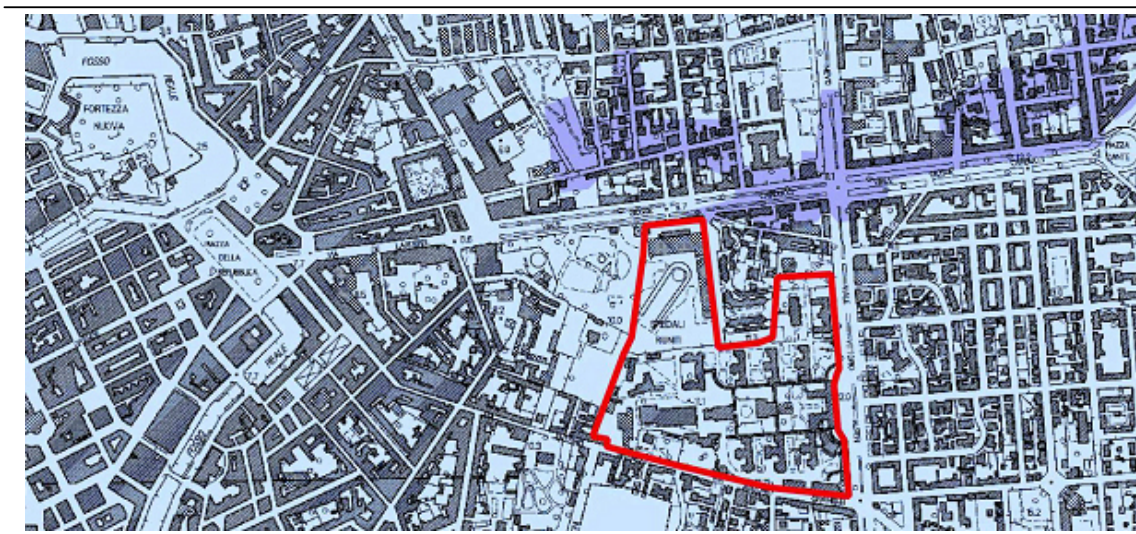


ALLEGATO D

Studi preliminari geologici, idrogeologici e sismici



di: Comune di Livorno
Livorno, 19 maggio 2020



COMUNE DI LIVORNO
Dipartimento Lavori Pubblici e Assetto del Territorio
Settore Ambiente e Mobilità

NUOVO OSPEDALE DI LIVORNO

AREA ex-PIRELLI



STUDI PRELIMINARI GEOLOGICI, IDROGEOLOGICI, SISMICI DELL'AEREA SU CUI SI INTENDE REALIZZARE IL NUOVO PRESIDIO OSPEDALIERO DI LIVORNO

Il Dirigente:

Dott. Leonardo Gonnelli

Equipe di lavoro:

Dott. Michele Danzi

Dott. Alessio Tanda

1 PREMESSA

La presente Relazione Tecnica eseguita da tecnici specialisti geologi dell'Amministrazione Comunale di Livorno, è il risultato di un aggiornamento di un precedente documento già inviato il 30 gennaio 2020 all'Azienda USL Toscana Nord-Ovest per gli effetti dell'art. 3 comma 1 lettera 3 dell'Accordo sottoscritto tra Regione Toscana, lo stesso Comune di Livorno e l'Azienda USL Toscana Nord-Ovest in data 12 dicembre 2019.

Tale aggiornamento si è reso necessario in seguito ad un preliminare Studio di fattibilità per il Nuovo Presidio ospedaliero di Livorno pervenuto dall'Azienda USL Toscana Nord-Ovest in data 14 aprile 2020.

La presente relazione compendia lo stato delle conoscenze geologiche e di caratterizzazione dei suoli dell'area in cui si intende edificare il Nuovo Presidio Ospedaliero di Livorno.

Il lavoro definisce:

- i markers geologici-idrogeologici-sismici dell'area sulla base degli studi eseguiti a supporto del Piano Strutturale (approvato nel 2019) ed a supporto alla Microzonazione Sismica di Livello 2;
- raccoglie e informatizza i dati geognostici significativi e disponibili sia nel Comune di Livorno, sia presso l'Azienda ASL Toscana Nord-Ovest;
- una prima proposta di Piano di Indagine geognostico (con le due canoniche modalità diretta ed indiretta) per supportare le varie fasi di progettazione dell'opera.

INDICE

1 INTRODUZIONE.....	2
2 QUADRO NORMATIVO.....	3
3 CLASSIFICAZIONE DELL'INTERVENTO AI SENSI DEL D.P.G.R. 36/2009.....	4
4 QUADRO CONOSCITIVO.....	4
4.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	4
4.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	4
4.3 ELEMENTI DI EVOLUZIONE PALEOGEOGRAFICA DELLE AREE.....	5
4.4 GEOLOGIA DI SUPERFICIE DELL'AREA IN ESAME.....	6
5 ASPETTI SISMICI DELL'AEREA.....	6
5.1 CLASSIFICAZIONE ZONA SIMICA REGIONE TOSCANA	6
5.2 CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO PER AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE.....	7
5.3 AZIONE SISMICA.....	7
5.4 PARAMETRI SISMICI.....	8
6 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA, SISMICA E IDRAULICA.....	12
6.1 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA.....	12
6.2 PERICOLOSITÀ IDRAULICA.....	12
6.3 PERICOLOSITÀ SISMICA.....	14
7 MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	14
7.1 RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA.....	14
7.2 PARAMETRI GEOTECNICI (VALORI MEDI).....	16
7.3 ELEMENTI IDROGEOLOGICI GENERALI DI UN'AREA SIGNIFICATIVA.....	16
7.4 IDROGEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA APPLICATE ALL'INTERVENTO PROPOSTO.....	17
8 PROPOSTA CAMPAGNA GEOGNOSTICA.....	17
ALLEGATI:.....	20

1 INTRODUZIONE

Il presente documento viene redatto a supporto dello studio di fattibilità per la realizzazione del nuovo Presidio Ospedaliero di Livorno ubicato in Viale Vittorio Alfieri n. 36 - Livorno,

Il nuovo ospedale avrà una tipologia edilizia molto compatta così da occupare una più ridotta superficie; avrà infatti una forma volumetrica articolata al fine di mitigare la sua dimensione e sarà provvisto di ampi cortili interni e di numerose chiostre.

