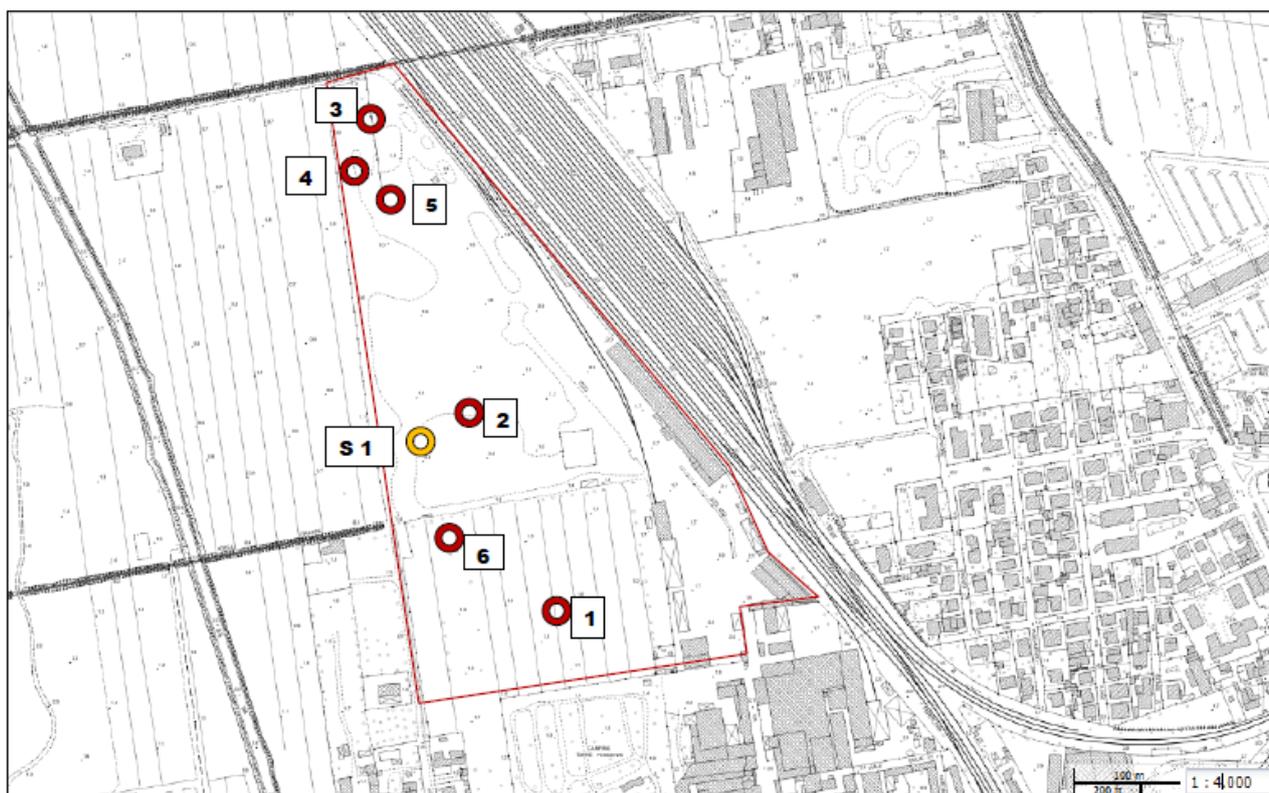


-  Faglie capaci (ITHACA)
-  SW - Sabbie pulite e ben assortite
-  SM - Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
-  OL - Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità
-  Limite Amministrativo Comune di Pisa

La cartografia geologico tecnica prodotta dal comune di Pisa in sede di approfondimento del quadro conoscitivo attribuisce i terreni affioranti nell'area alla formazione "OL", limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità, ad esclusione di un modesto areale all'estremo Nord del perimetro attribuibile alla formazione "SM", sabbie limose, miscela di sabbia e limo.

5.2 Indagini in sito

I caratteri litologico-geotecnici dell'area sono stati da noi indagati mediante l'esecuzione di n. 6 prove penetrometriche in sito (CPT) indicate con cerchio rosso nella figura sotto, e da un sondaggio geognostico a carotaggio continuo, indicato con cerchio giallo nella medesima figura.



Ubicazione delle prove in sito, con cerchio rosso sono indicate le CPT (prof. 20 m) e con cerchio giallo il sondaggio geognostico (prof. 40 m).

Le prove eseguite hanno permesso la ricostruzione di un quadro di riferimento stratigrafico, sino alla profondità di m 40 dal PC, schematizzato nella tabella sotto. Si tratta di un modello a 8 strati di cui il più profondo (sabbie con tetto alla quota di - 26,50 m) non risulta completamente attraversato dal sondaggio. Numerosi pozzi per acqua perforati nell'areale pisano mostrano che tale orizzonte di sabbie ha carattere regionale e la sua profondità, seppur localmente interrotta da orizzonti argillosi e argillo-sabbiosi si protrae oltre i 100 – 120 m dal PC.

5.3 - Modello litostratigrafico locale

La tabella sotto illustrata non indica gli spessori del terreno di riporto o di suolo, perchè di spessore variabile, da completamente assente a 1- 1,5 m di spessore.

Relativamente alle caratteristiche idrogeologiche locali si osserva che l'areale, essendo interessato dall'affioramento di terreni argillosi dello spessore medio di 4,5 – 5 m, non presenta un vero e proprio orizzonte freatico. Una volta perforato, lo strato sabbioso sottostante rivela un acquifero confinato il cui livello piezometrico si situa intorno ad 1, 5 – 1,6 m dal PC.

	Prof. M dal pc	descrizione	Cu media kg/cmq	Ø medio
1	0,00 – 4,50	Argilla giallo ocra consistenza media	0,57	
2	4,5 – 6,00	Sabbia grigio-azzurra		33°
3	6,00- 8,00	Limo argilloso molle	0,38	
4	8,00- 10,00	Sabbia		34°
5	10,00- 17,00	Limo argilloso e argilla molle	0,48	
6	17,00-22,50	Sabbia e sabbia argillosa ocra		31°
7	22,50- 26,50	Argilla azzurra	0,48	
8	26,50- 40 e continua	Sabbia grigio azzurra		> 30°

gli intervalli stratigrafici con caratteri litotecnici particolarmente scadenti risultano gli orizzonti compresi tra 6 – 8 m dal pc e tra 10 -17 m dal pc.

Le prove CPT in allegato ed i campioni di laboratorio sono adeguati a fornire i parametri geotecnici idonei al calcolo della capacità portante e dei cedimenti.

Di seguito il log stratigrafico del sondaggio eseguito.

Riferimento: Nuova Sede CEMES	Sondaggio: 1
Località: PISA - Viale delle Cascine	Quota: 1,1 m slm
Impresa esecutrice: Tecna Arezzo	Data: Dicembre 2019
Coordinate:	Redattore: L. Sergiampietri
Perforazione: carotaggio continuo	

Ø mm	R v	A r	Pz	metri sca	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 -- 100	S.P.T.		RQD % 0 -- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
													0,6	Riporto
				1										Argilla giallo - ocra
				2			125							
				3									3,0	Aergilla sabbiosa
				4		1) She < 4,00 4,50				4-7-7	14		4,3	Sabbia grigio- azzurra
				5										
				6									6,0	Limo sabbioso molle
				7						7-9-10	19			
				8									8,0	Sabbia grigio - azzurra
				9										
				10									10,0	Limo argilloso molle
				11										
				12										
				13										
				14										
				15										
				16										
				17									17,0	Argilla sabbiosa
				18									17,3	Argilla sabbiosa
				19									19,0	Argilla sabbiosa ocra
				20									20,0	Sabbia ocra
				21										
				22										
				23									22,5	Argilla azzurra
				24										

Riferimento: Nuova Sede CEMES										Sondaggio: 1			
Località: PISA - Viale delle Cascine										Quota: 1,1 m slm			
Impresa esecutrice: Tecna Arezzo										Data: Dicembre 2019			
Coordinate:										Redattore: L. Sergiampietri			
Perforazione: carotaggio continuo													
ø mm	R v	A r s	Pz	metri basit	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof m	DESCRIZIONE
									Prel. % 0 --- 100	S.P.T. N			
				25									Argilla azzurra
				26									
				27		SPT 1 < 27,00 27,45				14-20-30	50	26,5	Sabbia grigia
				28									
				29									
				30									
				31									
				32									
				33									
				34									
				35									
				36									
				37									
				38									
				39									
				40								40,0	

6 – ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI IDRAULICI



Distretto Appennino Settentrionale, cartografia del PGRA (stralcio)

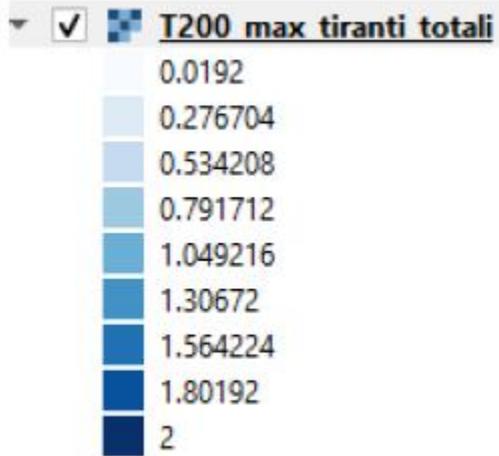
Nella cartografia del Distretto Appennino Settentrionale (**PGRA**) l'area ricade in pericolosità **P3**. Gli aspetti idraulici sono illustrati e valutati nel dettaglio dalla relazione idraulica redatta dal Prof. Ing. Stefano Pagliara, che esamina anche il reticolo minore.

La suddetta relazione specifica che studi in corso evidenziano un minor grado di pericolosità.

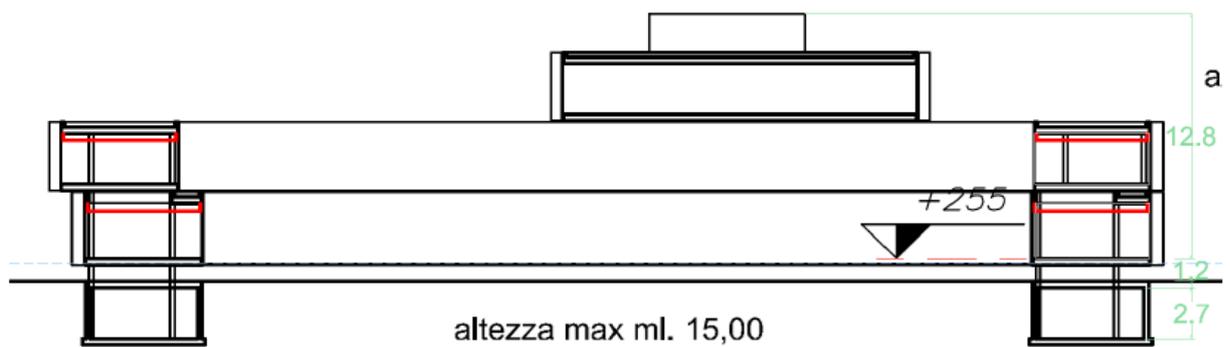
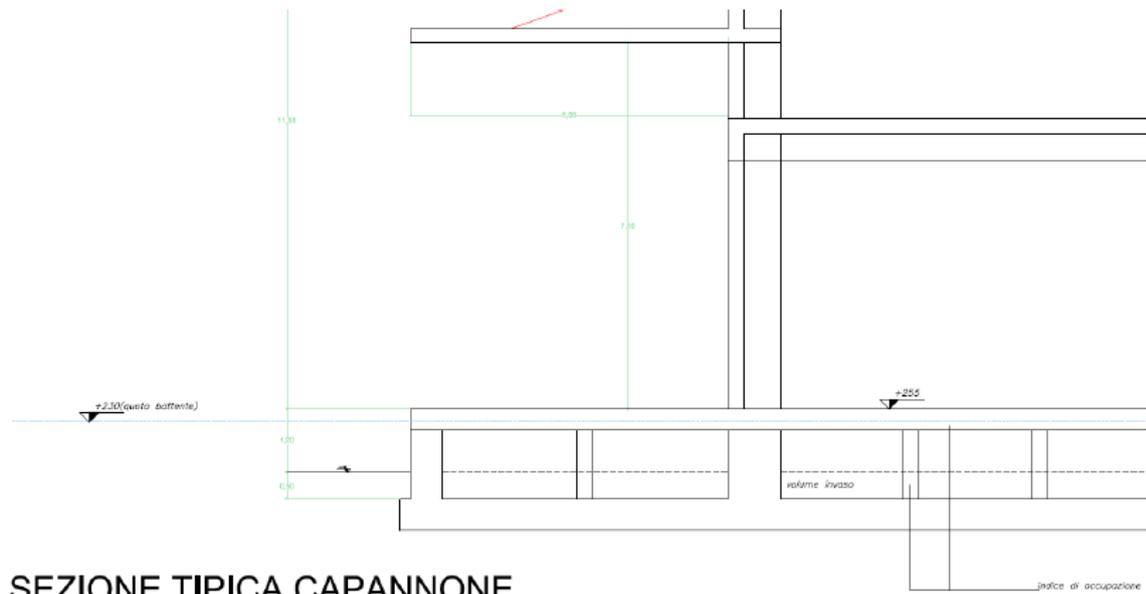
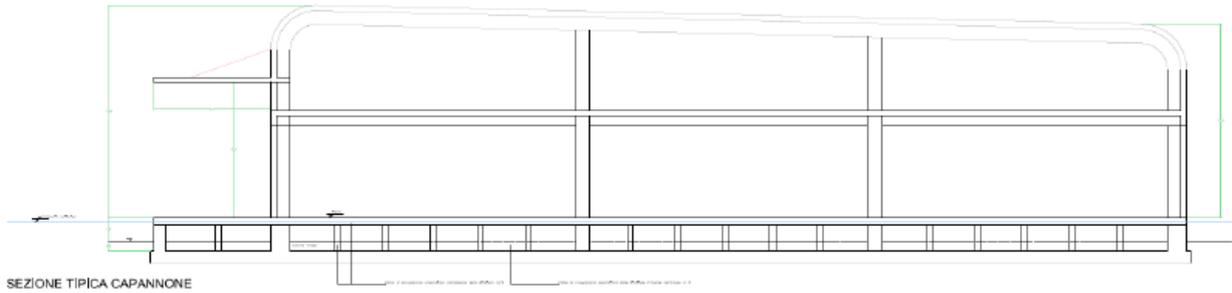
Nell'area è vigente la LR41/2018.

In particolare, essendo l'area PQ1 nel RU del Comune di Pisa, possiamo fare riferimento all'art. 12 "Interventi sul patrimonio edilizio esistente in aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti", comma 2: "nelle aree per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, per la realizzazione di interventi edilizi che comportino incrementi volumetrici, anche attraverso demolizioni con parziale o totale ricostruzione, è realizzata almeno una delle opere di cui all'art. 8, comma 1, lettere a), b) o c). Il presente comma trova applicazione anche nel caso in cui l'incremento volumetrico comporti la realizzazione di un nuovo manufatto connesso e funzionale ad un intervento sul patrimonio edilizio esistente".

In particolare l'art. 8 comma c) prevede: "opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree".



6.1 – provvedimenti per il rischio idraulico



7 – ELEMENTI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

Storicamente il territorio comunale di Pisa non e' stato interessato da epicentri sismici significativi, ma risente della sismicita' di aree circostanti, tra cui segnaliamo:

- Garfagnana/Lunigiana e Val di Lima, con eventi sismici frequenti di magnitudo elevata (rovinosa 7-8 MCS) talora disastrosa (9 – 10 MCS).
- Le depressioni tettoniche al margine meridionale della Pianura di Pisa, con eventi sismici piu' rari ma talvolta disastrosi, come il terremoto delle Colline pisane, con epicentro a Orciano, del 1846.
- Aree sismiche in mare (dorsali della meloria e di Maestra) anch'esse con eventi sismici frequenti ma di entita' modesta.

Sempre con riferimento a Pisa il successivo diagramma illustra le intensità documentate e/o ricostruite per i sismi di maggior rilievo dal 1200 a fine 1980.

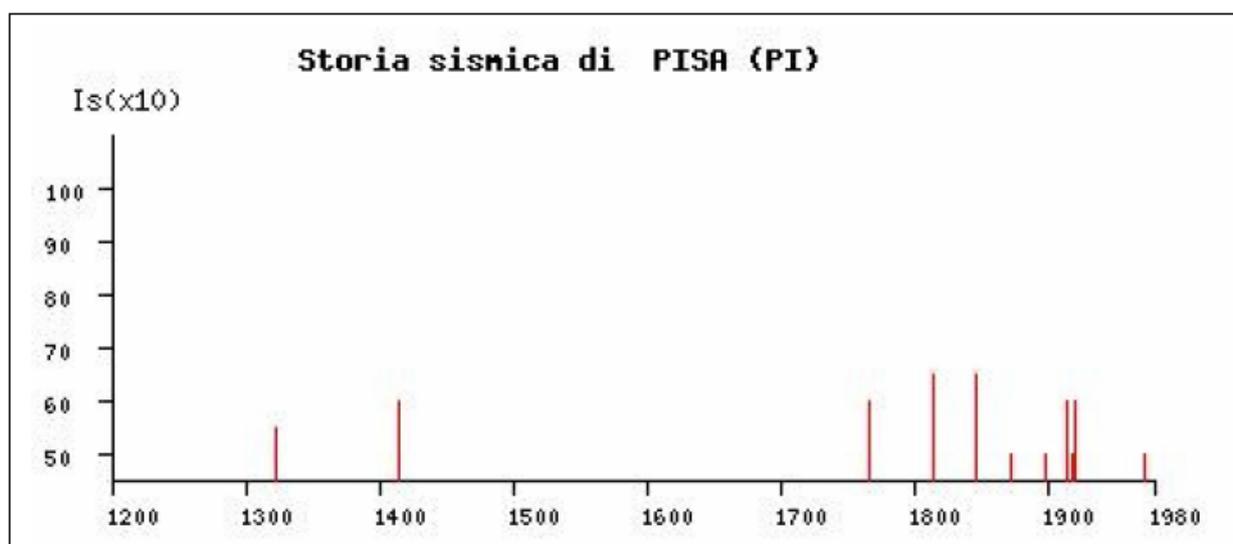


FIG. 2 – Massime intensità sismiche (da Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani)

7.1 Classificazione sismica

La **classificazione sismica** del territorio nazionale ha introdotto **normative tecniche** specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

In basso è riportata la **zona sismica** per il territorio di Pisa, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Deliberazione della Giunta Regionale Toscana n. 421 del 26 maggio 2014.

Zona sismica	Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.
---------------------	---

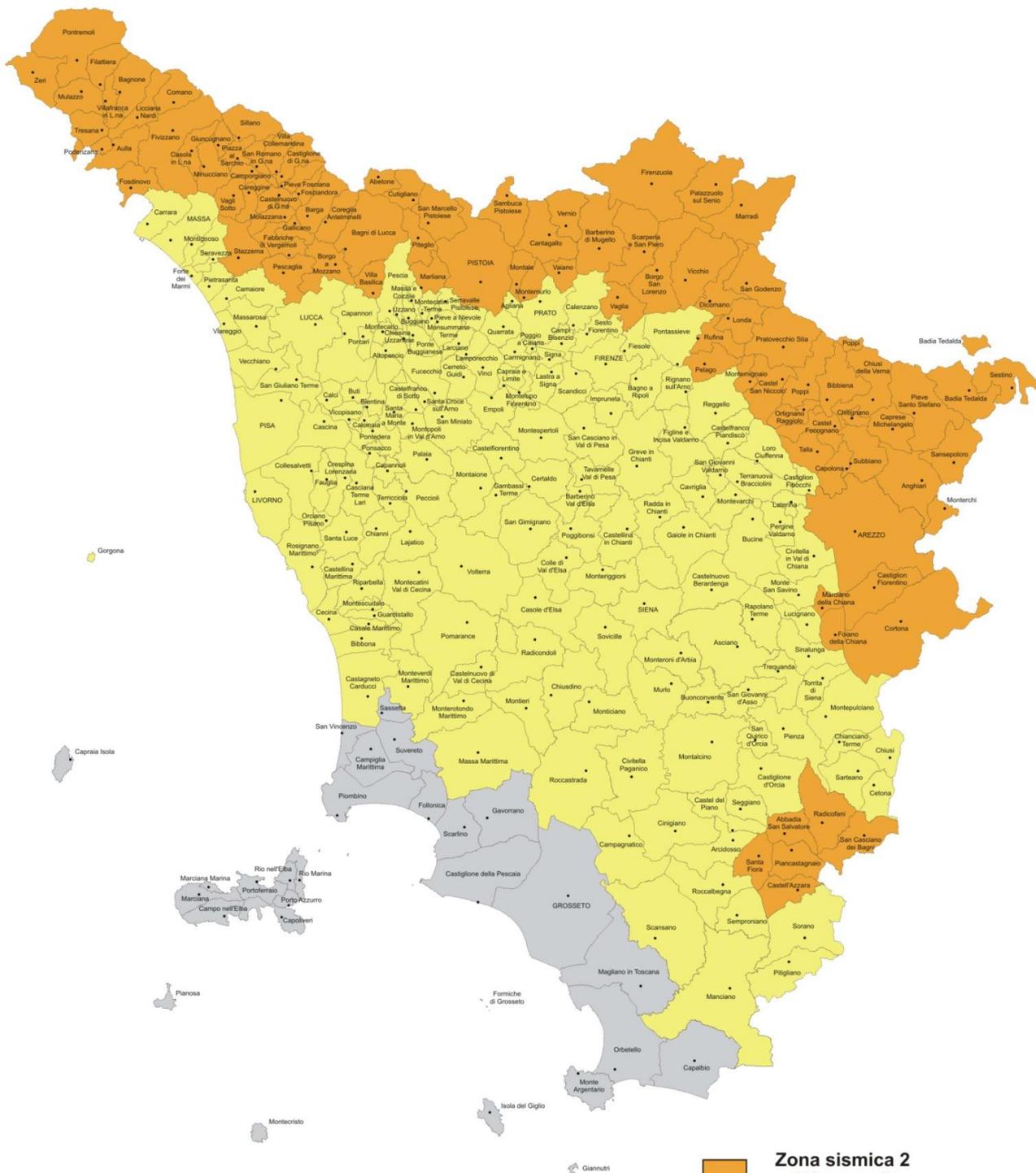
I criteri per l'aggiornamento della mappa di **pericolosità sismica** sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'**accelerazione orizzontale massima (ag)** su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag]
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$ag > 0,25 \text{ g}$	0,35 g
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < ag \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < ag \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$ag \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g



DELIBERA GRT n. 421 del 26/05/2014

Aggiornamento dell'allegato 1 (elenco dei comuni) e dell'allegato 2 (mappa) della deliberazione GRT n. 878 dell'8 ottobre 2012, recante "Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519 /2006 ed ai sensi del D.M. 14.01.2008 - Revoca della DGRT 431/2006" e cessazione di efficacia dell'elenco dei Comuni a Maggior Rischio Sismico della Toscana (DGRT 841/2007)



REGIONE TOSCANA GIUNTA REGIONALE
 DIREZIONE GENERALE DELLE POLITICHE AMBIENTALI, ENERGIA E CAMBIAMENTI CLIMATICI
 UFFICIO TECNICO DEL GENIO CIVILE DI AREA VASTA FIRENZE, AREZZO, PRATO, PISTOIA
 PREVENZIONE SISMICA
<http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica>

- Zona sismica 2**
(92 comuni)
- Zona sismica 3**
(164 comuni)
- Zona sismica 4**
(24 comuni)

7.2 Accelerogrammi di riferimento - Provincia di Pisa

Accelerogrammi riferiti alla sede comunale e per un periodo di ritorno di 475 anni. Il dato è fornito in formato .rar (<http://www.winrar.it>) e comprende 9 files .txt (7 storie temporali degli eventi sismici, i relativi spettri di risposta elastici, lo spettro medio e lo spettro target di riferimento ed, infine, il file readme con le informazioni sui 7 accelerogrammi estratti). **I dati accelerometrici sono espressi in m/sec².**

Il parametro **ag(475)rif**, indicato in tabella, è la massima accelerazione attesa al suolo (PGA) corrispondente al tempo di ritorno di 475 anni (Mappa di pericolosità sismica INGV, 2004 - 50° percentile), espressa in g e riferita alle coordinate della sede comunale.

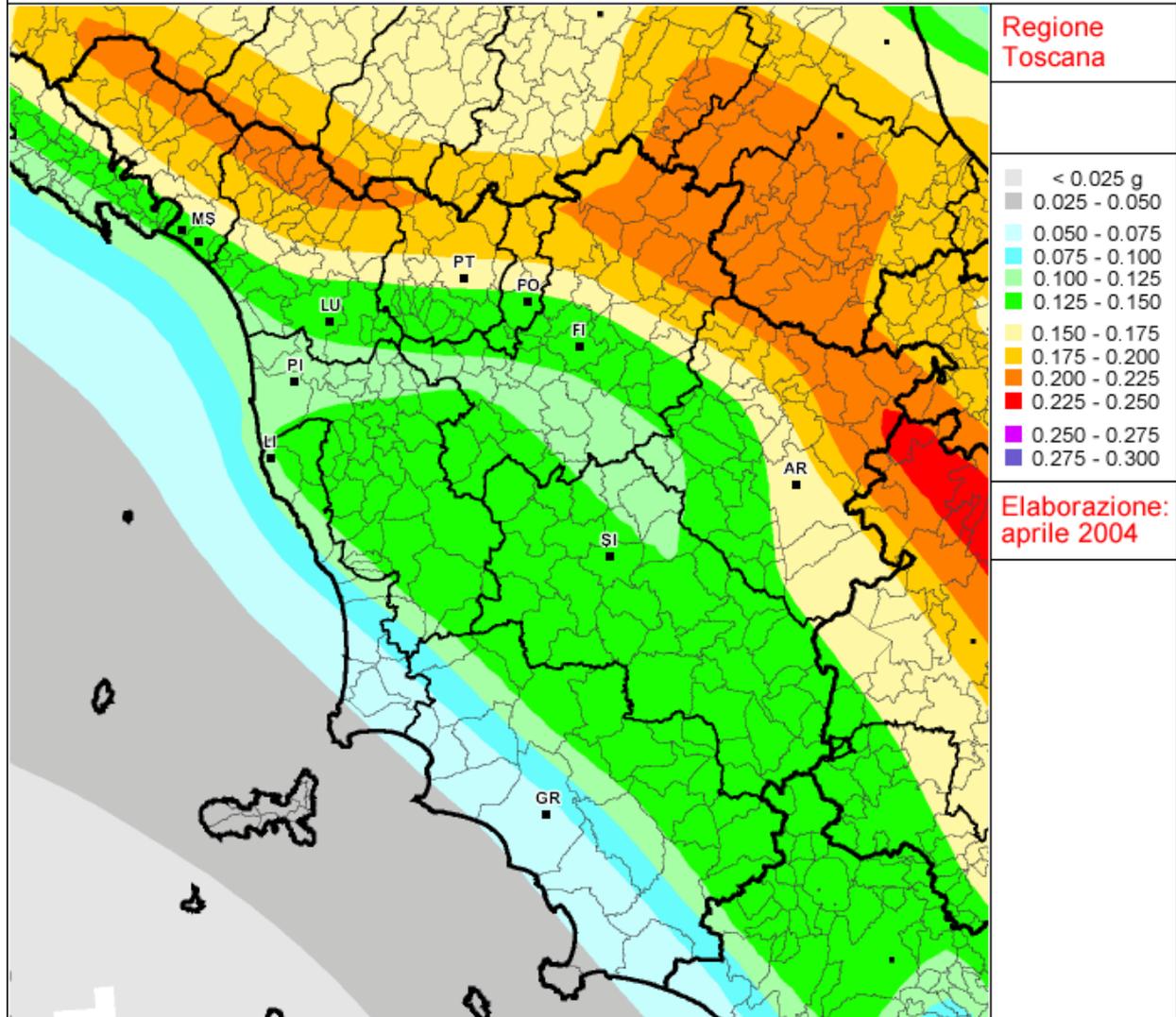
Comune	ag (475)rif	Comune	ag (475)rif	Comune	ag (475)rif	Comune	ag (475)rif
<u>Bientina</u>	0,118g	<u>Castelnuovo di Val di Cecina</u>	0,139g	<u>Monteverdi Marittimo</u>	0,102g	<u>San Giuliano Terme</u>	0,121g
<u>Buti</u>	0,120g	<u>Chianni</u>	0,140g	<u>Montopoli in Val d'Arno</u>	0,126g	<u>San Miniato</u>	0,125g
<u>Calci</u>	0,119g	<u>Crespina</u>	0,140g	<u>Orciano Pisano</u>	0,138g	<u>Santa Croce sull'Arno</u>	0,120g
<u>Calcinaia</u>	0,122g	<u>Fauglia</u>	0,140g	<u>Palaia</u>	0,139g	<u>Santa Luce</u>	0,139g
<u>Capannoli</u>	0,141g	<u>Guardistallo</u>	0,130g	<u>Peccioli</u>	0,141g	<u>Santa Maria a Monte</u>	0,121g
<u>Casale Marittimo</u>	0,121g	<u>Lajatico</u>	0,141g	<u>Pisa</u>	0,118g	<u>Terricciola</u>	0,141g
<u>Casciana Terme</u>	0,141g	<u>Lari</u>	0,141g	<u>Pomarance</u>	0,140g	<u>Vecchiano</u>	0,121g
<u>Cascina</u>	0,121g	<u>Lorenzana</u>	0,141g	<u>Ponsacco</u>	0,136g	<u>Vicopisano</u>	0,120g
<u>Castelfranco di Sotto</u>	0,122g	<u>Montecatini Val di Cecina</u>	0,140g	<u>Pontedera</u>	0,125g	<u>Volterra</u>	0,140g
<u>Castellina Marittima</u>	0,137g	<u>Montescudaio</u>	0,131g	<u>Riparbella</u>	0,132g		



Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n.3274, All.1)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max})
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, All.2, 3.1)



7.3 Possibili effetti locali indotti dal sisma

La risposta sismica locale e' fortemente controllata dalla natura e dalle condizioni dei depositi sui quali insistono le costruzioni (granulometria, addensamento, soggiacenza della falda). Questi amplificano l'accelerazione massima delle onde di superficie rispetto a quella che ricevono in profondita', agendo al contempo da filtro del moto sismico, diminuendo l'energia complessiva e modificandone la composizione con accentuazione di alcune frequenze e smorzamento di altre.

I principali effetti dei sismi riconducibili alla natura dei siti e dei terreni sono:

- amplificazione del moto sismico di superficie con induzione di fenomeni di risonanza per frequenze critiche su edifici e infrastrutture.

- liquefazione di terreni incoerenti fini saturi (sabbie).

- densificazione di depositi granulari sciolti (sabbie).

- possibile rottura dei terreni per cedimenti.

Con riferimento al fenomeno della liquefazione e della densificazione si possono fare alcune valutazioni relative all'areale pisano (da PIANO D'EMERGENZA SCENARI E PIANIFICAZIONE RISCHIO SISMICO – COMUNE DI PISA – Luglio 2006, a cura di *Ing.L. Padroni, Geol. M. Pellegrini, Geol. N. Bertucelli*):

in linea generale, per terremoti di elevata magnitudo la liquefazione del deposito può essere indotta da un numero, anche ridotto, di cicli di carico poiché ad ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di grande intensità; per contro, in terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto lo si ottiene, chiaramente, solo con un numero superiore di cicli di carico. In definitiva, quindi, una elevata magnitudo del sisma (maggiore intensità degli sforzi di taglio applicati al terreno) e una lunga durata dello stesso (maggior numero di cicli di carico) rendono più probabile l'iniziarsi della liquefazione in un deposito sabbioso saturo.

Tenendo conto di quanto sopra e considerando le stime effettuate da vari autori (Youd e Perkins, 1978) riguardanti valutazioni qualitative del grado di vulnerabilità alla liquefazione nel caso di pianure alluvionali costiere Oloceniche (come quella pisana), sulla base del tipo di deposito sedimentario e della sua età, sarebbe ragionevole ritenere bassa/moderata la probabilità di liquefazione indotta da eventi sismici, anche tenendo conto delle non elevate accelerazioni sismiche indicate per il territorio del Comune di Pisa. Il fenomeno della liquefazione richiede, per altro, oltre a depositi incoerenti sciolti, anche la presenza della falda entro i primi 5 metri dal piano campagna, condizione di fatto verificata su gran parte del territorio, specie nella parte più prossima al mare.

Facendo riferimento ancora ad altre classificazioni basate sulla sola età dei depositi (CNR, 1983) la suscettibilità alla liquefazione risulterebbe invece alta.

Altri autori (Seed-Idriss, 1982) hanno dimostrato che solo con depositi sotto falda e $D_r < 48\%$ (Densità Relativa del deposito sabbioso) si ha una buona probabilità di liquefazione, considerando accelerazioni pari a quelle massime competenti il territorio di Pisa e che per densità relative

maggiori sono necessarie magnitudo e intensità sismiche più elevate rispetto a quelle previste per l'area. Come mostrano vari studi eseguiti sul territorio, in particolare nella zona della Marina dove i depositi sabbiosi sono prevalenti, la densità relativa di suddetti depositi risulta mediamente inferiore al 30%, nei primi 2-3 metri dal p.c., e superiore al 50%÷60% a maggiori profondità. Alla luce di quanto sopra e considerando che la presenza, di una seppur contenuta frazione limosa, porta a diminuire anch'essa la suscettibilità dei depositi alla liquefazione (Shannon et Alii), il rischio verso tale fenomeno parrebbe dunque poco significativo.

In ogni caso, come dimostrano i dati registrati durante terremoti documentati storicamente, la liquefazione è probabile con sismi di magnitudo superiore a 6 (7°-8° MCS), con durate di scossa superiori ai 15 sec ed accelerazioni $a_{mx} > 0,10g$. Tali fattori, considerata la storia sismica del territorio comunale di Pisa, portano ancora a ritenere poco probabili fenomeni di liquefazione.

Sempre in riferimento al parametro densità relativa, è bene precisare che gradi di addensamento superiori al 70% in caso di sisma possono indurre aumenti di volume per fenomeni di dilatanza fino all'indice dei vuoti critico, oltre il quale cessa il fenomeno, con conseguente diminuzione dell'angolo di attrito. Secondo vari autori, tuttavia, tale diminuzione è sostanzialmente contenuta nell'ordine dei 2° (Vesic) e per tanto è da ritenersi, anche in questo caso poco sostanziale.

Anche per quanto concerne la possibilità di cedimenti indotti dal sisma è possibile fare alcune valutazioni:

nei depositi di tipo alluvionale il fenomeno dei cedimenti oltre che del grado di sollecitazione indotta e dello stato di addensamento e/o di compattezza dei terreni incoerenti/coerenti, è governato anche dal grado di permeabilità e quindi dalla velocità di dissipazione delle pressioni interstiziali.

Nei depositi argillosi e/o limosi-argillosi, pressoché impermeabili e/o a bassa permeabilità, la dissipazione delle pressioni interstiziali avviene in tempi sicuramente più lunghi rispetto alla breve durata di un sisma. Pertanto, l'evento sismico non produce in genere incrementi significativi in termini di cedimenti sulle strutture. Stessa conclusione può essere estesa anche ai depositi di tipo sabbioso, seppur dotati di maggiore permeabilità rispetto ai precedenti; infatti anche se in essi la dissipazione delle pressioni interstiziali avviene in tempi più rapidi, questi risulteranno sempre più lunghi rispetto alla durata di un sisma.

Le considerazioni sopra esposte devono comunque intendersi solo qualitative ed esemplificative dei possibili effetti indotti da un sisma su un territorio quale quello del comune di Pisa.

Solo attraverso analisi di microzonazione sismica, studi ad oggi non a disposizione dell'Amministrazione, possono dedursi indicazioni sui reali effetti indotti nelle diverse porzioni del territorio comunale da un sisma e quindi dedurre una adeguata carta della pericolosità sismica.

7.4 Categoria di suolo

La categoria di suolo è stata determinata mediante esecuzione di Downhole nel sondaggio appositamente attrezzato.

Applicando la formula del paragrafo 3.2.2 delle Nuove Norme tecniche per le costruzioni 2018, si ottiene un valore delle **Vs,eq = 171,4 m/sec**

Categoria D: depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/sec.

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

CHECK

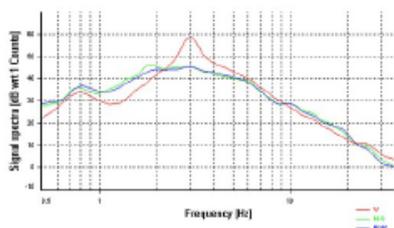
1	Durata: la misura deve essere almeno di 20 minuti.	OK
2	Isotropia: le variazioni azimutali d'ampiezza non superano il 30% del massimo (FIG 02)	OK
3	Robustezza statistica: sono soddisfatti i primi 3 criteri di SESAME	OK
4	Stazionarietà nel tempo (FIG 01)	OK
5	Rumore elettromagnetico all'interno dell'intervallo di interesse (FIG 03)	SI
6	Rumore elettromagnetico all'esterno dell'intervallo di interesse (FIG 03)	NO
7	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (<i>plausibilità fisica</i>)	SI
8	Criteri Sesame	ok

TIPO 1 se almeno 5 su 6 OK
TIPO 2 se meno di 5 su 6 OK

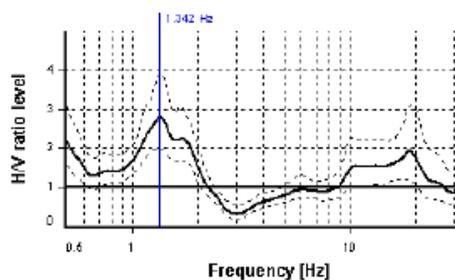
Per ulteriori informazioni : Microzonazione Sismica e Programme VEL

CATEGORIA	A (Affidabile)	TIPO	TIPO 01
NOTE	Picco evidente		
PICCHI (Hz)	1,34		2,19

Rapporto Spettrale HV



Spettri delle singole componenti



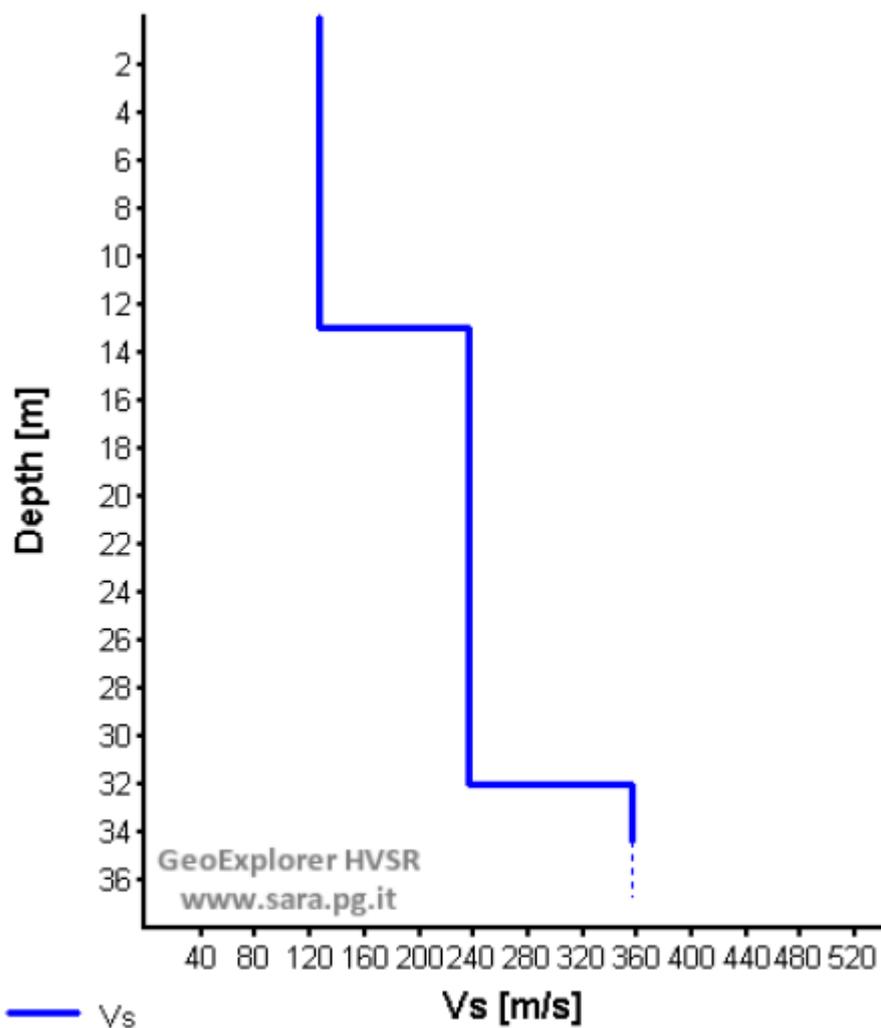


Illustrazione 4: Sismo stratigrafia HVSR

VS e PARAMETRI ELASTICI						
Strato	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Spessore P (m)	Spessore SH (m)	Profondità (m) liv fond	
					da	a
1	131	519	4,8	17	0	-17
2	236	1276	12,3	15	-17	-32
3	316	1572	39	7	-32	-39

Depth (m)	Vp (m/s)	Depth (m)	Vs (m/s)
-4,8	519	-17,2	131
-17,1	1276	-32,6	236
-39,0	1572	-38,9	316

7.5 Microzonazione sismica di livello 1

Gli studi di microzonazione sismica sono stati adottati con delibera del Consiglio Comunale n. 3 del 28/1/2020.

Le basi conoscitive di tale studio sono illustrate nella relazione adottata, redatta dal dott. Geol. Marco Redini del comune di Pisa con supervisione del dott. Geol. Carlo Meletti (INGV) a cui si rimanda .

Tale studio contiene gli elementi conoscitivi e gli approfondimenti che hanno permesso la redazione dei seguenti elaborati cartografici:

- Carta dei dati di base
- Carta delle frequenze
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)
- Carta della pericolosità sismica

Tali elaborati, di seguito sono riportati gli stralci relativi alla zona d'indagine, sono stati confrontati con gli approfondimenti derivanti dalla esecuzione delle prove in sito nel presente studio, n. 6 CPT della prf. di 20 m, n.1 sondaggio geognostico della profondità di 40 m dal PC, esecuzione di indagine sismica Downhole e misure HVSR.

I risultati delle indagini in sito si inseriscono nel quadro individuato dagli studi di microzonazione sismica e, sostanzialmente, confermano il quadro delineato da suddetti studi.

In particolare si evidenzia l'analogia della colonna litologica da noi rilevata con la colonna tipo che individua la Zona 4 delle MOPS, la sostanziale concordanza delle frequenze fondamentali di sito da noi rilevate con indagine HVSR e la sostanziale concordanza della cartografia geologico-tecnica con il quadro stratigrafico da noi rilevato.



COMUNE DI PISA

Direzione Ambiente
U.O. Difesa del Suolo e Tutela delle Acque
Palazzo Pretorio – Vicolo del Moro, 2

1

Microzonazione Sismica



Dott. Geol. Marco Redini
Direzione Ambiente
Comune di Pisa
ambiente@comune.pisa.it

Con la supervisione del
Dott. geol. Carlo Meletti
INGV (Istituto Nazionale Geofisica
e Vulcanologia)

febbraio 2018

Riproduzione cartacea del documento amministrativo informatico del Comune di Pisa firmato digitalmente da
GENNAI ALESSANDRO il 03/02/2020 12:38:48 UTC
MORDACCI MARCO il 03/02/2020 11:19:35 UTC
RICCI DAISY il 13/01/2020 14:04:52 UTC ai sensi e per gli effetti di cui all'articolo 23ter del decreto legislativo n. 82 del 7 marzo 2005 - Codice
Amministrazione Digitale e s.m.i
Delibera: 2020 / 3 del 28/01/2020

COMUNE DI PISA



Comune di Pisa

Cartografia Simittica

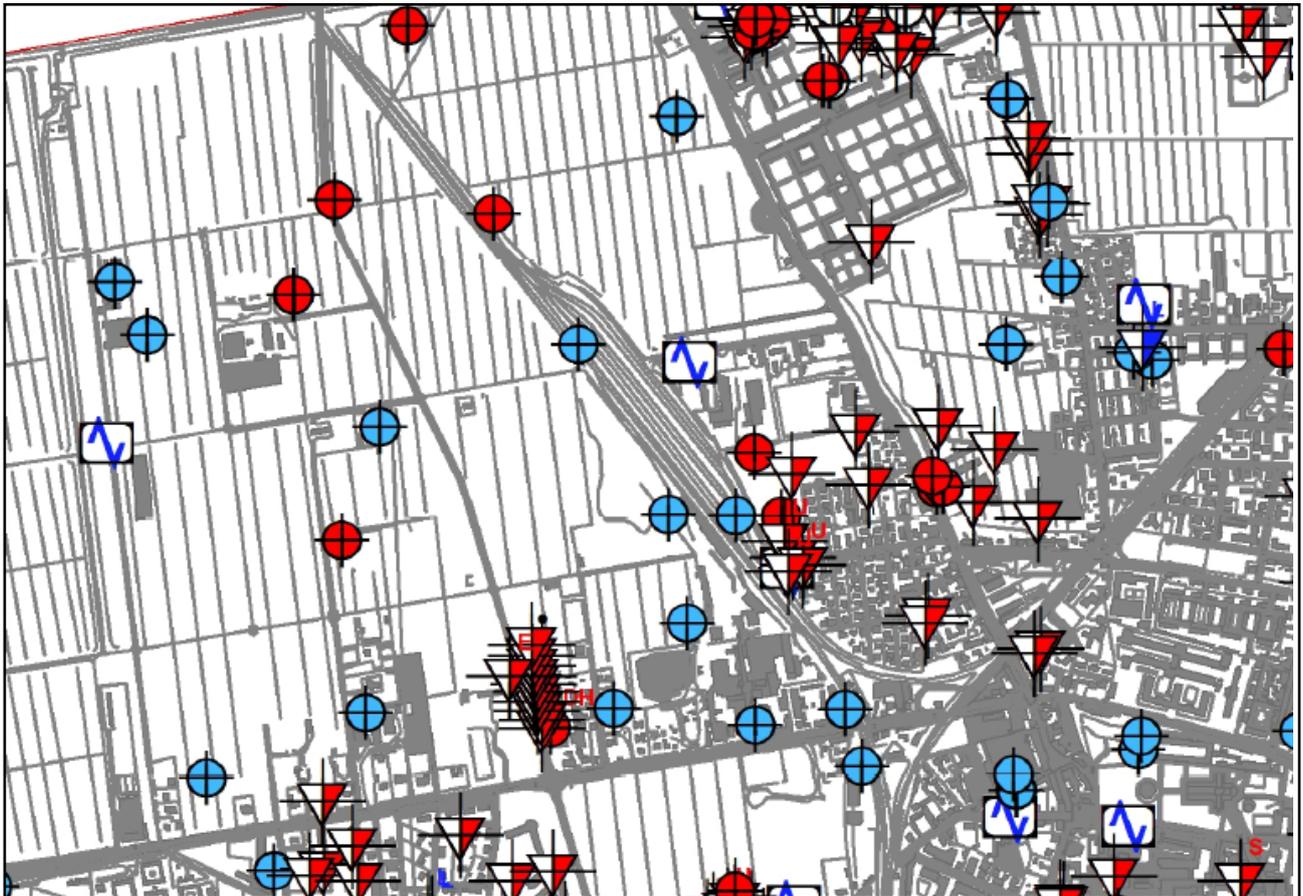
ANALISI E APPROFONDIMENTI QUADRO CONOSCIUTO PIANO STRUTTURALE DATI DI BASE

Sistema di riferimento WGS 1984 - Web Mercator Auxiliary Spheroid

Scala 1:30.000

Settembre 2019

Ufficio Ambiente



	CPT - Prova penetrometrica statica con punta meccanica		PA - Pozzo per acqua		ERT - Tomografia elettrica
	CPTE - Prova penetrometrica statica con punta elettrica		S - Sondaggio a carotaggio continuo		MW - MASW
	CPTU - Prova penetrometrica statica con piezocono		SC - Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni		PR - Profilo di resistività
	DMT - Prova elettrica in foro tipo Dezhnev		GGPT - Prova penetrometrica con sonda elettrica		DEMT
	DL - Prova penetrometrica dinamica leggera		SD - Sondaggio a distribuzione di nuclei		SEV, profilo resistività
	DP - Prova penetrometrica dinamica pesante		SDMT - Dilatometro sismico		SGE, Sezione geologica
	DS - Prova penetrometrica dinamica super pesante		SP - Sondaggio con piezometro		SR, rifrazione
	HVSR - Stazione microtremore a stazione singola		T - Trincea o pozzetto esplorativo		Limite Amministrativo Comune di Pisa



Comune di Pisa

ANALISI E APPROFONDIMENTI QUADRO CONOSCIVO PIANO STRUTTURALE FREQUENZE

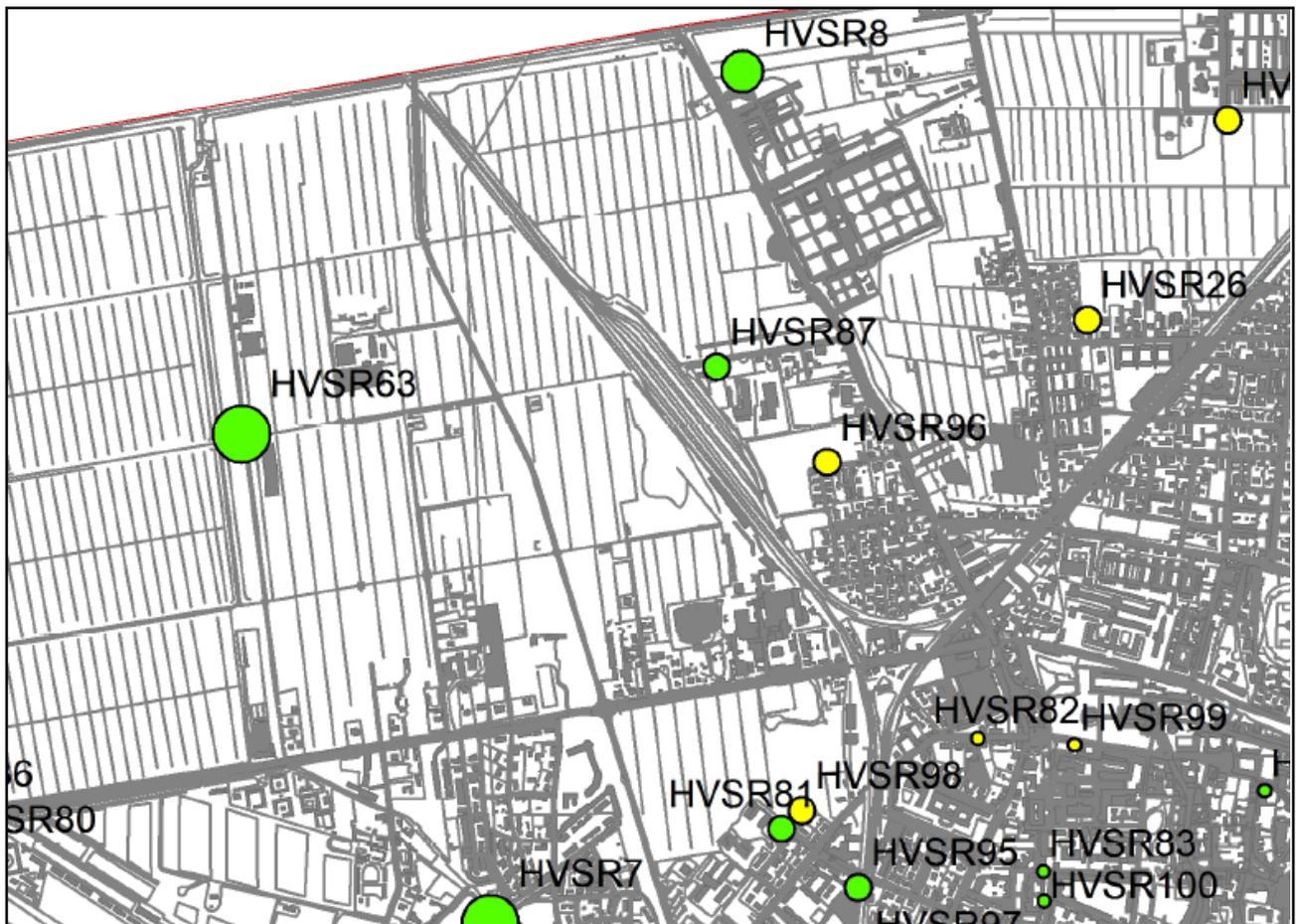
Sistema di riferimento WGS 1984 - Web Mercator Auxiliary Spheroid

Scala 1:30 000

Cartografia Sintetica

Settembre 2019

Ufficio Ambiente



Legenda delle frequenze fondamentali di vibrazione

A

- 1 - 2
- 3 - 4
- 5 - 6
- 7 - 8

f (Hz)

- $0,2 \leq f \leq 1$
- $1 < f \leq 2$
- $2 < f \leq 3$
- $3 < f \leq 5$
- $5 < f$

Frequenze (Hz)

0,20 - 1,00 1,01 - 2,00 2,01 - 3,00 3,01 - 5,00 > 5,00

Ampiezze

•	0,00 - 2,00	•	0,00 - 2,00	•	0,00 - 2,00	•	0,00 - 2,00	•	0,00 - 2,00
•	2,01 - 4,00	•	2,01 - 4,00	•	2,01 - 4,00	•	2,01 - 4,00	•	2,01 - 4,00
•	4,01 - 6,00	•	4,01 - 6,00	•	4,01 - 6,00	•	4,01 - 6,00	•	4,01 - 6,00
•	6,01 - 8,00	•	6,01 - 8,00	•	6,01 - 8,00	•	6,01 - 8,00	•	6,01 - 8,00



Comune di Pisa

ANALISI E APPROFONDIMENTI QUADRO CONOSCIVO PIANO STRUTTURALE

MOPS

Sistema di riferimento WGS 1984 - Web Mercator Auxiliary Spheroid

Scala 1:35.000

Cartografia Sinottica

Settembre 2019

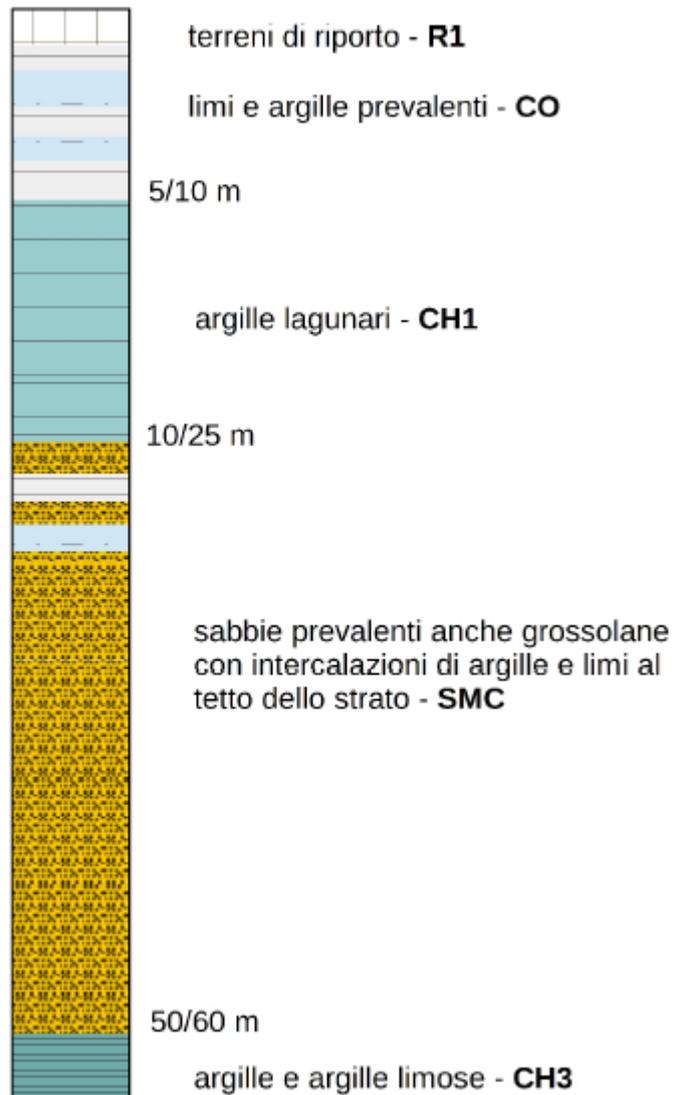
Ufficio Ambiente



ZONA 1 - ZONA 2 - ZONA 3 - ZONA 4 - ZONA 5 - ZONA 6



Zona 4



Si confronti la colonna litosttrigrafica tipo della zona 4 con il sondaggio geognostico eseguito in sede del presente studio.



Comune di Pisa

ANALISI E APPROFONDIMENTI QUADRO CONOSCIVO PIANO STRUTTURALE PERICOLOSITA' SISMICA

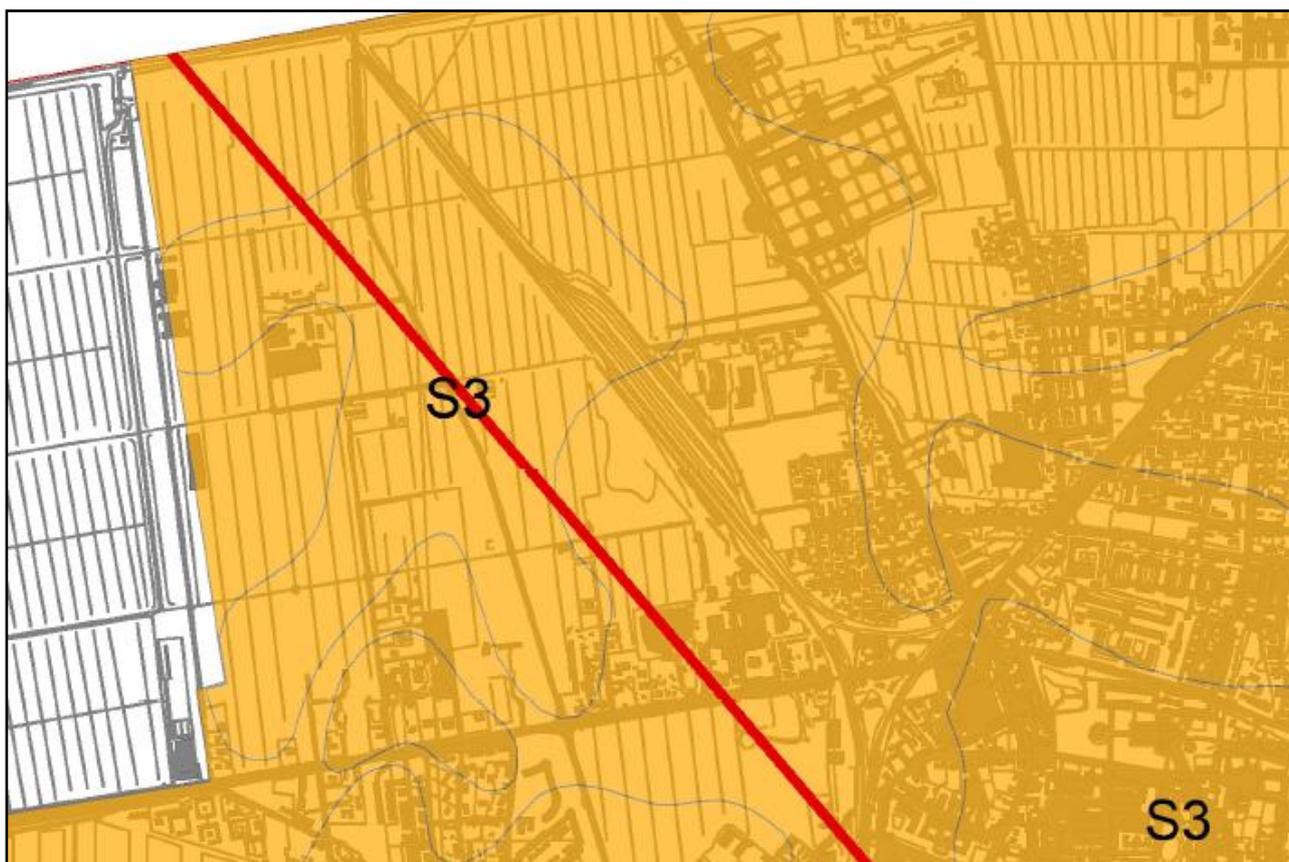
Sistema di riferimento WGS 1984 - Web Mercator Auxiliary Spheroid

Scala 1:30.000

Cartografia Simetrica

Settembre 2019

Ufficio Ambiente



-  Faglie capaci (ITHACA)
-  Pericolosità sismica locale elevata (S3)
-  Limite Amministrativo Comune di Pisa

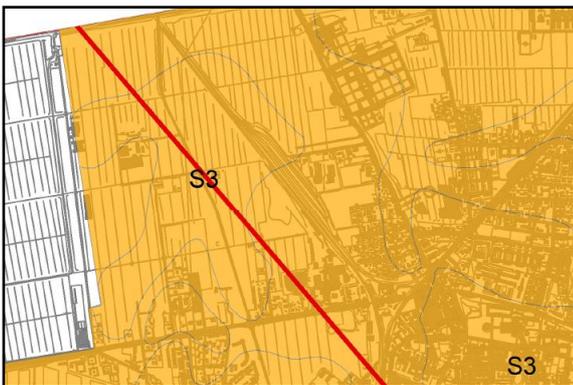
8 – TAVOLA RIASSUNTIVA DELLE PERICOLOSITA'



Pericolosità geologica 3a (da Piano Strutturale)



Pericolosità idraulica P3 (da PGRA)



Pericolosità sismica S3 (delibera n. 3 C.C. 28/1/2020)

9 – ACCORGIMENTI TECNICO - COSTRUTTIVI DA ADOTTARE

9.1 Pericolosità idraulica

Essendo l'area PQ1 nel RU del Comune di Pisa, possiamo fare riferimento all'art. 12 "Interventi sul patrimonio edilizio esistente in aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti", comma 2: "nelle aree per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, per la realizzazione di interventi edilizi che comportino incrementi volumetrici, anche attraverso demolizioni con parziale o totale ricostruzione, è realizzata almeno una delle opere di cui all'art. 8, comma 1, lettere a), b) o c). Il presente comma trova applicazione anche nel caso in cui l'incremento volumetrico comporti la realizzazione di un nuovo manufatto connesso e funzionale ad un intervento sul patrimonio edilizio esistente".

In particolare l'art. 8 comma c) prevede: "opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree".

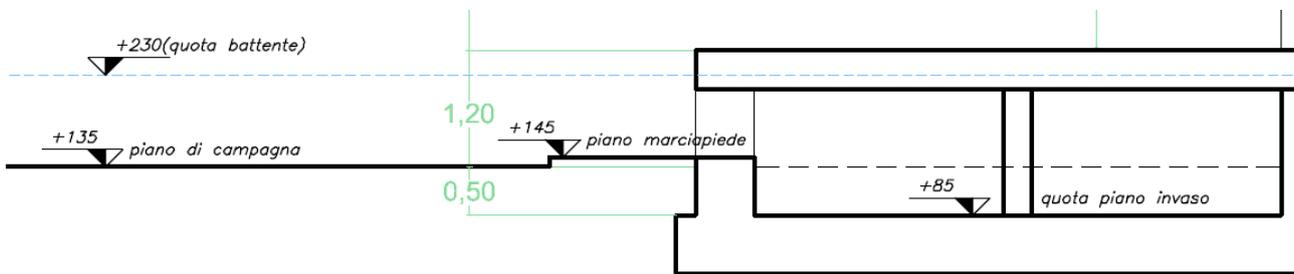
Il progetto si basa su di una quota media del terreno di +135 cm slm e sul battente ufficiale di cm 235. Viene posto il piano di lavoro a cm +120 slm che corrisponde anche al piano di accostamento dei mezzi pesanti.

La quota dell'estradosso della platea di fondazione viene posta a + 85 cm slm, ovvero 50 cm sotto il piano di campagna, in questo modo si possono invasare solo sotto i capannoni 18.096 mc, rispetto ai 10.100 mc necessari.

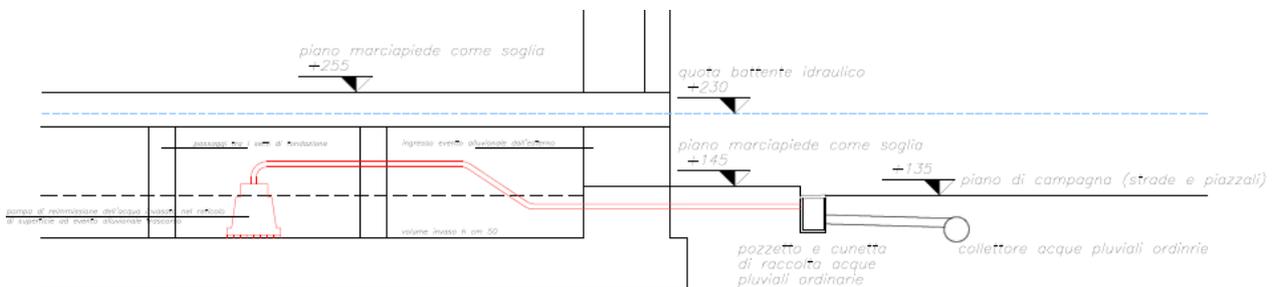
La quota di calpestio è situata a +120 cm dal piano di campagna (20% più in alto del battente).

La sottofondazione adibita all'invaso è provvista di adeguato impianto di svuotamento graduale che andrà eseguito secondo la capacità di ricezione della rete drenate.

Le tabelle di calcolo dei volumi sono illustrate negli elaborati progettuali.



Schema di fondazione tipo con indicazione delle quote significative



Particolare dell'impianto di svuotamento

9.2 pericolosità sismica

Poiché l'area è classificata in pericolosità sismica locale elevata (S3) sono state eseguite le indagini geognostiche atte a eseguire le verifiche geotecniche per il calcolo del fattore di sicurezza relativo alla liquefazione dei terreni e della distribuzione areale dell'indice di liquefazione.

Le indagini sono inoltre dimensionate a quanto previsto dal DPGR 36/R e adatte a ricostruire il quadro geologico tecnico di riferimento come da NTC 2018.

Pisa, aprile 2020

*Dott. Geol. Luciano Sergiampietri
Ordine dei geologi della Toscana n. 458*





LUCIANO SERGIAMPIETRI
GEOLOGO
Tel. 050 7215350
CELL. 3476697582
Via di Cafaggio, 2 - 56122 PISA



COMUNE DI PISA

**PIANO ATTUATIVO
PER LA RIORGANIZZAZIONE
DELL'AREA CEMES s.p.a.**

AREA PQ1 art. 1,2,2,6 R.U.

VIA MONTELUONGO 15 - 56122 PISA



Proprietà:
CEMES S.P.A.
Via delle Trincere 11, 56127 Pisa
tel. 050 542845 - fax 050 543521
amministracionecemes@cemes-spa.com



INDAGINI GEOLOGICHE AI SENSI DEL DPGR 5/R 2020

RELAZIONE INTEGRATIVA

Ottobre 2020 - Novembre 2021

ELENCO DEI CONTENUTI

1 - Premessa

2 - Integrazioni al quadro conoscitivo

3 - Integrazione relativa alla pericolosità geologica

4 - Integrazioni relative alla caratterizzazione sismica e alla liquefazione dei terreni

4.1 - *Approfondimenti relativi alla suscettibilità alla liquefazione dei terreni*

5 - Integrazioni relative alla pericolosità idraulica

5.1 - *Verifica volumi acqua da invasare*

5.2 - *Recapito finale*

6 - Integrazioni ai criteri generali di fattibilità

6.1 - *Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti geologici*

6.2 - *Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti sismici*

6.3 - *Criteri generali di fattibilità in relazione al rischio di alluvioni*

1 - Premessa

La presente relazione costituisce integrazione alle "Indagini geologiche ai sensi del DPGR 5/R 2020" a supporto del "Piano attuativo per la riorganizzazione dell'area CEMES spa" prodotte nel mese di Aprile 2020. La presente relazione risponde a quanto richiesto dal Comune di Pisa - Edilizia Privata, con comunicazione del 05/06/2020 (Prot. Gen. Pratica 2020/EP/001124).

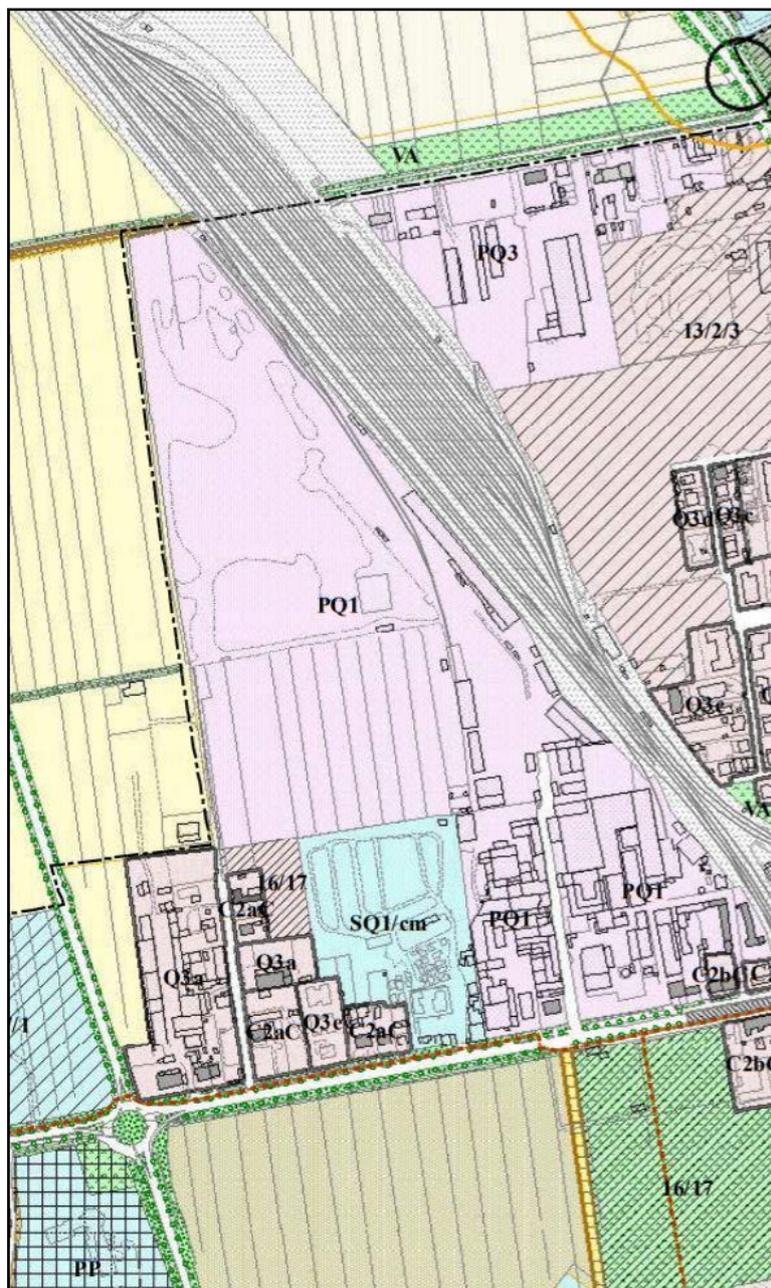


Fig. 1- Stralcio della cartografia di R.U. relativo al comparto CEMES (PQ1)

Il progetto illustrato nel PA Aprile 2020 prevedeva la realizzazione della nuova palazzina Uffici al vertice Nord del comparto e la realizzazione di n. 6 capannoni (Figura sotto).

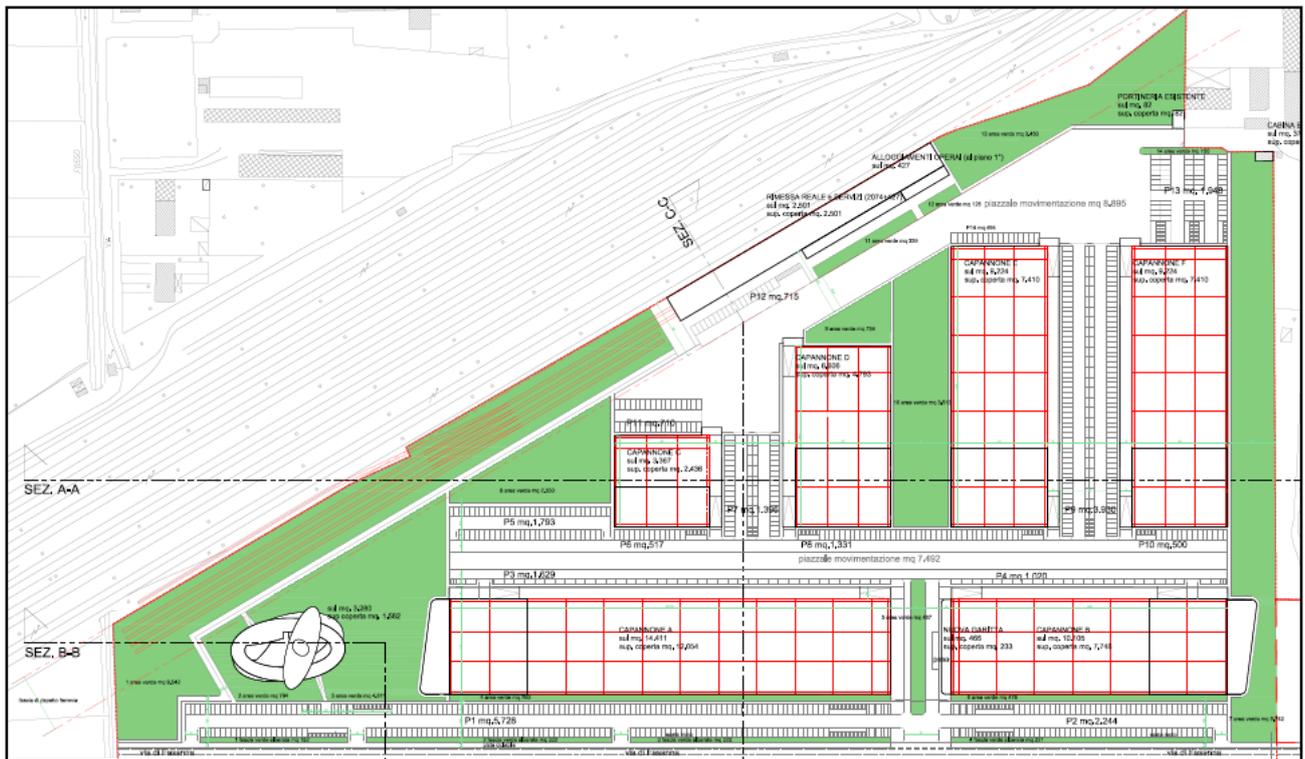


Fig. 2 - Planimetria progetto aprile 2020

La nuova elaborazione progettuale modifica la precedente previsione mediante una sostanziale riduzione del volume edificato, prevedendo la realizzazione della palazzina uffici con identica ubicazione, la realizzazione di n. 3 capannoni e non prevedendo interventi nell'area Sud del comparto (sup. fondiaria pari a mq 36.917).

Oltre alla diminuzione delle volumetrie viene prevista una diversa localizzazione dell'edificato ed una riduzione delle nuove aree a parcheggio, rimanendo in previsione solo la "striscia" adibita a tale uso che costeggia il lato Ovest del comparto (sup. mq 5.789.32)

2 - Integrazioni al quadro conoscitivo

A integrazione del quadro conoscitivo presentato nella relazione Aprile 2020 si producono n. 2 elaborati: stralcio della Carta geologica e della Carta Idrogeologica di PS; Tali elaborati vengono prodotti per completezza del quadro conoscitivo ma, nella sostanza, non modificano quanto illustrato nella relazione dell'Aprile 2020.



GEOLOGIA

-  t - fiume Arno
-  u - aree urbanizzate.
-  ds - discariche per inertì.
-  r - depositi a granulometria variabile di riporto. Depositi antropici.
-  s - sabbie medie, di colore beige. Depositi di spiaggia emersa.
-  d - sabbie da medie a fini ben classate, di colore da marrone a grigio chiaro. Depositi di cordone litorale.
-  i - sabbie da medie a fini, ben classate, con possibile presenza di limi. Depositi presenti nelle zone morfologicamente depresse interdunali.
-  le - limi di colore marrone, con intercalazioni da centimetriche a decimetriche di sabbie di colore nocciola, da fini a medie, con grado variabile di pedogenesi. Depositi di argine o ventaglio di rotta.
-  a - limi e limi argillosi associati ad argille e argille limose di colore marrone, con screziature gialle e grado di pedogenesi variabile. Depositi di piana inondabile.
-  p - argille e argille limose di colore nero, ricco in materiale organico vegetale, torbe e limi.
-  c - sabbie medio-fini limose di colore giallo, screziate arancione, con presenza di piccoli noduli calcarei. Presenza di manufatti del Paleolitico. Sabbie e Limi di Viareggio.
-  Limite Amministrativo Comune di Pisa



L.R. 65/2014

Piano Strutturale Intercomunale

Comuni di Pisa e Cascina

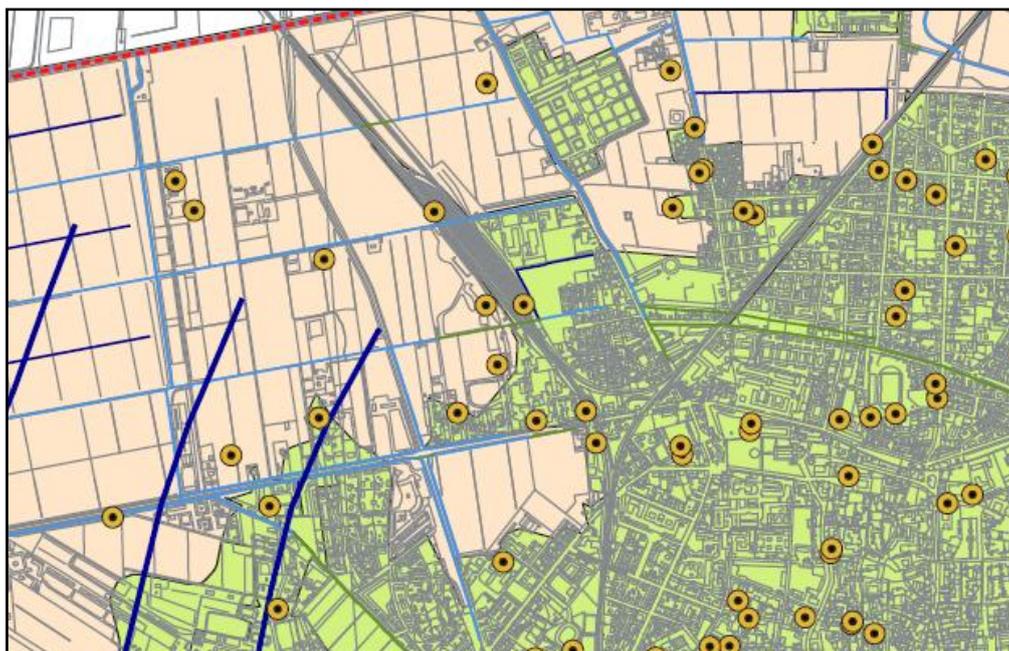


INDAGINI GEOLOGICHE AI SENSI DEL DPGR 53/R del 25/10/2011

CARTA IDROGEOLOGICA

TAV. QG.05

scala 1:25000



CLASSI DI PERMEABILITA'

 Permeabilità bassa

 Permeabilità media

 Permeabilità alta

 Pozzo potabile

 Zona di rispetto 200 m (art.94, c.6 D.Lgs.152/2006 e s.m.i.)

 Pozzo (altri usi)

 Idrovora

 Linee isopiezometriche (m s.l.m.) - 1° falda significativa (Agosto 1994)

Punti di accumulo

 Flusso convergente

 Flusso divergente

 Direzione di flusso

 Deposito palustre

 Lago artificiale

 Lago artificiale di cava

 Discariche per inerti

RETICOLO IDROGRAFICO DCR 20/2019

 SI

 NO (ALTRO RETICOLO)

 TOMBATO

Di seguito vengono riportati lo stralcio della Carta Litotecnica di PS , l'ubicazione delle indagini eseguite e il modello litostratigrafico dell'area ricostruito in base a tali indagini; Tale quadro, già compreso nella precedente relazione, è riportato per facilità di lettura e interpretazione dei paragrafi seguenti.



-  Faglie capaci (ITHACA)
-  SW - Sabbie pulite e ben assortite
-  SM - Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
-  OL - Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità
-  Limite Amministrativo Comune di Pisa

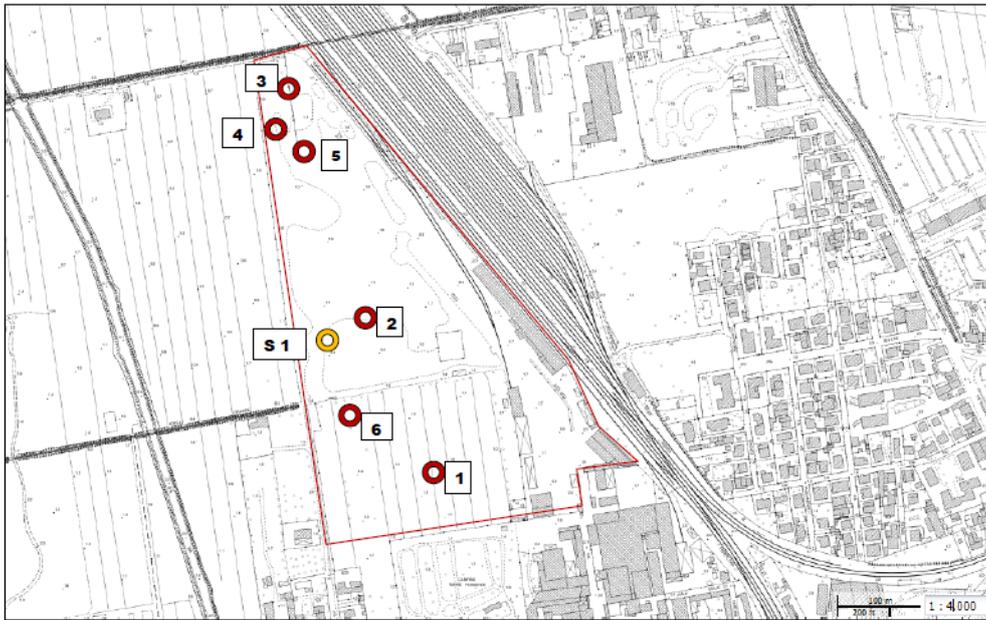


Fig. 4 - Ubicazione delle prove in sito, con cerchio rosso sono indicate le CPT (prof. 20 m) e con cerchio giallo il sondaggio geognostico (prof. 40 m)

	Prof. M dal pc	descrizione	Cu media kg/cmq	Ø medio
1	0,00 – 4,50	Argilla giallo ocra consistenza media	0,57	
2	4,5 – 6,00	Sabbia grigio-azzurra		33°
3	6,00- 8,00	Limo argilloso molle	0,38	
4	8,00- 10,00	Sabbia		34°
5	10,00- 17,00	Limo argilloso e argilla molle	0,48	
6	17,00-22,50	Sabbia e sabbia argillosa ocra		31°
7	22,50- 26,50	Argilla azzurra	0,48	
8	26,50- 40 e continua	Sabbia grigio azzurra		> 30°

3 - Integrazione relativa alla pericolosità geologica

Si riporta di seguito lo stralcio della Carta della pericolosità geologica di PS relativo all'area d'interesse.

L'area ricade in classe di **pericolosità geologica elevata G3**. Tale attribuzione discende dalla presenza di terreni geotecnicamente scadenti, compressibili, soggetti a indurre cedimenti.

Nel sito di nostro interesse, caratterizzato da un'alternanza di terreni argillo - limosi e sabbiosi (entro i primi 40 m), tali caratteristiche sono rilevabili negli strati **1** (0,00 - 4,50), **3** (6,00 - 8,00), **5** (10,00 - 17,00), **7** (22,50 - 26,50), con maggiori problematiche nello strato **3**, con Cu media di 0,38 kg/cmq.

Tali caratteristiche non sono particolarmente penalizzanti nel contesto dell'area pisana, avendosi successioni litostratigrafiche significativamente più scadenti nell'areale Pisa Sud. Tali caratteristiche non inficiano la realizzabilità delle previsioni, ciascuna delle quali dovrà essere corredata da indagini specificamente rivolte alla problematica in oggetto, come previsto dalle NTC 2018. Si rileva inoltre che già al livello progettuale attuale gli apparati fondali sono previsti "compensati", dovendosi prevedere volumi interrati per la mitigazione dei fenomeni alluvionali.

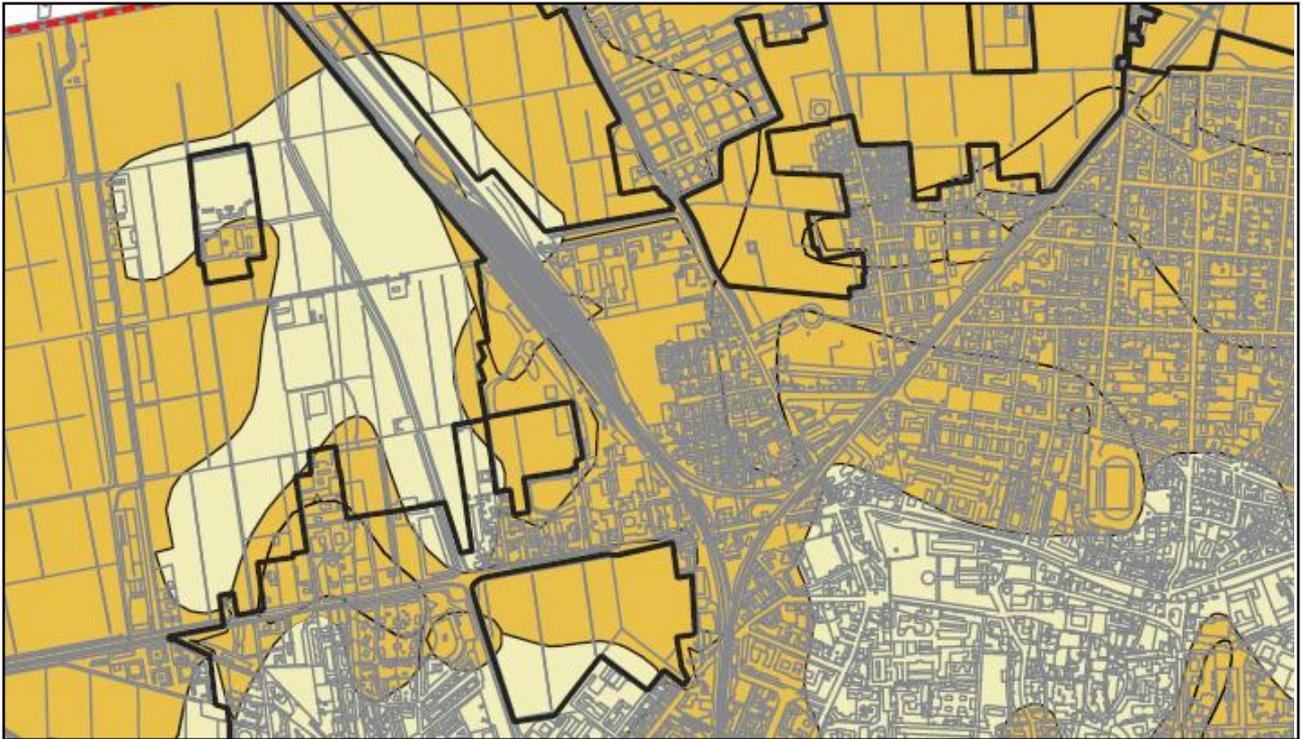


INDAGINI GEOLOGICHE AI SENSI DEL DPGR 53/R del 25/10/2011

CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

TAV. QG.10

scala 1:25000



LEGENDA

CLASSI DI PERICOLOSITA' GEOLOGICA

-  G1 - Pericolosità geologica bassa
-  G2 - Pericolosità geologica media
-  G3 - Pericolosità geologica elevata
-  G4 - Pericolosità geologica molto elevata

 Territorio urbanizzato

 Limiti amministrativi

4 - Integrazioni relative alla caratterizzazione sismica in rapporto alla liquefazione dei terreni

Coerentemente con il quadro conoscitivo aggiornato dagli studi di Microzonazione sismica prodotti dal Comune di Pisa (febbraio 2018) l'area è classificata in **classe di pericolosità sismica locale elevata S3**.

Gli elementi che hanno guidato alla classificazione sismica S3 sono illustrati nella citata relazione di microzonazione sismica di livello 1 (febbraio 2018), pag 29 - 30.

- Individuazione di litotipi che possano costituire substrato rigido
- Individuazione di eventuali discontinuità e morfologie sepolte potenzialmente in grado di causare inversioni di velocità delle onde di taglio
- Presenza di faglie e/o strutture tettoniche (*in riferimento al territorio comunale, la consultazione effettuata ha infatti messo in evidenza la presenza di una faglia diretta con direzione NW-SE proprio in corrispondenza del centro urbano*).

4.1 - Approfondimenti relativi alla suscettibilità alla liquefazione dei terreni

Ai sensi della prescrizione del punto 3.6.3 del DPGR 5R /2020 - direttive tecniche, da applicarsi in sede di piano attuativo, gli approfondimenti relativi alle zone pericolosità sismica locale elevata S3, si devono basare sul quadro conoscitivo esistente con approfondimenti di indagine relativamente agli aspetti relativi la liquefazione dei terreni.

Il quadro conoscitivo preesistente, facendo riferimento agli elaborati del Piano strutturale precedente, affronta il tema della liquefazione nei seguenti termini:

In ogni caso, come dimostrano i dati registrati durante terremoti documentati storicamente, la liquefazione è probabile con sismi di magnitudo superiore a 6 (7°-8° MCS), con durate di scossa superiori ai 15 sec ed accelerazioni $a_{max} > 0,10g$. Tali fattori, considerata la storia sismica del territorio comunale di Pisa, portano ancora a ritenere poco probabili fenomeni di liquefazione. Sempre in riferimento al parametro densità relativa, è bene precisare che gradi di addensamento superiori al 70% in caso di sisma possono indurre aumenti di volume per fenomeni di dilatanza fino all'indice dei vuoti critico, oltre il quale cessa il fenomeno, con conseguente diminuzione dell'angolo di attrito. Secondo vari autori, tuttavia, tale diminuzione è sostanzialmente contenuta nell'ordine dei 2° (Vesic) e per tanto è da ritenersi, anche in questo caso poco sostanziale.

Si aveva già contezza della scarsa probabilità del verificarsi del fenomeno della liquefazione nell'areale pisano, **soprattutto in relazione alla storia sismica del sito** (magnitudo e durata dei sismi).

Tale tema è però approfondito dal citato studio di microzonazione sismica (febbraio 2018, pagg 30, 31 e 32):

Le verifiche alla liquefazione sono state eseguite applicando una magnitudo **M>5** ed un'accelerazione massima al suolo compresa nell'intervallo **ag/g 0,159/0,168** per la zona costiera e **ag/g 0,177/0,178** per la zona urbana ed un valore medio della falda di 0,5 m dal PC.

Per tali valori il rischio di liquefazione è risultato **MOLTO BASSO**.

A integrazione di quanto sopra sono state eseguite le verifiche alla liquefazione relativamente agli orizzonti sabbiosi presenti nell'are d'interesse:

La verifica a liquefazione è stata effettuata per gli strati sabbiosi presenti nella porzione di sottosuolo studiata, sotto falda.

Per quanto riguarda i dati per la verifica a liquefazione sono disponibili sia i valori delle prove SPT in foro sia quelli della Q_c (resistenza alla punta) delle prove penetrometriche realizzate, tramite la relazione di Robertson 1983: $Q_c = 2.0 N_{spt}$ (valore medio). Per gli strati analizzati è stata utilizzata la profondità media.

Strato	Litologia	Livello falda (m da p.c.)	Prof. Strato (m da p.c.)	Qc media (Kg/cm ²)	Nspt medio
Strato 1	Sabbie	~ 1,5	4,5-6,0	12,37	6,18
Strato 2	Sabbie		8,0 -10,0	13,60	6,80
Strato 3	Sabbia e sabbia argillosa ocra		17,0 -22,50	46,75	23,37
Strato 4	Sabbie		26,5 - 40	--	50

Al fattore di sicurezza viene assegnato generalmente un valore minimo in funzione del tipo di terreno. Si assume: - per sabbie medio-dense => $F_s \geq 1,3$; - per sabbie medio-sciolte => $F_s \geq 1,5$. Secondo le normative europea (EC8) e italiana è suscettibile di liquefazione un terreno in cui lo

sforzo di taglio generato dal terremoto supera l'80% dello sforzo critico ($CSR > 0.80 CRR$) che ha provocato liquefazione durante terremoti passati e quindi deve risultare $FS > 1.25$.

Per la verifica alla liquefazione è stato utilizzato il software freeware distribuito da www.sg-monaco.it che, in questa sede, si ritiene adeguato per i calcoli prefissati.

Per quanto riguarda i valori di A_{max}/g , inseribili nel programma, sono stati utilizzati i valori dell'accelerazione massima agli SLV derivato dai parametri sismici, diviso 9,81. **Per quanto concerne invece il valore della magnitudo è stato utilizzato un valore (cautelativo) pari a 6,14 (documento: Mappa di redazione pericolosità sismica, Rapporto conclusivo, INGV, pagg.37-38). A favore della sicurezza i valori della percentuale di fine è stato considerato pari a zero.**

Dalle analisi effettuati si evince che gli strati analizzati non risultino liquefacibili (in allegato alla presente sono riportati i fogli di calcolo).

Strato	Litologia	Livello falda (m da p.c.)	Prof. media Strato (m da p.c.)	Verifica Liquefazione
Strato 1	Sabbie	~ 1,5	4,5-6,0	Verificato
Strato 2	Sabbie		8,0 -10,0	Verificato
Strato 3	Sabbia e sabbia argillosa ocra		17,0 -22,50	Verificato
Strato 4	Sabbie		26,5 - 40	Verificato

Tali valutazioni, di per se significative, non escludono l'esecuzione della verifica alla liquefazione per ogni singola previsione in sede di permesso a costruire, come previsto dalle NTC 2018.

5 - Integrazioni relative alla pericolosità idraulica

Nella cartografia del Distretto Appennino Settentrionale (**PGRA**) l'area ricade in pericolosità **P3**.

Gli aspetti idraulici sono illustrati e valutati nel dettaglio dalla relazione idraulica redatta dal Prof. Ing. Stefano Pagliara, che esamina anche il reticolo minore.

La suddetta relazione specifica che studi in corso evidenziano un minor grado di pericolosità.

Nell'area è vigente la LR41/2018.

In particolare, essendo l'area PQ1 nel RU del Comune di Pisa, possiamo fare riferimento all'art. 12 "Interventi sul patrimonio edilizio esistente in aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti", comma 2: "nelle aree per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, per la realizzazione di interventi edilizi che comportino incrementi volumetrici, anche attraverso demolizioni con parziale o totale ricostruzione, è realizzata almeno una delle opere di cui all'art. 8, comma 1, lettere a), b) o c). Il presente comma trova applicazione anche nel caso in cui l'incremento volumetrico comporti la realizzazione di un nuovo manufatto connesso e funzionale ad un intervento sul patrimonio edilizio esistente".

In particolare l'art. 8 comma c) prevede: "opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree".



Si riportano di seguito gli stralci cartografici relativi alla pericolosità idraulica ed ai battenti per eventi alluvionali con TR = 30 e TR = 200, di corredo al piano strutturale di Pisa e Cascina. Il contesto è analizzato nelle relazioni idrauliche redatte dal Prof. Ing. Stefano Pagliara (aprile 2020 e settembre 2020) a cui si rimanda.

TAVOLA

5A

PLANIMETRIA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA AI SENSI DEL DPGR 53R/2011 QUADRO 1

SCALA: 1:10000



LEGENDA



Confini Comuni di Pisa e Cascina



Reticolo Idrografico ai sensi della L.R. n.79/2012

Perimetrazioni ai sensi del DPGR 53R/2011



Aree a Pericolosità Idraulica Molto Elevata (I4) - TR ≤ 30 anni



Aree a Pericolosità Idraulica Elevata (I3) - 30 < TR < 200 anni

MODELLO 1 ARNO SCOLMATORE
TAVOLA 3 - VELOCITA' MASSIME TR 30 ANNI
QUADRO 1

SCALA: 1:10000



LEGENDA

-  Confini Comuni di Pisa e Cascina
-  Reticolo Idrografico ai sensi della L.R. n.79/2012
- Velocità [m/s]
 -  < 0.5 m/s
 -  $0.5 \leq v < 1.0$ m/s
 -  $v \geq 1.0$ m/s

MODELLO 1 ARNO SCOLMATORE
TAVOLA 1 - BATTENTI IDROMETRICI MASSIMI TR 30 ANNI
QUADRO 1

SCALA: 1:10000



LEGENDA



Confini Comuni di Pisa e Cascina



Reticolo Idrografico ai sensi della L.R. n.79/2012

Battenti [m]

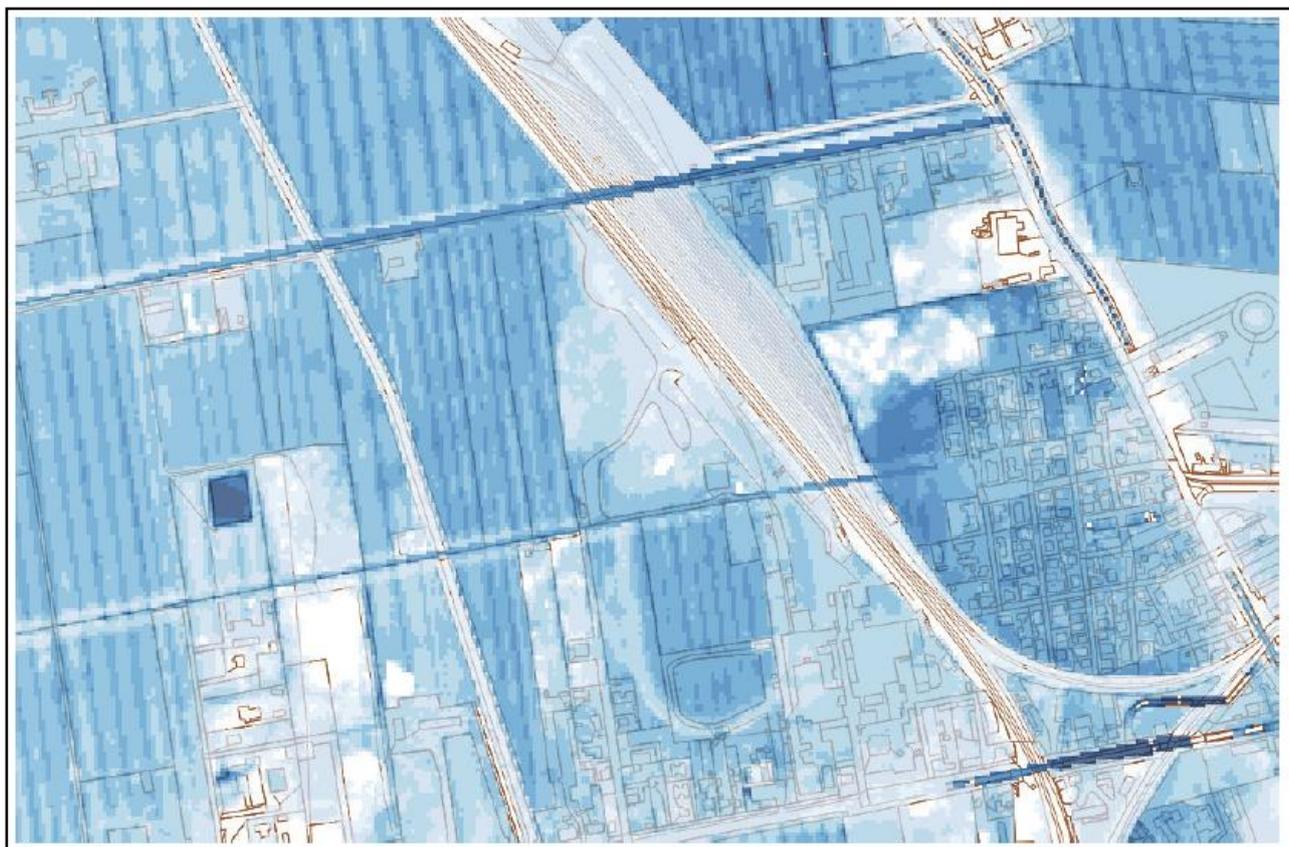
 < 0.5 m 0.5 ≤ v < 1.0 m 1.0 ≤ v < 1.5 m 1.5 ≤ v < 2.0 m ≥ 2.0 m

TAVOLA

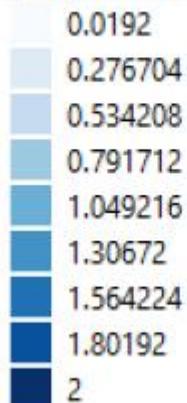
2F

MODELLO 1 ARNO SCOLMATORE
TAVOLA 2 - BATTENTI IDROMETRICI MASSIMI TR 200 ANNI
QUADRO 1

SCALA: 1:10000



✓ **T200 max tiranti totali**



TAVOLA

4C

SCALA: 1:10000

MODELLO 3 FIUME MORTO TAVOLA 2 - BATTENTI IDROMETRICI MASSIMI TR 30 ANNI QUADRO 1



LEGENDA



Comune di Cascina



Reticolo Idrografico ai sensi della L.R. n.79/2012

Battenti [m]

 < 0.5 m

 $0.5 \leq v < 1.0$ m

 $1.0 \leq v < 1.5$ m

 $1.5 \leq v < 2.0$ m

 ≥ 2.0 m

TAVOLA

4E

SCALA: 1:10000

MODELLO 3 FIUME MORTO
TAVOLA 3 - BATTENTI IDROMETRICI MASSIMI TR 200 ANNI
QUADRO 1



LEGENDA



Comune di Cascina

— Reticolo Idrografico ai sensi della L.R. n.79/2012

Battenti [m]

 < 0.5 m

 $0.5 \leq v < 1.0$ m

 $1.0 \leq v < 1.5$ m

 $1.5 \leq v < 2.0$ m

 ≥ 2.0 m

Come illustrato nelle tavole sopra riportate, **relativamente al modello Arno - scolmatore**, l'area risulta interessata, per un evento alluvionale $Tr=200$, da un livello idrico di +2,3 m s.l.m., con valori massimi di altezza di circa 1,2 m sul pc.

Tale livello risulta cautelativo anche alla luce dei nuovi calcoli idraulici in corso di svolgimento.

Relativamente alle tavole riferite al modello Fiume Morto, che nel complesso indica una contesto alluvionale molto meno severo, si vede che l'episodio con $TR= 30$ anni praticamente non interessa l'area o la interessa solo marginalmente, mentre il modello relativo all'episodio con $TR= 200$ anni parte dell'area non è interessata, parte è interessata con battente minore di 0,5 m e solo marginalmente con battente minore di 1,0 m.

Relativamente al reticolo minore, Fosso delle Cavalle a Nord dell'area e Colatore n. 4 che interseca l'area a Sud, i calcoli idraulici eseguiti dall'ing. Stefano Pagliara mostrano piccole insufficienze ampiamente già comprese negli allagamenti dovuti al reticolo principale e già mitigati.

(per i calcoli idraulici si veda la relazione citata).

I nuovi manufatti edilizi vengono realizzati in sicurezza idraulica, con la sopraelevazione del piano di calpestio a quote superiori al battente idraulico. Il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree viene conseguito realizzando un volume di invaso tra l'estradosso della platea di fondazione ed il primo solaio.

5.1 - Verifica volumi acqua da invasare

Rispetto al progetto presentato nell'Aprile 2020 sono state modificate volumetria e disposizione dell'edificato e, di conseguenza, le volumetrie di acqua da invasare nel previsto progetto di sottofondazione (figure da 5 a 8) ; di seguito la verifica aggiornata dei volumi da invasare:

- INDICE DI OCCUPAZIONE VOLUMETRICA DELLE PARTI DELLA STRUTTURA DEGLI EDIFICI IMMERSA SOTTO BATTENTE = 0,2

- INDICE DI OCCUPAZIONE VOLUMETRICA DELLE PARTI DELLA STRUTTURA DEGLI EDIFICI IMMERSA NELLA PARTE INVASATA = 0,14

- **NUOVI EDIFICI:** volume di acqua da invasare pari al 20% del volume immerso sotto battente di cm 230 corrispondente alle strutture e alla parte di solaio immersa = superficie coperta totale capannoni e uffici mq 21.163 x h 1,20 ml = mc 25.395,60 x indice di occupazione volumetrica complessiva 0,20 = **mc 5.079,12 da volume di acqua da invasare.**

- **PARCHEGGI E SPAZI DI MANOVRA SOPRELEVATI:** volume di acqua da invasare pari al rilevato mq $8.080 \times 1,20 \text{ ml} = \text{mc } 9.696$ - volume invasato da drening mc $2.386,07 = \text{volume che rimane da invasare} = \text{mc } 7.309,93$

TOTALE DI ACQUA DA INVASARE = $5.079 + 7.309,93 = \text{mc } 12.389,05$

VOLUME INVASABILE SOTTO NUOVI EDIFICI: mq $21.163 \times 0,70 = \text{mc } 14.814,10$ - volume occupato dalle strutture pari a $14.814,10 \times 0,14 = \text{mc } 2.073,87 = \text{mc } 12.740,23$ › di mc $12.389,93$ da invasare.

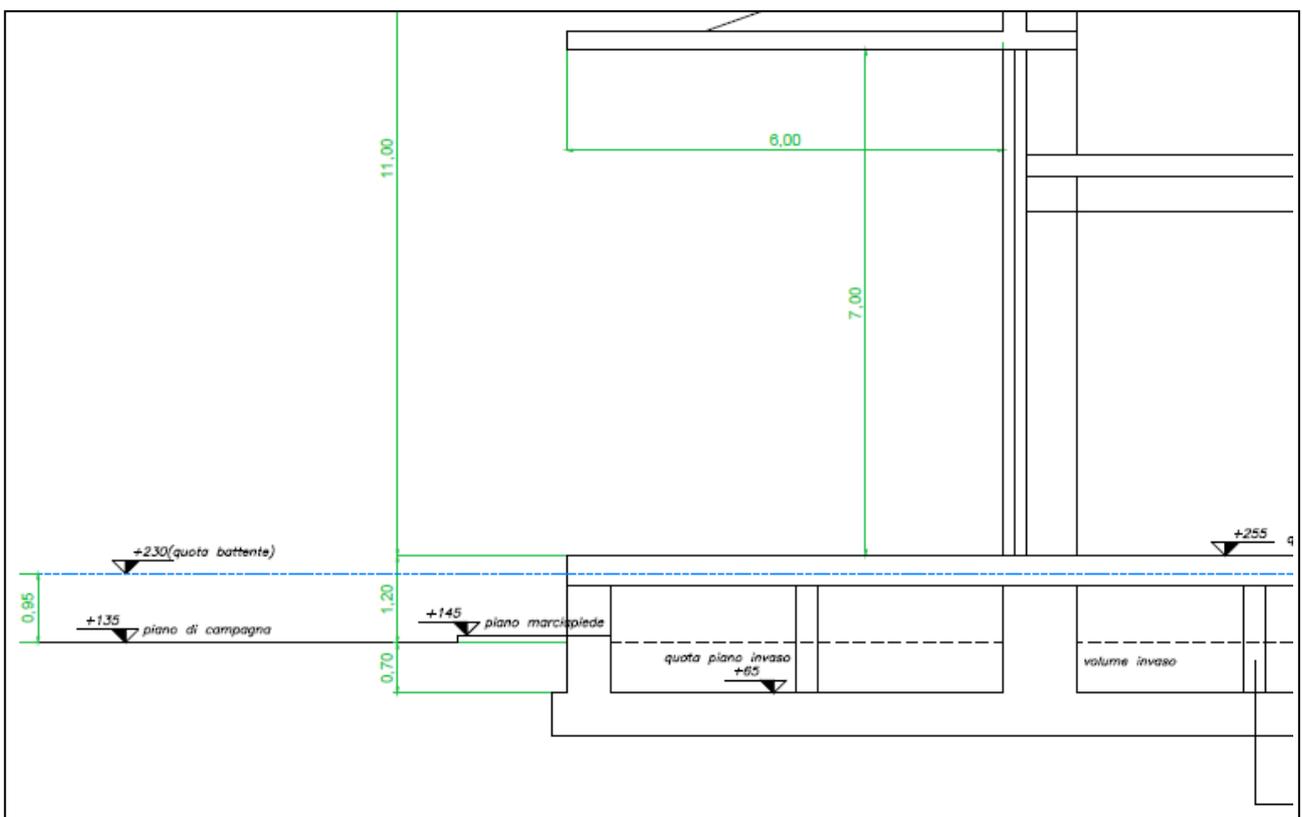


Fig . 5 - Sezione tipo di capannone (particolare con indicazione delle quote)

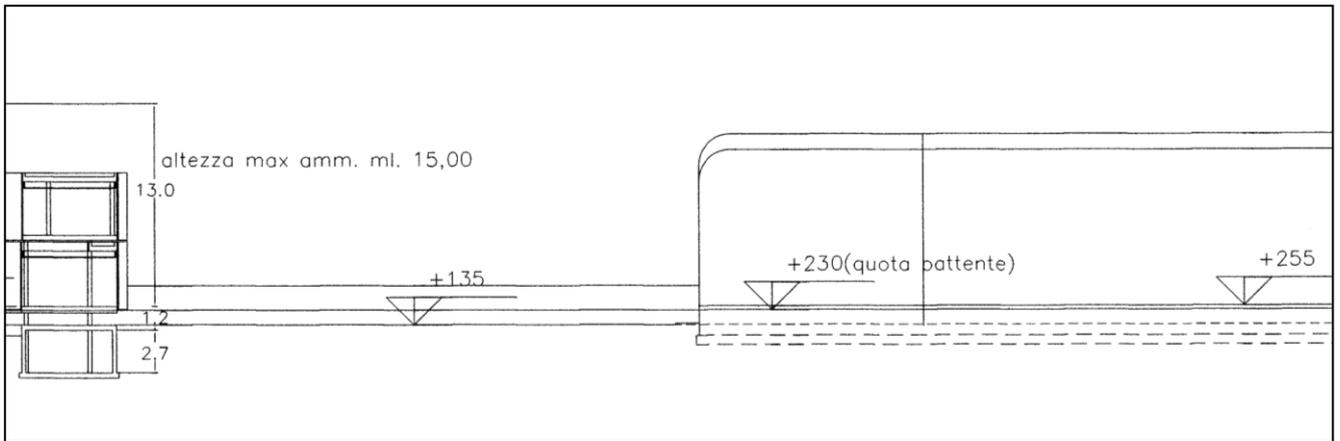


Fig. 6 - Sezione tipo di capannone e palazzina uffici (particolare con indicazione delle quote)

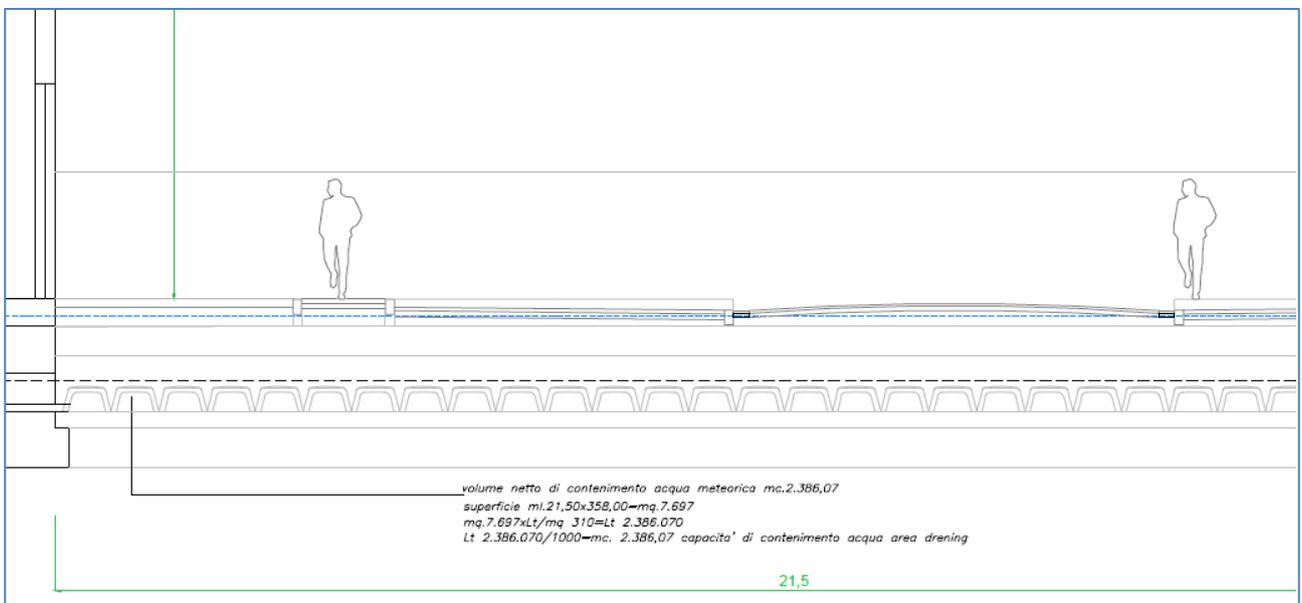


Fig. 7 - Sezione tipo di capannone e parcheggio con drenage (particolare)

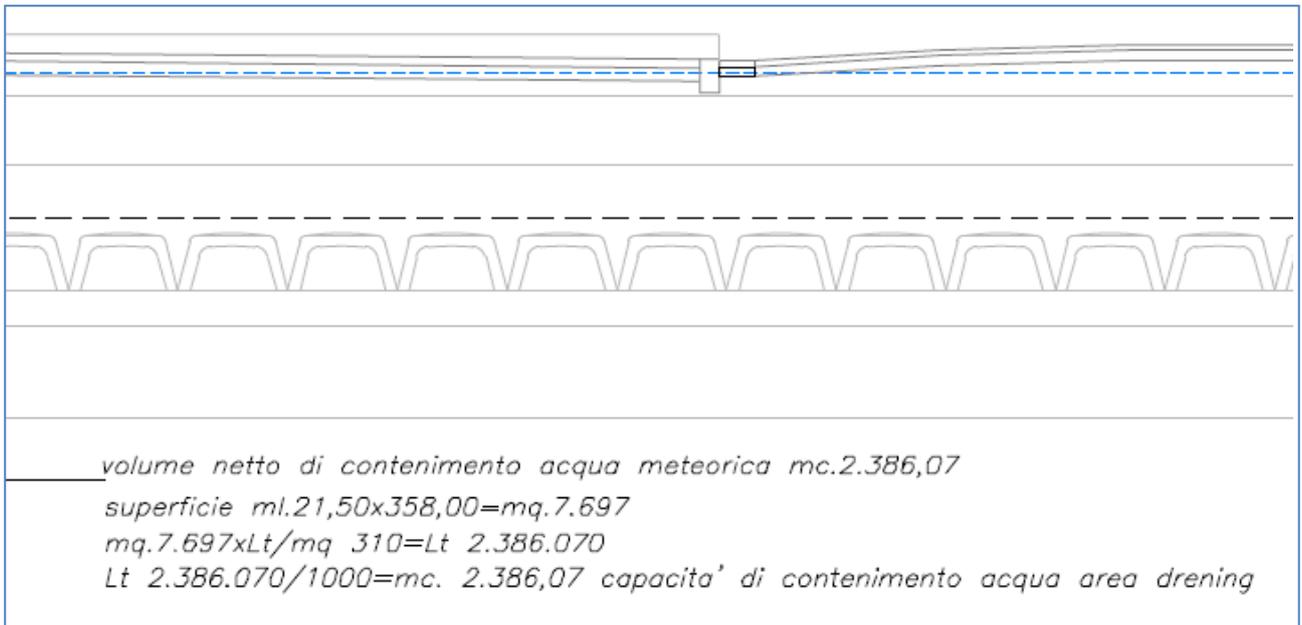
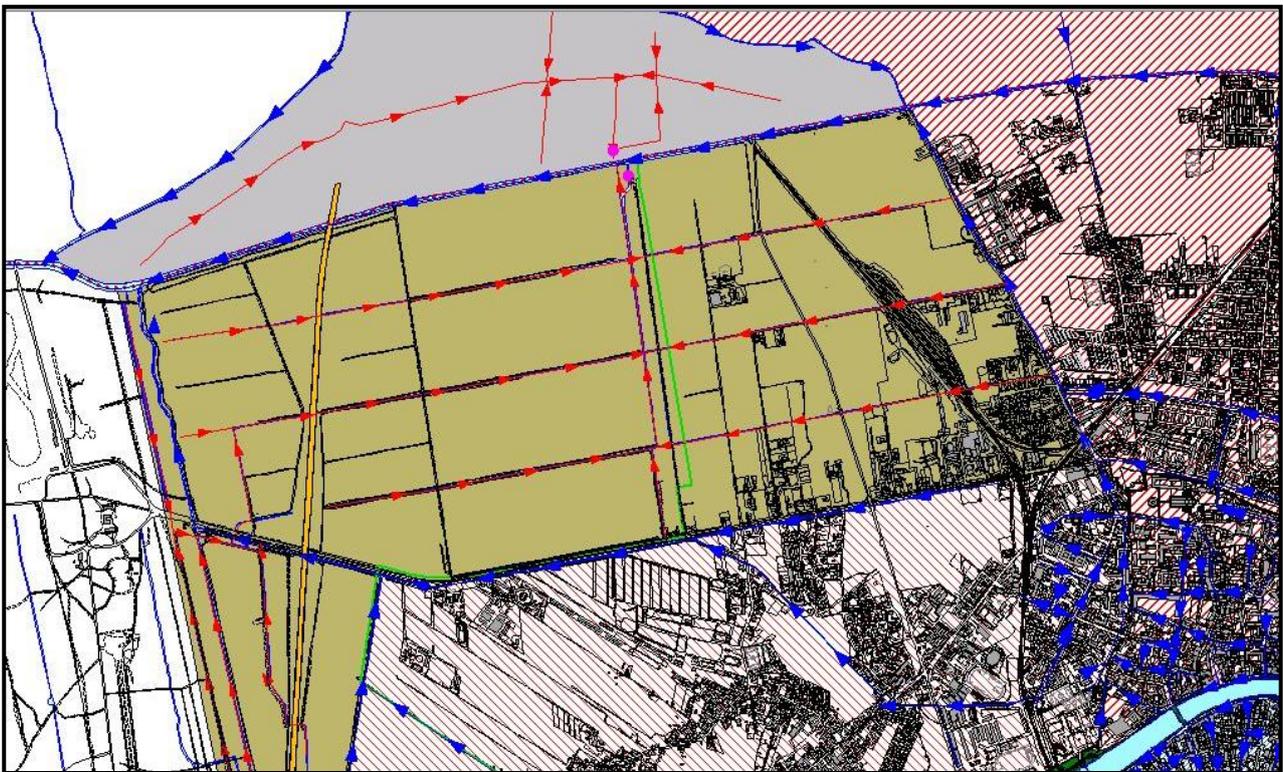


Fig. 8 - Sezione tipo di parcheggio con drening (particolare con indicazione delle volumetrie da invasare)

L'intero comparto afferisce al bacino di scolo meccanico di Campaldo che, mediante impianto idrovoro, recapita nel Fiume Morto che corre a Nord del bacino. Le acque invase nelle sottofondazioni e nei drenaggi saranno convogliate in parte nel fosso delle Cavalle, sul lato Nord del comparto, mediante un canale tombato ubicato immediatamente ad W della "striscia" adibita a parcheggio e in parte (capannoni B e C) nel fosso tombato (\varnothing 180 cm) che attraversa l'area CEMES da Est verso Ovest e afferisce al Fosso Grande (in rosso in figura 12 e legenda tavola 6D di progetto)

Questa soluzione permette di modulare (mediante bocche tarate o adeguato sistema di pompaggio) l'entità degli scarichi nella rete drenata, in funzione delle capacità ricettive della stessa.



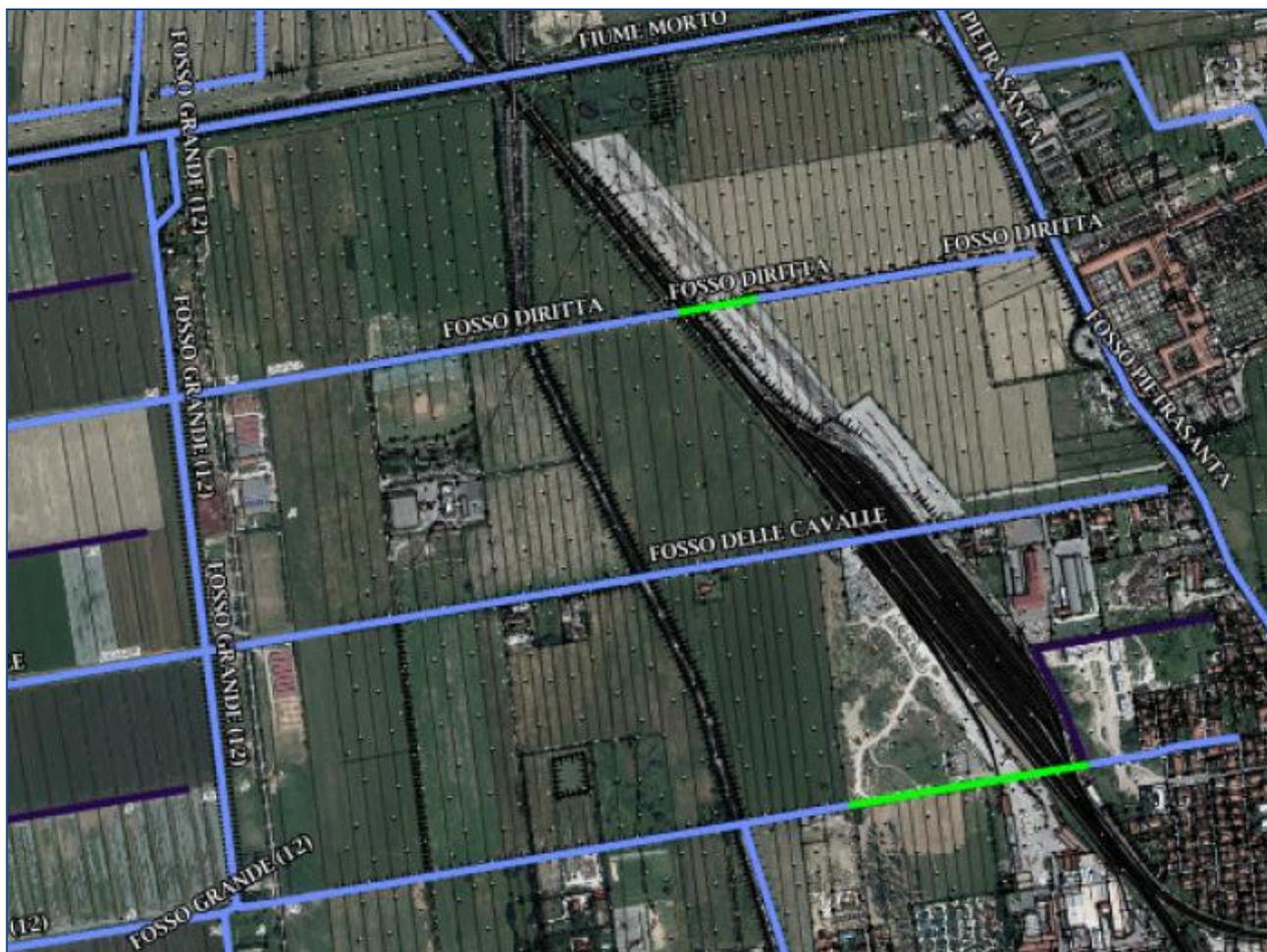


Fig. 10 - Reticolo minore con indicazione (in verde) dei tratti tombati

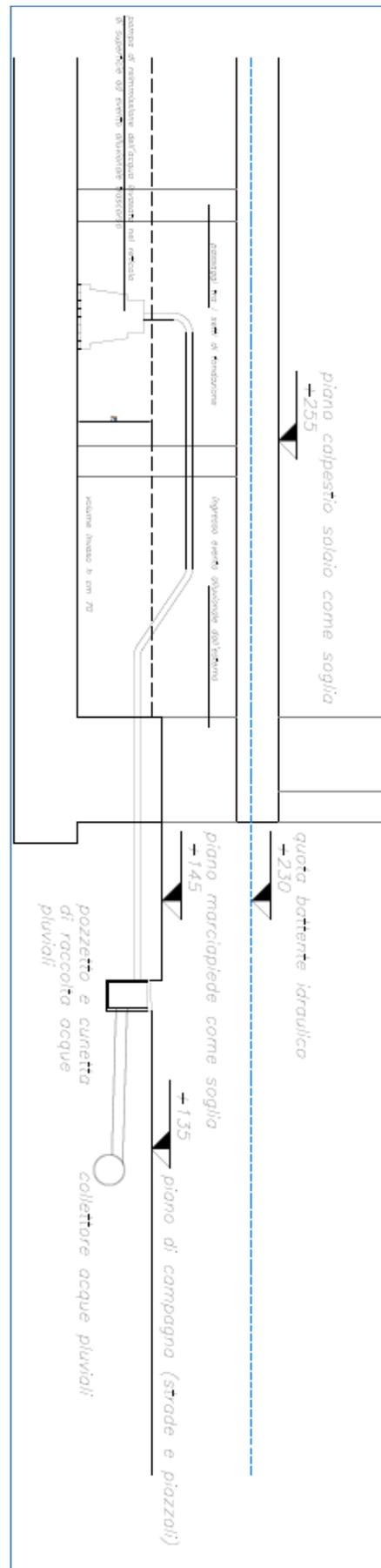


Fig. 11 - Schema- tipo impianto di svuotamento della sottofondazione

Oggetto :

PLANIMETRIA GENERALE
Fognatura bianca stato di progetto

Data : Settembre 2021

Scala: 1:1000

TAV.

6D

LEGENDA



POZZETTO DI ISPEZIONE CON CHIUSINO CARRABILE DIAMETRO 600



VASCA DI RACCOLTA ACQUE METEORICHE PROVENIENTI DALLE COPERTURE
DA UTILIZZARE PER GLI SCARICHI DEI SANITARI

 CAMERA DI INGRESSO DIM. mm. 1500X3000X200 IN C.A. VIBRATO

 VANO DI DECANTAZIONE DIM. mm. 2000X4000X2000 IN C.A. VIBRATO

 VANO ALLOGGIO CON FILTRO CARBONI ATTIVI DIM. mm. 2000X4000X2000 IN C.A. VIBRATO

 VANO MACCHINARIO DI SPINTA ACQUA METEORICA DA RIUTILIZZARE DIM. mm. 2000X5000X2500 IN C.A. VIBRATO
CON TROPPO PIENO - CAPACITA' DI ACCUMULO MC. 47,00

 VALVOLA DI INTERCETTAZIONE PER DEVIAZIONE ACQUA METEORICA PROVENIENTE DALLA COPERTURA



CANALIZZAZIONE PRINCIPALE SU AREA PRIVATA DIAMETRO 300/400/600/800 IN PEAD PENDENZA 3X1000



CANALIZZAZIONE PREMENTE DIAMETRO 90 PER RIUTILIZZO ACQUA METEORICA



CANALIZZAZIONE IN PVC AR DIAMETRO 120 PER IL TROPPO PIENO



CANALIZZAZIONE IN PVC AR DIAMETRO 160 E CADITOIA CON GRIGLIA 200X400

qs.ps= quota scorrimento dal
piano stradale

qs.pm= quota scorrimento dal
piano calpestabile marciapiede



DIM. 1300X1700X200 POZZETTO INDICATO NELL'AUTORIZZAZIONE PER IL TOMBAMENTO DEL FOSSO ANNO 1987
ATTUALMENTE NON VISIBILE - POSIZIONE DA VERIFICARE



CANALIZZAZIONE A SERVIZIO DEI DRENING POSTI SOTTO IL PARCHEGGIO E
I NUOVI EDIFICI

6 - Integrazioni ai criteri generali di fattibilità

6.1 - Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti geologici

Come illustrato nel paragrafo 3, la pericolosità geologica elevata G3 discende direttamente dalla presenza di terreni di fondazione geotecnicamente scadenti, soggetti a produrre cedimenti differenziali.

- **Le indagini geognostiche e geofisiche eseguite in sede di Piano attuativo (vedi relazione Aprile 2020) definiscono il quadro geologico e geotecnico con specifica attenzione alle problematiche in oggetto.**

- **Il progetto prevede la realizzazione di sottofondazioni atte al contenimento delle acque di compenso; Tale progetto di sottofondazione costituisce di fatto una "fondazione compensata" volta al controllo del fenomeno dei cedimenti.**

In sede di permesso a costruire dei singoli manufatti e delle strutture a sviluppo lineare devono essere applicate le normative NTC 2018 cap. 6 - Progettazione geotecnica e DPGR 36/R "Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico".

6.2 - Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti sismici

Relativamente agli aspetti sismici l'area ricade in pericolosità sismica locale elevata S3.

In riferimento al paragrafo 3.6.6 delle direttive tecniche (DPGR 5/R 2020) , sono stati eseguiti approfondimenti relativamente alle problematiche inerenti la liquefazione dei terreni. Tali approfondimenti, oltre a rilevare quanto già illustrato negli studi di micro zonazione sismica di livello 1 eseguiti dal Comune di Pisa, che individuano per l'areale pisano un rischio liquefazione MOLTO BASSO, sono state eseguite le verifiche alla liquefazione relativamente ai livelli potenzialmente liquefacibili individuati dalle indagini eseguite nel presente PA (relazione Aprile 2020); **Gli orizzonti indagati risultano verificati alla liquefazione.** Tali valutazioni, di per se significative, non escludono l'esecuzione della verifica alla liquefazione per ogni singola previsione in sede di permesso a costruire, come previsto dalle NTC 2018 (cap. 7.11.2).

6.3 - Criteri generali di fattibilità in relazione al rischio di alluvioni

Essendo l'area PQ1 nel RU del Comune di Pisa, possiamo fare riferimento all'art. 12 "Interventi sul patrimonio edilizio esistente in aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti", comma 2: *"nelle aree per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, per la realizzazione di interventi edilizi che comportino incrementi volumetrici, anche attraverso demolizioni con parziale o totale ricostruzione, è realizzata almeno una delle opere di cui all'art. 8, comma 1, lettere a), b) o c). Il presente comma trova applicazione anche nel caso in cui l'incremento volumetrico comporti la realizzazione di un nuovo manufatto connesso e funzionale ad un intervento sul patrimonio edilizio esistente"*.

In particolare l'art. 8 comma c) prevede: *"opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree"*.

- I nuovi manufatti edilizi vengono realizzati in sicurezza idraulica, con la sopraelevazione del piano di calpestio a quote superiori al battente idraulico. Il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree viene conseguito realizzando un volume di invaso tra l'estradosso della platea di fondazione ed il primo solaio.

- Il progetto si basa su di una quota media del terreno di +135 cm slm e sul battente ufficiale di cm 235. Viene posto il piano di lavoro a cm +120 slm che corrisponde anche al piano di accostamento dei mezzi pesanti.

La quota dell'estradosso della platea di fondazione viene posta a + 65 cm slm, ovvero 70 cm sotto il piano di campagna, La quota di calpestio è situata a +120 cm dal piano di campagna (20% più in alto del battente).

- L'intero comparto afferisce al bacino di scolo meccanico di Campaldo che, mediante impianto idrovoro, recapita nel Fiume Morto che corre a Nord del bacino. Le acque invasate nelle sottofondazioni e nei drenings saranno convogliate in parte nel fosso delle Cavalle, sul lato Nord del comparto, mediante un canale tombato ubicato immediatamente ad W della "striscia" adibita a parcheggio e in parte (capannoni B e C) nel fosso tombato (Ø 180 cm) che attraversa l'area CEMES da Est verso Ovest e afferisce al Fosso Grande (in rosso in figura 12 e legenda tavola 6D di progetto

- Rispetto al progetto presentato nell'Aprile 2020 sono state modificate volumetria e disposizione dell'edificato e, di conseguenza, le volumetrie di acqua da invasare nel previsto progetto di sottofondazione (figure da 5 a 8); la verifica relativa ai nuovi volumi è illustrata nel paragrafo 5.1.

- Rispetto al progetto presentato nell'Aprile 2020 è stata modificata anche la superficie e la disposizione delle **aree a parcheggio**, nel presente progetto limitata ad una "striscia" che costeggia il lato Ovest del comparto.

L'area a parcheggio, comprensiva degli spazi di manovra, ha una superficie di mq 5.709,38 ed è posta ad una quota di 2,45 m slm. La compensazione idraulica è garantita da una sottofondazione tipo "drening" (Fig. 7 e 8) che permette il temporaneo immagazzinamento dell'acqua prevista da evento alluvionale.

L'immissione delle acque di compenso (sottofondazioni e drenings) saranno scaricate nella rete drenate in quantità modulate alle capacità ricettive della rete medesima.

- **Fascia di tutela dei corsi d'acqua.** Nessuno dei manufatti previsti e/o esistenti ricade in tali aree, ad eccezione dell'edificio corrispondente alla "rimessa reale" la cui costruzione risale al 1800, che solo in parte ricade in tale area. In relazione a quanto disposto dall'art. 3, comma 5,

lettera f) della L.R. 41/2018 tale edificio deve essere inserito nel piano di protezione civile comunale al fine di prevenire i danni in caso di evento alluvionale.

Pisa, Ottobre 2020 - Novembre 2021

Dott. Geol. Luciano Sergiampietri

Ordine dei Geologi della Toscana n. 458



VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
(da prove dinamiche SPT)

Metodo semplificato

Metodo di Iwasaki et al. (1978 1984) modificato come da D.M. 14/01/2009 e Circolare 617 del 02/02/2009

PARAMETRI:		
Diametro Perforazione	=	101 mm
γ	=	1,86 g/cm ³
σ_{vo}	=	0,9765 kg/cm ²
σ'_{vo}	=	0,8015 kg/cm ²
profondità della prova	=	525 cm
profondità falda	=	150 cm
γ_{lic}	=	1 g/cm ³
Pressione neutra	=	0,375 kg/cm ²
z	=	5,25 m
N_{SPT}	=	6,18
C_u [Liao e Whitman, 1968a]	=	1,30202221
Percentuale di Fine (FC)	=	0
d_{50}	=	0,1 %
M_{50}	=	6,14
MSF	=	1,94 se $M \leq 7,5$ 1,67 se $M > 7,5$

FORMULE:

$$CRR = 0,082 \cdot RADQ[IE(EP+0,7)] + 0,225 \cdot \log(0,38IE17)$$

$$CRR = 0,082 \cdot RADQ[IE(EP+0,7)] - 0,05$$

$$CSR = 0,65 \cdot ((\sigma_{max}/g)^{0,5} (\sigma_{vo}/\sigma'_{vo})^{0,5})^{1,2} \cdot C_u^{0,5} \cdot MSF$$

$$\frac{\sigma_{max}}{g} = 0,175$$

$$f_g = 0,7618$$

$$F_s = CRR / CSR > 1,25$$

se $0,04 < d_{50} \leq 0,6$	=	4,21207546	Verificato F _s
se $0,6 < d_{50} \leq 1,5$	=	1,901601396	Verificato F _s
se $0,04 < d_{50} \leq 0,6$	=	3,631216869	Verificato F _s
se $0,6 < d_{50} \leq 1,5$	=	1,638795872	Verificato F _s

RISULTATI:

CRR	=	0,314229464	CRR
	=	0,141814154	
CSR _{M≤7,5}	=	0,074699711	CSR _{M≤7,5}
CSR _{M>7,5}	=	0,086535582	CSR _{M>7,5}

CALCOLO (N₁)₆₀

(N_{SPT} * C_N * C_E * C_B * C_R * C_S)

Descrizione	Strato
Profondità prova	5,25
σ'_{vo}	0,60
N_{SPT}	6,18
C_u	1,302
C_f	1
C_p	1
C_n	0,85
C_b	0,9
(N ₁) ₆₀	6,16
(N ₁) _{60,CS}	n.c.

CRR= Resistenza al taglio mobilizzata

CSR= Sforzo di taglio indotto dal sisma

d_{50} = Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%

Vg= Velocità dell'ondata di taglio S

Software FreeWare distribuito da www.sg-monaco.it
Studio di Geologia Sebastiano Giovanni MONACO
Via Olimpia n. 9 - MESSINA (ME) - 98168
e-mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3466041122

La verifica dell'idoneità del programma su foglio excel, nonché l'utilizzo dei risultati, sono a totale onere e responsabilità esclusiva dell'utente.
Lo Studio di Geologia Sebastiano Giovanni MONACO non potrà essere ritenuto responsabile di danni relativi all'utilizzo del programma.

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (da prove dinamiche SPT)

Metodo semplificato

Metodo di Iwasaki et al. (1978-1984) modificato come da D.M. 1401/2008 e Circolare 617 del 02/02/2009

PARAMETRI:		mm
Diametro Perforazione	=	101
γ	=	1,86 g/cm ³
σ_{vo}	=	1,674 kg/cm ²
σ'_{vo}	=	0,924 kg/cm ²
profondità della prova	=	900 cm
profondità fonda	=	150 cm
γ_{fondo}	=	1 g/cm ³
Prestazione neutra	=	0,75 kg/cm ²
z	=	9 m
N_{SPT}	=	6,8
C_N (Liao e Whitman, 1988a)	=	1,05051008
Percentuale di Fines (FC)	=	0 %
d_{50}	=	0,1
M_w	=	6,14
MSF	=	1,64
	=	1,67

FORMULE:

$$CRR = 0,082 \cdot \text{RADICE}(16/(18+0,7)) + 0,228 \cdot \log(0,38 \cdot E17)$$

$$CRR = 0,0882 \cdot \text{RADICE}(16/(18+0,7)) - 0,05$$

$$CSR = 0,65 \cdot ((a_{max}/g) \cdot (C_{vd}/\sigma_{vo}))^{1,4} \cdot C_d^{**} / \text{MSF}$$

$$a_{max}/g = 0,175$$

$$I_d = 0,7818$$

$$F_s = CRR / CSR > 1,25$$

RISULTATI:

CRR	=	0,293461419	CRR
CRR	=	0,121046109	CRR
CSR	=	0,083249955	CSR _{M=7,5}
CSR	=	0,096569856	CSR _{M=7,5}

Verificato F _s	=	3,525063975	Verificato F _s
Verificato F _s	=	1,454008091	Verificato F _s
Verificato F _s	=	3,038851156	Verificato F _s
Verificato F _s	=	1,253456448	Verificato F _s

CALCOLO (N₁)₆₀

(N_{SPT} * C_N * C_E * C_B * C_R * C_S)

Descrizione	Strato
Profondità prova	9
σ'_{vo}	0,92
N_{SPT}	6,8
C_N	1,051
C_E	1
C_B	1
C_R	0,95
C_S	0,9
(N ₁) ₆₀	6,11
(N ₁) _{60 CS}	n.c.

Software Freeware distribuito da www.sg-monaco.it

Studio di Geologia Sebastiano Giovanni MONACO
Via Olimpia n. 9 - MESSINA (ME) - 98168 -
e-mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3486041122

La verifica dell'idoneità del programma su foglio excel, nonché l'utilizzo dei risultati, sono a totale onere e responsabilità esclusiva dell'utente.
Lo Studio di Geologia Sebastiano Giovanni MONACO non potrà essere ritenuto responsabile di danni relativi all'utilizzo del programma.

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (da prove dinamiche SPT)

Metodo semplificato

Metodo di Iwasaki et al. (1978, 1984) modificato come da D.M. 14/01/2008 e Circolare 617 del 02/02/2009

PARAMETRI:	
Diametro Perforazione	= 101 mm
γ	= 1,86 g/cm ³
σ_{vo}	= 6,1845 kg/cm ²
σ'_{vo}	= 3,0095 kg/cm ²
profondità della prova	= 3325 cm
profondità falda	= 150 cm
γ_{lpo}	= 1 g/cm ³
Pressione neutra	= 3,175 kg/cm ²
z	= 33,25 m
N_{SPT}	= 50
C_N [Lico e Whitmann, 1968a]	= 0,68208852 Verificato
Percentuale di Fine (FC)	= 0 %
d_{50}	= 0,1 mm
M_0	= 6,14
MSF	= 1,94 se $M \leq 7,5$ = 1,67 se $M > 7,5$

FORMULE:

$$CRR = 0,0882 \cdot RADQIE16 / (E^0 + 0,7) + 0,25 \log(0,36E17)$$

$$CRR = 0,0882 \cdot RADQIE16 / (E^0 + 0,7) - 0,05$$

$$CSR = 0,65^{**} ((\sigma_{max}/g) (\sigma_{vo}/\sigma'_{vo}))^{**} \gamma_d^{**} / MSF$$

$$a_{max}/g = 0,175$$

$$T_d = 0,7818$$

$$Fs = CRR / CSR > 1,25$$

$$\text{se } M \leq 7,5$$

$$\text{se } 0,6 < d_{50} \leq 1,5$$

$$\text{se } 0,04 \leq d_{50} \leq 0,6$$

$$\text{se } 0,6 < d_{50} \leq 1,5$$

$$= 3,778353015$$

$$= 1,952503191$$

$$= 3,257203985$$

$$= 1,683194013$$

Verificato Fs
Verificato Fs
Verificato Fs
Verificato Fs

Software Freeware distribuito da www.sg-monaco.it
Studio di Geologia Sebastiano Giovanni MONACO
Via Olimpia n. 9 - MESSINA (ME) - 98168 -
e-mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3486041122

La verifica dell'idoneità del programma su foglio excel, nonché l'utilizzo dei risultati, sono a totale onere e responsabilità esclusiva dell'utente.
Lo Studio di Geologia Sebastiano Giovanni MONACO non potrà essere ritenuto responsabile di danni relativi all'utilizzo del programma.

CALCOLO $(N_1)_{60}$

$$(N_{SPT})^{**} C_N^{**} C_E^{**} C_B^{**} C_R^{**} C_S$$

Descrizione	Strato
Profondità prova	33,25
σ'_{vo}	3,01
N_{SPT}	50
C_N	0,582
C_E	1
C_B	1
C_R	0,9
$(N_1)_{60}$	26,19
$(N_1)_{60,CS}$	n.c.

RISULTATI:

$$CRR = 0,356790519$$

$$= 0,184375209$$

$$CSR_{M=7,5} = 0,09443017$$

$$CSR_{M=7,5} = 0,109538693$$

Verificato Fs
Verificato Fs
Verificato Fs