

elaborato

6

oggetto

Analisi
geologica e
Studio di
compatibilità
idraulica

scala

Comune di Verona

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO

Lottizzazione denominata "PEGASO VILLAGE"

Scheda Norma n. 192 e 529 del P.I.

I PROGETTISTI

Dott. Arch. Gian Arnaldo Caleffi

Dott. Arch. Antonio Biondani

STAFF DI PROGETTAZIONE

LA PROPRIETA'

Pegaso srl
(Sig. Iliano Beltrame in qualità di legale rappresentante)

Cordioli Marisa

Cordioli Davide

TOPOGRAFIA
geom. Fidenzio Pasqualini

IMPIANTI


TECNOLOGIE INTEGRATE
p.i. Stefano Maggiotto

GEOLOGIA

Geol. Alessandro Rebonato

COMPATIBILITA' IDRAULICA
ing. Carlo Tagliaro

file: 3050_C11_a_A008_00_copertine rel.dwg

data	destinazione	OdP/FT	Rpt	RPg
25/03/2014	Comune di Verona	GP	GG	AB

Sistema di Qualità Architer certificato UNI EN ISO 9001:2000. Dati del controllo interno e archiviazione C1_08

Sistema di Qualità Architer
dati del controllo interno
validazione e archiviazione
C1_08_04 app. 28/04/09

ARCHITER srl

Via Gobetti, 9 - 37138 Verona tel. 045 890 39 22 (3 linee r.a.) fax 045 890 42 22 architer@architer.it www.architer.it



arch. Antonio Biondani biondani@architer.it arch. Gian Arnaldo Caleffi caleffi@architer.it arch. Giulia Ghirardi ghirardi@architer.it geom. Laura Muner muner@architer.it
N. di iscrizione del registro delle imprese di Verona, Autorità per la Vigilanza sui Lavori Pubblici, Codice Fiscale e Partita IVA 03085680233 INARCASSA S1003257 CCIAA
di Verona n° 307754 Capitale sociale: € 10.000,00 i.v. UNICREDIT BANCA ag. B 3084 VR Borgo Milano Codice IBAN IT 72 J 02008 11717 000040729077

Società di ingegneria certificata UNI EN ISO 9001:2008 per il campo di applicazione: Progettazione integrale, direzione lavori e coordinamento della sicurezza per la costruzione e la ristrutturazione di: edifici civili ed industriali; opere di urbanizzazione. Sviluppo di piani territoriali ed esecuzione di studi ambientali.



P.U.A. “Pegaso Village” in S.Massimo

Analisi geologica, geomorfologica e idrogeologica dell'intervento

In allegato:

- corografia geologica in scala 1:17.500
- carta della fragilità del P.A.T.:
estratto della carta della fragilità
legenda della carta della fragilità
- ubicazione da GOOGLE Earth
- ubicazione indagini geognostiche in scala 1:800
- stratigrafie:
pozzo idrico in via Bresciana
sondaggi S1-2-3 eseguiti in zone limitrofe
trincee T1-2-3 eseguite nell'area d'intervento
- prove di permeabilità eseguite nei sondaggi S1-2
- prove di laboratorio eseguite su campioni recuperati dai sondaggi S1-2
- linee sismiche MASW eseguite in zone limitrofe:
colonne sismostratigrafiche delle linee sismiche MASW M1-2-3
velocità Vs del sottosuolo indagato dalle linee sismiche MASW M1-2-3
- parametri sismici del sito in conformità alle NTC 2008

1.0. - PREMESSA

L'area sottesa dal P.U.A. denominato "Pegaso Village" giace alla periferia occidentale dell'area urbana e della frazione di S.Massimo, restando poche decine di metri ad Ovest di via Ormanetto mentre a Sud è confinata dal tratto più occidentale di via Rodi.

Essa comprende i mappali n.111, 159, 176, 177, 178, 189, 193, 196, 197, 361, 368, 372, 373, 376, 378 e 380 al Foglio n.237 del catasto terreni comunale, e si estende su di una superficie di 9.227 mq.

Fin ad un paio di anni fa buona parte dell'area, come evidenziato dall'allegata ripresa di Google Earth del 2009 oltre che dalla C.T.R., era occupata dai capannoni e depositi della Floricoltura F.lli Mirandola.

L'area sarà suddivisa in 7 lotti di dimensioni variabili da 512 a 847 mq, cui si accederà con strada interna alla lottizzazione che prenderà inizio da via Rodi e che, con andamento sinuoso, intersecherà la lottizzazione da S.E. a N.O.

Entro i lotti saranno realizzati fabbricati abitativi che si eleveranno per due piani fuori terra e che saranno altresì dotati di piano interrato.

I reflui domestici dei costruendi fabbricati saranno convogliati alla rete fognaria comunale.

Nell'ambito dei lavori di lottizzazione sarà altresì ampliato il tratto di via Rodi che da via Ormanetto si allunga per una cinquantina di metri ad Ovest confinando a meridione l'area in esame.

Ai lati della strada di lottizzazione e lungo il fianco settentrionale del tratto di via Rodi che confina l'area a meridione, verranno realizzati parcheggi per autovetture e spazi verdi.

2.0. - ASSETTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

2.1. - Inquadramento geologico e stratigrafico

L'area sottesa dal P.U.A. giace a quota prossima agli 80 m s.l.m.; essa insiste nell'alta pianura veronese ed è compresa entro il cosiddetto "conoide antico" dell'Adige che sovrasta, con scarpata di terrazzo che si svolge meno di un chilometro più ad Est, il piano di divagazione recente solcato dall'alveo attuale del fiume.

Entro il conoide antico atesino il sottosuolo è costituito da depositi alluvionali e fluvioglaciali di granulometria prevalentemente ghiaio-sabbiosa e ciottolosa, celati da coltre di suolo agrario eluviale di spessore raramente superiore al metro: in base alla "Carta della fragilità" del P.A.T. del Comune di Verona tale sottosuolo costituisce un terreno "ottimo" (ovvero senza alcun limite all'edificabilità, ai sensi dell'art.37.03 del P.A.T. medesimo) quanto al grado di penalità ai fini edificatori.

Le alluvioni ghiaio-sabbiose del conoide antico atesino sono state sfruttate per la produzione di inerti e materiali da sottofondo in numerose cave una delle quali, dismessa da diversi anni ma originariamente approfondita fin circa a quota 50 s.l.m., si estendeva 600 metri più a Sud dell'area in esame.

In base alle stratigrafie di un pozzo idrico ubicato presso via Bresciana meno di 400 m più a N.E., e di 3 sondaggi eseguiti con carotaggio continuo (S1 ed S2 realizzati presso l'ex-seminario America Latina 800 m più a S.O., ed S3 entro la lottizzazione "Solaris" 600 m più ad Est), i depositi ghiaio-sabbiosi e ciottolosi raggiungono una potenza accertata di oltre 50 metri (ovvero fin sotto i 30 m di quota s.l.m.) e risultano privi di intercalazioni sabbiose e limo-argillose di apprezzabile spessore.

2.2. - Idrogeologia

Il materasso alluvionale ghiaio-sabbioso ospita un potente acquifero freatico alimentato dagli afflussi meteorici ed irrigui, che si estende per parecchie decine di chilometri quadrati all'intorno del capoluogo provinciale.

Da tale acquifero attingono numerosi pozzi per uso irriguo ed acquedottistico: i più vicini pozzi ad uso potabile (rappresentati da quelli della centrale di "Acque veronesi" di S.Massimo) restano peraltro almeno 900 metri lungi e ad Est dell'area in esame.

In base alla "Carta idrogeologica dell'alta pianura dell'Adige" (DAL PRA' & DE ROSSI, 1989) all'intorno dell'area in esame la superficie freatica ha raggiunto, nel corso del periodo di piena dell'agosto 1986, quota compresa tra 52 e 53 m s.l.m.: quindi la superficie freatica quivi resta di norma ad una trentina di metri sotto il piano

campagna.

Il regime dell'acquifero è caratterizzato da piene tardo-estive e da magre invernali, con un'escursione media annua contenuta in 3-4 metri; in base alla summenzionata "Carta idrogeologica", la superficie freatica declina verso Sud-Est con gradiente quivi inferiore allo 0,1%, e viene a giorno in corrispondenza di risorgive che peraltro distano più di 8 chilometri dall'area in esame.

A fronte dell'elevata porosità del materasso alluvionale e della limitata soggiacenza della superficie freatica, la già menzionata "Carta della fragilità" del P.A.T. ascrive l'area in esame all'Unità "A" cui corrisponde una "vulnerabilità intrinseca alta" del sottostante acquifero.

2.3. - Reticolo idrografico superficiale e permeabilità del sottosuolo

Il materasso alluvionale ghiaio-sabbioso costituisce un mezzo dotato di elevata permeabilità per porosità, entro il quale rapidamente s'infiltrano le acque meteoriche e irrigue; ciò ha impedito che s'instaurasse un reticolo idrografico superficiale naturale: gli unici corsi d'acqua sono rappresentati da canali rivestiti in cls, che convogliano ai fondi agricoli le acque irrigue.

In base a misure registrate nel corso di prove di assorbimento condotte a carico costante in trincee scavate nell'alta pianura (cfr. ANTONELLI & DAL PRA' in "Caratteristiche del sottosuolo nella pianura veronese in relazione alla possibilità di smaltimento di acque bianche per dispersione", 1974), il coefficiente di permeabilità delle alluvioni ghiaio-sabbiose più superficiali risulta compreso tra 1×10^{-1} e 3×10^{-2} cm/s; nelle trincee più vicine all'area d'intervento (indicate nella allegata corografia geologica con le sigle K15 e K18 ed ubicate da 150 a 500 m più a N.E.) il coeff. di permeabilità valutato dagli Autori citati è di circa 5×10^{-2} cm/s.

Il coeff. di permeabilità delle ghiaie superficiali è stato altresì valutato (con la correlazione di NASBERG riportata da CASSAN, 1986, valida per terreni come quelli in esame che restano ben al di sopra della superficie freatica) in due prove condotte con carico costante ed a pochi metri di profondità entro i fori dei due sondaggi S1 ed S2 ubicati 800 m più a S.O.; come riportato nelle allegate tabelle di prova, il coeff. di permeabilità risultò compreso tra 9×10^{-3} e 2×10^{-2} cm/s.

2.4. - Situazione locale

Al fine di verificare l'effettiva natura e profondità dell'immediato

sottosuolo, sul quale insisteranno le pavimentazioni delle opere viarie in progetto e che sarà interessato dagli scavi richiesti per alloggiare i piani interrati e dalle opere disperdenti delle acque meteoriche, si sono eseguite n.3 trincee geognostiche a mezzo di escavatore meccanico, elencate con le sigle T1-2-3 e rispettivamente ubicate da Sud a Nord lungo la costruenda strada di lottizzazione.

Le tre trincee sono state approfondite per circa 2,5 m sotto il piano di campagna e, come illustrato nelle stratigrafie allegate, hanno raggiunto il sottosuolo ghiaio-sabbioso e ciottoloso di color chiaro, ben addensato e tenace allo scavo, a profondità variabile da 0,9 a 1,3 m dal piano di campagna.

Esso è sormontato da coltre ghiaiosa biancastra mediocrementemente cementata per l'essiccamento superficiale, cui si sovrappone il suolo agrario terroso con sparsa ghiaia di colore brunastro.

Com'era lecito attendersi, non si sono rilevate emergenze idriche entro gli scavi i cui fianchi subverticali si sono conservati stabili anche se localmente sconfigurati per la rimozione dei ciottoli di maggiori dimensioni (anche più di 40 cm).

3.0. - COMPORTAMENTO MECCANICO DEL SOTTOSUOLO

3.1. - Caratteristiche geotecniche

Il comportamento meccanico del sottosuolo ghiaio-sabbioso è assimilabile a quello di un mezzo incoerente, la cui resistenza al taglio è quasi esclusivamente governata dalla resistenza d'attrito tra i clasti; all'angolo d'attrito di tale materiale possono essere assegnati i seguenti valori indicativi:

- angolo d'attrito drenato di picco: $\phi'_p = 45^\circ$
- angolo d'attrito drenato a volume costante: $\phi'_{cv} = 32^\circ$

Si tratta di un orizzonte rapidamente drenante e dotato di mediocri compressibilità, che per la maggior parte si esaurisce immediatamente all'atto di applicazione dei sovraccarichi.

Come riportato da ANTONELLI & DAL PRA' in op.cit., esso è prevalentemente costituito da ciottoli e ghiaia (oltre il 60% del totale) con subordinata frazione sabbiosa e trascurabile tenore di fine limo-argilloso: infatti il passante al setaccio da 0,075 mm è raramente eccedente il 5% del totale.

Tali valutazioni trovano conferma nelle analisi di laboratorio condotte su campioni recuperati dai summenzionati sondaggi S1 ed S2, in base alle quali il materiale ghiaio-sabbioso risulta ascritto al gruppo A-1-a secondo UNI-HRB ed alla classe GW o tutt'al più SW-SM secondo U.S.C.S.

Le prove S.P.T. condotte nei fori dei due sondaggi S1 ed S2 (riportate nelle allegate colonne stratigrafiche dei sondaggi medesimi) hanno sovente raggiunto il rifiuto (che convenzionalmente si assume quando si superano i 50 colpi per conseguire un'infissione di 15 cm della punta o campionatore S.P.T.), vuoi per l'elevato addensamento del materiale che per la presenza di grossi ciottoli; in ogni caso solo occasionalmente le prove hanno riscontrato una resistenza normalizzata S.P.T. inferiore a $N_{60}=30$.

3.2. - Sollecitazioni sismiche

3.2.1. Sismicità storica

In base al "Modello sismo-tettonico dell'Italia nord-orientale" (CNR-GNDT, 1987), la città di Verona è caratterizzata da sismicità anche elevata: essa è stata interessata da "terremoti storici (precedenti il XVI° secolo) forse i più forti tra quelli che hanno interessato l'arco alpino".

Il rischio sismico è documentato da numerosi eventi riportati nel "Catasto dei terremoti dal 238 al 1984 d.C.", la cui intensità è stata desunta dalle descrizioni dei

cronisti dell'epoca, e solo nell'ultimo secolo da registrazioni sismografiche: in particolare, terremoti distruttivi (con intensità compresa tra l'8° ed il 10° grado della scala MCS) con epicentro presso Verona sono segnalati nel 254, 894, 1001, 1095, 1183, 1277, 1298, 1367, 1403, 1410, 1487, 1492 e 1891 d.C.; nel 1117 la città fu sconvolta da un sisma che forse raggiunse l'11° grado MCS.

Il sisma più recente è occorso il 24/01/2012 con epicentro pochi chilometri a Nord della città ove per la sua vicinanza è stato avvertito con carattere sussultorio: esso ha raggiunto una magnitudo $M_I=4,2$.

In base alla più recente zonazione sismica (ZS9) redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), il veronese e le zone limitrofe sono comprese nella "zona sismogenetica 906" che si estende nella fascia pedemontana dalla sponda bresciana del lago di Garda ad Ovest fin oltre il territorio vicentino ad Est.

Nella zona sismogenetica 906 della ZS9 la profondità degli ipocentri è di norma prossima agli 8 km; vi è la probabilità che, una volta ogni 1000 anni, essa sia interessata da un terremoto distruttivo di magnitudo $M = 6,6$ (cui corrisponde un'intensità sismica del 10° grado secondo la MCS).

A fronte di tale situazione, le OPCM n.3274 del 2003 e n.3519 del 2006 hanno ascrivito il territorio del Comune di Verona, precedentemente non classificato, a zona sismica n.3.

3.2.2. Indagini sismiche

Nell'ambito di precedenti studi, la velocità di propagazione delle onde trasversali o di taglio V_s nel sottosuolo ghiaio-sabbioso è stata verificata lungo tre linee sismiche, che sono state eseguite con procedura MASW a cura di Geogtesting s.r.l.; due linee sono state ubicate presso l'ex seminario per l'America Latina a S.O. (M1 ed M2), la terza in fregio a via Lugagnano circa 500 m a Sud dell'area in esame (M3).

Come illustrato nelle colonne sismostratigrafiche desunte dalle linee MASW ed allegate alla presente relazione, fino ai 30 metri sotto il piano di campagna sono stati individuati da 5 a 7 successivi sismostrati caratterizzati da V_s crescente con la profondità (da meno di 200 m/s presso la superficie in M3 a più di 500 m/s a 10 m di profondità in M3, ed a 25 m in M1 ed M2).

Il valor medio V_{s30} (calcolato entro i 30 m di profondità con la relazione riportata al c.3.2.2 delle NTC 2008) varia da 386 a 406 m/s.

I valori di V_s sono direttamente correlabili correlati al peso di volume naturale γ ed al modulo di taglio a piccole deformazioni G_0 , rispettivamente con le relazioni (riportate in FHWA NHI-01-031 del maggio 2002):

$$\gamma \text{ (t/mc)} = [8,32 \times \log(Vs) - 1,61 \times \log(z)]/10$$

$$Go = \rho \times (Vs)^2 = \gamma/g \times (Vs)^2$$

essendo z = profondità valutata al centro di ciascun sismostrato considerato

ρ = densità del materiale di ciascun sismostrato

g = accelerazione di gravità.

Come riportato nella tabella allegata, il peso di volume del sottosuolo ghiaio-sabbioso di norma varia da poco meno di 1,9 presso la superficie a quasi 2,1 t/mc in profondità; il modulo Go aumenta con la profondità al pari di Vs , variando da meno di 100 MPa presso la superficie a oltre 500 MPa in corrispondenza al sismostrato basale.

3.2.3. Sismicità attesa e categoria di sottosuolo

In conformità all'OPCM n.3519 del 28/04/06, il territorio comunale corrisponde ad aree di sismicità medio-bassa con un valore di ancoraggio dell'accelerazione orizzontale del suolo che, come segnalato nelle mappe di pericolosità sismica redatte da INGV per l'OPCM medesima, può variare tra 0,15 e 0,175 g per un tempo di ritorno $Tr=475$ anni ovvero con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

I valori delle azioni sismiche sono stati ulteriormente precisati dalle NTC del gennaio 2008, entrate in vigore dal 01/07/09: nella tabella allegata si sono riportati i valori dei parametri a_g (accelerazione orizzontale massima), F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale), T_c^* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) su sito di riferimento rigido orizzontale e per tempi di ritorno Tr compresi fra 30 e 2475 anni (cui corrispondono rispettivamente probabilità di superamento $P_{vr}\%$ in 50 anni variabili dall'81 al 2%), desunti dal foglio di calcolo "Spettri NTC ver.1.0.3" del C.S.L.P. in funzione delle coordinate geografiche dell'area sottesa dal "Pegaso Village".

In particolare sulla verticale del sito in esame, per $Tr=475$ anni e $P_{vr}=10\%$, risulta $a_g=0,159$ g: per tale valore va calcolato lo SLV di opere con vita utile o nominale $VN = 50$ anni e classe d'uso II di cui alla Tab.2.4.2. delle NTC 2008 la cui vita di riferimento VR vale:

$$VR = VN \times CU = 50 \times 1,0 = 50 \text{ anni}$$

Come segnalato in precedenza, il sottosuolo è quivi rappresentato da depositi ghiaio-sabbiosi verosimilmente caratterizzati da $Vs_{30}>360$ m/s; in tale situazione, ferma restando l'esigenza di una verifica in fase di progettazione esecutiva dei fabbricati abitativi, il sottosuolo può essere ascritto alla categoria B definita al comma 3.2.2. delle NTC 2008; in base alla Tab.3.2.V delle NTC 2008 si assume quindi:

- coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s :

$$1,00 \leq (1,4 - 0,4 \times F_o \times a_g/g) \leq 1,20$$

- coefficiente C_c :

$$1,10 \times (T_c^*)^{-0,20}$$

e nella tabella allegata sono riportati i relativi valori in funzione di T_r ; in particolare, per lo SLV (ovvero per $T_r=475$ anni risulta $S_s = 1,20$).

Il sito giace in zona del tutto pianeggiante, sicché ai sensi della Tab.3.2.4. delle NTC 2008 va ascritto alla categoria topografica T1 cui corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica $S_t=1,0$.

In conformità al comma 3.2.3.2. delle NTC 2008, il coeff. di amplificazione che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche vale quindi per lo SLV:

$$S = S_s \times S_t = 1,2 \times 1,0 = 1,2$$

sicché l'accelerazione orizzontale di picco sulla verticale del sito per la classe d'uso II è pari a:

$$a_{max} = a_g \times S = 0,159 \times 1,2 = 0,191 \text{ g}$$

A fronte dell'elevata soggiacenza della falda idrica, il sottosuolo è di norma anidro per una trentina di metri di profondità: non vi è quindi il rischio nè di deformazioni conseguenti a fenomeni di liquefazione, nè di riduzioni della resistenza al taglio del sottosuolo per le pressioni interstiziali indotte ad eventi sismici.

4.0. - PRESCRIZIONI E RACCOMANDAZIONI

4.1. - Fattori di pericolosità geologica

Come segnalato nei precedenti paragrafi l'area interessata dal P.U.A. in esame è del tutto pianeggiante: essa è senz'altro stabile e non risulta coinvolta da fenomeni franosi od erosivi, nè è soggetta al rischio di sommersione per tracimazione di corsi d'acqua, ristagno di acque superficiali o risalita di acqua di falda.

Il sottosuolo naturale è celato da meno di un metro di suolo agrario terroso ed è superficialmente alterato e reso mediocrementemente cementato dall'essiccamento; al di sotto di tale coltre d'alterazione, di qualche decimetro di spessore, esso risulta costituito da materasso alluvionale di granulometria quasi esclusivamente ghiaio-sabbiosa e di elevata permeabilità per porosità: tale deposito si estende per parecchie decine di metri di profondità ed ospita un acquifero freatico la cui superficie piezometrica resta di norma ad una trentina di metri sotto il piano di campagna; peraltro, non essendo protetto da intercalazioni limo-argillose, l'acquifero è caratterizzato da un'elevata vulnerabilità a fronte del rischio di contaminazione dalla superficie.

Il territorio comunale è stato ascritto a zona sismica di tipo 3 dall'OPCM n.3274; in prima approssimazione ed in base ai risultati di tre linee sismiche MASW, peraltro eseguite alcune centinaia di metri più a Sud e S.O., il sottosuolo risulta ascritto alla categoria B di cui alla Tab.3.2.II; vi corrisponde un'accelerazione sismica orizzontale di picco per lo SLV di opere con classe d'uso II e vita di riferimento VR=50 anni pari a:

$$a_{max} = 0,191 g$$

4.2. - Opere di fondazione

Ad evitare l'insorgere di cedimenti differenziali anche elevati è opportuno che il piano di posa, sia delle opere di fondazione dei costruendi edifici che del sottofondo delle strade di lottizzazione, sia sempre approfondito al di sotto della coltre di suolo agrario terroso, così da attestarsi sul sottosuolo naturale ghiaio-sabbioso.

Tale idoneo piano di sedime, che costituisce un mezzo rapidamente drenante e di trascurabile compressibilità, sarà di norma raggiunto a meno di un metro di profondità sotto il piano naturale di campagna.

Ferma restando l'esigenza che la progettazione dei singoli manufatti sia condotta sulla base di indagini geognostiche e geotecniche, in prima approssimazione il carico unitario limite di fondazioni superficiali attestato sul sedime ghiaio-sabbioso può essere valutato in funzione di un peso di volume naturale $\gamma \approx 1,9 \text{ t/mc}$ e di un angolo d'attrito a volume costante $\phi'_{CV} = 32^\circ$ (cfr.3.1.), senza alcuna riduzione dovuta a

sovrapressioni interstiziali indotte dal sisma di progetto dal momento che il sottosuolo resta insaturo per circa 30 metri di profondità; il cedimento può essere stimato con un modulo elastico equivalente stimato in funzione di una resistenza normalizzata S.P.T. $N_{60} \geq 30$ del terreno di fondazione calcolata con la correlazione empirica (da AASHTO, 1996) :

$$E_s = 1.200 \times N_{60} \geq 36.000 \text{ KPa}$$

Le pavimentazioni stradali potranno essere dimensionate in funzione di un indice C.B.R. non inferiore al 10%, a condizione che il piano di posa costituito sul sottosuolo naturale ghiaio-sabbioso sia adeguatamente compattato con rullo vibrante.

4.3. - Scavi

Gli scavi richiesti per alloggiare i vani interrati si svolgeranno all'asciutto e risulteranno per buona parte realizzati entro il sottosuolo naturale ghiaio-sabbioso.

In virtù della cementazione superficiale e della coesione apparente conferita dall'essiccamento più in profondità, i fronti di scavo potrebbero conservarsi stabili sul breve termine anche con inclinazione subverticale: ma con tale geometria essi restano esposti al rischio di crolli anche improvvisi vuoi per vibrazioni sismiche od indotte dai mezzi d'opera, che in presenza di filtrazioni idriche (p.e. dovute ad acque meteoriche od irrigue, od anche a perdite di condotte interrate); ma la stabilità di fronti subverticali può risultare compromessa anche dalla sconfigurazione conseguente alla rimozione dei ciottoli di dimensioni pluridecimetriche

Per la sicurezza del personale, è quindi necessario che i fronti siano profilati con inclinazione non superiore ai 45°, cui corrisponde l'angolo d'attrito di picco del materiale ghiaio-sabbioso incassante (cfr.3.1.).

4.4. - Destinazione del materiale derivante dagli scavi

Gli scavi richiesti dalle opere di lottizzazione e per alloggiare i vani interrati saranno condotti entro suolo e sottosuolo naturali; il suolo terroso potrebbe essere utilizzato per la sistemazione delle aree verdi in progetto, mentre il sottosuolo ghiaio-sabbioso potrà trovare impiego per costituire i sottofondi stradali ed il rinterro drenante steso sui fronti di scavo a tergo dei muri perimetrali di vani interrati, oltre che anche per la produzione di inerti.

In ogni caso al materiale di scavo dei singoli cantieri vanno applicate le norme di cui alla D.G.R. n.179 dell'11/02/2013 per volumi inferiori ai 6.000, e di cui al D.M. n.161 del 10/08/2012 per volumi superiori.

Al riguardo va segnalato che buona parte dell'area era interessata, fino ad un paio d'anni or sono, da capannoni e piazzali di pertinenza della Floricoltura F.lli Mirandola.

4.5. - Smaltimento di acque reflue e meteoriche

Come già segnalato, l'acquifero freatico che satura il sottosuolo alluvionale è del tutto privo di protezione e caratterizzato, in base al P.A.T. del Comune di Verona, da una vulnerabilità intrinseca alta: è quindi necessario adottare tutti gli accorgimenti atti ad evitare il rischio che eventuali contaminanti vengano dispersi nel sottosuolo dove rapidamente raggiungerebbero la falda freatica.

A tale scopo, le acque reflue dovranno essere convogliate alla rete fognaria comunale; le acque meteoriche potranno invece essere disperse sul suolo o nel sottosuolo ghiaio-sabbioso: ma la dispersione delle acque di dilavamento di piazzali, strade, parcheggi, corsie di manovra e piani interrati dovrà prevedere l'installazione di dispositivi idonei a trattenere completamente scarichi di oli minerali, benzine, liquami leggeri.

In ogni caso le eventuali opere disperdenti dovranno essere collocate il più possibile lungi da opere di fondazione e preferibilmente al di fuori del perimetro dei costruendi fabbricati, al fine di evitare il dilavamento del sottostante terreno; per conseguire un'efficace dispersione è opportuno che il loro tratto filtrante sia realizzato entro il sottosuolo ghiaio-sabbioso e ciottoloso, al di sotto del suolo terroso e della coltre cementata di alterazione.

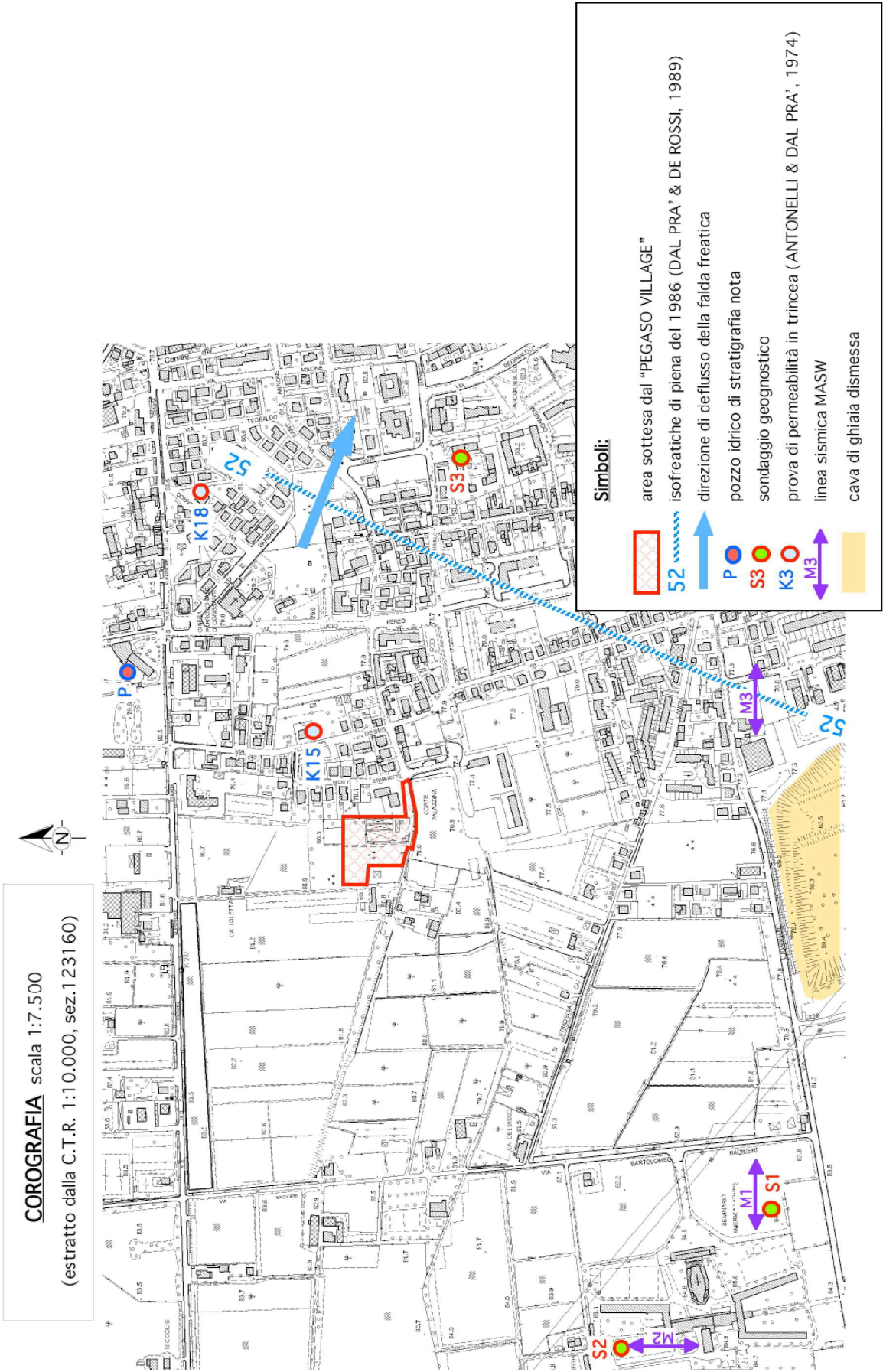
Ai fini del dimensionamento di opere disperdenti, in prima approssimazione e sulla scorta dei risultati di prove di permeabilità eseguite in scavi e fori di sondaggio ubicati alcune centinaia di metri lungi dall'area in esame, al sottosuolo ghiaio-sabbioso può essere attribuito un coefficiente iniziale di permeabilità $K = 0,01$ cm/sec.

In ogni caso le modalità di dispersione delle acque meteoriche dovranno essere definite in conformità al Piano di Tutela delle Acque in D.C.R. n.107 del 05/11/2009.

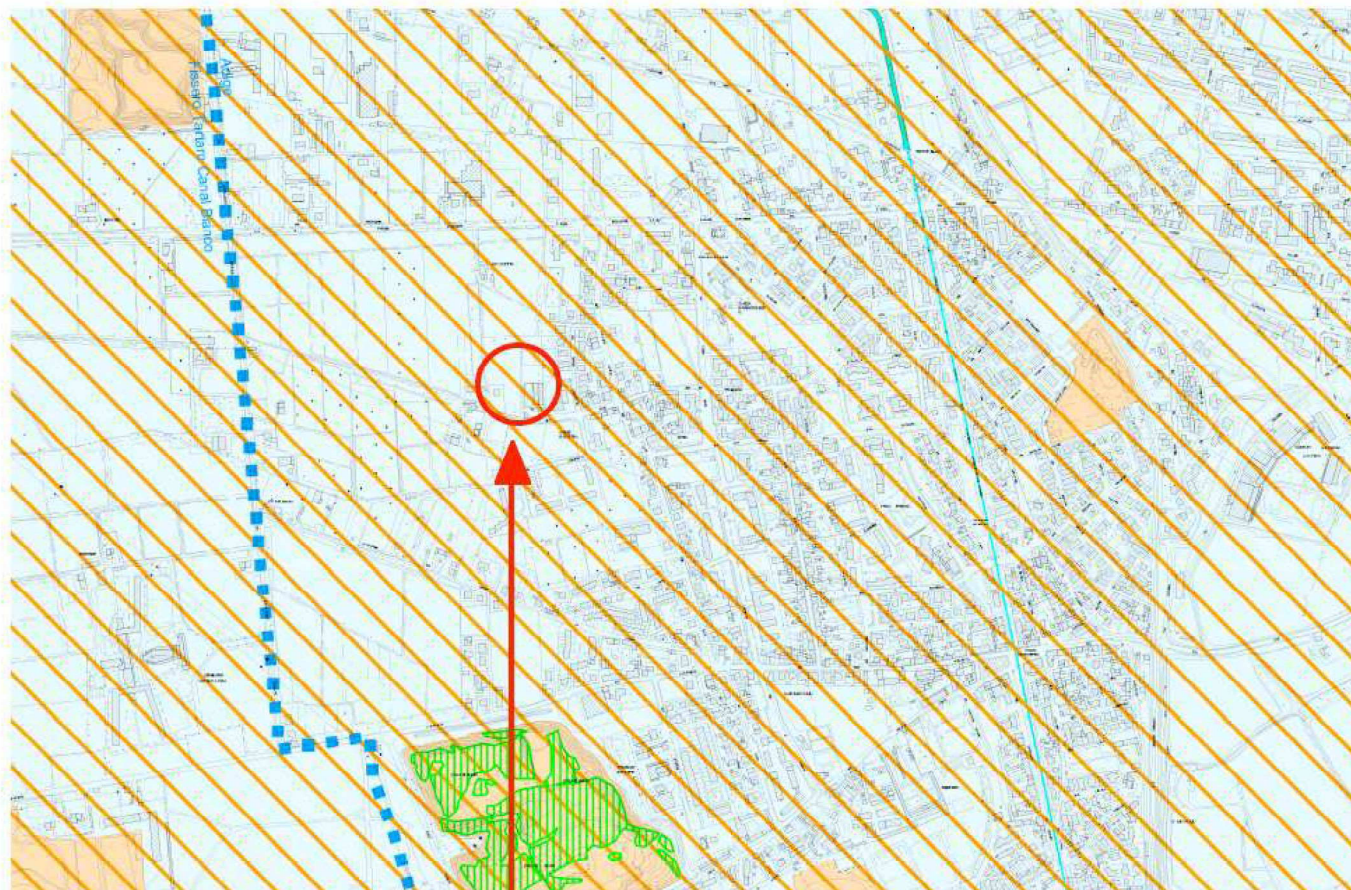
Dott. Geol. Alessandro Rebonato



Verona, 27/07/2013



Carta della fragilità
(estratto dal quadro 3 del P.A.T.)
scala 1:15.000



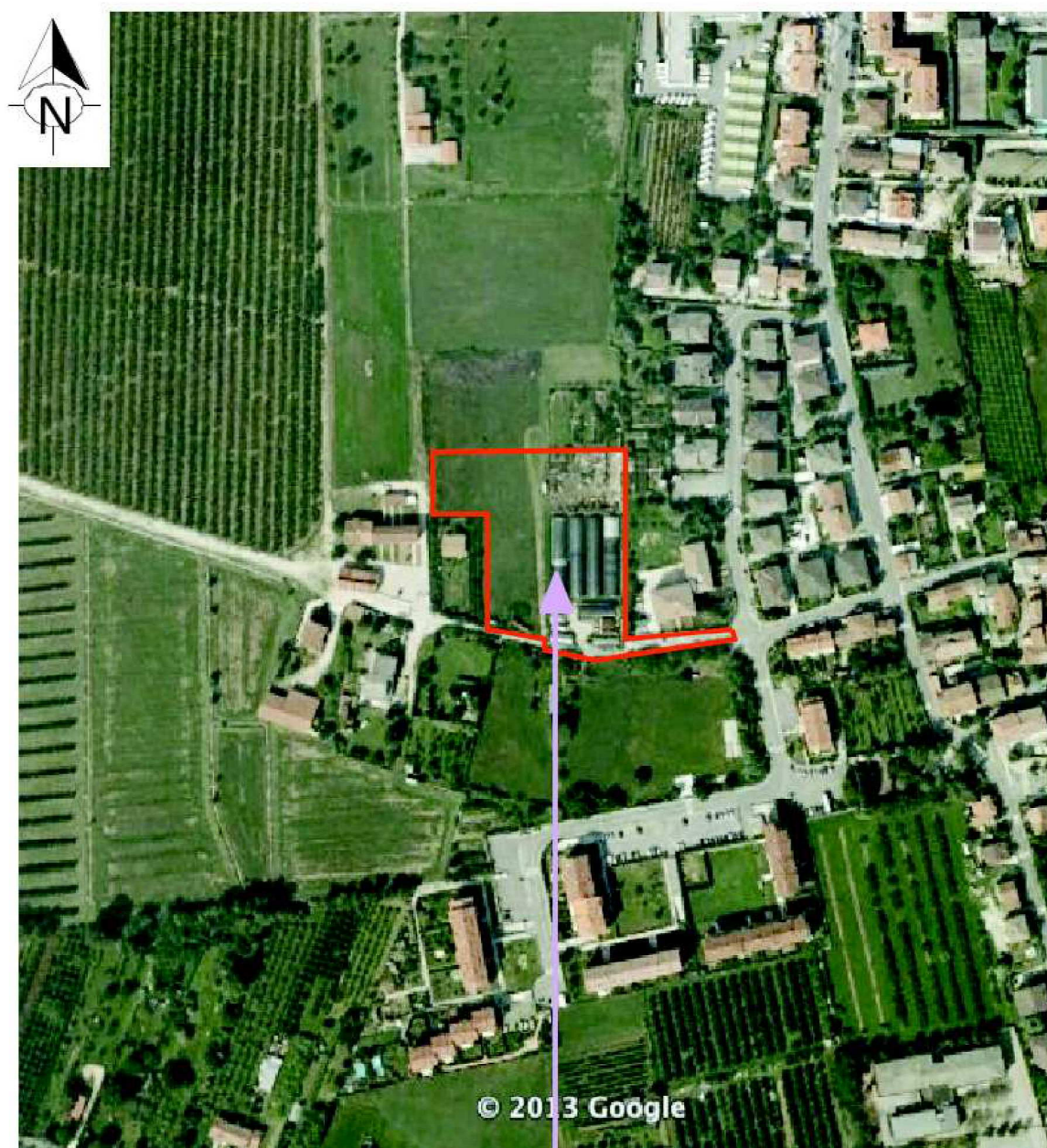
Carta della fragilità
(estratto dal P.A.T.)

LEGENDA

CONFINE COMUNALE	
PENALITA' AI FINI EDIFICATORI - art. 37	
TERRENO OTTIMO	
TERRENO BUONO	
TERRENO MEDIOCRE	
TERRENO SCADENTE	
TERRENO PESSIMO	
VULNERABILITA' INTRINSECA DEGLI ACQUIFERI - art. 38	
UNITA' E	
UNITA' A	
UNITA' M	
UNITA' B	
UNITA' C	
UNITA' V	
AREE SOGGETTE A DISSESTO IDROGEOLOGICO - art. 39	
AREE DI FRANA	
LIMITE DI BACINO IDROGRAFICO (Adige / Fiume Tevere Gola Bianca)	
CLASSI DI PERICOLOSITA' IDRAULICA DEL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME ADIGE	
MOLTO ELEVATA	
ELEVATA	
MEDIA	
MODERATA	
ALTRE COMPONENTI	
GOLENE - art. 32	
CORSI D'ACQUA E SPECCHI LAGUALI - art. 32	
AREE COMPRESSE I CORSI D'ACQUA E GLI ARGINI MAESTRI - art. 32	
AREE BOSCHIVE O DESTINATE A RIMBOSCHIMENTO - art. 40	
AREE PER IL RISPETTO DELL'AMBIENTE NATURALE, DELLA FLORA E DELLA FAUNA (S.I.C.) - art. 12	
AREE GIA' DESTINATE A BOSCO INTERESSATE DA INCENDI - art. 41	
AREE ARCHEOLOGICHE A RISCHIO - art. 5	
A	
B	
IMPIANTI AD ALTO RISCHIO - art. 42	

P.U.A. “Pegaso Village” in S.Massimo

- ubicazione da GOOGLE Earth -



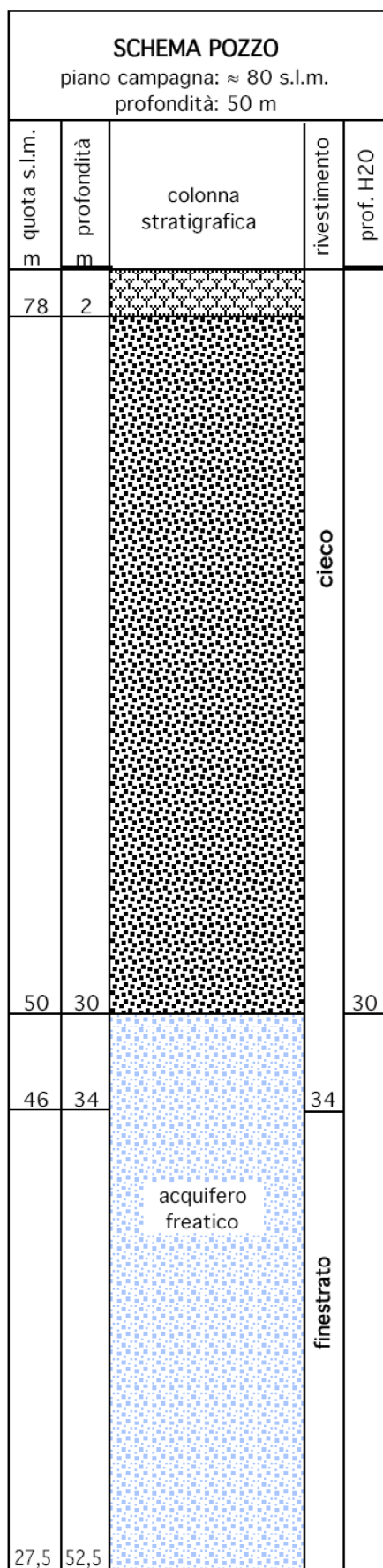
perimetro del P.U.A. in esame



Ubicazione indagini geognostiche

scala 1:800





Stratigrafia di pozzo
idrico in via Bresciana (Verona)
scala 1:250

LITOLOGIA



suolo agrario
ed eluviale



ghiaia sabbiosa e
ciottolosa anidra



ghiaia sabbiosa e
ciottolosa acquifera

[illegible]ghiaia sabbiosa con ciottoli ≤ 3 cm

Trincea T2						
Profondità	Colonna stratigrafica		livello acquifero	cu	qu	Osservazioni
	log	Descrizione	metri	kg/cmq	kg/cmq	
1	0,4	Suolo agrario terroso con sparsa ghiaia	assente	n.p.	n.p.	fianchi di scavo stabili ma loc. sconfigurati dalla rimozione di blocchi
	0,9	Coltre d'alterazione: ghiaia biancastra debolmente cementata, con ciottoli poligenici ----- Sottosuolo alluvionale: ghiaie sabbiose con ciottoli poligenici <= 30 cm isoorientati sull'orizzontale, di color chiaro; tenace allo scavo				
2						
3						

Note: cu = coesione non drenata da scissometro da tasca
qu = resistenza a E.L.L. valutata da Pocket Penetrometer

Località: S.Massimo - Verona
Cantiere: P.U.A. "Pegaso Village"
Data: 17/07/2013
Quota = p.c. $\approx$ 0,00

Trincea T3						
Profondità	Colonna stratigrafica		livello acquifero	cu	qu	Osservazioni
	log	Descrizione	metri	kg/cmq	kg/cmq	
1	0,6	Suolo agrario terroso con sparsa ghiaia	assente	n.p.	n.p.	fianchi di scavo stabili ma loc. sconfigurati dalla rimozione di blocchi
	1,3	Coltre d'alterazione: ghiaia biancastra debolmente cementata, con ciottoli poligenici				
2		Sottosuolo alluvionale: ghiaie sabbiose con ciottoli poligenici <= 40 cm isoorientati sull'orizzontale, di color chiaro e tenace allo scavo; lente di sabbia ghiaiosa brunastra tra 2,0 e 2,2 m di profondità				
3						

Note: cu = coesione non drenata da scissometro da tasca
qu = resistenza a E.L.L. valutata da Pocket Penetrometer

37138 Verona - Via Da Mosto 35 - Tel. 3493617052 - mail: rebonato.geo@libero.it

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO DI SONDAGGIO

Cantiere ex-seminario America Latina - Verona
 Data: 14 luglio 2009

Sondaggio n. **S1**
 Diametro rivestimento: D = m **0,127**
 Profondità foro = m **2,63**
 Profondità rivestimento = m **2,43**
 Altezza rivestimento su p.c. = m **0,43**
 Altezza colonna H2O: h = m **2,60**
 Lunghezza filtro: L = m **0,20**

Coefficiente di permeabilità a carico costante: $K = 8\alpha O / \pi x L^2 \times \{1 - (16xh/L + 1)^{0,5}\}^2$
 (per prove sopra falda: cfr. NASBERG in CASSAN, 1986)

prova a carico costante

tempo t	portata Q	coeff. permeabilità K	
minuti	litri	parziale f(dQ/dt)	cumulativo f(Q/t)
0,00	0	cm/sec	cm/sec
0,53	10	1,1E-02	1,1E-02
1,08	20	1,1E-02	1,1E-02
1,85	30	7,6E-03	9,5E-03
2,40	40	1,1E-02	9,8E-03
3,15	50	7,8E-03	9,3E-03
3,67	60	1,1E-02	9,6E-03
4,50	70	7,0E-03	9,1E-03
5,17	80	8,8E-03	9,1E-03
5,90	90	8,0E-03	8,9E-03
6,63	100	8,0E-03	8,8E-03
7,32	110	8,6E-03	8,8E-03
7,80	120	1,2E-02	9,0E-03
8,47	130	8,8E-03	9,0E-03
9,08	140	9,5E-03	9,0E-03
9,75	150	8,8E-03	9,0E-03
10,40	160	9,0E-03	9,0E-03
11,03	170	9,3E-03	9,0E-03
11,67	180	9,3E-03	9,0E-03
12,35	190	8,6E-03	9,0E-03
13,00	200	9,0E-03	9,0E-03
13,67	210	8,8E-03	9,0E-03
14,32	220	9,0E-03	9,0E-03
15,00	230	8,6E-03	9,0E-03
15,67	240	8,8E-03	9,0E-03
16,33	250	8,8E-03	9,0E-03
17,00	260	8,8E-03	9,0E-03
17,67	270	8,8E-03	9,0E-03
18,35	280	8,6E-03	8,9E-03
19,00	290	9,0E-03	8,9E-03
19,67	300	8,8E-03	8,9E-03
20,33	310	8,8E-03	8,9E-03
20,97	320	9,3E-03	8,9E-03
21,63	330	8,8E-03	8,9E-03
22,28	340	9,0E-03	8,9E-03
23,63	360	8,7E-03	8,9E-03
24,30	370	8,8E-03	8,9E-03
24,95	380	9,0E-03	8,9E-03
25,60	390	9,0E-03	8,9E-03
26,25	400	9,0E-03	8,9E-03
26,92	410	8,8E-03	8,9E-03
27,58	420	8,8E-03	8,9E-03
28,23	430	9,0E-03	8,9E-03
28,88	440	9,0E-03	8,9E-03
29,55	450	8,8E-03	8,9E-03

schema grafico

sommità rivestimento m 0,00
 livello H2O su p.c. m 0,03
 piano campagna m 0,43
 fondo rivestimento m 2,43
 fondo foro m 2,63

37138 Verona - Via Da Mosto 35 - Tel. 3493617052 - mail: rebonato.geo@libero.it

PROVA DI PERMEABILITA' IN FORO DI SONDAGGIO

Cantiere ex-seminario America Latina - Verona
 Data: 15 luglio 2009

Sondaggio n. **S2**
 Diametro rivestimento: D = m **0,127**
 Profondità foro = m **3,46**
 Profondità rivestimento = m **3,36**
 Altezza rivestimento su p.c. = m **0,46**
 Altezza colonna H2O: h = m **3,30**
 Lunghezza filtro: L = m **0,10**

Coefficiente di permeabilità a carico costante: $K = 8xQ / (\pi x L^2 x [1 - (16xh/L + 1)^{0,5}])^2$
 (per prove sopra falda: cfr. NASBERG in CASSAN, 1986)

prova a carico costante

tempo t	portata Q	coeff. permeabilità K	
minuti	litri	parziale f(dQ/dt)	cumulativo f(Q/t)
0,40	10	cm/sec	cm/sec
0,78	20	2,3E-02	1,1E-02
1,17	30	2,3E-02	1,5E-02
1,57	40	2,2E-02	1,7E-02
1,95	50	2,3E-02	1,8E-02
2,35	60	2,2E-02	1,9E-02
2,73	70	2,3E-02	1,9E-02
3,12	80	2,3E-02	2,0E-02
3,52	90	2,2E-02	2,0E-02
3,90	100	2,3E-02	2,0E-02
4,28	110	2,3E-02	2,0E-02
4,68	120	2,2E-02	2,1E-02
5,47	140	2,2E-02	2,1E-02
5,87	150	2,2E-02	2,1E-02
6,27	160	2,2E-02	2,1E-02
6,65	170	2,3E-02	2,1E-02
7,05	180	2,2E-02	2,1E-02
7,47	190	2,1E-02	2,1E-02
7,88	200	2,1E-02	2,1E-02
8,30	210	2,1E-02	2,1E-02
8,72	220	2,1E-02	2,1E-02
9,15	230	2,0E-02	2,1E-02
9,55	240	2,2E-02	2,1E-02
9,97	250	2,1E-02	2,1E-02
10,37	260	2,2E-02	2,1E-02
10,78	270	2,1E-02	2,1E-02
11,20	280	2,1E-02	2,1E-02
11,62	290	2,1E-02	2,1E-02
12,03	300	2,1E-02	2,1E-02
12,43	310	2,2E-02	2,1E-02
12,87	320	2,0E-02	2,1E-02
13,28	330	2,1E-02	2,1E-02
13,72	340	2,0E-02	2,1E-02
14,12	350	2,2E-02	2,1E-02
14,97	370	2,1E-02	2,1E-02
15,38	380	2,1E-02	2,1E-02
15,80	390	2,1E-02	2,1E-02
16,22	400	2,1E-02	2,1E-02
16,65	410	2,0E-02	2,1E-02
17,08	420	2,0E-02	2,1E-02
17,50	430	2,1E-02	2,1E-02
17,93	440	2,0E-02	2,1E-02
18,37	450	2,0E-02	2,1E-02
18,80	460	2,0E-02	2,1E-02
19,23	470	2,0E-02	2,1E-02
19,67	480	2,0E-02	2,1E-02
20,12	490	1,9E-02	2,1E-02
20,55	500	2,0E-02	2,1E-02
21,00	510	1,9E-02	2,1E-02
21,43	520	2,0E-02	2,1E-02
21,87	530	2,0E-02	2,1E-02
22,32	540	1,9E-02	2,1E-02
22,75	550	2,0E-02	2,1E-02
23,20	560	1,9E-02	2,1E-02
23,63	570	2,0E-02	2,1E-02
24,08	580	1,9E-02	2,1E-02
24,53	590	1,9E-02	2,1E-02
24,97	600	2,0E-02	2,1E-02
25,42	610	1,9E-02	2,1E-02
25,85	620	2,0E-02	2,1E-02
26,32	630	1,9E-02	2,1E-02
26,75	640	2,0E-02	2,1E-02
27,20	650	1,9E-02	2,1E-02
27,65	660	1,9E-02	2,1E-02
28,10	670	1,9E-02	2,1E-02
28,55	680	1,9E-02	2,1E-02
29,00	690	1,9E-02	2,1E-02
29,45	700	1,9E-02	2,1E-02
29,92	710	1,9E-02	2,1E-02

schema grafico

sommità rivestimento m 0,00
 livello H2O su p.c. m 0,16
 piano campagna m 0,46
 fondo rivestimento m 3,36
 fondo foro m 3,46

Ex-seminario America Latina - Verona
PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI RIMANEGGIATI - TABELLA RIASSUNTIVA

Sondaggio	n.	Prof. m	WL %	WP %	IP %	fuso granulometrico					classificazione	
						<0,075 mm %	D60 mm	D20 mm	D10 mm	Uc D60/D10	Gruppo UNI-HRB	Classe USCS
S1	S1	3,2	0	0	0	2,5	16,145	1,007	0,493	33	A-1-a	GW
S1	S1	6,2	0	0	0	1,6	32,136	5,361	2,118	15	A-1-a	GW
S1	S1	9,0	0	0	0	4,9	9,352	0,671	0,250	37	A-1-a	GW
S1	S1	12,0	0	0	0	2,4	16,792	2,082	0,456	37	A-1-a	GW
S2	S2	3,0	0	0	0	6,1	6,257	0,426	0,158	40	A-1-a	SW-SM
S2	S2	6,0	0	0	0	4,0	16,443	1,490	0,439	37	A-1-a	GW
S2	S2	9,0	0	0	0	3,6	7,374	0,986	0,359	21	A-1-a	GW

Simboli: WL = limite liquido Wp = limite plastico IP = WL-Wp = indice plastico Uc = D60/D10 = coeff. di uniformità

COLONNE SISMOSTRATIGRAFICHE DA LINEE SISMICHE MASW
(da rapporti GEORGETESTING s.r.l.)

V_s

density

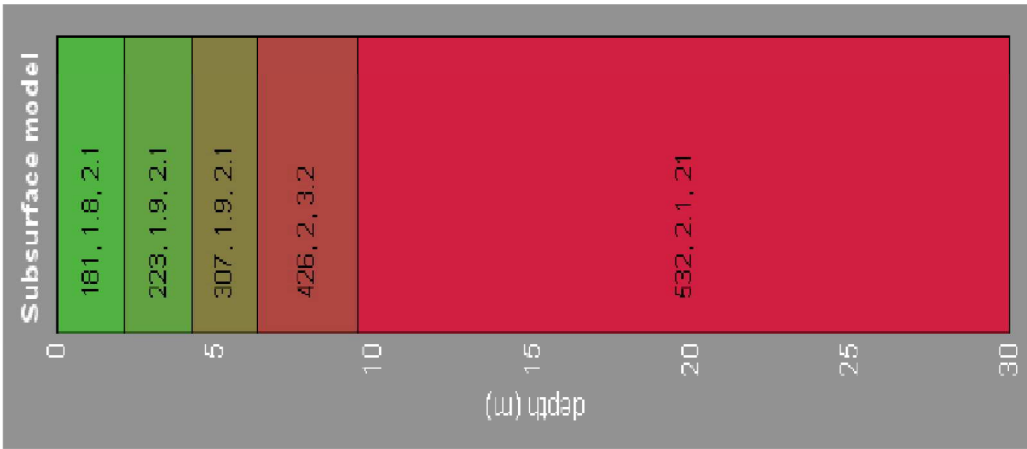
thickness

(m/s)

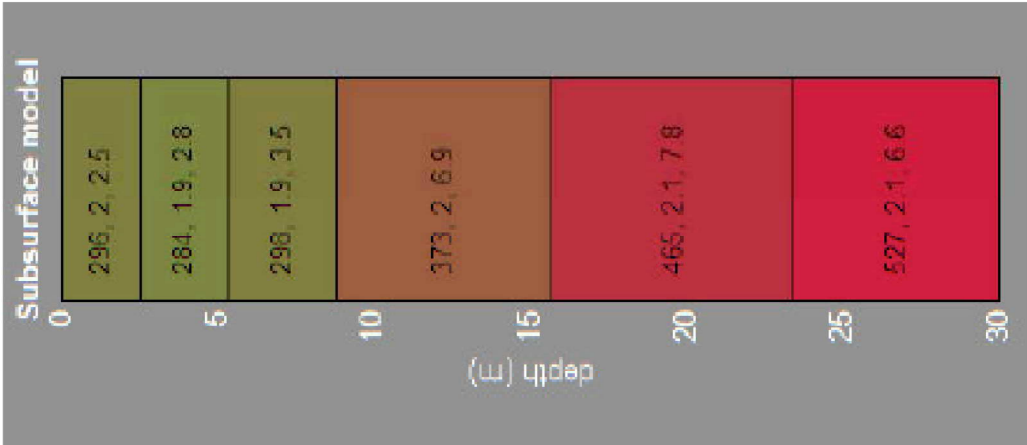
(gr/cm³)

(m)

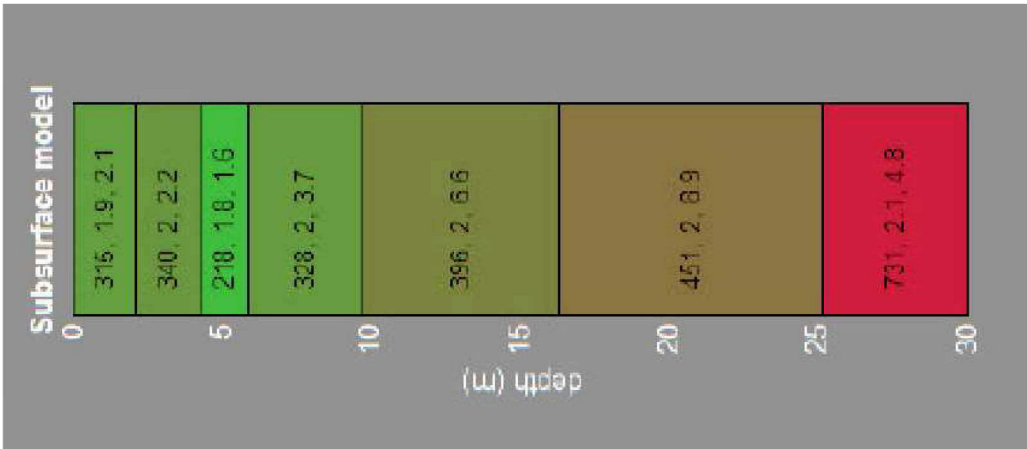
linea MASW M3



linea MASW M2



linea MASW M1



Velocità Vs del sottosuolo indagato dalle linee sismiche MASW

velocità di propagazione delle onde trasversali o di taglio: Vs

peso di volume saturo: $\gamma = 0,1 \times (8,32 \times \text{LOG}(Vs) - 1,61 \times \text{LOG}(z))$ t/mc ove z = profondità

modulo di taglio a piccole deformazioni: $G_0 = \rho \times (Vs)^2 = \gamma/g \times (Vs)^2$

linea sismica	Spessore strati	Prof. strati	γ strati	Vs strati	Go strati
	m	da m	t/mc	m/s	Mpa
M1 ex-seminario	2,1	0,0	2,08	315	210
	2,2	2,1	2,02	340	239
	1,6	4,3	1,83	218	89
	3,7	5,9	1,95	328	214
	6,6	9,6	1,98	396	317
	8,9	16,2	2,00	451	414
	≈4,9	25,1	2,15	731	1172
Vs30 =				401	

linea sismica	Spessore strati	Prof. strati	densità strati	Vs strati	Go strati
	m	da m	t/mc	m/s	Mpa
M2 ex-seminario	2,5	0,0	2,04	296	182
	2,8	2,5	1,95	284	160
	3,5	5,3	1,92	298	174
	6,9	8,8	1,96	373	279
	7,8	15,7	2,01	465	443
	6,5	23,5	2,03	527	576
Vs30 =				386	

linea sismica	Spessore strati	Prof. strati	densità strati	Vs strati	Go strati
	m	da m	t/mc	m/s	Mpa
M3 via Lugagnano	2,1	0,0	1,87	181	63
	2,1	2,1	1,87	223	95
	2,1	4,2	1,95	307	188
	3,2	6,3	2,04	426	378
	≈21	9,5	2,06	532	594
Vs30 =				406	

P.U.A. "Pegaso Village" in S.Massimo - Verona

categoria di sottosuolo: tipo

B

coordinate del sito: Lat. 45°26'02" Long. 10°56'30"

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per VR = VN x CU = 50 anni (cfr. All.A delle NTC 2008: vita utile=50 anni; classe d'uso=II; coeff. d'uso: CU=1,0)				amplificazione stratigrafica				amplificazione topografica St		amplificazione S = Ss x St		accelerazione al suolo a max = a_g x S	
tempo di ritorno	probabilità di eccedenza in 50 anni	a_g	F_o	T_c^*	Ss	Cc							
Tr	%	g	-	sec	-	-	-	-	-	-	-	-	g
30	81	0,042	2,508	0,235	1,200	1,470		1,000		1,200		0,050	
50	63	0,056	2,528	0,245	1,200	1,457		1,000		1,200		0,067	
72	50	0,068	2,507	0,252	1,200	1,449		1,000		1,200		0,082	
101	39	0,080	2,469	0,260	1,200	1,440		1,000		1,200		0,096	
140	30	0,095	2,416	0,265	1,200	1,435		1,000		1,200		0,114	
201	22	0,112	2,407	0,271	1,200	1,428		1,000		1,200		0,134	
475	10	0,159	2,430	0,276	1,200	1,423		1,000		1,200		0,191	
975	5	0,206	2,468	0,280	1,197	1,419		1,000		1,197		0,247	
2475	2	0,289	2,383	0,290	1,125	1,409		1,000		1,125		0,325	

a_g = accelerazione orizzontale massima del sito per sottosuolo di tipo A
 F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale per sottosuolo di tipo A
 T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale