



COMUNE DI BIENTINA

Provincia di Pisa

VARIANTE AL R.U.

**finalizzata alla modifica del disegno urbano
e delle modalità di attuazione dell'Ex-Comparto 4C
sito all'interno dell'UT.O.E. 1 - Bientina**

PROGETTAZIONE URBANISTICA

Arch. Giancarlo Montanelli

Responsabile

Ufficio Pianificazione e Governo del Territorio
Comune di Bientina

INDAGINI GEOLOGICHE

Dott. Geol. Fabio Mezzetti

INDAGINI IDRAULICHE

Ing. Alessio Gabbrielli

VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' A VAS

Arch. Graziano Massetani

SINDACO E ASSESSORE ALL'URBANISTICA

Dario Carmassi

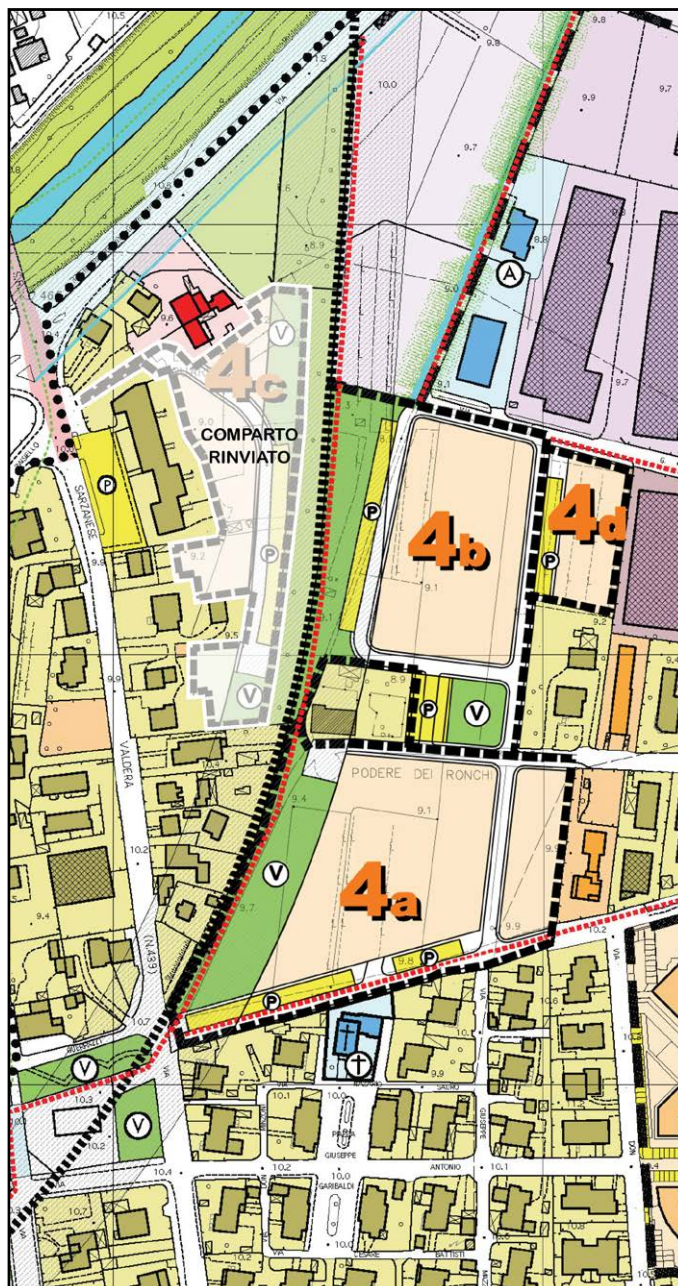
RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Arch. Giancarlo Montanelli

GARANTE DELLA PARTECIPAZIONE E DELL'INFORMAZIONE

Claudia Baccelli

Data: maggio 2019



RELAZIONE GEOLOGICA E NORME TECNICHE

AI SENSI DEL D.P.G.R. 53/R/2011 - L.R. 41/2018 - P.G.R.A.

INDICE

	pag.
1. INTRODUZIONE ALLA VARIANTE	1
2. INDAGINI GEOGNOSTICHE	2
3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE E STRUTTURALI	3
4. CARATTERISTICHE LITOTECNICHE	5
5. CARATTERISTICHE SISMICHE	6
6. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	8
7. CARATTERISTICHE IDRAULICHE	10
8. CARATTERISTICHE DI FATTIBILITA'	11

ALLEGATI

	scala
ALL.1 "Corografia"	1:5.000
ALL.2 "Estratto Regolamento Urbanistico vigente"	1:2.500
ALL.3 "Regolamento Urbanistico modificato"	1:2.500
ALL.4 "Carta geologica"	1:5.000
ALL.5 "Carta geomorfologica"	1:5.000
ALL.6 "Carta della pericolosità geomorfologica 26/R"	1:5.000
ALL.7 "Carta della pericolosità geologica 53/R"	1:5.000
ALL.8 "Carta dei dati di base"	1:5.000
ALL.9 "Indagini geognostiche di riferimento"	
ALL.10 "Sezioni geologiche"	1:50.000
ALL.11 "Carta della pericolosità sismica 26/R"	1:5.000
ALL.12 "Carta della pericolosità sismica 53/R"	1:5.000
ALL.13 "Indagini MASW di riferimento"	
ALL.14 "Indagini in sismica passiva e con il metodo MASW"	
ALL.15 "Carta delle frequenze misurate"	1:5.000
ALL.16 "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica"	1:5.000
ALL.17 "Carta idrogeologica"	1:5.000
ALL.18 "Carta della permeabilità"	1:5.000
ALL.19 "Carta della pericolosità idraulica 26/R"	1:5.000
ALL.20 "Carta della pericolosità idraulica 53/R"	1:5.000
ALL.21 "Pericolosità idraulica P.G.R.A."	1:5.000
ALL.22 "Carta della vulnerabilità idrogeologica"	1:5.000
ALL.23 "Carta della fattibilità 26/R"	1:5.000
ALL.24 "Carta della fattibilità 53/R"	1:5.000

1. INTRODUZIONE ALLA VARIANTE

La presente relazione di fattibilità geologica è stata redatta a supporto della Variante al Regolamento Urbanistico finalizzata alla modifica del disegno urbano e delle modalità di intervento dell'ex Comparto 4c, solamente adottato, posto nell'U.T.O.E. 1 Bientina capoluogo. (Vedi **ALL.1 "Corografia"**).

La Variante al R.U. relativa al Comparto 4 Area Nord dell'abitato UTOE 1, di cui faceva parte anche l'ex Comparto 4c, è stata adottata con D.C.C. n.62 del 28/11/2016 (Proposta di Variante n. 98); successivamente alla fase delle osservazioni pervenute il Comune approvava con D.C.C. n.26 del 28/03/2017 la Variante limitatamente ai sub-comparti 4a, 4b, 4d e stralciando invece il sub-comparto 4c. (Vedi **ALL.2 "Estratto Regolamento Urbanistico vigente"**).

In data 10/04/2018 con D.G.C. n.45 il Comune ha nuovamente avviato il procedimento della Variante inerente il sub-comparto 4c, finalizzata, come riportato nel rapporto urbanistico dell'Arch. Graziano Massetani, a dare definitiva approvazione anche alla suddetta area mediante una ridefinizione del disegno urbano e delle modalità di attuazione degli interventi di trasformazione. In particolare si prevede, rispetto alla Variante di cui alla D.C.C. n.26/2017, una notevole diminuzione del carico urbanistico, passando infatti da un potenzialità edificatoria di 5.040 mc a 2.480 mc; tale differenza è giustificata dal fatto che gli interventi di trasformazione previsti dalla Variante al R.U., per essere attuati con intervento diretto come richiesto dalle osservazioni, devono essere compatibili con l'attuale stato delle urbanizzazioni presenti sul lato ovest dell'intervento, senza necessitare di nuove urbanizzazioni sul lato est così come era previsto nella prima ipotesi adottata ma non approvata. (Vedi **ALL.3 "Regolamento Urbanistico modificato"**).

La riduzione volumetrica, da 5.040 mc a 2.480 mc, si traduce in norma attraverso l'introduzione di un nuovo articolo nelle N.T.A. del R.U., art.33.1.2 "B3-BD - lotti di completamento a bassa densità" con la contestuale modifica dell'art. 33.2 "Disciplina di trasformazione. Le nuove aree urbane di nuova attuazione", delle N.T.A. del R.U. vigente, dal quale viene cancellato il riferimento al comparto 4c.

Il vigente R.U. del Comune di Bientina è supportato da elaborati geologici di pericolosità e di fattibilità redatti ai sensi del D.P.G.R. n.26/R del 27/4/2007, di conseguenza le indagini geologiche di supporto alla presente Variante al R.U. sono state aggiornate ai sensi del D.P.G.R. n.53/R del 25/10/2011 ed in ottemperanza delle altre vigenti normative in materia di pianificazione urbanistica con particolare riferimento alla L.R. 65/2014, alla L.R. 41/2018 ed al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) dell'Autorità di Distretto Appennino Settentrionale, approvato con deliberazione n.235 del 3 marzo 2016 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

La relazione è volta a verificare le condizioni di fattibilità geologica, idraulica e sismica della nuova previsione urbanistica in ordine alle caratteristiche geomorfologiche, litostratigrafiche, idrogeologiche, idrauliche, geotecniche e sismiche dei terreni costituenti l'area di interesse, sulla base del quadro conoscitivo geologico di riferimento (elaborati di supporto al P.S., al R.U., al P.T.C.P. ed al P.G.R.A.) e dei dati ottenuti per mezzo di rilievi diretti, indagini geognostiche ed indagini sismiche di riferimento.

Gli approfondimenti di carattere idrologico idraulico sono stati svolti dall'Ing. Alessio Gabbriellini di Scandicci (FI) e contenuti nella relazione idraulica facente parte degli elaborati a supporto della presente Variante.

2. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Lo studio ha preso in esame la porzione di territorio interessata dalla Variante e si è articolato secondo le seguenti fasi:

- verifica dell'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico dell'area in studio e di un congruo intorno il cui equilibrio potrebbe risultare potenzialmente modificabile dagli interventi previsti;
- ricostruzione del modello geologico, litostratigrafico e geotecnico del sottosuolo in esame sulla base di una raccolta di dati relativi a sondaggi, prove geotecniche e sismiche eseguite in situ:
 - sondaggio geognostico che ha raggiunto una massima profondità di investigazione di 10 m dal piano di campagna;
 - prove penetrometriche statiche CPT che hanno raggiunto una massima profondità di investigazione di 10 m dal piano di campagna;
 - profili di sismica con metodologia MASW ed interpretazione tomografica;
- verifica dello stato di pericolosità geologica ed idraulica delle aree interessate ed aggiornamento delle relative classi di pericolosità ai nuovi criteri previsti dalle nuove direttive per le indagini geologico-tecniche impartite dalla D.P.G.R. n.53/R/2011;
- verifica della pericolosità sismica dell'area in esame ai sensi della D.P.G.R. n.53/R/2011;
- raffronto tra la "pericolosità geologica, idraulica e sismica" della porzione di territorio in esame e le "tipologie di intervento" previste dalla Variante al R.U. e verifica delle condizioni di fattibilità geologica, idraulica e sismica degli interventi stessi ai sensi della D.P.G.R. n.53/R/2011.

La ricostruzione del modello generale geologico-litostratigrafico, geotecnico e sismico del sottosuolo dell'area in esame si è quindi basata sui dati disponibili presenti negli elaborati costituenti il P.S. comunale e su alcune indagini integrative di approfondimento come quelle sismiche.

Nell'**ALL.8 "Carta dei dati di base"** è riportata l'ubicazione delle indagini geognostiche, distinte per tipologia, estratte dalle recenti pratiche edilizie comunali e l'ubicazione delle prove sismiche MASW e delle misure di sismica passiva HVSR, eseguite come approfondimento di indagine per le recenti Varianti urbanistiche compresa la presente.

I risultati ottenuti dalle prove geotecniche prese a riferimento sono riportati nell'**ALL.9 "Indagini geognostiche di riferimento"**, dove dalle letture di campagna dei valori della resistenza di punta, della resistenza laterale e della spinta totale del penetrometro è stato possibile ricavare una stima dei parametri geotecnici e della sequenza stratigrafica dei terreni attraversati.

Nell'**ALL.13 "Indagine MASW di riferimento"** sono riportati i rapporti sulle risultanze di tali indagini che hanno consentito di ricavare la categoria di suolo di fondazione in funzione della velocità delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità (V_{s30}) e la presenza di eventuali morfologie sepolte.

Al termine delle perforazioni in alcuni fori delle prove penetrometriche è stata calata la sonda di un freatimetro elettrico per misurare l'esatto rilevamento del livello di acqua circolante nei terreni più superficiali e permeabili rinvenuti.

3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE E STRUTTURALI

La porzione in esame del territorio comunale di Bientina ricade nella parte centro occidentale del fondovalle alluvionale bientinese, all'interno del centro abitato di Bientina, ovvero in zona completamente urbanizzata.

Da un punto di vista strutturale l'area in esame fa parte della più ampia depressione tettonica che comprende la Piana di Lucca a Nord e che a Sud prosegue con il graben della Val d'Elsa. Questa struttura depressiva costituisce uno dei bacini intermontani che cominciarono a delinearsi nell'Appennino Settentrionale a partire dal Miocene superiore a seguito della fase distensiva che iniziò ad interessare la catena. La zona si colloca nella regione situata a Nord del basso corso dell'Arno e fu occupata, probabilmente a partire dal Pliocene inferiore, da un vasto bacino lacustre impostato sulla depressione tettonica all'interno della quale si sono depositati un complesso di terreni neogenico-quadernari la cui successione è riconducibile a due cicli principali. Nel Pleistocene inferiore la depressione era occupata da un vasto lago, separato ad Est dai rilievi del Monte Albano da una depressione sub parallela (Bacino di Firenze); il lago confluiva a Sud, nella zona di Bientina, nel più vasto Sinus pisanus, un golfo marino, poi sede della Piana di Pisa. Tra la fine del Pleistocene inferiore e parte del Pleistocene superiore l'area della depressione fu interessata da episodi diversificati di sollevamento e da cicli di erosione e sedimentazione fluviale, che portarono alla formazione dei rilievi delle colline di Montecarlo-Altopascio-Cerbaie che dal tardo Pleistocene separano la Piana di Lucca - Padule del Bientina dalla Piana di Pescia-Montecatini - Padule di Fucecchio. Successivamente, in concomitanza delle vicende climatiche würmiane, l'area attuale della pianura lucchese fu percorsa, modellata e alluvionata dal F. Serchio il cui alveo, oggi sepolto dai sedimenti più recenti della pianura, dirigeva il suo tracciato verso la zona depressa del Bientina e di qui confluiva nell'Arno all'altezza di Calcinaia. In seguito il progressivo innalzamento del letto dell'Arno impedì il deflusso delle acque del Serchio che attraverso alterni episodi di alluvionamento ed impaludamento, specie nel Bientinese, portarono al colmamento della pianura.

In tempi storici (dal VII al XVI secolo d.C.) nella pianura lucchese tutto il sistema del Serchio venne regimato con una serie di interventi idraulici che hanno portato alla situazione attuale, rimasero tuttavia vaste porzioni di impaludamento nelle aree di pianura più depresse, di cui *il lago di Bientina (o Sesto)* rappresenta l'esempio più importante; aree che vennero progressivamente drenate e bonificate con canalizzazioni che in gran parte furono realizzate in corrispondenza degli alvei abbandonati del Serchio. In particolare la bonifica dell'area del Bientina ebbe il suo momento culminante nel 1859, quando fu realizzata la "botte" sotto il letto dell'Arno ed entrò in funzione l'emissario che permise il deflusso delle acque del lago fino al mare. I risultati non furono però del tutto positivi in quanto vaste plaghe di terreno rimasero paludose: i possessori di una parte del terreno da bonificare, unitisi in consorzio verso il 1907, provvidero successivamente all'installazione di idrovore per il risanamento idraulico dei terreni mediante il sollevamento meccanico delle acque.

La porzione di fondovalle in esame è quindi caratterizzata da depositi alluvionali, palustri e di colmata che poggiano sui depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi del Pleistocene superiore e medio delimitati, verso il basso, dai sedimenti argillosi del Villafranchiano.

L'andamento morfologico dell'area interessata dalla Variante è alquanto pianeggiante (pendenze comprese tra 0 e 5%) in quanto rientra nella porzione di fondovalle alluvionale caratterizzata da quote altimetriche comprese tra +8,5 e +10,0 m sopra il livello medio marino.

Per quanto riguarda la geologia di superficie, i depositi affioranti in un ampio intorno della zona oggetto di studio sono rappresentati dai seguenti litotipi:

PC - Depositi alluvionali palustri e di colmata: si tratta di sedimenti fini prevalentemente argillosi con presenza più o meno abbondante di sostanza organica indecomposta (torbe) che si estendono per gran parte della piana bientinese e per diversi metri in profondità con variazioni laterali e verticali dovute alla continua instabilità degli ambienti lago-palustri; tali terreni possono presentare, soprattutto in superficie, un alto grado di saturazione in acqua che associato con una elevata presenza di sostanza organica possono conferire loro un grado elevato di compressibilità; l'età è l'Olocene.

ALRa - Depositi alluvionali recenti di fondovalle prevalentemente argilloso-limosi: si tratta di sedimenti prevalentemente fini con limi e argille in rapporto variabile e subordinatamente sabbie, la tipologia di tali terreni è da mettere in relazione alla vicinanza dell'antico corso dell'Arno oltre alla possibile presenza dell'antico corso del Serchio; l'età è l'Olocene.

ALRs - Depositi alluvionali recenti di fondovalle prevalentemente sabbioso-limosi: si tratta di sedimenti a prevalenza sabbiosa e limosa, in rapporto variabile, depositati dal Fiume Arno; l'età è l'Olocene.

Sulla “**Carta geologica**” dell'**ALL.4**, estratta dagli elaborati redatti a supporto del Piano Strutturale comunale, sono distinte, con diversa colorazione e simbologia, le unità litostratigrafiche precedentemente descritte ed affioranti nell'ambito della zona di studio; l'area interessata dalla variante è interamente caratterizzata, in superficie, da terreni alluvionali prevalentemente argilloso-limosi (ALRa).

Per quanto riguarda gli aspetti geomorfologici presenti in un ampio intorno della zona in esame, questi sono cartografati e distinti nell'**ALL.5 “Carta geomorfologica”** ed in particolare sono rappresentati i seguenti elementi:

A - arginature e/o sponde dei corsi d'acqua principali (con particolare riferimento alla vicina Fossa Nuova).

R - riporto (nel fondovalle sono individuati i terreni di riporto relativi soprattutto alle arginature fluviali e dei canali artificiali, oltre ai rilevati stradali più significativi).

P - paleoalveo (sono individuati i tratti degli alvei fluviali sepolti, testimonianza del divagare dei corsi d'acqua).

SI - area maggiormente interessata negli ultimi vent'anni da fenomeni di subsidenza indotta (tale perimetrazione deriva dalle indagini idrogeologiche svolte dai geologi F. Mezzetti e G. Nollodi per il controllo dello stato della falda sotterranea del padule di Bientina utilizzata per scopi potabili eseguito per conto sia dell'Amministrazione Comunale di Bientina che dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno e del Fiume Serchio e riferita alla possibile evoluzione del dissesto).

L'area in esame non risulta interessata dall'evoluzione di alcun processo geomorfologico significativo ed è posta in sponda destra del tracciato del fosso Fungaia ed in sponda sinistra del Canale Emissario.

Per quanto riguarda gli aspetti legati alla pericolosità geomorfologica, negli elaborati geologici di supporto al vigente Piano Strutturale del Comune di Bientina, redatti ai sensi del D.P.G.R. 26/R/2007 e di cui riportiamo un estratto nell'**ALL.6 “Carta della pericolosità geomorfologica 26/R”**, l'area in esame oggetto di Variante è interamente definita a *pericolosità geomorfologica media “G.2”* in quanto caratterizzata da *“aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto”*.

Tale classificazione di pericolosità viene confermata anche a seguito dell'entrata in vigore del D.P.G.R. 53/R/2011 circa le nuove direttive per le indagini geologico tecniche, come evidenziato nella **“Carta della pericolosità geologica 53/R”** dell'**ALL.7**.

Per quanto riguarda la cartografia del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno, approvato con D.P.C.M. 06/05/2005, inerente la perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante, facciamo presente che la zona in esame non rientra in alcuna perimetrazione, come evidenziato nello stralcio cartografico n.63 del livello di sintesi in scala 1:25.000.

4. CARATTERISTICHE LITOTECNICHE

La ricostruzione della successione stratigrafica del sottosuolo nell'area interessata dalla Variante urbanistica è stata basata sulle correlazioni dei risultati di alcune indagini geognostiche di riferimento eseguite in prossimità dell'area in esame, vedi ALL.8, ed in particolare sui risultati di un sondaggio n.50 e delle prove penetrometriche statiche n.205, 258, 259, 260 e 343; la documentazione relativa a queste prove penetrometriche, ed alle altre di riferimento, è riportata nell'ALL.9.

I risultati delle correlazioni litostratigrafiche hanno consentito, nel loro complesso, di definire con una certa attendibilità il contesto geologico del sottosuolo dell'area in esame che risulta mediamente caratterizzato da terreni superficialmente argillo limosi che passano alternativamente a terreni argillosi, limo argillosi e limo sabbiosi fino alla profondità massima investigata di 10 metri dal p.c..

La sequenza litostratigrafica tipo dedotta dalle suddette prove penetrometriche di riferimento può essere, come di seguito, sintetizzata:

- *da 0,0 a 2,5/3,5 m dal p.c.* si hanno terreni prevalentemente argillo limosi coesivi che presentano le seguenti caratteristiche: valori di R_p variabili da 10 a 25 kg/cmq, il peso di volume γ si attesta su valori compresi tra 1,8 e 1,9 kg/dmc, la coesione c_u varia da 0,4 a 0,9 kg/cm, l'angolo d'attrito $\phi = 0^\circ$ o di poco superiore, il modulo di deform. edom. M_o si attesta su valori compresi tra 35 e 55 cmq/t;
- *da 2,5/3,5 a 3,5/4,0 m dal p.c.* si hanno terreni limoso sabbiosi prevalentemente granulari che presentano le seguenti caratteristiche: valori di R_p variabili da 20 a 30 kg/cm, il peso di volume γ si attesta su valori compresi tra 1,80 e 2,00 kg/dmc, la coesione $c_u = 0$ kg/cm o di poco superiore, l'angolo d'attrito ϕ è compreso tra 28° e 30° , il modulo di deform. edom. M_o si attesta su valori compresi tra 50 e 75 cmq/t;
- *da 3,5/4,0 a 6,0/6,5 m dal p.c.* si hanno terreni prevalentemente argillo limosi coesivi che presentano le seguenti caratteristiche: valori di R_p variabili da 10 a 15 kg/cm, il peso di volume γ si attesta su valori compresi tra 1,8 e 1,9 kg/dmc, la coesione c_u varia da 0,4 a 0,6 kg/cm, l'angolo d'attrito $\phi = 0^\circ$ o di poco superiore, il modulo di deform. edom. M_o si attesta su valori compresi tra 35 e 55 cmq/t;
- *da 6,0/6,5 a 7,0/8,5 m dal p.c.* si hanno terreni limo sabbiosi prevalentemente granulari che presentano le seguenti caratteristiche: valori di R_p variabili da 20 a 25 kg/cm, il peso di volume γ si attesta su valori compresi tra 1,80 e 1,90 kg/dmc, la coesione $c_u = 0$ kg/cm o di poco superiore, l'angolo d'attrito ϕ è compreso tra 26° e 28° , il modulo di deform. edom. M_o si attesta su valori compresi tra 50 e 70 cmq/t;
- *da 7,0/8,5 a 10,0 m dal p.c.* si hanno terreni argillosi prevalentemente coesivi che presentano le seguenti caratteristiche: valori di R_p variabili da 10 a 20 kg/cm, il peso di volume γ si attesta su valori compresi tra 1,80 e 1,90 kg/dmc, la coesione c_u varia da 0,5 a 0,8 kg/cm, l'angolo d'attrito $\phi = 0^\circ$ o di poco superiore, il modulo di deform. edom. M_o si attesta su valori compresi tra 40 e 60 cmq/t.

La ricostruzione schematica dell'andamento stratigrafico del sottosuolo di quest'area in esame è riportato sulle **“Sezioni geologiche”** dell'**ALL.10**, con andamento ovest - est e sud - nord, la cui traccia di sezione è riportata nell'**ALL.4**.

Per quanto riguarda la valutazione della potenzialità di liquefazione dei terreni facciamo presente che il potenziale di liquefazione prodotto per tensioni cicliche derivate da un evento tellurico, nasce dall'istantaneo incremento di pressioni neutre sottoposte all'accelerazione sismica che possono comportare il totale annullamento delle pressioni effettive intergranulari, determinando il completo decadimento della resistenza tangenziale di un terreno a comportamento esclusivamente granulare.

Perché ciò possa accadere occorre che il sedimento non sia dotato di coesione e che il drenaggio non sia talmente rapido da avvenire istantaneamente; per tali motivazioni, soltanto i depositi sabbiosi fini monogranulari, saturi e non addensati risultano soggetti a tale tipo di rischio.

Nel nostro caso si ha una predominanza di terreni coesivi argillo limosi e quindi al di fuori del “fuso granulometrico” tipicamente a rischio di liquefazione.

5. CARATTERISTICHE SISMICHE

Nella classificazione sismica della Regione Toscana (DGRT n.421 del 26/05/2014) il territorio comunale di Bientina si colloca in zona sismica **3** caratterizzata da accelerazione orizzontale massima convenzionale (a_g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico di 0,125-0,150g.

Gli studi geologici di supporto al vigente Piano Strutturale comunale comprendono la valutazione degli effetti sismici locali e di sito, in riferimento alle direttive del D.P.G.R. 26/R/2007, ed attribuiscono all'area in esame una *pericolosità sismica locale elevata “S.3”* in quanto *“zona con presenza di depositi alluvionali argillosi, sabbiosi e collinari”* con possibile amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta alla differenza di risposta sismica tra substrato e copertura dovuta a fenomeni di amplificazione stratigrafica. Nell'**ALL.11 “Carta della pericolosità sismica 26/R”** è riportato lo stralcio cartografico del P.S. di Bientina delle aree a pericolosità sismica locale ZMPSL.

Al fine di ottemperare alla definizione delle classi di pericolosità sismica sulla base di uno studio di Microzonazione sismica di Livello 1, ai sensi del DPGR 53/R/2011, e di redigere gli elaborati Mops previsti dalla stessa normativa ai punti 2.1 (B7, C5) e 2.2, abbiamo provveduto ad effettuare una campagna di indagini in sismica passiva e con il metodo Masw su alcune aree poste nel Comune di Bientina ed interessate da previsioni urbanistiche, tra cui quella relativa alla Variante in oggetto.

La campagna di indagini è stata affidata alla ditta Petra Snc servizi geofisici e geotecnici di Livorno per complessive n.2 stazioni di misura HVSR e n.2 Masw nell'area di interesse, i risultati ottenuti hanno consentito la redazione delle cartografie Mops e la revisione delle classi di pericolosità sismica; le stazioni di misura sono la postazione n.98a e la postazione n.98b.

La campagna di indagini si è svolta nel mese di luglio 2016 e tutta la documentazione inerente, comprensiva dell'ubicazione delle stazioni di misura e dei risultati ottenuti, è riportata nel Rapporto sulle *Indagini in sismica passiva e con il metodo Masw su alcune aree poste in Comune di Bientina (PI) a supporto di varianti puntuali al R.U.* dell'**ALL.14**, redatto dalla ditta Petra Snc servizi geofisici e geotecnici di Livorno.

I risultati ottenuti dalle prospezioni Masw eseguite possono, in sintesi, essere riassunti nella seguente tabella estratta dal rapporto Petra snc; la tabella riporta i valori di V_{S30} ricavati per le singole postazioni per il “modello medio” e per il “modello migliore” utilizzando una media ponderata dei valori di velocità delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità con l’espressione seguente:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

TABELLA RIASSUNTIVA RISULTATI PROSPEZIONI MASW ALLE STAZIONI DI MISURA

località	sigla	shot utilizzato (m)	Vs ₃₀ (m/s)	
			Modello medio	Modello migliore
BIENTINA	98a	4	170	170
BIENTINA	98b	8	164	164

Per le postazioni n.98a e 98b i risultati dei valori di V_{S30} confermano le considerazioni già espresse nella ns. Relazione geologica integrativa per gli aspetti sismici del luglio 2015 (a supporto di precedenti varianti urbanistiche: proposte n.2, 8-36, 38, 23, 28-51bis, 61), circa la presenza di depositi più superficiali caratterizzati da velocità dell’ordine di 150 m/s passanti in profondità a depositi più grossolani e compatti (vedi anche le sezioni stratigrafiche tipo contenute nella ns. precedente relazione), caratterizzati da velocità dell’ordine di 300/350 m/s.

Nell’ALL.13 “Indagini MASW di riferimento” sono allegati i risultati di due stendimenti (masw n.13 e 50) prossimi all’area in oggetto, eseguiti a supporto della suddetta relazione del luglio 2015, presi a confronto di quanto eseguito nella recente campagna di indagini; l’ubicazione dei profili è riportata nell’ALL.8 “Carta dei dati di base”. I relativi risultati sono di seguito riassunti:

- MASW n.13 : V_{S30} (modello medio) = 164 m/s; V_{S30} (modello migliore) = 164 m/s;
- MASW n.50 : V_{S30} (modello medio) = 232 m/s; V_{S30} (modello migliore) = 211 m/s.

I risultati dei rilievi sismici MASW indicano quindi la presenza nei primi 30 metri di sottosuolo di orizzonti caratterizzati da differente risposta sismica, sebbene sempre riferiti a valori compresi tra 120 e 300 m/s. Tale considerazione può far cautelativamente propendere a non escludere possibili fenomenologie di amplificazione sismica.

I risultati ottenuti dalle misure tromometriche di sismica passiva HVSr effettuate possono, in sintesi, essere anch’essi riassunti nella seguente tabella estratta dal rapporto Petra snc e nella successiva figura di confronto dei grafici H/V relativi alle acquisizione delle postazioni n.98a e 98b in oggetto:

SCHEDA RIASSUNTIVA RISULTATI SISMICA PASSIVA ALLE STAZIONI DI MISURA

località	sigla	durata	% analisi	stazionar.	stabilità direz.	picco basse f.	H/V	classe	sotto-classe	picco alte f.	H/V
BIENTINA	98a	20'	95	x	x	1.16	6.3	B	1	-	-
BIENTINA	98b	20'	100	x	x	1.16	5.6	B	1	-	-

GRAFICO H/V BIENTINA 98a (Proposta n.98)

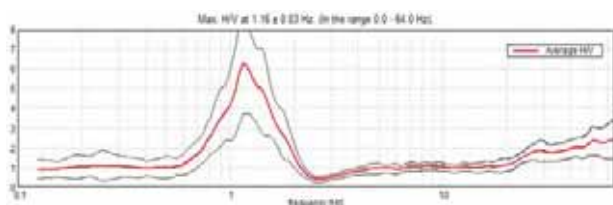
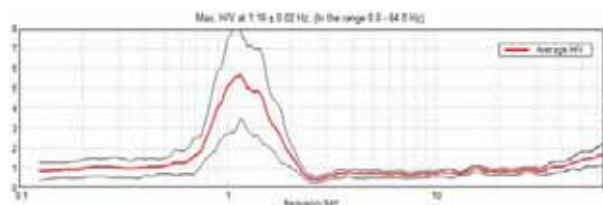


GRAFICO H/V BIENTINA 98b (Proposta n.98)



Sulla base di un'accurata analisi ed incrocio di tutti i dati acquisiti sia di tipo geofisico, sismico, stratigrafico, geologico e geotecnico è stato possibile ricavare le seguenti osservazioni espresse per ogni singola postazione di misura tromometrica in esame:

Bientina 98a - Proposta n.98:

Picco con significato stratigrafico a 1.16 Hz ($H/V=6.3$), con buona stazionarietà e stabilità direzionale. Classificazione B1.

Bientina 98b - Proposta n.98:

Picco con significato stratigrafico a 1.16 Hz ($H/V=5.6$), con buona stazionarietà e stabilità direzionale. Classificazione B1.

A fronte di tali osservazioni derivanti dalle indagini in sismica passiva si è provveduto, per le suddette aree interessate da nuove previsioni di trasformazione, a redigere le relative cartografie MOPS ed in particolare gli estratti cartografici delle Frequenze Misurate e quelli delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica.

Negli estratti cartografici delle Frequenze Misurate della **ALL.15** sono stati riportati i punti di misura tromometrica eseguita (rappresentati con diversa simbologia in funzione dei loro valori di frequenza e di ampiezza misurati), la misura effettiva della loro frequenza fondamentale ed i rispettivi diagrammi di rapporto spettrale H/V . Inoltre per una migliore lettura del contesto sismico in cui ci troviamo sono state riportate le principali caratteristiche litotecniche della zona, riprese dalle carte tematiche di supporto al vigente P.S. comunale.

Negli estratti cartografici delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica della **ALL.16** sono state rappresentate, sulla base delle considerazioni già espresse nella ns. Relazione geologica integrativa del luglio 2015 e delle nuove osservazioni espresse per ogni singola postazione di misura tromometrica, le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali distinte puntualmente come di seguito:

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

(con un alto contrasto di impedenza sismica)

- Zona 1 Fondovalle Bientinese
 Zona Bientina (parte sud-ovest dell'abitato del capoluogo)
 Depositi alluvionali recenti di fondovalle prevalentemente sabbioso- limosi
- Zona 1.1 Fondovalle Bientinese
 Zona Bientina (parte centrale e nord dell'abitato del capoluogo)
 Depositi alluvionali recenti di fondovalle prevalentemente argilloso- limosi

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

(prive di un alto contrasto di impedenza sismica)

- Zona 2 Rilievo Collinare Pleistocenico
 Zona Cerbaie (abitato di Quattro Strade e di Santa Colomba)
 Formazione di Casa Poggio ai Lecci

Sulla base di quanto sopra esposto la classificazione **S.3** di pericolosità sismica ai sensi del D.P.G.R. 26/R/2007 per l'area in oggetto, può essere ritenuta cautelativamente confermata anche con i criteri del D.P.G.R. 53/R/2011, in quanto la presenza di un picco chiaro con significato stratigrafico può far considerare l'area come zona suscettibile di amplificazioni locali sia per contrasto di impedenza tra copertura e substrato rigido (entro alcune decine di metri), sia per terreni di fondazione scadenti, come evidenziato nella **“Carta della pericolosità sismica 53/R”** dell'**ALL.12**.

6. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

La porzione in esame del fondovalle bientinese è caratterizzata da una rete idrografica complessa, costituita da fossi e canali di scolo con le loro relative arginature, zone di colmata,

sponde lacustri, scavi e riporti di terreno per realizzare opere idrauliche ed interventi di bonifica che si sono succeduti numerosi in tempi storici.

Le precipitazioni meteoriche che interessano quest'area di pianura alluvionale, costituita da terreni alluvionali sabbioso limosi ed argilloso limosi, afferiscono nella rete secondaria di scolo delle acque e da qui vengono convogliate verso il fosso Fungaia (tombato nel tratto urbano) che dirigendosi verso ovest si immette nel Canale Emissario consentendo così il deflusso delle acque del fondovalle. Le idrovore attualmente in funzione nel padule di Bientina costituiscono l'elemento fondamentale del sistema di bonifica a scolo meccanico, in atto fin dai primi del 900 attraverso vari comparti di sollevamento fino all'attuale conformazione.

Nella **“Carta idrogeologica”** dell'**ALL.17** sono individuate, in un intorno significativo della zona in esame, la rete idrografica principale e secondaria di scolo delle acque superficiali, le curve isopieze relative all'acquifero superficiale ed a quello artesiano con i relativi pozzi superficiali censiti.

L'acquifero superficiale è di modesta consistenza, direttamente influenzato dal regime delle piogge, ha sede nei primi 10-15 m di profondità dal piano di campagna, in quegli interstrati a maggiore permeabilità presenti nei depositi alluvionali più superficiali.

L'acquifero confinato di fondovalle è formato da un orizzonte principale superiore corrispondente ai depositi alluvionali a prevalenza sabbiosa e ghiaiosa (**“Conglomerato del Serchio”**), che perviene fino ad una profondità massima di 65-70 m dal piano di campagna e da orizzonti secondari inferiori e discontinui, in cui si possono distinguere vari livelli permeabili sabbioso-ghiaiosi o conglomeratici, con intercalazioni di **“aquitards”** e di **“aquicludes”** formati da sabbie limose, limi ed argille.

La piezometria dell'acquifero più superficiale presente nell'area in esame oscilla tra 0,5 e 3,5 metri dal p.c. in funzione dei vari periodi di ricarica dell'anno idrologico, così come evidenziato sia nella carta idrogeologica dell'**ALL.17** che dai rilievi piezometrici eseguiti al termine delle prove geostatiche di riferimento (vedi **ALL.9**).

Nell'estratto cartografico dell'**ALL.17** sono riportate anche le aree soggette a fenomeni di ristagno delle acque e di difficoltoso drenaggio superficiale che non ricomprendono l'area interessata dalla variante in oggetto. Tale situazione si sovrappone alla presenza di terreni a bassa permeabilità per porosità, come messo in evidenza dall'estratto della **“Carta della permeabilità”** dell'**ALL.18**.

Per quanto riguarda gli elaborati geologici di supporto al vigente Piano Strutturale del Comune di Bientina, redatto ai sensi del D.P.G.R. 26/R/2007, l'area in esame è definita a *pericolosità idraulica media “I.2”* in quanto caratterizzata da *“aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < Tr \leq 500$ anni”*. Nell'**ALL.19 “Carta della pericolosità idraulica 26/R”** è riportato un estratto cartografico delle aree a pericolosità idraulica del P.S..

Tale classificazione di pericolosità, derivante da verifiche idrauliche realizzate in sede di approvazione del P.S. e recepite dall'Autorità di Bacino del F.Arno con Dec.S.G. n.95 del 30/11/2009, viene conseguentemente confermata anche a seguito dell'entrata in vigore del D.P.G.R. 53/R/2011 circa le nuove direttive per le indagini geologico tecniche, come evidenziato nella **“Carta della pericolosità idraulica 53/R”** dell'**ALL.20**.

La cartografia del Piano Gestione Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) del Distretto Idrografico Appennino Settentrionale di cui il Bacino del Fiume Arno fa parte, approvata con deliberazione n.235 del 03/03/2016 del Comitato Istituzionale dell'AdB del F. Arno, inerente la perimetrazione

delle aree soggette a rischio alluvioni, evidenzia che la zona in esame, interessata dalla variante in oggetto, è ricompresa nella classe **P2** di pericolosità da alluvione media (aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni).

Un estratto della relativa cartografia di riferimento, stralcio n.356, è riportato nell'**ALL.21 “Pericolosità idraulica P.G.R.A.”**.

Nelle aree P2 gli indirizzi per gli strumenti del governo del territorio relativi alla disciplina di PGRA sono contenuti nell'art.10 che di seguito riportiamo:

Art. 10 – Aree a pericolosità da alluvione media (P2) – Indirizzi per gli strumenti governo del territorio

1. Fermo quanto previsto all'art. 9 e all'art. 14 comma 8, nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1 le Regioni, le Province e i Comuni, nell'ambito dei propri strumenti di governo del territorio si attengono ai seguenti indirizzi:

f) sono da privilegiare le trasformazioni urbanistiche tese al recupero della funzionalità idraulica;

g) le previsioni di nuova edificazione sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio idraulico;

h) sono da evitare le previsioni che comportano la realizzazione di sottopassi, se non diversamente localizzabili;

i) le previsioni di volumi interrati sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio idraulico.

Per quanto riguarda la vulnerabilità degli acquiferi riportiamo nell'**ALL.22 “Carta della vulnerabilità idrogeologica”** un estratto cartografico del P.S. delle aree soggette a vulnerabilità idrogeologica, in cui si evidenzia come l'area in esame sia ricompresa a *media vulnerabilità della risorsa idrica*, sottoclasse **3a**, che corrisponde a “*situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un certo grado di protezione, insufficiente tuttavia a garantire la salvaguardia*” dall'infiltrazione di eventuali elementi inquinanti. Tale situazione si manifesta nelle aree di fondovalle caratterizzate da terreni alluvionali argilloso limosi di bassa permeabilità per porosità, come quella in esame.

7. CARATTERISTICHE IDRAULICHE

In questo paragrafo riportiamo i principali contenuti della relazione idraulica redatta dall'Ing. Alessio Gabbrielli di Scandicci (FI) a supporto della presente Variante, a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

Il comparto 4C è ubicato nella zona Nord del capoluogo, ad una distanza minima, in linea d'aria, pari a circa 50 mt dalla sponda sinistra del Canale Emissario Bientina, e ad una distanza leggermente superiore rispetto al tratto tombato del Fosso Fungaia.

L'area oggetto della presente Variante è assimilata, ai sensi della L.R. 41/2018 ad area a pericolosità per alluvioni poco frequenti, in quanto posta in pericolosità da alluvione P2 dal Piano di Gestione Rischio Alluvioni; tale legge detta le condizioni di “compatibilità” idraulica dei nuovi interventi all'interno delle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti. Queste condizioni sono espresse dall'art.11, il quale, testualmente, dispone che *fermo restando quanto disposto dagli articoli 10, 12 e 13, nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati interventi di nuova costruzione a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c).*

Per l'area in esame alla pericolosità idraulica P2 di PGRA non corrisponde alcun battente di riferimento, in quanto dagli studi idraulici del 2009 non emersero potenziali allagamenti nella zona urbana di Bientina per eventi di piena con tempi di ritorno compresi tra 30 e 200 anni, se non nelle porzioni già allora classificate a pericolosità idraulica superiore. Per questo motivo, volendo applicare quanto disposto dalla nuova L.R. 41/2018 al caso in esame, appare necessario definire il battente secondo quanto stabilito dall'art.18, comma 2, ovvero che *nelle more dell'adeguamento degli strumenti di pianificazione territoriale o urbanistica comunali alle mappe di pericolosità e rischio di alluvione di cui al d.lgs. 49/2010, si assume come battente di riferimento, qualora non determinato:*

- a) *il battente corrispondente alla quota in alveo della superficie dell'acqua dell'evento alluvionale poco frequente, valutata rispetto al livello del mare;*
- b) *nei casi in cui non sia determinabile la quota in alveo della superficie dell'acqua dell'evento alluvionale poco frequente, il battente pari a 2 metri.*

A seguito di una serie di considerazioni circa le dinamiche di esondazione ed i franchi di sicurezza, l'ing. Gabbriellini attribuisce un battente di riferimento, ai sensi della L.R. 41/2018, pari a 20 cm, e quindi presuppone l'esigenza di attuare interventi di messa in sicurezza e/o mitigazione per la fattibilità idraulica della presente previsione urbanistica. Tali interventi sono previsti nel capitolo 4.4 della sua relazione idraulica che riportiamo integralmente nel seguente paragrafo.

8. CARATTERISTICHE DI FATTIBILITÀ

La fattibilità di un intervento viene redatta sulla base delle caratteristiche di pericolosità geomorfologica, idraulica e sismica rilevate per il territorio in esame e rapportate alla sua destinazione urbanistica ed al tipo di interventi ivi previsti.

Nel vigente R.U. la zona interessata dalla Variante è contraddistinta da una fattibilità massima **F2**, ovvero una *fattibilità con normali vincoli* (individuata per un intervento massimo ammissibile come una nuova costruzione edilizia); nell'**ALL.23 "Carta della fattibilità 26/R"** riportiamo un estratto di tale cartografia del vigente R.U..

I dati acquisiti che sono stati esposti e discussi nei paragrafi precedenti hanno consentito di aggiornare, ai sensi delle nuove normative in materia, il quadro conoscitivo circa le caratteristiche geomorfologiche, litostratigrafiche, idrogeologiche, idrauliche, geotecniche e sismiche dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area interessata dalla presente Variante al vigente R.U..

L'aggiornamento delle conoscenze ha permesso di verificare, ai sensi del D.P.G.R. 53/R/2011, le condizioni di fattibilità per l'attuazione delle previsioni per l'area in esame attribuendo una massima fattibilità con normali vincoli **F2** (*si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia*) per gli aspetti geologici ed idraulici ed una massima fattibilità condizionata **F3** (*si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini dell'individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi*) per gli aspetti sismici. (Vedi **ALL.24 "Carta della fattibilità 53/R"**).

Risulta comunque necessario distinguere la fattibilità in funzione delle situazioni di pericolosità riscontrate nell'area in esame in funzione dei diversi fattori geologici (geomorfologici), idraulici e sismici, ai fini di una precisa definizione delle condizioni di

attuazione delle previsioni, delle indagini di approfondimento da effettuare a livello esecutivo e delle eventuali opere necessarie alla mitigazione del rischio.

Le condizioni di fattibilità risultano quindi essere:

- Fattibilità in relazione agli aspetti geologici: l'area in esame ricade in pericolosità geomorfologica G.2, di conseguenza la fattibilità attribuita per nuove edificazioni è la fattibilità F2 con normali vincoli che prevede approfondimenti di indagine da eseguirsi a livello edificatorio al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area. Gli approfondimenti di indagine consistono, anche nel rispetto del D.P.G.R. n.36/R del 09/07/2009, nell'esecuzione di verifiche geotecniche dirette volte ad investigare i terreni effettivamente interessati dalle nuove costruzioni, definendo il modello geologico e geotecnico del sottosuolo attraverso l'esecuzione di prove geognostiche, sondaggi, analisi di laboratorio delle terre, ecc..

- Fattibilità in relazione agli aspetti idraulici: vedi la relazione idraulica dell'Ing. Gabbrielli e le relative prescrizioni che riportiamo integralmente di seguito:

4.4 “Prescrizioni per la fattibilità idraulica della nuova previsione urbanistica”

Facendo seguito a quanto espresso nei paragrafi precedenti, stante il battente “fittizio” di 20 cm sull'area di previsione, per la fattibilità idraulica della previsione urbanistica sarà necessario operare un rialzamento del piano di posa dei nuovi fabbricati nonché di parcheggi/piazzali ad essi adiacenti.

Questo rialzamento, per garantire un franco residuo rispetto ai 20 cm richiesti, dovrà essere pari ad almeno 40 cm.

In fase di attuazione del presente intervento sarà possibile valutare la quota media effettiva del piano campagna nelle porzioni di fatto interessate dalle nuove edificazioni, che, se poste a quota inferiore rispetto a quella media dell'intero comparto, comporteranno l'esigenza di un surplus di rialzamento mantenendo almeno 20 cm di franco sulla quota di 9.61 m s.l.m., mentre, se poste a quota superiore rispetto a quella media dell'intero comparto, comporteranno la possibilità di una riduzione del sovrizzo, sempre fermo restando il franco minimo di 20 cm.

I volumi sottratti dal rialzamento rispetto alla quota di 9.61 m s.l.m. dovranno essere bilanciati all'interno del comparto nelle aree verdi o comunque non interessate, secondo progetto, da particolari modifiche morfologiche. Per bilanciamento è da intendersi la realizzazione di uno sbassamento, graduale e non profondo, del terreno, fino al raggiungimento del volume di sottrazione.

Per l'attuazione della previsione in oggetto si prevede inoltre un'adeguata regimazione delle aree a verde, sia quelle sbassate che quelle non modificate, ai fini di garantire un adeguato drenaggio superficiale e assenza di ristagni.

Come anticipato, dovrà essere posta attenzione anche su tema dell'incremento del carico idraulico.

L'impermeabilizzazione di nuove superfici provocherà necessariamente un aumento dei volumi idrici prodotti in caso di precipitazioni intense; è invece richiesto che il carico idraulico complessivo del progetto non aumenti, secondo il principio dell'invarianza idraulica.

Le nuove volumetrie dovranno quindi essere quantificate in sede di progettazione dell'intervento, a partire dai dati pluviometrici aggiornati della Regione Toscana e da un'adeguata stima del coefficiente di deflusso. Queste volumetrie prodotte dalle superfici impermeabili dovranno essere tratteneute in apposite vasche e/o aree verdi destinate al loro invaso temporaneo, prima del rilascio (in fognatura o nel reticolo idraulico superficiale) a conclusione dell'evento meteorico.

Tali vasche o aree di raccolta potranno anche coincidere con quelle destinate al bilanciamento dei volumi sottratti di cui sopra, la cui realizzazione resta comunque necessaria.

- Fattibilità in relazione agli aspetti sismici: l'area in esame ricade in pericolosità sismica S.3, di conseguenza la fattibilità attribuita per nuove edificazioni è la fattibilità condizionata F3 che

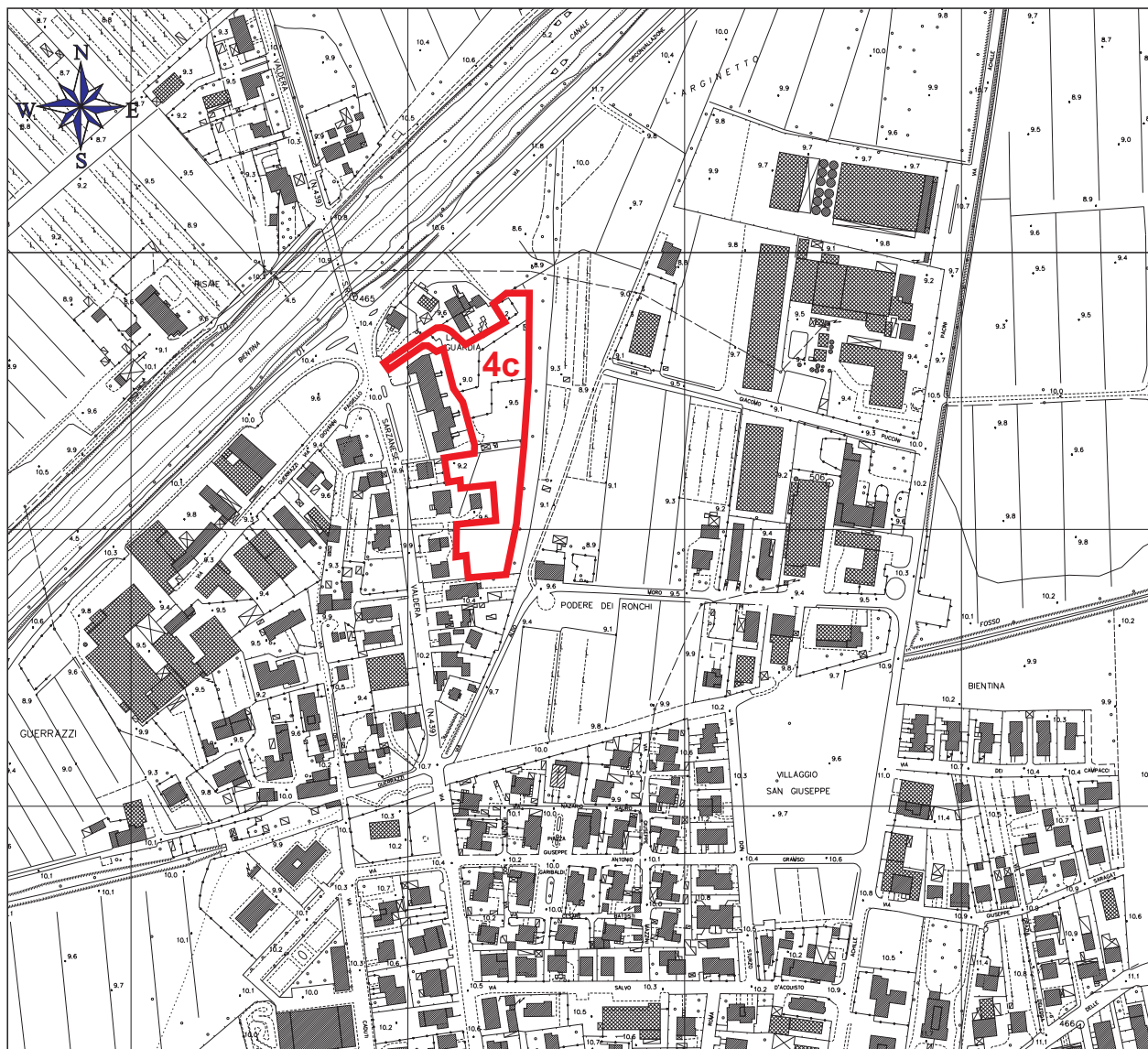
prevede approfondimenti di indagine da eseguirsi a livello edificatorio, anche nel rispetto del D.P.G.R. n.36/R del 09/07/2009. Tali approfondimenti geofisici sono finalizzati alla corretta definizione dell'azione sismica ed alla ricostruzione del modello del sottosuolo con le relative geometrie sepolte attraverso l'esecuzione di indagini sismiche di superficie e/o in foro; oltre a realizzare adeguate indagini geotecniche finalizzate alla verifica dei cedimenti.

Pisa, Dicembre 2018

Dott. Geol. Fabio Mezzetti



ALLEGATI

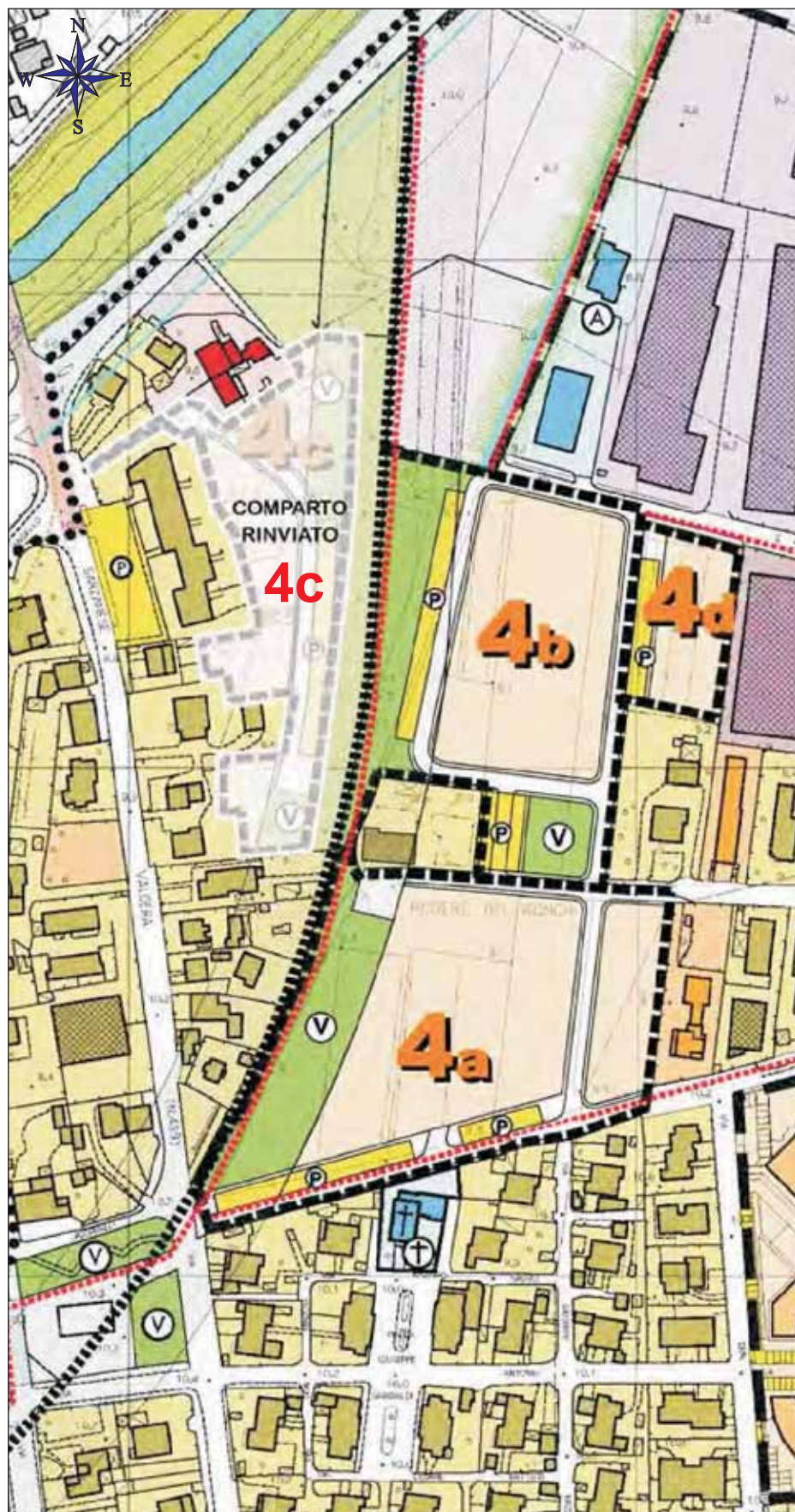


ALL.1 COROGRAFIA - scala 1:5.000

LEGENDA



Ubicazione area oggetto di Variante



DISCIPLINA GENERALE DEL TERRITORIO

- INFRASTRUTTURE E RELATIVE FASCE DI RISpetto (A4.18)
- VIABILITÀ DI PROGETTO E ALLARGAMENTI STRADALI (A4.18)
- PERCORSI PEDONALI / CICLABILI (A4.18)
- RETE DELLA VIABILITÀ STORICA CIRCUITO PER LE VISITE DEL TERRITORIO (A4.18)
- FERROVIA PONTEDERA-LUCCA E RELATIVA FASCIA DI RISpetto (A4.18)

- EMISARIO DEL BIENTINA E RELATIVA FASCIA DI RISpetto (A4.19)
- CANALI, CORSI D'ACQUA E VERDE FLUVIALE DI PERTINENZA (A4.22)

EDIFICI NEL TERRITORIO RURALE (A4.20)

- EDIFICI DI INTERESSE ARCHITETTONICO / TIPOLOGICO
- EDIFICI DI INTERESSE AMBIENTALE
- EDIFICI RECENTI / CAPANNONI AGRICOLI
- EDIFICI PRODUTTIVI

- LIMITE U.T.O.E. / LIMITE URBANO (A4.31)
- ATTREZZATURE PUBBLICHE DI INTERESSE GENERALE (A4.32)
- AREE DESTINATE ALL'ISTRUZIONE (A4.32)
- AREE PER ATTREZZATURE DI INTERESSE COMUNE PUBBLICHE E DI USO PUBBLICO (A4.34)
- VERDE ATTREZZATO E PER IL TEMPO LIBERO (A4.35)
- AREE PER IMPIANTI SPORTIVI (A4.36)
- VERDE PRIVATO (A4.37)
- AREE PER PARCHeggi PUBBLICI E PRIVATI DI USO PUBBLICO (A4.38)
- DISTRIBUTORI DI CARBURANTE (A4.39)
- CIMITERO E RELATIVO VINCOLO DI RISpetto (A4.30)
- PIANI ATTUATIVI IN CORSO DI ESECUZIONE (A4.12)

SISTEMI TERRITORIALI

I - SUBSISTEMA DELLA PIANURA STORICA

- LE AREE AGRICOLE DI VALORE PAESAGGISTICO (A4.31)
- L'AREA DELL'EX FATTORIA MEDICEA
- NUMERO DI RIFERIMENTO PER GLI EDIFICI DELLA PIANURA STORICA

U.T.O.E. 1: BIENTINA CAPOLUOGO (A4.32)

DISCIPLINA DELLA GESTIONE DELL'ESISTENTE (A4.33.1)

- LE AREE STORICHE (A4.33.1.1)
- SOGGETTE ALLA VARIANTE EX ART. 5 L. 39/1990
- AREA DI RINNOVO DELLA CASTELLINA E DI VIA VITTORIO VENETO
- EDIFICI DI INTERESSE AMBIENTALE
- VINCOLO DI FACCATA
- LE AREE URBANIZZATE DI RECENTE FORMAZIONE (A4.33.1.2)
- SATURA (B1)
- RESIDENZIALE ATTUALE A SEGUITO DI PIANI DI ATTUAZIONE O DI PERMESSI (B2)
- LOTTI DI COMPLETAMENTO (B3)
- EDIFICI GIÀ PRODUTTIVI INSERITI NEL TESSUTO RESIDENZIALE (B4)
- AREE PRODUTTIVE IN PICCOLE ZONE (B1)
- ISOLATI DI RINNOVO URBANO (B8)

DISCIPLINA DELLE TRASFORMAZIONI (A4.33.2)

- AREE URBANE DI NUOVA ATTUAZIONE A CARATTERE PREVALENTEMENTE RESIDENZIALE
- AREE URBANE DI NUOVA ATTUAZIONE A CARATTERE PREVALENTEMENTE PRODUTTIVO

U.T.O.E. 2: AREA INDUSTRIALE EX ALVEO DELL'ARNO (A4.34)

AREE PRODUTTIVE

II - SUBSISTEMA DELLA PIANURA UMIDA E BONIFICATA

- LE AREE AGRICOLE DELLA BONIFICA (A4.35)
- LE AREE DELL'EX LAGO DI SESTO (A4.36)
- L'ANFILI BOSCO DI SANALI (A4.37)
- NUMERO DI RIFERIMENTO PER GLI EDIFICI DELLA PIANURA UMIDA E BONIFICATA

U.T.O.E. 3: AREA INDUSTRIALE DI PRATOGRANDE (A4.38)

- EDIFICI PRODUTTIVI ESISTENTI
- EDIFICI RESIDENZIALI ESISTENTI STORICI / RECENTI
- FASCE DI PROTEZIONE DI CANALI DELLA BONIFICA
- VERDE DI PROTEZIONE DEGLI INSEDIAMENTI ESISTENTI
- ALLINEAMENTI DEI NUOVI INSEDIAMENTI

III - SUBSISTEMA DELLA COLLINA

LE AREE COLLINARI E IL S.S.R. DELLE CERBAIE (A4.39)

- ZONE BOSCHIVE
- AREE COLTIVATE
- NUMERO DI RIFERIMENTO PER GLI EDIFICI NELLE COLLINE

U.T.O.E. 4: QUATTRO STRADE (A4.40) - U.T.O.E. 5: SANTA COLOMBA (A4.41)

DISCIPLINA DELLA GESTIONE DELL'ESISTENTE (A4.40.1)

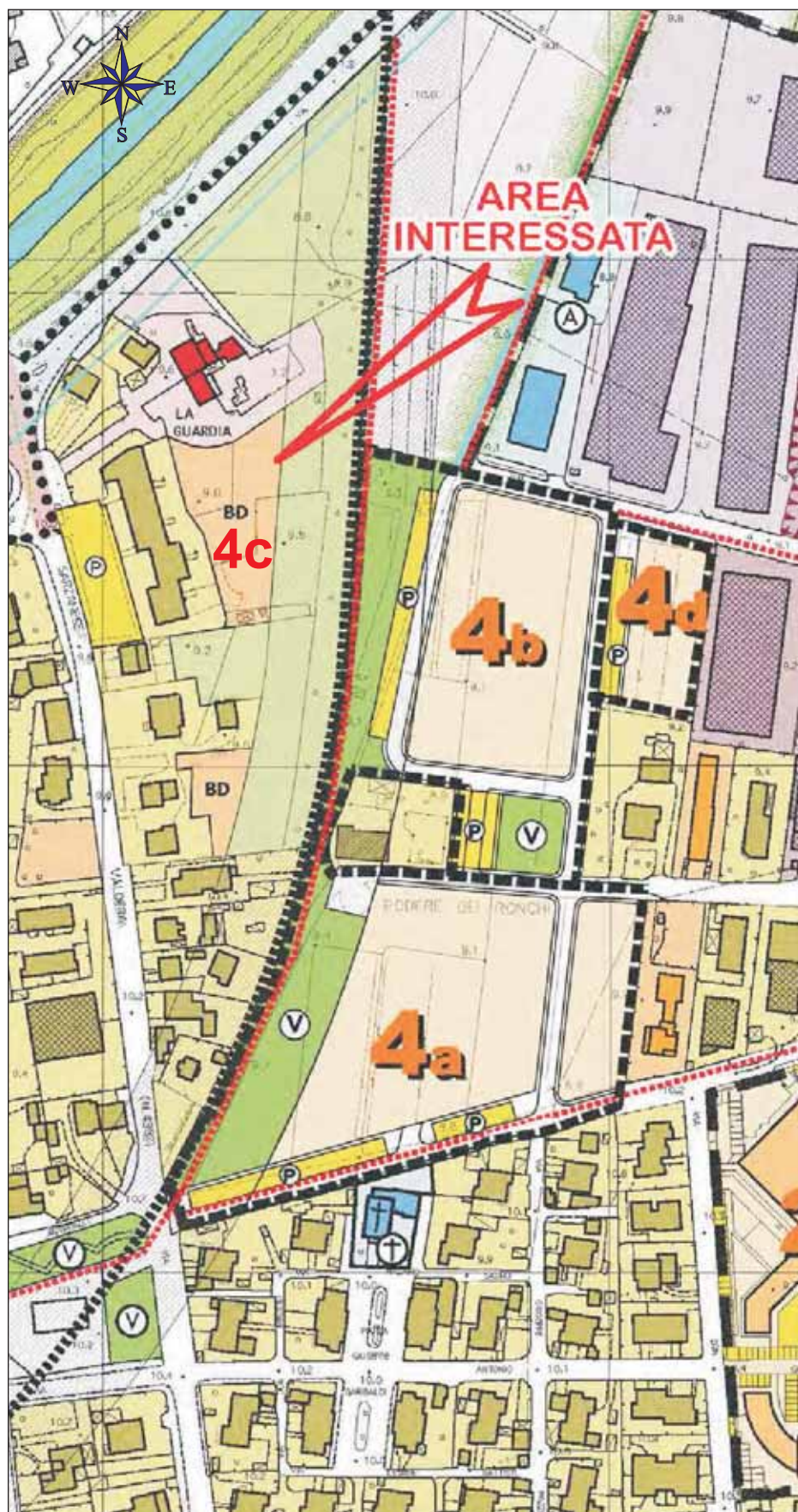
- EDIFICI DI INTERESSE ARCHITETTONICO
- EDIFICI DI INTERESSE TIPOLOGICO
- EDIFICI RECENTI
- EDIFICI PRODUTTIVI
- LOTTI LIBERI

DISCIPLINA DELLE TRASFORMAZIONI (A4.40.2)

- LE AREE URBANE DI NUOVA ATTUAZIONE

ALL.2 ESTRATTO REGOLAMENTO URBANISTICO VIGENTE
SCALA 1:2.500

PROPOSTA DI VARIANTE COMPARTO 4c



ALL.3 REGOLAMENTO URBANISTICO MODIFICATO
SCALA 1:2.500

PROPOSTA DI VARIANTE COMPARTO 4c

DISCIPLINA GENERALE DEL TERRITORIO

- INFRASTRUTTURE E RELATIVE FASCE DI RISPETTO (Art.18)
- VIABILITÀ DI PROGETTO E AGGIORNAMENTI STRADALI (Art.18)
- PERCORSI PEDONALI / CICLABILI (Art.18)
- RETE DELLA VIABILITÀ STORICA
- CIRCUITO PER LE VISTE DEL TERRITORIO (Art.18)
- FERROVIA PONTEDERA-LUCCA E RELATIVA FASCIA DI RISPETTO (Art.18)
- EMISARIO DEL BIENTINA E RELATIVA FASCIA DI RISPETTO (Art.19)
- CANALI, CORSI D'ACQUA E VERDE FLUVIALE DI PERTINENZA (Art.22)

- EDIFICI NEL TERRITORIO RURALE (Art.20)
- EDIFICI DI INTERESSE ARCHITETTONICO / TIPOLOGICO
- EDIFICI DI INTERESSE AMBIENTALE
- EDIFICI RECENTI / CARATTERI AGRICOLI
- EDIFICI PRODUTTIVI

- LIMITE U.T.O.E. / LIMITE URBANO (Art.21)
- ATTREZZATURE PUBBLICHE DI INTERESSE GENERALE (Art.22)
- AREE DESTINATE ALL'ISTRUZIONE (Art.22)
- AREE PER ATTREZZATURE DI INTERESSE COMUNE PUBBLICHE E DI USO PUBBLICO (Art.24)
- VERDE ATTREZZATO E PER IL TEMPO LIBERO (Art.25)
- AREE PER IMPIANTI SPORTIVI (Art.26)
- VERDE PRIVATO (Art.27)
- AREE PER PARCHeggi PUBBLICI E PRIVATI DI USO PUBBLICO (Art.28)
- DISTRIBUTORI DI CARBURANTE (Art.29)
- CIMITERO E RELATIVO VINCOLO DI RISPETTO (Art.30)
- PIANI ATTUATIVI IN CORSO DI ESECUZIONE (Art.32)

SISTEMI TERRITORIALI

I - SUBSISTEMA DELLA PIANURA STORICA

- LE AREE AGRICOLE DI VALORE PAESAGGISTICO (Art.31)
- L'AREA DELL'EX FATTORIA MEDICEA
- NUMERO DI RIFERIMENTO PER GLI EDIFICI DELLA PIANURA STORICA
- U.T.O.E. 1: BIENTINA CAPOLUOGO (Art.33)
- DISCIPLINA DELLA GESTIONE DELL'ESISTENTE (Art.33.1)
- LE AREE STORICHE (Art.33.1.1)
- SOGGETTE ALLA VARIANTE EX ART.5.1.8/1980
- AREA DI RINNOVO DELLA CASTELLANA E DI VIA VITTORIO VENETO
- EDIFICI DI INTERESSE AMBIENTALE
- VINCOLO DI FACCIATA
- LE AREE URBANIZZATE DI RECENTE FORMAZIONE (Art.33.1.2)
- SATURA (B1)
- RESIDENZIALE ATTUATA A SEGUITO DI PIANI DI ATTUAZIONE O DI PERMESSI (B2)
- LOTTI DI COMPLEMENTO (B3)
- EDIFICI GIÀ PRODUTTIVI INSERITI NEL TESSUTO RESIDENZIALE (B4)
- AREE PRODUTTIVE IN PICCOLE ZONE (B1)
- AREE PRODUTTIVE IN PICCOLE ZONE (B1)
- ISOLATI DI RINNOVO URBANO (B6)
- RECUPERO COLLEGATO AD AREE URBANE DI NUOVA ATTUAZIONE (B6-H)

DISCIPLINA DELLE TRASFORMAZIONI (Art.33.2)

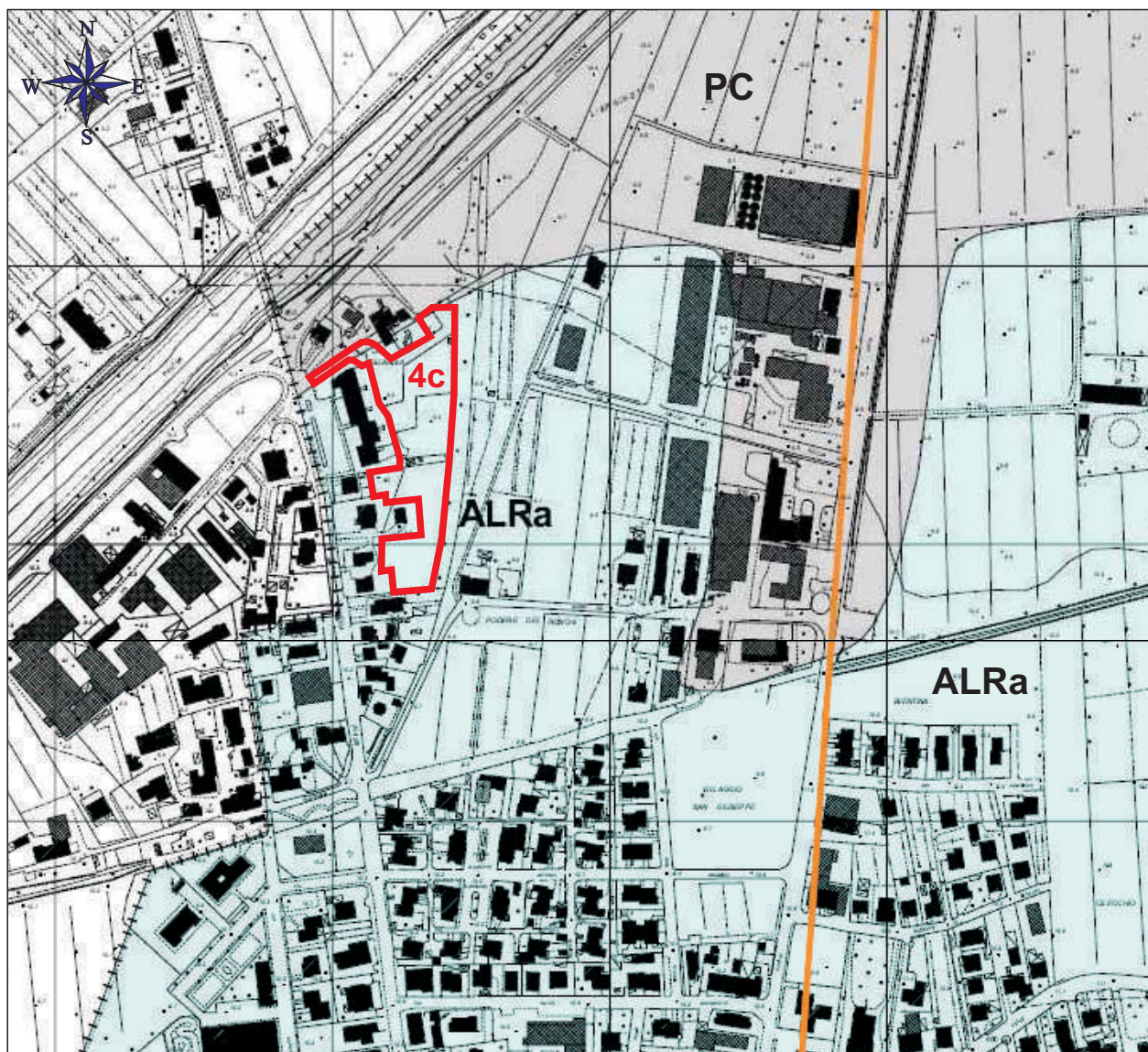
- AREE URBANE DI NUOVA ATTUAZIONE A CARATTERE PREVALENTEMENTE RESIDENZIALE
- AREE URBANE DI NUOVA ATTUAZIONE A CARATTERE PREVALENTEMENTE PRODUTTIVO
- INTERVENTO DIRETTO CONVENZIONATO (Art. 15)
- U.T.O.E. 2: AREA INDUSTRIALE EX ALVEO DELL'ARNO (Art.34)
- AREE PRODUTTIVE

II - SUBSISTEMA DELLA PIANURA UMIDA E BONIFICATA

- LE AREE AGRICOLE DELLA BONIFICA (Art.35)
- LE AREE DELL'EX LAGO DI SESTO (Art.36)
- L'AMPL. BOSCO DI SANALI (Art.37)
- NUMERO DI RIFERIMENTO PER GLI EDIFICI DELLA PIANURA UMIDA E BONIFICATA
- U.T.O.E. 3: AREA INDUSTRIALE DI PRATOGRANDE (Art.38)
- EDIFICI PRODUTTIVI ESISTENTI
- EDIFICI RESIDENZIALI ESISTENTI STORICI / RECENTI
- FASCE DI PROTEZIONE DI CANALI DELLA BONIFICA
- VERDE DI PROTEZIONE DEGLI INSEDIAMENTI ESISTENTI
- ALLINEAMENTI DEI NUOVI INSEDIAMENTI

III - SUBSISTEMA DELLA COLLINA

- LE AREE COLLINARI E IL S.I.R. DELLE CERBAIE (Art.39)
- ZONE BOSCAIE
- AREE COLTIVATE
- NUMERO DI RIFERIMENTO PER GLI EDIFICI NELLE COLLINE
- U.T.O.E. 4: QUATTRO STRADE (Art.40) - U.T.O.E. 5: SANTA COLOMBA (Art.41)
- DISCIPLINA DELLA GESTIONE DELL'ESISTENTE (Art.40.1)
- INSEDIAMENTI COLLINARI STORICI E DI RECENTE FORMAZIONE (Art.40.1)
- EDIFICI DI INTERESSE ARCHITETTONICO
- EDIFICI DI INTERESSE TIPOLOGICO
- EDIFICI RECENTI
- EDIFICI PRODUTTIVI
- LOTTI LIBERI
- DISCIPLINA DELLE TRASFORMAZIONI (Art.40.2 - Art. 41)
- LE AREE URBANE DI NUOVA ATTUAZIONE
- INTERVENTO DIRETTO CONVENZIONATO (Art. 15)
- AREE A DESTINAZIONE TURISTICO RICETTIVA (Art.42)

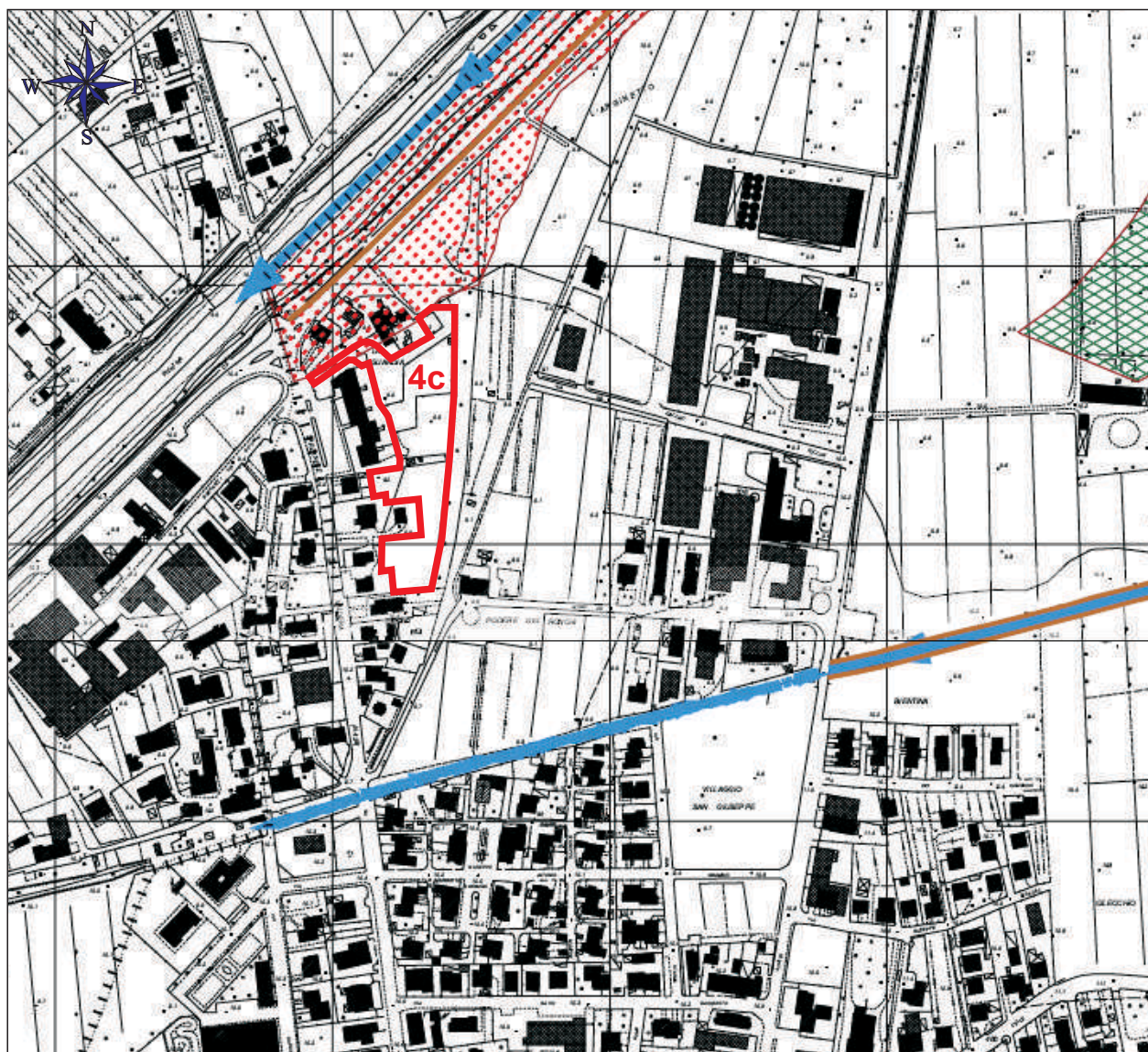


ALL.4 CARTA GEOLOGICA - scala 1:5.000

(estratta dagli elaborati del P.S. comunale)

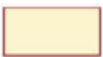
LEGENDA

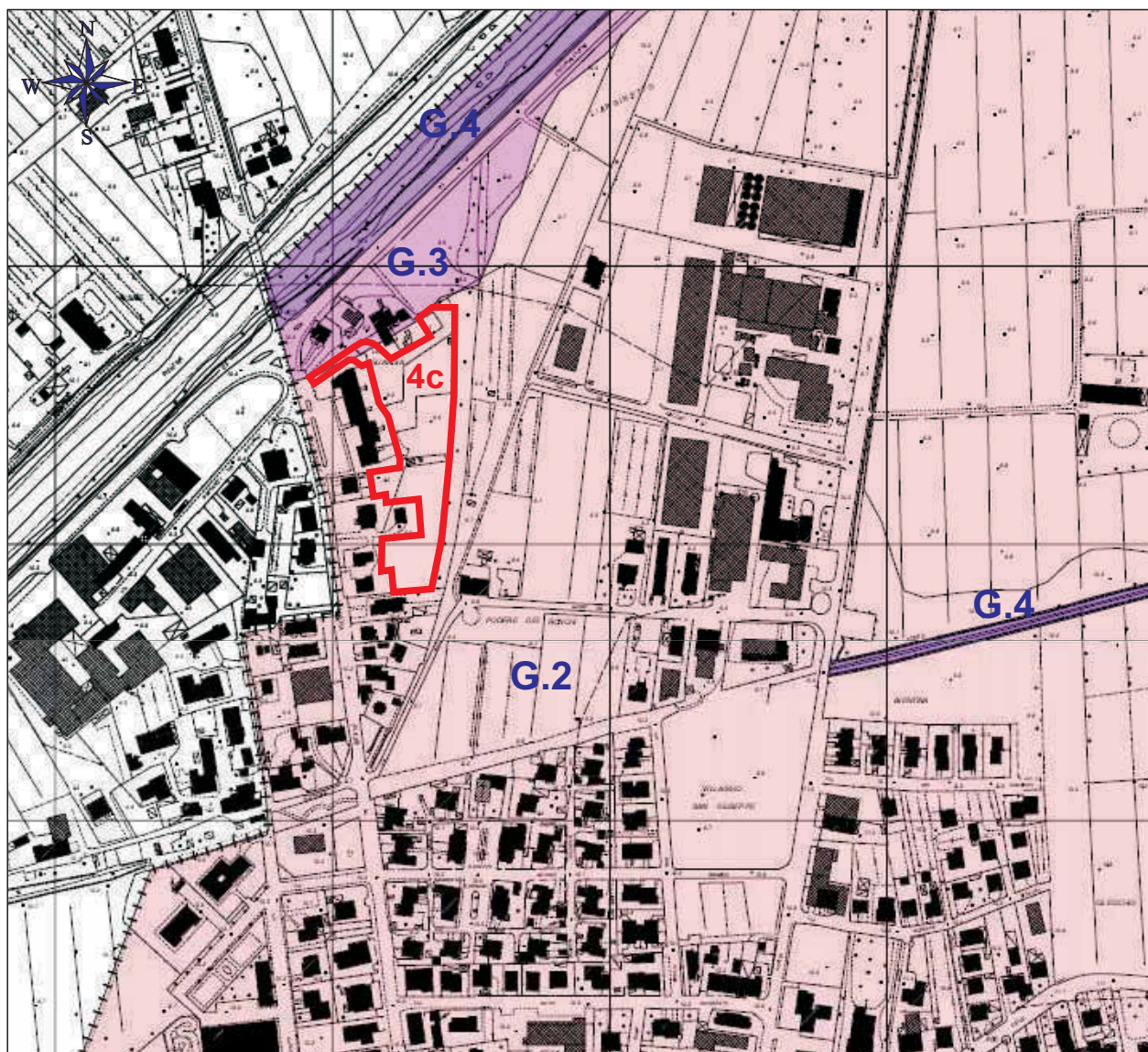
-  Traccia di sezione stratigrafica
-  PC = Depositi alluvionali palustri e di colmata (Olocene)
-  ALRa = Depositi alluvionali recenti di fondovalle prevalentemente argilloso-limosi (Olocene)
-  4c Area oggetto di Variante



ALL.5 CARTA GEOMORFOLOGICA - scala 1:5.000
(estratta dagli elaborati del P.S. comunale)

LEGENDA

-  Corsi d'acqua principali
-  Arginature e/o sponde dei corsi d'acqua principali (A)
-  Riporto (R)
-  Paleoalveo (P)
-  Area maggiormente interessata negli ultimi ventanni da fenomeni di subsidenza indotta (SI)
-  4c Area oggetto di Variante



ALL.6 CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA 26/R - scala 1:5.000
(estratta dagli elaborati del P.S. comunale)

LEGENDA

AREE A PERICOLOSITA'
GEOMORFOLOGICA
ai sensi del DPGR 26/R/07



G.2 = Pericolosità geomorfologica media



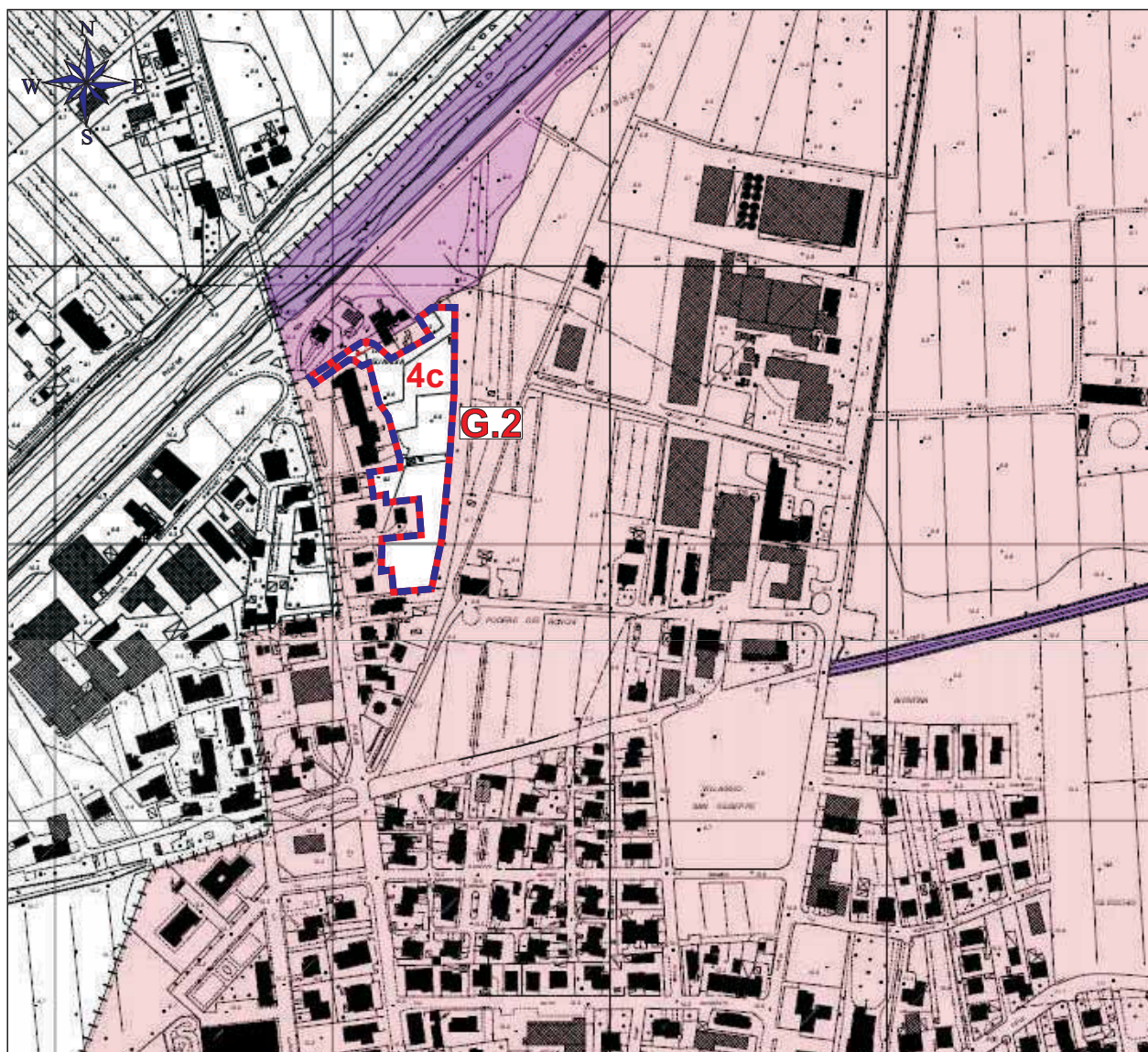
G.3 = Pericolosità geomorfologica elevata



G.4 = Pericolosità geomorfologica molto elevata



Area oggetto di Variante



ALL.7 CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA 53/R - scala 1:5.000

LEGENDA

AREE A PERICOLOSITA'
GEOLOGICA
ai sensi del DPGR 53/R/11



G.2 = Pericolosità geologica media



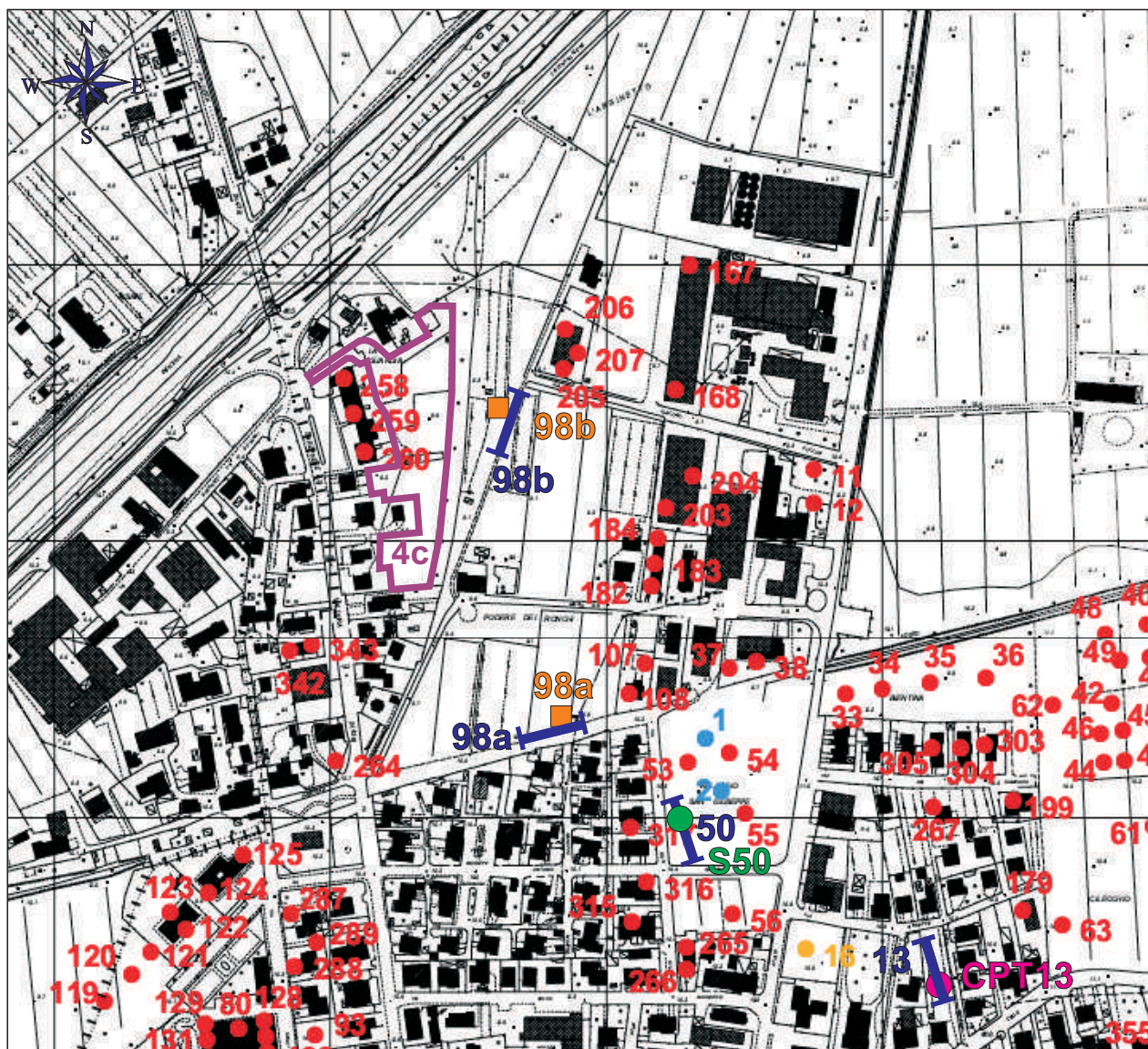
G.3 = Pericolosità geologica elevata



G.4 = Pericolosità geologica molto elevata



4c Area oggetto di Variante



ALL.8 CARTA DEI DATI DI BASE - scala 1:5.000
(estratta dagli elaborati del P.S. comunale)

LEGENDA

- Prova penetrometrica statica con punta elettrica
- Prova penetrometrica dinamica
- Sondaggio geognostico
- Prova penetrometrica statica
- Sondaggio geognostico di riferimento
- Prova penetrometrica statica di riferimento
- ⌈ Prova sismica MASW di riferimento
- Misura di sismica passiva HVSR di riferimento
- ⌈ **4c** Area oggetto di Variante

ALL.9 INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO
(estratte dalle pratiche edilizie/urbanistiche comunali)

Prof. (m)	R.A. (m)	Pz	metri	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 - 100	SPT SPT	RQD % 0 - 100	prof. m	DESCRIZIONE
											0.2	Riperto eterogeneo con resti di laterizi e ghiaia.
			1								1.4	Terreno di riperto prevalentemente argilloso, di colore marrone e con resti di laterizi alla base. (P.P. 0.3 MPa)
			2								2.5	Litotipi argillosi ed argilloso-limosi di colore marrone con sfumature grigio, nerastro e arrossate ed inclusi calcarei disfatti. (Fino a 2 m P.P. medio 0.35 MPa, oltre 2 m P.P. medio 0.25 MPa)
			3								3.5	Limi sabbiosi fini di colore marrone con sfumature grigio, nerastro e arrossate
			4								6.5	Litotipi argillosi e limo-argillosi di colore marrone con sfumature grigio, nerastro e arrossate ed inclusi calcarei disfatti. A partire dalla profondità di 3.6 m si ha un progressivo passaggio verso una predominanza grigio chiara, mentre, dalla profondità di 4.3 m si ha un colore grigiastro con rare sfumature marroni-arrossate. E' presente un livello meno compatto tra la quota di 5.2 m e la quota di 5.3 m. (P.P. 0.1-0.2 MPa)
			5								8.2	Litotipi argillosi e limo-argillosi di colore marrone con sfumature ocra-arrossato-grigiastro. (P.P. 0.1-0.2 MPa)
			6								8.8	Litotipi argillosi e limo-argillosi di colore marrone con progressivo aumento del colore grigio chiaro. (P.P. 0.1-0.2 MPa)
			7								10.0	Litotipi argillosi grigio chiaro con sfumature arrossate sempre più rare con la profondità, presente livello con materiale vegetale arrossato. (P.P. 0.1-0.2 MPa)
			8									
			9									
			10									

Sile = Shelby Des = Desion, Oel = Osterberg
 Ac = Livello sopra cuneato
 As = Livello sopra sublivello
 Pz = Pannetto
 Sp = Pannetto laterale
 VT = Vite Test (Aplicare) non-entrate
 SPT = Standard Penetration Test
 N = Nip
 R.Q.D. = Rock Quality Designation

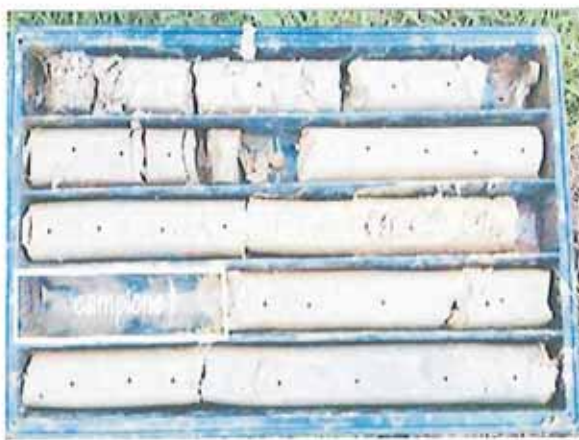


Riperto
 Terreno vegetale
 Argilla



Limo
 Sabbia
 Ghiaia, ciottoli

NOTE: _____



Cassetta n. 1: da 0,0 m a - 5,0 m



Cassetta n. 2: da - 5,0 m a - 10,0 m



Laboratorio SIGMA s.r.l. - Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (D.P.R. 380/2001 art.59)

D. M. n° 4240 del 05.05.2010 • Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

Sistema Gestione Qualità
Certificato RINA
ISO 9001:2008

N. di certificato: 2037/G del 16/10/12
COMMITTENTE: GUIDI COSTRUZIONI SRL
IMPRESA: Mappo Geognostica Srl
CANTIERE: Via Don L. Sturzo - Bientina (PI)

Verbale di accettazione: 298/2651
SOND.: 1 CAMP.: 2
PROFONDITA', m: 6.0 - 6.5

PROVA DI COMPRESSIONE SEMPLICE UNI CEN ISO/TS 17892-7

CARATTERISTICHE INIZIALI DEL PROVINO

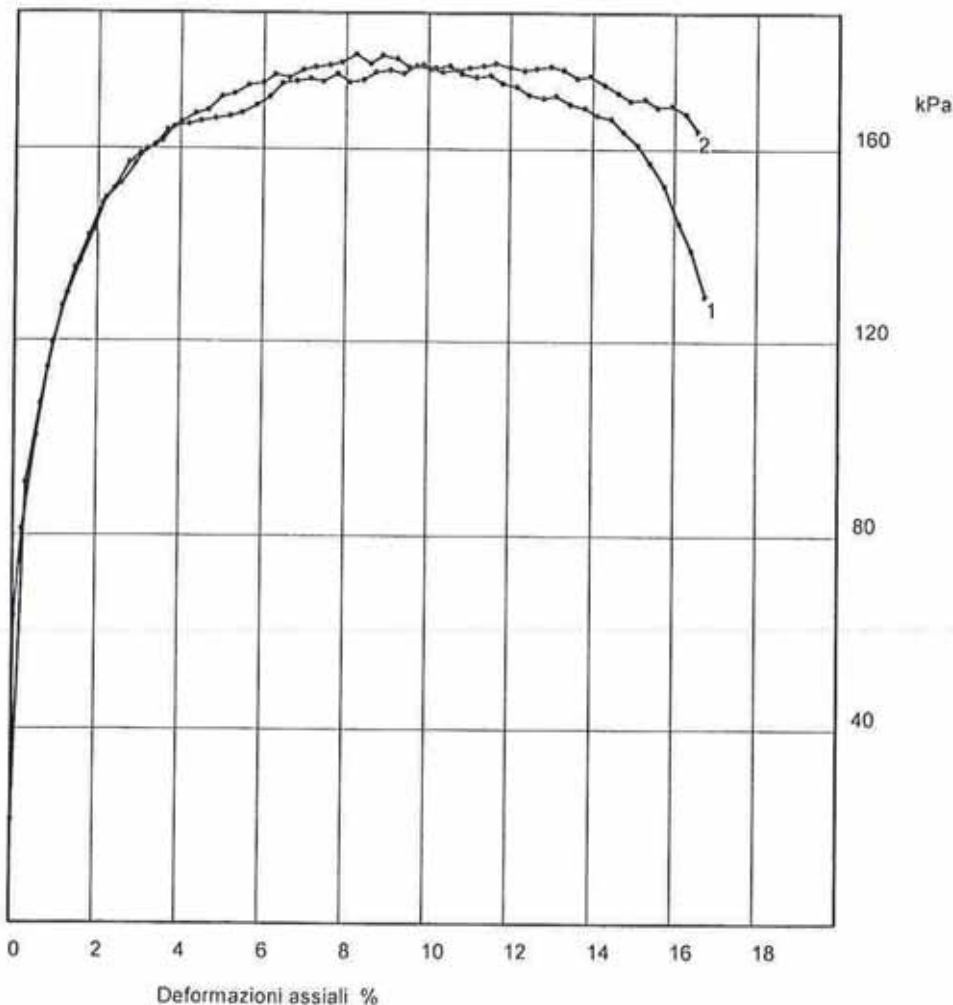
Diametro: 3.80 cm

Altezza: 7.60 cm

Contenuto in acqua UNI CEN ISO/TS 17892-1= 30.33 %

Peso di volume UNI CEN ISO/TS 17892-2= 18.86 kN/m³

Deformazione assiale %-pressione kPa



Pressione a rottura kPa=
Deformazione a rottura %=
Velocità di deformazione, mm/min= 1.5
Angolo di rottura (°)= 30
Condizioni del campione: Q1

Provino n. = 1
179.42
8.24

Provino n. = 2
177.58
11.65

NOTA:

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 1/1
Lo Sperimentatore
Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 15/10/12-16/10/12
Il Direttore del laboratorio
Ing. A. Marubini



Laboratorio SIGMA s.r.l. -- Prove ed indagini geotecniche dal 1973

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (D.P.R. 380/2001 art.59)

D. M. n° 4240 del 05.05.2010 • Riconoscimento RINA - Associato A.L.I.G.

Sistema Gestione Qualità
Certificato RINA
ISO 9001:2008

N. di certificato: 2036/G del 16/10/12
COMMITTENTE: GUIDI COSTRUZIONI SRL
IMPRESA: Mappo Geognostica Srl
CANTIERE: Via Don L. Sturzo - Bientina (PI)

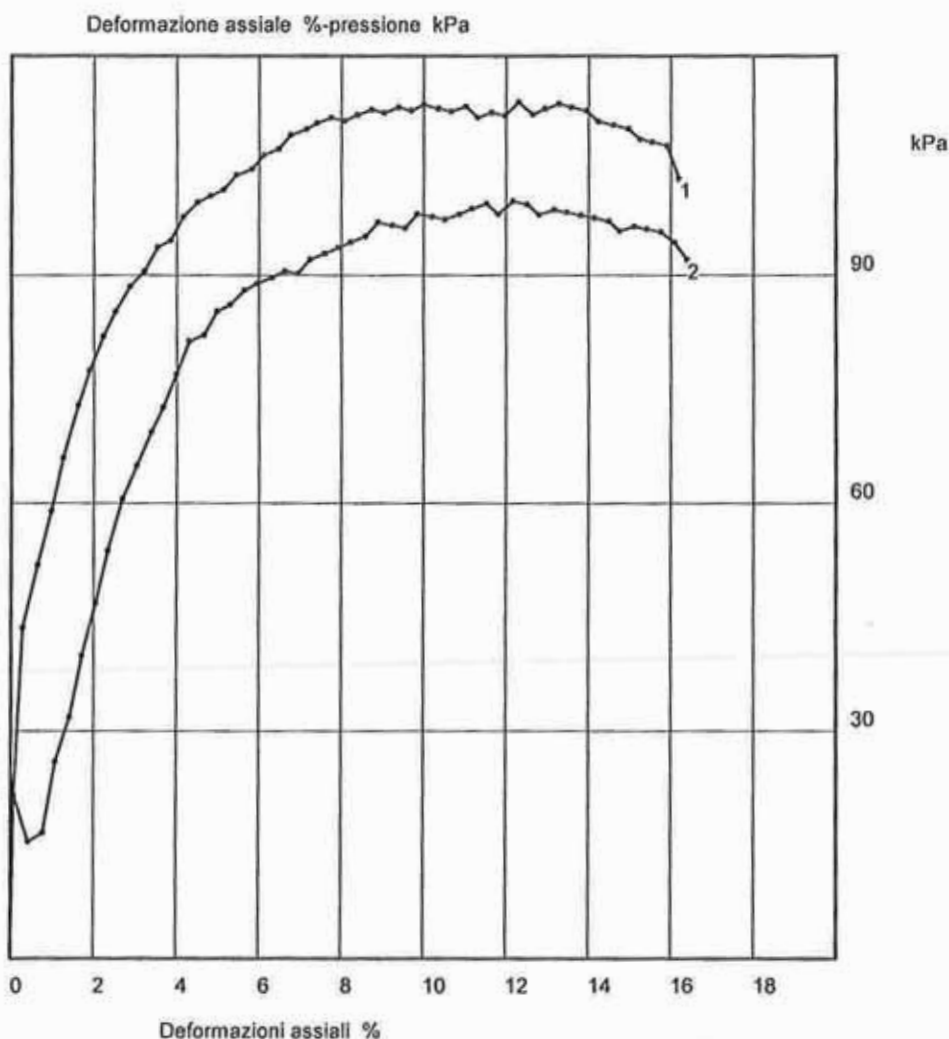
Verbale di accettazione: 298/2651
SOND.: 1 CAMP.: 1
PROFONDITA', m: 3.0 - 3.5

PROVA DI COMPRESSIONE SEMPLICE UNI CEN ISO/TS 17892-7

CARATTERISTICHE INIZIALI DEL PROVINO

Diametro: 3.80 cm
Altezza: 7.60 cm

Contenuto in acqua UNI CEN ISO/TS 17892-1= 31.62 %
Peso di volume UNI CEN ISO/TS 17892-2= 18.57 kN/m³



Pressione a rottura kPa=
Deformazione a rottura %=
Velocità di deformazione, mm/min= 1.5
Angolo di rottura (°)= 45
Condizioni del campione: Q1

Provino n. = 1
112.89
12.31

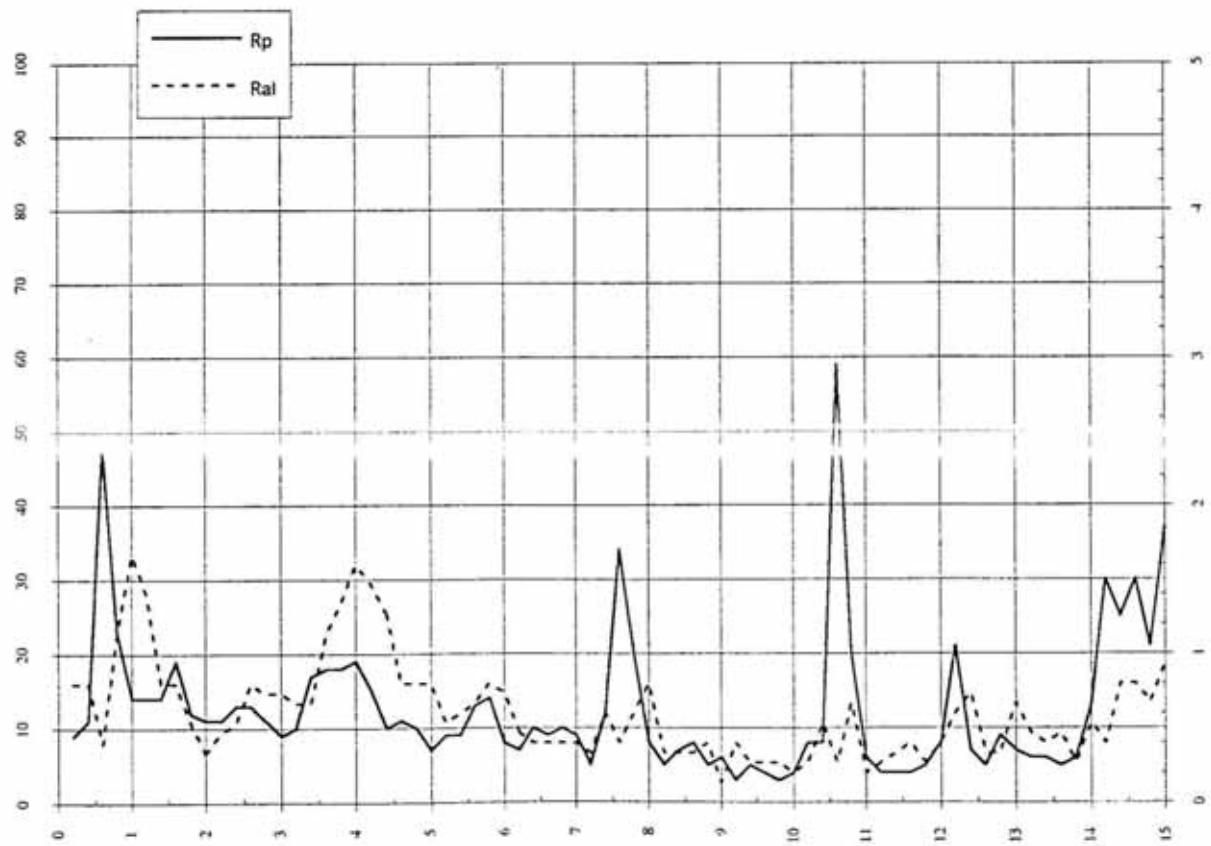
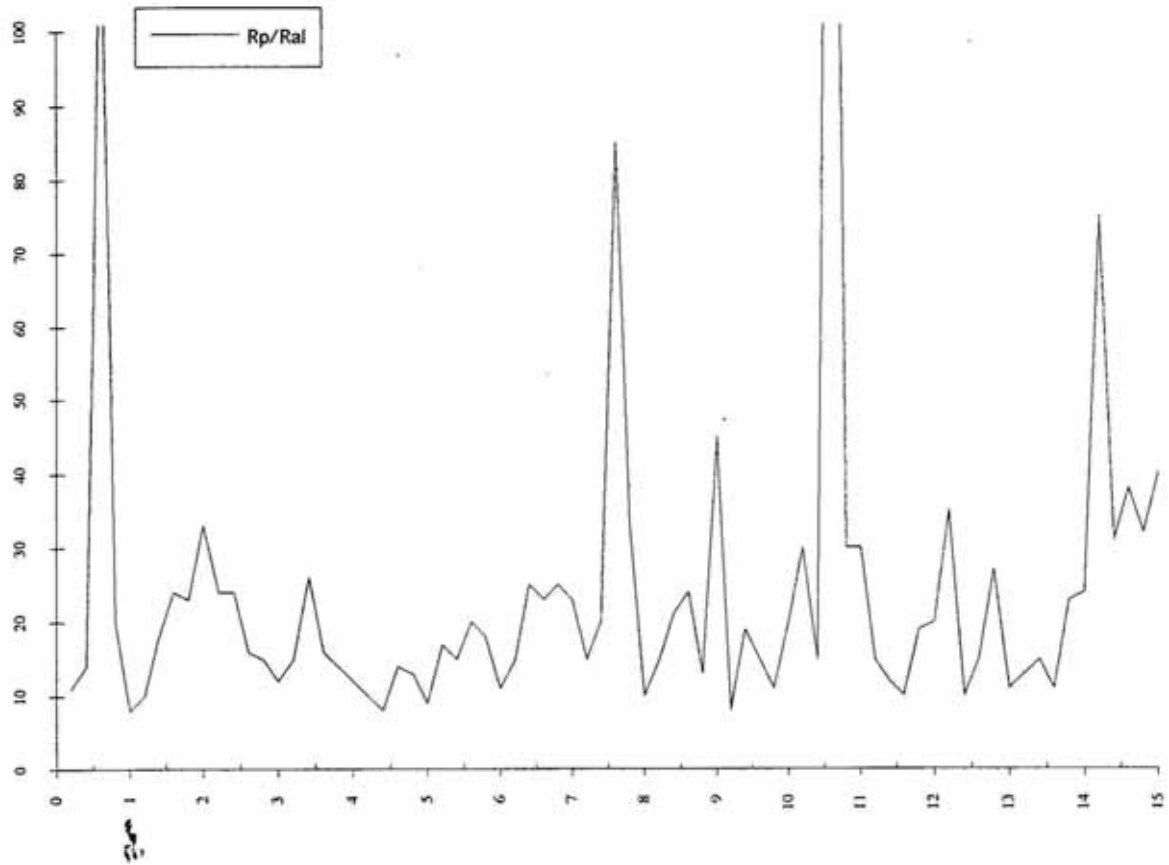
Provino n. = 2
99.82
12.17

NOTA:

LABORATORIO SIGMA S.R.L. :

Pagina: 1/1
Lo Sperimentatore
Geol. G. Gambetta Vianna

Data esecuzione prove: 15/10/12-16/10/12
Il Direttore del laboratorio
Ing. A. Manuelli



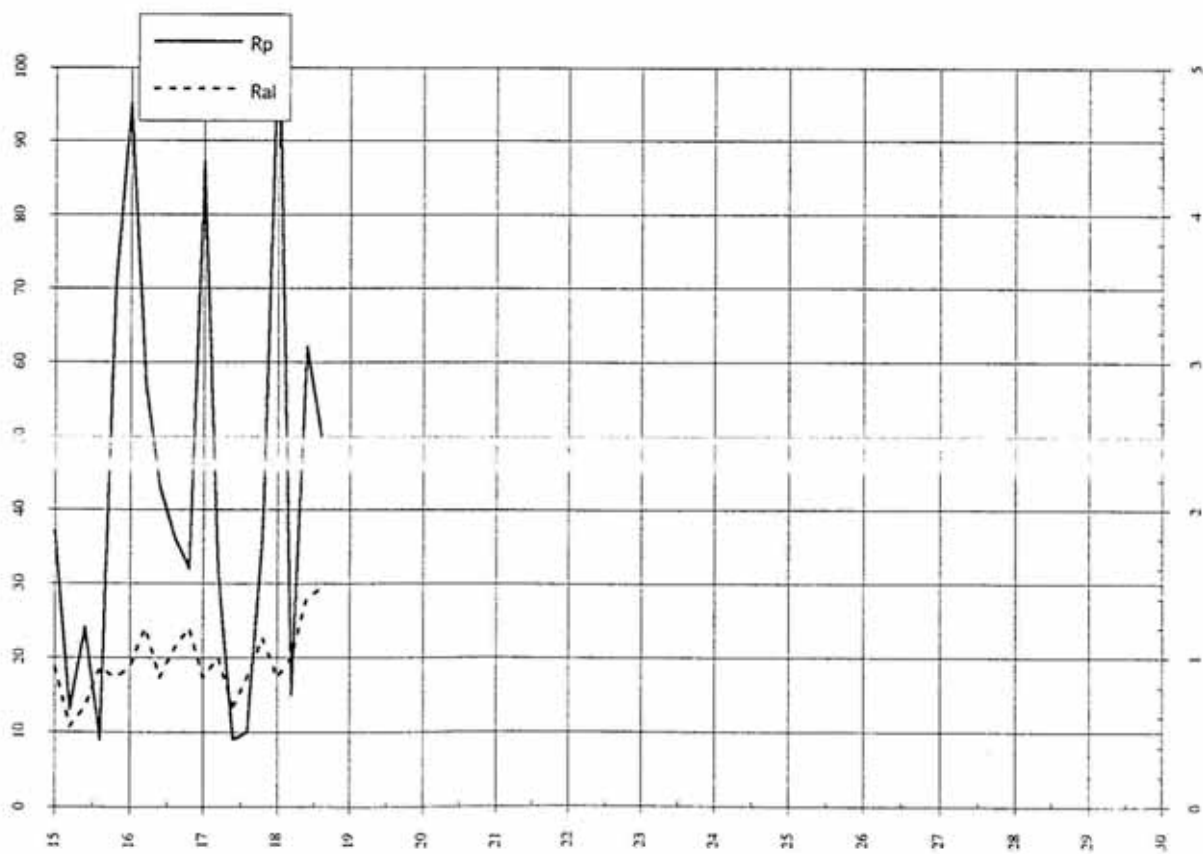
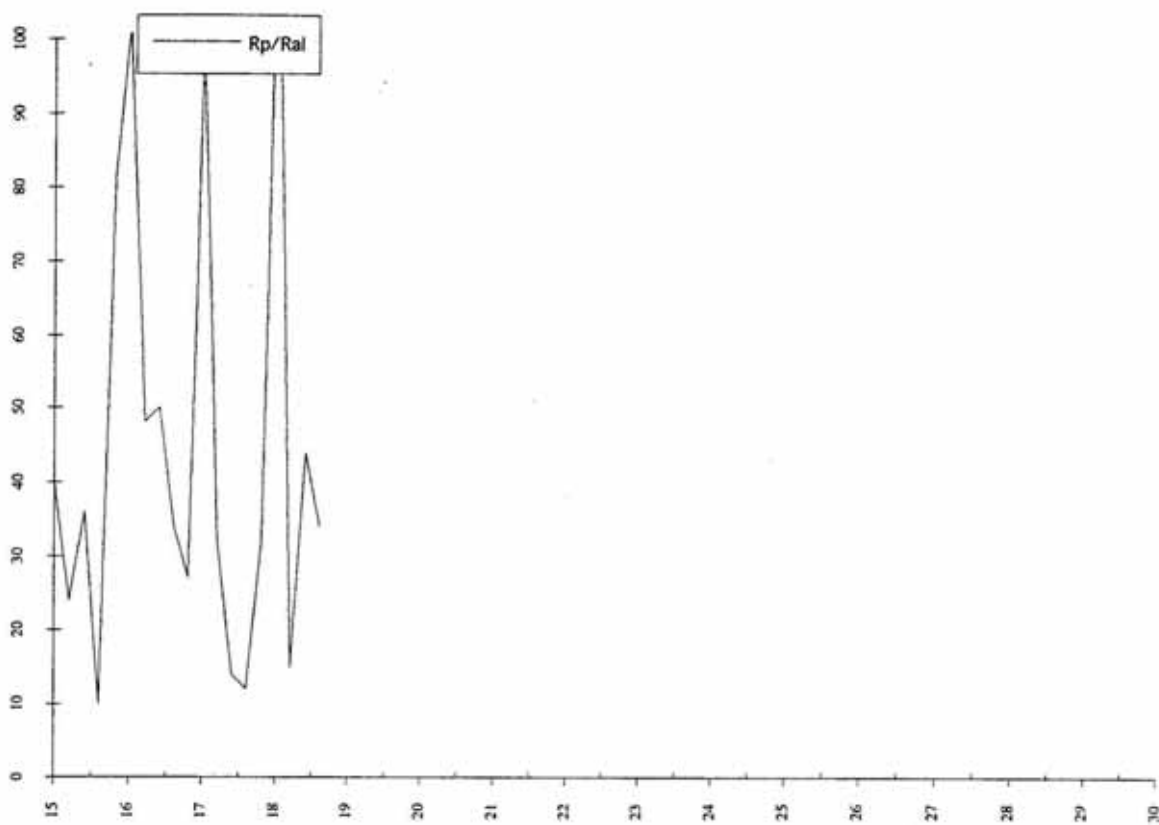
Committente: Amm.ne Com.le Bientina

Località: L'Arginetto - Bientina

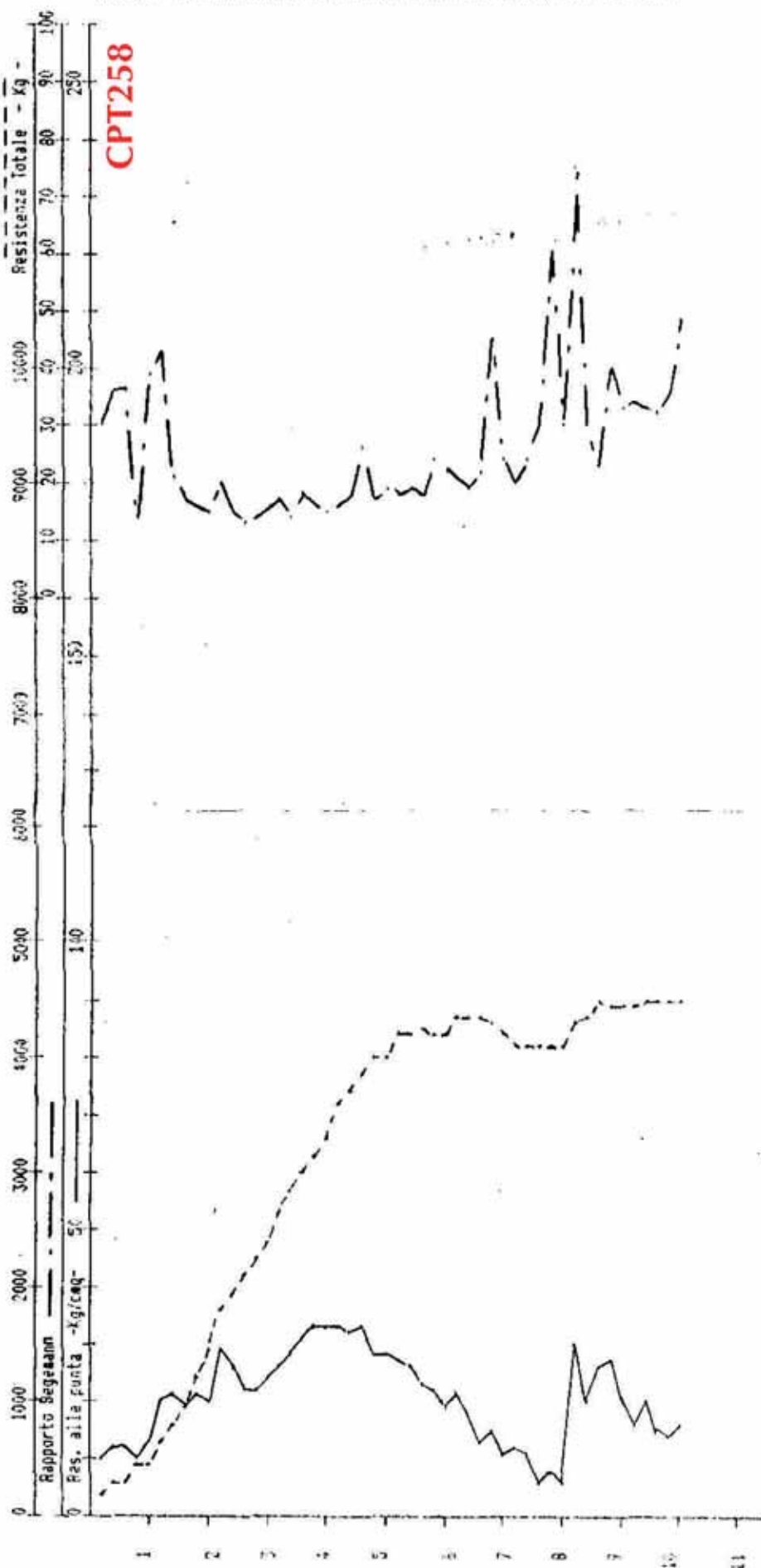
Prova penetrometrica n°:

1

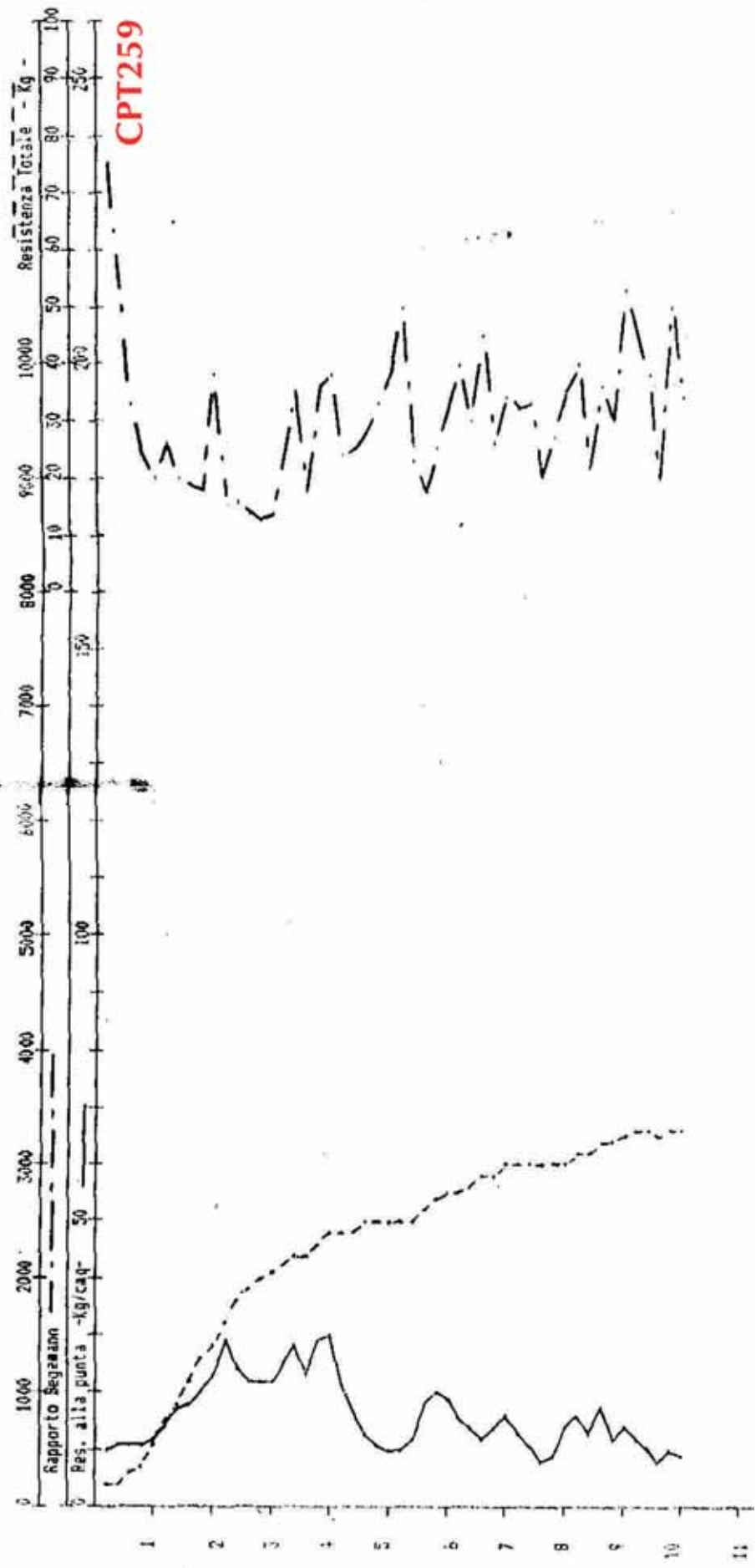
Data: 27.07.95



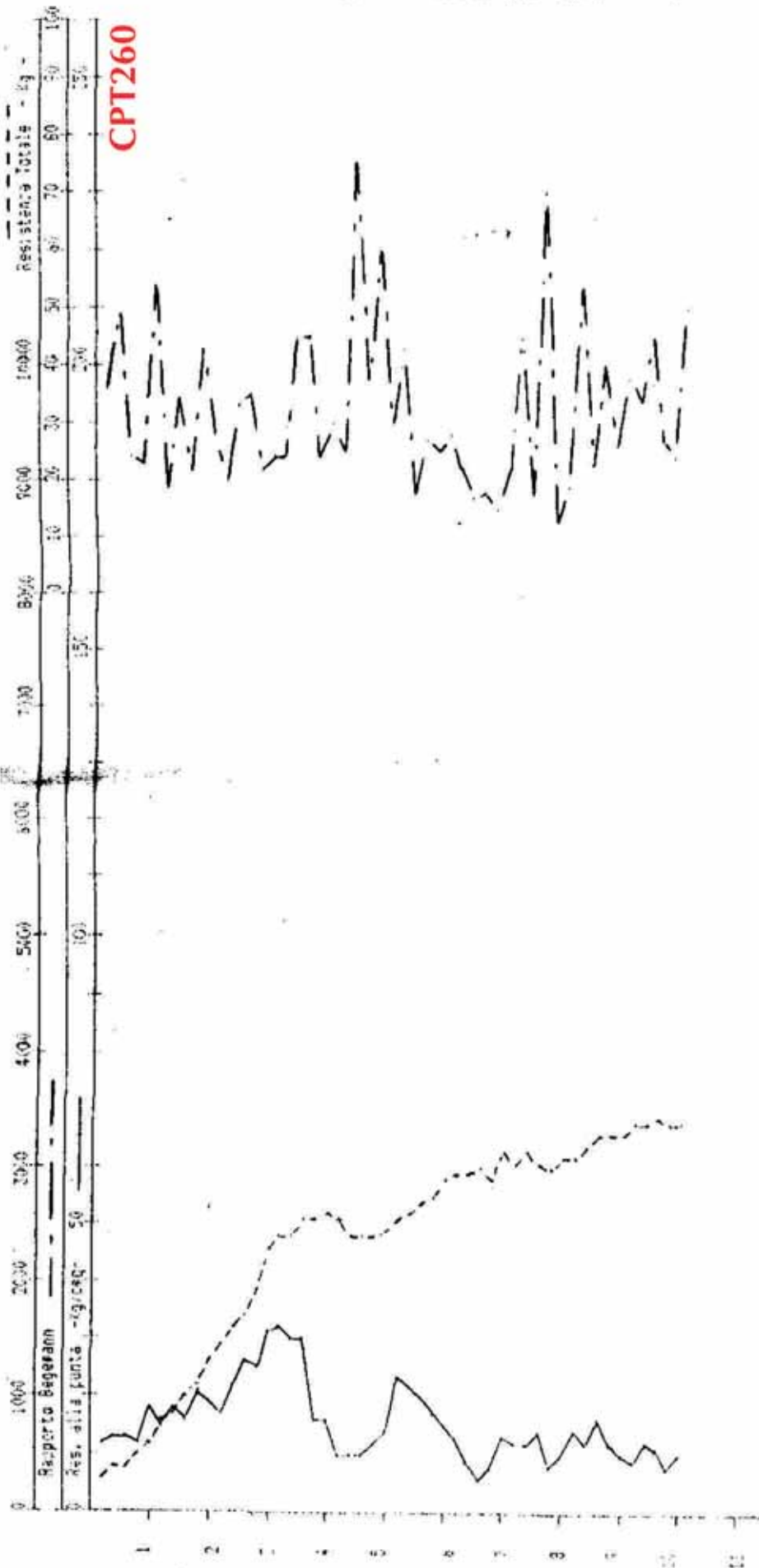
Colonna
STATISTICA



✓
 COLUMNA
 STATION



CK 6042
STATION 41



P_s 61

GHOSERVIZI s.d.f.
Piazza San Felice, 6
PISA

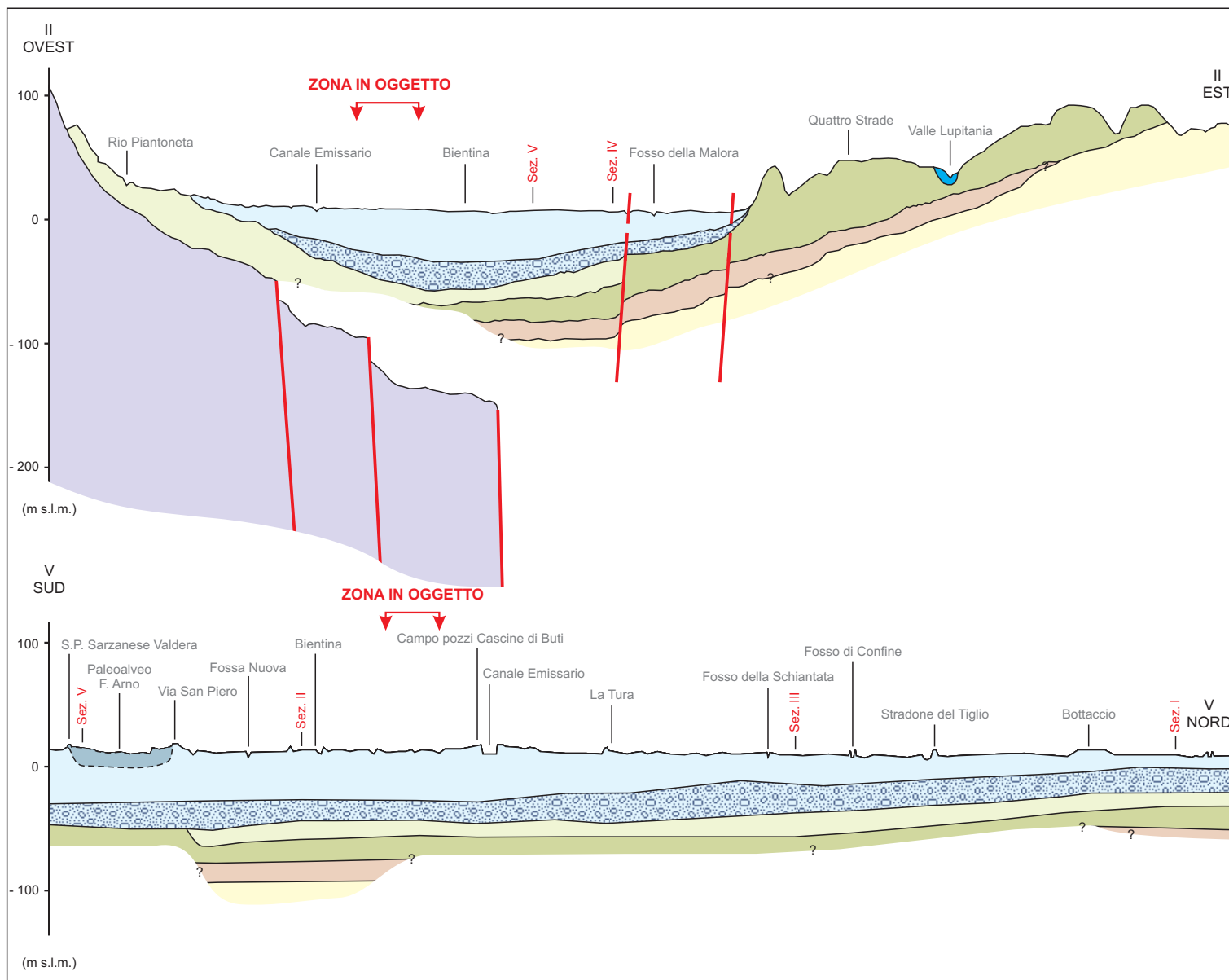
Prova penetrometrica numero: 2
Committente: AP STUDIO GEOLOGICO
Località: VICO PISANO
Cantiere: LOC. GUERRAZZI
Data: 16/02/91

Quota falda: 0.80 m dal p.c.

	letture di campagna		valori derivati			parametri geotecnici stimati							
PROFONDITA' [metri]	Kp [Kg/cmq]	Kat [Kg/cmq]	Rat-Kp [Kg/cmq]	Ri [Kg/cmq]	Rp/Ri	δ [Kg/dmc]	σ _{av} [Kg/cmq]	φ [gradi]	D _r [%]	c _u [Kg/cmq]	w _v [cmq/t]	Colonna Stratig.	
0.2													
0.4													
0.6	6.1	13.1	7	.5	13	1.60	.03	-	-	.24	51.1	"_""_""_"	
0.8	8.3	16.3	8	.5	16	1.60	.04	-	-	.33	41.2	"_""_""_"	
1.0	7.3	12.3	5	.3	22	1.80	.06	-	-	.29	28.8	#####	
1.2	8.3	12.3	4	.3	31	1.80	.08	-	-	.33	26.3	#####	
1.4	16.3	22.3	6	.4	41	1.80	.09	-	-	.65	17.3	#####	
1.6	18.3	28.3	10	.7	27	1.90	.11	-	-	.73	19.5	#####	
1.8	16.4	29.4	13	.9	19	1.90	.13	-	-	.65	19.4	#####	
2.0	15.4	26.4	11	.7	21	1.90	.15	-	-	.61	19.6	#####	
2.2	17.4	25.4	8	.5	33	1.80	.16	-	-	.69	17.0	#####	
2.4	18.4	31.4	13	.9	21	1.90	.18	-	-	.73	19.5	#####	
2.6	18.4	31.4	13	.9	21	1.90	.20	-	-	.73	19.5	#####	
2.8	9.5	20.5	11	.7	13	1.60	.21	-	-	.37	38.1	"_""_""_"	
3.0	12.5	20.5	8	.5	23	1.90	.23	-	-	.49	20.9	#####	
3.2	20.5	29.5	9	.6	34	1.80	.24	-	-	.81	16.3	#####	
3.4	23.5	38.5	15	1	24	2	.26	-	-	.93	17.0	#####	
3.6	19.5	38.5	19	1.3	15	1.90	.28	-	-	.77	19.8	#####	
3.8	21.7	39.7	18	1.2	18	2	.30	-	-	.86	18.4	#####	
4.0	17.7	33.7	16	1.1	17	1.90	.32	-	-	.70	19.4	#####	
4.2	14.7	29.7	15	1	15	1.90	.34	-	-	.57	19.8	#####	
4.4	11.7	25.7	14	.9	13	1.70	.35	-	-	.45	31.7	"_""_""_"	
4.6	7.7	16.7	9	.6	13	1.60	.36	-	-	.29	43.3	"_""_""_"	
4.8	5.6	10.6	5	.3	17	1.60	.38	-	-	.22	53.1	"_""_""_"	
5.0	9.6	13.6	4	.3	37	1.80	.39	-	-	.38	22.5	#####	
5.2	9.6	14.6	5	.3	29	1.80	.41	-	-	.38	23.7	#####	
5.4	10.6	13.6	3	.2	54	1.60	.42	29	11	-	16.7	#####	
5.6	10.6	13.6	3	.2	54	1.60	.43	29	11	-	16.7	#####	
5.8	12.9	19.9	7	.5	28	1.90	.45	-	-	.50	20.6	#####	
6.0	17.9	25.9	8	.5	34	1.80	.47	-	-	.70	16.9	#####	
6.2	19.9	30.9	11	.7	27	1.90	.48	-	-	.78	20.0	#####	
6.4	14.9	23.9	9	.6	25	1.90	.50	-	-	.58	19.7	#####	
6.6	14.9	24.9	10	.7	22	1.90	.52	-	-	.58	19.7	#####	
6.8	13	20	7	.5	28	1.90	.54	-	-	.50	20.5	#####	
7.0	10	17	7	.5	21	1.90	.56	-	-	.38	23.4	#####	
7.2	11	17	6	.4	28	1.90	.57	-	-	.42	22.2	#####	
7.4	10	17	7	.5	21	1.90	.59	-	-	.38	23.4	#####	
7.6	8	15	7	.5	17	1.80	.61	-	-	.30	27.0	#####	
7.8	9.2	14.2	5	.3	28	1.80	.62	-	-	.34	24.6	#####	
8.0	9.2	15.2	6	.4	23	1.80	.64	-	-	.34	24.6	#####	

Prova penetrometrica numero: 2
 Commitente: AP STUDIO GEOLOGICO
 Localita': VICO PISANO
 Cantiere: LOC. GUERRAZZI
 Data: 16/02/91

letture di campagna			valori derivati			parametri geotecnici stimati						
PROFONDITA' [metri]	Rp [Kg/cmq]	Rat [Kg/cmq]	Rat-Rp [Kg/cmq]	Rl [Kg/cmq]	Rp/Rl	δ [Kg/dmc]	σ_{vv} [Kg/cmq]	φ [gradi]	D _g [%]	c _s [Kg/cmq]	w _v [cmq/t]	Colonna Stratig.
8.2	9,2	14,2	5	,3	28	1,80	,66	-	-	,34	24,6	=====
8.4	8,2	13,2	5	,3	25	1,80	,67	-	-	,30	26,5	=====
8.6	24,2	30,2	6	,4	61	1,80	,69	31	28	-	13,8	=====
8.8	13,3	21,3	8	,5	25	1,90	,71	-	-	,50	20,4	=====
9.0	14,3	24,3	10	,7	21	1,90	,72	-	-	,54	19,9	=====
9.2	16,3	26,3	10	,7	24	1,90	,74	-	-	,62	19,4	=====
9.4	27,3	42,3	15	1	27	2	,76	-	-	1,06	14,7	=====
9.6	21,3	23,3	2	,1	160	1,80	,78	30	21	-	15,6	=====
9.8	8,4	24,4	16	1,1	8	1,60	,79	-	-	,30	40,9	=====
10.0	7,4	15,4	8	,5	14	1,60	,80	-	-	,26	44,5	=====
10.2	13,4	19,4	6	,4	34	1,80	,82	-	-	,50	18,7	=====
10.4	9,4	15,4	6	,4	24	1,80	,83	-	-	,34	24,3	=====
10.6	7,4	12,4	5	,3	22	1,80	,85	-	-	,26	28,5	=====
10.8	23,6	29,6	6	,4	59	1,80	,87	30	22	-	14,1	=====
11.0	27,6	34,6	7	,5	59	1,80	,88	31	27	-	12,1	=====
11.2	40,6	45,6	5	,3	122	1,80	,90	33	40	-	8,2	=====
11.4	25,6	39,6	14	,9	27	2	,92	-	-	,99	15,6	=====
11.6	50,6	57,6	7	,5	108	1,80	,93	34	47	-	6,6	=====

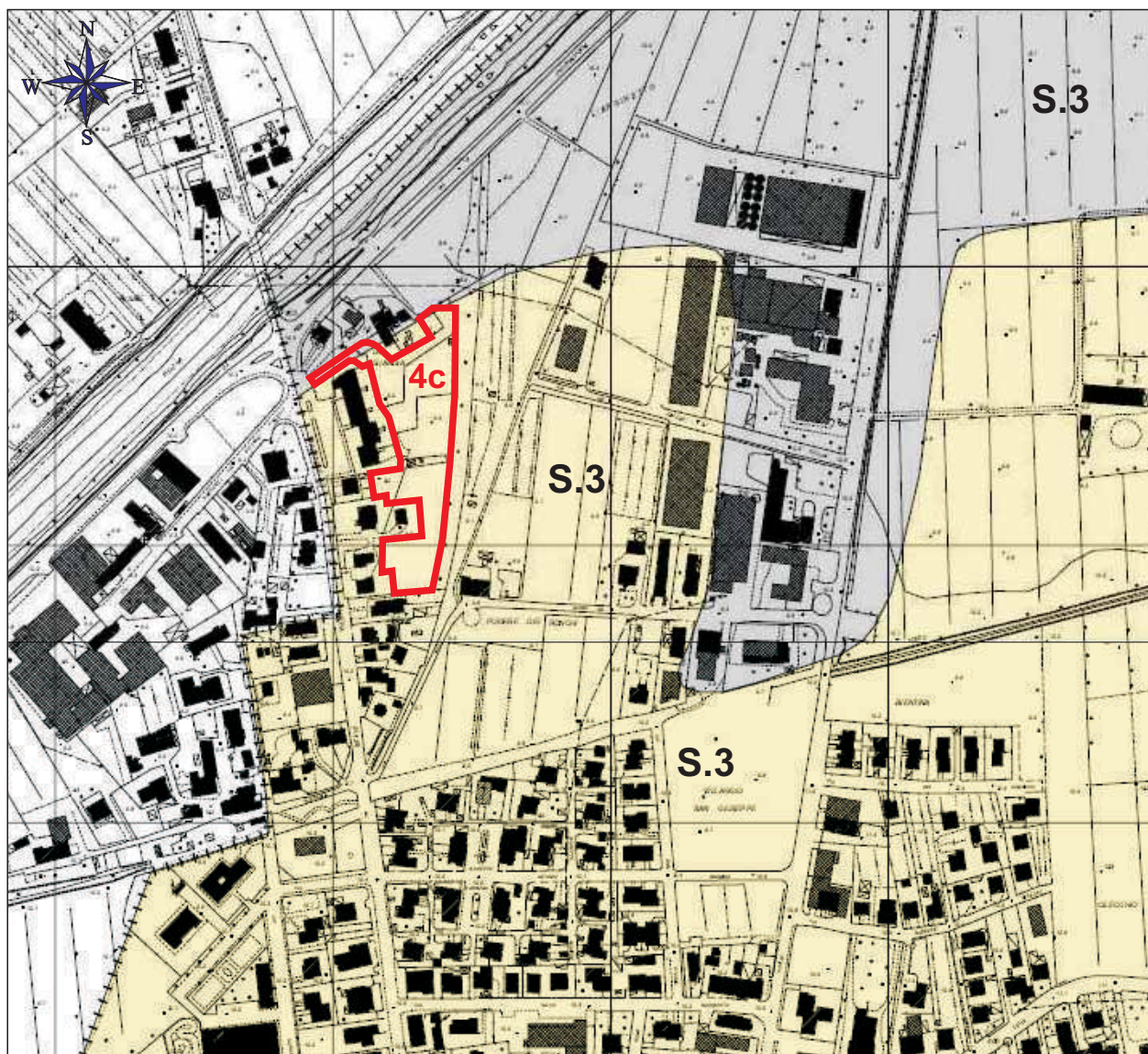


ALL.10 SEZIONI GEOLOGICHE - scala 1:50.000

(estratta dagli elaborati del P.S. comunale)

LEGENDA

-  Depositi alluvionali recenti di fondovalle, depositi alluvionali palustri e di colmata (Olocene) [**PC, ALRa, ALRs**]
-  Depositi alluvionali recenti dei corsi d'acqua collinari (Olocene) [**AL**]
-  Depositi alluvionali a prevalenza sabbiosa e ghiaiosa (Pleistocene sup. - Olocene)
-  Depositi eluvio-colluviali delle incisioni collinari (Olocene) [**EC**]; depositi alluvionali terrazzati e con di deiezione, spianate morfologiche con deboli coperture alluvionali-detritiche (Pleistocene medio) [**CD**]
-  Sabbie arrossate, conglomerati e depositi ciottolosi costituiti prevalentemente da elementi delle formazioni del "Verrucano" (Pleistocene medio) [**CPL**]
-  Conglomerati e ciottoli arrossati di ambiente fluvio-lacustre, argille di ambiente lacustre, nella parte medio-alta. Alla base: argille grige lignifere, argille sabbiose e sabbie di ambiente lacustre, talora con livelli ciottolosi ad elementi di macigno e calcari della serie toscana (Villafranchiano)
-  Sabbie gialle, arenarie, argille, argille sabbiose e conglomerati di ambiente lagunare-salmastro (Pliocene inf. - medio) [**SC**]
-  Unità metamorfiche del Monte Pisano (Trias -)
-  Faglie
-  Faglie presunte



ALL.11 CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA 26/R - scala 1:5.000
(estratta dagli elaborati del P.S. comunale)

LEGENDA

AREE A PERICOLOSITA'
SISMICA LOCALE ZMPSL
ai sensi del DPGR 26/R/07

S.3 - Pericolosità sismica locale elevata

[aree in cui sono possibili cedimenti diffusi]



(4) - zone con terreni particolarmente scadenti (depositi palustri e di colmata)

[aree in cui è possibile l'amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta alla differenza di risposta sismica tra substrato e copertura dovuta a fenomeni di amplificazione stratigrafica]



(9) - zona con presenza di depositi alluvionali argillosi, sabbiosi e collinari



Area oggetto di Variante

ALL.12 CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA 53/R
scala 1:5.000

LEGENDA

S.1

Pericolosità sismica locale bassa:

zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.

S.2

Pericolosità sismica locale media:

zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3).

S.3

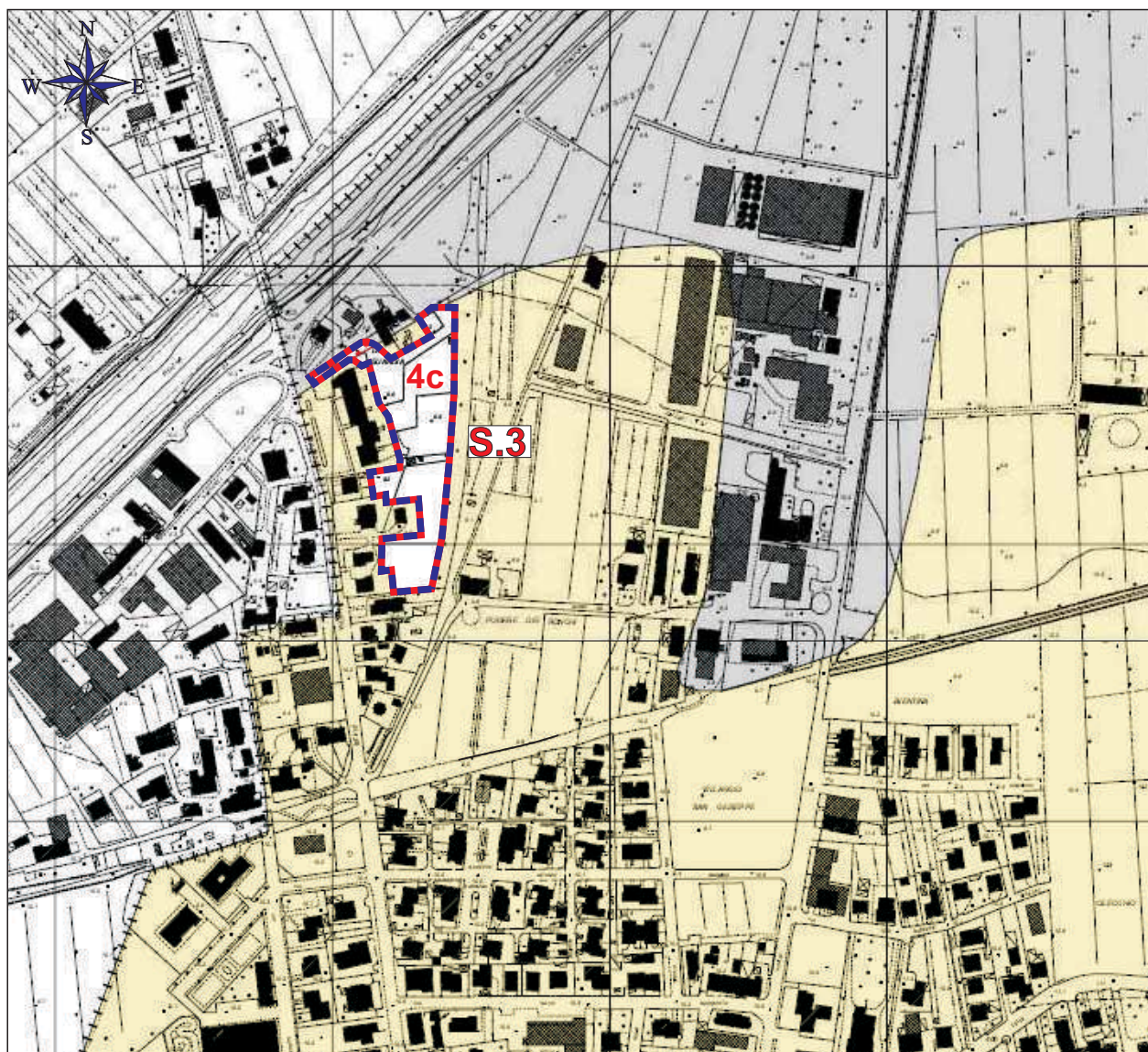
Pericolosità sismica locale elevata:

zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.

S.4

Pericolosità sismica locale molto elevata:

zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in zona sismica 2.



ALL.12 CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA 53/R - scala 1:5.000

LEGENDA

AREE A PERICOLOSITA'
SISMICA LOCALE
ai sensi del DPGR 53/R/11



S.2 = Pericolosità sismica media



S.3 = Pericolosità sismica elevata



S.4 = Pericolosità sismica molto elevata



4c Area oggetto di Variante

ALL.13 INDAGINI MASW DI RIFERIMENTO
(estratte dalle pratiche edilizie/urbanistiche comunali)

Per l'indagine in oggetto si è impiegata un'attrezzatura *AMBROGEO "ECHO 12-24/2002 Sismic Unit"*, avente le seguenti caratteristiche:

- ❖ numero di canali: 24
- ❖ sampler interval: 0,296 ms
- ❖ A/D conversion: 16 bit
- ❖ input impedance: 1KOhm
- ❖ Gain: 10 dB – 100 dB (step 1 dB)
- ❖ saturation tension: +/- 2,3 V
- ❖ saturation level: 100 dB
- ❖ distortion: 0,01%
- ❖ sampler:
 - 25 ms (191 punti)
 - 50 ms (383 punti)
 - 100 ms (1530 punti)
 - 200 ms (3060 punti)
 - 400 ms (6121 punti)
 - 1000 ms
- ❖ sampling: 130 micro/s
- ❖ filter low pass: 50/950 Hz, step 1 Hz
- ❖ digital filter low pass: 1000-50
- ❖ digital filter high pass: 0-250
- ❖ frequency response: 7-950 Hz, filter at 950 Hz
- ❖ dynamic range: 93 dB
- ❖ noise: 0,66 uV RMS, gain = 55 dB
- ❖ crosstalk: 52 dB, gain = 55 dB
- ❖ power: 12 V.

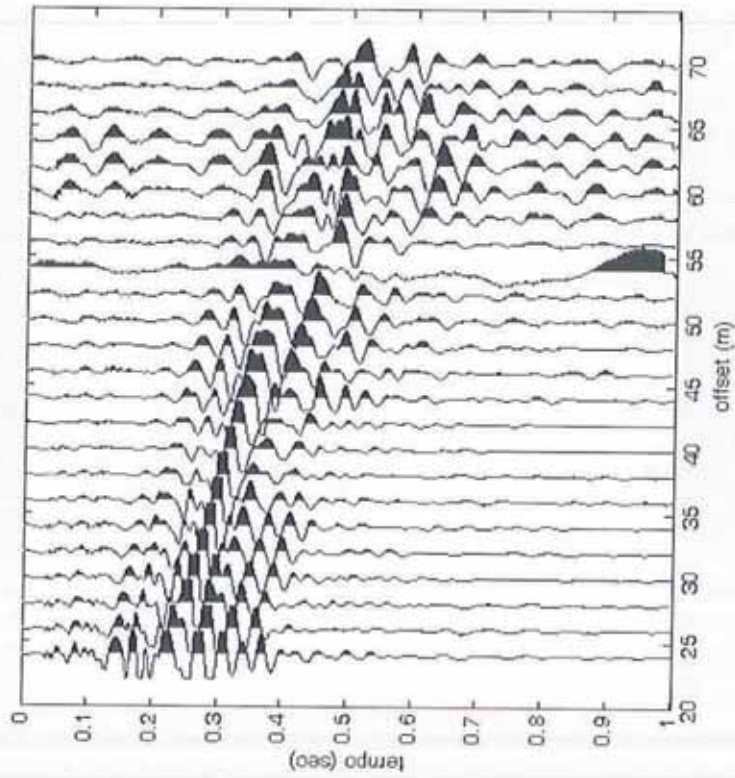
Il software di acquisizione dati è "ECHO 12-24" vers. 7.00. L'attrezzatura è completata da 2 cavi sismici a 12 takes out spaziatati a 5 m, con connettori *cannon*, montati su rullo, geofoni "Geospace" a 4,5 Hz, cannoncino per cartucce industriali, mazza di battuta da 8 Kg con interruttore starter, geofono starter, cavo trigger da 200 m montato su rullo. Lo stendimento impiegato per il profilo MASW in oggetto ha le seguenti caratteristiche:

- n. geofoni: 24
- spaziatura fra i geofoni: 2 m
- n. shots: sono state effettuate rilevazioni impiegando solo la mazza battente, a distanze di 12 e 24 m dalla linea geofonica.
- tempo di acquisizione: 1.000 ms.

primo passo: caricamento dati

dataset: 24maz.SGY
offset minimo: 24 m
distanza intergeofonica: 2 m
campionamento: 0.131 msec

input file



ruota le tracce

movie

www.ellosoft.it

winMASW

invia e-mail

salva schermata

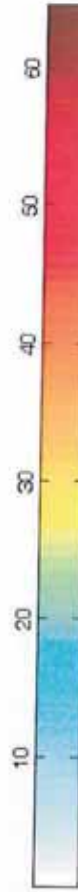
secondo passo: determinazione dello spettro di velocità

calcolo spettro di velocità

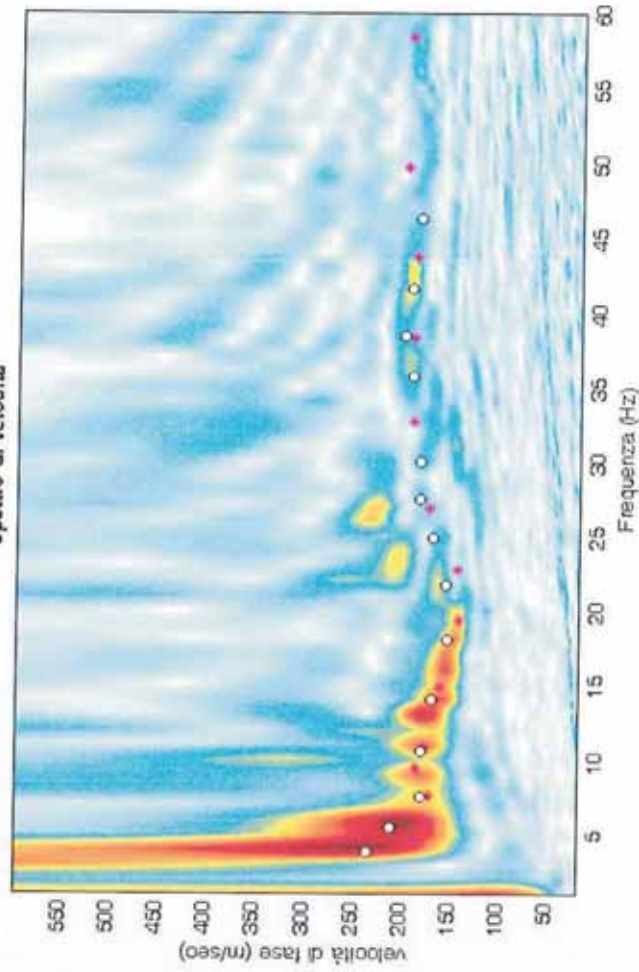
visualizza curve

input curve

?



spettro di velocità



pick

modellazione diretta

modo fondamentale

selezionare l'ultimo punto del modo
utilizzando il tasto destro

salva picking

parametri

refresh

inversione

Esci

spettro di velocità e curve di dispersione

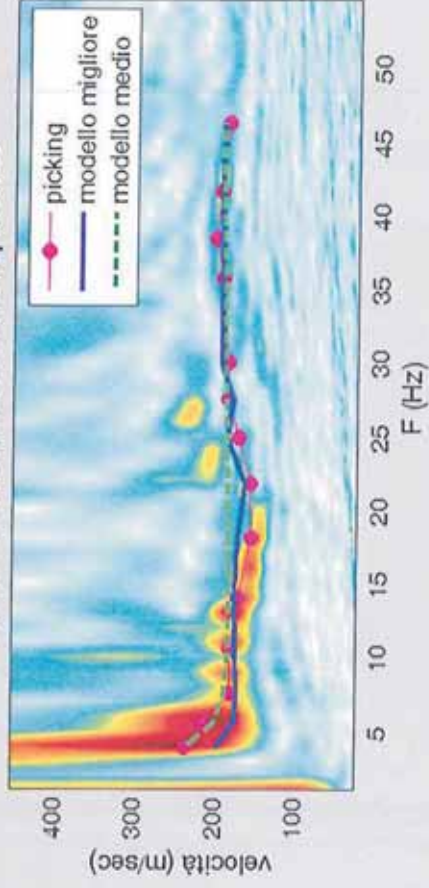
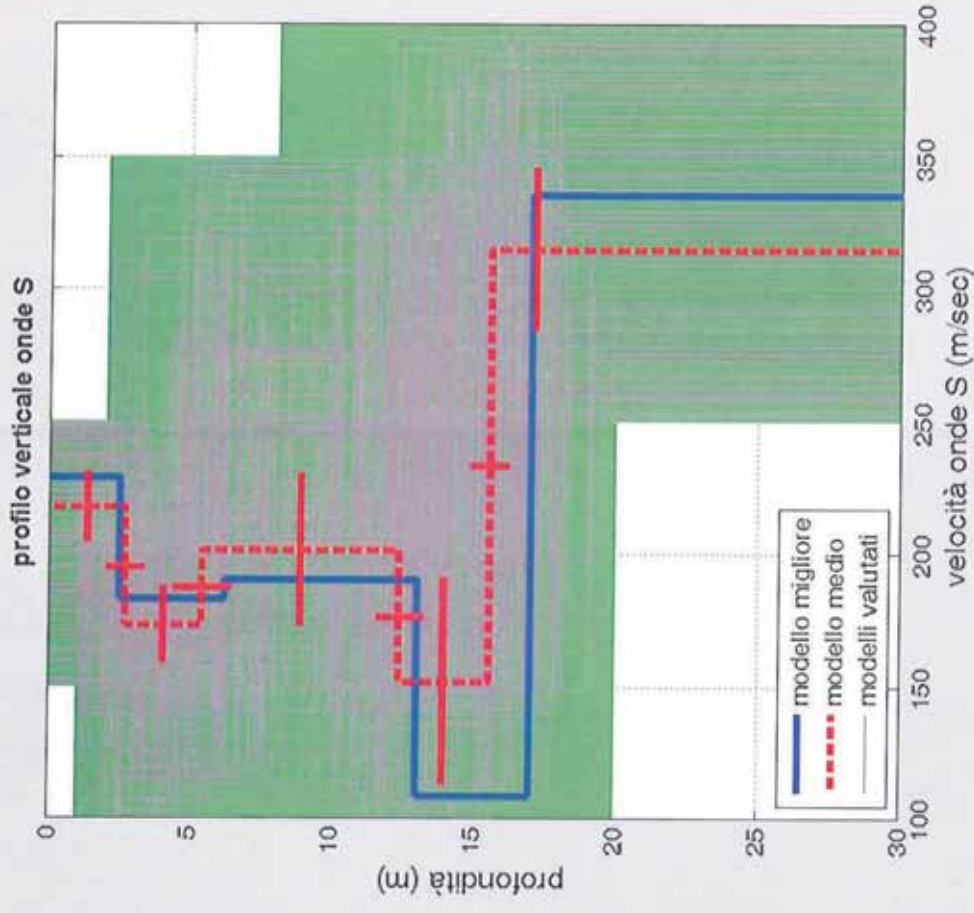
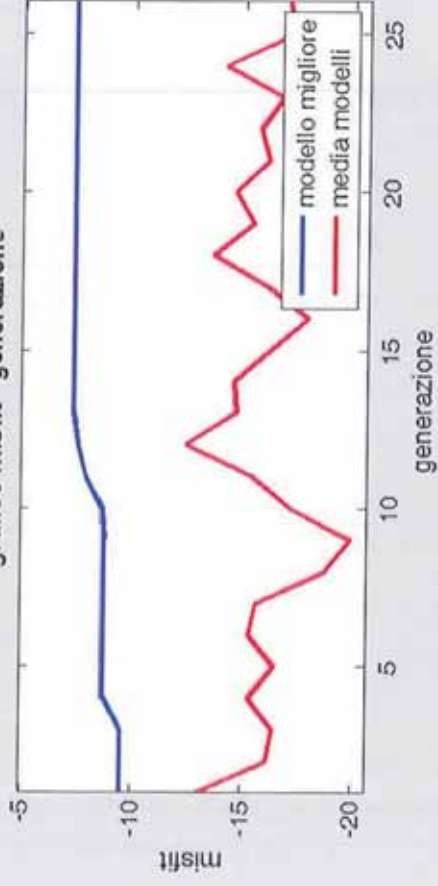


grafico misfit - generazione



dataset: 24maz.SGY

curva di dispersione: 24pic.cdp

modello migliore VS30: 211 m/sec

modello medio VS30: 232 m/sec

ELABORAZIONE MASW

SEZIONE 1

dataset:	24maz.SGY
offset minimo (m):	24
distanza intergeofonica (m):	2
campionamento (msec):	0.131
curva di dispersione:	24pic.cdp
Numero di individui:	15
Numero di generazioni:	26

Spazio di ricerca utilizzato (VS e spessori min.):	150	1	100	1	150	4	100	2	250
Spazio di ricerca utilizzato (VS e spessori max.):	250	4	200	4	350	8	250	4	400
Poisson adottato:	0.35		0.35		0.35		0.35		0.3

SEZIONE 2

Analisi onde di Rayleigh

Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 1; misfit medio e migliore:	-13.0609	-9.55137
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 2; misfit medio e migliore:	-16.2003	-9.55137
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 3; misfit medio e migliore:	-16.4703	-9.55137
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 4; misfit medio e migliore:	-15.3706	-8.77555
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 5; misfit medio e migliore:	-16.5495	-8.77555
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 6; misfit medio e migliore:	-15.3861	-8.77555
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 7; misfit medio e migliore:	-15.6935	-8.77555
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 8; misfit medio e migliore:	-18.8163	-8.77555
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 9; misfit medio e migliore:	-19.9736	-8.77555
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 10; misfit medio e migliore:	-17.2279	-8.67011
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 11; misfit medio e migliore:	-15.4911	-7.93177
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 12; misfit medio e migliore:	-12.4632	-7.58123
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 13; misfit medio e migliore:	-14.7561	-7.40348
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 14; misfit medio e migliore:	-14.6385	-7.40348
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 15; misfit medio e migliore:	-16.2836	-7.40348
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 16; misfit medio e migliore:	-18.0026	-7.40348
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 17; misfit medio e migliore:	-16.1984	-7.40348
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 18; misfit medio e migliore:	-13.6577	-7.40348
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 19; misfit medio e migliore:	-15.4878	-7.40348
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 20; misfit medio e migliore:	-14.6493	-7.40348
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 21; misfit medio e migliore:	-16.1591	-7.40348
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 22; misfit medio e migliore:	-15.7543	-7.40348
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 23; misfit medio e migliore:	-16.8059	-7.40348

Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 24; misfit medio e migliore:	-14.1715	-7.40348
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 25; misfit medio e migliore:	-17.3146	-7.40348
Ottimizzazione VS e spessori - generazione: 26; misfit medio e migliore:	-17.0157	-7.40348
Ottimizzazione VP e densità - generazione: 1; misfit medio e migliore:	-7.61730	-7.31020
Ottimizzazione VP e densità - generazione: 2; misfit medio e migliore:	-7.49850	-7.30300
Ottimizzazione VP e densità - generazione: 3; misfit medio e migliore:	-7.49030	-7.28730
Ottimizzazione VP e densità - generazione: 4; misfit medio e migliore:	-7.42260	-7.26320
Ottimizzazione VP e densità - generazione: 5; misfit medio e migliore:	-7.46030	-7.26200
Ottimizzazione VP e densità - generazione: 6; misfit medio e migliore:	-7.43550	-7.26200
Ottimizzazione VP e densità - generazione: 7; misfit medio e migliore:	-7.39510	-7.26200
Ottimizzazione VP e densità - generazione: 8; misfit medio e migliore:	-7.41960	-7.26200
Ottimizzazione VP e densità - generazione: 9; misfit medio e migliore:	-7.39800	-7.26200
Ottimizzazione VP e densità - generazione: 10; misfit medio e migliore:	-7.33560	-7.26200

Numero di modelli utilizzati per il calcolo del modello medio: 338

RISULTATI winMASW 3.0

Dataset: 24maz.SGY
 Curva analizzata: 24pic.cdp

SEZIONE 3

MODELLO MEDIO

VS (m/sec):	218	174	202	152	315
Deviazione standard (m/sec):	13	15	29	39	31
Spessore (m):	2.7	2.7	7.0	3.2	
Deviazione standard (m):	0.7	1.0	0.8	0.6	

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima della Vp (m/sec):	490	386	402	235	639
Stima della densità (g/cm ³):	1.88	1.82	1.83	1.70	1.95
Rapposto VP/VS:	2.25	2.22	1.99	1.55	2.03
Modulo di Poisson:	0.38	0.37	0.33	0.14	0.34
Modulo di Young (MPa):	246	152	199	90	517
Modulo di Taglio (MPa):	89	55	75	39	193
Costante di Lamé (MPa):	273	161	147	15	408
Modulo di compressione (MPa):	333	198	197	42	537

Modo fondamentale

Modello medio

f(Hz)	VR(m/s)
3.87408	235.9658
5.50092	199.2250
7.56158	186.1169
10.5983	182.1988
14.0689	181.7852
18.0818	182.7110
21.7693	184.1608
24.9145	185.5593
27.5175	186.7079
30.0119	187.7370
35.7601	188.5284
38.4715	190.7791
41.6167	191.3733
46.2803	191.8183

SEZIONE 4

MODELLO MIGLIORE

VS (m/sec):	229.0645	183.2513	190.6598	108.9537	335.8139
spessore (m):	2.5299	3.7316	6.8036	3.9824	

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima della VP (m/sec):	506	385	388	243	655
Stima della densità (g/cm ³):	1.89	1.82	1.82	1.71	1.95
Rapporto VP/VS:	2.21	2.10	2.03	2.23	1.95
Modulo di Poisson:	0.37	0.35	0.34	0.37	0.32
Modulo di Young (MPa):	272	165	178	56	582
Modulo di Taglio (MPa):	99	61	67	20	220
Costante di Lamé (MPa):	286	148	142	60	397
Modulo di compressione (MPa):	352	189	186	74	544

curva di dispersione (frequenza - velocità di fase onde di Rayleigh)

Modo fondamentale

Modello migliore

f(Hz)	VR(m/s)
3.87408	195.7510
5.50092	173.7135
7.56158	171.6614
10.5983	173.5180
14.0689	174.6465
18.0818	171.1811
21.7693	162.3411
24.9145	184.9089
27.5175	178.4766
30.0119	192.0550
35.7601	192.4612
38.4715	191.3432
41.6167	193.3730
46.2803	191.8402

SECTION 5

Max Profondità di Penetrazione in Approssimaz. "Steady State Rayleigh Method": 24 m

Qualità inversione: molto buona

VS5 del modello medio: 195 m/sec

VS5 del modello migliore: 204 m/sec

VS20 del modello medio: 205 m/sec

VS20 del modello migliore: 178 m/sec

VS30 del modello medio: 232 m/sec

VS30 del modello migliore: 211 m/sec

ALL.14 INDAGINI IN SISMICA PASSIVA E CON IL METODO MASW



petra snc

servizi geofisici e geotecnici

via grande, 225 · 57100 · livorno

c.f. e p.iva 0145847 049 7

INDAGINI IN SISMICA PASSIVA E CON IL METODO MASW SU ALCUNE
AREE POSTE IN COMUNE DI BIENTINA (PI) A SUPPORTO DI VARIANTI
PUNTUALI AL R.U. (PROPOSTE N. 91 – 95 – 97 – 98)

Committente:

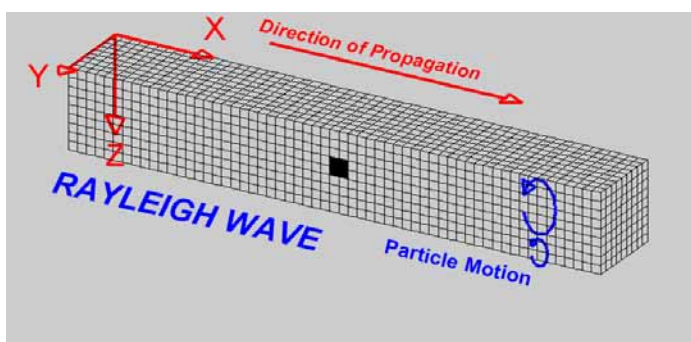
Dott. Geol. Fabio Mezzetti

AGOSTO 2016

GENERALITÀ

L'indagine MASW viene effettuata per la caratterizzazione della velocità delle onde Sh dei terreni, per la determinazione del parametro VS_{30} , necessario al fine della classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto. L'interpretazione dei dati di campagna permette di ricavare una sequenza sismo-stratigrafica per l'area di indagine, con suddivisione in strati aventi analoghe caratteristiche delle velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali Sh.

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di *onde di Rayleigh*, la componente principale delle onde superficiali.



Queste sono generate dall'interazione tra le onde di pressione (P) e le onde di taglio verticali (SV) ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo e isotropo; possono essere viste come la sovrapposizione di due componenti separate, una longitudinale e l'altra trasversale, che si propagano lungo la superficie con la stessa velocità ma con differente attenuazione con la profondità. La propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla VP e dalla densità, è funzione innanzitutto della VS. Alla superficie libera hanno moto ellittico retrogrado (moto antiorario) che si inverte a una profondità di $\lambda/2\pi$. In presenza di un semispazio omogeneo la loro velocità non presenta dipendenza dalla frequenza: non si ha cioè la *dispersione*, che è la deformazione di un treno d'onde dovuta a una variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza. Per le onde di Rayleigh questa deformazione si manifesta solo quando il terreno presenta una stratificazione. In caso di variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde a una diversa lunghezza d'onda.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere

pertanto utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi:

- l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

Per ottenere un profilo V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarli minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale V_s dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane. Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento.

Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza indipendentemente dalla distanza dalla sorgente.

La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione.

La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza. La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x ; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione. E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo V_s di inversione.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a

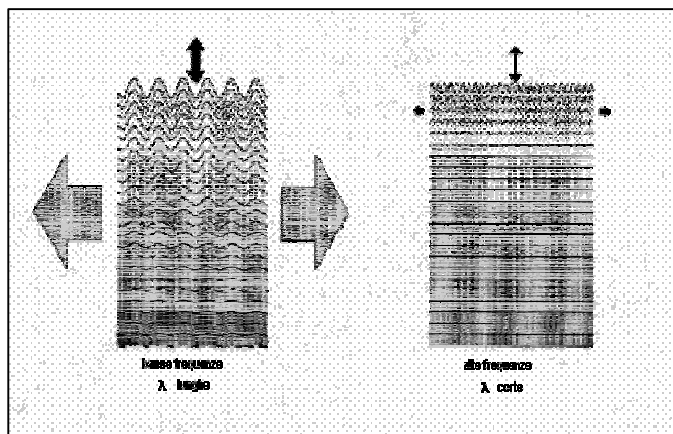
riflessione (CMP).

MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).

L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie.

Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste

proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.



* * * * *

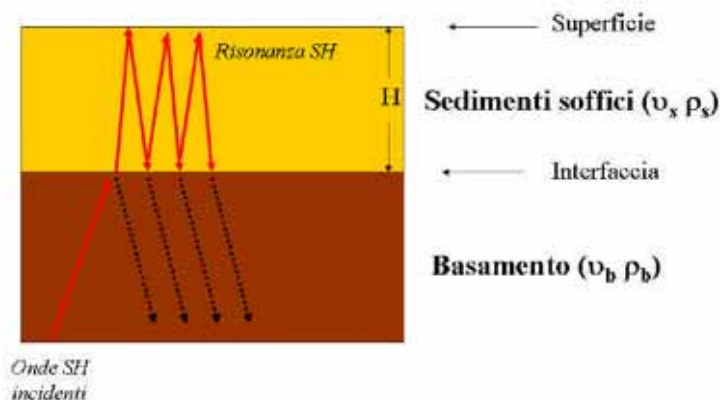
La sismica passiva studia il microtremore sismico ambientale (rumore sismico); questa sfrutta il fatto che il “rumore”, pur non recando l'informazione relativa alla sua sorgente, risulta sensibile alla locale struttura presso la stazione di misura.

La strumentazione per eseguire misure di sismica passiva può operare in spazi ridotti, non necessita di energizzazioni e permette di indagare profondità molto elevate. I tempi di esecuzione sono relativamente bassi.

Il rumore sismico ambientale deriva dalla composizione di molte sorgenti che agiscono in tempi diversi e in zone diverse. Nel campo del rumore sono rappresentate sia onde di volume (fronte d'onda sferico) sia onde di superficie (fronte d'onda cilindrico), ma le onde di superficie hanno carattere dominante, perché caratterizzate da minore attenuazione.

Quando fra 2 superfici esiste una variazione significativa dell'impedenza acustica si ha il fenomeno della risonanza, che deriva dall'intrappolamento di energia sismica (essenzialmente

delle fasi SH) all'interno delle coperture ovvero fra la superficie e un basamento rigido qui inteso come una formazione "caratterizzata da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti" delle onde.



L'equazione della risonanza è la seguente:

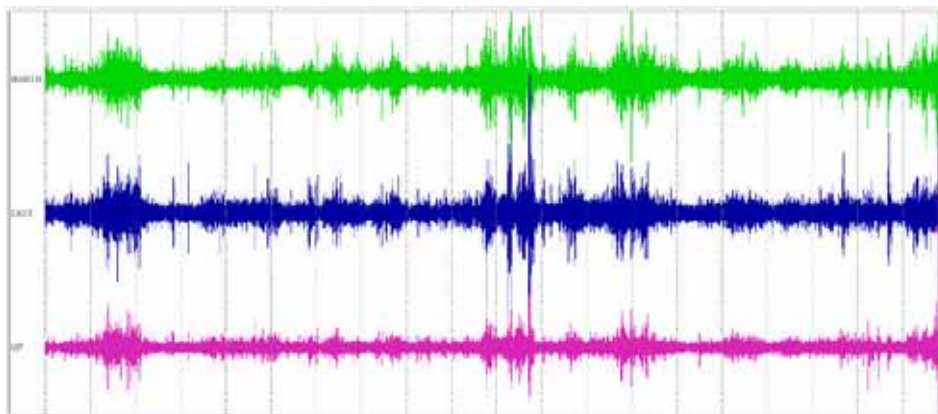
$$f = n \frac{V_s}{4H} \quad n=1,3,5,\dots$$

dove n indica l'ordine del modo di vibrare (fondamentale, primo superiore ecc.), V_s è la velocità delle onde di taglio nello strato oggetto di risonanza e H è lo spessore di detto strato.

Nella maggior parte dei casi, a causa dell'attenuazione delle coperture, il solo modo visibile è il fondamentale.

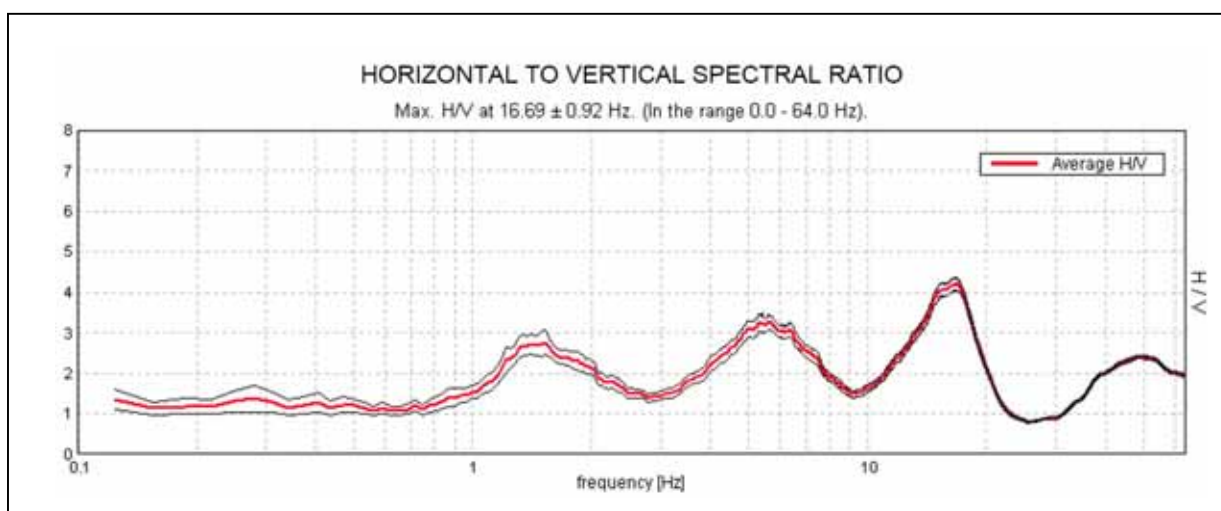
Le registrazioni in campagna vengono effettuate mediante un *tromografo*, che consiste in un'apparecchiatura che riunisce una terna di sensori velocimetrici orientati su tre direzioni ortogonali:

- 2 nella componente orizzontale dello spostamento (tra loro ortogonali) per misure su suoli ordinariamente corrispondenti alle direzioni NS ed EW;
- 1 nella componente verticale (up-down).



I diagrammi relativi a tali registrazioni vengono elaborati attraverso la determinazione dell'intensità del segnale in sottofinestre di determinata durata, e trasformati in spettri H/V.

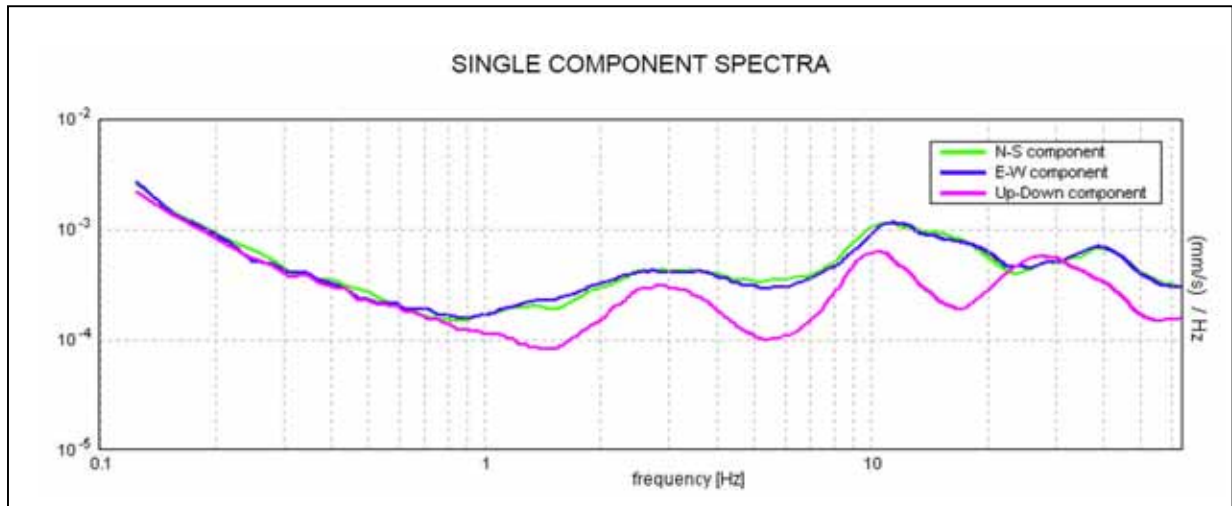
Nella pratica si utilizza il rapporto H/V perché è un buon normalizzatore e un buon estimatore delle frequenze di risonanza dei terreni; i valori assoluti degli spettri orizzontali e verticali variano infatti con il livello assoluto del rumore ambientale, mentre la forma dello spettro e in particolare il rapporto tra le ampiezze orizzontale e verticale si mantiene più stabile, e per il suo carattere stocastico mostra caratteristiche correlabili con la struttura locale del suolo. Alle frequenze caratteristiche di vibrazione dei suoli corrisponde infatti un decremento del segnale della componente verticale, che determina un picco nel rapporto spettrale rappresentato dal grafico seguente.



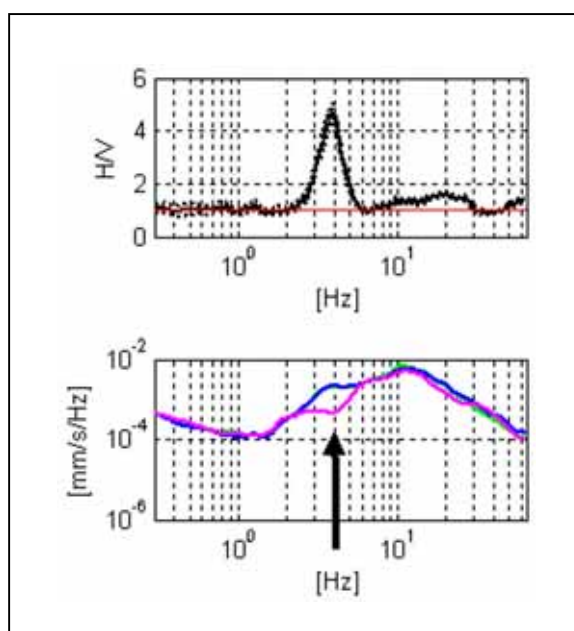
In un mezzo senza contrasti di impedenza (es. un ammasso roccioso sano) la curva H/V risulta teoricamente piatta e con valore medio tra 0,7 e 1,0 (in funzione del modulo μ).

La presenza di un picco nella curva H/V può essere data da un fenomeno di risonanza, causato da una variazione di velocità delle onde sismiche nel terreno, e quindi da passaggi stratigrafici caratterizzati da un notevole contrasto tra le velocità sismiche stesse.

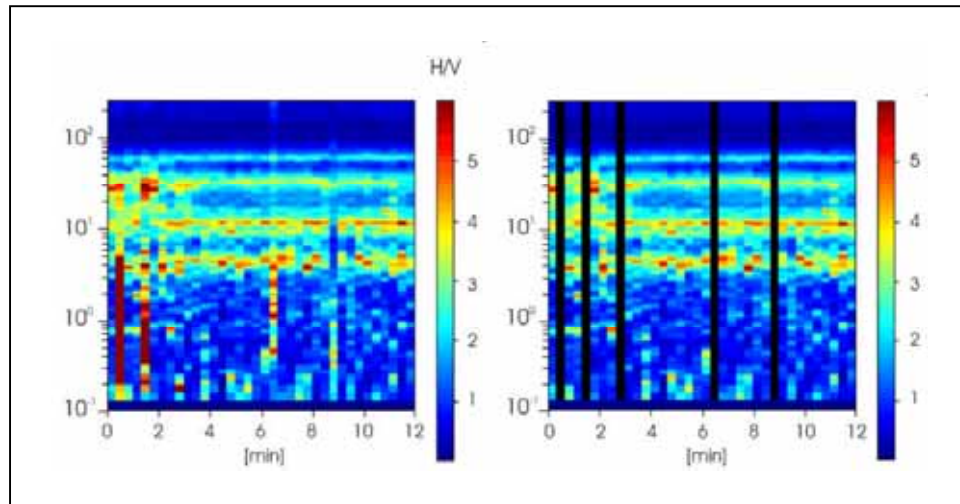
Dato che tali picchi su H/V possono essere dovuti anche ad artefatti e transienti, H/V deve essere sempre analizzato alla luce degli spettri delle singole componenti.



Un picco di natura stratigrafica (e non artefattuale) presenta un minimo locale della componente spettrale verticale, mentre picchi spettrali (di solito aguzzi) su tutte le 3 componenti del moto sono di origine antropica.

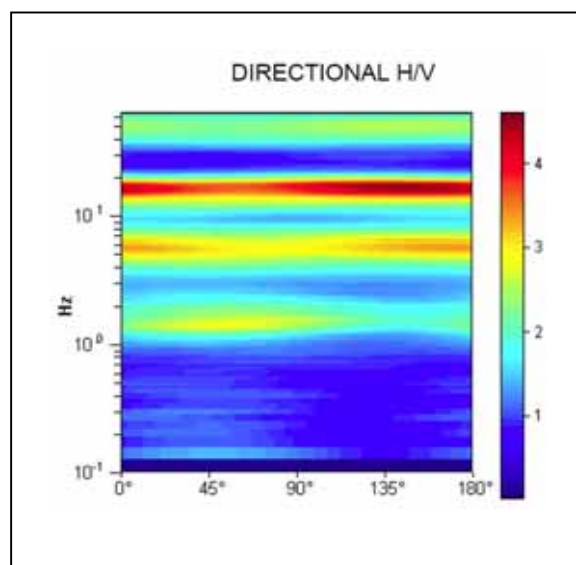


L'elaborazione degli spettri H/V comporta quindi un'analisi ragionata dei vari picchi, uno *smoothing* (nel nostro caso triangolare al 10%) e una valutazione sugli spettri nelle varie "finestre" di tempo in cui è stata suddivisa l'acquisizione, in modo da poter eventualmente rimuovere gli intervalli di misura caratterizzati da disturbi.



Di solito è consigliabile effettuare le correzioni nel dominio delle frequenze, e non operare nel dominio del tempo, in quanto in tale contesto non è agevole identificare quali siano artefatti e transienti.

Altro aspetto importante da considerare è la *stabilità direzionale* del segnale, che è un elemento a favore della valenza stratigrafica del picco analizzato.



CAMPAGNA DI PROSPEZIONI IN OGGETTO

Le prospezioni geofisiche effettuate sono relative a 4 aree, in corrispondenza delle quali sono state eseguite prospezioni MASW (in totale 4) e acquisizioni in sismica passiva (in totale 6).

Le aree contraddistinte come “proposta 91”, “proposta 95” e “proposta 98” ricadono sono ubicate in zona di pianura e ricadono all’interno dell’UTOE 1 Bientina, l’area contraddistinta come “proposta 97” è in nella zona collinare e ricade all’interno dell’UTOE 4 e 5 Quattro Strade/Santa Colomba. Per ogni stazione di misura è stata redatta una scheda che illustra la posizione di dettaglio da cartografia e da documentazione fotografica, con le caratteristiche descrittive di ciascun sito di indagine.

Si è cercato, ove possibile, di non ubicare le stazioni di misura in prossimità di fonti di rumore tali da ostacolare e/o obliterare una corretta acquisizione dei segnali.

PROSPEZIONI MASW

Per le indagini in oggetto si è impiegata un’attrezzatura *AMBROGEO “ECHO 12-24/2002 Sismic Unit”*, avente le seguenti caratteristiche:

- ❖ numero di canali: 24
- ❖ sampler interval: 0,296 ms
- ❖ A/D conversion: 16 bit
- ❖ input impedance: 1KOhm
- ❖ Gain: 10 dB – 100 dB (step 1 dB)
- ❖ saturation tension: +/- 2,3 V
- ❖ saturation level: 100 dB
- ❖ distorsion: 0,01%
- ❖ sampler:
 - 25 ms (191 punti)
 - 50 ms (383 punti)
 - 100 ms (1530 punti)

- 200 ms (3060 punti)
- 400 ms (6121 punti)
- 1000 ms
- ❖ sampling: 130 micro/s
- ❖ filter low pass: 50/950 Hz, step 1 Hz
- ❖ digital filter low pass: 1000-50
- ❖ digital filter high pass: 0-250
- ❖ frequency response: 7-950 Hz, filter at 950 Hz
- ❖ dynamic range: 93 dB
- ❖ noise: 0,66 uV RMS, gain = 55 dB
- ❖ crosstalk: 52 dB, gain = 55 dB
- ❖ power: 12 V.

Il software di acquisizione dati è "ECHO 12-24" vers. 7.00. L'attrezzatura è completata da 2 cavi sismici a 12 takes out spaziatati a 2 m, con connettori *cannon*, montati su rullo, geofoni "Geospace" a 4,5 Hz, cannoncino per cartucce industriali, mazza di battuta da 8 Kg con interruttore starter, geofono starter, cavo trigger da 200 m montato su rullo.

Gli stendimenti impiegati per i profili MASW avevano le seguenti caratteristiche:

località	sigla	Δ geofoni (m)	shots (m)	T _{acquisiz.} (ms)
BIENTINA	91	2	4, 8	1.000
BIENTINA	98a	2	4, 8	1.000
BIENTINA	98b	2	4, 8	1.000
SANTA COLOMBA	97	2	4, 8	1.000

SISMICA PASSIVA

Le prospezioni sono state eseguite mediante l'utilizzo di uno strumento TROMINO® della *Micromed Geophysics*, espressamente progettato per misure di microtremore.



TROMINO® è uno strumento efficiente per la misura del rumore sismico; presenta ridotte dimensioni e peso, e bassissimo consumo di energia. L'alta risoluzione dell'elettronica digitale impiegata consente di ottimizzare la misura del microtremore nell'intervallo di frequenze compreso fra 0.1 e 200 Hz; i sensori sono costituiti da una terna di velocimetri smorzati criticamente che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore a dinamica non inferiore a 23 bit. Le caratteristiche progettuali consentono una accuratezza relativa maggiore di 10^{-4} sulle componenti spettrali al di sopra di 0.1 Hz.

L'assenza di cavi esterni consente inoltre di lasciare virtualmente imperturbato il campo d'onda presente nell'ambiente.

Lo strumento dispone di tre canali analogici connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione disposti secondo tre direzioni ortogonali. Il moto del terreno viene amplificato, convertito in forma digitale, organizzato e salvato su una memoria digitale di tipo Flash.

I dati registrati da TROMINO® possono essere scaricati, organizzati, archiviati, visualizzati e analizzati tramite il programma *Grilla* fornito assieme allo strumento. Esso include inoltre procedure per l'analisi spettrale di base e per l'analisi *HVSR* anche secondo le direttive fornite dal progetto di ricerca europeo *SESAME*.

* * * * *

Il lavoro si è articolato individuando, nelle aree di indagine, una serie di 6 stazioni di misura (per l'area 91 la misura è stata ripetuta in 2 diverse postazioni), per ciascuna delle quali è stata effettuata una rilevazione del microtremore sismico ambientale con le seguenti modalità:

- durata dell'acquisizione pari a 20';
- suddivisione dell'acquisizione stessa in "finestre" temporali di 20";
- frequenza di campionamento pari a 128 Hz.

In ogni sito lo strumento è stato orientato verso Nord, così che l'intero set delle misure è iso-orientato.

Le postazioni 91, 95, 98a e 98b sono tutte ubicate in zona di pianura presso il capoluogo, mentre la postazione 97 nella zona collinare di Santa Colomba. Per ogni stazione di misura è stata redatta una scheda che illustra la posizione di dettaglio da cartografia e da documentazione fotografica, con le caratteristiche descrittive di ciascun sito di indagine.

Si è cercato di non ubicare le stazioni di misura in prossimità di fonti di rumore tali da ostacolare e/o obliterare una corretta acquisizione dei segnali.

PROSPEZIONI MASW: ELABORAZIONE

Per le varie postazioni è stata utilizzata la curva di dispersione relativa allo shot indicato nella tabella seguente, ed è stato utilizzato il software *winMASW*, che consente la determinazione di profili verticali della velocità delle onde di taglio Vs tramite l'inversione delle curve di dispersione ottenute, effettuata con algoritmi "genetici". Il programma è in grado di operare sui records in formato *SGY* prodotti dalla strumentazione *Ambrogeo* secondo la procedura specifica descritta nel capitolo introduttivo.

Il parametro Vs30 è calcolato utilizzando una media ponderata dei valori di velocità delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità con l'espressione seguente:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

La tabella seguente riporta i valori di V_{s30} ricavati per le singole postazioni per il "modello medio" e per il "modello migliore"

			V_{S30}	
località	sigla	shot utilizzato (m)	Modello medio	Modello migliore
BIENTINA	91bis	4	150	149
BIENTINA	98a	4	170	170
BIENTINA	98b	8	164	164
SANTA COLOMBA	97	8	285	285

SISMICA PASSIVA: CRITERI DI ANALISI DELLE MISURE

I dati di campagna sono stati in primo luogo trattati con una procedura di analisi o trattamento consistente in:

- ❖ lisciatura triangolare all'8%
- ❖ analisi temporale dell'intero spettro (0-64 Hz) in sottofinestre di 20 s
- ❖ analisi direzionale con step di 5°

Successivamente, analizzati i dati ottenuti, si è deciso di mantenere una lisciatura triangolare all'8%, effettuando quindi (con l'eccezione della stazione 98b) una "pulizia" tramite eliminazione delle sottofinestre temporali contenenti sollecitazioni transienti, con nuova analisi sulle sole finestre selezionate, fino al raggiungimento di un risultato il più possibile chiaro.

La stazione 97 è l'unica in cui il maggior valore di H/V (a ca. 38 Hz) è in sostanza privo di significato lito-stratigrafico, e quindi nello specifico *report* le note finali relative alle linee guida SESAME non hanno interesse.

SISMICA PASSIVA: CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DELLE MISURE

Le singole misure sono soggette alle valutazioni sulla "robustezza" statistica del dato secondo i criteri del protocollo SESAME, automaticamente inserito nei singoli report, secondo quanto accennato al paragrafo precedente.

Nell'interpretare la tabella SESAME di significatività dei picchi H/V bisogna considerare che ogni sito può generare più di una risonanza, e che non esiste una risonanza fondamentale

in assoluto. In effetti è stato scelto il picco da analizzare in base al suo significato in relazione agli scopi del lavoro in oggetto.

- I primi 3 criteri della tabella dicono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata. E' opportuno che questi 3 criteri siano tutti soddisfatti. Se così non fosse, tipicamente è necessario rianalizzare la registrazione aumentando il parametro WINDOW SIZE.
- I secondi 6 criteri della tabella dicono se il picco è significativo da un punto di vista statistico. E' bene che ne siano soddisfatti il maggior numero possibile (preferibilmente almeno 5 su 6) ma si ricordi che eventuali NO su tutte le righe non implicano necessariamente che la registrazione è stata effettuata male ma implicano che non ci sono picchi significativi. Ad esempio una registrazione su roccia "sana" darebbe NO su tutti questi criteri.

Un'ulteriore classificazione dei risultati può essere effettuata tenendo conto dei criteri adottati nello studio di "Microzonazione Sismica per la ricostruzione dell'area Aquilana" a cura del Dipartimento della Protezione Civile, e finalizzati a una valutazione più generale, e più restrittiva, della qualità del dato acquisito, secondo i seguenti parametri:

- stazionarietà del segnale nel campo dello sviluppo temporale dello spettro
- isotropia del segnale nel campo dello sviluppo direzionale dello spettro
- presenza di rumore elettromagnetico, con particolare riferimento al campo di frequenza di eventuali picchi
- plausibilità fisica del picco
- robustezza statistica del picco (comprensiva dei primi 3 criteri *SESAME*)
- durata della misura.

Le misure sono classificabili:

- in CLASSE A di qualità quando soddisfano tutti i criteri, fatta eccezione per gli spettri piatti che ovviamente disattendono i criteri *SESAME* per assenza di picchi significativi;
- in CLASSE B quando ne disattendono almeno uno ma mantengono buona leggibilità;

- in CLASSE C quando contengono elementi di disturbo invalidanti ai fini della corretta interpretazione.

Nel primo caso le misure sono utilizzabili anche da sole, nel secondo caso sono utilizzabili con cautela e unitamente ad altre misure effettuate nell'ambito della lunghezza d'onda di interesse, nel terzo caso vanno scartate. Limitatamente ai primi due casi sono poi definite le sottoclassi 1 e 2 in base alla presenza o meno di un picco chiaro.

SISMICA PASSIVA: OSSERVAZIONI SUI RISULTATI

Bientina Proposta 91 – acquisizione 91

Picco con significato stratigrafico a 1.13 Hz ($H/V=5.6$) con buona stazionarietà e stabilità direzionale. Classif. B1.

Bientina Proposta 91 – acquisizione 91bis

Picco con significato stratigrafico a 1.16 Hz ($H/V=6.2$) con buona stazionarietà e stabilità direzionale. Classif. B1.

Bientina Proposta 95 – acquisizione 95

Picco con significato stratigrafico a 1.19 Hz ($H/V=6.6$), con buona stazionarietà e stabilità direzionale. Classif. B1.

Bientina Proposta 98 – acquisizione 98a

Picco con significato stratigrafico a 1.16 Hz ($H/V=6.3$), con buona stazionarietà e stabilità direzionale. Classif. B1.

Bientina Proposta 98 – acquisizione 98b

Picco con significato stratigrafico a 1.16 Hz ($H/V=5.6$), con buona stazionarietà e stabilità direzionale. Classif. B1.

Santa Colomba Proposta 97 – acquisizione 97

Assenza di picchi significativi dal punto di vista litostratigrafico, fatta eccezione per un modesto picco relativo allo strato superficiale, a 38.3 Hz ($H/V=2.8$).

* * * * *

In apposita tavola sono stati raccolti, per confronto immediato, i grafici H/V relativi alle varie acquisizioni. La seguente tabella riassume e sintetizza i dati delle diverse stazioni di misura:

località	sigla	Δt	% analisi	staz.	stabilità direz.	picco basse f.	H/V	classe	sotto- classe	picco alte f.	H/V
BIENTINA	91	20'	95	X	X	1.13	5.6	B	1	-	-
BIENTINA	91bis	20'	93	X	X	1.16	6.2	B	1	-	-
BIENTINA	95	20'	97	X	X	1.19	6.6	B	1	-	-
BIENTINA	98a	20'	95	X	X	1.16	6.3	B	1	-	-
BIENTINA	98b	20'	100	X	X	1.16	5.6	B	1	-	-
SANTA COLOMBA	97	20'	93	-	-	-	-	-	-	38.28	2.8

ALLEGATI :

- ❖ *Monografie relative a ciascuna postazione*
- ❖ *INDAGINE SISMICA DI SUPERFICIE MASW: grafici*
- ❖ *INDAGINE SISMICA DI SUPERFICIE MASW: report di calcolo*
- ❖ *SISMICA PASSIVA: reports relativi a ciascuna elaborazione*
- ❖ *SISMICA PASSIVA: tavola di confronto tra i grafici H/V*

Livorno, Agosto 2016

INDAGINE HVSR/MASW - UTOE1 BIENTINA (COMPARTO 4) PROPOSTA n.98
LOCALITÀ VIA ALDO MORO/VIA DON LUIGI STURZO - POSTAZIONE n.98A



documentazione fotografica



ubicazione scala 1:1.000

orientazione > N

contesto globale : pianura alluvionale

contesto locale: prato - erba alta

condizioni atmosferiche: sereno

coordinate stazione - 43°42'59.25" N - 10°37'13.72" E

INDAGINE HVSR/MASW - UTOE1 BIENTINA (COMPARTO 4) PROPOSTA n.98
LOCALITÀ VIA ALDO MORO/VIA GIACOMO PUCCINI - POSTAZIONE n.98B



documentazione fotografica



ubicazione scala 1:1.000

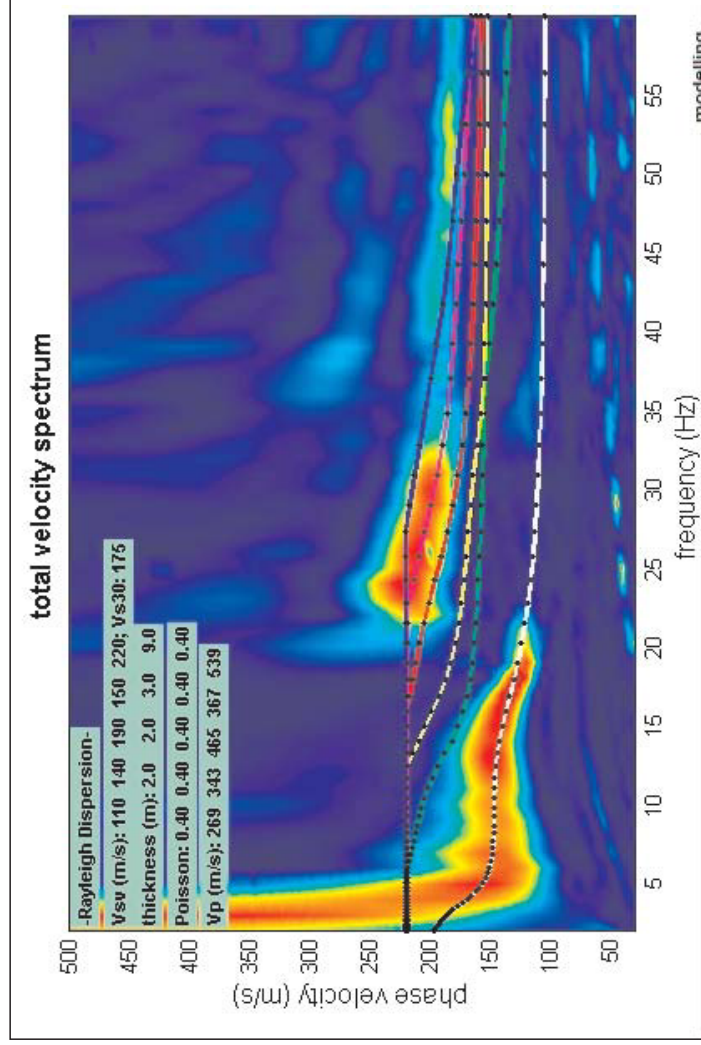
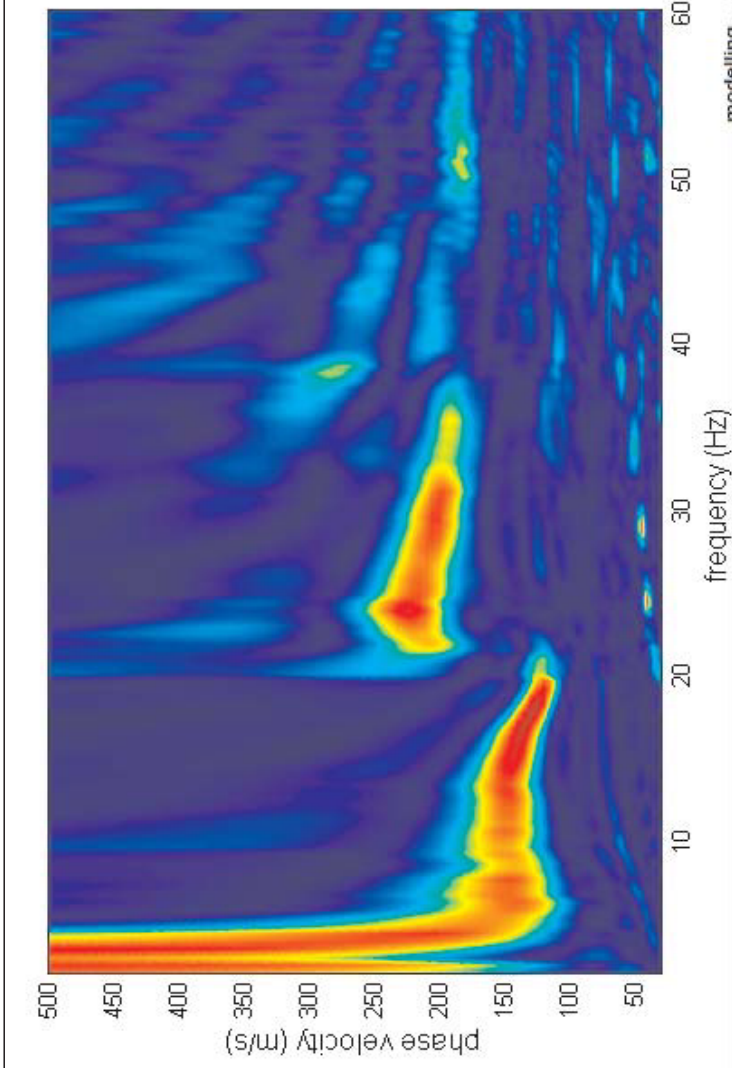
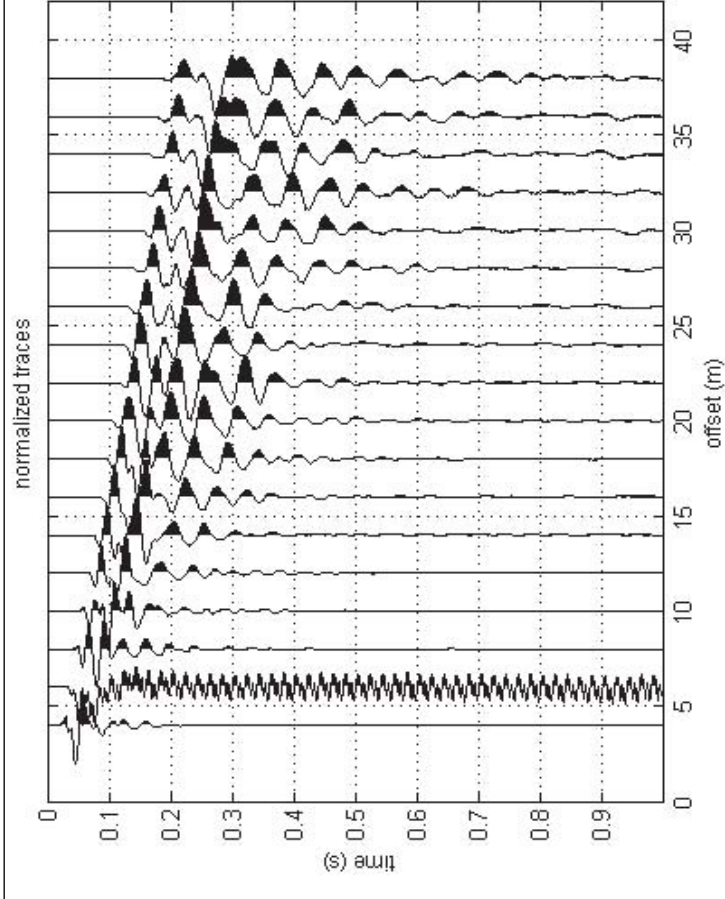
orientazione > N

contesto globale : pianura alluvionale

contesto locale: prato - erba bassa

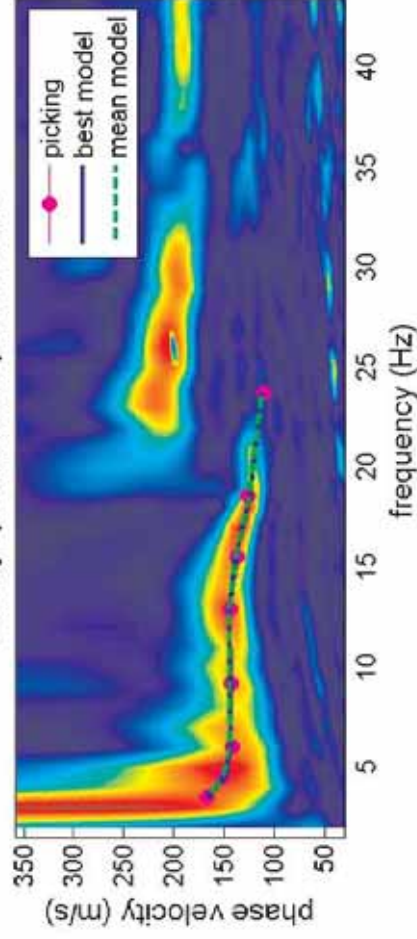
condizioni atmosferiche: sereno

coordinate stazione - 43°43'06.62" N - 10°37'11.78" E

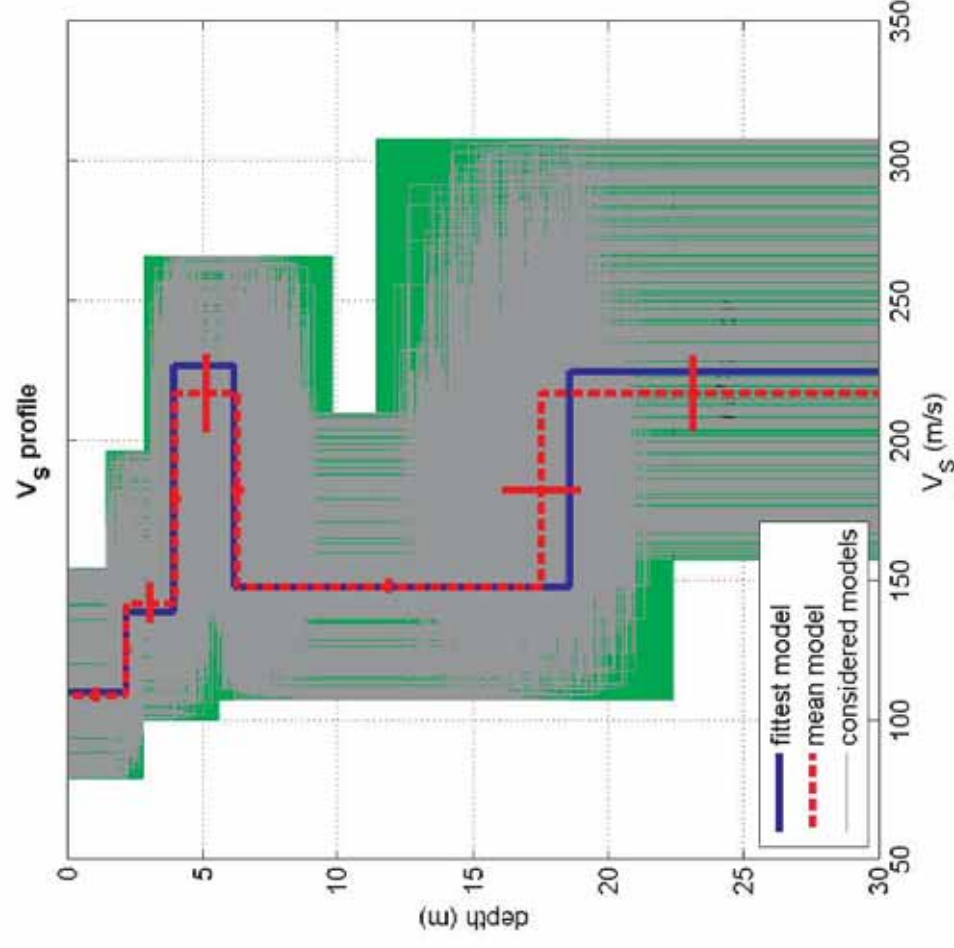
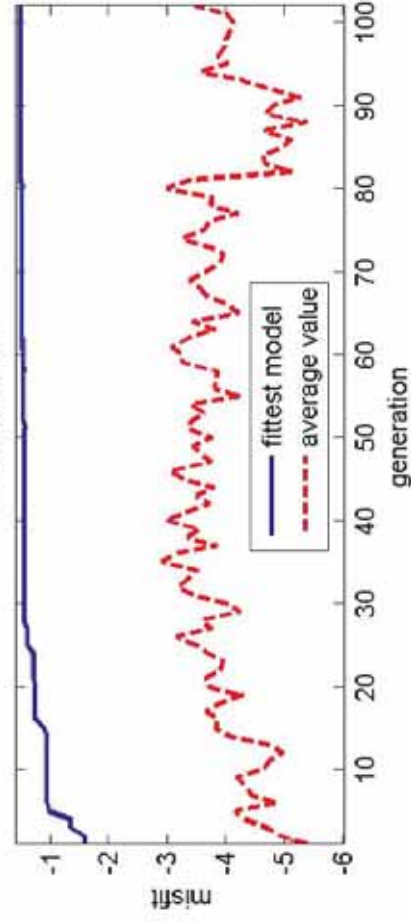


MASW Bientina 98a - 4 m

velocity spectrum & dispersion curve



misfit evolution



dataset: 4m-spettro.mat

dispersion curve: total-plck.cdp

Vs30 (best model): 170 m/s

Vs30 (mean model): 170 m/s

www.winmasw.com

MASW Bientina 98a - 4 m

ELABORAZIONE MASW – BIENTINA 98A

SECTION 1

dataset: 4m-spettro.mat
sampling (ms): 0.256
minimum offset (m): 4
geophone spacing (m): 2
offsets (m): 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38
Dispersion curve: total-pick.cdp
Number of individuals: 50
Number of generations: 81

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase velocities

Adopted search space (minimum Vs):	79	100	136	107	157
Adopted search space (maximum Vs):	154	196	266	210	308
Adopted search space (minimum Poisson):	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Adopted search space (maximum Poisson):	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498
Adopted search space (minimum Qs):	7	11.2	13.3	16.8	19.6
Adopted search space (maximum Qs):	13	20.8	24.7	31.2	36.4

Adopted search space (minimum reference frequency): 1

Adopted search space (maximum reference frequency): 23.6842

Adopted search space (minimum thickness):	1.4286	1.4286	2.1429	6.4286
Adopted search space (maximum thickness):	2.8	2.8	4.2	12.6

SECTION 2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits:	-5.4655	-1.5936
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits:	-4.9487	-1.5936
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits:	-4.7221	-1.3597
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits:	-4.3236	-1.3597
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits:	-4.1694	-0.98267
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits:	-4.8948	-0.95048
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits:	-4.4346	-0.95048
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits:	-4.3538	-0.95048
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits:	-4.1944	-0.95048
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits:	-4.6431	-0.95048
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits:	-4.7587	-0.95048
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits:	-4.9741	-0.95048
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits:	-4.7682	-0.95048
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits:	-4.0815	-0.95048
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits:	-3.8312	-0.8852
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits:	-3.8714	-0.75173
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits:	-3.675	-0.75173
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits:	-3.9009	-0.75173
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits:	-4.2859	-0.75173
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits:	-3.7391	-0.75173
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits:	-3.6677	-0.71869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits:	-3.9157	-0.71869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits:	-3.9649	-0.71869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits:	-3.6903	-0.71869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits:	-3.5171	-0.61686
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits:	-3.1737	-0.61686
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits:	-3.7549	-0.61192
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits:	-3.5794	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits:	-4.2519	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits:	-4.0315	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits:	-3.4539	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits:	-3.1841	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits:	-3.3809	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits:	-3.5161	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits:	-2.9167	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits:	-3.1284	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits:	-3.851	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits:	-3.3557	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits:	-3.5541	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits:	-2.9733	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits:	-3.3539	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits:	-3.7239	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits:	-3.5117	-0.56303

Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits:	-3.808	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits:	-3.2988	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits:	-3.0493	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits:	-3.744	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits:	-3.5946	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits:	-3.4488	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits:	-3.7527	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits:	-3.3673	-0.56303
Optimizing Vs & Thickness - generation: 52; average & best misfits:	-3.4186	-0.53803
Optimizing Vs & Thickness - generation: 53; average & best misfits:	-3.6299	-0.53803
Optimizing Vs & Thickness - generation: 54; average & best misfits:	-3.4049	-0.53803
Optimizing Vs & Thickness - generation: 55; average & best misfits:	-4.2672	-0.53803
Optimizing Vs & Thickness - generation: 56; average & best misfits:	-3.8106	-0.53803
Optimizing Vs & Thickness - generation: 57; average & best misfits:	-3.8466	-0.53803
Optimizing Vs & Thickness - generation: 58; average & best misfits:	-3.8565	-0.53803
Optimizing Vs & Thickness - generation: 59; average & best misfits:	-3.2785	-0.52844
Optimizing Vs & Thickness - generation: 60; average & best misfits:	-3.2393	-0.52844
Optimizing Vs & Thickness - generation: 61; average & best misfits:	-3.083	-0.52599
Optimizing Vs & Thickness - generation: 62; average & best misfits:	-3.394	-0.52039
Optimizing Vs & Thickness - generation: 63; average & best misfits:	-3.8143	-0.52039
Optimizing Vs & Thickness - generation: 64; average & best misfits:	-3.4359	-0.52039
Optimizing Vs & Thickness - generation: 65; average & best misfits:	-4.2233	-0.52039
Optimizing Vs & Thickness - generation: 66; average & best misfits:	-4.0431	-0.52039
Optimizing Vs & Thickness - generation: 67; average & best misfits:	-3.6885	-0.52039
Optimizing Vs & Thickness - generation: 68; average & best misfits:	-3.5707	-0.52039
Optimizing Vs & Thickness - generation: 69; average & best misfits:	-3.3931	-0.52039
Optimizing Vs & Thickness - generation: 70; average & best misfits:	-3.6751	-0.52039
Optimizing Vs & Thickness - generation: 71; average & best misfits:	-3.8951	-0.52039
Optimizing Vs & Thickness - generation: 72; average & best misfits:	-3.9716	-0.52039
Optimizing Vs & Thickness - generation: 73; average & best misfits:	-3.727	-0.52039
Optimizing Vs & Thickness - generation: 74; average & best misfits:	-3.2603	-0.52039
Optimizing Vs & Thickness - generation: 75; average & best misfits:	-3.6447	-0.52039
Optimizing Vs & Thickness - generation: 76; average & best misfits:	-3.7126	-0.52039
Optimizing Vs & Thickness - generation: 77; average & best misfits:	-4.2115	-0.52039
Optimizing Vs & Thickness - generation: 78; average & best misfits:	-3.7606	-0.52039
Optimizing Vs & Thickness - generation: 79; average & best misfits:	-3.7629	-0.52039
Optimizing Vs & Thickness - generation: 80; average & best misfits:	-3.0027	-0.52039
Optimizing Vs & Thickness - generation: 81; average & best misfits:	-3.4319	-0.50501

Adopted search space (minimum Vs):	79	100	136	107	157
Adopted search space (maximum Vs):	154	196	266	210	308
Adopted search space (minimum Qs):	7	11.2	13.3	16.8	19.6
Adopted search space (maximum Qs):	13	20.8	24.7	31.2	36.4

Adopted search space (minimum reference frequency): 1

Adopted search space (maximum reference frequency): 23.6842

Adopted search space (minimum Poisson): 0.28 0.28 0.28 0.28 0.28

Adopted search space (maximum Poisson): 0.497 0.497 0.497 0.497 0.497

Adopted search space (minimum thickness): 1.4286 1.4286 2.1429 6.4286

Adopted search space (maximum thickness): 2.8 2.8 4.2 12.6

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh-wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits:	-5.1292	-0.50501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits:	-4.6906	-0.50501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits:	-4.6396	-0.50501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits:	-4.9921	-0.50501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits:	-5.1177	-0.50501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits:	-4.6589	-0.50501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits:	-5.3796	-0.50501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits:	-4.6881	-0.50501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits:	-4.8225	-0.50501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits:	-5.269	-0.50501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits:	-4.8134	-0.50501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits:	-4.3034	-0.50501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits:	-3.5781	-0.50501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits:	-4.0334	-0.50501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits:	-3.8747	-0.50501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits:	-3.9851	-0.50501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits:	-4.0024	-0.50501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits:	-4.085	-0.50501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits:	-4.1323	-0.50501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits:	-4.0383	-0.50501
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits:	-3.4751	-0.50501

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 110 139 227 148 225

Thickness (m): 2.2 1.8 2.2 12

Number of models considered to calculate the average model: 57

RESULTS

Dataset: 4m.sgy
Analyzed curve/spectrum: totalspettro-pick.cdp

SECTION 3

Vs (m/s):	109	142	217	148	217
Standard deviations (m/s):	2	7	14	2	14
Thickness (m):	2.2	1.8	2.3	11.2	
Standard deviations (m):	0.1	0.2	0.2	1.4	

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s):	217	380	498	311	570
Density (g/cm ³):	1.69	1.82	1.89	1.77	1.92
Vp/Vs ratio:	1.99	2.68	2.29	2.10	2.63
Poisson:	0.33	0.42	0.38	0.35	0.42
Shear modulus (MPa):	20	37	89	39	90
Estimated static shear modulus (MPa):	0	0	0	0	0

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
3.43691	165.8261
4.49145	150.3509
5.96781	143.9596
9.13145	144.1917
12.8224	144.5275
15.4587	138.3147
18.5169	124.9
23.6842	112.0017

SECTION 4

BEST MODEL

Vs (m/s):	110	139	227	148	225
thickness (m):	2.18461	1.76161	2.21794	12.4267	

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s):	218	343	471	306	930
Density (g/cm ³):	1.69	1.80	1.87	1.77	2.04
Vp/Vs ratio:	1.98	2.47	2.07	2.07	4.13
Poisson: 0.33	0.40	0.35	0.35	0.47	
Shear modulus (MPa):	20	35	96	39	103
Estimated static shear modulus (MPa):	0	0	0	0	0

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
3.43691	165.7139
4.49145	148.6822
5.96781	142.9138
9.13145	143.7335
12.8224	144.2845
15.4587	137.8061
18.5169	124.3363
23.6842	112.163

SECTION 5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 30 m

Inversion quality: very good

Vs5 (mean model): 134 m/s

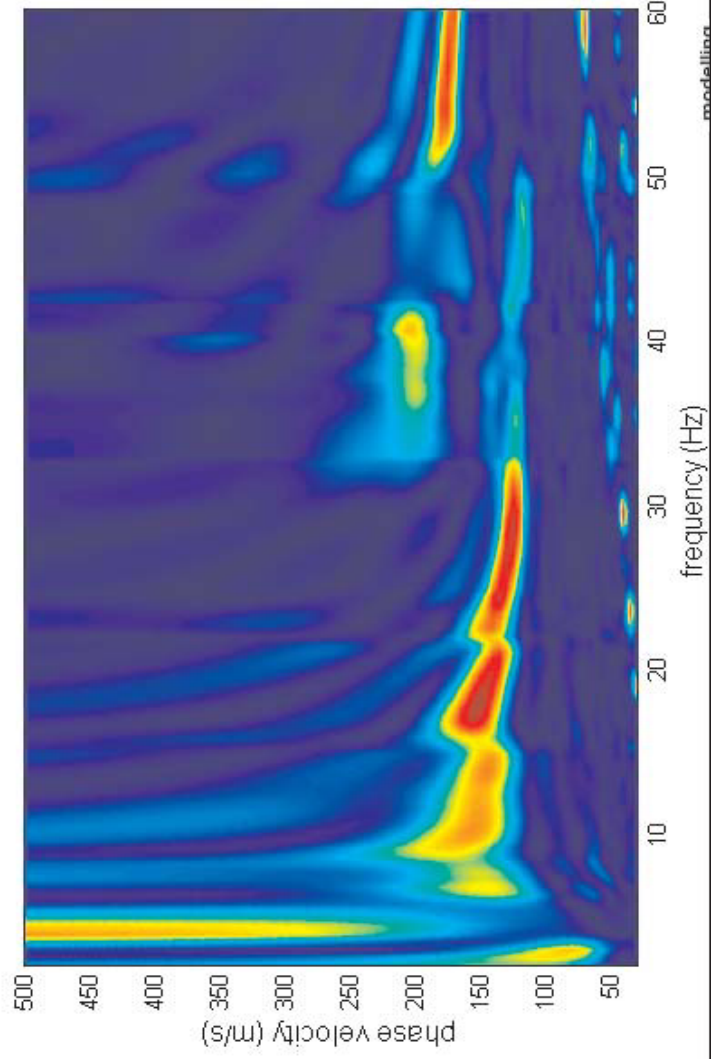
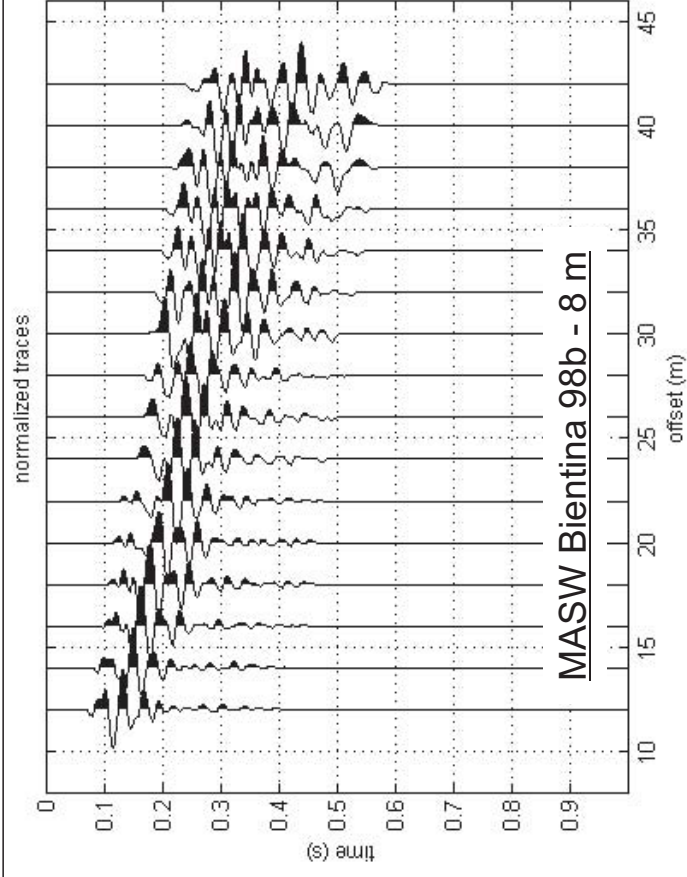
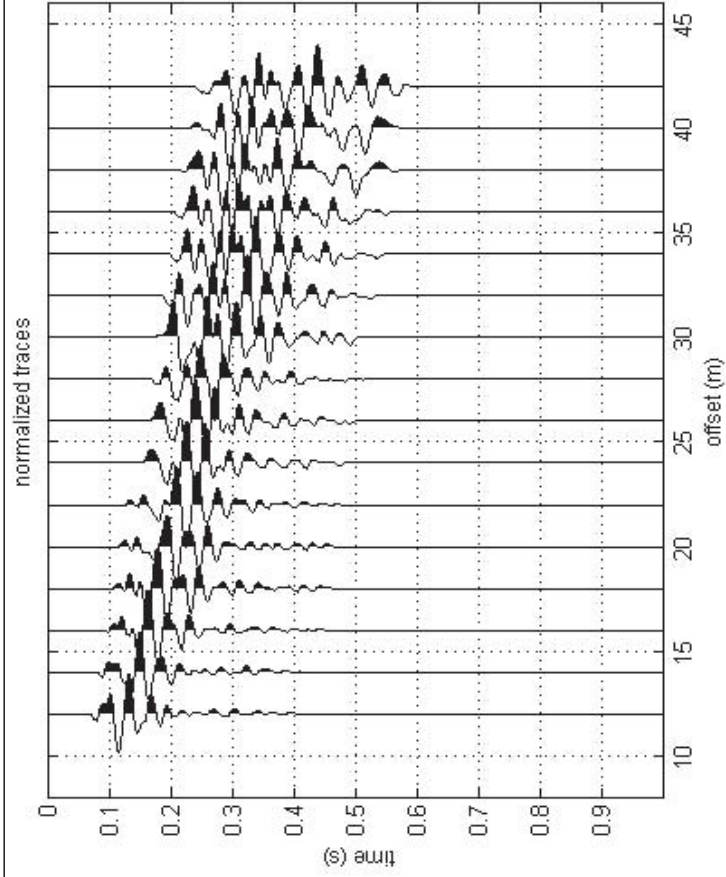
Vs5 (best model): 134 m/s

Vs20 (mean model): 153 m/s

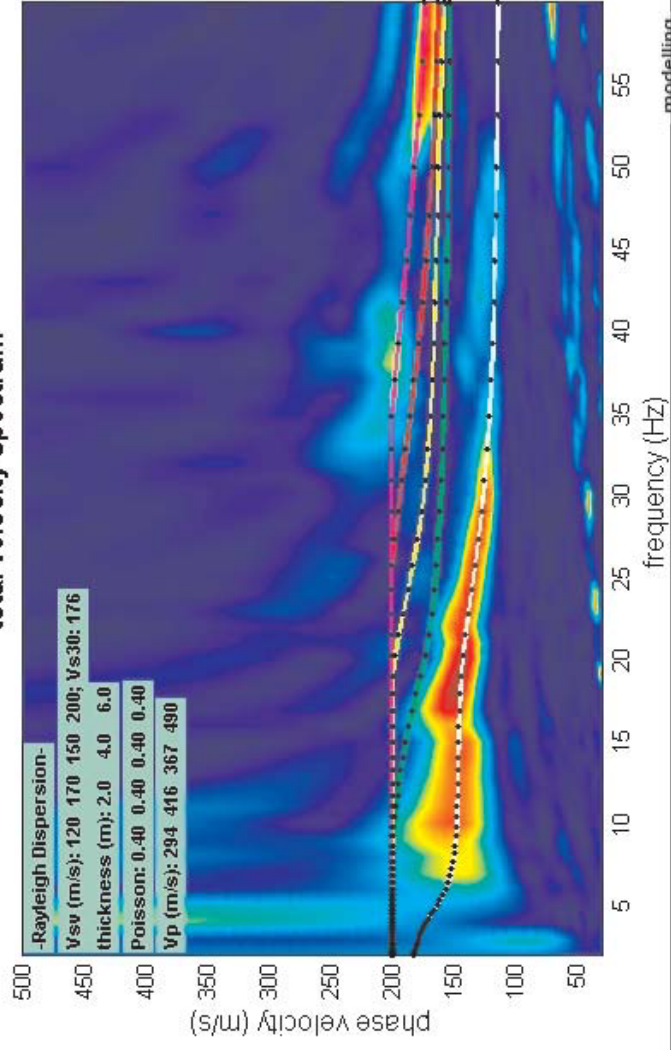
Vs20 (best model): 151 m/s

Vs30 (mean model): 170 m/s

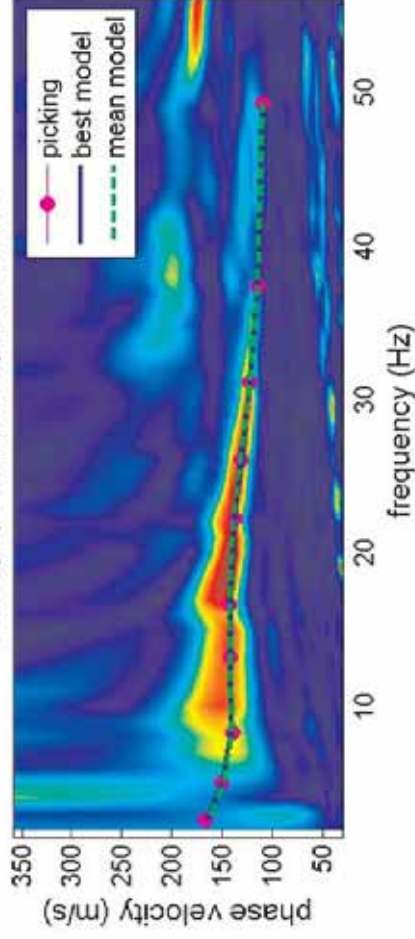
Vs30 (best model): 170 m/s



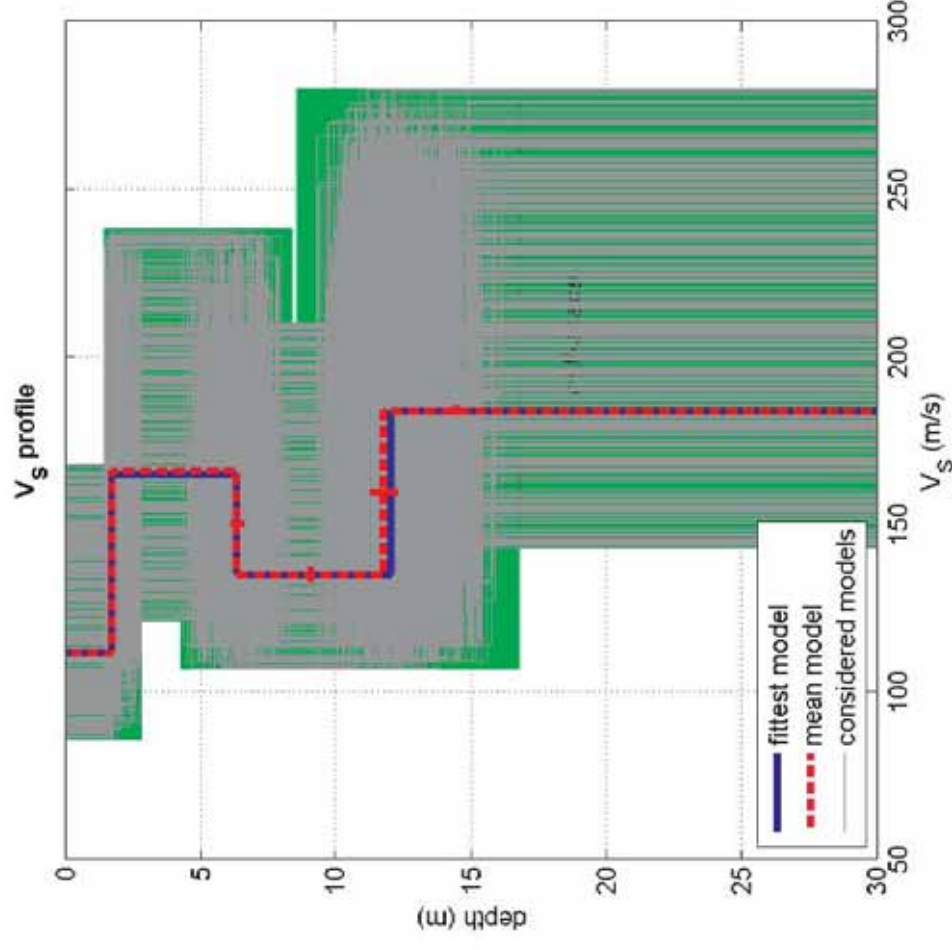
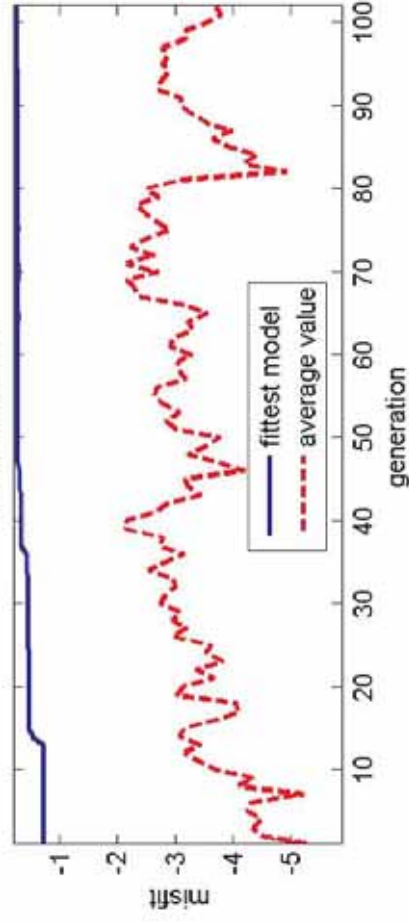
total velocity spectrum



velocity spectrum & dispersion curve



misfit evolution



dataset: 8mFVS.mat
dispersion curve: total-plck.cdp
Vs30 (best model): 164 m/s
Vs30 (mean model): 164 m/s

www.winmasw.com

MASW Bientina 98b - 8 m

ELABORAZIONE MASW – BIENTINA 98B

SECTION 1

dataset: 8mFVS.mat
sampling (ms): 0.256
minimum offset (m): 12
geophone spacing (m): 2
offsets (m): 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42
Dispersion curve: otal-pick.cdp
Number of individuals: 50
Number of generations: 81

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase velocities

Adopted search space (minimum Vs):	86	121	107	143
Adopted search space (maximum Vs):	168	238	210	280
Adopted search space (minimum Poisson):	0.28	0.28	0.28	0.28
Adopted search space (maximum Poisson):	0.498	0.498	0.498	0.498
Adopted search space (minimum Qs):	7	11.2	13.3	16.8
Adopted search space (maximum Qs):	13	20.8	24.7	31.2
Adopted search space (minimum reference frequency):	1			
Adopted search space (maximum reference frequency):	49.2042			
Adopted search space (minimum thickness):	1.4286	2.8571	4.2857	
Adopted search space (maximum thickness):	2.8	5.6	8.4	

SECTION 2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits:	-5.3361	-0.71879
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits:	-4.4705	-0.71879
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits:	-4.3442	-0.71879
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits:	-4.4881	-0.71879
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits:	-4.2451	-0.71879
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits:	-4.326	-0.71879
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits:	-5.2158	-0.71879
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits:	-4.0938	-0.71879
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits:	-4.3674	-0.71879
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits:	-3.7109	-0.71879
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits:	-3.4141	-0.71879
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits:	-3.1798	-0.71879
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits:	-3.4276	-0.71879
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits:	-3.0756	-0.52866
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits:	-3.1774	-0.46955
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits:	-3.7482	-0.46955
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits:	-4.1059	-0.46955
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits:	-4.0601	-0.46955
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits:	-3.0159	-0.46955
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits:	-3.1437	-0.46955
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits:	-3.675	-0.46955
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits:	-3.359	-0.46955
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits:	-3.8216	-0.46955
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits:	-3.5394	-0.46955
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits:	-3.6096	-0.45495
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits:	-2.9544	-0.45495
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits:	-3.193	-0.45495
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits:	-2.9604	-0.45495
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits:	-3.0901	-0.45495
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits:	-2.75	-0.45495
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits:	-2.8296	-0.45495
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits:	-2.9986	-0.45495
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits:	-2.9632	-0.45495
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits:	-2.5284	-0.4356
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits:	-2.8205	-0.4356
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits:	-3.1605	-0.4356
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits:	-2.7323	-0.33458
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits:	-2.7975	-0.33458
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits:	-2.1327	-0.33458
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits:	-2.1619	-0.33458
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits:	-2.6752	-0.33458
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits:	-2.868	-0.33458
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits:	-3.435	-0.33458

Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits:	-3.2527	-0.30836		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits:	-3.1685	-0.30836		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits:	-4.1904	-0.30836		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits:	-3.7619	-0.27644		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits:	-3.229	-0.27644		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits:	-3.5466	-0.27644		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits:	-3.77	-0.27644		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits:	-3.0065	-0.27644		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 52; average & best misfits:	-2.8477	-0.27644		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 53; average & best misfits:	-3.0799	-0.27644		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 54; average & best misfits:	-2.8043	-0.27644		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 55; average & best misfits:	-2.6418	-0.27644		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 56; average & best misfits:	-2.686	-0.27644		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 57; average & best misfits:	-3.1826	-0.27644		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 58; average & best misfits:	-3.0861	-0.27644		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 59; average & best misfits:	-3.0382	-0.27644		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 60; average & best misfits:	-3.2789	-0.27644		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 61; average & best misfits:	-2.9148	-0.27644		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 62; average & best misfits:	-2.9686	-0.27644		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 63; average & best misfits:	-3.3001	-0.27644		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 64; average & best misfits:	-3.2301	-0.27644		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 65; average & best misfits:	-3.5514	-0.27616		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 66; average & best misfits:	-3.1471	-0.27616		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 67; average & best misfits:	-2.359	-0.27616		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 68; average & best misfits:	-2.2935	-0.27616		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 69; average & best misfits:	-2.1643	-0.27616		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 70; average & best misfits:	-2.7067	-0.27472		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 71; average & best misfits:	-2.1694	-0.27459		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 72; average & best misfits:	-2.6418	-0.27459		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 73; average & best misfits:	-2.2333	-0.27459		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 74; average & best misfits:	-2.5343	-0.27459		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 75; average & best misfits:	-2.9026	-0.27459		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 76; average & best misfits:	-2.6993	-0.27163		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 77; average & best misfits:	-2.4872	-0.27163		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 78; average & best misfits:	-2.328	-0.27163		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 79; average & best misfits:	-2.7201	-0.27163		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 80; average & best misfits:	-2.4909	-0.27163		
Optimizing Vs & Thickness - generation: 81; average & best misfits:	-3.1126	-0.27163		
Adopted search space (minimum Vs):	86	121	107	143
Adopted search space (maximum Vs):	168	238	210	280
Adopted search space (minimum Qs):	7	11.2	13.3	16.8
Adopted search space (maximum Qs):	13	20.8	24.7	31.2

Adopted search space (minimum reference frequency): 1
Adopted search space (maximum reference frequency): 49.2042

Adopted search space (minimum Poisson):	0.28	0.28	0.28	0.28
Adopted search space (maximum Poisson):	0.497	0.497	0.497	0.497
Adopted search space (minimum thickness):	1.4286	2.8571	4.2857	
Adopted search space (maximum thickness):	2.8	5.6	8.4	

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh-wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits:	-4.9356	-0.27163
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits:	-4.1921	-0.27163
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits:	-4.4242	-0.26817
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits:	-3.9216	-0.26817
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits:	-3.6413	-0.26817
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits:	-3.9833	-0.26817
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits:	-3.537	-0.26817
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits:	-3.2991	-0.26817
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits:	-3.0971	-0.26817
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits:	-3.1016	-0.26817
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits:	-2.6851	-0.26817
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits:	-2.7675	-0.26817
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits:	-2.8768	-0.26817
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits:	-2.7922	-0.25064
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits:	-2.8677	-0.25064
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits:	-2.7765	-0.25064
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits:	-3.1817	-0.25064
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits:	-3.1883	-0.25064
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits:	-3.5474	-0.25064
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits:	-3.7988	-0.25064
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits:	-3.693	-0.25064

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s):	112	165	135	184
Thickness (m):	1.7	4.6	5.7	

Number of models considered to calculate the average model: 69

RESULTS

Dataset: 8mFVS.mat

Analyzed curve/spectrum: total-pick.cdp

SECTION 3

MEAN MODEL

Vs (m/s):	112	166	135	184
Standard deviations (m/s):	0	0	2	1
Thickness (m):	1.7	4.6	5.4	
Standard deviations (m):	0.0	0.2	0.5	

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s):	383	389	294	424
Density (g/cm ³):	1.82	1.83	1.76	1.85
Vp/Vs ratio:	3.42	2.34	2.18	2.30
Poisson:	0.45	0.39	0.37	0.38
Shear modulus (MPa):	23	50	32	63
Estimated static shear modulus (MPa):	0	0	0	0

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
2.59327	164.2124
5.01872	147.9219
8.28781	140.317
13.1387	141.5566
16.6187	141.9834
22.2078	138.1525
26.0042	131.4595
31.066	122.0423
37.2878	114.7508
49.2042	109.196

SECTION 4

BEST MODEL

Vs (m/s):	112	165	135	184
thickness (m):	1.7395	4.6085	5.7083	

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s):	391	362	518	448
Density (g/cm ³):	1.83	1.81	1.89	1.86
Vp/Vs ratio:	3.49	2.19	3.84	2.43
Poisson:	0.46	0.37	0.46	0.40
Shear modulus (MPa):	23	49	35	63
Estimated static shear modulus (MPa):	0	0	0	0

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
2.59327	165.0982
5.01872	149.1159
8.28781	140.5364
13.1387	141.1835
16.6187	141.3341
22.2078	137.2103
26.0042	130.6507
31.066	121.6339
37.2878	114.6097
49.2042	109.1902

SECTION 5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 30 m

Inversion quality: very good

Vs5 (mean model): 142 m/s

Vs5 (best model): 142 m/s

Vs20 (mean model): 156 m/s

Vs20 (best model): 155 m/s

Vs30 (mean model): 164 m/s

Vs30 (best model): 164 m/s

BIENTINA2016, BIENTINA 98A

Strumento: TRZ-0158/01-11

Inizio registrazione: 11/07/16 09:39:19

Fine registrazione: 11/07/16 09:59:19

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 95% tracciato (selezione manuale)

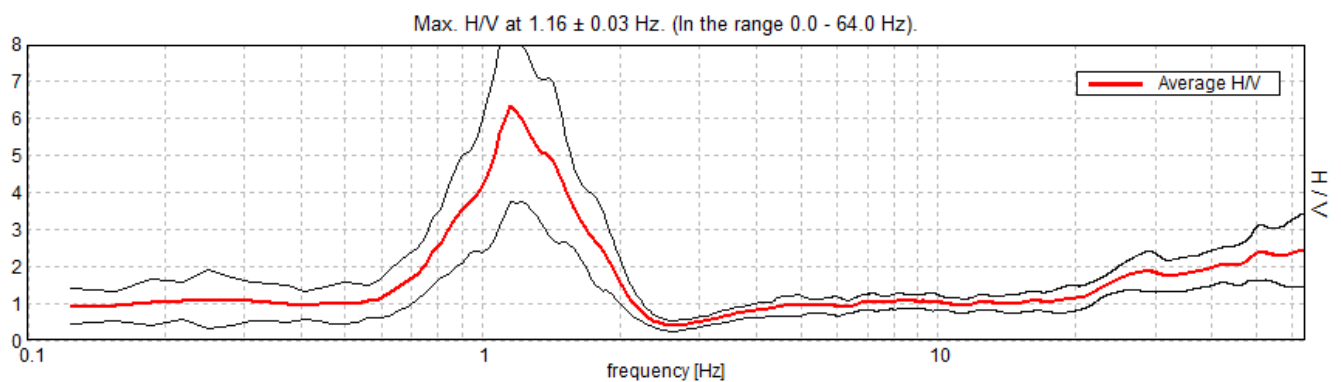
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

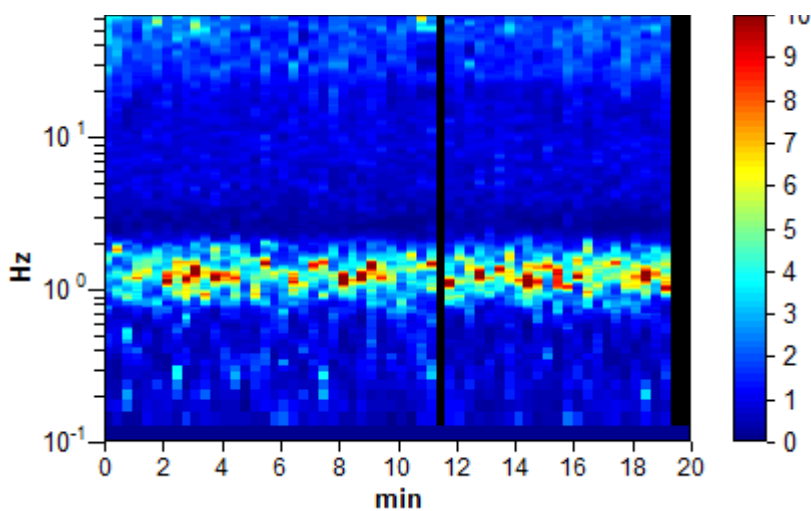
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 8%

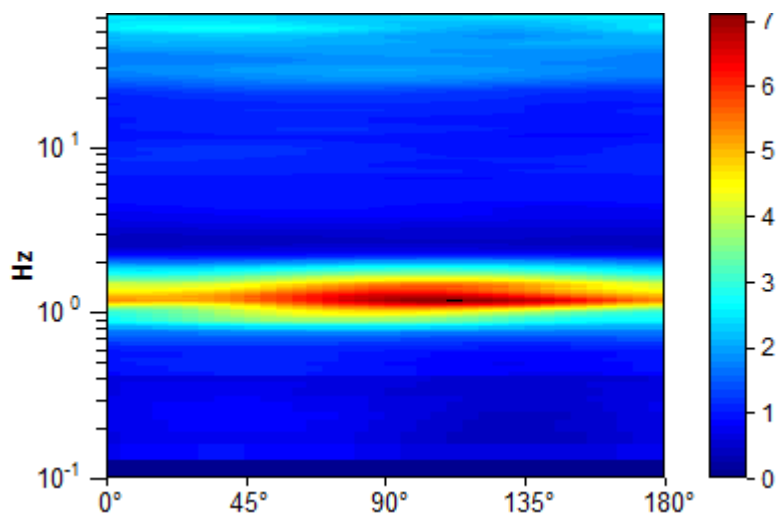
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



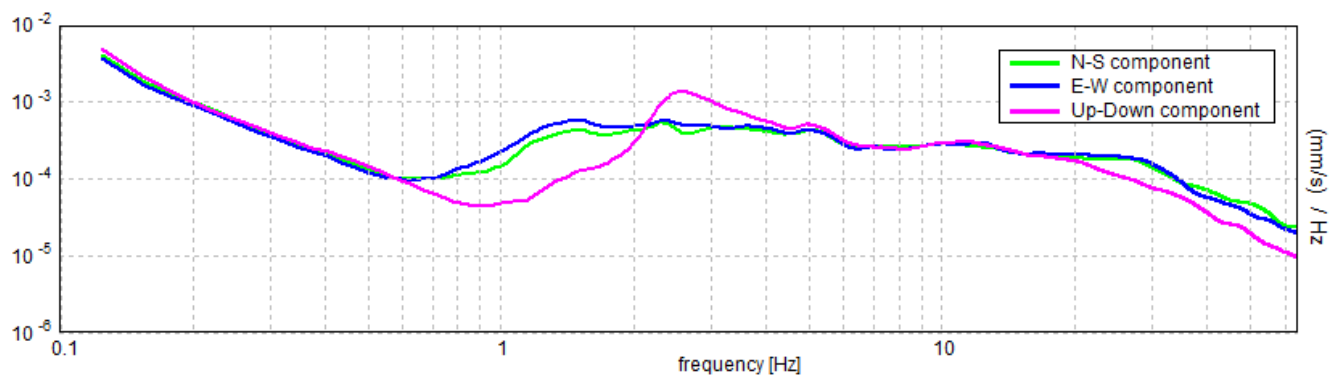
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a 1.16 ± 0.03 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$: $1.16 > 0.50$ [OK]

$nc(f_0) > 200$: $1318.1 > 200$ [OK]

$sA(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz

$sA(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz **Superato 11 volte su 56 [NO]**

.....

Esiste f_- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f_-) < A_0 / 2$: 0.844 Hz [OK]

Esiste f_+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$: 1.688 Hz [OK]

$A_0 > 2$: $6.34 > 2$ [OK]

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$: $|0.01136| < 0.05$ [OK]

$sf < e(f_0)$: $0.01314 < 0.11563$ [OK]

$sA(f_0) < q(f_0)$: $1.2752 < 1.78$ [OK]

BIENTINA2016, BIENTINA 98B

Strumento: TRZ-0158/01-11

Inizio registrazione: 11/07/16 09:01:04

Fine registrazione: 11/07/16 09:21:04

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.

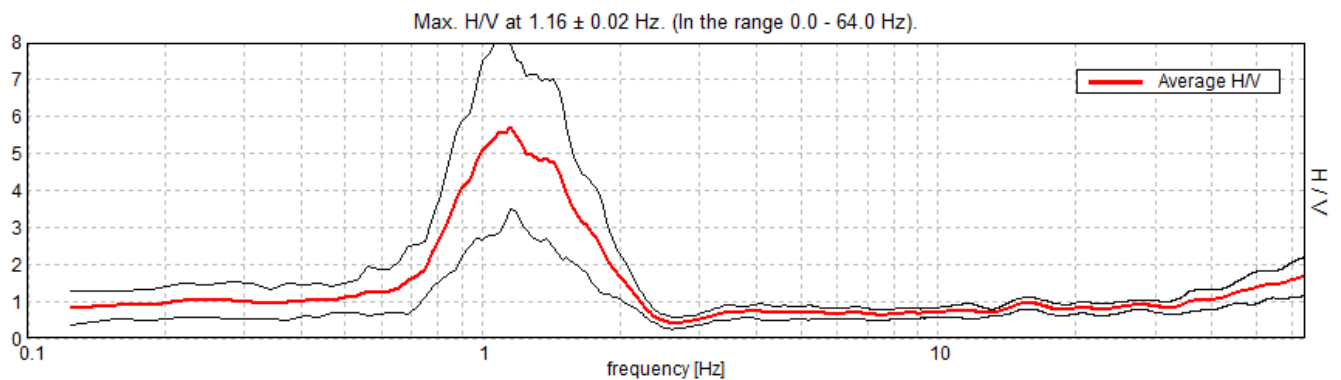
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

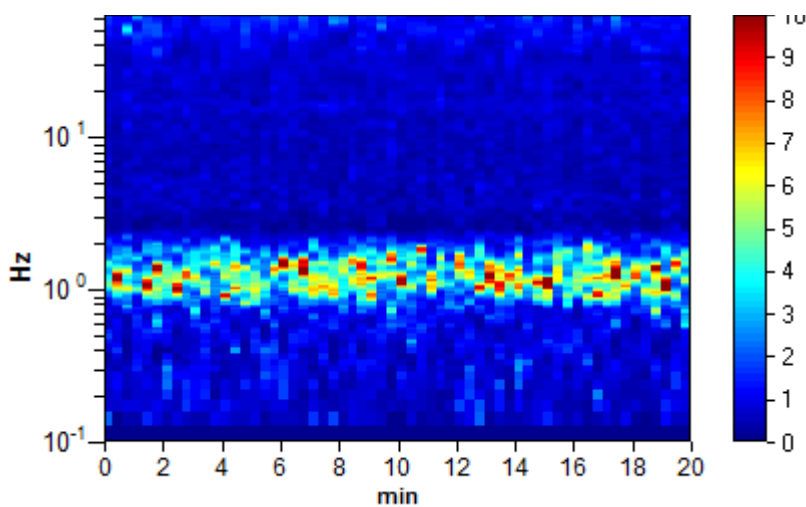
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 8%

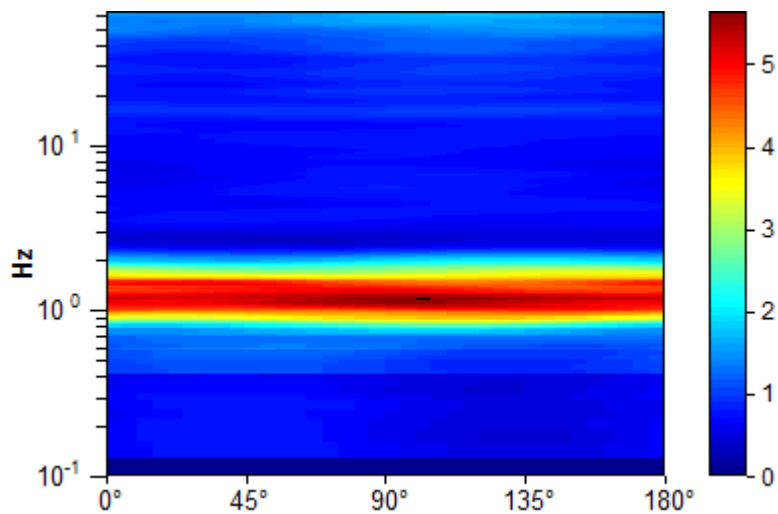
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



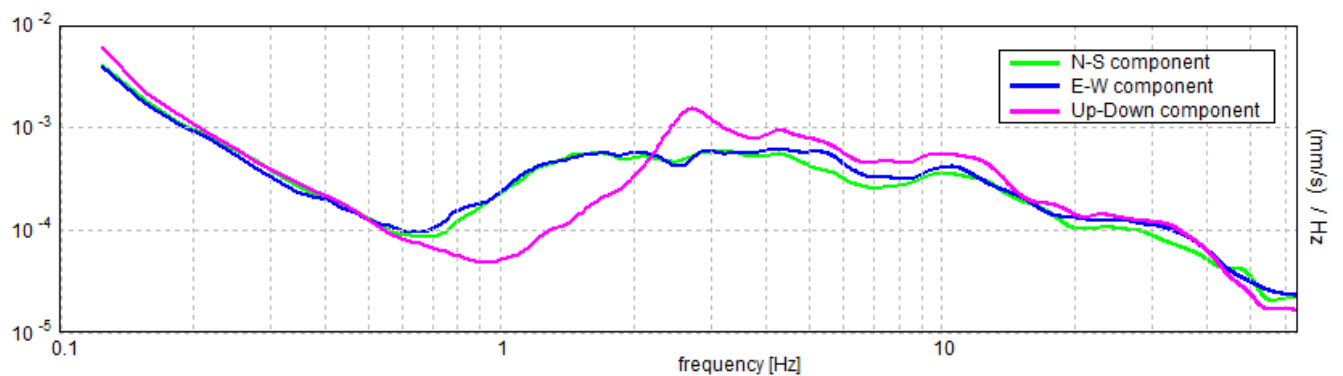
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a 1.16 ± 0.02 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$: $1.16 > 0.50$ [OK]

$nc(f_0) > 200$: $1387.5 > 200$ [OK]

$sA(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz

$sA(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz **Superato 18 volte su 56 [NO]**

.....

Esiste f_- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f_-) < A_0 / 2$: 0.813 Hz [OK]

Esiste f_+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$: 1.75 Hz [OK]

$A_0 > 2$: $5.72 > 2$ [OK]

$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$: $|0.00922| < 0.05$ [OK]

$sf < e(f_0)$: $0.01066 < 0.11563$ [OK]

$sA(f_0) < q(f_0)$: $1.1138 < 1.78$ [OK]

ALL.15 CARTA DELLE FREQUENZE MISURATE - scala 1:5.000

LEGENDA

DALLA CARTA LITOTECNICA DI SUPPORTO AL P.S. COMUNALE:

UNITA' LITOTECNICA	CARATTERISTICHE	UNITA' LITOSTRATIGRAFICA
AREA DI PIANURA	SUCCESSIONI PALUSTRI - ARGILLOSE LIMOSE E SABBIOSE	
	2.1 Successioni di litotipi palustri e di colmata	PC
	2.2 Successioni di litotipi prevalentemente argilloso-limosi	ALRa
	2.2.1 con valori di resistenza alla punta del penetrometro statico nei primi tre metri dal p.c. minori di 10 Kg/cmq	
	2.2.2 con valori di resistenza alla punta del penetrometro statico nei primi tre metri dal p.c. compresi tra 10 e 20 Kg/cmq	
	2.3 Successioni di litotipi prevalentemente sabbioso-limosi	ALRs
	2.3.1 con valori di resistenza alla punta del penetrometro statico nei primi tre metri dal p.c. compresi tra 10 e 20 Kg/cmq	
	2.3.2 con valori di resistenza alla punta del penetrometro statico nei primi tre metri dal p.c. maggiori di 20 Kg/cmq	

DALL'INDAGINE IN SISMICA PASSIVA HVSR:

91 Misura tromometrica
1,13 Frequenza fondamentale

Frequenza (Hz)

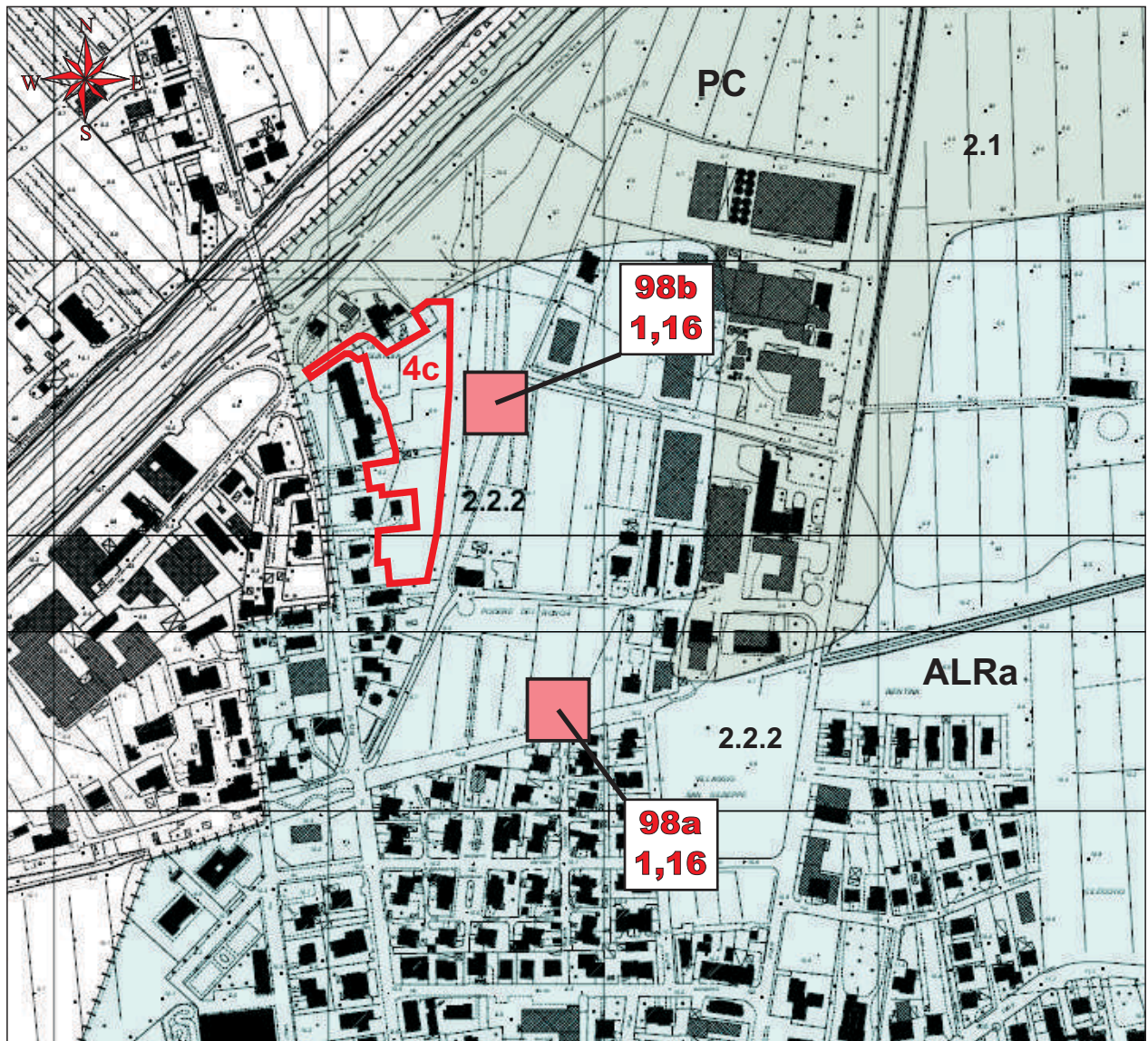
-  no picco
-  < 1,0
-  1,0 - 1,5
-  1,5 - 2,0
-  > 2,0

Ampiezza

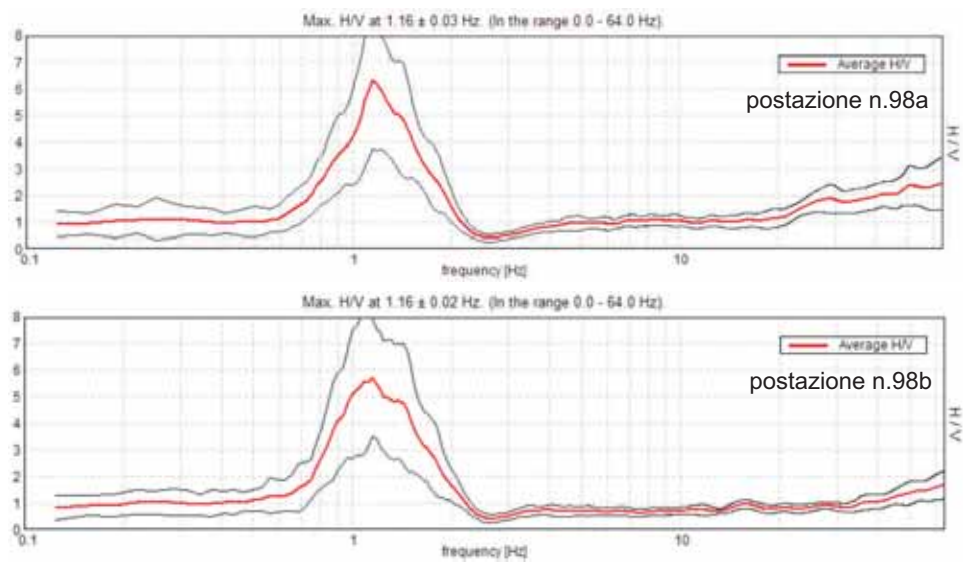
-  ≤ 2,5
-  2,5 - 3,5
-  ≥ 3,5



Rapporto spettrale H/V



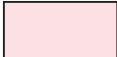
4c Area oggetto di Variante



ALL.16 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA - MOPS
scala 1:5.000

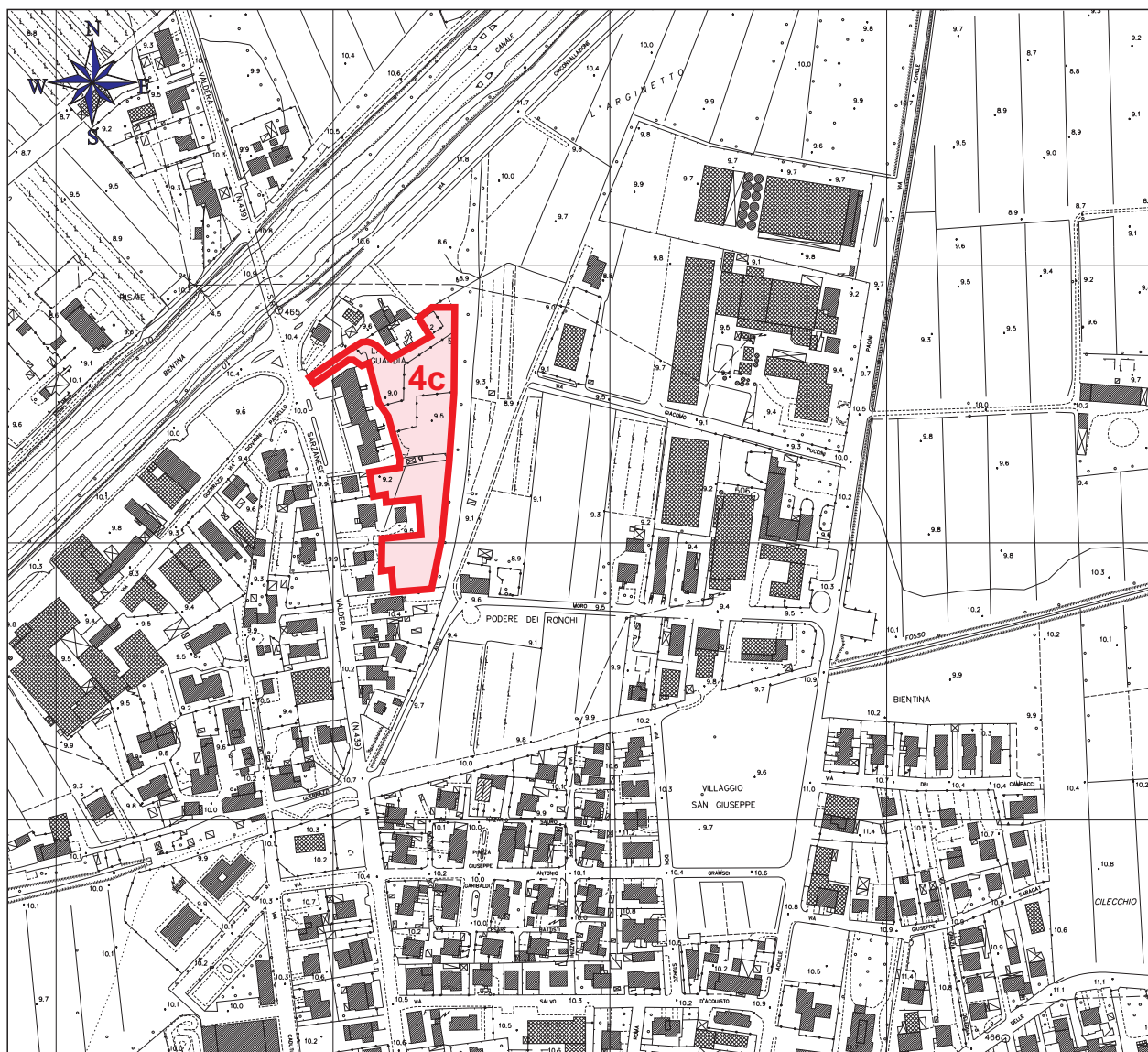
LEGENDA

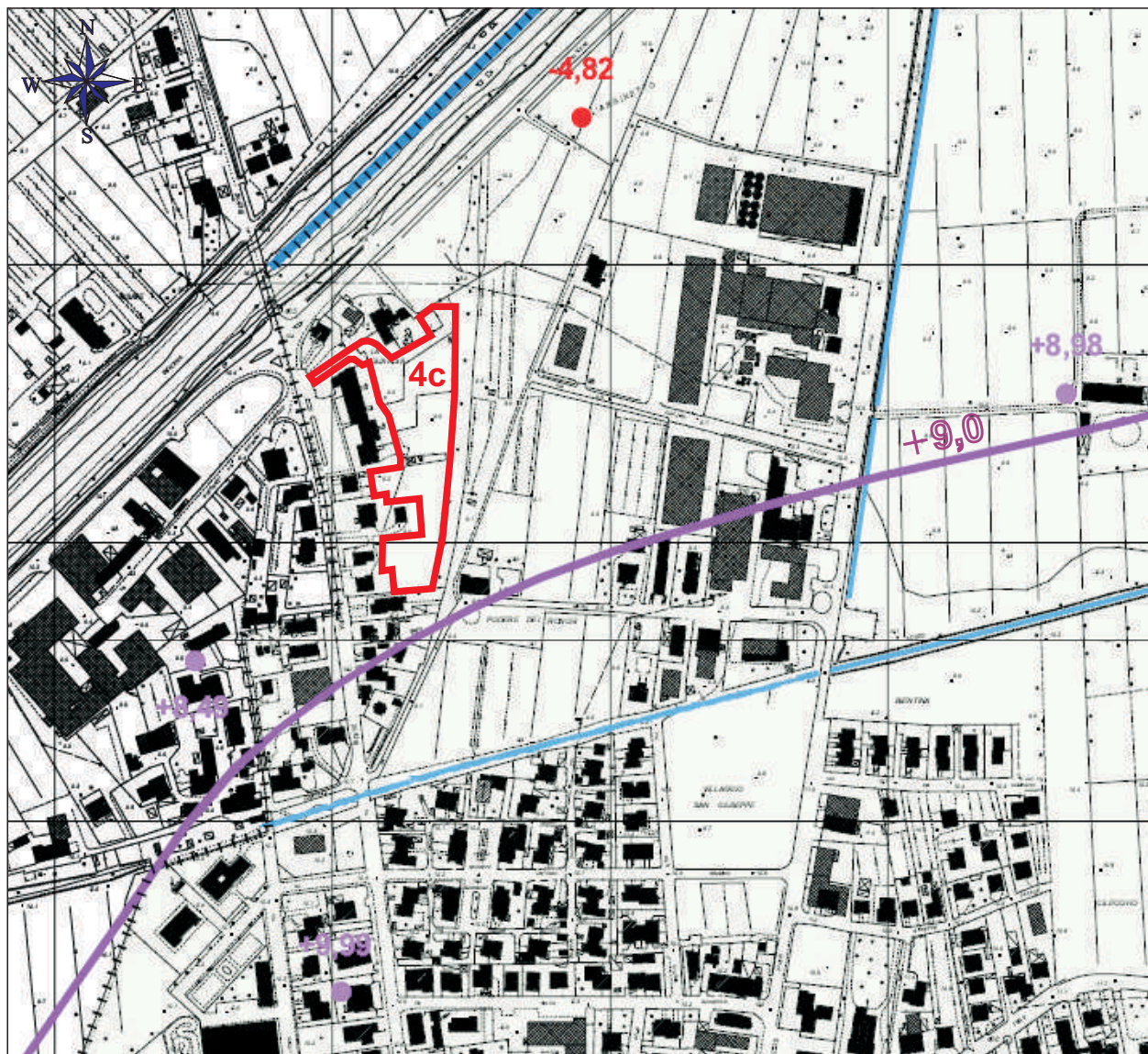
ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI
(con un alto contrasto di impedenza sismica)

- | | | |
|---|----------|--|
|  | Zona 1 | FONDOVALLE BIENTINESE
ZONA BIENTINA (parte sud-ovest dell'abitato del capoluogo)
Depositi alluvionali recenti di fondovalle prevalentemente sabbioso-limosi |
|  | Zona 1.1 | FONDOVALLE BIENTINESE
ZONA BIENTINA (parte centrale e nord dell'abitato del capoluogo)
Depositi alluvionali recenti di fondovalle prevalentemente argilloso-limosi |

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI
(prive di un alto contrasto di impedenza sismica)

- | | | |
|---|--------|--|
|  | Zona 2 | RILIEVO COLLINARE PLEISTOCENICO
ZONA CERBAIE (abitato di Quattro Strade e di Santa Colomba)
Formazione di Casa Poggio ai Lecci |
|---|--------|--|

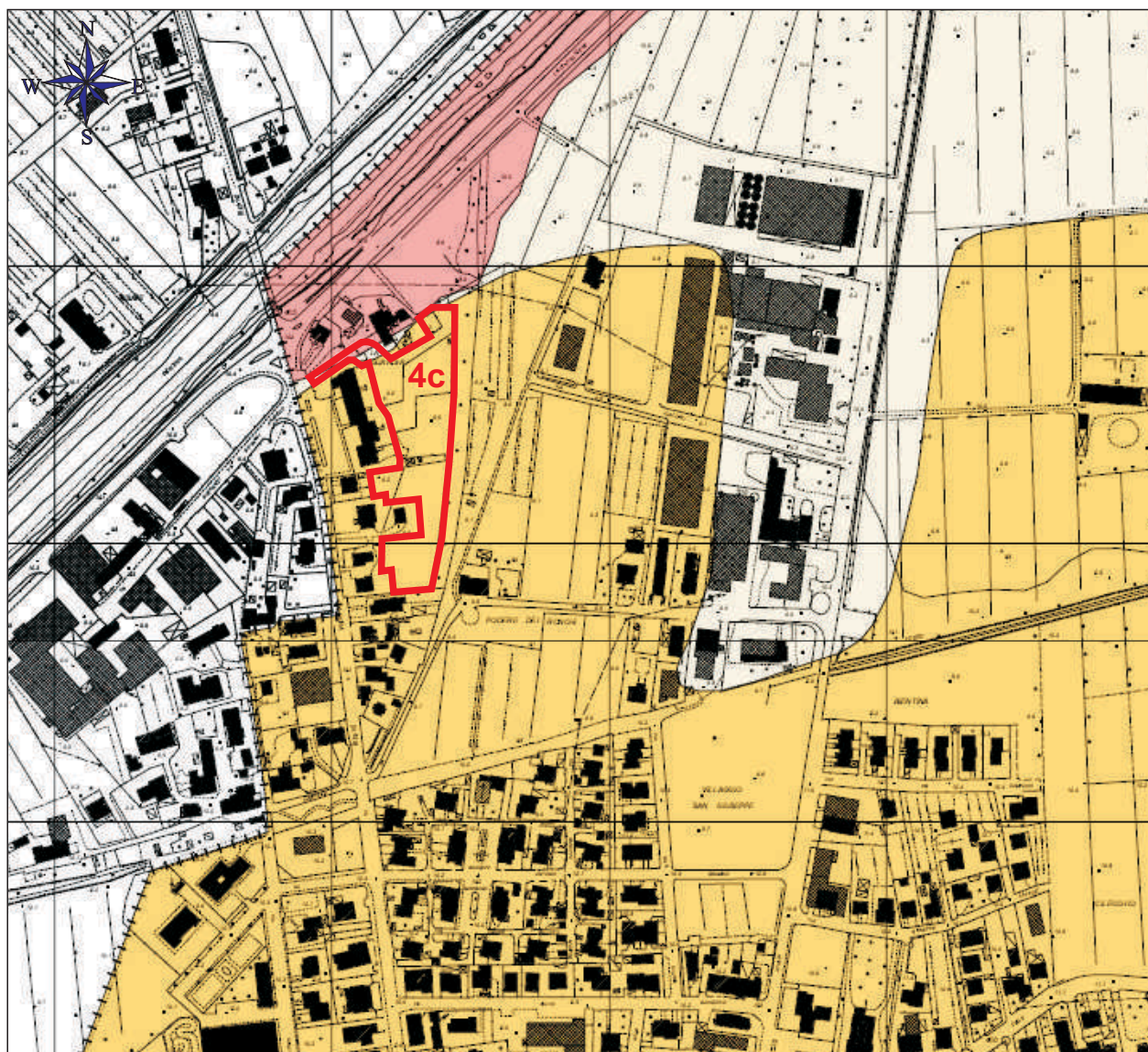




ALL.17 CARTA IDROGEOLOGICA - scala 1:5.000
(estratta dagli elaborati del P.S. comunale)

LEGENDA

-  Acquiferi alluvionali di fondovalle
-  Pozzo superficiale e relativa quota piezometrica (in metri su l.m.m.)
-  Pozzo artesiano e relativa quota piezometrica (in metri su l.m.m.)
-  Curva isopieza relativa all'acquifero superficiale del periodo marzo 2006 (in metri su l.m.m.)
-  Curva isopieza relativa all'acquifero artesiano del periodo gennaio 2005 (in metri su l.m.m.)
-  Rete idrografica principale di scolo delle acque
-  Rete idrografica secondaria di scolo delle acque
-  Aree soggette a fenomeni di ristagno delle acque e di difficoltoso drenaggio superficiale
-  **4c** Area oggetto di Variante



ALL.18 CARTA DELLA PERMEABILITA' - scala 1:5.000
(estratta dagli elaborati del P.S. comunale)

LEGENDA

TERRENI A MEDIO-BASSA PERMEABILITA'

 per porosità (ALRs-EC-AL-R)

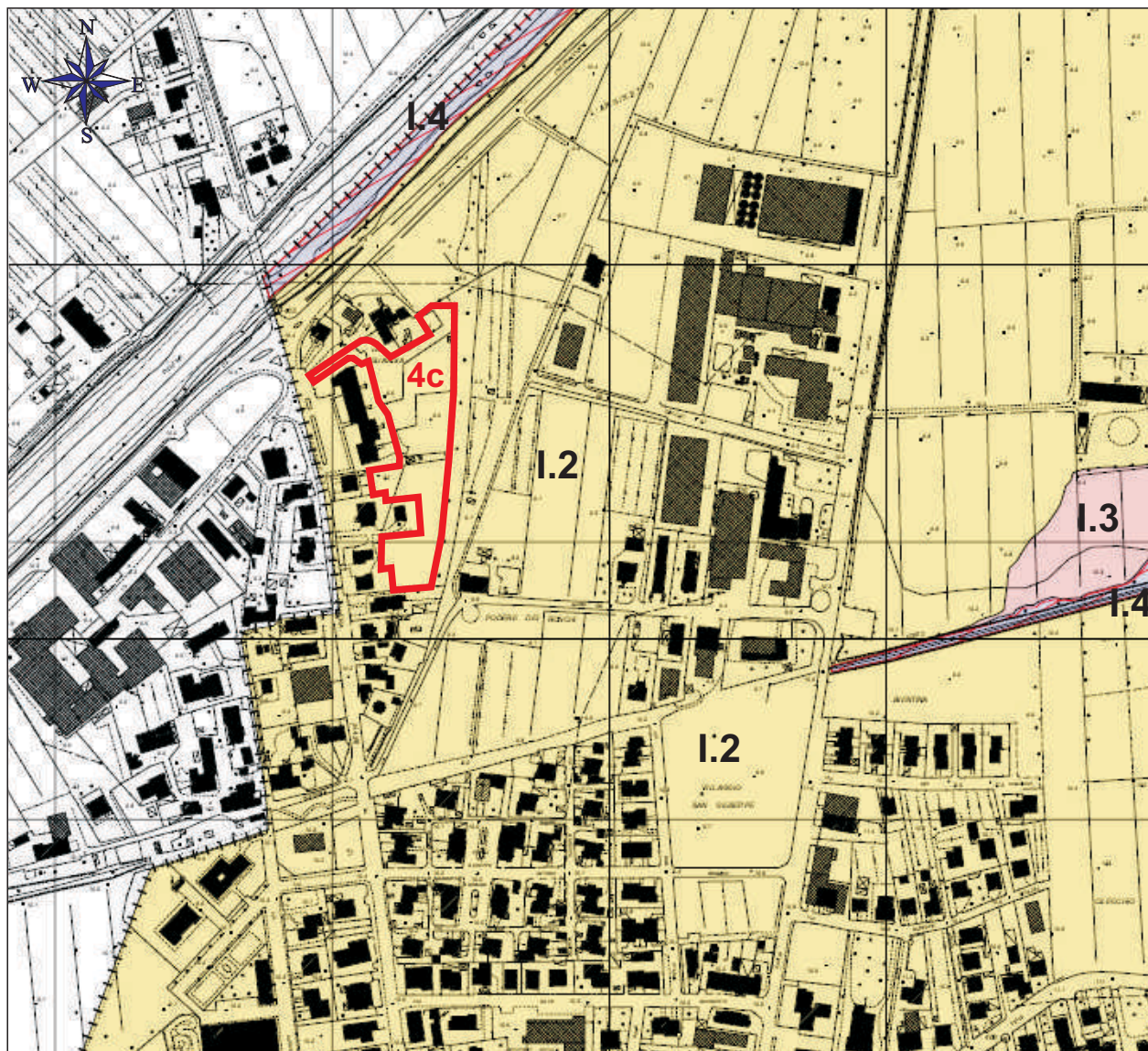
TERRENI A BASSA PERMEABILITA'

 per porosità (ALRa)

TERRENI A MOLTO BASSA PERMEABILITA'

 per porosità (PC)

 **4c** Area oggetto di Variante

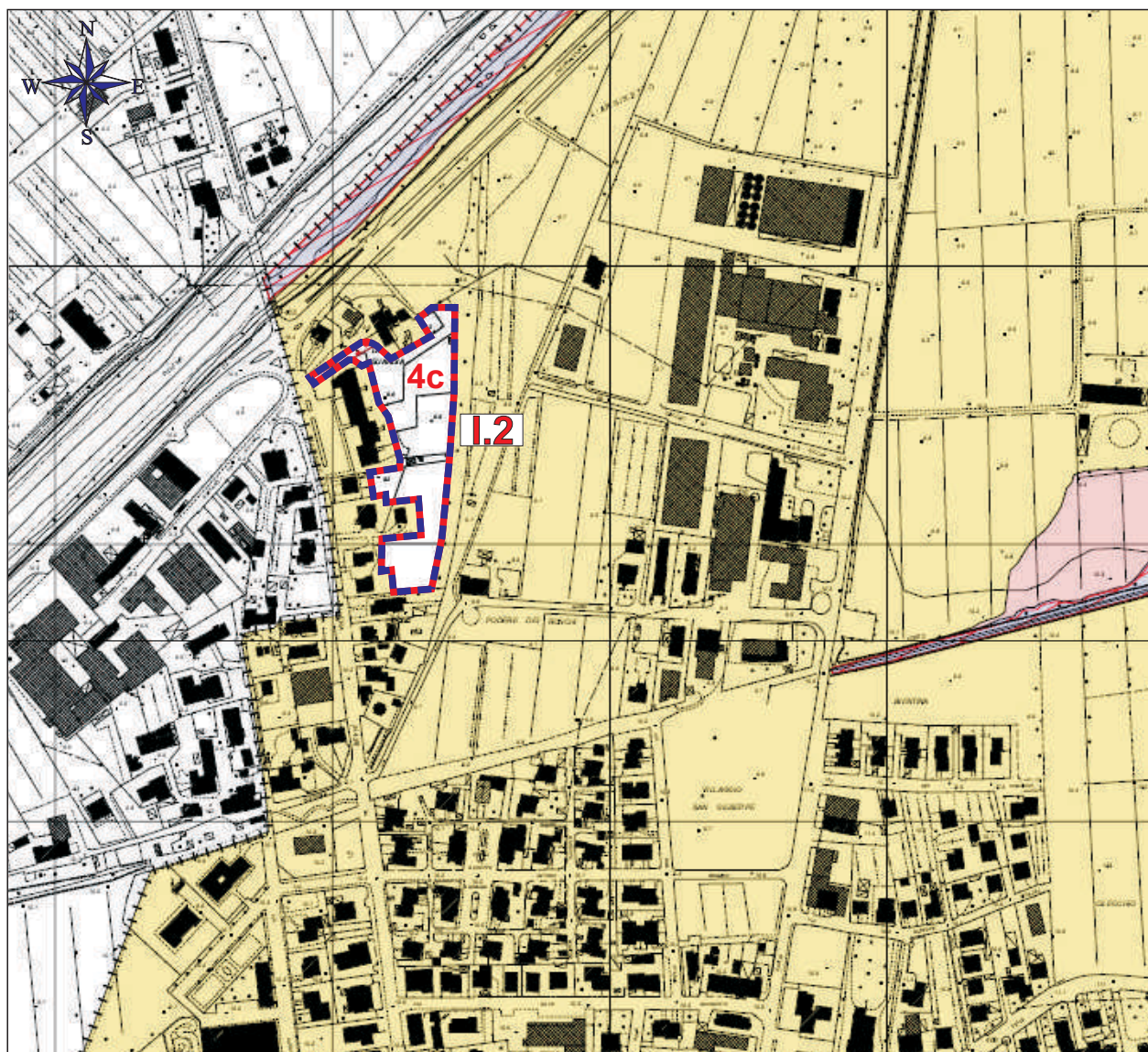


ALL.19 CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA 26/R - scala 1:5.000
(estratta dagli elaborati del P.S. comunale)

LEGENDA

AREE A PERICOLOSITA'
IDRAULICA
ai sensi del DPGR 26/R/07

	I.1 - Pericolosità idraulica bassa	[aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni: a) non vi sono notizie storiche di inondazioni b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda]
	I.2 - Pericolosità idraulica media	[aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < Tr \leq 500$ anni]
	I.3 - Pericolosità idraulica elevata	[aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < Tr \leq 200$ anni]
	I.4 - Pericolosità idraulica molto elevata	[aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr \leq 30$ anni]
	Aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr \leq 20$ anni (nella zona analizzata dalle verifiche idrologico-idrauliche)	
	4c	Area oggetto di Variante



ALL.20 CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA 53/R - scala 1:5.000

LEGENDA

AREE A PERICOLOSITA'
IDRAULICA
ai sensi del DPGR 53/R/11



I.1 = Pericolosità idraulica bassa



I.2 = Pericolosità idraulica media



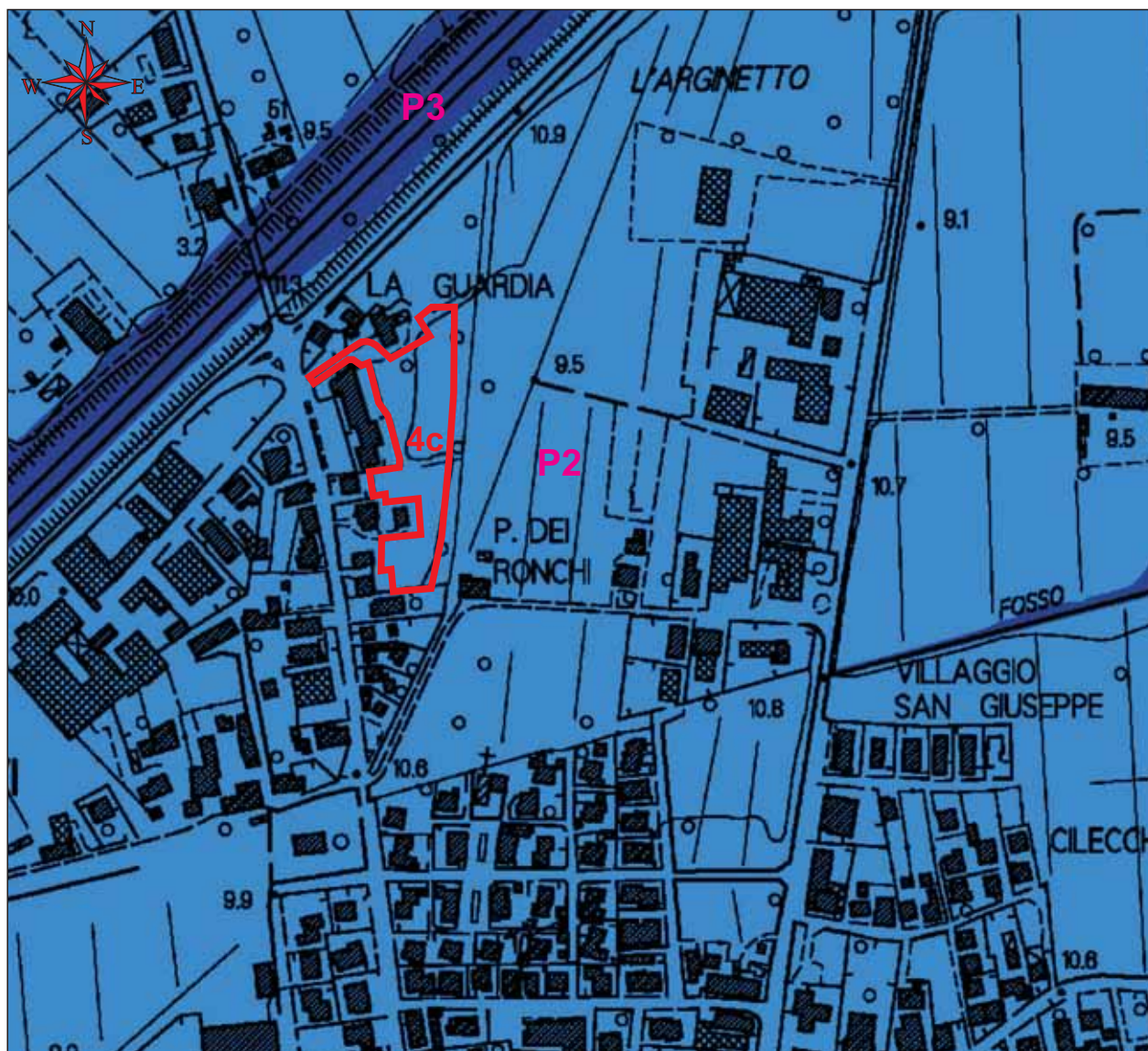
I.3 = Pericolosità idraulica elevata



I.4 = Pericolosità idraulica molto elevata



4c Area oggetto di Variante

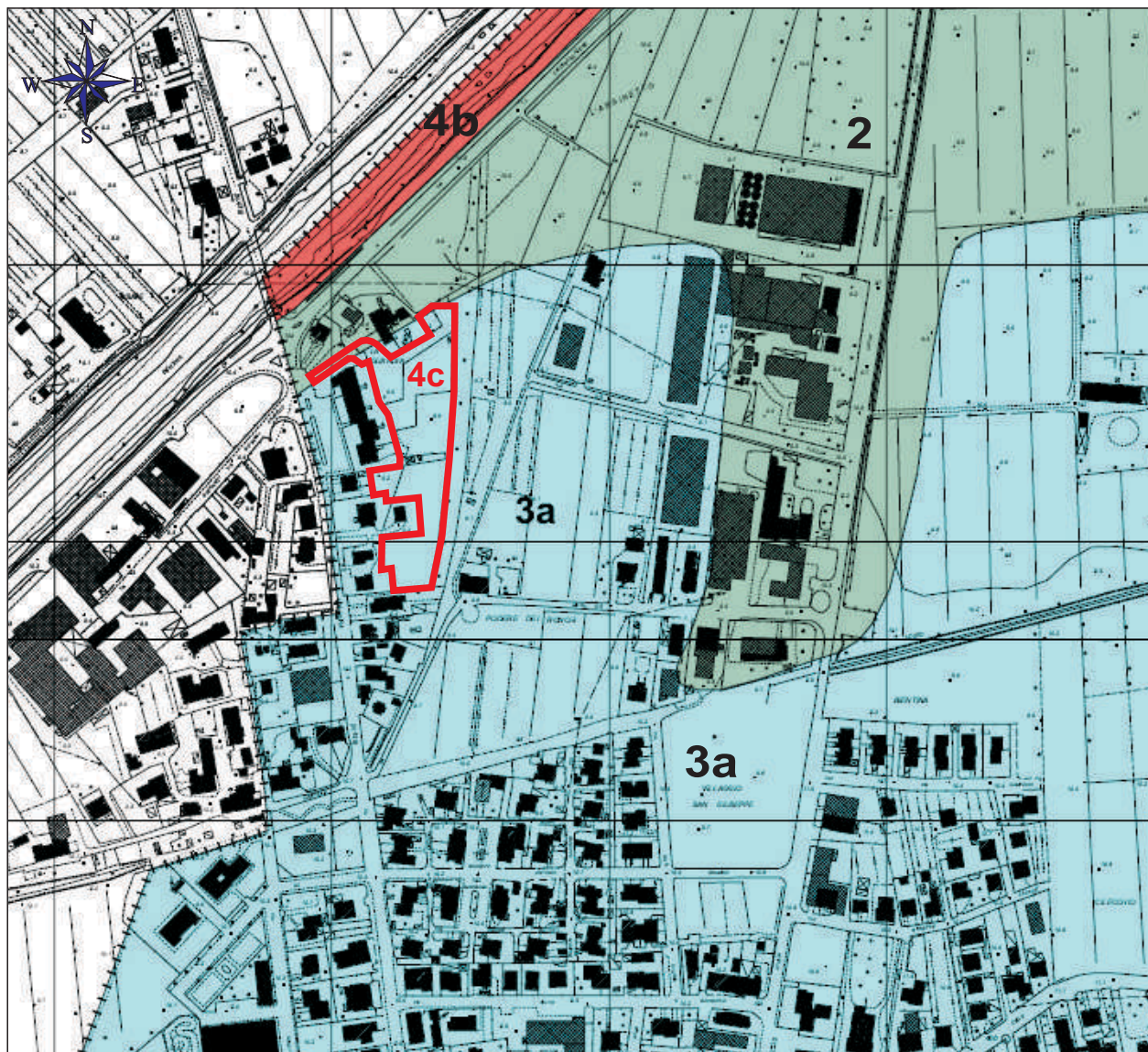


ALL.21 PERICOLOSITA' IDRAULICA P.G.R.A. - SCALA 1:5.000
(ingrandita dal 10.000)

DISTRETTO IDROGRAFICO APPENNINO SETTENTRIONALE
PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI - P.G.R.A.
AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ARNO
STRALCIO n. 356 - MARZO 2016

LEGENDA

- P1 - Pericolosità da alluvione bassa
(aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni
e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale)
- P2 - Pericolosità da alluvione media
(aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni
e minore/uguale a 200 anni)
- P3 - Pericolosità da alluvione elevata
(aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore/uguale a 30 anni)
- 4c Area oggetto di Variante



ALL.22 CARTA DELLA VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA - scala 1:5.000
(estratta dagli elaborati del P.S. comunale)

LEGENDA

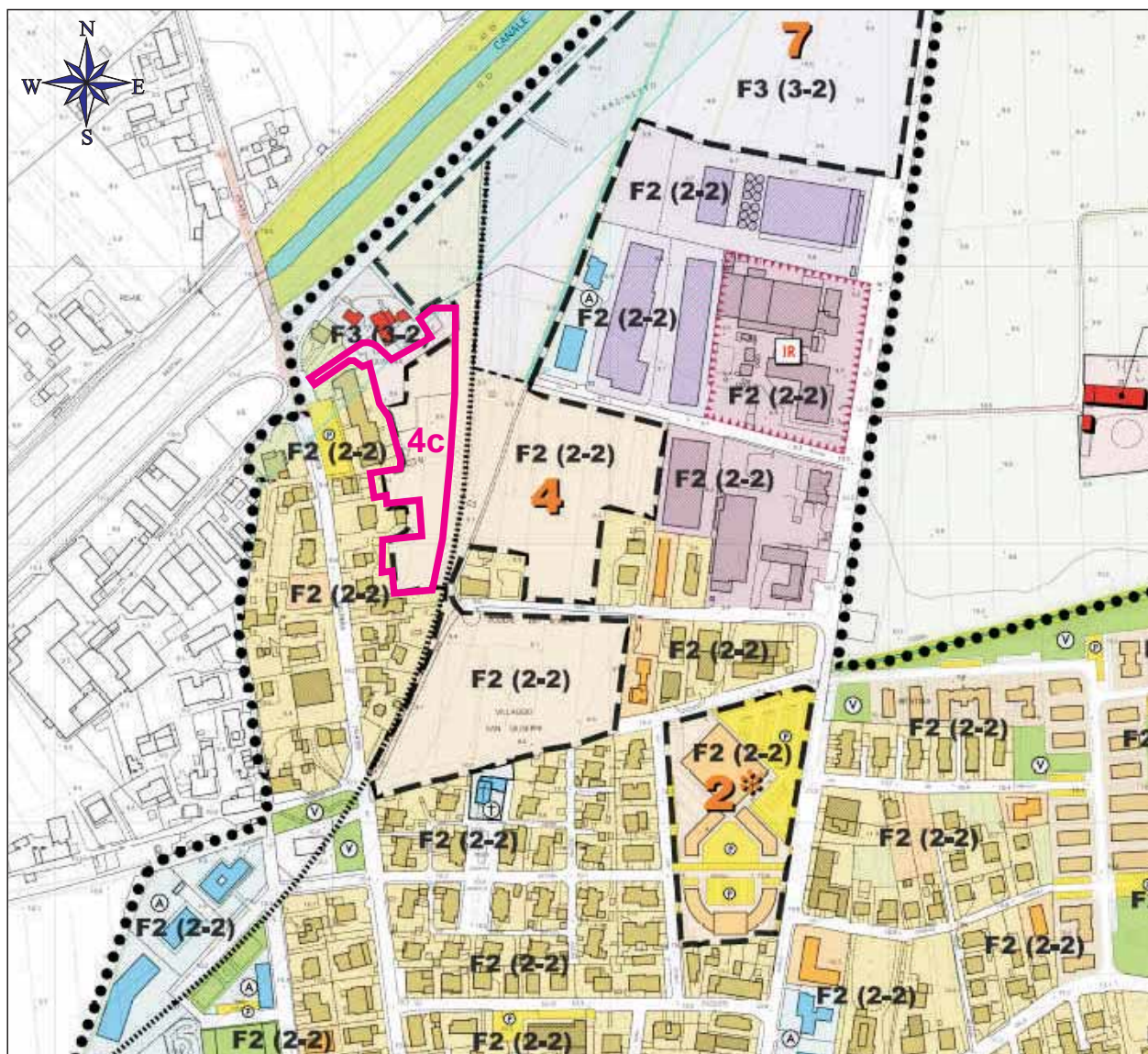
CLASSI DI VULNERABILITA'

(ai sensi del P.T.C. della Provincia di Pisa riadottato con D.C.P. 148/05)

	Classe 2 - vulnerabilità bassa	(corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica è apparentemente non vulnerabile)
	sottoclasse 3a	(corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un certo grado di protezione, insufficiente tuttavia a garantire la salvaguardia)
	sottoclasse 3b	(corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un grado di protezione mediocre)
	sottoclasse 4a	(corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un grado di protezione insufficiente)
	sottoclasse 4b	(corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata è esposta, cioè in cui si possono ipotizzare tempi estremamente bassi di penetrazione e di propagazione in falda di eventuali inquinanti)



Area oggetto di Variante



ALL.23 CARTA DELLA FATTIBILITA' 26/R - scala 1:5.000
(estratta dagli elaborati del P.S. comunale)

LEGENDA

Classe di Fattibilità massima

— Classe di Pericolosità relativa
agli aspetti geomorfologici

F3 (2-3)

— Classe di Pericolosità relativa
agli aspetti idraulici



4c

Area oggetto di Variante

F1 = Fattibilità senza particolari limitazioni

F2 = Fattibilità con normali vincoli

F3 = Fattibilità condizionata

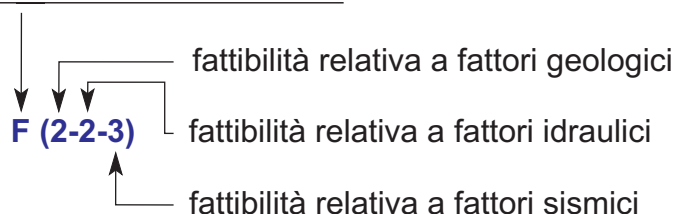
F4 = Fattibilità limitata

ALL.24 CARTA DELLA FATTIBILITA' 53/R
scala 1:5.000

LEGENDA

- F1** Fattibilità senza particolari limitazioni :
si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.
- F2** Fattibilità con normali vincoli :
si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.
- F3** Fattibilità condizionata :
si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.
- F4** Fattibilità limitata :
si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza che vanno individuati e definiti in sede di redazione del medesimo regolamento urbanistico, sulla base di studi, dati da attività di monitoraggio e verifiche atte a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.

Classi F di Fattibilità massima





ALL.24 CARTA DELLA FATTIBILITA' 53/R - scala 1:5.000

LEGENDA

Classe di Fattibilità relativa agli aspetti geologici
 |
 Classe di Fattibilità relativa
 agli aspetti idraulici
F(2-2-3)
 |
 Classe di Fattibilità relativa
 agli aspetti sismici
4c Area oggetto di Variante

F1 = Fattibilità senza particolari limitazioni
F2 = Fattibilità con normali vincoli
F3 = Fattibilità condizionata
F4 = Fattibilità limitata