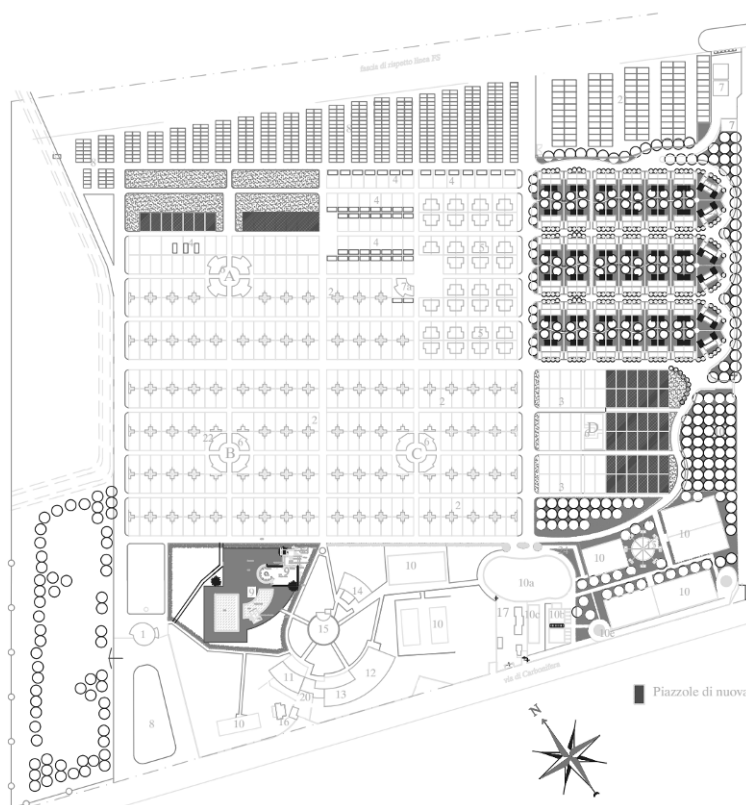


COMUNE DI PIOMBINO
Provincia di Livorno

CAMPEGGIO PAPPASOLE
INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE
DI SUPPORTO AL PIANO DI LOTTIZZAZIONE PER
RICONVERSIONE PIAZZOLE - RIF. SCHEDA PV 18
REGOLAMENTO URBANISTICO COMUNE DI PIOMBINO



Firmato digitalmente da

LUCA MAZZEI

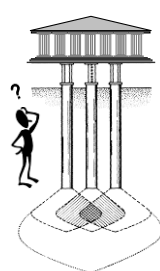
CN = MAZZEI LUCA
T = Geologo OGT
SerialNumber =
IT:MZZLCU63T04E715W
C = IT
Data e ora della firma:
16/12/2016 16:39:37

INDAGINE GEOLOGICO-TECNICA DI FATTIBILITA'

D.P.G.R.T. n.53/R del 25/10/2011 – L.R.T. n. 21 del 21/05/2012

PROPRIETA' **PAPPASOLE S.p.A**
Via di Carbonifera, 14 PIOMBINO (LI)

PROGETTO **Studio Arch. DONELLA GARFAGNINI**
Via R. Fucini 31 - 57025 PIOMBINO (LI)



**STUDIO
GeoPlan**
GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE
RISCHIO IDRAULICO
SICUREZZA CANTIERI
✉ 57025 PIOMBINO (LI)
Corso Italia n. 3
☎ 0565225096 - 335 6295971
e-mail: geologomazzei@virgilio.it

Dicembre 2016

Geologo Dr. LUCA MAZZEI
n. 767 Ordine Geologi Toscana



INDICE

	PREMESSA E OBIETTIVI DEL PIANO	Pag. 1
§ 1	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO PER LE INDAGINI	Pag. 2
§ 1.1	SINTESI STUDIO IDRAULICO DELL'AREA	Pag. 2
§ 2	INQUADRAMENTO AREA	Pag. 3
§ 3	ELABORATI TEMATICI REDATTI	Pag. 4
§ 4	SCHEMA TETTONICO GENERALE DELL'AREA	Pag. 5
§ 5	INQUADRAMENTO AREA E DATI DI BASE	Pag. 7
§ 5.1	VINCOLI E FASCE DI RISPETTO	Pag. 7
§ 6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	Pag. 7
§ 6.1	SEZIONE GEOLOGICA	Pag. 8
§ 7	CARATTERI GEOMORFOLOGICI	Pag. 8
§ 8	ASSETTO IDROGEOLOGICO E PERMEABILITA'	Pag. 9
§ 9	CARATTERISTICHE LITOLOGICO-TECNICHE DEI DEPOSITI	Pag. 10
§ 9.1	PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DI MASSIMA DEL SOTTOSUOLO AI SENSI DM 14-01-2008	Pag. 10
§ 10	CLASSI DI PERICOLOSITA' AREA DI PIANO	Pag. 14
10.1	PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA	»
10.2	PERICOLOSITA' IDRAULICA	»
§ 11	CONCLUSIONI – CONDIZIONI DI FATTIBILITA'	Pag. 17
11.1	FATTIBILITA' GEOMORFOLOGICA	Pag. 17
11.2	FATTIBILITA' IDRAULICA	Pag. 18
	TAVOLE ALLEGATE ALLA RELAZIONE – VEDI ELENCO PAGINA SEGUENTE	
	ALTRI ALLEGATI	
	TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI DI MASSIMA	
	SCHEDE STRATIGRAFICHE DEI POZZI	
	SCHEDA PROVA DPSH	
	RELAZIONE PROVA SISMICA MASW ESEGUITA	

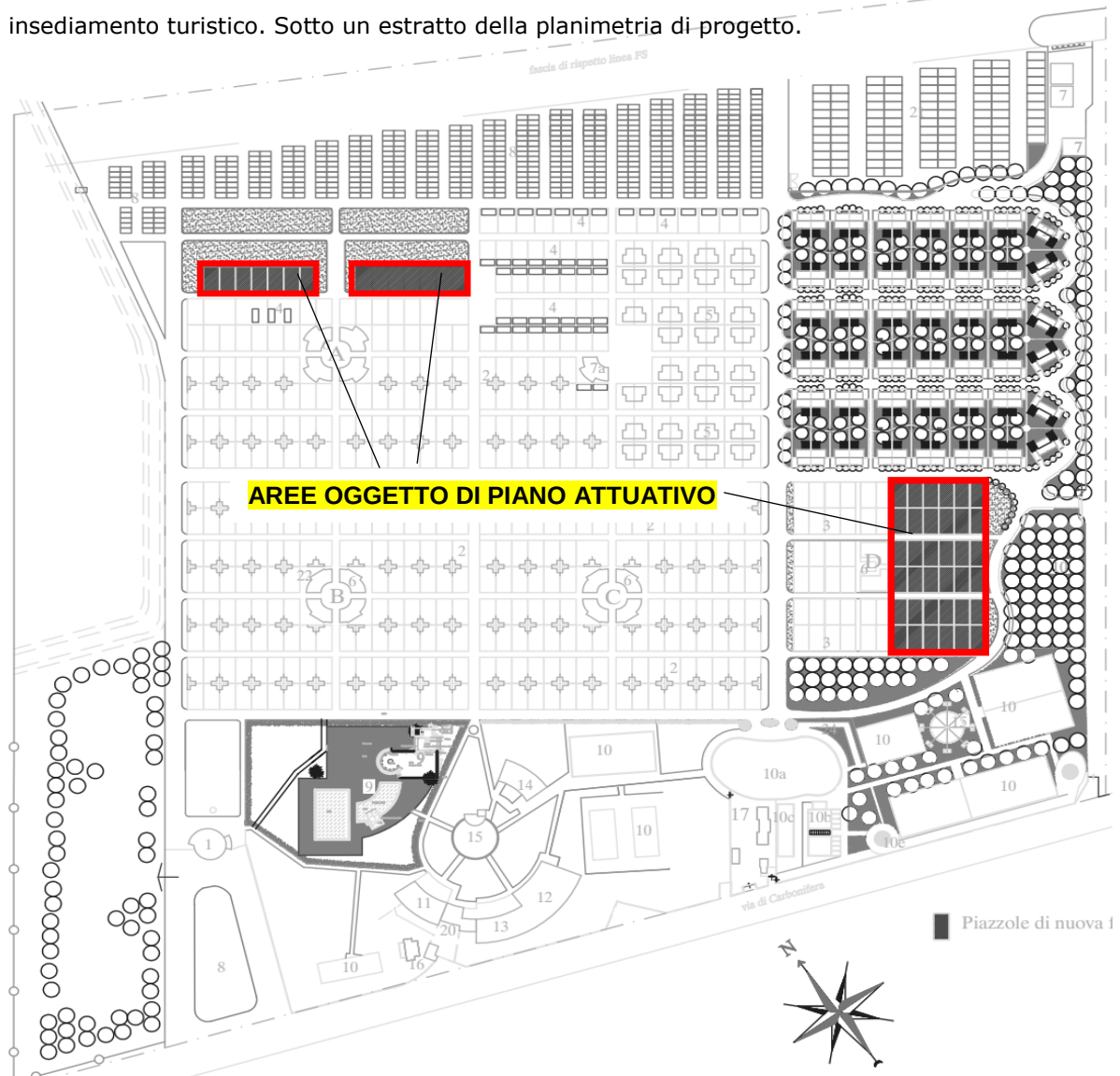
TAVOLE ALLEGATE
ALLA RELAZIONE GEOLOGICA
DI FATTIBILITA'

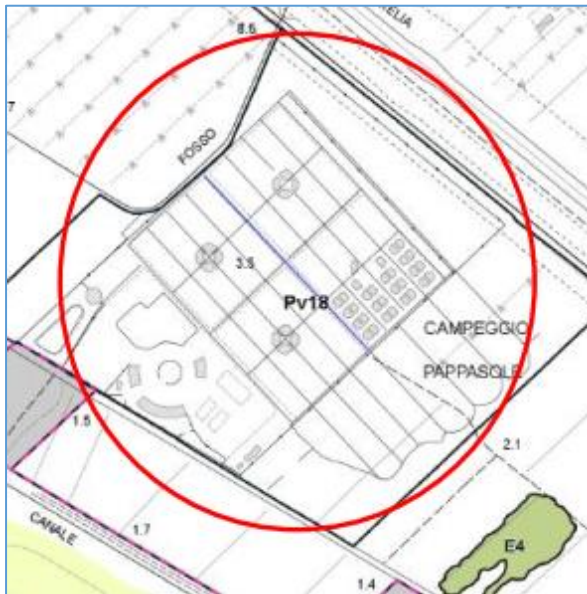
TAV. N. 1	<u>COROGRAFIA GENERALE E DATI GEOGNOSTICI DI BASE</u>
TAV. N. 2	<u>CARTA DEI VINCOLI</u>
TAV. N. 3	<u>CARTA DELLE FASCE DI RISPETTO E DI TUTELA</u>
TAV. N. 4A	<u>CARTA GEOLOGICA</u>
TAV. N. 4B	<u>SEZIONE GEOLOGICA AREA DI PROGETTO</u>
TAV. N. 5	<u>CARTA GEOMORFOLOGICA</u>
TAV. N. 6	<u>CARTA LITOSTRATIGRAFICA</u>
TAV. N. 7	<u>CARTA IDROGEOLOGICA E DELLA PERMEABILITA'</u>
TAV. N. 8	<u>CARTA LITOLOGICO-TECNICA</u>
TAV. N. 9	<u>ESTRATTO DA PLANIMETRIA DI PROGETTO PIANO ATTUATIVO</u>
TAV. N. 10A	<u>CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA</u> <u>QUADRO CONOSCITIVO R.U. VIGENTE</u>
TAV. N. 10B	<u>CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA</u> <u>PROPOSTA PER L'AREA DI PROGETTO</u>
TAV. N. 11A	<u>CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA</u> <u>QUADRO CONOSCITIVO R.U. VIGENTE</u>
TAV. N. 11B	<u>CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA</u> <u>QUADRO CONOSCITIVO P.G.R.A. VIGENTE</u>
TAV. N. 11C	<u>ESTRATTO CARTA DELLE AREE ESONDABILI PER TR 200</u> <u>DA STUDIO IDRAULICO MUCCETTI 2016 - SCENARIO 1 e 2</u>
TAV. N. 11D	<u>CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA</u> <u>PROPOSTA PER L'AREA DI PROGETTO</u>
TAV. N. 12A	<u>CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOMORFOLOGICA</u>
TAV. N. 12B	<u>CARTA DELLA FATTIBILITA' IDRAULICA</u>

PREMESSA E OBIETTIVI DEL PIANO

La presente Indagine Geologico Tecnica è eseguita a supporto di un **Piano Attuativo** che riguarda un settore del **Campeggio Pappasole**. Il Piano propone, all'interno del Campeggio Pappasole, la trasformazione e la diversa collocazione delle piazzole originariamente destinate per la sosta camper – 50 piazzole per 200 posti letto - in 50 piazzole per 200 posti letto per il campeggio. Tale variazione mantiene immutata la capacità recettiva complessiva del campeggio pari a 2568 posti letto. Tale modifica implica esclusivamente una diversa collocazione delle piazzole sopra descritte, che saranno poste in due aree distinte, ubicate in prossimità di un blocco di servizi igienici comuni e di altre piazzole così da conseguire una maggiore uniformità e qualità nei servizi offerti nell'ambito dell'intero insediamento turistico. Per ogni dettaglio ulteriore a livello progettuale si rimanda alla relazione del Progettista Arch. Donella Garfagnini.

L'intervento verrà attuato su un'area ubicata nel settore sud-est del campeggio esistente, attualmente libera da costruzioni, posta in prossimità di un blocco di servizi igienici comuni e di altre piazzole così da conseguire una maggiore qualità nei servizi offerti nell'ambito dell'intero insediamento turistico. Sotto un estratto della planimetria di progetto.





1 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO PER LE INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE

Le indagini sono state eseguite ai sensi del vigente D.P.G.R.T. n.53/R del 25/10/2011 ed hanno verificato, nella definizione delle Classi di Pericolosità e Fattibilità degli interventi, le prescrizioni e le fattibilità ammesse dalla L.R.T. n. 21 del 21/05/2012.

L'indagine è stata condotta relativamente al settore oggetto di Piano Attuativo e ad un suo conveniente intorno, integrando ed approfondendo con opportuno dettaglio le informazioni desunte dal quadro conoscitivo

del Piano Strutturale e del Regolamento Urbanistico vigente dal Comune di Piombino, per giungere quindi a definirne le **classi di Pericolosità Geomorfologica e Idraulica** (Piombino zona sismica 4 non ha obbligo di definizione della pericolosità sismica).

Quindi, confrontando la pericolosità con le destinazioni d'uso del progetto si è giunti a valutare la **CONDIZIONI DI FATTIBILITA'** dell'intervento che, nella fattispecie, è un semplice riutilizzo di area precedentemente adibita a piazzole per Camper in area adibita a piazzole per tende, senza nuovi volumi edilizi.

1.1 SINTESI STUDIO IDRAULICO DELL'AREA

Poiché le aree sono parzialmente interessate da Pericolosità Idraulica I3 nel RU di Piombino e da pericolosità P2 nel PGRA vigente (rif. Tavole Allegate) è stato eseguito uno Studio Idraulico (ing. Muccetti) che ha analizzato, limitatamente al Fosso San Pietro ed al Fosso Cervia, le reali condizioni di pericolosità idraulica dell'area, anche sulla base delle conoscenze note in atti e delle intervenute variazioni in termini di conoscenza dell'ambito territoriale in studio. A tale studio ci siamo uniformati nella redazione della Carta della Pericolosità Idraulica e nelle successiva Carta della Fattibilità Idraulica. L'analisi approfondita è fornita nei paragrafi successivi.

La normativa di riferimento per lo studio geologico-tecnico di fattibilità è, in ordine cronologico di approvazione, la seguente:

1 – D.G.R.T. n. 1330 del 20/12/2004 - Adozione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico per il bacino di rilievo regionale Toscana Costa, con decadenza dell'applicazione delle misure di salvaguardia ai sensi del D.L. n. 180/88 e della L. 183/89 di cui alla deliberazione della Giunta Regionale n. 831 del 23/07/2001;

2 – D.G.R.T. n. 431 del 19/06/2006 - Riclassificazione sismica del territorio regionale: "Attuazione del D.M. 14.9.2005 e O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006 pubblicata sulla G.U. dell' 11.5.2006".

3 – D.P.G.R.T. n. 26/R del 27/04/2007 – Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. n. 1 del 03/01/2005 (**Norme per il governo del territorio in materia di indagini geologiche**) che sostituisce il precedente D.C.R.T. 94/1985 introducendo, tra gli altri, sia una nuova definizione delle classi di pericolosità e fattibilità, sia il concetto di "pericolosità sismica locale".

4 – DM 14-01-2008 e s.m.i. (Norme Tecniche per le Costruzioni) che viene qui utilizzato per descrivere le prescrizioni in materia di indagini geologiche a supporto del futuro progetto esecutivo

5 – DPGR n. 36/R del 09-07-2009 – Questa normativa regionale è utilizzata in appoggio al DM 14-01-2008 per prescrivere la tipologia di indagini geognostiche che dovranno supportare il progetto esecutivo al momento della richiesta del permesso di costruire.

6 – D.P.G.R.T. n. 53/R del 25/10/2011 – Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. n. 1 del 03/01/2005 (**Norme per il governo del territorio in materia di indagini geologiche**) che sostituisce la precedente D.P.G.R.T. 26/R del 27-04-2007.

7 – L.R.T. n. 21 del 21-05-2012 - Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua.

8 – Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Appennino Settentrionale. Direttiva 2007/60/CE, D.Lgs. 152/2006, D.Lgs. 49/2010. Approvazione in data **03-03-2016** con Delibera del Comitato Istituzionale Integrato ex art. 4 comma 3 D.lgs. 219/2010

APPROFONDIMENTI DATI LIDAR

L'approfondimento di dettaglio del quadro conoscitivo è stato condotto anche grazie ad una ricostruzione di una porzione della piana del Fiume Cornia, tramite l'utilizzo dei recentissimi dati "LIDAR", disponibili presso il Comune di Piombino. Il lavoro di ricostruzione della topografia della porzione della Valle di Cornia è stato quindi eseguito utilizzando i dati LIDAR del Ministero Dell'Ambiente e Della Tutela del Territorio e del Mare degli anni 2009. Il LIDAR (Light Detection and Ranging; o Laser Imaging Detection and Ranging) è una tecnica di telerilevamento che permette di determinare la distanza di un oggetto o di una superficie utilizzando un impulso laser e rappresenta un laser scanner eseguito da aeromobile il cui risultato è una serie di punti distanti circa 50 – 70 – 100 cm gli uni dagli altri che oltre ad essere georeferenziate mostrano anche la quota altimetrica.

2 – INQUADRAMENTO AREA

Dal punto di vista geomorfologico ci troviamo all'estremità Sud-Est della Pianura della Val di Cornia, ad una distanza di circa 300 m dalla linea di costa.

I principali caratteri del territorio mostrati in carta sono la estesa pianura a vocazione prevalentemente agricola e la presenza di aste drenanti di bonifica, a sezione di deflusso regolarmente trapezoidale (in particolare Fosso Valnera ad Ovest, Fosso Cervia a Sud, Fosso S. Pietro adiacente al campeggio Pappasole lato Ovest..

Non si segnalano particolari processi di alterazione o degrado del territorio o comunque processi importanti in atto.

Dr. Geol. Luca Mazzei – Studio Geologia Applicata e sicurezza cantieri
 Corso Italia 3 - 57025 Piombino (LI)
 Mail: geologomazzei@virgilio.it – cell. 3356295971

Questo settore di pianura costiera possiede pendenze esigue, in genere inferiori al 5 %, con scarso manto vegetale di copertura; al di fuori dei corsi d'acqua principali non risulta interessato da fenomeni di ruscellamento diffuso a carattere erosivo.

La sua evoluzione morfologica è legata per lo più all'attività antropica ed in minor grado dagli agenti esogeni.

A pagina seguente è fornita una foto aerea dell'area in oggetto

Foto aerea area di intervento con ubicazione aree oggetto di Piano



3 – ELABORATI TEMATICI REDATTI

Ai sensi del D.P.G.R.T. n. 53/R del 25/10/2011 e s.m.i. gli elaborati tematici di base, costituenti allegati alla presente relazione, sono i seguenti:

- TAV. N. 1** _____ COROGRAFIA GENERALE E DATI GEOGNOSTICI DI BASE
- TAV. N. 2** _____ CARTA DEI VINCOLI
- TAV. N. 3** _____ CARTA DELLE FASCE DI RISPETTO E DI TUTELA

TAV. N. 4A	<u>CARTA GEOLOGICA</u>
TAV. N. 4B	<u>SEZIONE GEOLOGICA AREA DI PROGETTO</u>
TAV. N. 5	<u>CARTA GEOMORFOLOGICA</u>
TAV. N. 6	<u>CARTA LITOSTRATIGRAFICA</u>
TAV. N. 7	<u>CARTA IDROGEOLOGICA E DELLA PERMEABILITA'</u>
TAV. N. 8	<u>CARTA LITOLOGICO-TECNICA</u>
TAV. N. 9	<u>ESTRATTO DA PLANIMETRIA DI PROGETTO PIANO ATTUATIVO</u>

Gli elaborati di sintesi sono i seguenti:

TAV. N. 10A	<u>CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA-QUADRO CONOSCITIVO R.U. VIGENTE</u>
TAV. N. 10B	<u>CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA PROPOSTA PER L'AREA DI PROGETTO</u>
TAV. N. 11A	<u>CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA QUADRO CONOSCITIVO R.U. VIGENTE</u>
TAV. N. 11B	<u>CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA QUADRO CONOSCITIVO P.G.R.A. VIGENTE</u>
TAV. N. 11C	<u>CARTA DELLE AREE ESONDABILI PER TR 200 ANNI DA STUDIO IDRAULICO MUCETTI 2016</u>
TAV. N. 11D	<u>CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA PROPOSTA PER LE AREE DI PIANO SECONDO SCENARI STUDIO IDRAULICO</u>

Gli elaborati finali di fattibilità sono i seguenti:

TAV. N. 12A	<u>CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOMORFOLOGICA</u>
TAV. N. 12B	<u>CARTA DELLA FATTIBILITA' IDRAULICA</u>

4 - SCHEMA TETTONICO GENERALE DELL'AREA

Lo schema tettonico generale dell'area è ricostruito sulla base dei dati di superficie e di sottosuolo, raccolti dai numerosi studi che hanno interessato la zona, integrati con le conoscenze delle zone limitrofe.

L'assetto strutturale della Toscana Centro-Meridionale è dominato dalle deformazioni legate alla tettonica distensiva del Tirreno, che nel Neogene e nel Quaternario ha determinato il collasso e lo smembramento della catena nord-appenninica. Studi recenti sul Tirreno settentrionale e sui depositi epiliguri individuano l'inizio delle deformazioni distensive alla fine del Miocene Inferiore; a partire da tale momento sono stati distinti nella Toscana Meridionale due episodi distensivi.

Il primo evento, relativo al periodo tra il Miocene Inferiore ed il Tortoniano Superiore, si è determinato un assottigliamento della crosta superiore, mediante faglie dirette a basso angolo e a geometria complessa: ne è derivata una situazione geometrica molto caratteristica, nota come

“serie ridotta”, caratterizzata da rilevanti elisioni degli spessori della successione stratigrafica, con diretta sovrapposizione delle Unità Liguri sulla formazione anidritica triassica.

Il secondo evento, riferito all'intervallo tra il Tortoniano Superiore ed il Pleistocene Medio, è stato caratterizzato dallo sviluppo di faglie a geometria listrica, responsabili di un sistema di fosse tettoniche subparallele, allungate in direzione NO-SE, la cui apertura non è stata contemporanea, ma con una progressiva e graduale migrazione da occidente ad oriente.

La configurazione originaria dell'edificio a falde è rappresentabile attraverso l'impilamento di più unità tettoniche sovrapposte, secondo lo schema seguente:

- Unità Liguri
- Unità Subliguri
- Unità della Falda Toscana
- Unità di Monticiano-Roccastrada ("*Basamento Cristallino Toscano*")
- Unità degli Gneiss ("*Basamento Metamorfico*")

L'evoluzione sedimentaria neogenica-quadernaria è stata in gran parte condizionata dai movimenti verticali della crosta, indotti dalla tettonica distensiva post-collisionale, mentre mancano specifici riscontri circa gli effetti della ciclicità eustatica, spesso mascherati da quelli indotti dall'attività tettonica.

In particolare nell'area interessata dalle indagini di supporto al Piano Strutturale in oggetto è possibile distinguere una serie di situazioni geologiche caratteristiche del territorio:

- il Promontorio di Piombino è caratterizzato da rilevanti affioramenti di membri della Falda Toscana, anch'essi interessati dai movimenti tettonici, e da elementi Subliguri sovrastanti. Nella zona affiorano prevalentemente arenarie oligoceniche, quali il Macigno e le Arenarie di Suvereto, bordate da sedimenti sabbiosi quadernari (Sabbie di Val di Gori);
- sui rilievi a Sud-Ovest della valle del Cornia affiorano generalmente membri delle Unità Liguri, di natura prevalentemente flyshoide, con piccole finestre tettoniche in cui emergono gli elementi sepolti appartenenti alla Falda Toscana; le porzioni pedecollinari sono spesso costituite da depositi neogenici e quadernari, a loro volta incise ed erose dall'azione delle acque superficiali;
- l'ampia pianura compresa tra il Promontorio di Piombino ed i rilievi più interni rappresenta il punto di congiunzione tra la valle fluviale del Fiume Cornia e la zona retrodunale e palustre della campagna piombinese, bonificata nel corso del XIX secolo; tutt'oggi sono presenti aree umide ed altre in cui la regimazione idraulica è affidata a sistemi di sollevamento meccanico, poste a quote prossime al livello medio marino.

5 – INQUADRAMENTO AREA E DATI DI BASE

Nella tav. 1 sono inseriti i dati di base esistenti sull'area, che sono le stratigrafie di alcuni pozzi, una prova penetrometrica super pesante DPSH e una recente prova sismica Masw.

Su tali dati si basano le valutazioni geologico-tecniche generali del presente studio.

Ogni test è supportato dalla relativa scheda riassuntiva fornita in appendice dopo le tavole allegate.

5.1 – VINCOLI E FASCE DI RISPETTO

Dalle Tav. 2 e 3 non emergono vincoli inibitori al Piano Attuativo, come meglio evidenziato nella relazione del progettista.

6 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area studiata appartiene al margine occidentale di un paleobacino che nelle fasi successive al Pleistocene sup. era caratterizzato da ambiente lagunare-palustre, quindi generalmente di bassa energia, conosciuto nelle epoche recenti precedenti alle fasi di bonifica della Val di Cornia come "Stagno di Piombino".

I bordi del bacino erano e sono costituiti dal substrato lapideo che costituisce la struttura portante dell'intero promontorio piombinese ma che localmente non affiora.

L'attuale presenza di settori palustri con vegetazione freatofita diffusa presso il retroduna (zona fosso Cervia) fa presumere, almeno negli strati più superficiali, la presenza di depositi argilloso-limosi tipici di ambienti di acque stagnanti, dove spesso è presente una cospicua frazione organica (torbe-argille organiche). Tali caratteristiche saranno precisate mediante opportune prove geognostiche ancora da eseguire.

E' stato eseguito un rilievo geologico di dettaglio in sito e, successivamente, le informazioni acquisite sono state confrontate con la Carta Geologica allegata al Piano Strutturale di Piombino e con la recente Carta Geologica Regionale in scala 1:10000 elaborata dalla Regione Toscana.

Sono quindi stati esaminati i risultati delle stratigrafie dei Pozzi esistenti e della prova DPSH eseguita fino a circa 8 m di profondità.

A seguito di tali accertamenti è stata elaborata la Carta Geologica di Tav. 4A, anche basandosi sul PS vigente, da cui si evince che nell'area di progetto affiorano DEPOSITI SCIOLTI DI ORIGINE PALUSTRE E ALLUVIONALE sormontati da una coltre di RIPORTO ANTROPICO RECENTE legata alle fasi di sviluppo del primo Piano di recupero per il Campeggio.

Le litologie dei depositi alluvionali sono simili, con prevalenza di sedimenti coesivi nei depositi palustri e di sedimenti sabbioso-limosi nei depositi alluvionali.

Tuttavia le litologie sono molto discontinue e presentano un mix di sedimenti che attraversa spesso tutto il range delle terre, da quelle a grana grossa a quelle a grana fine.

Le variazioni litologiche sono sia laterali che verticali, come testimoniano i diagrammi di resistenza delle prove eseguite in zona ed usate per caratterizzare a livello preliminare l'area.

TERRENO DI RIPORTO - E' formato dalla coltre di riporto con cui, a seguito dell'approvazione del Piano Attuativo vigente (2002) e delle prescrizioni di ordine geologico-idraulico in esso contenute, l'area di espansione del Campeggio ed alcune aree interne furono a suo tempo progressivamente sopraelevate di circa 1 m per adempiere alle prescrizioni di messa in sicurezza idraulica.

Si tratta di litologie molto eterogenee, dal ghiaioso al terrigeno, comunque con qualità meccaniche di portanza media leggermente superiori a quelle del substrato alluvionale superficiale, come testimoniato dalla prova penetrometrica eseguita.

6.1 – SEZIONE GEOLOGICA

Nella tav. 4B è fornita una sezione geologica schematica che esemplifica la situazione di substrato alluvionale presente che, ripetiamo, è sormontato nell'area del Campeggio da una coltre di riporto antropico.

7 – CARATTERI GEOMORFOLOGICI

L'area è compresa fra il Fosso Cervia e la ferrovia Pisa-Roma, classificata come settore a sollevamento meccanico in quanto facente parte del bacino acque basse del Cervia. (tav. 5).

La chiara conformazione subpianeggiante e la relativa stabilità del substrato non evidenziano segnali di degrado degni di nota. I fossi presenti sono tutti ben regimati e mantenuti e non si segnalano fenomeni di degrado di qualsivoglia natura.

Dal punto di vista geomorfologico ci troviamo all'estremità Sud-Est della Pianura della Val di Cornia, ad una distanza di circa 300 m dalla linea di costa. I principali caratteri del territorio mostrati in carta sono la estesa pianura a vocazione prevalentemente agricola e la presenza di aste drenanti di bonifica, a sezione di deflusso regolarmente trapezoidale (in particolare Fosso Valnera ad Ovest, Fosso Cervia a Sud, Fosso S. Pietro adiacente al campeggio Pappasole lato Ovest).

Il complesso turistico ricettivo ricade con il suo sedime all'interno di un'area ex palustre, interessata negli anni da lavori di bonifica idraulica che hanno portato alla regimazione/deviazione delle cosiddette "acque alte" proveniente dalle colline ed al sollevamento meccanico delle acque residue di ristagno, cosiddette "acque basse", attestanti sulla duna costiera.

Non si segnalano particolari processi di alterazione o degrado del territorio o comunque processi importanti in atto. Questo settore di pianura costiera possiede pendenze esigue, in genere inferiori al 5 %, con scarso manto vegetale di copertura; al di fuori dei corsi d'acqua principali non risulta interessato da fenomeni di ruscellamento diffuso a carattere erosivo. La sua evoluzione morfologica è legata per lo più all'attività antropica ed in minor grado dagli agenti esogeni.

8 – ASSETTO IDROGEOLOGICO E PERMEABILITA'

Con riferimento alla Tav. 7, le formazioni affioranti sono state così caratterizzate, sulla base di una analisi preliminare delle caratteristiche litologiche e di permeabilità:

● **UNITA' IDROGEOLOGICHE A PERMEABILITA' PRIMARIA**

Raggruppano tutti i litotipi affioranti nella zona di progetto, variamente permeabili per **porosità granulare** di origine singenetica.

Per tali depositi la permeabilità è assicurata dalla natura dei meati intercomunicanti tra i granuli. Il coefficiente di permeabilità è piuttosto elevato e permette una notevole infiltrazione e circolazione idrica.

Si possono individuare due gruppi principali di strati, che costituiscono gli **ACQUITARDI / ACQUICLUDI** e gli **ACQUIFERI POTENZIALI**. In ordine di permeabilità crescente abbiamo:

ACQUICLUDI/ACQUITARDI

Rientrano in questa categoria a bassa o bassissima permeabilità le argille palustri (praticamente impermeabili) ed i limi .

Le ARGILLE possiedono una elevata porosità e quindi elevata potenzialità imbibitoria, ma la mancanza di vuoti interconnessi e la dimensione microscopica dei vuoti impediscono gli scambi idrici, relegandoli di fatto ad un grado non significativo. Pertanto questi depositi costituiscono un tampone impermeabile all'infiltrazione superficiale e vanno considerati tutt'al più come dei corpi tendenzialmente saturi di acqua ma "inerti" nell'ambito della dinamica idrogeologica sotterranea.

Il K (coefficiente di permeabilità) è dell'ordine di 10^{-11} cm/sec, come dimostrato da numerose prove di permeabilità diretta in situ (Le Franc) e in laboratorio (Prove edometriche) effettuate negli anni recenti su terreni similari.

I LIMI, anch'essi ad elevata umidità naturale e grado di saturazione, limitano fortemente i movimenti idrici sia orizzontali che verticali; la loro ridotta o ridottissima permeabilità è per lo più dovuta alla presenza sporadica di materiale a granulometria più elevata che talvolta si concentra in lenti che possono costituire dei piccoli acquiferi sospesi. In generale, comunque, questo tipo di deposito possiede qualità idrauliche scadenti e può essere assimilato alle argille precedenti nel costituire un corpo sedimentario che si oppone sia all'infiltrazione superficiale che alla circolazione suborizzontale sotterranea.

Il K oscilla in media da 10^{-11} cm/sec a 10^{-9} cm/sec.

ACQUIFERI POTENZIALI

In ordine di permeabilità crescente, sono costituiti da sabbie limose o argillose, sabbie e ghiaie.

Tenendo conto dell'ambiente di sedimentazione in cui ci troviamo, va premesso che anche le sabbie e le ghiaie sono sempre associate ad una notevole percentuale di materiale fine che ne condiziona la permeabilità.

Il K di questi depositi, la cui granulometria oscilla da sabbie fini a ghiaie, è così quantificabile:

Sabbie limose

K compreso tra 10^{-9} cm/sec e 10^{-7} cm/sec

Sabbie K compreso tra 10^{-7} cm/sec e 10^{-5} cm/sec
Ghiaie e sabbie K compreso tra 10^{-5} cm/sec e 10^{-3} cm/sec

ASSETTO FALDA SOTTERRANEA

Localmente è presente una falda a carattere semifreatico.

Il relativo battente idrico è monitorabile attraverso i pozzi presenti nel Campeggio, nei quali è stato rilevato, nel corso del 2016, un livello statico medio di circa 3.8-4.0 m dal dal p.c..

Al di là delle variazioni stagionali, risulta comunque che, vista la tipologia del fabbricato previsto, privo di seminterrati, le strutture di fondazione non interferiranno con l'assetto idrogeologico sotterraneo e quindi dal punto di vista idrogeologico non esistono previsioni di interferenza tra le opere previste e la circolazione idrica sotterranea.

9 – CARATTERI LITOTECNICI

Nella Tav. 8 è fornito un estratto del PS relativo a questo tematismo. Si evidenzia per il sottosuolo una prevalenza di caratteri prevalentemente coesivi, che nella realtà è mutuata da frequenti livelli sabbioso-ghiaiosi e dalla coltre di riporto antropico.

Più correttamente la colonna stratigrafica media può essere inquadrata come una alternanza di successioni sabbioso-argillose con successioni sabbio-ghiaiose; in queste ultime, poste in profondità, sono presenti i livelli maggiormente acquiferi da cui attingono i pozzi del campeggio.

9.1 - PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DI MASSIMA DEL SOTTOSUOLO AI SENSI DM 14-01-2008

A livello litotecnico i terreni oggetto di intervento sono costituiti da una ***coltre sottile di sedimenti di natura essenzialmente incoerente, come risulta evidente dalla sezione geologico-stratigrafica allegata alla presente in appendice.***

La classificazione adottata per i litotipi presenti, dal punto di vista geotecnico, è quella proposta dalle linee guida della Associazione Geotecnica Italiana e si basa essenzialmente sulla coesione e sulle più frequenti associazioni di rocce a diverso grado di coesione.

Si ricorda che:

- per "roccia incoerente" (area di progetto) s'intendono quei terreni con caratteristiche geotecniche il cui comportamento meccanico risulta fortemente influenzato dal contatto con l'acqua, che determina in particolar modo l'abbattimento del valore dell'angolo d'attrito.

- per "roccia semicoerente" si intendono quelle litologie, come nel nostro caso la calcarenite sabbiosa e l'arenaria, intensamente e minutamente fratturate, caratterizzate da caratteristiche meccaniche intermedie rispetto a quelle delle rocce coerenti e dei sedimenti incoerenti.

- per roccia coerente (area di progetto) s'intendono quei materiali lapidei con valori elevati di resistenza meccanica e del modulo d'elasticità (caratteristiche non influenzabili dal contatto più o meno prolungato della roccia con l'acqua, almeno nelle rocce sane).

PROVA DPSH IN SITO

Per la parametrizzazione geotecnica del terreno di fondazione ci si è avvalsi dell'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica, effettuata con penetrometro SUPER-HEAVY DPSH marca Deep Drill con prova eseguita da parte ditta GEOTIRRENO SRL di Massa che ha emesso al termine apposito certificato di prova allegato alla presente relazione.



Il test penetrometrico, spinto fino a circa 8 m, è stato eseguito all'interno dell'area del campeggio, in settore che, pur non baricentrico all'area di progetto, è ritenuto, sulla base di conoscenze pregresse e lavori già eseguiti nell'area medesima, altamente rappresentativo della situazione litostratigrafica del sottosuolo di progetto.

La prova è stata eseguita misurando il numero di colpi per l'infissione dinamica ogni 30 cm di approfondimento della punta conica.

Il test è stato interrotto a circa 8,00 m di profondità ritenendo tale livello sufficiente per caratterizzare il volume significativo del terreno ai fini del calcolo delle fondazioni.

Sulla base di tale prova viene fornito di seguito un estratto dei parametri geotecnici principali che il Progettista potrà trovare integralmente negli elaborati grafici allegati alla presente.

In sintesi si sono individuati tre livelli principali a partire dal piano di campagna, il primo da 0 a circa 3 m, il secondo da 3 fino a 4,50 m ed il terzo da 4,50 fino ad 8 m.

Su tali livelli semiomogenei sono stati elaborati i parametri geotecnici principali usando le correlazioni scientificamente accettate in letteratura per questo tipo di prove, che vengono assimilate alle prove SPT in foro con qualche coefficiente correttivo.

Nella tabella su pagina seguente, copiata dai tabulati integrali forniti in appendice, una sintesi dei parametri geotecnici per il Progettista Architettonico e strutturale:

Dr. Geol. Luca Mazzei – Studio Geologia Applicata e sicurezza cantieri
 Corso Italia 3 - 57025 Piombino (LI)
 Mail: geologomazzei@virgilio.it – cell. 3356295971

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 2,70	N Rpd	16,3 76,3	5 23	42 209	10,7 49,7	11,2 56,0	5,1 20,3	27,6 132,3	16 75	1,01	16
2	2,70 4,50	N Rpd	29,8 119,0	21 84	44 177	25,4 101,7	8,3 34,8	21,5 84,3	38,2 153,8	30 120	1,01	30
3	4,50 8,10	N Rpd	18,1 61,3	14 45	28 85	16,0 53,1	3,4 10,6	14,6 50,7	21,5 71,9	18 61	1,01	18

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,01$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 2.70		16	44.0	31.8	315	1.97	1.55	1.00	1.97	28	0.750
2	2.70 4.50		30	65.0	36.0	423	2.05	1.69	1.88	2.14	18	0.490
3	4.50 8.10		18	47.0	32.4	330	1.98	1.57	1.13	2.00	26	0.708

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 2.70		16	44.0	31.8	315	1.97	1.55	1.00	1.97	28	0.750
2	2.70 4.50		30	65.0	36.0	423	2.05	1.69	1.88	2.14	18	0.490
3	4.50 8.10		18	47.0	32.4	330	1.98	1.57	1.13	2.00	26	0.708

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Sotto: il modello digitale elaborato dai dati LIDAR

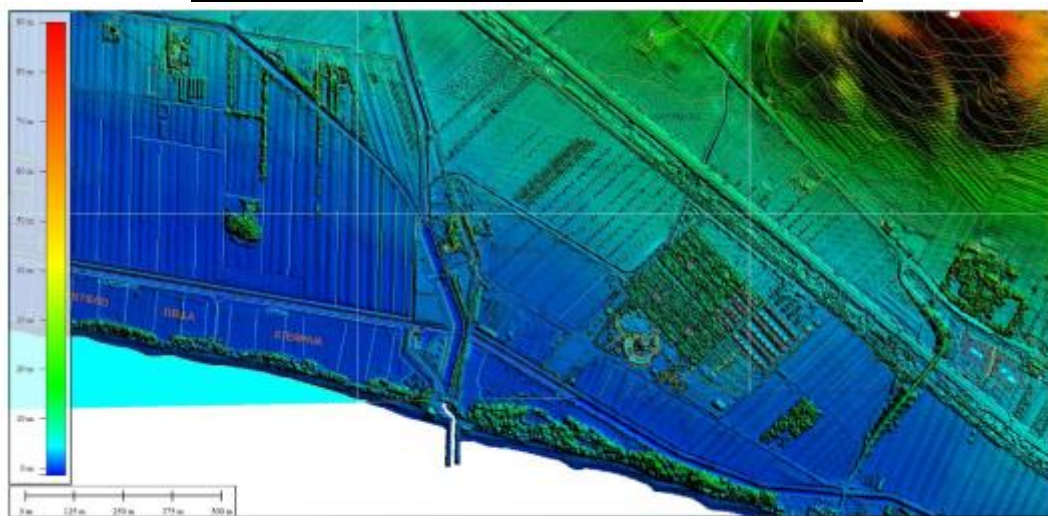
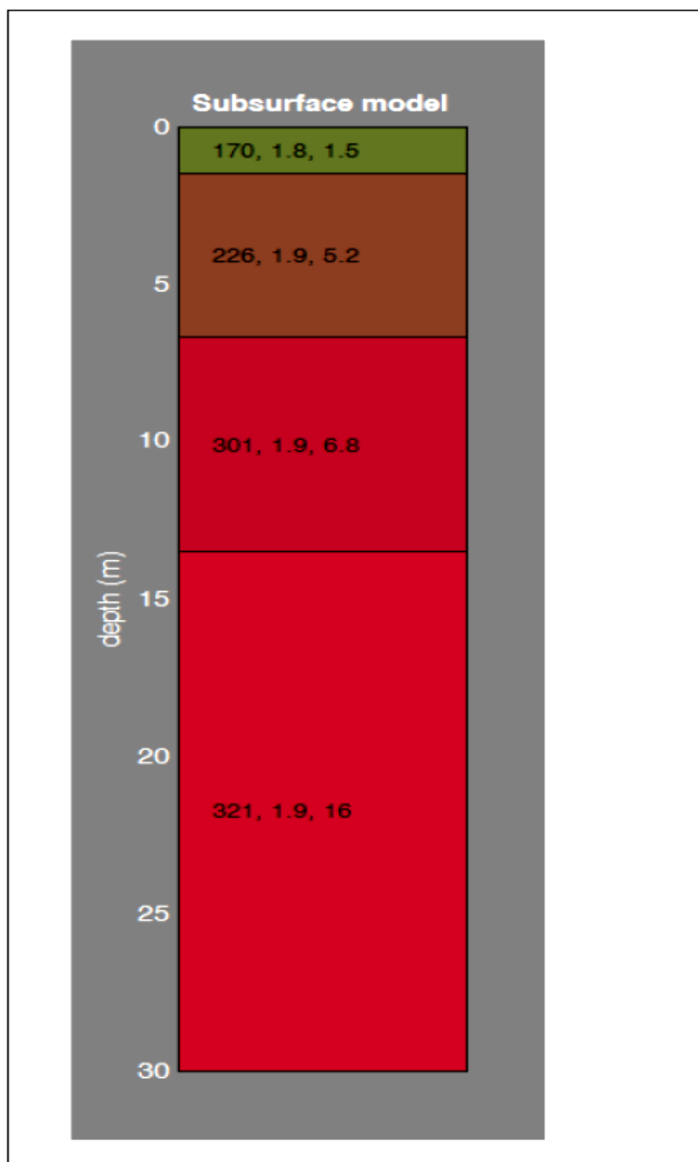


Figura 16 - Il modello digitale lidar

PROVA MASW DI RIFERIMENTO

Il Comune di Piombino risulta attualmente classificato in **zona sismica 4** nell'ambito del recente aggiornamento della classificazione sismica nazionale.

Ai sensi del DM 14-01-2008 e s.m.i. e ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si ritiene ragionevole, in via assolutamente preliminare e sulla base di conoscenze attuali dell'area e ai soli fini della presente relazione geologica di fattibilità, rifarsi ai risultati della prova Masw eseguita per parametrizzare a livello preliminare l'area oggetto di piano attuativo. La prova sismica eseguita (vedi allegati) ha fatto registrare una **Vsh30 di 285 m/sec** che classifica virtualmente il sottosuolo indagato in **categoria di sottosuolo "C"**, con modello di velocità delle onde S come riportato di seguito:



Modello di velocità medio a 4 strati. Per ogni strato, sul modello sono riportate, nell'ordine, V_s (m/s); Densità (g/cm^3); Spessore strato (m).

10 – CLASSI DI PERICOLOSITA' AREA DI PIANO

10.1 - PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA (Tavv. 10A-10B)

La valutazione complessiva del quadro conoscitivo dell'area indagata e di un suo conveniente intorno, che emerge dalla discussione nei paragrafi precedenti e nella cartografia tematica allegata comporta l'individuazione di una **classe di pericolosità geomorfologica ai sensi D.P.G.R.T. n.53/R del 25/10/2011**, elaborata anche tenendo conto della originaria classe di pericolosità attribuita all'area dal PS vigente e da quella attribuita nel recente RU in adozione.

Nella **Tav. 10A** è riportato il quadro conoscitivo in merito alla pericolosità geomorfologica attribuita al settore nel R.U. vigente, che risulta G2C (Pericolosità media).

Nella **Tav. 10B** è invece proposta la definitiva classe di pericolosità geomorfologica proposta per l'area indagata, che riteniamo di confermare in classe **G2**, con le caratteristiche sotto esplicitate:

- **Pericolosità geomorfologica media (G.2):**

"Area di pianura alluvionale recente in cui, al di sotto della coltre di riporto antropica, sono presenti importanti spessori di litotipi misti coesivo-granulari che devono costituire elemento di attenzione nelle scelte progettuali, da definire mediante apposite indagini geognostiche. Non sono presenti fenomeni di degrado accelerato per l'area che risulta sostanzialmente stabile.

10.2 - PERICOLOSITA' IDRAULICA (Tavv. 11a-11b-11C)

Come accennato in premessa, il cardine di questa classificazione è in primis il quadro conoscitivo vigente, quindi i risultati dello studio idraulico aggiornato.

La definizione delle CLASSI DI PERICOLOSITA' IDRAULICA è stata eseguita ai sensi del D.P.G.R.T. n.53/R del 25/10/2011 e del Piano gestione Rischio Alluvioni approvato in data 03-03-2016 che ha sostituito il P.A.I. vigente, pur mantenendo la medesima logica nella definizione delle classi di pericolosità (**PIE** del PAI = Tr duecentennale = **P2** (= **I3** DPGR 53/R/2011), **PIME** del PAI = Tr trentennale = **P3** (= **I4** DPGR 53/R/2011), aree del PAI esondabili per Tr > 200 anni = **P1** (= **I1** e **I2** DPGR 53/R/2011).

TAV. 11A – CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA DA R.U. VIGENTE. La Carta è stata a suo tempo elaborata ai sensi DPGR 53/R/2011 in regime di vigenza del P.A.I. (anteriormente al PGRA), rifacendosi ad esso con alcune variazioni, inserendo l'area del Campeggio in **classe I3** in parte per criteri morfologici (settore Nord) e in parte per adeguamento al PAI (settore SUD), pur in assenza di studi idraulici che abbiano evidenziato nel tempo una effettiva allagabilità dell'area per Tr 30 e/o 200 anni.

Si evidenzia ragionevolmente che tale classificazione non ha tenuto conto delle quote altimetriche del campeggio superiori al piano di campagna limitrofo.

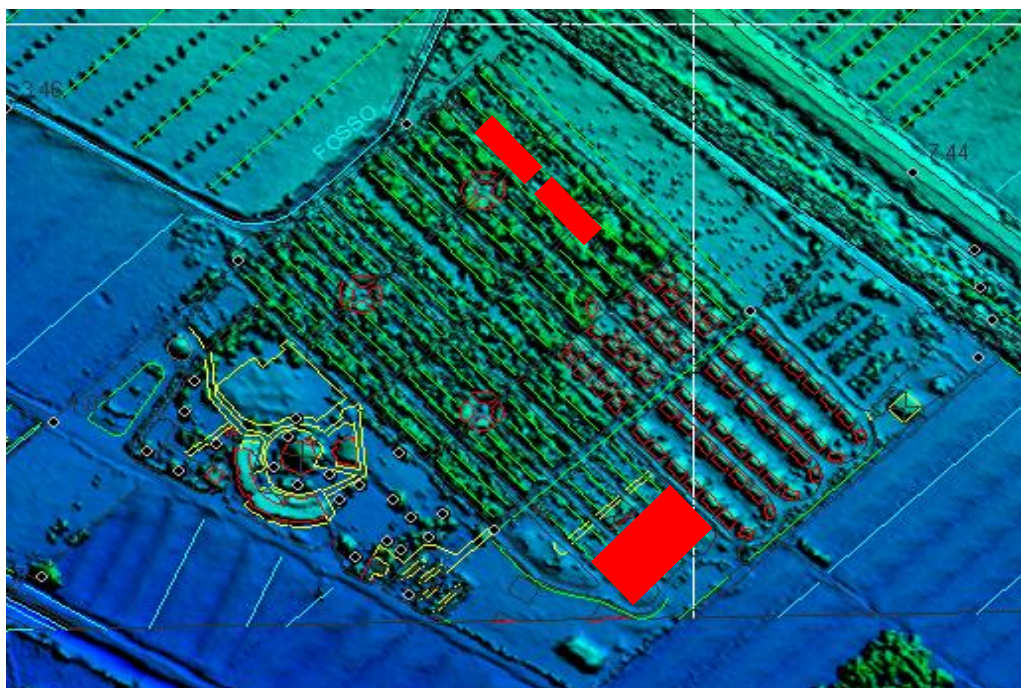
TAV. 11B – CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA DA ALLUVIONE FLUVIALE DEL P.G.R.A. VIGENTE.

La carta mostra che il PGRA attuale ha sostanzialmente recepito il pregresso PAI, trasformando la classe PIE in **P2** (che riguarda il settore sul lato Est di maggiore dimensioni) e attribuendo alla classe **P1** (quote più elevate sul lato Nord) la rimanente porzione del campeggio (aree allagabili per $Tr > 200$ anni, non soggette a PIE/PIME nel pregresso PAI) e rimuovendo in tal senso la PIE per criteri morfologici inserita nel RU (tav. 11A).

Anche in questo caso si evidenzia che la classificazione ufficiale non ha tenuto conto delle quote altimetriche del campeggio superiori al piano di campagna limitrofo, mutuando del resto il PAI (e in parte anche l'R.U.) che a sua volta era stato redatto su base cartografica non aggiornata alla reale altimetria dei luoghi.

CONSIDERAZIONI ALTIMETRICHE - Osservando la tav. 1 allegata, confermata dai dati **LIDAR** acquisiti (vedi figura sotto), è evidente e confermato dallo studio di Muccetti come i settori oggetto di Piano siano posti in virtuale autosicurezza idraulica rispetto alla pian agricola adiacente, con quote altimetriche oscillanti da 2.5-3 mt s.l.m. per il settore principale lato Est e di circa 4.8-5 m per i due piccoli settori sul lato Nord-Ovest, con una sopraelevazione media di circa 1,5-2 m rispetto alla originaria pianura agricola indisturbata.

Si tratta del resto di una autosicurezza che è stata messa in atto anche in adeguamento alle prescrizioni del primo studio idraulico eseguito dal sottoscritto a supporto del Piano di Lottizzazione del 2002 con cui il campeggio si ampliò verso Est; in tale studio, proprio per l'assenza di lame d'acqua duecentennali nel citato Studio di Cavazza, fu analizzato in dettaglio il Fosso S.Pietro evidenziando con i dati disponibili l'assenza di esondazioni per il medesimo tempo di ritorno; pur tuttavia fu raccomandato alla committenza un rialzamento di quote non inferiore ad 1 m per i nuovi settori, sia a favore della sicurezza sia per raccordarsi con le quote medie del campeggio allora esistente.



TAV. 11C – ESTRATTO DA STUDIO IDRAULICO ING. MUCCETTI- SCENARIO 1 E 2

Nella modellazione attuata si sono individuate 3 celle di immissione delle portate, vedi figura, discretizzate temporalmente secondo gli idrogrammi di piena. Il punto 1 presuppone la crisi del corso San Pietro in corrispondenza dell'attraversamento ex SS 1 e FFSS, il punto 2 presuppone la crisi del Fosso San Pietro in corrispondenza del termine del tratto recentemente risagomato e caratterizzato da un brusco cambio di direzione, oltre che di sezione e pendenza, risultato lievemente insufficiente alla verifica monodimensionale, con le portate aggiornate (vedi profilo HEC-RAS allegato in appendice dello studio Mucetti) , ed infine il punto 3 presuppone la crisi del fosso Cervia in corrispondenza del sifone sul Corso Valnera, in caso di totale otturazione dello stesso o di malfunzionamento e/o insufficienza delle idrovore. Ottenendo le seguenti combinazioni:

Scenario 1 – Esondazione completa e simultanea nei punti 1-3

Scenario 2 – Esondazione completa e simultanea dei punti 2-3

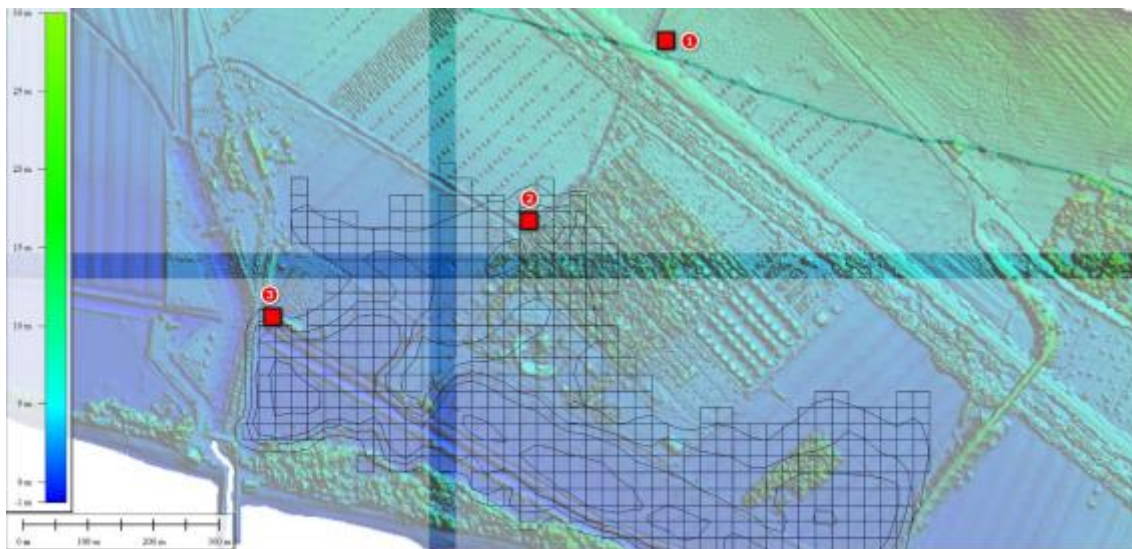


Figura 33 – Ingresso delle portate

Muccetti precisa che tali valutazioni hanno il valore di simulazioni estreme, considerando in ogni caso la fuoriuscita **TOTALE** della portata in transito dai due corsi d'acqua, senza far affidamento ad alcuna capacità residua del canale (assunzione valida al limite per le sole complete otturazioni degli attraversamenti nei punti 1 e 3 considerati ma non certo nel caso del punto 2 sul Fosso S. Pietro dove è notevole la capacità residua, considerando il minimo livello di sormonto delle sponde). **Con tale premessa si deve affermare che le esondazioni considerate descrivono contorni idonei ad escludere sicuramente le aree oggetto di studio ma non sarebbe corretto interpretare gli stessi risultati per estensione di pericolosità ad altre aree, date le ipotesi estremamente conservative e poco realmente plausibili fin qui descritte.**

SINTESI RISULTATI - In entrambi gli scenari ipotizzati le aree in progetto (individuare con rettangoli dal perimetro rosso) sono escluse dall'interessamento delle esondazioni ipotizzate con buon margine di ulteriore sicurezza.

Tale condizione rende conto evidentemente di rialzamenti delle aree attrezzate e delle aree limitrofe, eseguite negli anni con la costruzione e vari ampliamenti del campeggio.

TAV. 11D – CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA PROPOSTA – Sulla base dello studio idraulico idraulico le aree di progetto ove sono previste le nuove piazzole ricadono tutte in classe di **pericolosità idraulica I2 (media)** ai sensi del **DPGR 53/R/2011**; volendo proporre un parallelismo con l'attuale **PGRA** la classe di pericolosità è **P1 (bassa)**.

11 – CONCLUSIONI - CONDIZIONI DI FATTIBILITA' (Tavv. 12A-12B)

Premessa

Contrariamente al concetto di "pericolosità", che "fotografa" le caratteristiche oggettive di un territorio, la "fattibilità" di un intervento è definita confrontando la pericolosità dell'area con la destinazione d'uso prevista.

Si intende quindi che a parità di grado di pericolosità per una determinata zona, la fattibilità di un intervento previsto nella zona stessa è tanto più limitata quanto maggiore è il rischio per le persone innescato dalla tipologia della previsione urbanistica.

11.1 – FATTIBILITÀ GEOMORFOLOGICA (Tav. 12A)

In funzione del grado di pericolosità geomorfologica dell'area di intervento si definisce la seguente categoria di Fattibilità Geomorfologica i sensi D.P.G.R.T. n.53/R del 25/10/2011 per tutti gli interventi previsti:

F2g – FATTIBILITA' GEOMORFOLOGICA CON NORMALI VINCOLI

PRESCRIZIONI PROGETTUALI: Ai sensi delle NTC 2008 (D.M 14-01-2008 e s.m.i.) ed in relazione alle Classi di Indagini definite nel DPGR n. 53/R del 25-10-2011, per ogni manufatto previsto a livello esecutivo dovranno essere individuate le condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, attraverso l'esecuzione di idonei studi geologici, idrogeologici, geotecnici e geofisici in funzione delle opere previste.

E' lasciata al geologo incaricato la valutazione delle indagini da scegliere per meglio parametrizzare il sedime di intervento coerentemente alle normative vigenti in materia.

11.2 – FATTIBILITÀ IDRAULICA (Tav. 12B)

A livello di **fattibilità idraulica** degli interventi previsti (nuove piazzole) dal Piano Attuativo, in congruenza alla pericolosità idraulica attribuita (P1) e nelle more delle conclusioni dello studio idraulico in corso, abbiamo attribuito una **FATTIBILITÀ CON NORMALI VINCOLI (F2I)** alle aree di piano, anche in ragione dell'assenza di nuovi volumi edilizi (si ricava solo nuovo spazio per piazzole ad uso campeggio).

F2i – FATTIBILITÀ IDRAULICA CON NORMALI VINCOLI

Sulla base dello studio idraulico le opere da realizzare, a fronte di ipotesi estremamente cautelative di esondazione dagli alvei, **non necessitano di alcun intervento di messa in sicurezza.**

Per lo stesso motivo non risultano necessari neanche interventi di compensazione, non realizzando alcuna modifica morfologica. La tipologia di intervento è stata analizzata sotto il profilo della eventuale compensazione degli effetti di urbanizzazione, **escludendo qualsiasi forma di aggravio delle condizioni idrauliche al contorno, trattandosi di sistemazioni che per la loro natura (superfici e coperture permeabili) non alterano le condizioni preesistenti. Pertanto, limitatamente all'area d'intervento si ritiene che l'intervento sia compatibile con l'assetto idraulico dell'area nel suo complesso con la sicurezza sufficiente per le nuove opere da realizzarsi e senza aggravio delle condizioni di rischio a monte e a valle ai sensi del combinato disposto del D.P.G.R. 53/R/2011, della Legge Regionale 21/2012, e del Vigente P.G.R.A.**

Verifiche generali sulla rete drenante pertinenziale

Il progetto deve comprendere verifiche sul dimensionamento delle opere di drenaggio e di canalizzazione in rapporto alla superficie di raccolta delle acque ed alla pioggia di adeguata durata, prevedendo ove necessario gli interventi di ordinaria e straordinaria manutenzione da eseguire dall'area di intervento fino al corpo recettore contestualmente alla realizzazione delle piazzole.

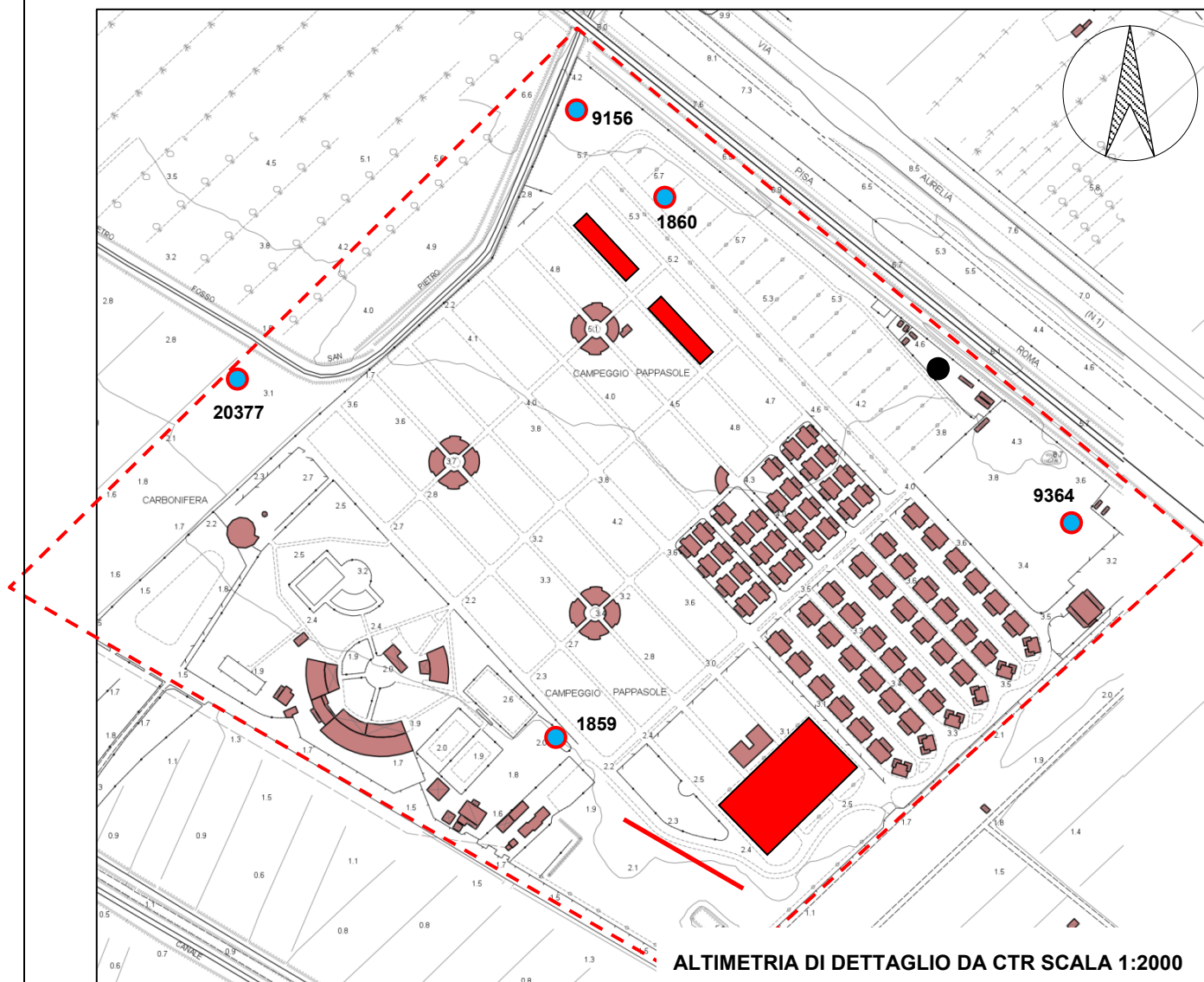
Piombino, 08 – 12- 2016

Dr. Geol. Luca Mazzei



TAV. 1

COROGRAFIA GENERALE E CARTA DATI GEOGNOSTICI DI BASE



LEGENDA (base CTR 1:2000)



PERIMETRO CAMPEGGIO PAPPASOLE



AREE OGGETTO DI PIANO

9156



UBICAZIONE POZZO (CON STRATIGRAFIA) E CODICE OPERA

DPSH

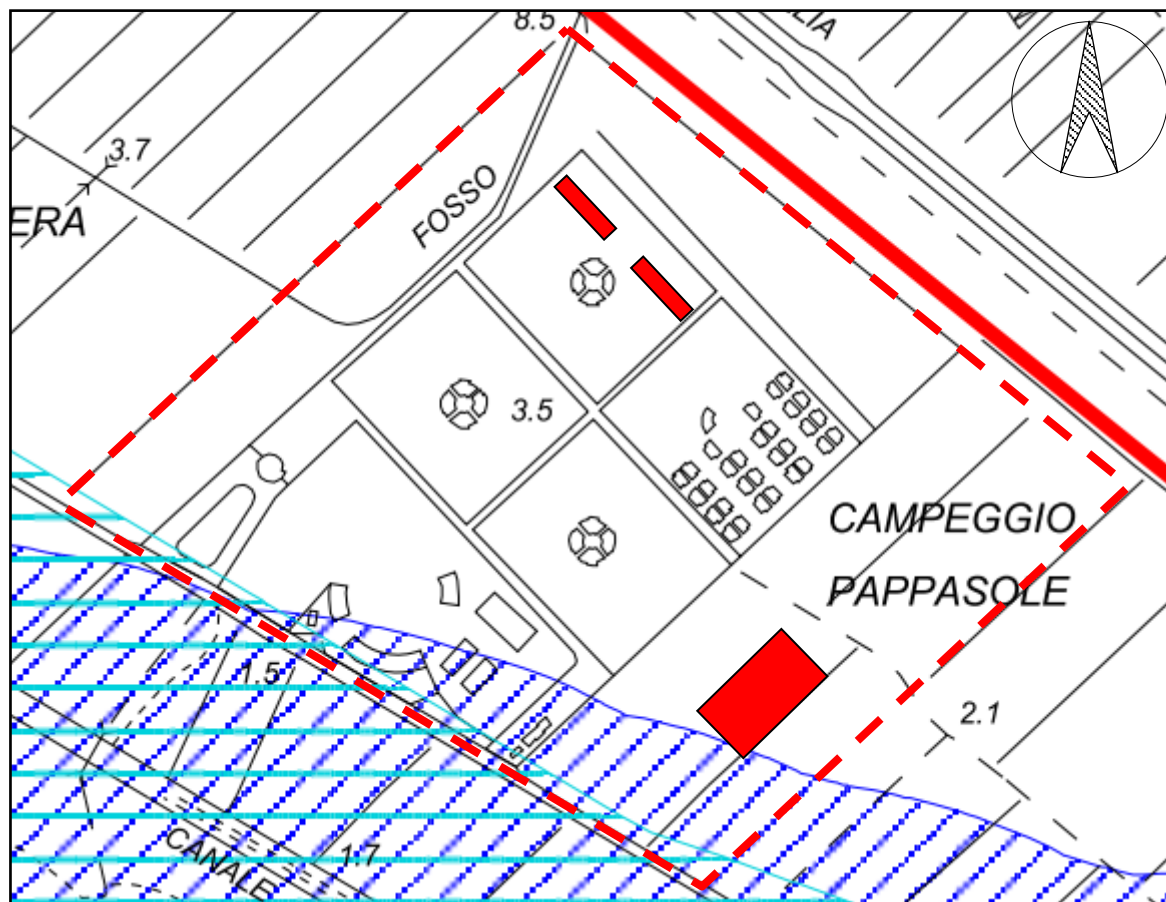


UBICAZIONE PROVA PENETROMETRICA DPSH (vedi scheda allaegata)

MASW



UBICAZIONE PROVA SISMICA MASW

**LEGENDA****BENE PAESAGGISTICO**

Bene paesaggistico dichiarato con provvedimento amministrativo
(artt.136-141, D.lgs 22 gennaio 2004, n.42)



Territorio costiero
(lettera a, comma 1, art.142, D.lgs 22 gennaio 2004, n.42)



Fiume, torrente e corso d'acqua iscritto nell'elenco di cui al R.D. 11 dicembre 1933, n.1775,
e relative sponde o piedi degli argini (lettera c, comma 1, art.142, D.lgs 22 gennaio 2004, n.42)

VINCOLO IDROGEOLOGICO

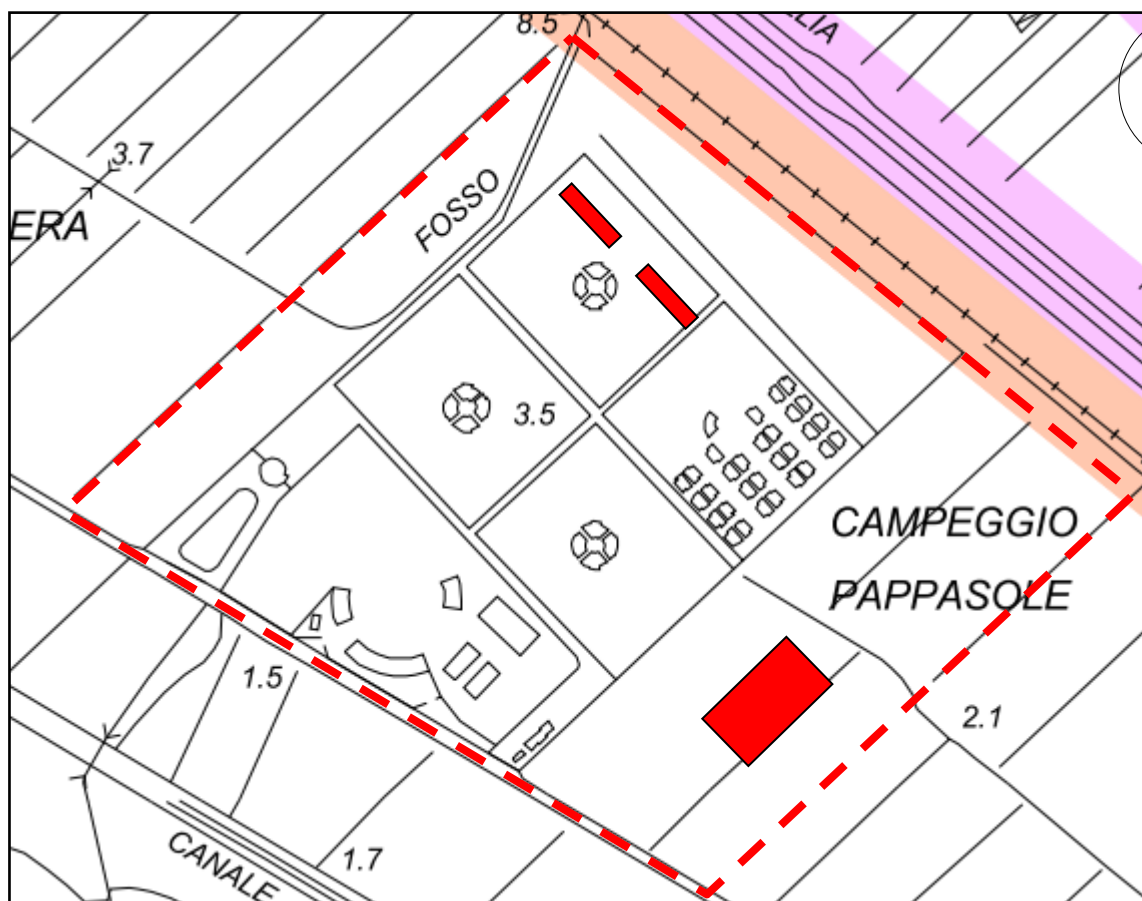
Vincolo idrogeologico (Individuato ai sensi del Regio Decreto 3267/1923, art.8, comma 1)



PERIMETRO CAMPEGGIO PAPPASOLE



AREE OGGETTO DI PIANO

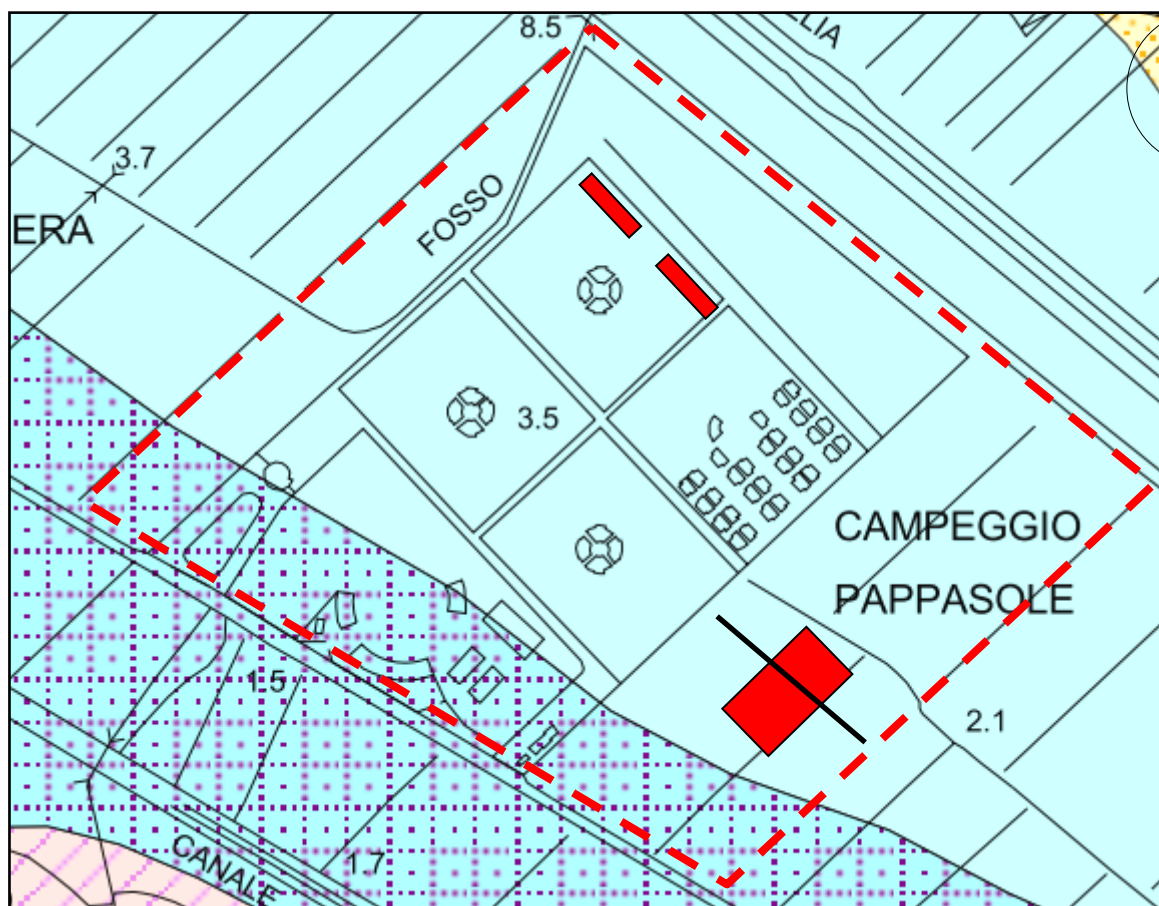
**LEGENDA**

Strada

Fascia di rispetto stradale
(D.lgs 30 aprile 1992, n.285, D.P.R. 16 dicembre 1992, n.495)

Ferrovia

Fascia di rispetto della linea e dell'impianto ferroviario e assimilato
(D.P.R. 11 luglio 1980, n.753 - Titolo III)**PERIMETRO CAMPEGGIO PAPPASOLE****AREE OGGETTO DI PIANO**

CARTA GEOLOGICA

b - Depositi alluvionali recenti e attuali



d - Depositi eolici (dune)



ti - Aree depresse - Terreni idromorfi



SVG - Sabbie di Val di Gori e Sabbie di Donoratico

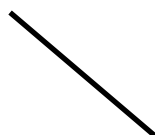
Sabbie da fini a medie, massive, di colore variabile da rosso vivo a rosso arancio a matriche siltosa. PLEISTOCENE MEDIO-SUPERIORE.



**PERIMETRO CAMPEGGIO
PAPPASOLE**



AREE OGGETTO DI PIANO



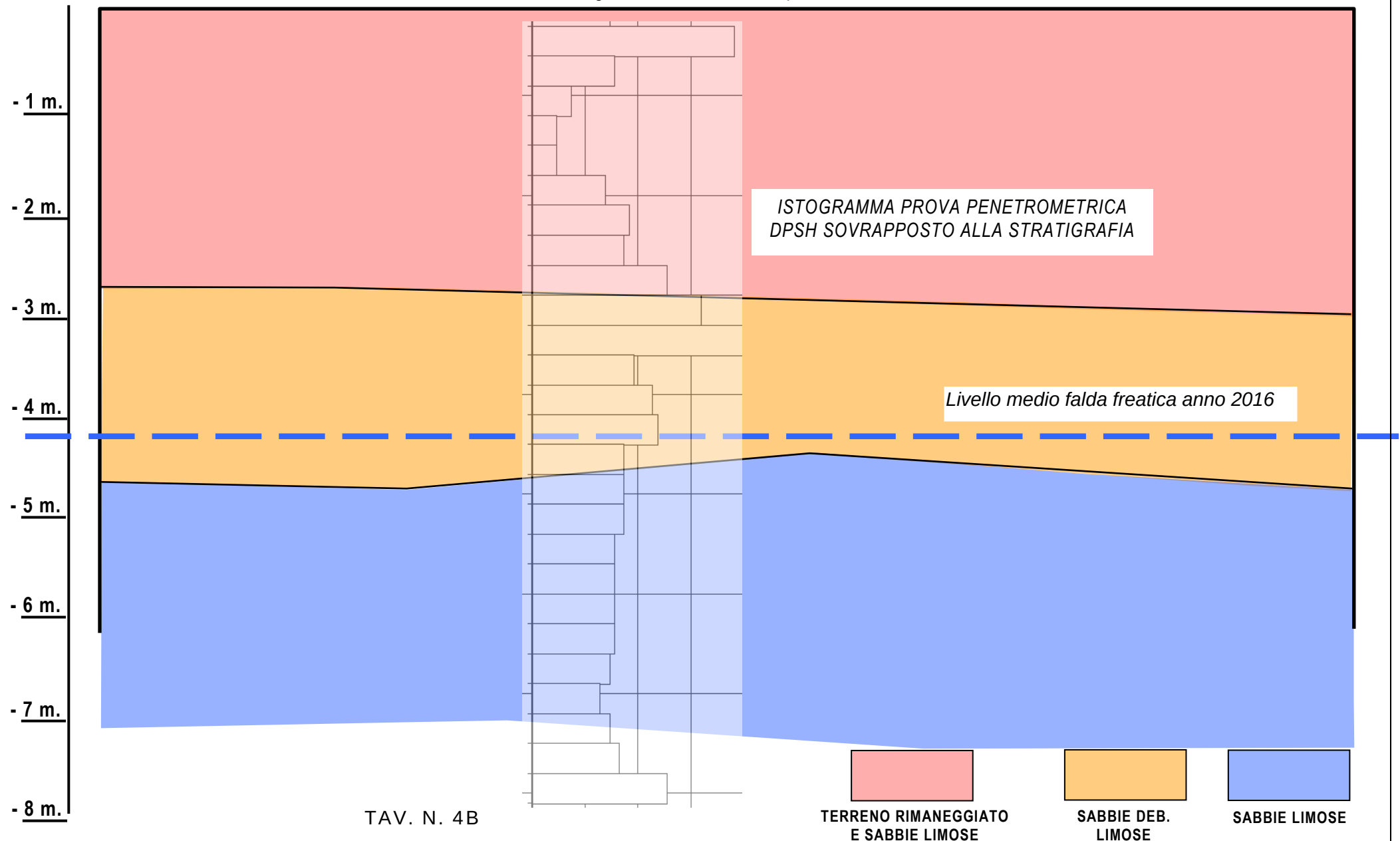
TRACCIA DI SEZIONE GEOLOGICA (rif. tav. 4B pagina seguente)

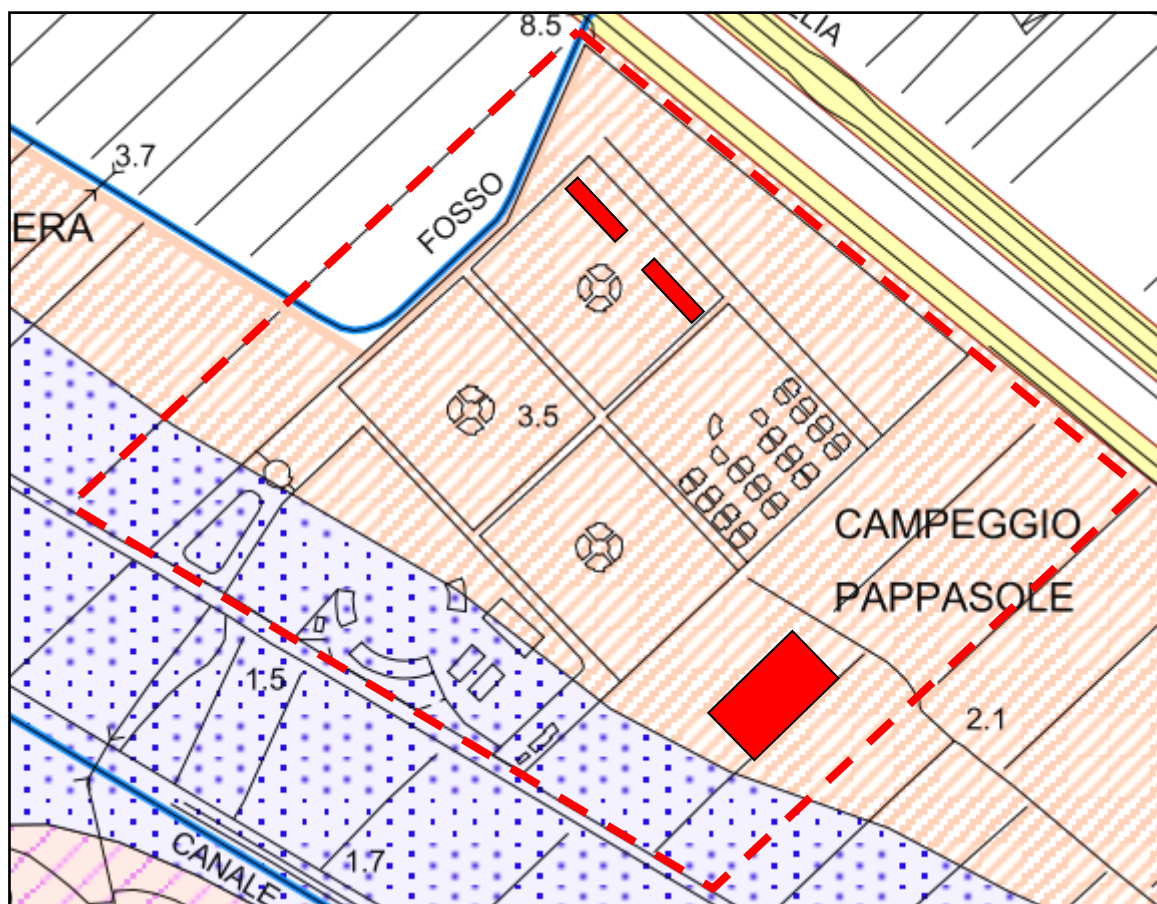
**AREA CAMPEGGIO
INTERAMENTE SOPRAELEVATA
CON RIPORTO ANTROPICO**

TAV. N. 4B

SEZIONE GEOLOGICA AREA DI PROGETTO

Scala lunghezze 1:100 Scala profondità 1:50



CARTA GEOMORFOLOGICA

Aree a sollevamento meccanico



Depositi lacustri, lagunari, palustri torbosi e di colmata



Depositi eolici (dune)



Rilevati stradali e ferroviari



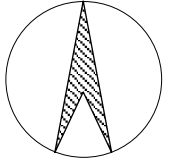
PERIMETRO CAMPEGGIO PAPPASOLE



AREE OGGETTO DI PIANO

**AREA CAMPEGGIO
INTERAMENTE SOPRAELEVATA
CON RIPORTO ANTROPICO**

CARTA LITOSTRATIGRAFICA



LEGENDA



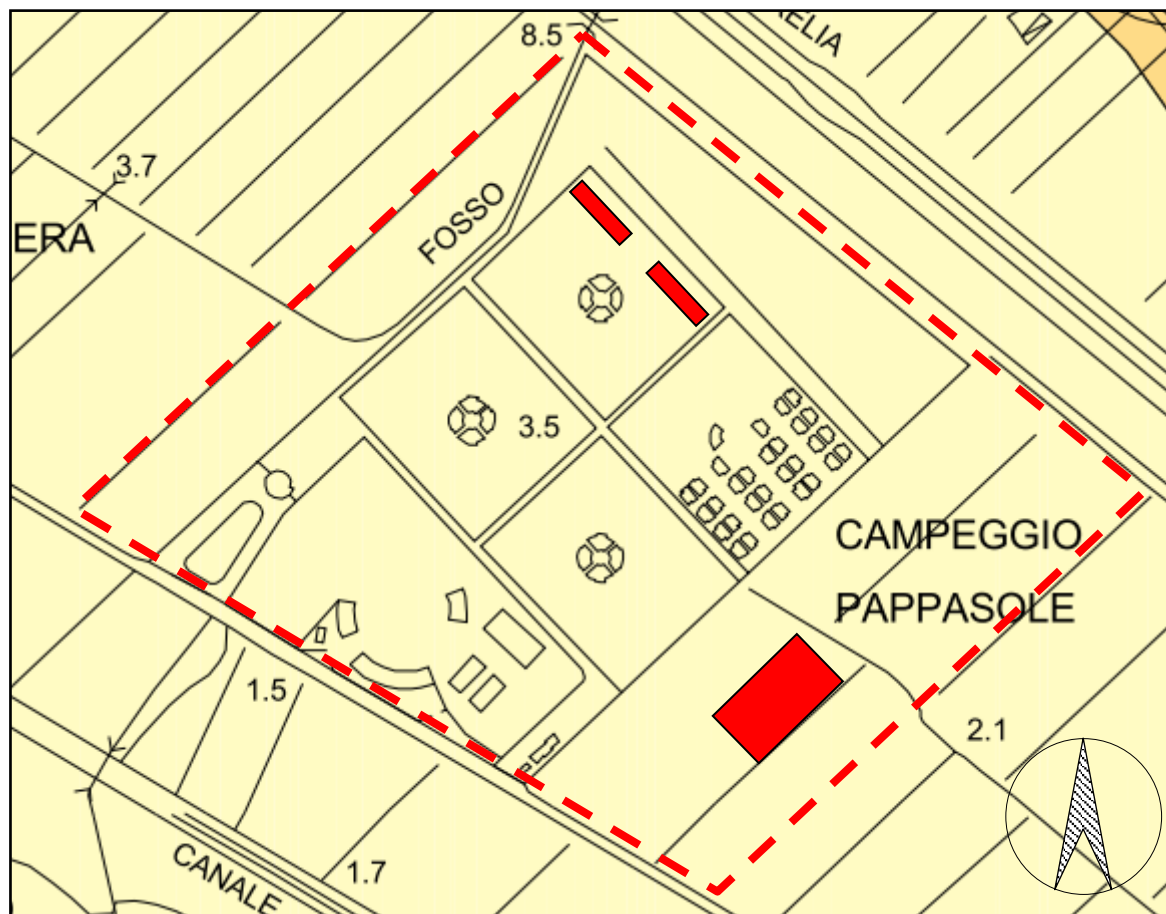
DEPOSITI ALLUVIONALI SABBIOSO-LIMOSI CON ESTREMA VARIABILITA' SPAZIALE E FREQUENTI CONTATTI ETEROPICI FRA LE VARIE LITOFACIES PRESENTI.



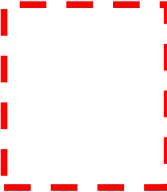
PERIMETRO CAMPEGGIO PAPPASOLE

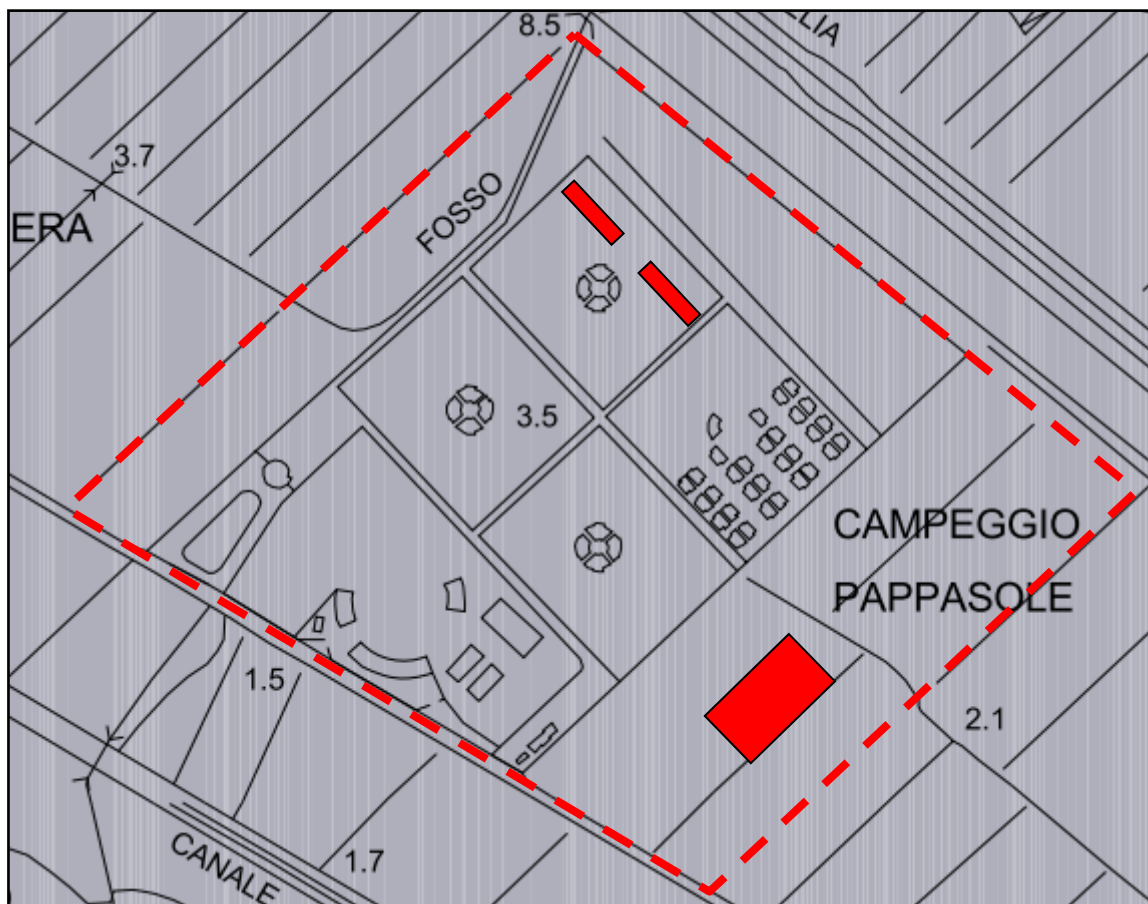


AREE OGGETTO DI PIANO

CARTA IDROGEOLOGICA E DELLA PERMEABILITA'**ELEMENTI IDROGEOLOGICI****CLASSI DI PERMEABILITA'**

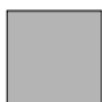
-  Depositi di origine alluvionale a permeabilità variabile, contenenti livelli di ghiaie sede di falde idriche a buona trasmissività
-  Detriti
-  Permeabilità alta
-  Permeabilità medio/bassa
-  Permeabilità scarsa/nulla
-  Sabbie con ghiaie, conglomerati, arenarie e calcareniti alternati a livelli di argille a permeabilità variabile, molto alta in alcuni livelli sabbioso-ghiaiosi

-  **AREA CAMPEGGIO CON TERRENO DI RIPORTO A MEDIA-ELEVATA PERMEABILITA'**
-  **PERIMETRO CAMPEGGIO PAPPASOLE**
-  **AREE OGGETTO DI PIANO**

CARTA LITOTECNICA – Estratto da Piano Strutturale**LEGENDA****UNITA' LITOLOGICO - TECNICA F**

MATERIALI CON CONSISTENZA LIMITATA O NULLA

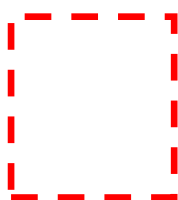
L' U.L.T.F comprende i terreni coesivi a bassa consistenza



F - Argille di Casa Ghiaccino (GHI-GHIt), Depositi alluvionali recenti ed attuali (b), a comportamento intermedio



F2 - Depositi alluvionali recenti ed attuali (b), a comportamento prevalentemente coerente



AREA CAMPEGGIO CON TERRENO DI RIPORTO. DEPOSITI GRANULARI A GRANULOMETRIA SABBIOSO-GHIAIOSA E MEDIO ADDENSAMENTO.

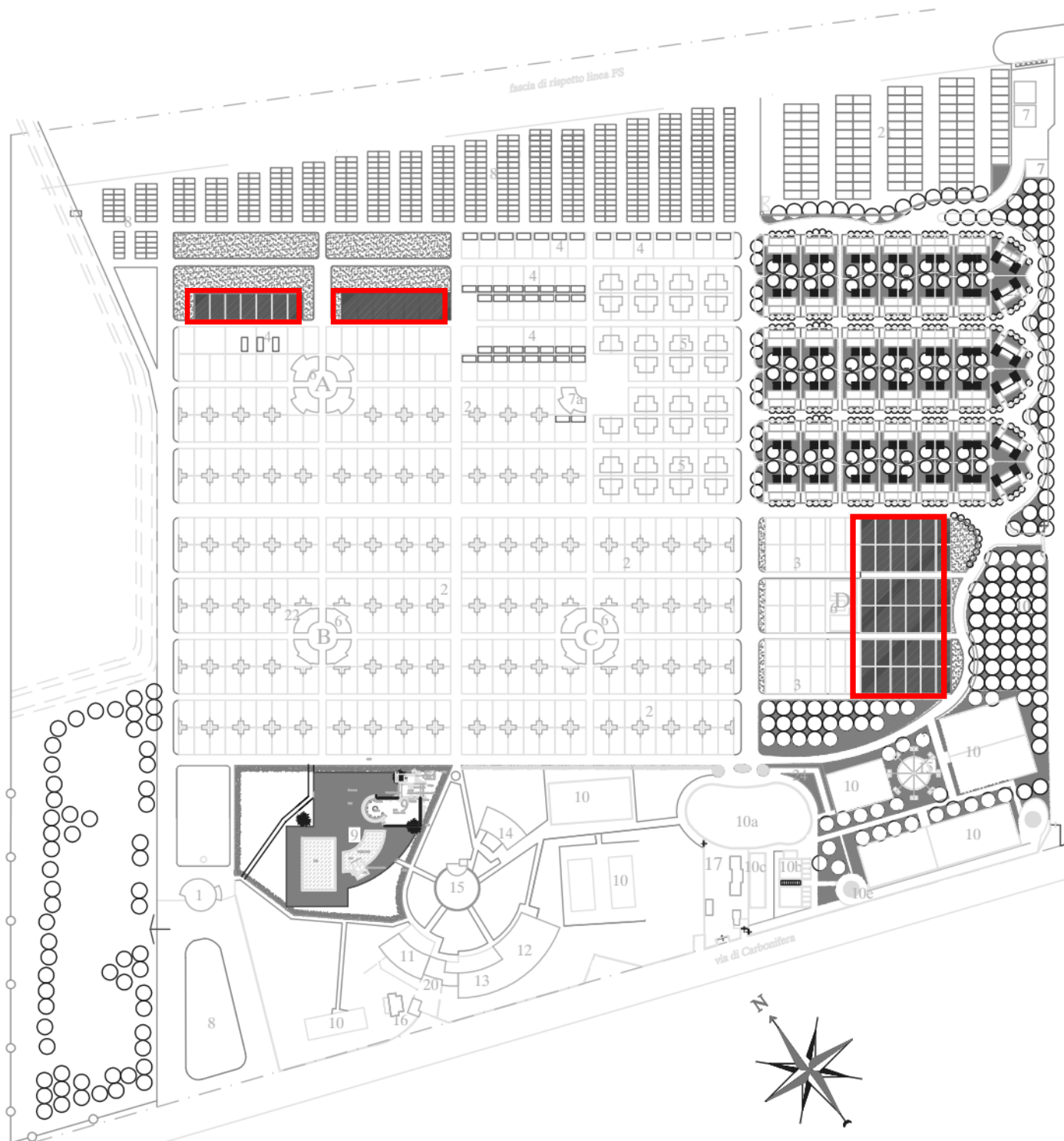
PERIMETRO CAMPEGGIO PAPPASOLE



AREE OGGETTO DI PIANO

TAV. 9

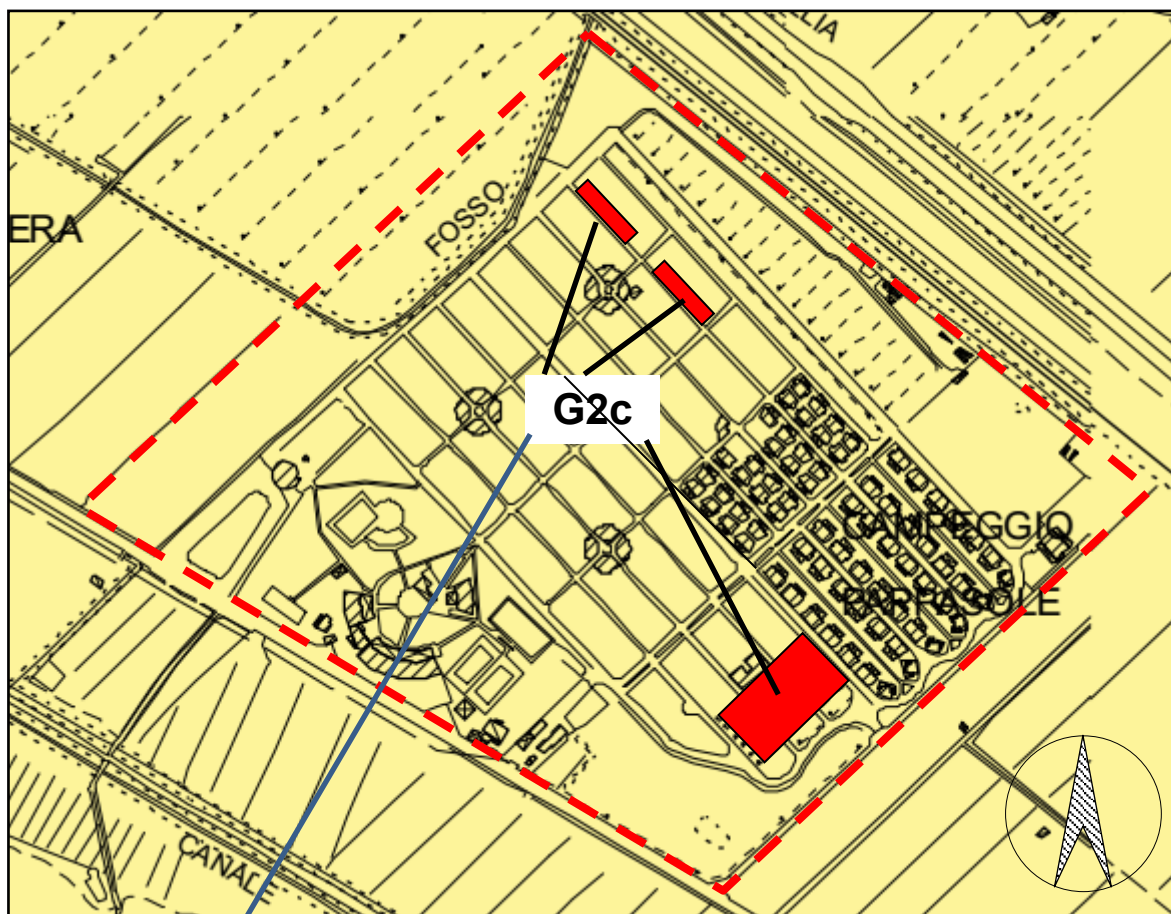
ESTRATTO PLANIMETRIA DI PROGETTO DI PIANO ATTUATIVO



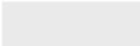
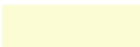
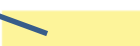
AREE OGGETTO DI PIANO

TAV. 10.A

ESTRATTO CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA DA RU VIGENTE

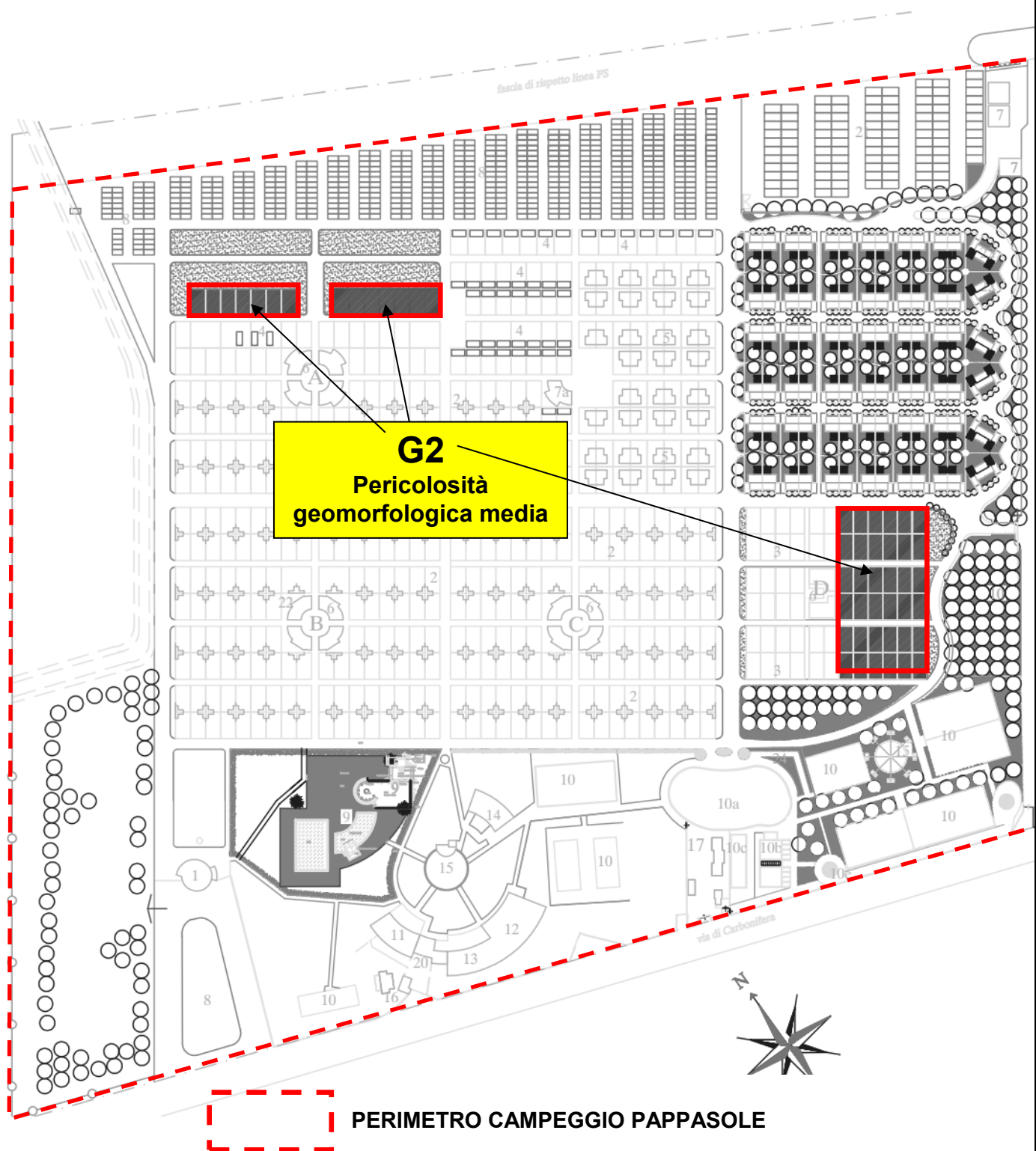


Pericolosità geomorfologica

-  G.1 - Pericolosità geomorfologica bassa
-  G.2a - Pericolosità geomorfologica media
-  G.2b - Pericolosità geomorfologica media
-  G.2c - Pericolosità geomorfologica media
-  G.3 - Pericolosità geomorfologica elevata
-  G.4 - Pericolosità geomorfologica molto elevata
-  PERIMETRO CAMPEGGIO PAPPASOLE
-  AREE OGGETTO DI PIANO

TAV. 10.B

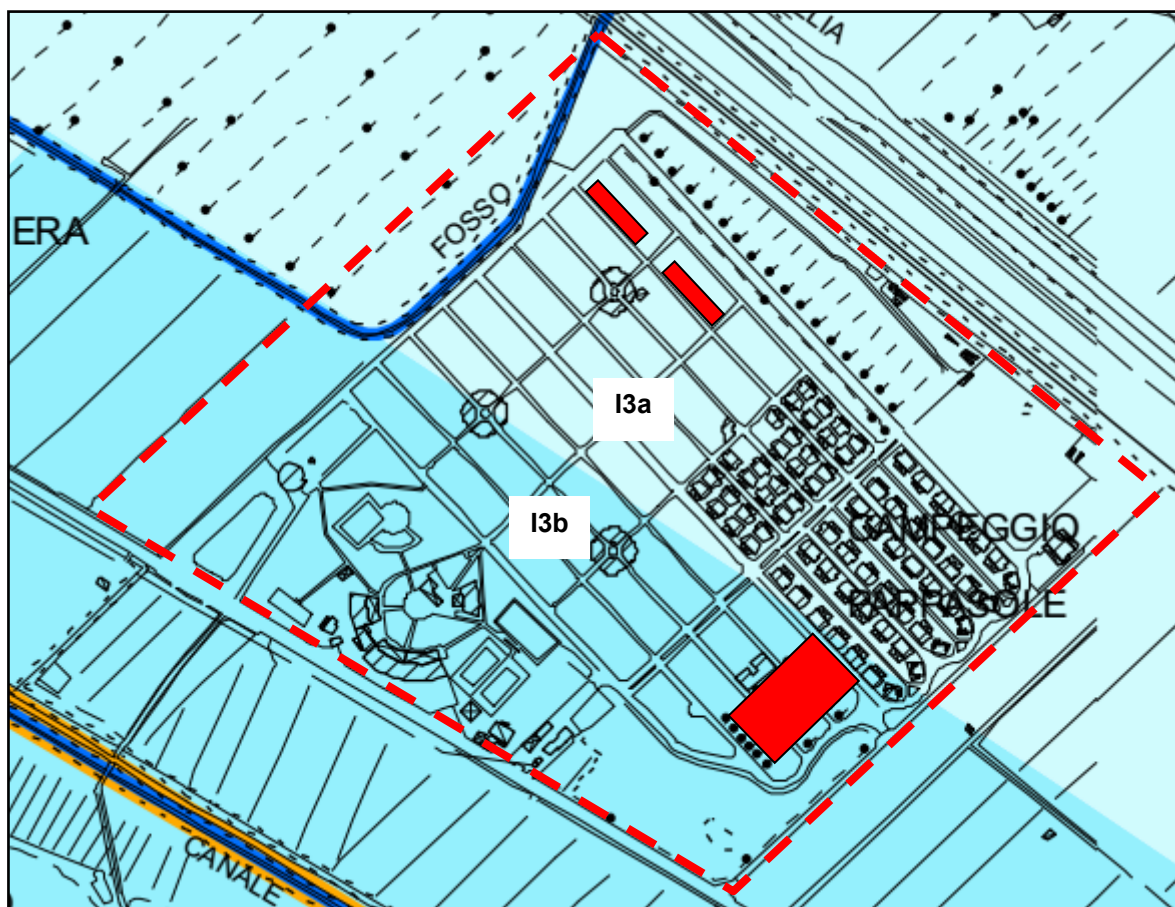
PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA PROPOSTA PER AREA DI PIANO ATTUATIVO



AREE OGGETTO DI PIANO
CLASSE G2 - PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA
MEDIA AI SENSI DPGRT 53/R/2011

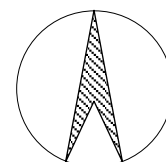
TAV. 11 A

ESTRATTO CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA DA TAV. 8.4 RU VIGENTE



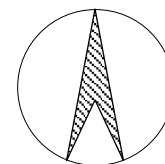
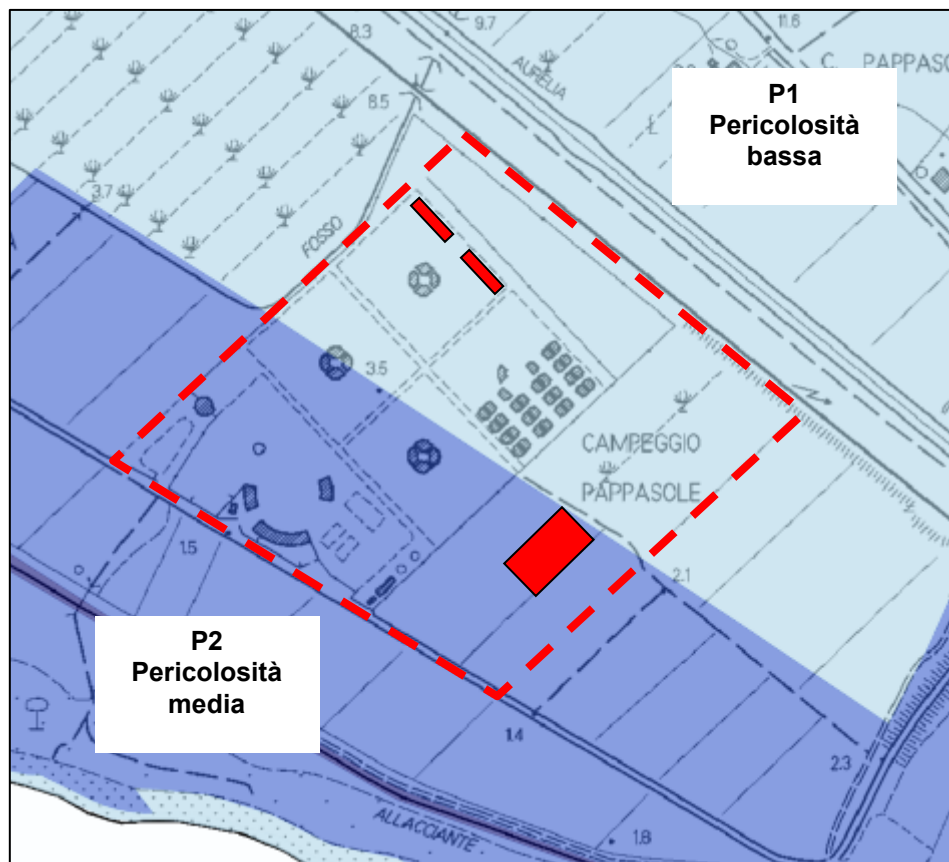
Pericolosità idraulica

- I.1 - Pericolosità idraulica bassa
- I.2 - Pericolosità idraulica media
- I.3a I.3 - Pericolosità idraulica elevata (per criteri morfologici)
- I.3b I.3 - Pericolosità idraulica elevata (a seguito di studi idrologici-idraulici)
- I.4 - Pericolosità idraulica molto elevata (a seguito di studi idrologici-idraulici)
- Aree soggette ad inondazioni per eventi Tr20
- PERIMETRO CAMPEGGIO PAPPASOLE
- AREE OGGETTO DI PIANO



TAV. 11 B

ESTRATTO CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA DA P.G.R.A. VIGENTE



LEGENDA PERICOLOSITA' DA ALLUVIONE FLUVIALE secondo PGRA

- P1 - PERICOLOSITA' BASSA** (aree inondabili da eventi con Tr maggiore di 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale)
- P2 - PERICOLOSITA' MEDIA** (aree inondabili da eventi con Tr compreso fra 30 e 200 anni)
- P3 - PERICOLOSITA' ELEVATA** (aree inondabili da eventi con Tr minore o uguale a 30 anni)

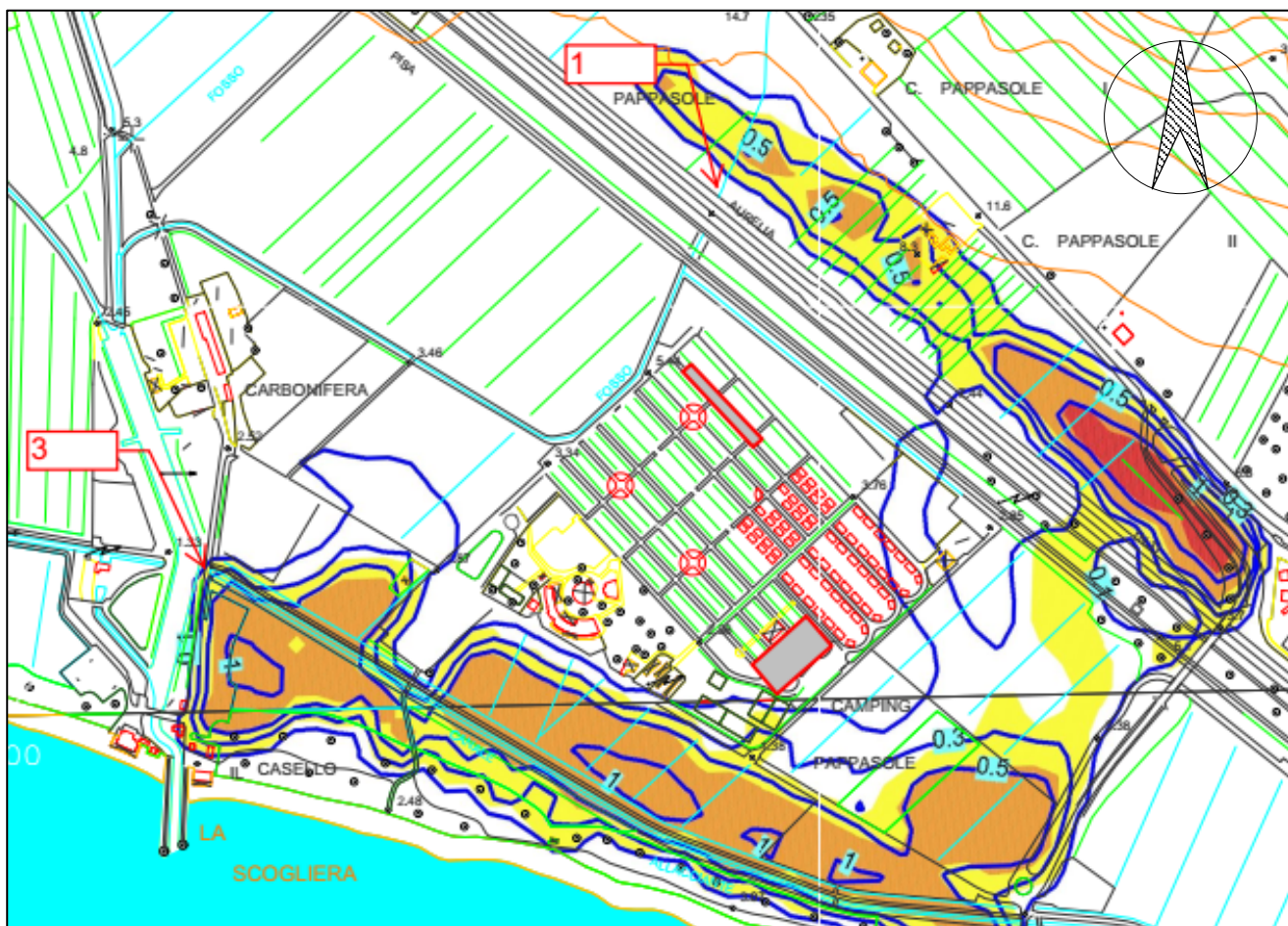


PERIMETRO CAMPEGGIO PAPPASOLE



AREE OGGETTO DI PIANO

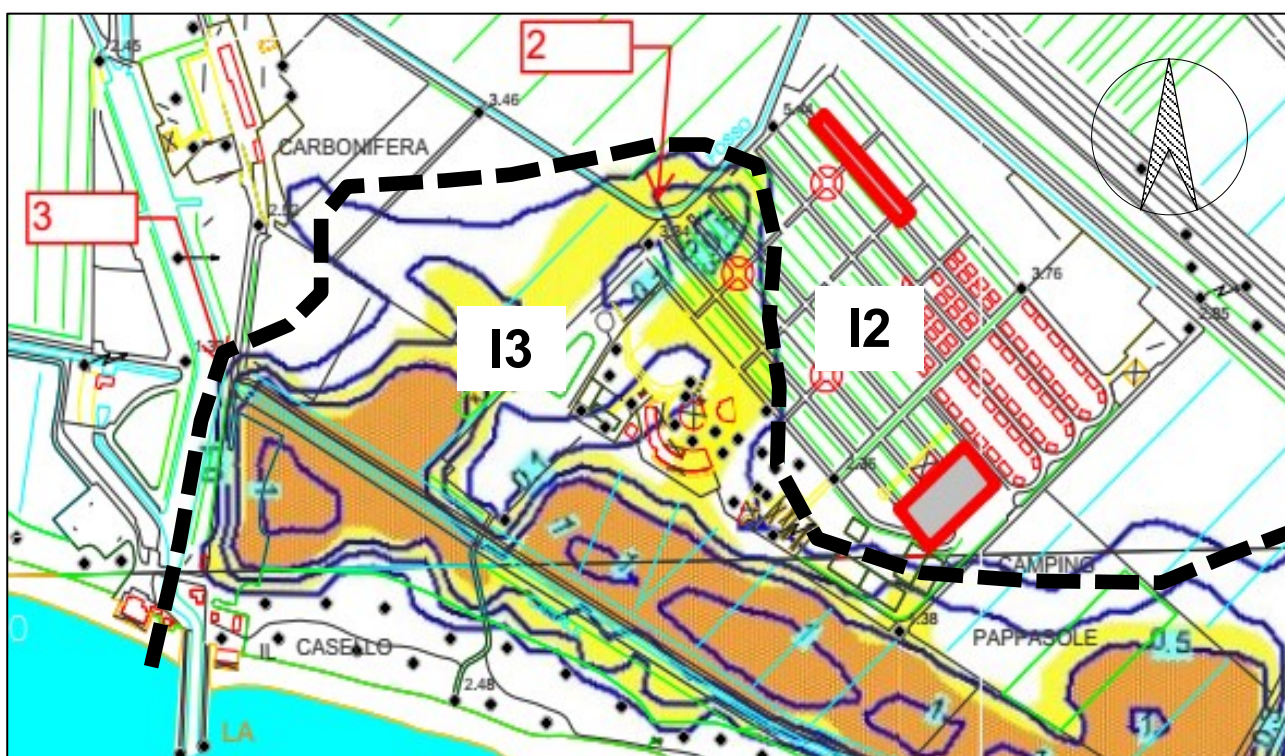
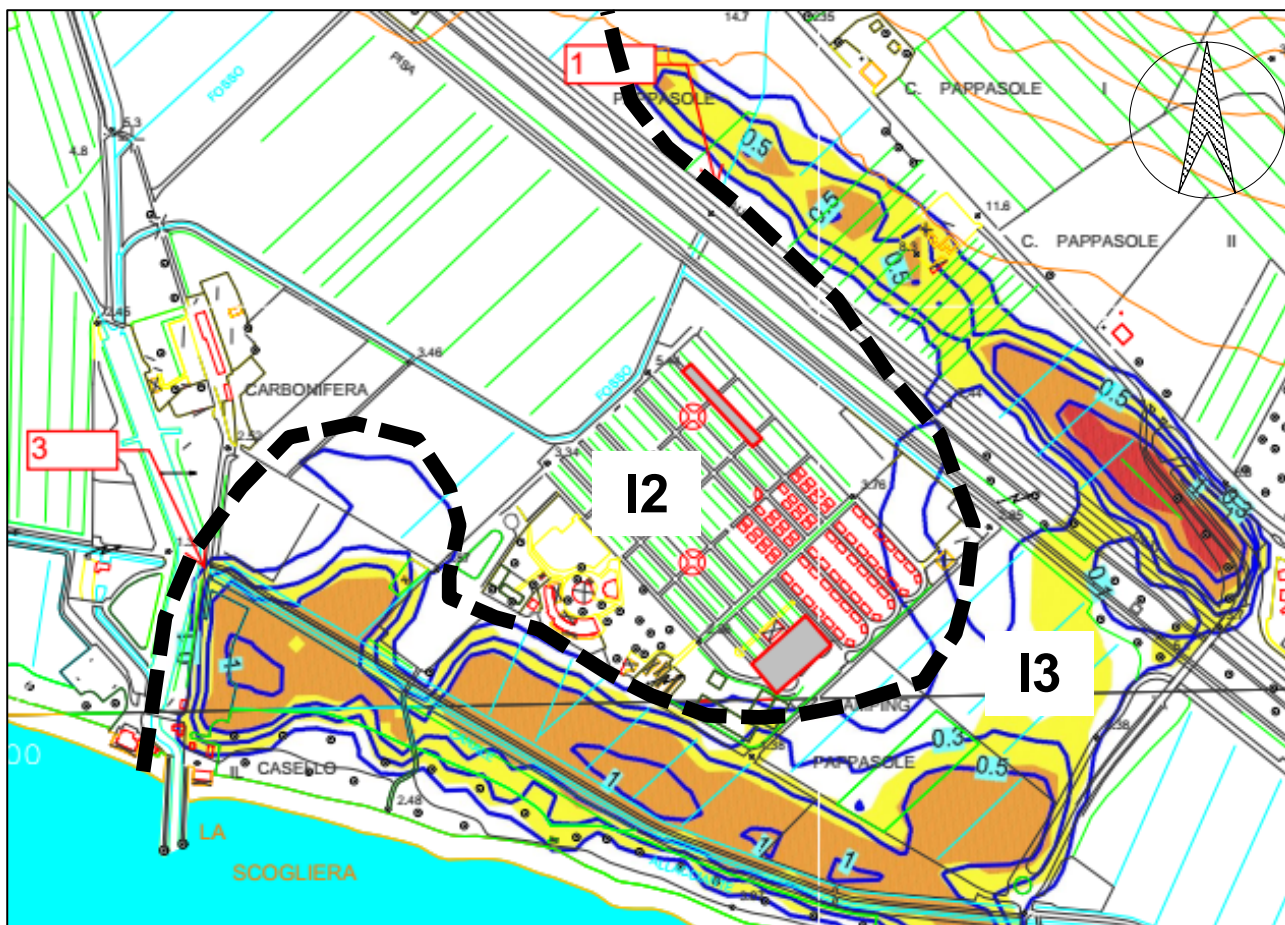
TAV. 11 C
ESTRATTO CARTA DELLE AREE ESONDABILI PER TR 200 DA STUDIO IDRAULICO MUCCETTI 2016
SCENARIO 1 – (ESONDAZIONE PUNTI 1 E 3) e SCENARIO 2 (ESONDAZIONE PUNTI 2 E 3)



Sopra: lame di esondazione tr 200 scenario 1 – sotto: lame esondazione tr 200 scenario 2



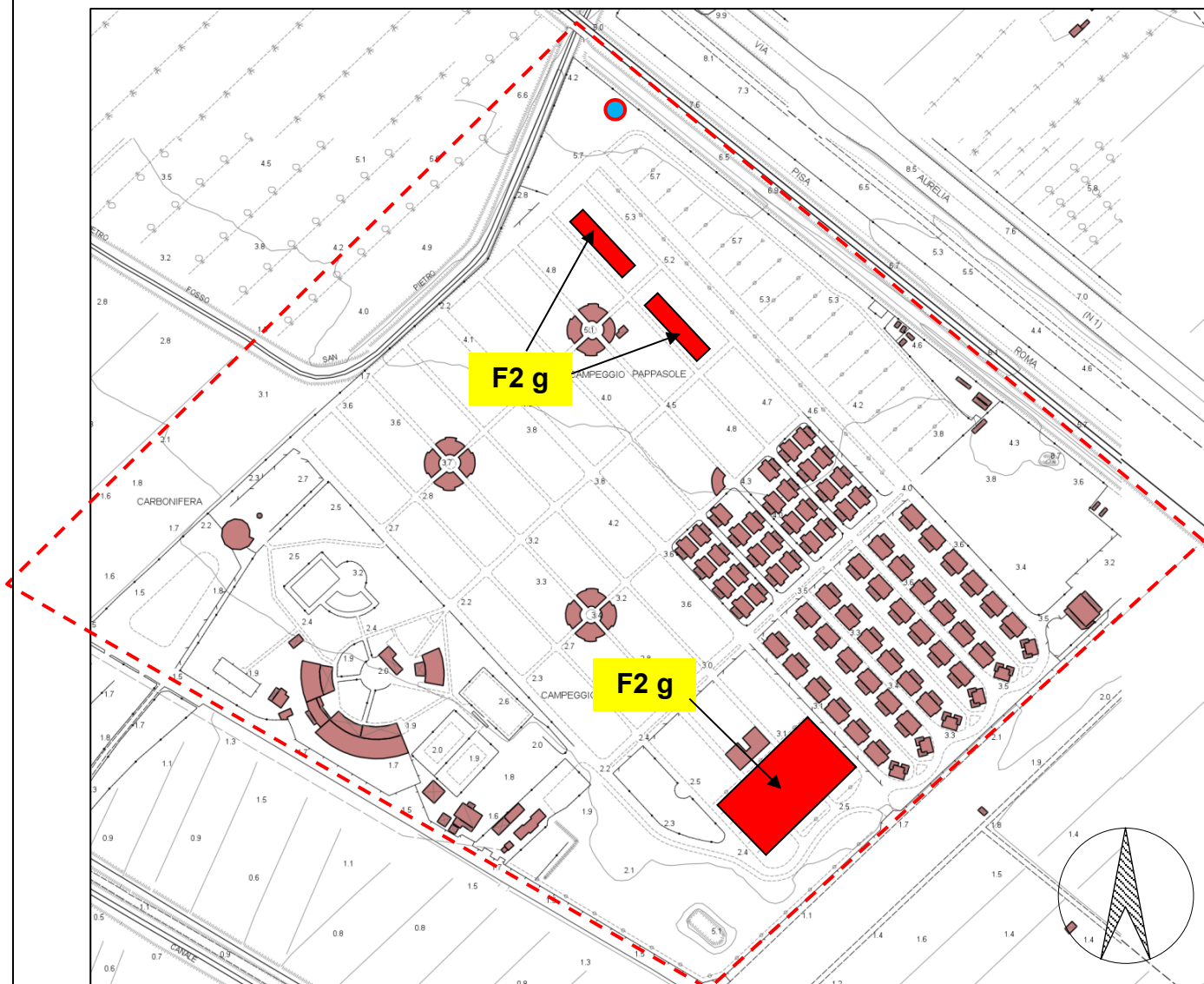
TAV. 11 D
CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA PROPOSTA PER LE AREE DI PIANO
AI SENSI DPGR 53/R/2011 SECONDO SCENARI 1 E 2 STUDIO IDRAULICO



CONCLUSIONI: IN ENTRAMBI GLI SCENARI LE AREE DI PROGETTO NON SONO INTERESSATE DA ESONDAZIONI PER TR 200 → PERICOLOSITA' MEDIA I2

TAV. 12 A

CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOMORFOLOGICA



LEGENDA

CLASSI DI FATTIBILITA' AI SENSI DPGRT 53/R/2011

F2 g FATTIBILITA' GEOMORFOLOGICA CON NORMALI VINCOLI

DA PRECISARE A LIVELLO DI PROGETTO



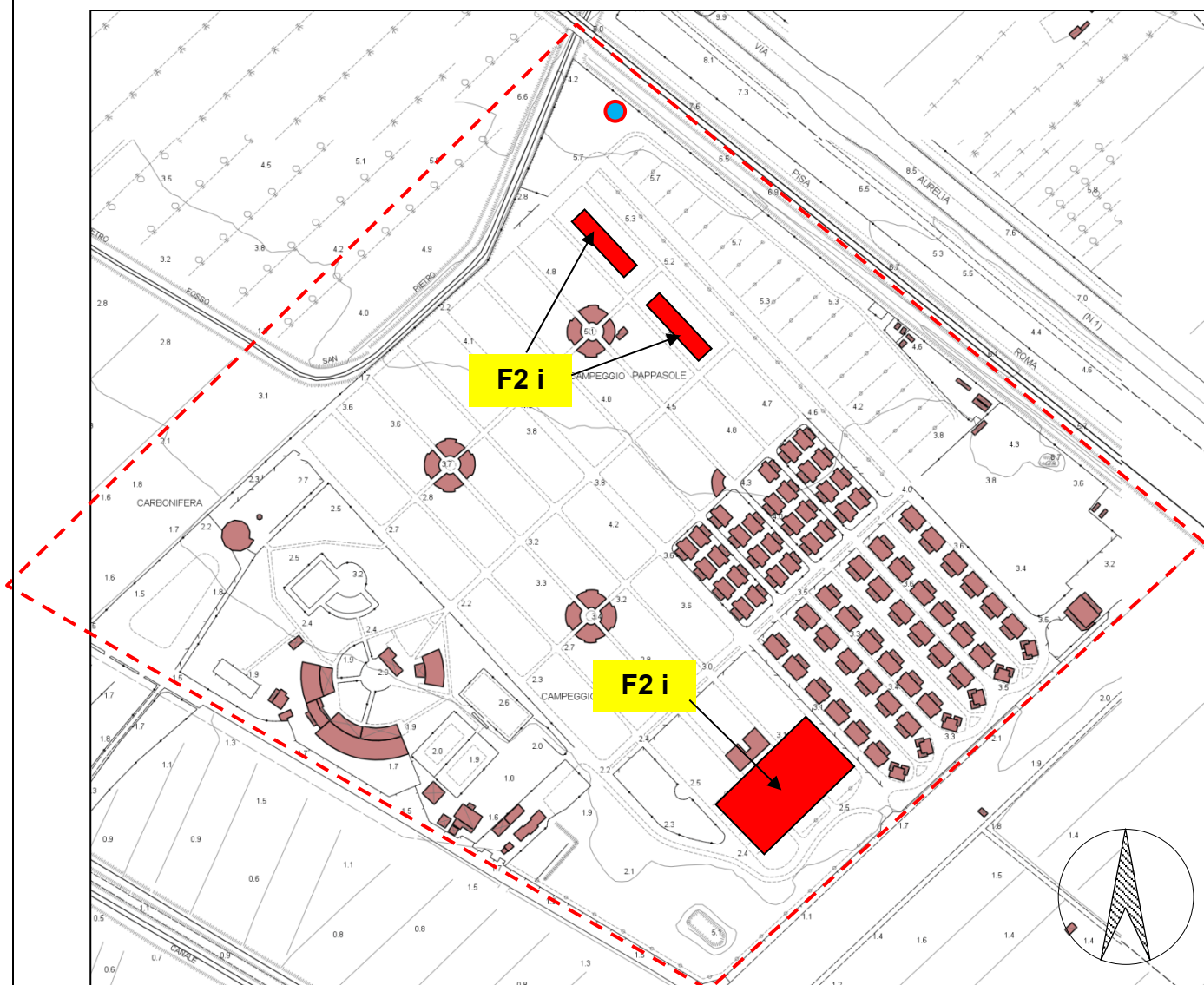
PERIMETRO CAMPEGGIO PAPPASOLE



AREE OGGETTO DI PIANO

TAV. 12 B

CARTA DELLA FATTIBILITA' IDRAULICA



LEGENDA

CLASSI DI FATTIBILITA' AI SENSI DPGRT 53/R/2011

F2 i

FATTIBILITA' IDRAULICA CON NORMALI VINCOLI

DA PRECISARE A LIVELLO DI PROGETTO



PERIMETRO CAMPEGGIO PAPPASOLE



AREE OGGETTO DI PIANO

PIANO ATTUATIVO CAMPEGGIO PAPPASOLE

NOVEMBRE 2016

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI "DI MASSIMA"

(da verificare con indagini in sito a supporto dei futuri progetti esecutivi)

	<i>u.d.m.</i>	LITOTIPI INCOERENTI (depositi palustri e alluvionali)
<i>Tipologia litotipo</i>	--	<i>Terrigeno, incoerente, a granulometria prevalentemente sabbiosa e argillosa, con varia percentuale di materiale fine.</i>
<i>Angolo di attrito efficace medio "ϕ"</i>	(°)	25-27
<i>Coesione "c"</i>	Kg/cmq	0,01-0,05
<i>Porosità "n"</i>	(%)	25 - 30
<i>Indice dei vuoti "e"</i>	--	0.33 – 0.42
<i>Classe di addensamento prevalente</i>	--	<i>Mediamente consistente e/o mediamente addensato</i>
<i>Densità relativa "Dr"</i>	--	<i>Circa 0.2 – 0.4</i>
<i>Coefficiente di permeabilità medio "Kv"</i>	Cm/sec	10 ⁻⁴ – 10 ⁻⁵
<i>Peso di Volume "γ"</i>	T/mc	1.80 – 1.90
<i>Peso specifico del terreno secco "γ_d"</i>	T/mc	1.60 – 1.70
<i>Grado di cementazione</i>	--	<i>Generalmente assente.</i>
<i>Categoria di suolo ai sensi DM 14-01-2008</i>	--	<i>C (vedi masw)</i>

ALLEGATO 5

SCHEDE COSTRUTTIVE DEI POZZI

1859-1860-9156-9364-20377

*Studio di Geologia Dr. Geol. LUCA MAZZEI
geologomazzei@virgilio.it*

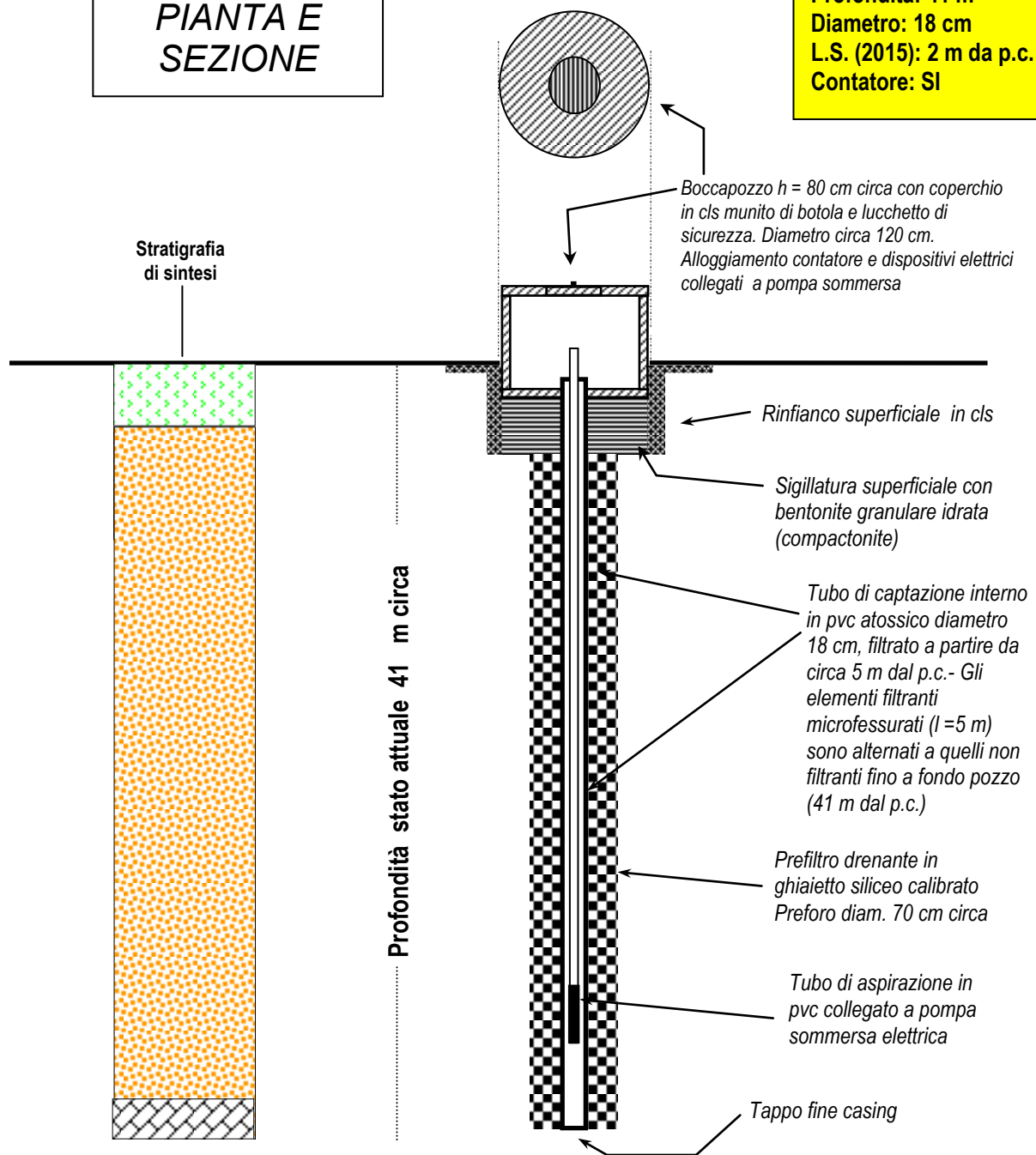
SCHEMA COSTRUTTIVO POZZO 1859 CON STRATIGRAFIA DI MASSIMA

(da dati forniti dalla Committenza)

DATI ATTUALI POZZO
matr. 1859

Profondità: 41 m
Diametro: 18 cm
L.S. (2015): 2 m da p.c.
Contatore: SI

**PIANTA E
SEZIONE**



Legenda litologica



Terreno vegetale



Alternanze di sabbie e sabbie limose



Bed-rock argillitico bassa permeabilità

PORZIONE TERRIGENA

BED-ROCK



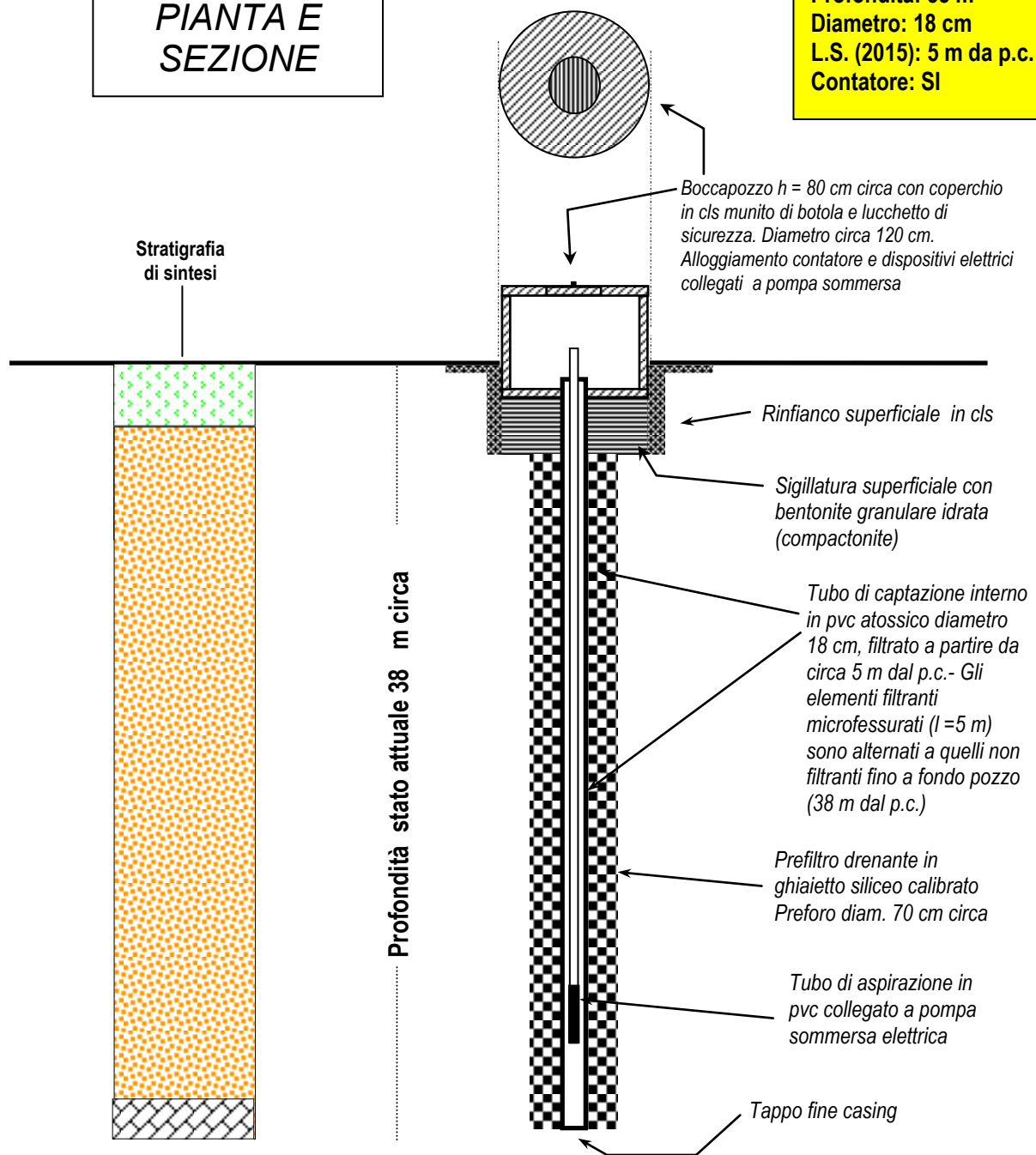
SCHEMA COSTRUTTIVO POZZO 1860 CON STRATIGRAFIA DI MASSIMA

(da dati forniti dalla Committenza)

DATI ATTUALI POZZO
matr. 1860

Profondità: 38 m
Diametro: 18 cm
L.S. (2015): 5 m da p.c.
Contatore: SI

**PIANTA E
SEZIONE**



Legenda litologica



Terreno vegetale



Alternanze di sabbie e sabbie limose



Bed-rock argillitico bassa permeabilità

PORZIONE TERRIGENA

BED-ROCK



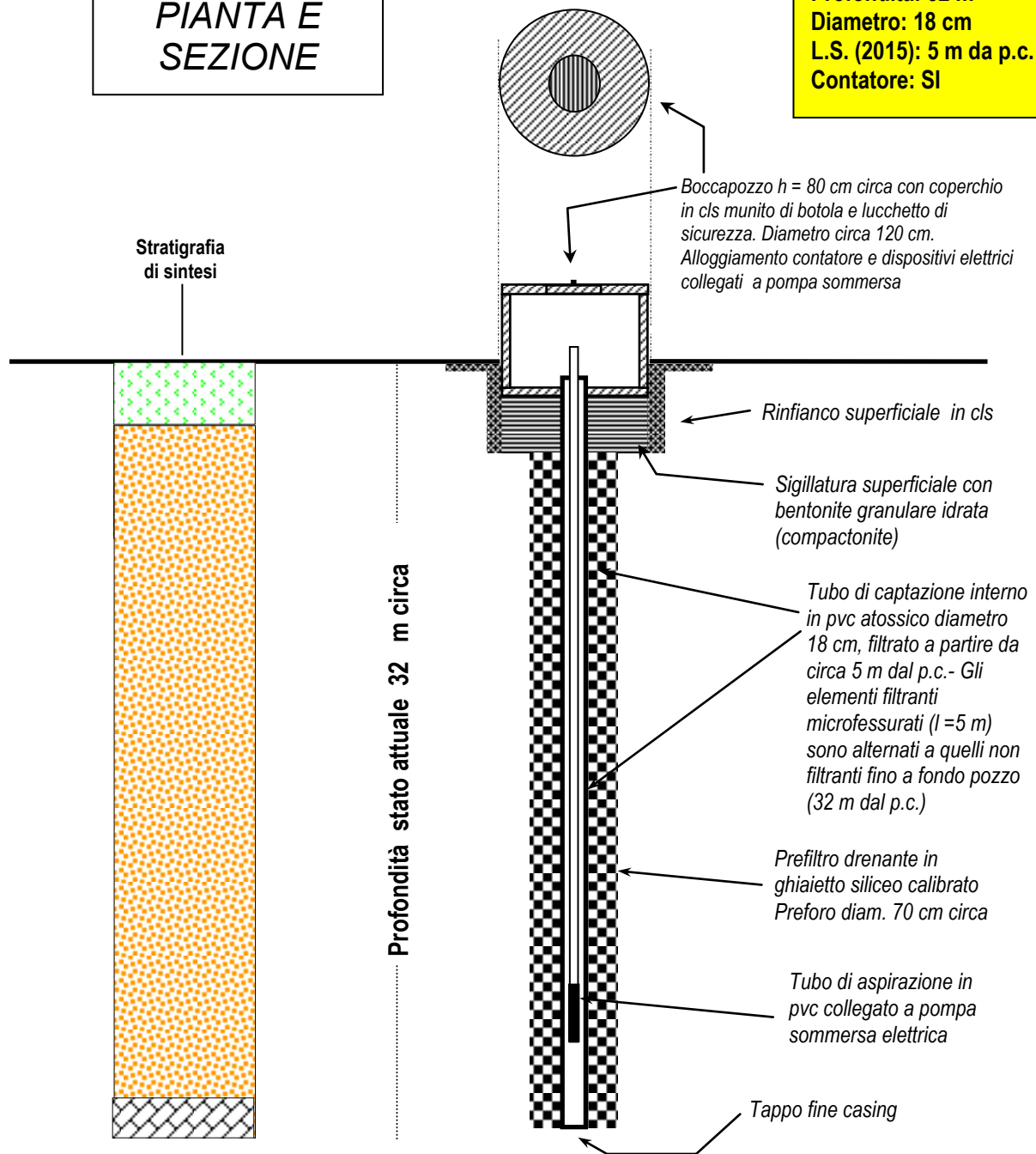
SCHEMA COSTRUTTIVO POZZO 9156 CON STRATIGRAFIA DI MASSIMA

(da dati forniti dalla Committenza)

**DATI ATTUALI POZZO
matr. 9156**

**Profondità: 32 m
Diametro: 18 cm
L.S. (2015): 5 m da p.c.
Contatore: SI**

**PIANTA E
SEZIONE**



Legenda litologica



Terreno vegetale



Alternanze di sabbie e sabbie limose



Bed-rock argillitico bassa permeabilità

PORZIONE TERRIGENA

BED-ROCK



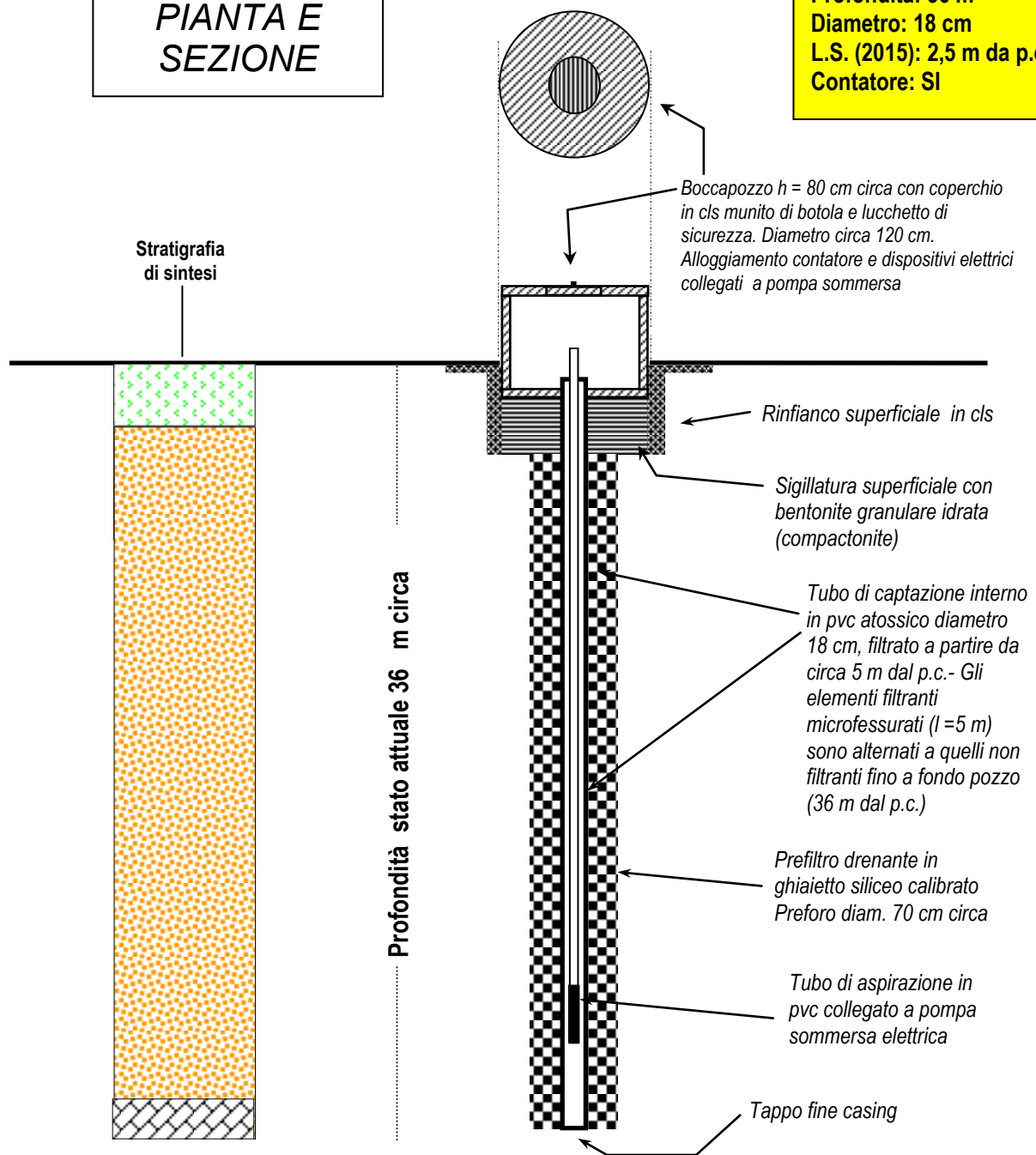
SCHEMA COSTRUTTIVO POZZO 9364 CON STRATIGRAFIA DI MASSIMA

(da dati forniti dalla Committenza)

DATI ATTUALI POZZO
matr. 9364

Profondità: 36 m
Diametro: 18 cm
L.S. (2015): 2,5 m da p.c.
Contatore: SI

**PIANTA E
SEZIONE**



Legenda litologica



Terreno
vegetale



Alternanze di
sabbie e sabbie limose



Bed-rock argillitico bassa
permeabilità

PORZIONE TERRIGENA

BED-ROCK



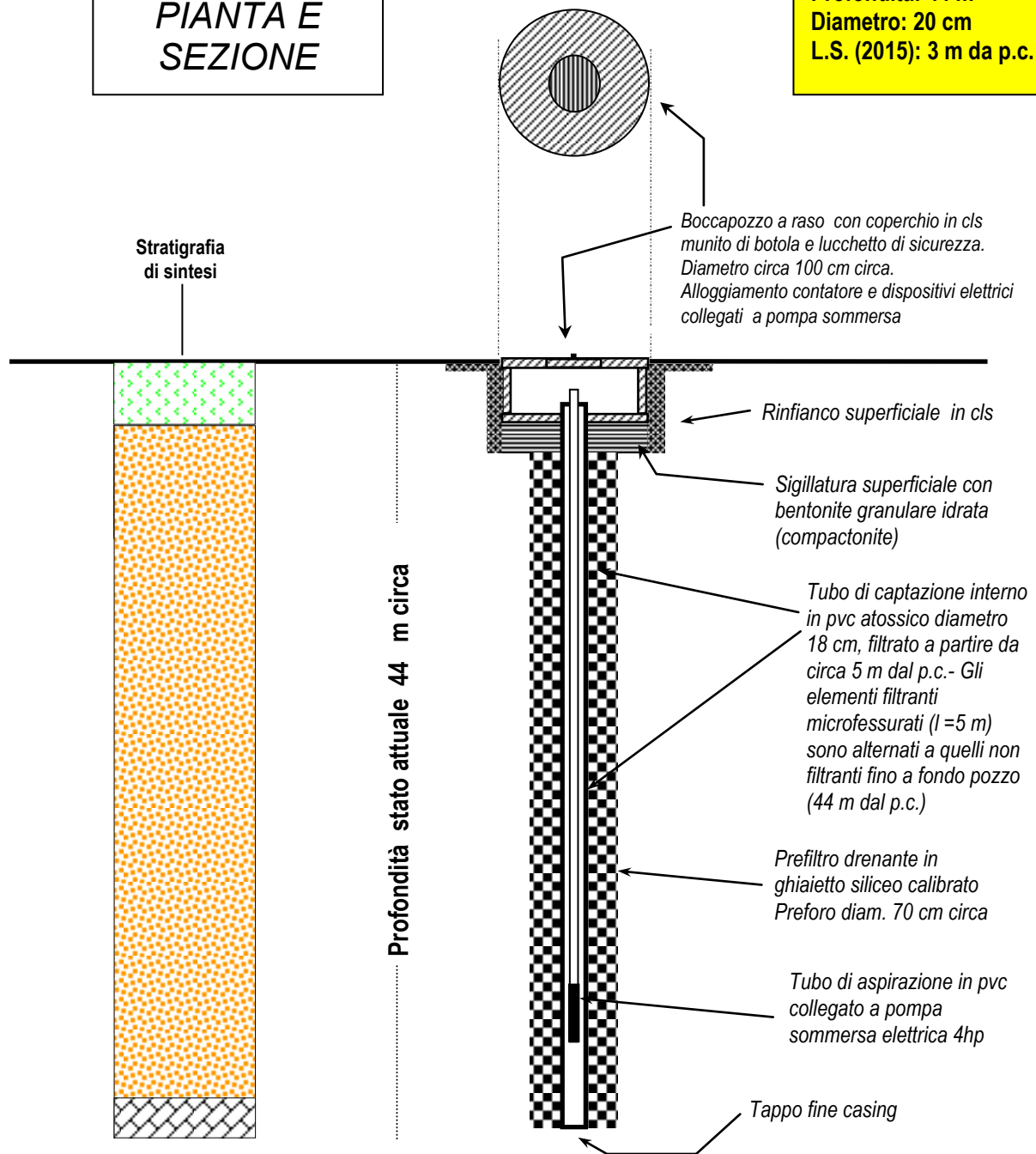
SCHEMA COSTRUTTIVO POZZO 20377 CON STRATIGRAFIA DI MASSIMA

(da dati forniti dalla Committenza)

DATI ATTUALI POZZO
matr. 20377

Profondità: 44 m
Diametro: 20 cm
L.S. (2015): 3 m da p.c.

**PIANTA E
SEZIONE**



Legenda litologica



Terreno vegetale



Altezze di sabbie e sabbie limose



Bed-rock argillitico bassa permeabilità

PORZIONE TERRIGENA

BED-ROCK



PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **Deep-Drill SH**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla Certificato	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : **Deep-Drill SH**

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 30,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,00 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 8,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,30$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(30) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 30 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 7,94 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,014$ (teoricamente : Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa $\approx$ 0,1 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- cantiere : Dott. Geol. Luca Mazzei
- lavoro : Campeggio Pappasole
- località : Piombino

- data prova : 30/06/2011
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 30/06/2011

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,30	16	79,5	1	4,20 - 4,50	26	98,2	5
0,30 - 0,60	42	208,6	1	4,50 - 4,80	19	71,7	5
0,60 - 0,90	17	84,4	1	4,80 - 5,10	19	67,7	6
0,90 - 1,20	8	36,8	2	5,10 - 5,40	19	67,7	6
1,20 - 1,50	5	23,0	2	5,40 - 5,70	17	60,6	6
1,50 - 1,80	5	23,0	2	5,70 - 6,00	17	60,6	6
1,80 - 2,10	15	64,3	3	6,00 - 6,30	17	57,3	7
2,10 - 2,40	20	85,8	3	6,30 - 6,60	17	57,3	7
2,40 - 2,70	19	81,5	3	6,60 - 6,90	16	53,9	7
2,70 - 3,00	28	120,1	3	6,90 - 7,20	14	44,8	8
3,00 - 3,30	35	140,6	4	7,20 - 7,50	16	51,2	8
3,30 - 3,60	44	176,7	4	7,50 - 7,80	18	57,6	8
3,60 - 3,90	21	84,3	4	7,80 - 8,10	28	85,3	9
3,90 - 4,20	25	94,4	5				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **Deep-Drill SH**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **50,50 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**30**) [δ = 30 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

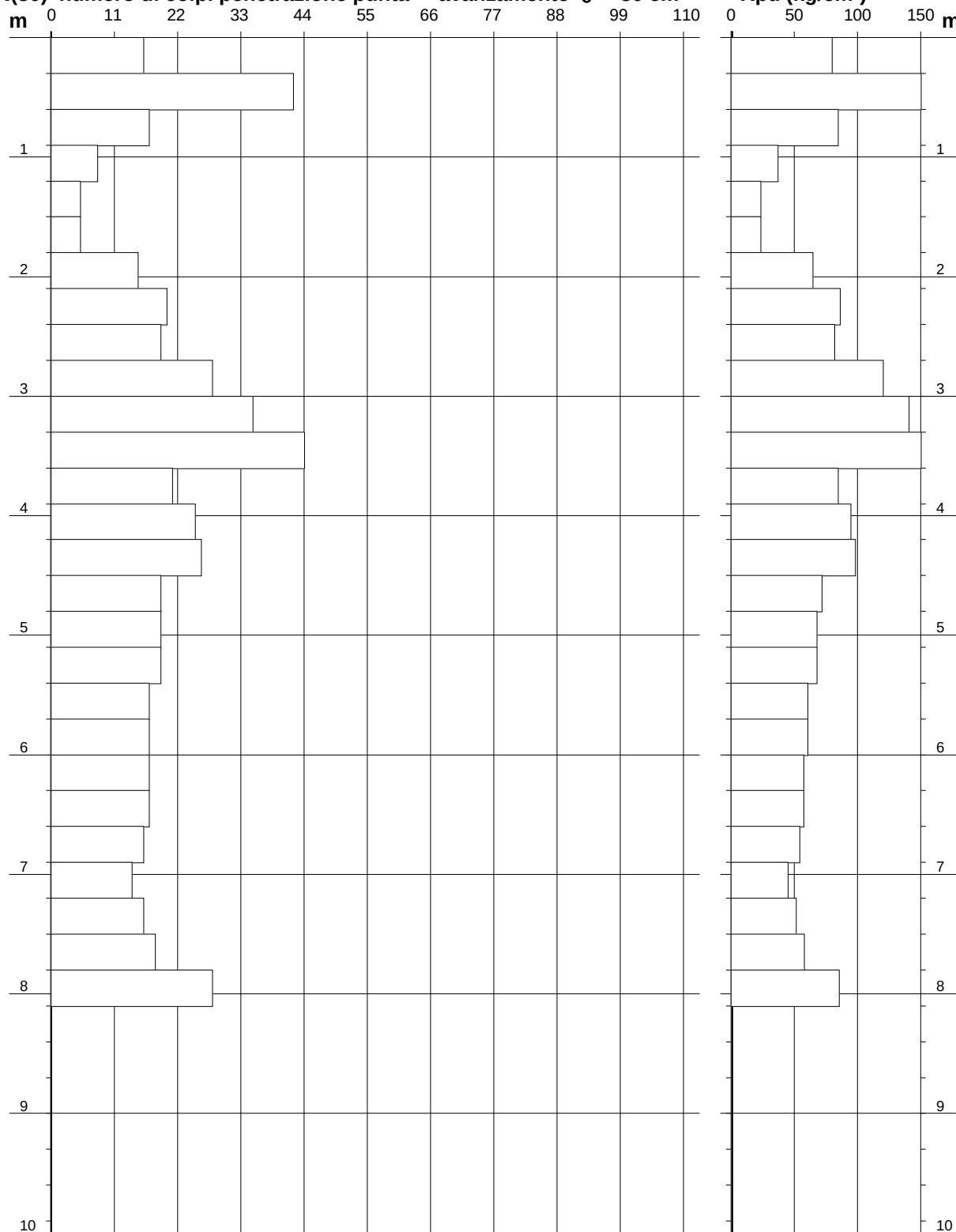
- cantiere : Dott. Geol. Luca Mazzei
- lavoro : Campeggio Pappasole
- località : Piombino

- data prova : 30/06/2011
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 30/06/2011

- note :

N = N(30) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 30$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

DIN 1

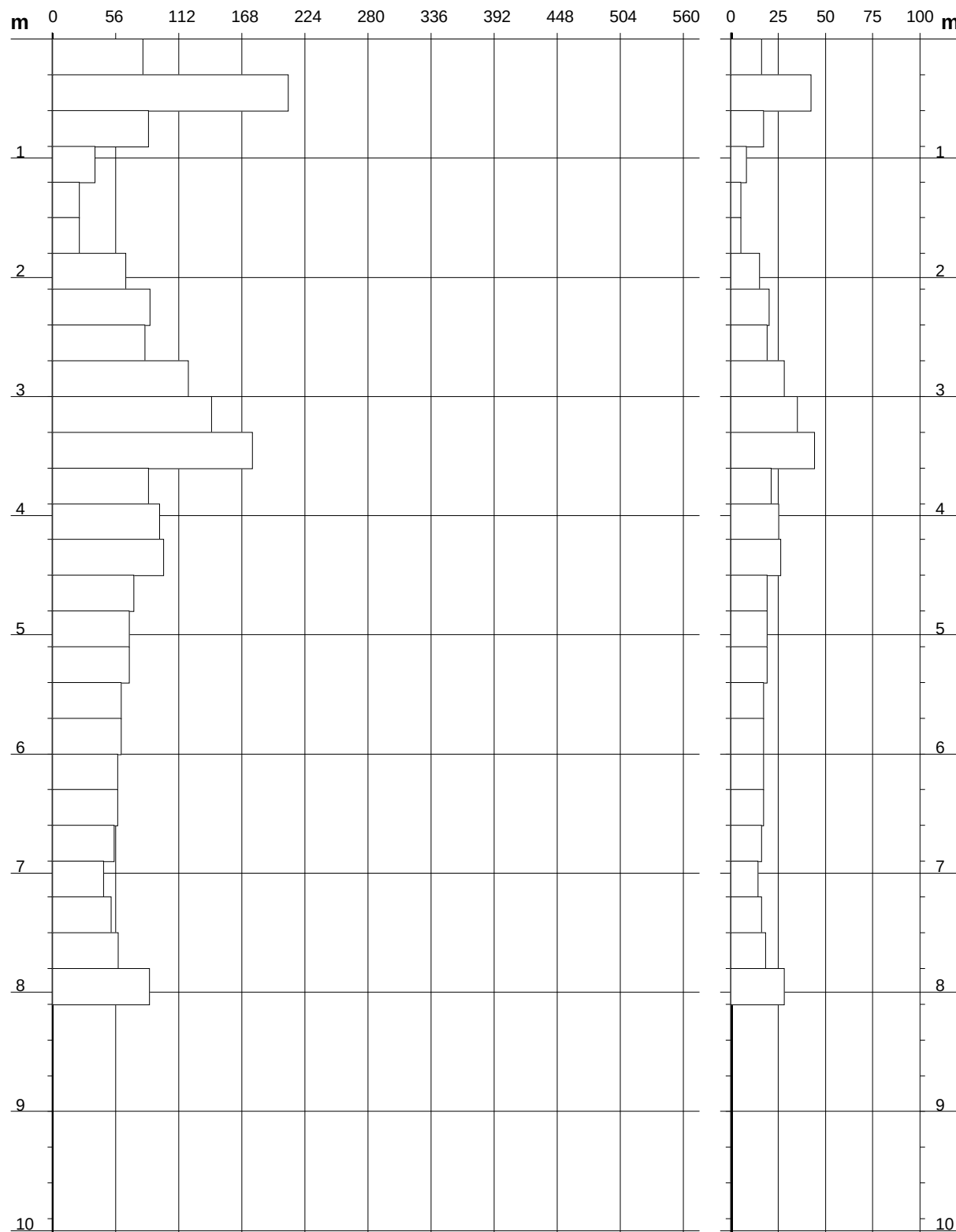
Scala 1: 50

- cantiere : Dott. Geol. Luca Mazzei
- lavoro : Campeggio Pappasole
- località : Piombino

- data prova : 30/06/2011
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 30/06/2011

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(30) n° colpi $\delta = 30$



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- cantiere : Dott. Geol. Luca Mazzei
- lavoro : Campeggio Pappasole
- località : Piombino

- data prova : 30/06/2011
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 30/06/2011

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	2,70	N	16,3	5	42	10,7	11,2	5,1	27,6	16	1,01	16
			Rpd	76,3	23	209	49,7	56,0	20,3	132,3	75		
2	2,70	4,50	N	29,8	21	44	25,4	8,3	21,5	38,2	30	1,01	30
			Rpd	119,0	84	177	101,7	34,8	84,3	153,8	120		
3	4,50	8,10	N	18,1	14	28	16,0	3,4	14,6	21,5	18	1,01	18
			Rpd	61,3	45	85	53,1	10,6	50,7	71,9	61		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 30$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,01$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 2.70		16	44.0	31.8	315	1.97	1.55	1.00	1.97	28	0.750
2	2.70 4.50		30	65.0	36.0	423	2.05	1.69	1.88	2.14	18	0.490
3	4.50 8.10		18	47.0	32.4	330	1.98	1.57	1.13	2.00	26	0.708

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace

E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato

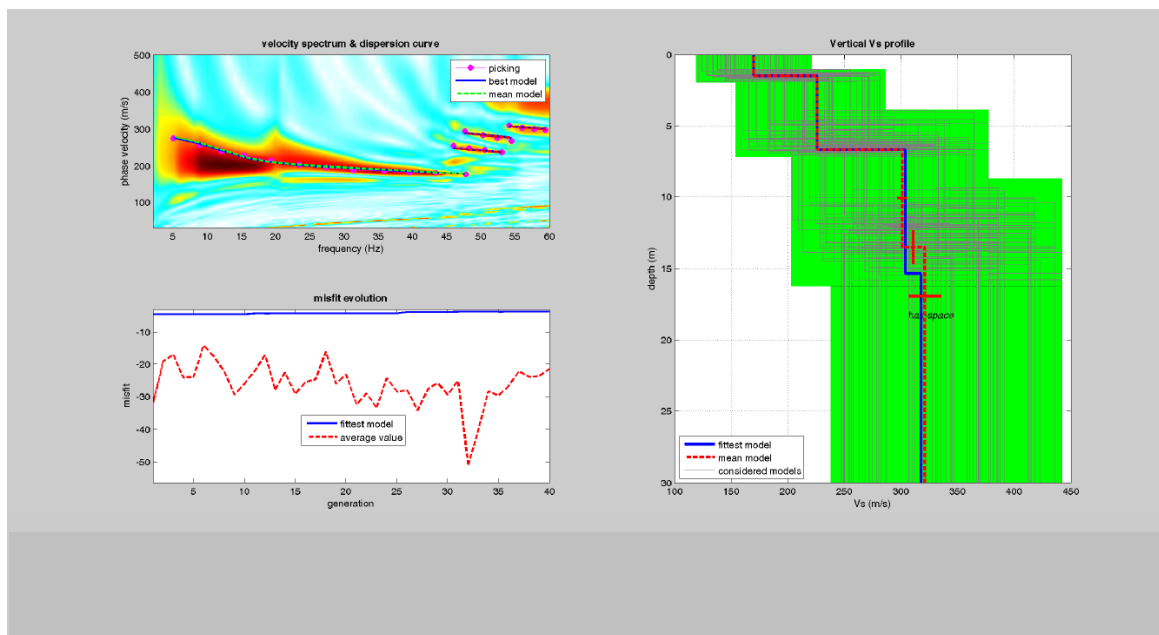
W% = contenuto d'acqua

e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata

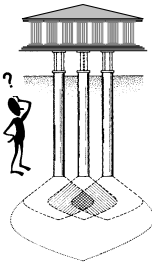
Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

COMUNE DI PIOMBINO
Provincia di Livorno

PROVA SISMICA CON TECNICA MASW ESEGUITA ALL'INTERNO DEL CAMPEGGIO PAPPASOLE, IN VIA DI CARBONIFERA 14, A SUPPORTO PROGETTO NUOVO MANUFATTO



PROPRIETA' PAPPASOLE Spa
Via di Carbonifera 14
57020 RIOTORTO (LI)



**STUDIO
GeoPlan**

GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE
RISCHIO IDRAULICO
SICUREZZA CANTIERI

✉ 57025 PIOMBINO (LI)
Lungomare Marconi 236a
☎ 0565 44037 – Fax 056548126
Cell. 335 6295971

e-mail: lucamazzei@virgilio.it -- geo.plan@tin.it

Luglio 2016

Geologo Dr. LUCA MAZZEI
n. 767 Ordine Geologi Toscana



PREMESSA

Sono stato incaricato dalla società PAPPASOLE SPA con sede in via di Carbonifera 14 frazione Riotorto Comune di Piombino (CAMPEGGIO PAPPASOLE) di eseguire una campagna di indagini **sismiche comprendenti n. 1 prova sismica di superficie** con tecnica MASW a supporto caratterizzazione sismica preliminare.

1 METODOLOGIA MASW

L'interesse verso i metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde superficiali è cresciuto notevolmente negli ultimi anni, data la necessità di identificare le caratteristiche dei terreni in condizioni dinamiche insieme al profilo verticale della velocità delle onde di taglio S_h facendo ricorso a tecniche poco costose e non invasive. La recente Normativa sismica nazionale (OPCM 3519 del 2006 e successive modifiche ed integrazioni, DM 14/09/2005, DM 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni") riprendendo l'Eurocodice 8, impone la classificazione sismica del sottosuolo in base al parametro VS30 per la progettazione in zona sismica. Tale parametro, che rappresenta la velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 metri di sottosuolo, può essere calcolato facilmente una volta noti gli spessori degli strati presenti nei primi 30 metri di profondità e la velocità di propagazione delle onde S all'interno di ogni strato. In particolare i metodi di prospezione sismica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) consentono di ottenere un modello verticale delle VS, a partire dalle modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare le onde di Rayleigh, e non attraverso quelle di volume come invece accade per i metodi propri della sismica più tradizionale. In particolare osservando le caratteristiche dispersive del sito e applicando opportune tecniche di inversione è possibile stimare alcune proprietà meccaniche del sottosuolo in condizioni di sollecitazione sismica.

È noto che la propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più una unica velocità, ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda. Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità. Questo comportamento viene definito *dispersione in frequenza* ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie.

Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario le lunghezze d'onda più

piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie.

I metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie si basano su modelli fisicomatematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati sovrapposti con caratteristiche elastiche lineari. Per ogni strato si devono definire quattro parametri: lo spessore H dello strato, ad esclusione dell'ultimo considerato infinito; la densità ρ dello strato; la velocità di propagazione delle onde di taglio V_s all'interno dello strato; il coefficiente di Poisson ν . A partire dai parametri del sottosuolo è quindi possibile ricavare le proprietà dispersive delle onde di Rayleigh, per il sito in esame.

Quanto detto rappresenta il *problema diretto*: quello cioè che a partire dalla conoscenza delle caratteristiche del terreno permette di descrivere la dispersione delle onde di Rayleigh. Nella prospezione occorre invece affrontare il *problema inverso*: a partire dalla curva di dispersione rilevata, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri meccanici e sismici.

La procedura utilizzata può essere suddivisa in tre fasi:

1. Acquisizione: registrazione e osservazione dei dati sismici "grezzi" contenenti le onde di Rayleigh per un intervallo sufficientemente ampio di frequenze;
2. Processing: trattamento dei dati attraverso filtraggio e altre tecniche finalizzate all'estrazione delle caratteristiche di dispersione, in particolare espresse come velocità di fase in funzione della frequenza (Spettro FK);
3. Inversione: uso di un modello del terreno che permette di ricavare un profilo monodimensionale

della velocità delle onde S ed altri parametri in funzione della profondità.

Tutto ciò è quindi possibile sfruttando le relazioni che legano le proprietà meccaniche alla dispersione frequenziale.

I vantaggi promessi da questo metodo sono molteplici: è molto veloce e semplice da organizzare, è

molto economico rispetto ai metodi più invasivi, raggiunge una buona profondità e risoluzione di indagine, ma soprattutto permette di ottenere buoni risultati anche in ambienti urbanizzati dove il rumore ambientale è particolarmente elevato.

La fase di acquisizione deve essere effettuata con una serie di accorgimenti e precauzioni da prendere in sito e nella pianificazione della registrazione. Tutto è finalizzato alla registrazione di dati contenenti la miglior informazione possibile riguardo alla propagazione delle onde di Rayleigh con buon rapporto segnale rumore.

Nella procedura MASW, la presenza di rumore di tipo casuale può causare notevole disturbo; a questo scopo si procede con la tecnica di stacking sommando cioè

algebricamente i segnali di successive energizzazioni rendendo in tal modo la potenza del segnale superiore a quella del rumore. Per la riduzione di rumore di tipo sistematico come la presenza dell'onda d'aria o di rumore elettrico è opportuno ricorrere a operazioni di filtraggio.

1-1 SCHEMA DELLA PROVA

Acquisire un set di dati per l'indagine MASW non è troppo diverso da una comune acquisizione per un'indagine a rifrazione (o riflessione). E' sufficiente effettuare uno stendimento di geofoni (almeno 24 con frequenza propria di 4.5 Hz) allineati con la sorgente (vedi Fig. 1) ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale (mazza da 10 kg su piattello metallico). La distanza intergeofonica e la distanza sorgente-primario geofono sono determinate dalla tipologia del substrato e dalla profondità che si intende investigare.

Nel nostro caso si è utilizzata una distanza intergeofonica di 2.0 metri, mentre l'offset della sorgente era variabile tra 2,0 e 10,0 metri dal primo geofono.

L'energizzazione è stata eseguita su entrambi i lati della stesa per permettere di apprezzare eventuali variazioni laterali nella stratigrafia sismica.

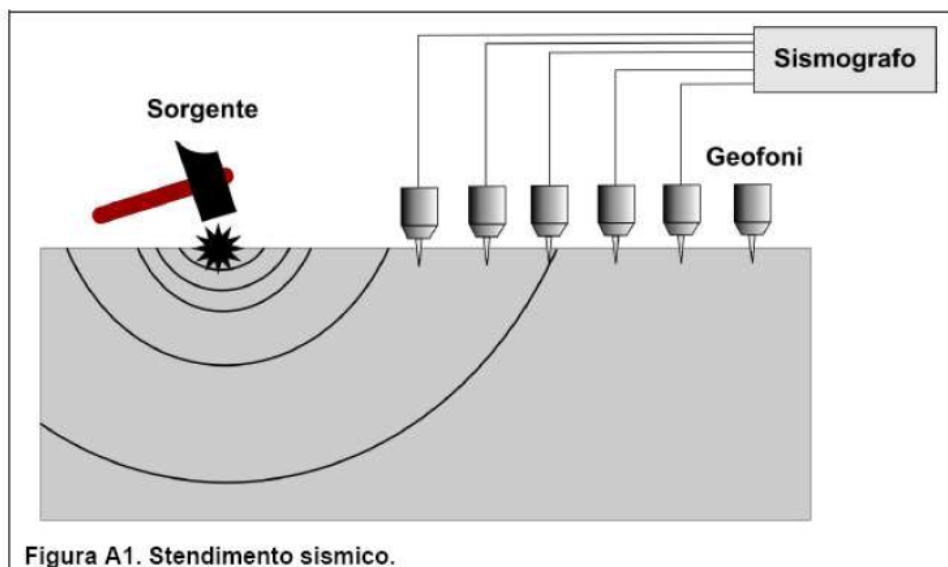


Fig. 1 Schema della disposizione dei geofoni e del punto di energizzazione.

1-2 APPARECCHIATURE DI PROVA

L'apparecchiatura d'indagine utilizzata è costituita da: sismografo Pasi, Serie 16S24 a 24 canali, con risoluzione di acquisizione a 24 bit; n°24 geofoni verticali con frequenza propria di 4.5 Hz; n°2 cavi sismici da 24 m, dotati ognuno di 12 *take out* per la connessione dei geofoni. Il sismografo presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

- sistema operativo e *software* di gestione a 32 bit;
- *sampling time* da 32 microsec a 2 millisec su 24 canali;
- lunghezza registrazione estesa fino a 65536 millisec;
- attivazione filtri in acquisizione o post-acquisizione;
- *enhancement (stacking)* con o senza *preview* totale o parziale;
- inversione di polarità geofoni;
- *marker* per determinare la posizione dei punti video sulla scala dei tempi; possibilità di salvare i
- primi arrivi su file per scarico dati a PC;
- A.G.C. *Automatic Gain Control* (controllo automatico del guadagno);
- monitor LCD 10,6";
- *delay: pre-trigger* 0-10ms; *post-trigger* 0-16000ms (*step* di 1ms);
- *trace-size* automatica o manuale per ogni canale;
- registrazione su *Hard Disk*;
- scaricamento dati a PC via SCASI o USB;
- possibilità di serializzare più strumenti

1-2.1 MANUTENZIONI E TARATURE

Per garantire il corretto stato di efficienza degli strumenti utilizzati, viene adottato, secondo quanto previsto dal libretto uso manutenzione, un piano di manutenzione e taratura.

Modalità e tempistiche generali sono definite quindi in base alle indicazioni delle case di produzione, ma possono variare in funzione della frequenza di utilizzo.

Il sismografo impiegato per le indagini geofisiche viene inviato almeno una volta ogni due anni, alla casa costruttrice per una verifica del corretto funzionamento.

1-3 SOFTWARE

Per il trattamento e l'analisi dei dati ottenuti dalla procedura MASW si è utilizzato il software *WinMasw*© della Eliosoft s.r.l., nella versione 4.3 pro.

Il software *WinMASW Pro 4.3 pro* consente di analizzare dati sismici (*common-shot gathers* acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della VS (velocità delle onde di taglio).

Tale risultato viene ottenuto tramite inversione (è possibile considerare tanto il modo fondamentale che quelli superiori) delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*). La procedura si sviluppa in due operazioni svolte in successione:

1. determinazione dello spettro di velocità (sul quale l'utente deve identificare la curva di dispersione);
2. inversione della curva di dispersione (precedentemente individuata) attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici.

Gli algoritmi genetici rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche *global-search methods* o *soft computing*).

Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta necessariamente ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).

In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee. Gli algoritmi genetici (come altri analoghi) offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.

A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza. E' invece necessario definire uno "spazio di ricerca" (*search space*) all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni. Quella finale viene infine proposta con anche una stima della sua attendibilità (*deviazioni standard*). Il principale punto di forza di *WinMASW* è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli possibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità.

2 CONCLUSIONI

I profili della variazione della velocità delle Onde S con la profondità riportati sono profili semplificati a **4** strati. Per la procedura di inversione mediante algoritmi genetici, la valutazione dei parametri di partenza (spessori ipotizzati e *ranges* di velocità), si basa sulle informazioni stratigrafiche fornite dalle indagini geognostiche eseguite in loco.

Per ogni stendimento i modelli presentati come soluzione sono due:

- il modello "migliore" (in termini di minor *misfit*, cioè discrepanza tra curva osservata e calcolata)
- un modello medio calcolato secondo un'operazione statistica nota come MPPD (*Marginal Posterior Probability Density*).

La VS media fino a 30 metri di profondità (VS30) viene fornita per entrambi i modelli finali (il "migliore" ed il "medio"). Si ricorda che, salvo diverse indicazioni, i valori di VS30 riportati sono relativi all'intervallo di profondità compreso fra 0 e 30 metri.

2.1 RISULTATI MASW

Dataset: PAPPASOLE.DAT

Curva analizzata: PAPPA.cdp

Tipo di analisi: onde di Rayleigh

Tab. 1 Tabella riepilogativa dataset.

Modello medio

Vs (m/s): 170,226,301,321

Standard deviations (m/s): 0,0,4,14

Thickness (m): 1.5,5.2,6.8

Standard deviations (m/s): 0.0,0.0,1.2

Density (gr/cm³): 1.80,1.87,1.95,1.93

Shear modulus (MPa): 52,95,176,199

Stima approssimativa di Vp e moduli elastici

Vp (m/s): 380, 494, 573, 671

Poisson: 0.36, 0.36, 0.36, 0.35

Bulk modulus (MPa): 185, 326, 446, 611

Young's modulus (MPa): 158, 273, 375, 548

Lamé (MPa): 146, 259, 354, 475

Dalle analisi eseguite si è ricavato il valore di VS30 di seguito indicato:

VS30 = 285 m/s (modello medio)

Il dato sopra evidenziato delinea ragionevolmente una categoria di suolo **C** ai sensi DM 14-01-2008 e s.m.i., fatte salve le decisioni finali del Progettista su sua insindacabile valutazione tecnica.

Dr. Geol. Luca Mazzei



GRAFICI ALLEGATI

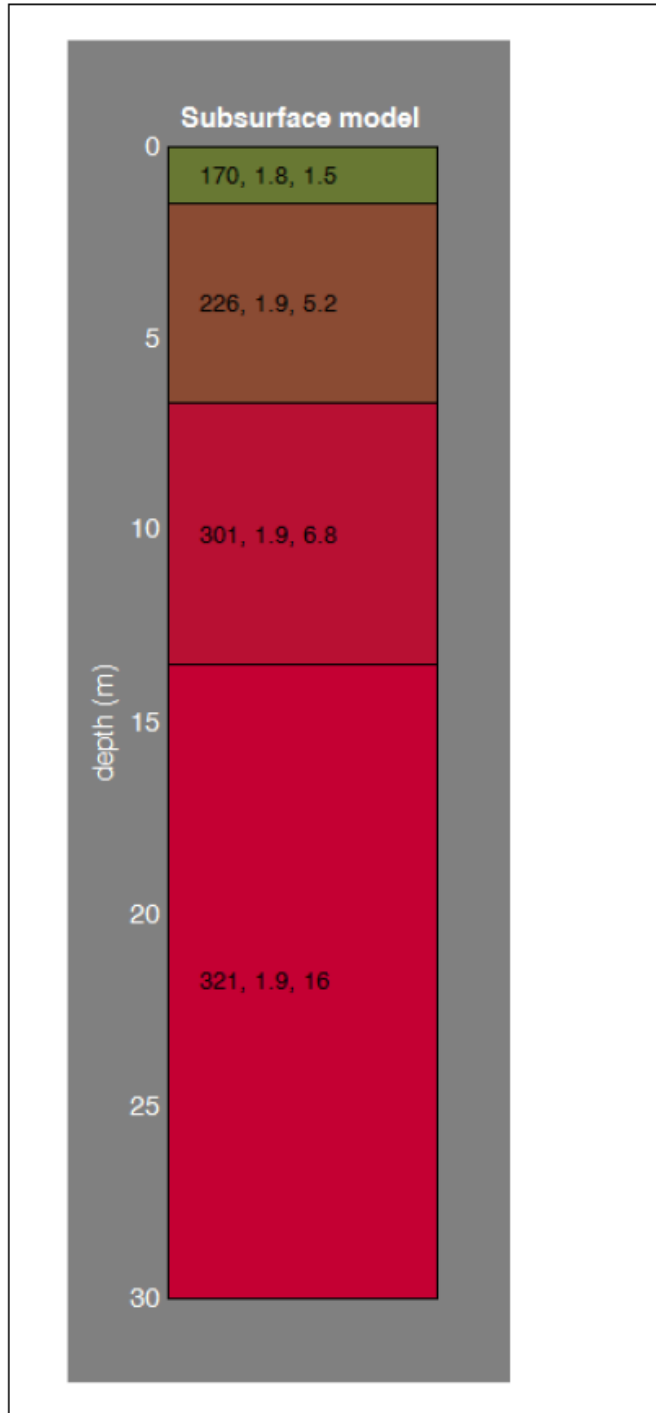
CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI SECONDO LA NORMATIVA ITALIANA

(modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14 gennaio 2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04 febbraio 2008)

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

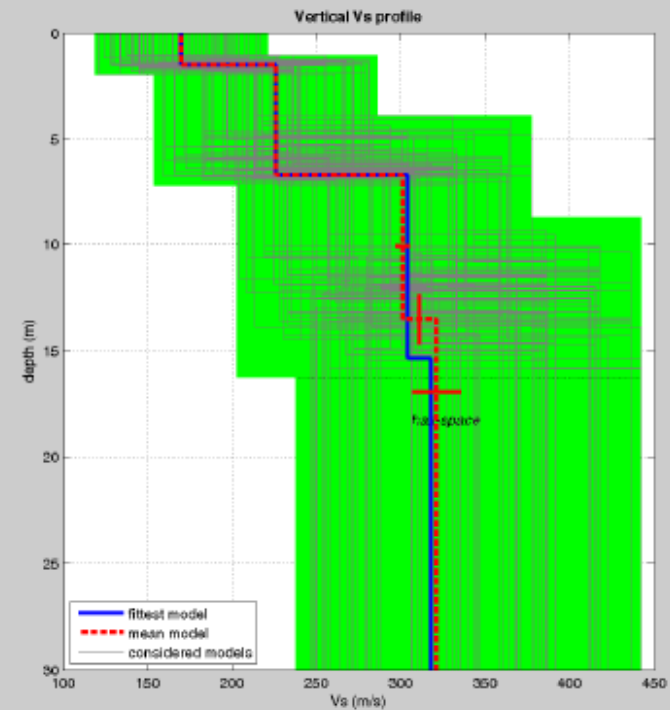
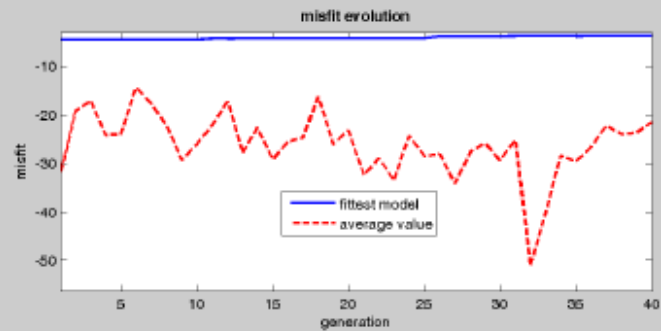
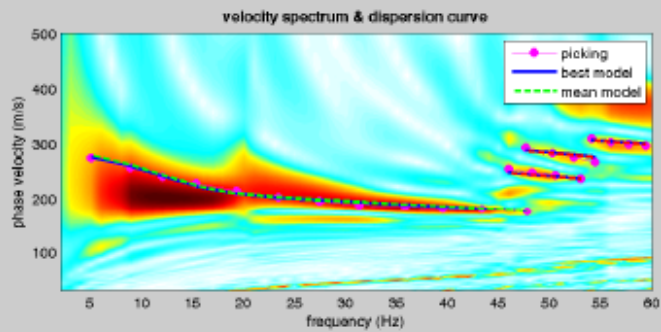
CATEGORIE DI SUOLO IN FUNZIONE VS30

MODELLO DI VELOCITA' NEL TERRENO



Modello di velocità medio a 4 strati. Per ogni strato, sul modello sono riportate, nell'ordine, V_s (m/s); Densità (g/cm^3); Spessore strato (m).

SPETTRO DI VELOCITA', CURVA DI DISPERSIONE E PROFILO VERTICALE DELLE VS



VS30 (best model): 282 m/s
VS30 (mean model): 284 m/s