La nuova struttura, costituita da tre piani fuori terra e da un piano seminterrato, sarà ubicata nell'area ex-Pirelli ed avrà una dimensione complessiva di circa 66.300 mq oltre a circa 9600 mq del parcheggio interrato. La cubatura complessiva di nuova costruzione sarà di circa 285.000 mc escluso il parcheggio interrato.

Di seguito si riportano due planimetrie dell'area che verrà interessata dal nuovo P.O.; a sinistra lo stato attuale e a destra quello di progetto – si veda Immagine 1.



Immagine 1 – Foto aerea dell'area che interesserà il nuovo Presidio Ospedaliero (a) e planimetria generale dell'attuale P.O. Di Livorno (b).

Come visibile dalle due planimetrie presentate, il parco risulta interessato in misura ridotta e conserverà il massimo numero delle alberature presenti, mentre la nuova struttura verrà ubicata in corrispondenza della pista di pattinaggio. Nella pagina seguente si riporta un renderig preliminare del nuovo edificio – si veda Immagine 2.



Immagine 2- Rendering del nuovo Presidio Ospedaliero di Livorno

2 QUADRO NORMATIVO

La presente relazione è stata redatta in considerazione della normativa vigente in materia:

- D.M. 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche;
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- D.P.G.R. n. 36/R/2009 – Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della L.R. 65/2014 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico;
- D.P.G.R. n. 5/R/2020 - Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche;
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE recepita con D. Lgs 49/2010.

3 CLASSIFICAZIONE DELL'INTERVENTO AI SENSI DEL D.P.G.R. 36/2009

Ai sensi del D.P.G.R.T. 36/R del luglio 2009 art. 7 comma 3, la struttura in progetto rientra nella **classe di indagine n. 4**, riferita alle opere di volume lordo superiore a 6.000 mc, con altezza in gronda superiore a 10 m.

Con riferimento a tale classe d'indagine le considerazioni di natura geologica, geofisica e geotecnica saranno basate sugli esiti di un'apposita campagna gegnostica, da redigere in funzione del progetto definitivo.

4 QUADRO CONOSCITIVO

4.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in esame, ed un suo intorno significativo, risulta essenzialmente pianeggiante ed è posta a quote che variano da circa 9,00 a circa 10,00 metri s.l.m.m.; si colloca a circa 1,6 km dalla linea media della costa e risulta inserita in un contesto densamente edificato posto al centro del tessuto urbano della città - si veda **Figura 1** in allegato.

L'attuale complesso ospedaliero, denominato "Spedali Riuniti", confina con una parte del parco pubblico "S. Pertini", noto anche con lo storico nome di "Parterre", realizzato tra il 1830 ed il 1854 su progetto e direzione dell'architetto Pasquale Poccianti, sul quale si affacciano le vecchie strutture della ex Pirelli – Sice Cavi che saranno, unitamente al parco, inglobate nel nuovo progetto dell'Ospedale.

4.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il sito in oggetto si inserisce su terreni appartenenti alla vasta spianata riferibile all'episodio trasgressivo tardo-quadernario che ha determinato la formazione del cosiddetto "Terrazzo di Livorno"; pertanto ubicandosi su di una vasta area pianeggiante, posta ad una quota poco al di sopra del livello del mare, non si rinvengono fenomeni di instabilità, di erosione diffusa o cedimento particolarmente apprezzabili né tanto meno condizioni che possano far presagire un loro futuro innesco.

Le caratteristiche morfologiche di estrema semplicità che caratterizzano il sito in studio, conferiscono all'area buone condizioni di stabilità provate anche dall'elevata densità edificatoria che si colloca nell'immediato intorno.

4.3 ELEMENTI DI EVOLUZIONE PALEOGEOGRAFICA DELLE AREE

La piana di Livorno, dal mare fino all'orlo occidentale dei Monti e delle Colline Livornesi, è costituita da vari ordini di terrazzi ed è separata a nord della zona depressa di Ponte Ugione da una scarpata morfologica rilevabile tra S. Stefano ai Lupi e la Fattoria Suese - si veda Immagine 3.

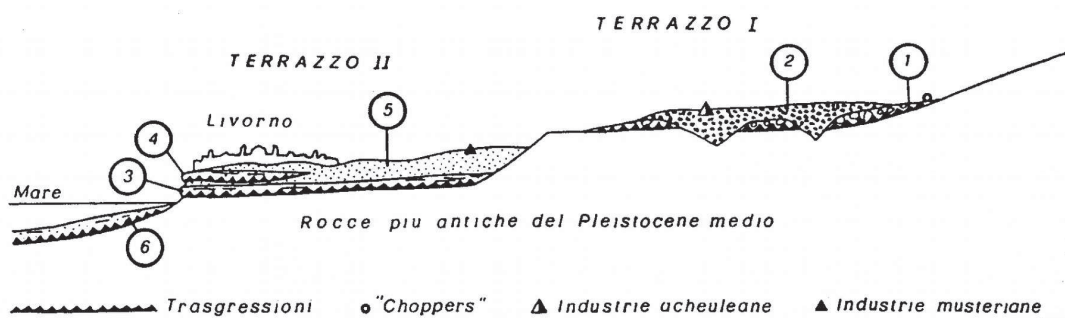


Immagine 3 - Schema stratigrafico dei dintorni di Livorno

Qui sono evidenziati:

- La spianata del Terrazzo della Fattoria Pianacce, modellata durante l'interglaciale Mindel-Riss ad una quota sicuramente più bassa rispetto agli attuali 125 m. Si ipotizza quindi abbia subito un sollevamento epirogenetico;
- La spianata del Terrazzo di Livorno che è stata modellata nell'interglaciale Riss-Wurm ad una quota non molto differente rispetto a quella alla quale si trova attualmente;
- La trasgressione post-wurmiana (o "versiliana" secondo Blanc, 1937) che ha in parte demolito il terrazzo precedente raggiungendo il livello attuale del mare e depositando i suoi sedimenti al fondo di questo (depositi olocenici).

Studi geologici hanno individuato nella Piana n. 6 diverse unità stratigrafiche, indicate nell'immagine 6, tutte del Pleistocene (Quaternario), e riconoscibili nei terrazzi.

I sedimenti pleistocenici, almeno nelle aree poste al margine settentrionale di nostro interesse, hanno spessori modesti e poggiano su un substrato di terreni argillosi del Pliocene o del Pleistocene Inferiore. La Via Firenze, ubicata pochi chilometri più a nord, marca il limite dell'affioramento della formazione delle Sabbie d'Ardenza il cui spessore, disomogeneo, diviene più importante procedendo verso ovest.

La spianata fa parte del "Terrazzo di Livorno" e ne costituisce un tratto del limite settentrionale. Questo terrazzo è stato modellato alla base da una trasgressione marina che ha rappresentato un evento ben individuabile nel Livornese, poiché segna l'inizio del Pleistocene Superiore (circa 230.000 anni fa); sopra l'abrasione si hanno sedimenti marini con spessori esigui mentre risulta maggiore lo spessore dei successivi depositi.

4.4 GEOLOGIA DI SUPERFICIE DELL'AREA IN ESAME

La zona in oggetto si colloca sulla recente superficie terrazzata relativa agli episodi sedimentari di trasgressione marina verificati. Raramente si rinvencono terreni naturali in affioramento data l'estesa antropizzazione dell'area, tuttavia in generale si può far riferimento alle formazioni comunemente associate all'episodio di più recente deposizione (età tardo quaternaria, Pleistocene superiore) del "Terrazzo di Livorno", ossia alle "Sabbie di Ardenza" (q9) secondo la nomenclatura adottata nella cartografia da Mazzanti (1987), o Sabbie Rosso Arancio di Donoratico (QSD) – si veda **Figura 2** in allegato.

Tale formazione comprende depositi di natura continentale corrispondenti alle fasi epiglaciali di maggior ritiro del livello del mare e di più ampia continentalizzazione, caratterizzati da spessori variabili, difficilmente maggiori di 5/6 m, ed è costituita in prevalenza da sabbie molto fini di accumulo eolico e di colore rosso-arancio, anche se non è raro ritrovare livelli più limosi e passate di ghiaia.

5 ASPETTI SISMICI DELL'AREA

5.1 CLASSIFICAZIONE ZONA SISMICA REGIONE TOSCANA

Per quanto attiene agli aspetti sismici, tutto il territorio regionale della Toscana viene considerato sismico e distinto in differenti zone a seconda del differente grado di pericolosità sismica di base.

In particolare, il Comune di Livorno viene identificato con Deliberazione di Giunta Regionale n. 421 del 26/05/2014 nella **zona sismica 3**.

5.2 CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO PER AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE

Le numerose indagini geofisiche di riferimento al presente studio hanno permesso di individuare la velocità media delle onde Vs nei primi 30 metri di sottosuolo comprese tra 180 m/s e 360 m/s e pertanto i terreni in esame appartengono alla categoria di sottosuolo "C": *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

5.3 AZIONE SISMICA

La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Di seguito si riporta la tabella con l'indicazione della vita nominale per diversi tipi di opere:

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale VN (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

In base a quanto riportato nella tabella sopra esposta (Tab. 2.4.I delle NTC 2018), la vita nominale delle opere di progetto è: $VN \geq 100$ anni.

Le costruzioni di progetto appartengono alla Classe d'uso IV, così definita:

Classe IV : *Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.*

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR, che si ricava per ciascun tipo di costruzione moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:

$$VR = VN \times CU$$

In sintesi si ha:

Tipo di costruzioni: 3

Vita nominale (VN): 100 anni

Classe d'uso in presenza di azioni sismiche: IV

Coefficiente d'uso (CU): 2

Periodo di riferimento per l'azione sismica: $VR = 100 \times 2 = 200$ anni

In relazione agli stati limite cui devono essere effettuate le verifiche, vengono fissate le relative probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui corrispondono i tempi di ritorno T_R . Per ciascun valore di P_{VR} vengono indicati i caratteri spettrali del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale, sulla base delle seguenti grandezze:

1. a_g = accelerazione massima al sito;
2. F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
3. T_{c*} = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

5.4 PARAMETRI SISMICI

I valori dei parametri sismici, una volta definite le caratteristiche dell'intervento e la categoria del sottosuolo di fondazione, sono stati calcolati a partire dalle coordinate dell'area in questione e interpolando con il metodo della media pesata, rispetto ai quattro nodi del reticolo di riferimento più vicini.

Sito in esame	Siti di riferimento				
Latitudine: 43,550858 longitudine: 10,323926 Classe: 4 Vita nominale: 100	Sito 1	ID: 20269	Lat: 43,6954	Lon: 10,4474	Distanza: 1757,206
	Sito 2	ID: 20270	Lat: 43,6972	Lon: 10,5165	Distanza: 3807,718
	Sito 3	ID: 20048	Lat: 43,7471	Lon: 10,5141	Distanza: 6605,115
	Sito 4	ID: 20047	Lat: 43,7453	Lon: 10,4450	Distanza: 5673,024
Categoria sottosuolo: C Periodo di riferimento: 100 anni Categoria topografica: T1 Coefficiente cu: 2					
Parametri sismici			Coefficienti Sismici		
Operatività (SLO):			SLO:		
Probabilità di superamento:	81	%	Ss:	1,500	
Tr:	120		Cc:	1,650	
[anni]			St:	1,000	
a_g :	0,069	g	Kh:	0,021	
F_o :	2,471		Kv:	0,010	
T_{c*} :	0,255	[s]	Amax:	1,010	
			Beta:	0,200	

Danno (SLD):		SLD:	
Probabilità di superamento:	63 %	Ss:	1,500
Tr:	201	Cc:	1,640
[anni]		St:	1,000
ag:	0,088 g	Kh:	0,026
Fo:	2,437	Kv:	0,013
Tc*:	0,260 [s]	Amax:	1,288
		Beta:	0,200
Salvaguardia della vita (SLV):		SLV:	
Probabilità di superamento:	10 %	Ss:	1,410
Tr:	1898	Cc:	1,600
[anni]		St:	1,000
ag:	0,195 g	Kh:	0,066
Fo:	2,502	Kv:	0,033
Tc*:	0,280 [s]	Amax:	2,703
		Beta:	0,240
Prevenzione dal collasso (SLC):		SLC:	
Probabilità di superamento:	5 %	Ss:	1,380
Tr:	2475	Cc:	1,590
[anni]		St:	1,000
ag:	0,211 g	Kh:	0,082
Fo:	2,523	Kv:	0,041
Tc*:	0,283 [s]	Amax:	2,861
		Beta:	0,280

Dato il contesto geomorfologico dell'area in esame l'azione sismica può dunque essere calcolata a partire dai dati sopra riportati e considerando l'amplificazione sismica locale per effetto stratigrafico da valutarsi mediante l'assegnazione della "categoria di sottosuolo" attribuibile al terreno *in situ* secondo i criteri stabiliti al paragrafo 3.2.2. del DM 17/01/2018 e per effetto topografico secondo i criteri indicati nello stesso riferimento Normativo.

La stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido (ovvero caratterizzato da velocità delle onde sismiche trasversali $V_s \geq 800$ m/sec), viene affrontata dal D.M. 14 gennaio 2008, così come dal recente D.M. 2018, mediante un approccio "sito dipendente" e non più "zona dipendente": in altre parole, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, questo sarà sempre compreso tra quattro dei 10751 punti della griglia di accelerazioni (calcolate per un tempo di ritorno di 475 anni) indicate nelle Mappe di Pericolosità Sismica Nazionale di cui all'Allegato A delle NTC e, tramite media pesata, ad esso competerà un valore specifico di accelerazione.

L'accelerazione in superficie può tuttavia essere tuttavia notevolmente amplificata dalle condizioni stratigrafiche e morfologiche di sito: con l'analisi e la valutazione integrata di tutti gli elementi geologico-stratigrafici e morfologici presenti e con specifiche indagini geofisiche e geotecniche,

possono essere qualitativamente evidenziate le aree ove è possibile il verificarsi di effetti locali o di sito.

Con il termine Microzonazione Sismica si intende l'attività di valutazione su un territorio, a scala comunale, delle modificazioni apportate allo scuotimento del suolo dalle condizioni geologicotecniche e dalle condizioni topografiche locali.

Il comune di Livorno, con Delibera di Giunta Comunale n. 462 del 10.07.2018, ha approvato gli Studi di Microzonazione Sismica di 1° Livello (MS1) ed a seguire, con Delibera di Giunta Comunale n. 13 del 14.01.2020, ha proceduto all'approvazione degli Studi di Microzonazione Sismica di 2° Livello (MS2) ed analisi delle Condizioni Limite per l'Emergenza (CLE).

Gli elementi conoscitivi per la valutazione degli effetti locali e di sito permettono la realizzazione di opportuni studi di MS (microzonazione sismica) secondo le specifiche tecniche definite negli ICMS (Indirizzi e Criteri generali per la Microzonazione Sismica, approvati dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento Protezione Civile e dalla Conferenza Unificata delle Regioni e delle Province Autonome in data 13.11.08).

Lo studio di MS di livello 1 ha consentito la stesura della Carta delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica), con la quale sono state identificate le aree per le quali non sono richiesti ulteriori studi di approfondimento. In caso contrario il livello 1 rappresenta un livello propedeutico ai successivi studi di approfondimento della MS relativi alla suddivisione del territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico.

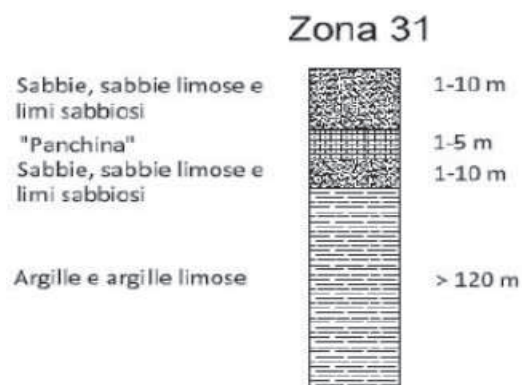
Lo studio di Microzonazione Sismica di 2° Livello ha come fine principale la raccolta di tutti i dati geologici provenienti da lavori pubblici e privati al fine di definire coefficienti di amplificazione per individuare, in via preliminare, con criteri speditivi le zone a maggior rischio sismico da sottoporre in seguito ad ulteriori studi particolareggiati (3° Livello).

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica costituisce il documento fondamentale del primo livello di approfondimento. La carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e delle valutazioni dei dati litostratigrafici è prevedibile l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc...).

Le microzone identificate possono essere classificate in tre categorie ben distinte:

- a) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura;
- b) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, con effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;
- c) zone di attenzione per le instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti nel territorio. I principali tipi di instabilità sono: instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci e cedimenti differenziali.

Dagli studi di MS di Livello 2 emerge che l'area oggetto di intervento ricade tra le zone di attenzione per instabilità e più precisamente nella Zona 31 - si veda **Figura 7** in allegato.



Le zone di attenzione per instabilità del territorio comunale sono riferibili a due tipi di instabilità ovvero legati o a fenomeni gravitativi oppure da liquefazione di tipo 1.

L'area in studio rientra tra le zone suscettibili di liquefazione di Tipo 1 (ZALQ1) ovvero quelle zone nelle quali gli studi di MS hanno verificato l'esistenza di n. 4 condizioni predisponenti:

- Terreni Sabbiosi
- Falda a profondità inferiore a 15,00 m;
- Magnitudo attesa al sito MW > 5;
- Accelerazioni massime in superficie (pga) > 0,1g.

Tali zone saranno comunque rivalutate e quindi confermate o smentite dal successivo livello di approfondimento ovvero il Livello 3 degli studi di microzonazione sismica.

La Zona 31, così definita, risulta costituita da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi (1,00-10,00 m), su panchina (1,00-5,00 m), su sabbie limose e limi sabbiosi (1,00-10,00 m), su argille e argille limose (> 120 m).

6 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA, SISMICA E IDRAULICA

6.1 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

Secondo la cartografia tematica di corredo al Piano Strutturale, redatta ai sensi del D.P.G.R. 53/R/2011, l'area in esame ricade in classe di pericolosità geologica **G.2** – *Pericolosità media*, si veda **Figura 4** in Allegato.

6.2 PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Dal punto di vista normativo, secondo il Piano Gestione Rischio Alluvioni – Distretto Appennino Settentrionale, l'area in esame ricade in classe di pericolosità **P.1** - *alluvioni rare di estrema intensità* – si veda Immagine 4.



Immagine 4 – Stralcio carta pericolosità idraulica P.G.R.A.

In base alla carta di pericolosità idraulica tratta dal Piano Strutturale 2, redatta ai sensi del D.P.G.R. 53/R/2011, l'area in esame risulta classe P.I.2. - *Pericolosità media*, si veda **Figura 5** in Allegato.

L'area in passato era interessata dalla presenza dall'attraversamento del **Torrente Riseccoli**, il cui alveo è stato interrato nella prima metà dell'800 ed intubato a partire del Cisternone ed il cui percorso si sviluppa lungo l'odierna via Palestro e via Galilei.

Il tragitto del Torrente Riseccoli è identificabile sia nella seguente Pianta della Città di Livorno - anno 1844 (si veda Immagine 5), sia nella Carta del Castasto Leopoldino (si veda Immagine 6).

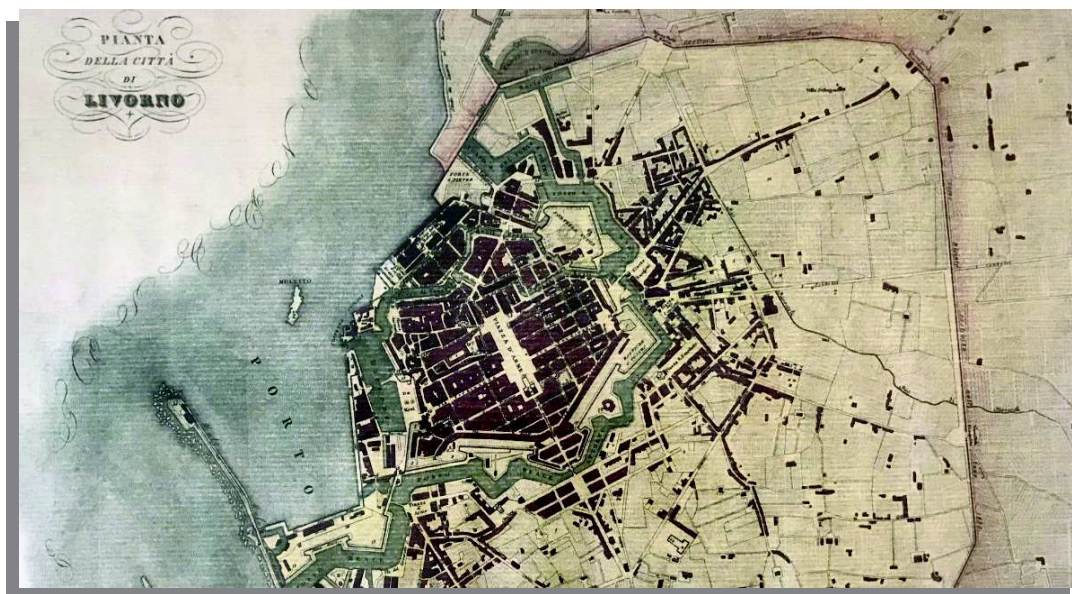


Immagine 5 - Pianta della Città di Livorno (anno 1844)



Immagine 6 - Pianta della Città di Livorno (anno 1844)

Pertanto, alla luce della presenza del vecchio torrente, si dovrà tenere presente che la realizzazione del piano seminterrato della nuova struttura ospedaliera e soprattutto la realizzazione del

parcheggio interrato andranno probabilmente a modificare l'assetto idrogeologico esistente considerato che saranno eseguiti ingenti scavi nel terreno permeabile dove ha sede l'acquifero confinato.

In conseguenza alla realizzazione dei volumi interrati, potrebbe generarsi un *innalzamento del livello piezometrico della falda acquifera confinata* che risente del regime pluviometrico e che attualmente si trova a circa 2,80 m da piano campagna.

6.3 PERICOLOSITÀ SISMICA

Considerato il contesto dell'area oggetto di intervento e così come indicato dalla cartografia di supporto al P.S. del Comune di Livorno, redatta ai sensi del D.P.G.R. 53/R 2011 l'area in esame risulta ricadere in pericolosità sismica elevata "S.3" - si veda **Figura 6** in Allegato.

7 MODELLAZIONE GEOLOGICA

7.1 RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA

La stratigrafia dei terreni nell'area di progetto è stata determinata sulla base degli esiti delle indagini geognostiche di riferimento fornite dall'Azienda USL e dal progetto Docup della Regione Toscana. L'ubicazione delle indagini sono riportate nelle **Tavole 1 e 2** allegate.

Di seguito si riporta la sezione litostartigrafica interpretativa – si veda Immagine 7 -, ricostruita in base al sondaggio a carotaggio continuo "S4", spinto fino a 30 m di profondità (Indagine eseguita per il Programma DOCUP) e dei sondaggi "S1" e "S2" spinti a 35 m di profondità (Indagini fornite da Azienda USL Toscana Nord).

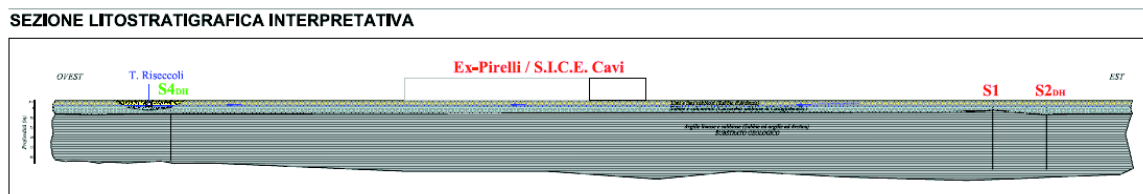


Immagine 7 – Sezione litostratigrafica interpretativa

Dall'analisi dei dati emersi delle indagini di riferimento, l'assetto litostratigrafico dei terreni in oggetto può essere schematizzato come indicato nella pagina seguente (si veda Immagine 8).

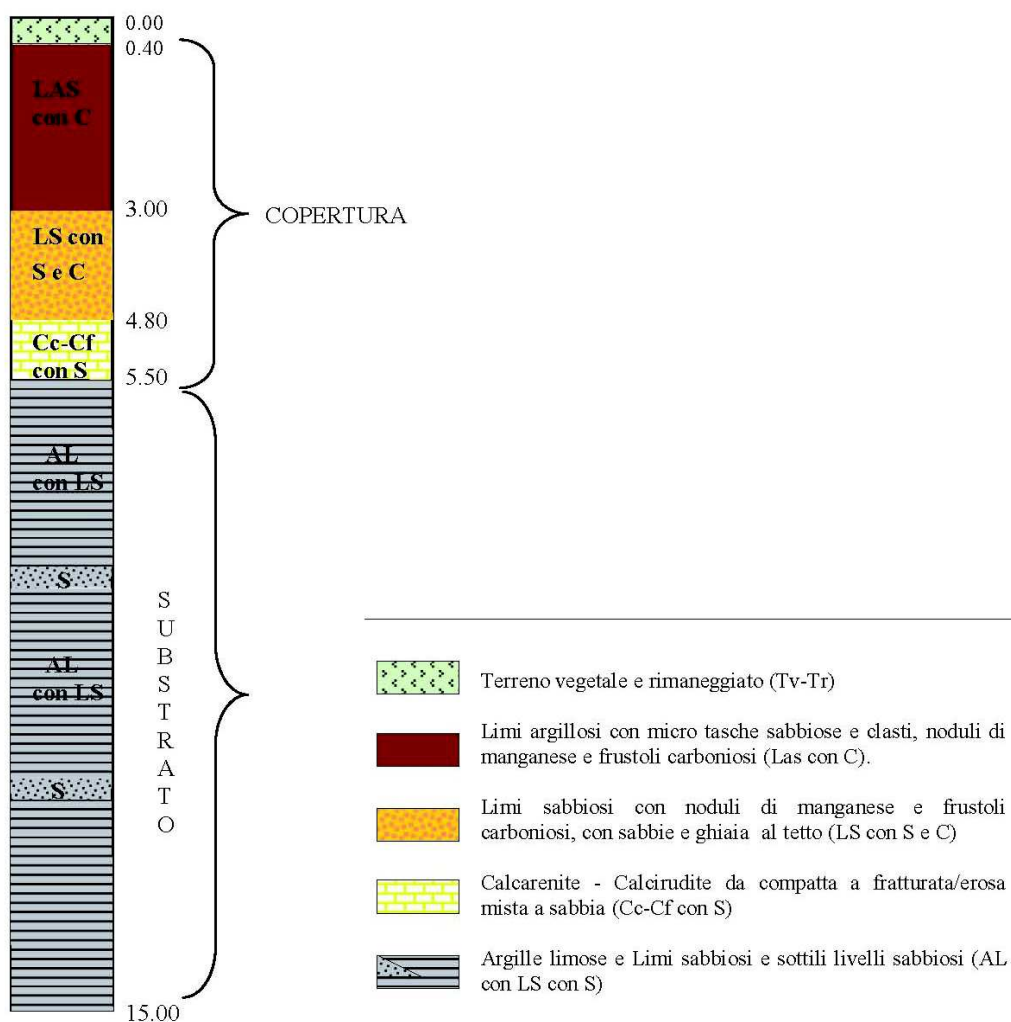


Immagine 8 - Stratigrafia dei terreni in esame

7.2 PARAMETRI GEOTECNICI (VALORI MEDI)

UNITÀ LITOTECNICA A → m -0.4 ÷ -3.0

Coincide con l'Unità Litologica *LAS con C e tasche sabbiose*. La frazione limosa e argillosa prevalente conferisce a questi terreni un comportamento meccanico di tipo coesivo. E' dotata di caratteristiche di media consistenza/media deformabilità. Nella sua porzione inferiore è interessata dalle oscillazioni della falda superficiale. E' sede delle opere di fondazione. Viene caratterizzata dai seguenti parametri geotecnici medi:

- Peso di volume γ_m : 19.0-20.0 kN/m³
- Resistenza al taglio non drenata c_{um} : 90-110 kN/m²
- Coesione Drenata c'_m : 16 kN/m²
- Angolo di attrito ϕ'_m : 29°
- Modulo edometrico E_m : 5000-6500 kN/m²

UNITÀ LITOTECNICA B → m -3.0 ÷ -4.8

Coincide con l'Unità Litologica *LS con S e con C e Gh al tetto*. Nonostante la diffusa presenza di sabbie e clasti (con ghiaietto al tetto) la frazione limosa prevalente conferisce a questi terreni un comportamento meccanico di tipo coesivo. E' dotata di caratteristiche di media consistenza/media deformabilità. E' interessata dalla falda superficiale. Viene caratterizzata dai seguenti parametri geotecnici medi:

- Peso di volume γ_m : 18.5-19.5 kN/m³
- Resistenza al taglio non drenata c_{um} : 80-100 kN/m²
- Modulo edometrico E_m : 4500-6000 kN/m²

UNITÀ LITOTECNICA C → m -4.8 ÷ -5.5

Coincide con l'Unità Litologica *Cc-Cf con S* con comportamento meccanico di tipo incoerente. Pur in presenza di una forte fratturazione, è dotata di buone caratteristiche di consistenza e bassa deformabilità. E' sede dalla falda superficiale. Viene caratterizzata dai seguenti parametri geotecnici medi:

- Peso di volume γ_m : 19.0-20.0 kN/m³
- Angolo di attrito ϕ_m : 31-33°
- Densità relativa $D_{r,m}$: 70-80%
- Modulo edometrico E_m : 14000-17000 kN/m²

UNITÀ LITOTECNICA D → m -5.5 ÷ >-15.0

Coincide con l'Unità Litologica *AL con LS (ed S)*, con comportamento meccanico di tipo coesivo. E' dotata di mediocri caratteristiche di consistenza ed elevata deformabilità. Alla scala dell'intervento può essere considerato come substrato dell'area. Viene caratterizzata dai seguenti parametri geotecnici medi:

- Peso di volume γ_m : 18.0-18.5 kN/m³
- Resistenza al taglio non drenata c_{um} : 40-50 kN/m²
- Modulo edometrico E_m : 4000-5000 kN/m²

7.3 ELEMENTI IDROGEOLOGICI GENERALI DI UN'AREA SIGNIFICATIVA

Dal punto di vista idrogeologico l'area della spianata è contraddistinta da un substrato pleistocenico, a netta prevalenza argilloso, che nel complesso risulta praticamente impermeabile e la circolazione idrica è confinata nel pacco di terreno più superficiale.

La falda superficiale, si intercetta nelle formazioni più permeabili ad una profondità di circa - 2,00/ -2.80 m ed è soggetta a variazioni stagionali.

Nella spianata gli acquiferi e la circolazione d'acqua sotterranea interessano uno spessore di terreno fino alla profondità massima di 5,00 – 6,00 metri da p.c.; oltre e per notevoli spessori si incontra la formazione argillosa impermeabile salvo i livelli sabbiosi al tetto che possono costituire acquiferi .

7.4 IDROGEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA APPLICATE ALL'INTERVENTO PROPOSTO

Per quanto concerne l'*idrologia* generale dell'area, si specifica che fino alla prima metà dell'800 questa era interessata dall'attraversamento del corso d'acqua denominato Torrente Riseccoli e che, come già precedentemente indicato, ad oggi risulta totalmente interrato.

Dal punto di vista *idrogeologico*, nei terreni della copertura terrazzata, costituiti in prevalenza dalle “Sabbie di Ardenza”, in corrispondenza dei livelli più porosi a matrice limosa e sabbio-limosa, ha sede un reticolo idrico sotterraneo con direttrici di scorrimento prevalentemente orientate secondo pendenze che degradano verso il mare.

In particolare, nei terreni in oggetto, sembra esistere un deflusso idrico sotterraneo di buona entità poiché l'acquifero è costituito da coltri sabbiose di spessore rilevante confinate entro un esiguo livello di panchina superiore.

Tali coltri, profonde circa 6,00/7,00 m da p.c., sono in contatto di ricarica con le paleoalluvioni del Rio Riseccoli, alimentate da circolazione proveniente dalle colline livornesi, il cui alveo sepolto si trova poco a sud della zona di intervento.

8 PROPOSTA CAMPAGNA GEOGNOSTICA

A completamento delle informazioni di carattere geologico e stratigrafico attualmente disponibili, di seguito proponiamo la seguente campagna di indagini geognostiche dirette ed indirette in ottemperanza a quanto previsto dal D.P.G.R 36/R/2009, considerato che gli interventi ricadono in Classe di indagine n.4.

La campagna di indagini geognostiche potrà essere così articolata:

- Realizzazione di almeno n. 8 sondaggi a carotaggio continuo, di cui n. 2 spinti fino a 30,00 m di profondità da p.c. (S3 e S7) e gli altri a 15,00/20,00 m di profondità da p.c.;
- Dei sondaggi sopra indicati, n. 5 saranno attrezzati a piezometro a tubo aperto nei fori di sondaggio (S1, S4, S5, S6 e S7), microfessurati nelle litologie di natura granulare e rilievo dei livelli piezometrici con l'ausilio di un sondino freaticometrico centimetrato.

- Realizzazione di prove S.P.T. in foro, da realizzarsi ogni 2,00 m di avanzamento dei sondaggi;
- Realizzazione di almeno n. 2 indagine sismica tipo Down-Hole (DH) da eseguire nel foro di sondaggio "S3" e "S7", appositamente predisposto a tale scopo, con sismografo digitale multicanale e sensore tridimensionale; in onde P ed SH con intervallo di misura di 1,0 m per ogni registrazione fino a 30.0 m da p.c., comprensiva di Report di elaborazione dati (restituzione cartografica in scala non inferiore a 1:500 e indicazione delle superfici di discontinuità e indicazione del valore Vs30);
- Realizzazione di almeno n.2 stendimenti sismici a rifrazione (ST1 e ST2);
- Realizzazione di almeno n. 4 prove penetrometriche statiche (CPT) condotte fino a rifiuto strumentale (profondità massima 20,00/25,00 m da p.c.), comprensive di elaborazione e restituzione grafica. Nel caso di difficoltà nell'avanzamento, a causa delle caratteristiche granulometriche dei terreni, l'indagine verrà condotta in maniera dinamica (DPSH);
- Realizzazione di almeno n. 2 prove penetrometriche con piezocono (CPTU) fino a rifiuto strumentale (profondità massima 20,00 m da p.c.);
- Prelievo di campioni indisturbati dai sondaggi, da avviare ad analisi di laboratorio consistenti in:
 - analisi granulometrica da eseguirsi mediante setacciatura / sedimentazione;
 - determinazione caratteristiche fisiche e delle proprietà indice, peso di volume e umidità naturale;
 - limiti di Atterberg;
 - prova di taglio diretto consolidata drenata CD;
 - prova Edometrica.
- Realizzazione di analisi granulometriche da eseguirsi mediante setacciatura/sedimentazione sui campioni prelevati dalle prove SPT;

L'ubicazione della campagna geognostica sopra esposta è riportata nella Tavola 2 in allegato.

Si precisa che il numero e l'ubicazione delle indagini previste potrà essere variata sulla base del progetto definitivo e a causa di eventuali impedenze, che potrebbero emergere dal sopralluogo da eseguirsi con la ditta appaltatrice. Durante il sopralluogo saranno inoltre fornite le specifiche indicazioni relative agli accessi e all'eventuale presenza di sottoservizi al fine di evitare interferenze durante l'esecuzione delle indagini.

Ai sensi delle NTC 2018, le prove di laboratorio dovranno essere eseguite e certificate dai Laboratori, iscritti al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (art.59 del D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380).

ALLEGATI:

ELENCO FIGURE:

Di seguito si riporta l'elenco delle Figure di inquadramento dell'area in esame.

- ✓ **Figura 1** – Corografia (scala 1:10.000)
- ✓ **Figura 2** – Stralcio Carta Geologica – Tratta dal Piano Strutturale 2 del Comune di Livorno (scala 1:0.000)
- ✓ **Figura 3** – Stralcio Carta Idrogeologica – Tratta dal Piano Strutturale 2 del Comune di Livorno (scala 1:0.000)
- ✓ **Figura 4** – Stralcio Carta Pericolosità geologica – Tratta dal Piano Strutturale 2 del Comune di Livorno (scala 1:0.000)
- ✓ **Figura 5** – Stralcio Carta Pericolosità idrogeologica – Tratta dal Piano Strutturale 2 del Comune di Livorno (scala 1:0.000)
- ✓ **Figura 6** – Stralcio Carta Pericolosità sismica – Tratta dal Piano Strutturale 2 del Comune di Livorno (scala 1:0.000)
- ✓ **Figura 7** – Stralcio Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – Tratta dallo Studio di Microzonazione sismica Livello 2 – Regione Toscana (scala 1:0.000)

TAVOLA 1: UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO. RACCOLTA DEI DATI DI BASE FORNITI DAL COMUNE DI LIVORNO, DALLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2 E DALL'AZIENDA USL TOSCANA NORD OVEST

TAVOLA 2: UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO, PROPOSTA DI CAMPAGNA GEOGNOSTICA NELLA ZONA DI INSERIMENTO DEL NUOVO OSPEDALE E SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA INTERPRETATIVA

RACCOLTA DATA BASE: RISULTATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO