SETTORE: ---
UFFICIO: LAVORI PUBBLICI

Timbro protocollo:

Spazio riservato alla stazione appaltante:

Progettista e Direttore dei Lavori incaricato:

Ordine degli Architetti Pianificatori, Paesaggisti e Conservatori Provincia di Vicenza
ARCHITETTO Sezione A
CORRADO RUARO
n° 939

-

Progettista collaboratore:

Ordine degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti e Conservatori Provincia di Vicenza
ARCHITETTO Sezione A
MASSIMO ZAMPIERI
n° 939

Tecnico Specialista:

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE DEL VENETO
Dr. Geol. ANDREA BERTOLIN N° 415

COMUNE DI: SAN VITO DI LEGUZZANO

PROVINCIA DI: VICENZA

RIQUALIFICAZIONE URBANA DI PIAZZA G. MARCONI

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato: INDAGINI E VALUTAZIONI

RELAZIONE GEOTECNICA
RELAZIONE IDROGEOLOGICA
RELAZIONE GEOLOGICA

Tavola N°: DEF.DOC.02

Data: MAGGIO 2023

Scala: -

Sostituisce:

Committente:
Stazione Appaltante: COMUNE DI SAN VITO DI LEGUZZANO

R.U.P.: Massimo Neffari geometra

Tecnici:

Progettista incaricato: CORRADO RUARO architetto

Progettista collaboratore: MASSIMO ZAMPIERI architetto

Indagini Geologiche: ANDREA BERTOLIN geologo

Collaboratore: DOMENICO PIOTTO architetto

Studi di ARCHITETTURA
Piazzetta Villa Vicentina, 3 | 36014 | Santorso (VI)
T: 0445.575.855 | e-mail: info@studioarchingeo.eu

A NORMA DI LEGGE IL PRESENTE ELABORATO NON PUÒ ESSERE RIPRODOTTO E/O COMUNICATO A TERZI SENZA ESPRESSA E PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE DEL TITOLARE

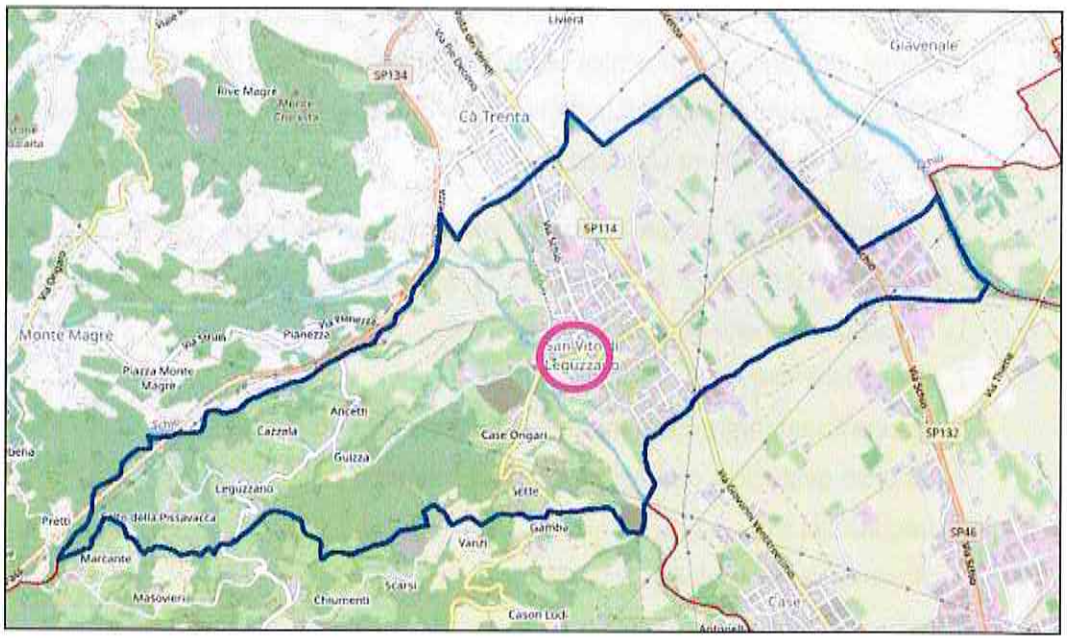
PREMESSA

Il sottoscritto per conto del Comune di S. Vito di Leguzzano ha redatto la presente relazione geologica, geotecnica ed idrogeologica relativa al progetto, elaborato dallo Studio Zerbato Architetti con sede in Schio, di riqualificazione urbana di Piazza G. Marconi nel Comune di S. Vito di Leguzzano.

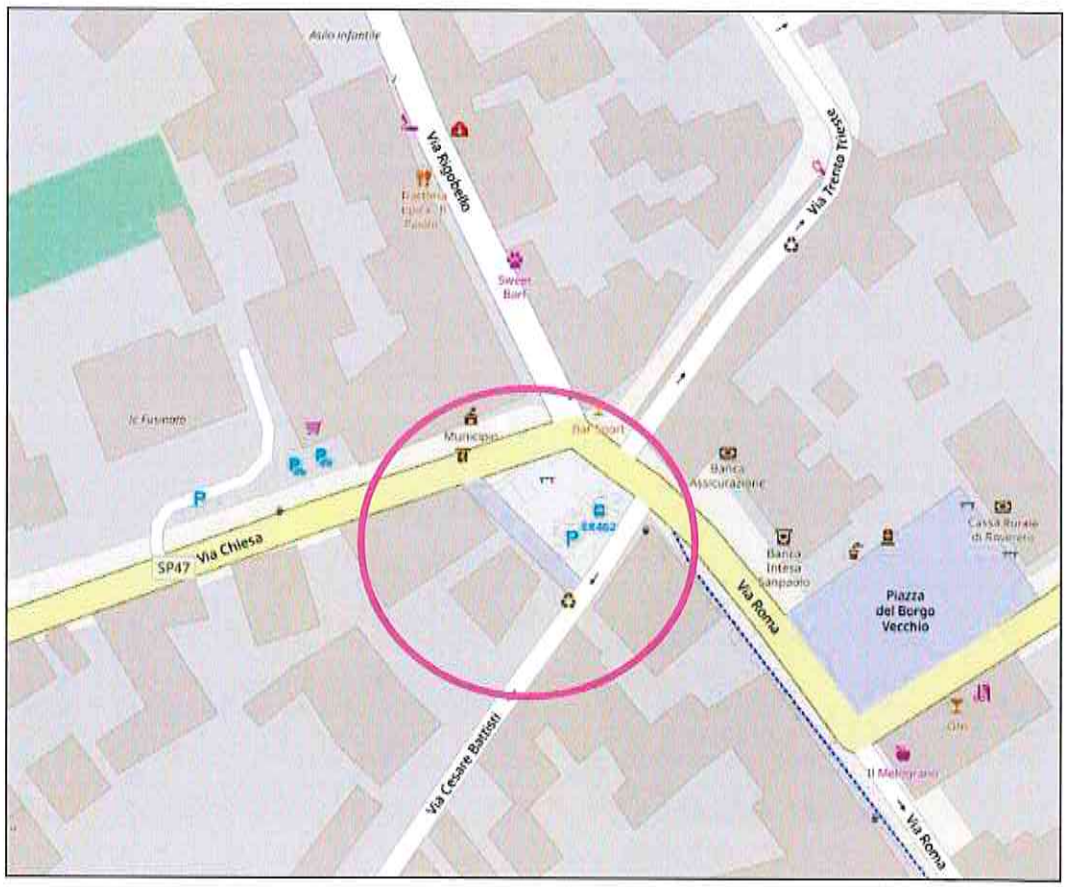
In ottemperanza a quanto disposto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17/01/2018 - e delle N.T.O. del P.A.T., la relazione si articola nel modo seguente:

1. ubicazione del sito oggetto dell'intervento,
2. descrizione dell'intervento in progetto,
3. resoconto ed interpretazione delle indagini svolte in sito,
4. modello geologico, geotecnico ed idrogeologico,
5. fragilità del sito,
6. dimensionamento del sottofondo.
7. gestione delle acque meteoriche e dimensionamento dell'impianto di infiltrazione delle acque meteoriche

1 - COROGRAFIA



- Territorio comunale -

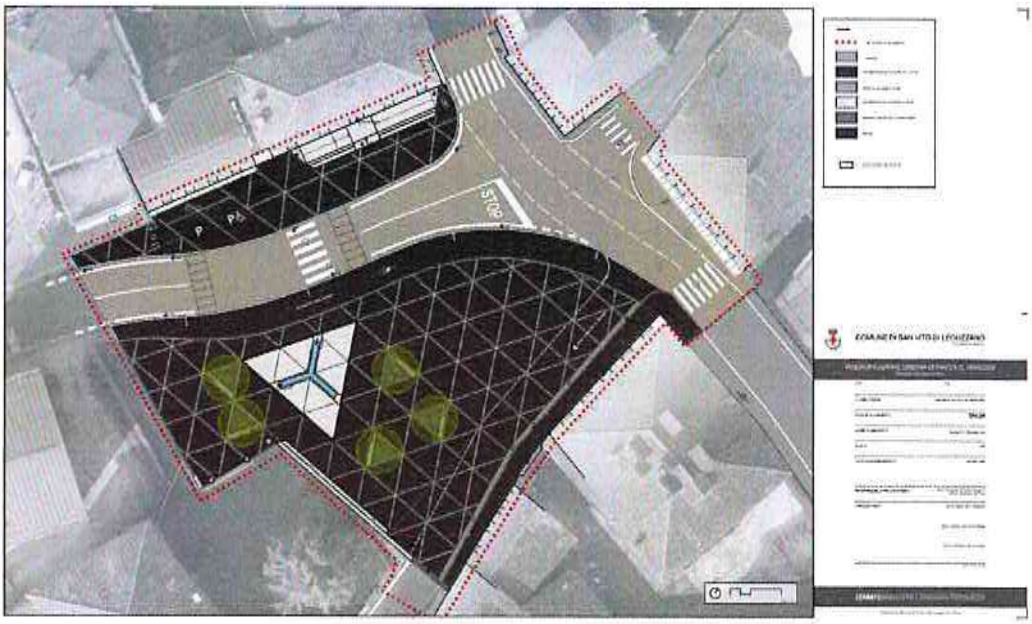


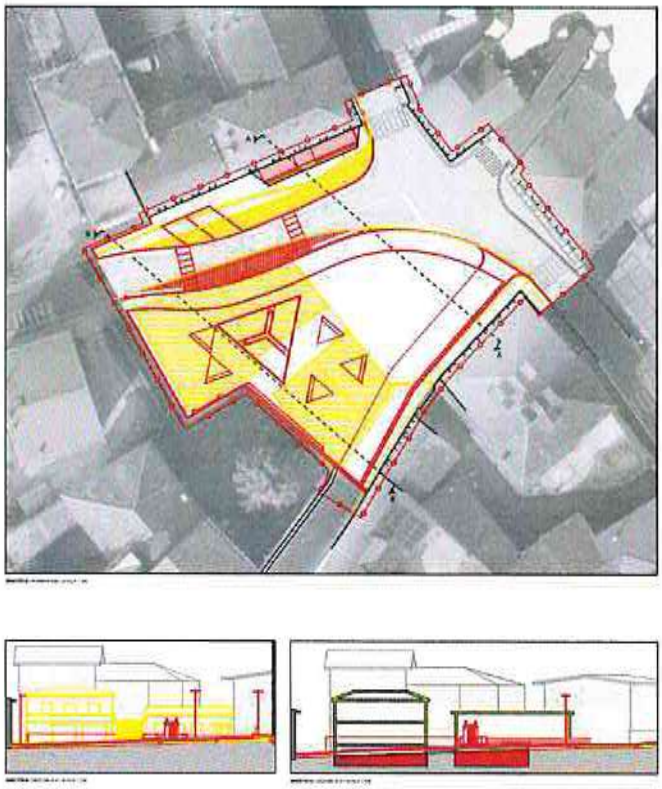
- OSM -

Piazza G. Marconi si trova nel centro dell'abitato di S. Vito di Leguzzano, di fronte alla sede municipale.

2 - PROGETTO

Il progetto propone di riqualificare Piazza G. Marconi. L'attuale piazza viene allargata verso ovest interessando alcuni edifici esistenti che verranno demoliti.





3 - INDAGINI

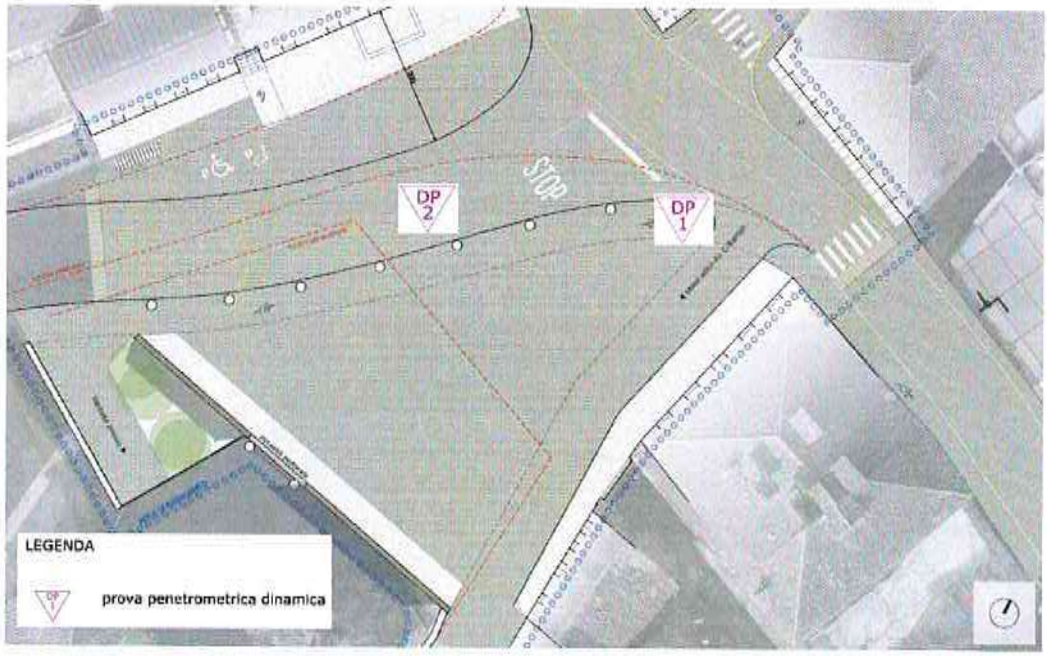
Per poter delineare l'assetto geologico, geotecnico ed idrogeologico dell'area oggetto dell'intervento, oltre ai rilievi di campagna di superficie ed alla consultazione di bibliografia tematica (e.g. quadro conoscitivo del PAT) sono state condotte le seguenti prove in sito:

- n. 2 prove penetrometriche di tipo dinamico,
- n. 2 trincee esplorative con escavatore meccanico,

L'ubicazione delle prove è riportata nell'immagine di seguito allegata.

Per poter eseguire le prove penetrometriche è stato necessario rimuovere la pavimentazione ed il sottofondo, sono state pertanto eseguite anche le due trincee esplorative la cui posizione coincide con quella delle prove penetrometriche.

L'ubicazione delle prove è stata dettata dalla presenza di sottoservizi e limitata dal fatto che non è stato possibile accedere nell'area non ancora di proprietà del Comune.



- ubicazione prove in sito -

Le indagini svolte si ritengono comunque sufficienti a caratterizzare il volume significativo interessato dall'intervento in progetto.

Segue la descrizione del tipo di strumentazioni impiegate, l'elaborazione e l'interpretazione dei dati ottenuti.

3.1 - Prova Penetrometrica Dinamica

3.1.1 - Descrizione della Tecnica Adottata

La prova penetrometrica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica di dimensioni standard di cui si misura la resistenza all'avanzamento. In presenza di terreni granulari grossolani,

o di terreni fini, ma caratterizzati dalla presenza di uno scheletro ghiaioso e da ciottoli, è possibile solamente ricorrere a prove penetrometriche di tipo dinamico. In questo caso la punta standard viene infissa nel terreno mediante l'energia, impressa attraverso una batteria di aste, di un maglio con peso e altezza di caduta standardizzate. La misura che viene effettuata è il n. di colpi per unità di lunghezza. Questo tipo di prova permette di riconoscere la stratigrafia dei terreni attraversati fino ad na profondità di massimo 5÷7 m (senza l'impiego di rivestimento delle aste), nonchè di estrapolarne le principali grandezze geotecniche. N_{10}, infatti, può essere correlato al N_{SPT} della Standard Penetration Test (si vedano le schede allegate nelle pagine seguenti del penetrometro in uso), del quale esiste una estesa bibliografia che lo correla alle principali caratteristiche geotecniche dei terreni (Φ, densità relativa, c_u, ecc. – si vedano i grafici e le tabelle allegate dopo i grafici delle prove penetormetirche). Le correlazioni sopra citate fanno riferimento ad esperienze e ricerche condotte in vari Paesi da diversi Autori, nonché da conoscenze personali da parte di chi scrive (in particolare correlazioni con prove CPT). In assenza di prove geotecniche di laboratorio su campioni indisturbati di terreno, le suddette correlazioni hanno ovviamente validità orientativa. Seguono le Tabelle di Correlazione fra N_{SPT} e le principali caratteristiche geotecniche dei terreni granulari e coesivi.

Correlazioni da NSPT per terreni a grana fine

definizione	SPT	Resist. alla compressione Q_c	Unità di Vol.
	N	kPa	KN/m^3
Priva di consistenza	< 2	<25	<16
Poco consistente (molle)	2÷4	25÷50	16÷17
Moderatamente consistente	4÷8	50÷100	17÷19
Consistente	8÷16	100÷200	19÷21
Molto consistente	16÷32	200÷400	20÷22
Estremamente consistente (dura)	>30	>400	>22

Bowles 1982.

Correlazioni da N_{SPT} per terreni a grana media e grossa

definizione	SPT	Densità rel.	Angolo res. al taglio	Unità di Vol.
	N	D_r	$\phi°$	KN/m^3
Molto sciolta	5÷10	0÷15	25÷35	11÷16
Sciolta	8÷15	35	27÷32	14÷18
Media	10÷40	65	30÷35	17÷20
Densa	20÷70	85	35÷40	17÷22
Molto densa	35	100	38÷43	20÷23

Terzaghi-Peck 1948 - Meyerof 1956 - Bowles 1982.

3.1.2 - Descrizione Strumentazione Impiegata

Nel corso di questa indagine è stato utilizzato un penetrometro di tipo dinamico medio le cui caratteristiche sono di seguito riportate.

Caratteristiche Tecniche DPM (medio)

peso massa battente	M	30.0 kg
altezza caduta libera	H	0.20 m
peso sistema di battuta	MS	18.0 kg
diametro punta conica	D	35.7 mm
area base punta conica	A	10.0 cm^2
angolo di apertura	α	60°
lunghezza aste	La	0.7 m
peso aste per metro	Ma	6.0 kg
avanzamento punta	δ	0.1 m
numero di colpi	N	N_{10}
energia specifica per colpo	Q	6.0 kg/cm^2
coefficiente di energia	βt	0.766

3.1.3 - Elaborazione ed Interpretazione dei dati

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA — DIN 1
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Comune di S. Vito di Leguzzano
- lavoro : riqualificazione Piazza Marconi
- località : Piazza Marconi - S. Vito di Leguzzano
- data prova : 29/04/2022
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio

- note : prova spinta a rifiuto

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	----	----	----	1	1,40 - 1,50	12	36,0	----	2
0,10 - 0,20	----	----	----	1	1,50 - 1,60	6	18,0	----	2
0,20 - 0,30	----	----	----	1	1,60 - 1,70	18	54,0	----	2
0,30 - 0,40	----	----	----	1	1,70 - 1,80	19	57,0	----	2
0,40 - 0,50	----	----	----	1	1,80 - 1,90	16	43,6	----	3
0,50 - 0,60	----	----	----	1	1,90 - 2,00	24	65,5	----	3
0,60 - 0,70	----	----	----	1	2,00 - 2,10	22	60,0	----	3
0,70 - 0,80	----	----	----	1	2,10 - 2,20	19	51,8	----	3
0,80 - 0,90	----	----	----	2	2,20 - 2,30	25	68,2	----	3
0,90 - 1,00	----	----	----	2	2,30 - 2,40	39	106,4	----	3
1,00 - 1,10	8	24,0	----	2	2,40 - 2,50	42	114,5	----	3
1,10 - 1,20	12	36,0	----	2	2,50 - 2,60	49	133,6	----	3
1,20 - 1,30	5	15,0	----	2	2,60 - 2,70	59	160,9	----	3
1,30 - 1,40	3	9,0	----	2	2,70 - 2,80	100	272,7	----	3

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA — DIN 2
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Comune di S. Vito di Leguzzano
- lavoro : riqualificazione Piazza Marconi
- località : Piazza Marconi - S. Vito di Leguzzano
- data prova : 29/04/2022
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio

- note : prova spinta a rifiuto

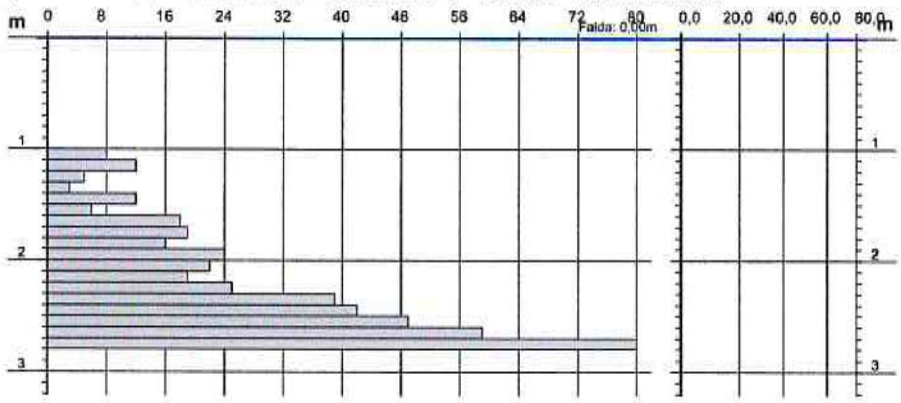
Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	----	----	----	1	1,50 - 1,60	12	36,0	----	2
0,10 - 0,20	----	----	----	1	1,60 - 1,70	11	33,0	----	2
0,20 - 0,30	----	----	----	1	1,70 - 1,80	12	36,0	----	2
0,30 - 0,40	----	----	----	1	1,80 - 1,90	24	65,5	----	3
0,40 - 0,50	----	----	----	1	1,90 - 2,00	42	114,5	----	3
0,50 - 0,60	----	----	----	1	2,00 - 2,10	48	130,9	----	3
0,60 - 0,70	1	3,3	----	1	2,10 - 2,20	62	169,1	----	3
0,70 - 0,80	4	13,3	----	1	2,20 - 2,30	62	169,1	----	3
0,80 - 0,90	9	27,0	----	2	2,30 - 2,40	68	185,5	----	3
0,90 - 1,00	12	36,0	----	2	2,40 - 2,50	54	147,3	----	3
1,00 - 1,10	17	51,0	----	2	2,50 - 2,60	55	150,0	----	3
1,10 - 1,20	19	57,0	----	2	2,60 - 2,70	59	160,9	----	3
1,20 - 1,30	44	132,0	----	2	2,70 - 2,80	62	169,1	----	3
1,30 - 1,40	49	147,0	----	2	2,80 - 2,90	69	172,5	----	4
1,40 - 1,50	14	42,0	----	2	2,90 - 3,00	100	250,0	----	4

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA — DIN 1
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - RIVESTIMENTO — Scala 1: 50

- committente : Comune di S. Vito di Leguzzano
- lavoro : riqualificazione Piazza Marconi
- località : Piazza Marconi - S. Vito di Leguzzano
- data prova : 29/04/2022
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio

- note : prova spinta a rifiuto

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento δ = 10,00 cm Colpi Rivestimento

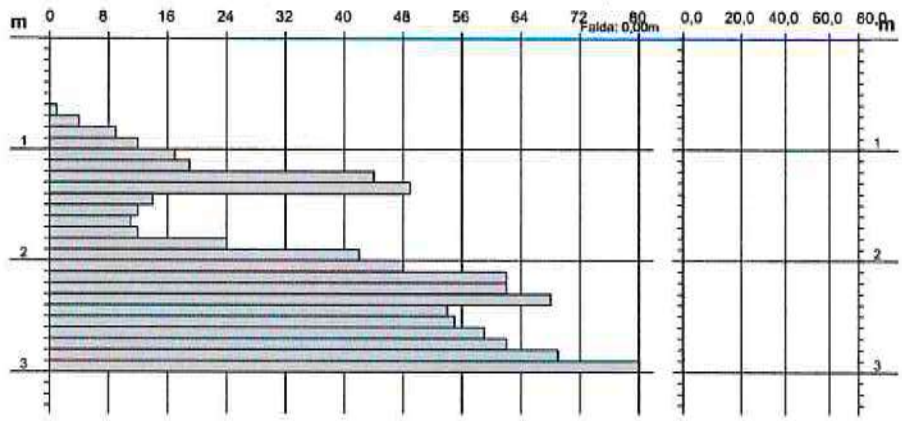


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA — DIN 2
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - RIVESTIMENTO — Scala 1: 50

- committente : Comune di S. Vito di Leguzzano
- lavoro : riqualificazione Piazza Marconi
- località : Piazza Marconi - S. Vito di Leguzzano
- data prova : 29/04/2022
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio

- note : prova spinta a rifiuto

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento δ = 10,00 cm Colpi Rivestimento



L'elaborazione dei dati ottenuti ha permesso di suddividere il sottosuolo nei seguenti orizzonti:

A. $N_{10} \approx 4 \div 16 \Rightarrow$ fino a -2.0 m

B. $N_{10} \approx 16 \div 50 \Rightarrow$ da -1.8 m fino a massimo -2.8 m

C. $N_{10} > 50 \Rightarrow$ a profondità maggiore di -2.5 m

Facendo riferimento alla bibliografia tematica ed all'esperienza dello scrivente, si può affermare che i terrei tipo A sono di natura fine, mentre, quelli tipo B e C di natura granulare grossolana. Convertendo l'N_{10} in N_{spt} si ottengono i seguenti valori:

A. $N_{spt} \approx 3.1 \div 12.2$

B. $N_{spt} \approx 12.2 \div 38.3$

C. $N_{spt} > 38.3$

Secondo quanto riportato nella tabella di cui al § 3.1.1 si ricava che i terreni tipo A si possono definire moderatamente consistenti. Moderatamente addensati sono, invece, i terreni tipo B, addensati sono, infine, i terreni tipo C.

Utilizzando le correlazioni presenti in bibliografia tra i valori di N_{SPT} con le caratteristiche geotecniche dei terreni (si vedano gli abachi e le tavole nel paragrafo precedente), è stato possibile anche attribuire ai terreni le principali grandezze geotecniche che verranno riportate nel prossimo capitolo.

3.2 - Trincee Esplorative

Come già specificato le trincee esplorative sono state eseguite per rendere possibile l'esecuzione delle prove penetrometriche.

E' stato in questo modo possibile osservare lo spessore e la natura della pavimentazione stradale e del sottofondo esistente.

3.2.1 - Trincea Esplorativa n. 1

La trincea è stata spinta ad una profondità di 1.2 m. Si è potuto accertare la seguente stratigrafia:

- da p.c. fino a -1.2 m: terreni di riporto natura ghiaiosa caratterizzati dalla presenza di abbondanti ciottoli ed una scarsa matrice sabbioso-limosa;
- a profondità maggiori di 1.2 m: terreni di natura argilloso-limosa.

I terreni di riporto sono caratterizzati dalla presenza di un modesto contenuto in antropico il quale è costituito da frammenti di mattoni. Nel caso in esame, tuttavia, è stata riscontrata la presenza di un gradino in pietra e di un allineamento di mattoni come se fossero presenti i resti di un edificio.

- vista dei terreni movimentati dalla trincea esplorativa -

vista della trincea esplorativa

particolare vista della trincea esplorativa

3.2.2 - Trincea Esplorativa n. 2

La trincea è stata spinta ad una profondità di 0.6 m. Si è potuto accertare la seguente stratigrafia:

- da p.c. fino a -0.1 m: asfalto,
- da -0.1 m fino a -0.6 m: terreni di riporto di natura argillosa caratterizzati dalla presenza di uno scheletro grossolano di natura ghiaiosa e da abbondanti frammenti di laterizio.
- a profondità maggiori di 0.6 m: terreni di natura argilloso-limosa.

I terreni di riporto sono caratterizzati dalla presenza di un elevato contenuto in antropico il quale è costituito da frammenti di mattoni.

vista della trincea esplorativa

4 - Modello Geologico

4.1 - Geomorfologia

L'immagine di seguito allegata propone una panoramica del contesto morfologico nella quale è inserita l'area oggetto dell'intervento. Quest'ultima si trova sulle propaggini nord-occidentali dell'alta pianura vicentina, compresa tra gli alvei dei Torrenti Livergon e Leogra.

Scendendo ad una scala di maggior dettaglio la piazza interessa un'area pressochè pianeggiante.

- Immagine satellitare -

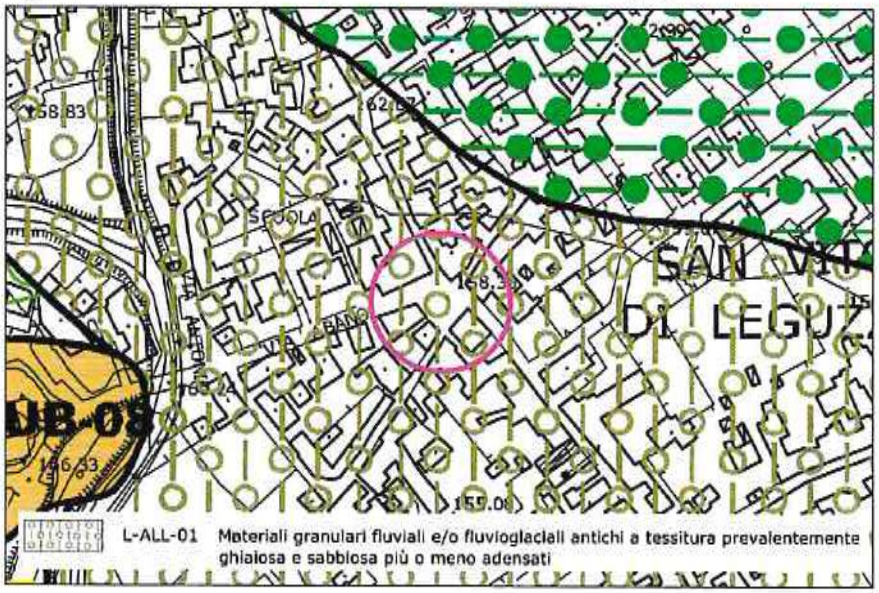
- panoramica da ovest dell'area su cui sorge la casetta del parco -

4.2 - Geologia

Come indicato nella cartografia di seguito allegata, il sottosuolo dell'area oggetto di studio è costituito da una spessa coltre di depositi quaternari. Si tratta in prevalenza di terreni granulari grossolani di natura ghiaiosa, caratterizzati dalla presenza sia di ciottoli, sia di una abbondante matrice fine in prevalenza di natura sabbioso-limosa.

Nell'area in esame i depositi sopra descritti raggiungono uno spessore pari ad almeno alcune decine di metri.

Le indagini descritte nel precedente capitolo hanno permesso di accertare che i terreni ghiaiosi sopra descritti sono occultati da una coltre di terreni fini di natura argilloso-limosa che si spinge fino a massimo poco più di 2.0 m da piano campagna.



- Estratto non in scala della Carta Geolitologica del PAT -

4.3 - Geotecnica

Le indagini citate in precedenza hanno permesso di accertare che i depositi argilloso-limosi presenti da p.c. fino alla profondità di 2.0 m circa, hanno un comportamento di tipo coesivo e si possono definire moderatamente consistenti. Le loro caratteristiche geotecniche sono le seguenti:

- $\gamma \approx 18 \div 20$ kN/m^3
- c_u (coesione non drenata) $\approx 60 \div 70$ kN/m^2
- K (coeff. di Winkler) $\approx 1.5 \div 2.0$ daN/cm^3
- ai fini edificatori si tratta di terreni buoni

I terreni ghiaiosi presenti a profondità maggiore di circa 2.0 m hanno, invece, un comportamento di tipo granulare. Si possono suddividere in moderatamente addensati ed addensati. I primi sono presenti fino a massimo -2.8 m da p.c. ed hanno le seguenti caratteristiche geotecniche:

- $\gamma \approx 17 \div 18$ kN/m^3
- $\Phi \approx 30° \div 33°$

- densità relativa ≈ 0.5÷0.6
- coesione (dovuta alla cementazione) ≈ 8÷10 kN/m^2
- K (coeff. di Winkler) ≈ 10÷15 daN/cm^3
- ai fini edificatori si tratta di terreni buoni

I secondi sono presenti a profondità maggiori di -2.5 m da p.c. ed hanno le seguenti caratteristiche geotecniche:

- $\gamma \approx 18 \div 20$ kN/m^3
- $\Phi \approx 35° \div 38°$
- densità relativa ≈ 0.7÷0.8
- coesione (dovuta alla cementazione) ≈ 8÷10 kN/m^2
- K (coeff. di Winkler) ≈ 20÷30 daN/cm^3
- ai fini edificatori si tratta di terreni ottimi

4.4 - Idrogeologia

4.4.1 - Permeabilità dei Terreni

Come indicato nella tabella di seguito allegata, la permeabilità dei terreni argilloso-limosi si può ritenere medio-bassa: è stato stimato, un coefficiente di permeabilità - k - pari a non più di 5 x 10^{-5} m/s.

Per quanto riguarda i terreni ghiaiosi presenti fino alla profondità di 2.5 m circa, sono caratterizzati da una permeabilità media: il k si stima possa essere pari ad almeno 1 x 10^{-4} m/s. Una permeabilità elevata - k ≥ 10^{-3} m/s - contraddistingue, invece, i terreni ghiaiosi sottostanti.

E' pertanto consentita l'infiltrazione in profondità delle precipitazioni atmosferiche.

I terreni ghiaiosi sono in grado di ospitare impianti di infiltrazione delle acque meteoriche.

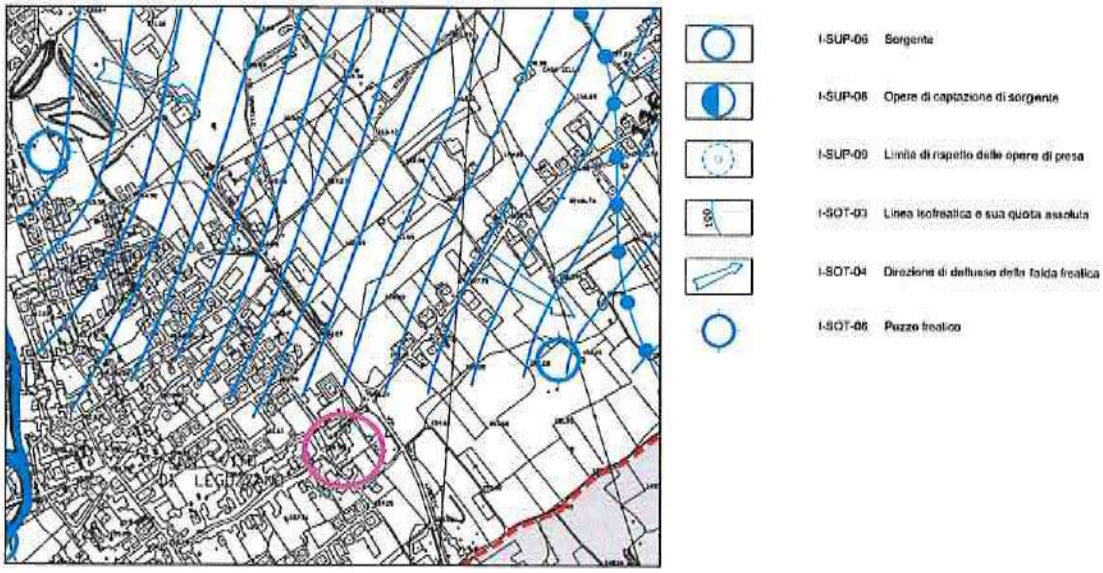
<table>
<tr><td colspan="2">K (cm/s)</td><td>10^{3}</td><td>10^{2}</td><td>10</td><td>1</td><td>10^{-1}</td><td>10^{-2}</td><td>10^{-3}</td><td>10^{-4}</td><td>10^{-5}</td><td>10^{-6}</td><td>10^{-7}</td><td>10^{-8}</td><td>10^{-9}</td></tr>
<tr><td colspan="2">K (m/s)</td><td>10</td><td>1</td><td>10^{-1}</td><td>10^{-2}</td><td>10^{-3}</td><td>10^{-4}</td><td>10^{-5}</td><td>10^{-6}</td><td>10^{-7}</td><td>10^{-8}</td><td>10^{-9}</td><td>10^{-10}</td><td>10^{-11}</td></tr>
<tr><td rowspan="2">GRANULOMETRIA</td><td>Omogenea</td><td colspan="2">Ghiaia</td><td colspan="2">Sabbia</td><td colspan="3">Sabbia molto fine</td><td colspan="2">Silt</td><td colspan="4" rowspan="2">Argilla</td></tr>
<tr><td>Varia</td><td>Ghiaia grossa e media</td><td colspan="3">Ghiaia e Sabbia</td><td colspan="5">Sabbia e argilla - Limi</td></tr>
<tr><td colspan="2">GRADO DI PERMEABILITA'</td><td colspan="5">ELEVATA</td><td colspan="5">BASSA</td><td colspan="4">NULLA</td></tr>
<tr><td colspan="2">TIPI DI FORMAZIONI</td><td colspan="5">PERMEABILI</td><td colspan="5">SEMI-PERMEABILI</td><td colspan="4">IMPERMEABILI</td></tr>
<tr><td colspan="2">DRENAGGIO</td><td colspan="6">BUONO</td><td colspan="3">POVERO</td><td colspan="4">PRATICAM. IMPERM.</td></tr>
</table>

- permeabilità e capacità drenante dei terreni -

4.4.2 - Acque Sotterranee

La parte pianeggiante del territorio comunale insiste sull'alta pianura. Quest'ultima, dal punto di vista idrogeologico, è costituita da un potente materasso alluvionale che ospita un'unica falda libera a carattere freatico, perlopiù caratterizzata da una continuità laterale determinata dal contatto diretto tra i materiali grossolani permeabili delle varie conoidi alluvionali: questa fascia viene definita dell'acquifero indifferenziato.

Come indicato nella carta idrogeologica del PAT di seguito allegata, il sottosuolo è saturato da acque sotterranee che sono presenti a partire da una profondità di almeno 30 m da piano campagna.



- Estratto (non in scala) della Carta Idrogeologica del Quadro Conoscitivo del PAT -

4.5 - Idrografia

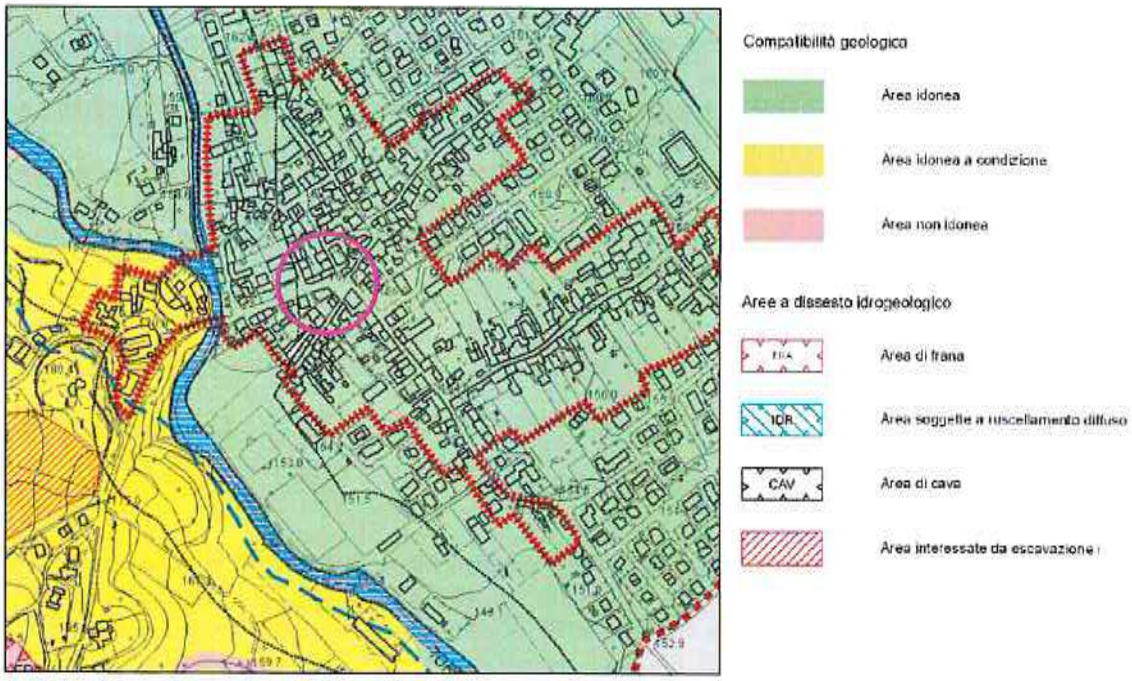
L'area non è attraversata e non confina con corsi d'acqua demaniali.

5 - FRAGILITÀ

5.1 – Fattori Geologici Geomorfologici ed Idrogeologici Idraulici

La Carta delle Fragilità del PAT specifica che l'immobile oggetto dell'intervento sorge in *area idonea*.

La consultazione della cartografia del PAI indica che l'area in esame non ricade né all'interno di perimetrazioni con pericolosità geologica e/o idraulica, nè in zona di attenzione geologica e/o idraulica.



- Estratto non in scala della Carta delle Fragilità del PAT -

5.2 – Considerazioni Conclusive

Il sito oggetto dell'intervento non presenta fragilità significative ai fini della realizzazione dell'intervento in progetto.

6 - DIMENSIONAMENTO DEL SOTTOFONDO

6.1 - Premessa Introduttiva

Il transito di veicoli provoca alla pavimentazione ed al sottofondo una variazione dello stato tensionale esistente. In particolare, il secondo dei due, ossia il sottofondo, in altri termini il piano di appoggio della sovrastruttura, deve possedere una limitata deformabilità allo scopo di assicurare, in fase costruttiva, la conservazione della regolarità del piano di posa della pavimentazione sotto il traffico di cantiere, di favorire il costipamento degli strati della sovrastruttura, nonchè di garantire, in fase di esercizio, l'assenza di cedimenti tali da compromettere la regolarità e la funzionalità della sovrastruttura stesa. Esso, inoltre, deve essere esente da variazioni spontanee di volume e di deformabilità, inconvenienti questi che possono essere presenti sopratutto nei terreni dotati di un contenuto apprezzabile di frazione fine. La portanza del sottofondo sta ad indicare l'attitudine a sopportare un numero prefissato di ripetizioni di carichi sena subire deformazioni di entità tale da ammalorare la sovrastruttura stessa.

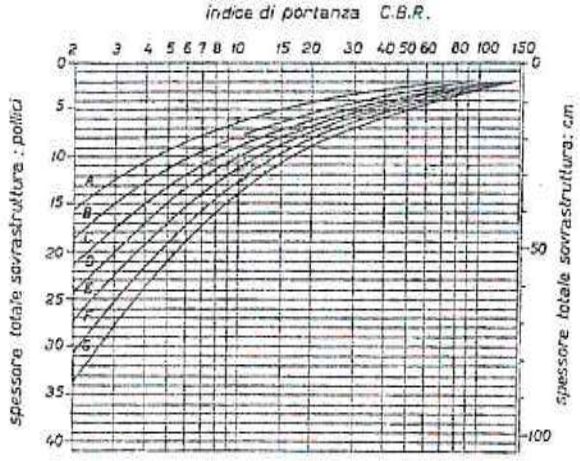
Secondo quanto descritto nello schema a blocchi sotto riportato, dalle caratteristiche del sottofondo dipende il dimensionamento della sovrastruttura stessa, entrambe, infine, devono essere dimensionate in funzione del traffico veicolare, il quale può trasmettere carichi diversi e con differente ciclicità.

Ai fini del dimensionamento delle sovrastrutture stradali si è fatto riferimento ad una classificazione funzionale, completa e dettagliata che è quella americana elaborata dall'Highway Research Board (HRB) adottata senza sostanziali modifiche dal CNR nelle norme sulla tecnica di impiego delle terre e nella redazione della norma UNI 10006, recentemente sostituita con il corpo di norme armonizzate UNI EN 14688, UNI EN 13242 ed UNI EN 13285.

Con questo metodo si definiscono prima:

- la capacità portante del sottosuolo data dall'indice C.B.R. (Californian Bearing Ratio),
- il volume di traffico della strada oggetto dell'intervento;

quindi, attraverso l'abaco sotto riportato si ricava lo spessore totale della sovrastruttura. Si tratta di un sistema semplice e speditivo che, tuttavia, fornisce dei buoni risultati e che si ritiene, quindi, adatta allo scopo del presente studio.



- abaco indice di portanza/spessore sovrastruttura/traffico veicolare -

Le curve A, B, C, ecc., inseriscono nell'abaco la variabile traffico secondo la tabella di seguito allegata:

curve	n. giornaliero di veicoli di tara superiore a 1,5 t
A	0-15
B	15-45
C	45-150
D	150-450
E	450-1500
F	1500-4500
G	> 4500

- traffico veicolare -

6.2 - Valutazione del Traffico

6.2.1 - Metodi di Valutazione

Secondo il nuovo codice della strada le strade vengono classificate nel seguente modo:

	Nuovo Codice della Strada	Norme CNR BU 60/78 e 78/8	Limite di velocità Km/ora
A	Autostrade extraurbane (eventuale strada di servizio)	Strade tipo I e II	130 (90)
	Autostrade urbane **(eventuale strada di servizio)**	Strade primarie	130 (50)
B	Strade extraurbane principali (eventuale strada di servizio)	Strada tipo III	110 (90)
C	Strade extraurbane secondarie	Strade tipo IV, A, V, VI, B	90
D	Strade urbane di scorrimento **(eventuale strada di servizio)**	Strade urbane di scorrimento	70 (50)
E	**Strade urbane di quartiere**	Strade urbane di quartiere	50
F	**Strade extraurbane locali**	Strada tipo C	30-50
	Strade urbane locali	Strade urbane locali	30-50

Il catalogo CNR delle pavimentazioni stradali stabilisce sei diversi livelli di traffico, corrispondenti al numero complessivo di passaggi di veicoli commerciali transitanti nell'arco della vita utile della pavimentazione sulla corsia più caricata.

Livello di traffico	Numero di veicoli commerciali
1°	400.000
2°	1.500.000
3°	4.000.000
4°	10.000.000
5°	25.000.000
6°	45.000.000

tabella 2 - livelli di traffico sulla corsia più caricata

La correlazione tra le due classificazioni è la seguente:

NUOVO CODICE DELLA STRADA	NORME CNR
A) Autostrade extraurbane " urbane	Strade tipo I e II Strade primarie
B) Strade extraurbane principali	Strada tipo III
C) Strade extraurbane secondarie	Strada tipo IV, A, V, VI e B
D) Strade urbane di scorrimento	Strade urbane di scorrimento
E) Strade urbane di quartiere	Strade urbane di quartiere
F) Strade extraurbane locali " urbane locali	Strada tipo C Strade urbane locali

tabella 3 - correlazione tra le due classificazioni

Secondo la proposta del SETRA-LCPC, il traffico da prendere in considerazione è quello per senso di circolazione se la carreggiata stradale è superiore a 6 m; se la carreggiata, invece, è di larghezza inferiore a 5 m deve essere considerato il traffico complessivo nei due sensi di marcia; infine, se la carreggiata è di larghezza compresa tra 5 e 6 m deve essere considerato il 75% del traffico complessivo nei due sensi di marcia.

In assenza di uno studio specifico, può essere d'aiuto la seguente tabella:

Classe di traffico		Traffico massimo per giorno: Numero di mezzi pesanti con carico utile > 5 t	Traffico massimo per giorno: Numero di veicoli di peso complessivo > 3,5 t	Traffico massimo per giorno: Numero totale di veicoli senza distinzione di carico	Descrizione
1		-	-	-	Spazi esclusivamente pedonali; parchi, piscine, marciapiedi; piste ciclabili.
2	A	-	2	50	Aree cortilive; strade di accesso a lottizzazioni con meno di 10 alloggi, spazi urbani pedonali con accesso veicoli di servizio, parcheggi residenziali.
	B	-	10	200	Strade di accesso a lottizzazioni da 10 a 300 alloggi; strade urbane pedonali con accesso veicoli di servizio e per le consegne; parcheggi pubblici, commerciali.
3	A	25	30	500	Strade urbane o simili soggette ad un traffico massimo di 500 veicoli al giorno e per senso di circolazione, senza distinzione di carico.
	B	50	60	700	Strade urbane o simili soggette ad un traffico massimo di 700 veicoli al giorno e per senso di circolazione, senza distinzione di carico; parcheggi o aree di manovra lenta di mezzi pesanti (fino a 60 veicoli/giorno di peso complessivo > 3,5 t)
	C	100	125	1000	Strade urbane o simili soggette ad un traffico massimo di 1000 veicoli al giorno e per senso di circolazione, senza distinzione di carico; parcheggi o aree di manovra lenta di mezzi pesanti (fino a 125 veicoli/giorno di peso complessivo > 3,5 t)
4		>100	>125	>1000	Strade urbane o simili soggette ad un traffico di oltre 1000 veicoli al giorno e per senso di circolazione, senza distinzione di carico; parcheggi o aree di manovra lenta di mezzi pesanti (oltre 125 veicoli/giorno di peso complessivo > 3,5 t)

tabella 3 - classificazione del traffico

6.2.2 - Stima del Traffico per la Viabilità di Progetto

Nel caso in esame la piazza, facendo riferimento alla tabella 3 si può assimilare ad una strada di tipo 3 A. Nell'abaco dell'Highway Research Board si entrerà pertanto con la curva C.

6.3 - Valutazione della Portanza del Sottofondo

6.3.1 - Premessa Introduttiva

La bibliografia geotecnica propone diversi abachi che correlano la natura dei terreni con l'indice di portanza C.B.R.. Quest'ultimi sono in grado indirizzare sulle scelte progettuali in assenza di prove specifiche di laboratorio (e.g. CBR) ed in sito (e.g. prove di carico su piastra). L'Highway Research Board, ad esempio, ha elaborato l'abaco di seguito allegato.

Tipo di sottofondo	Indice di plasticità	Indice CBR %
Argilla	70	1-2
	60	1,5-2
	50	2-2,5
	40	2-3
Argilla limosa	30	3-5
Sabbia limosa	20	4-6
	10	5-7
Limo		1-2
Sabbia granulometricamente poco assortita		10-20
Sabbia granulometricamente ben assortita		15-40
Sabbia e ghiaia granulometricamente ben assortite		20-60

- stima dei valori dell'indice CBR (Highway Research Board) -

Altri autori (e.g. Giuseppe Cestolani nel testo Strade Extraurbane) riportano i seguenti valori dell'indice CBR:

argille molto plastiche	3-5
argille mediamente plastiche	4-8
argille sabbiose poco plastiche	6-10
sabbie argillose	15-40
ghiaie sporche e male assortire	10-40
ghiaie ben assortite	40-80
pietrischi	> 80

- stima dei valori dell'indice CBR per diversi tipi di terreno -

Il citato autore riporta che, quando il CBR è minore di 10, il terreno è inaffidabile come sottofondo ed è opportuno approfondire lo scavo della trincea con funzione di bonifica, aumentando lo spessore della fondazione della sovrastruttura.

La valutazione della portanza di un sottofondo può essere eseguita anche attraverso la classificazione granulometrica dei terreni. Nota quest'ultima, si può facilmente stabilire se il terreno in loco può essere utilizzato come sottofondo senza nessuna particolare precauzione, oppure, se devono essere posti in atto interventi di correzione. Ai fini del dimensionamento delle sovrastrutture stradali è stata adottata quella già citata nel paragrafo 4.1 elaborata dall'Highway Research Board (HRB).

Essa suddivide le terre in 8 gruppi in base alla granulometria ed alla sensibilità all'acqua. Per ciascun gruppo, infine, sono indicati i tipi più comuni di materiali che lo costituiscono e le loro proprietà significative ai fini dell'utilizzo nei rilevati, o quale sottofondo.

Seguono la tabella di classificazione dei terreni secondo le norme UNI EN 14688 -1 e la tabella di classificazione dei terreni dell'Highway Research Board.

Classe	Sottoclasse	Simbolo	Dimensioni dei granuli (mm)
Terreni a grana molto grossa	**Grande masso**	LBo	>630
	Masso	Bo	200 ÷ 630
	Ciottolo	Co	63 ÷ 200
Terreni a grana grossa	**Ghiaia**	Gr	2 ÷ 63
	Ghiaia grossa	CGr	20 ÷ 63
	Ghiaia medio	MGr	6,3 ÷ 20
	Ghiaia fine	FGr	2 ÷ 6,3
	Sabbia	Sa	0,063 ÷ 2
	Sabbia grossa	CSa	0,63 ÷ 2
	Sabbia media	MSa	0,2 ÷ 0,63
	Sabbia fine	FSa	0,063 ÷ 0,2
Terreni a grana fine	**Limo**	Si	0,002 ÷ 0,063
	Limo grosso	CSi	0,02 ÷ 0,063
	Limo medio	MSi	0,006 ÷ 0,02
	Limo fine	FSi	0,002 ÷ 0,006
	Argilla	Cl	≤ 0,002

tabella 6 - classificazione dei terreni secondo le norme UNI EN 14688 -1

		Frazione passante al setaccio mm					
gruppo	sottogruppo	2	0,4	0,075	LL Limite liquido	IP Indice di plasticità	Indice di gruppo
A1	**A1-a**	≤50	≤30	≤15	-	<6	0
	A1-b		≤50	≤25			
A3	-	-	>50	≤10	-	-	0
A2	**A2-4**	-	-	≤35	≤40	≤10	0
	A2-5				>40	≤10	
	A2-6				≤40	>10	≤4
	A2-7				>40	>10	
A4	-	-	-	>35	≤40	≤10	≤8
A5	-	-	-	>35	>40	≤10	≤12
A6	-	-	-	>35	≤40	>10	≤16
A7	**A7-5**	-	-	>35	>40	>10	≤20
					IP ≤ LL - 30		
	A7-6				>40	>10	
					IP > LL - 30		
A8	-	-	-	-	-	-	-

tabella 7 - classificazione dei terreni dell'Highway Research Board

Gruppo	Sottogruppo	Materiali caratteristici costituenti il gruppo	Caratteristiche come sottofondo	Azione del gelo	Ritiro o rigonfiamento	Permeabilità	Classificazione generale
A1	A1-a A1-b	Ghiaia o ciottolo, ghiaia o ciottolo sabbiosi, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane	da eccellente a buono	nessuna o lieve	nullo	elevata	Terre ghiaio-sabbiose
A3	-	Sabbia fine					
A2	A2-4	Ghiaia o sabbia limosa o argillosa		media	nullo o lieve	media o scarsa	
	A2-5						
	A2-6						
	A2-7						
A4	-	Limi poco compressibili	da mediocre a scadente	molto elevata	lieve o medio		Terre limo-argillose
A5	-	Limi fortemente compressibili					
A6	-	Argille poco compressibili		media	elevato	scarsa o nulla	
A7	A7-5	Argille fortemente compressibili mediamente plastiche		elevata	elevato		
	A7-6	Argille fortemente compressibili fortemente plastiche		media	molto elevato		
A8	-	Torbe, detriti organici di origine palustre	inadatte	-	-	-	Torbe

tabella 8 - classificazione dei terreni dell'Highway Research Board

Con riferimento alla classificazione dell'HRB, si può osservare che le terre dei gruppi A1 ed A3, costituite da ghiaie e ciottoli, sabbie senza argilla e con eventuale pochissimo limo, sono praticamente insensibili all'azione dell'acque e del gelo e sono, pertanto, ottimi materiali per la costruzione della sovrastruttura e come sottofondi.

Le terre dei sottogruppi A2-4 e A2-5, costituite da ghiaie e sabbie limo-argillose con indice di plasticità inferiore a 10, sono insensibili all'azione dell'acqua e solo debolmente interessate dal gelo; trattasi, inoltre, di materiali facilmente costipabili, buoni quali sottofondi.

In presenza di tali terreni (da A1 ad A2-5) si procederà pertanto al livellamento ed al costipamento del piano di appoggio della sovrastruttura.

Le terre dei gruppi A2-6 e A2-7 sono poco sensibili all'azione dell'acqua, ma risentono dell'azione del gelo e presentano qualche difficoltà nel costipamento a causa del contenuto d'acqua, peraltro facilmente eliminabile per l'azione di sole e vento data la modesta percentuale di matrice fine. Quest'ultimi possono essere accettati quale materiale di sottofondo a condizione che lo spessore della sovrastruttura sia tale da impedire la penetrazione del gelo. Qualora questi terreni siano rinvenuti al livello del sottofondo e contengano tenori d'acqua eccessivi, tali dal non consentire le operazioni di predisposizione del piano di fondazione, sarà necessario richiedere bonifiche localizzate con approfondimento degli scavi e la susseguente sostituzione dei terreni in loco con terre dei gruppi A1 e A3.

Le terre dei sottogruppi A4, A5, A6 e A7 sono in misura più o meno elevata sensibili all'azione dell'acqua e del gelo. Possono pertanto essere impiegati come sottofondo solo se protetti dal gelo da una sovrastruttura di adeguato spessore e se si ha la certezza che

l'acqua non possa penetrarvi né dagli strati superiori, ma neppure da quelli sottostanti per effetto di capillarità o per innalzamento della falda idrica.

Si deve sempre procedere alla bonifica in presenza di terreni torbosi - gruppo A8 - ovvero di materiali di discarica sino alla loro totale asportazione. Qualora questa sia economicamente e tecnicamente inattuabile, la bonifica potrà limitarsi a profondità sufficienti a consentire la formazione di uno strato tale da permettere una normale esecuzione dei lavori.

6.3.2 - Stima della Portanza del Sottofondo

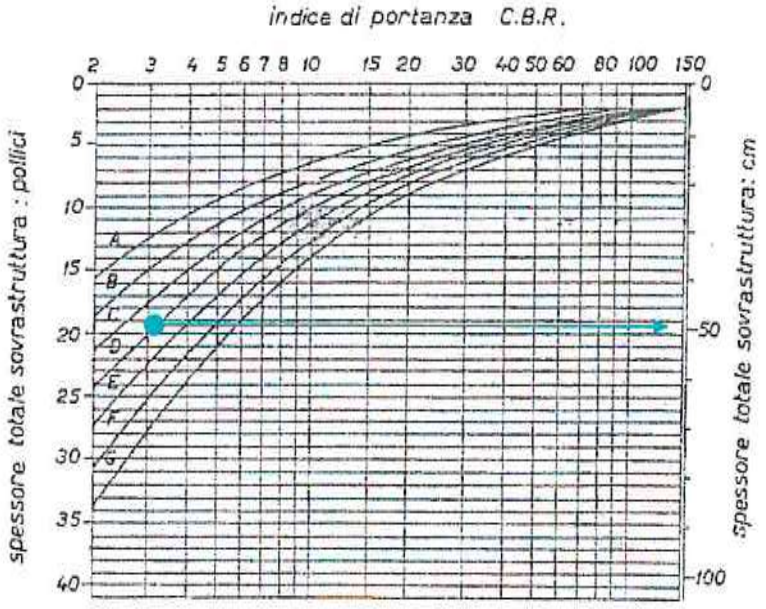
Nel caso in esame i terreni di sottofondo su cui poggerà la sovrastruttura stradale sono costituiti dai terreni di natura limoso-argillosa.

Facendo riferimento alla classificazione delle terre appena riportata, i terreni limoso-argillosi (terreni tipo A) appartengono al gruppo A4 e, per confronto con i dati forniti dalle prove penetrometriche, sono caratterizzati da valori di CBR < 10.

Si tratta di terreni che non sono adatti ad un impiego come sottofondo. In presenza di quest'ultimi è opportuno approfondire lo scavo della trincea con funzione di bonifica, aumentando lo spessore della fondazione della sovrastruttura e/o intraprendendo interventi di correzione con stabilizzazione a calce.

6.3.3- Verifica dello Spessore della Sovrastruttura

Inserendo nell'abaco proposto dall'Highway Research Board (citato nel paragrafo 7.1.1 e di seguito allegato) i valori del CBR dei terreni limosi, e, tenuto conto che, come indicato nel paragrafo 7.1.2.1, il tipo di traffico delle strade in questione rientra nella curva 3A, secondo la tabella, lo spessore della sovrastruttura deve essere pari ad almeno 40 cm.



- Abaco indice di portanza/spessore sovrastruttura/traffico veicolare -

7 - IMPIANTO DI INFILTRAZIONE

7.1 - Stima della Portata di Picco - Metodologia Utilizzata

La portata di picco attesa all'impianto di infiltrazione è stata stimata con un tempo di ritorno di 200 anni utilizzando il *metodo cinematico*.

La curva di possibilità pluviometrica considerata è stata determinata a partire dalle serie storiche indicate nella Valutazione di Compatibilità idraulica del PAT per la stazione di Schio:

$$h=68.3764\ t^{0.3100}$$

Il metodo cinematico assume che la portata di picco si forma per una durata di precipitazione pari al *tempo di corrivazione*. Si definisce *tempo di corrivazione*, il tempo necessario alla goccia caduta nel punto "più lontano"del bacino drenato ad arrivare alla sezione di chiusura.

$$Q_p = 0.278 \cdot \frac{\varphi \cdot h_c \cdot A}{t_c}$$

dove:

Q_p	portata di picco	[m^3/s]
A	superficie del bacino afferente	[km^2]
φ	coefficiente di deflusso medio	
h_c	altezza di pioggia critica	[mm]
t_c	tempo di corrivazione	[h]

7.2 - Stima della Portata di Picco

Utilizzando la formula riportata nel § 7.1 ed inserendo i seguenti dati:

A	0.00164	[km^2]
φ	0.90	
h_c	44.49	[mm]
t_c	0.25	[h]
a	68.3764	
n	0.31	

Si ottiene una portata di picco pari a 40 l/s.

7.3 - Individuazione del tipo impianto di infiltrazione da adottare

L'assetto idrogeologico esistente (assenza di acque sotterranee e permeabilità elevata), rende possibile l'adozione di sistemi di dispersione per infiltrazione delle acque meteoriche. Nel caso in esame, tenuto conto dell'assetto plano-altimetrico locale e delle caratteristiche dell'intervento in progetto, si è optato per l'infiltrazione attraverso pozzi disperdenti.

7.4 - Dimensionamento Impianto di Infiltrazione

Secondo la normativa tedesca ITWH, la portata di infiltrazione di un pozzo disperdente, utilizzando anelli in cemento prefabbricati del tipo sotto schematizzato, è la seguente:

$$Q_{TOT} = Q_f + Q_l$$

Dove:

$$Q_f \text{ (portata di dispersione del fondo)} = \pi D^2/4 \; k/2$$

e

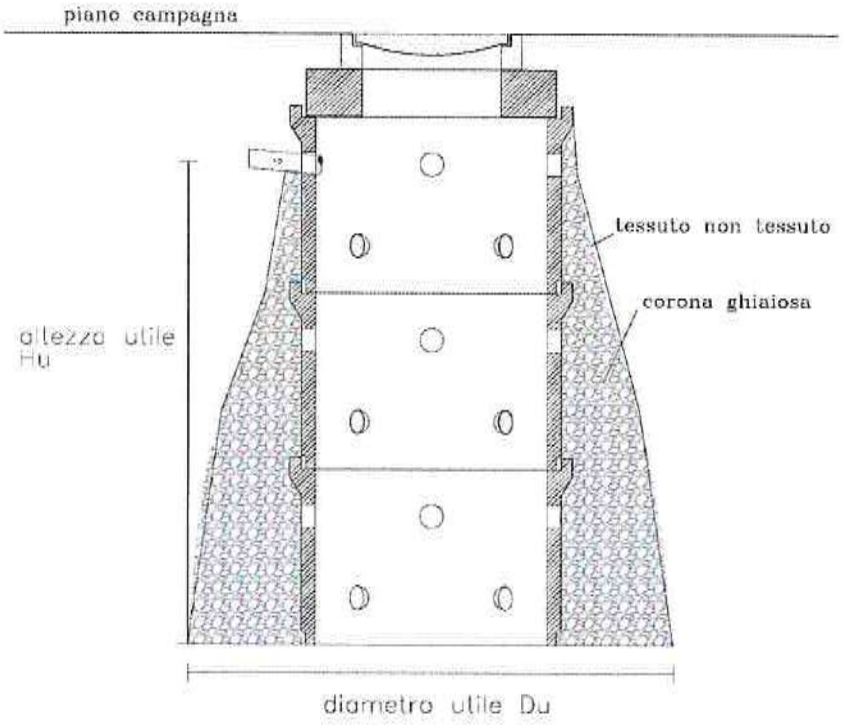
$$Q_l \text{ (portata di dispersione laterale)} = \pi D H \; k/4$$

Dove:

K: coeff. di permeabilità

D: diametro utile disperdente, ossia il diametro esterno dell'anello perdente (compreso la corona ghiaiosa);

H: altezza utile disperdente, ossia l'altezza del tratto di pozzo che insiste su terreni permeabili.



- schema tipo di pozzo disperdente -

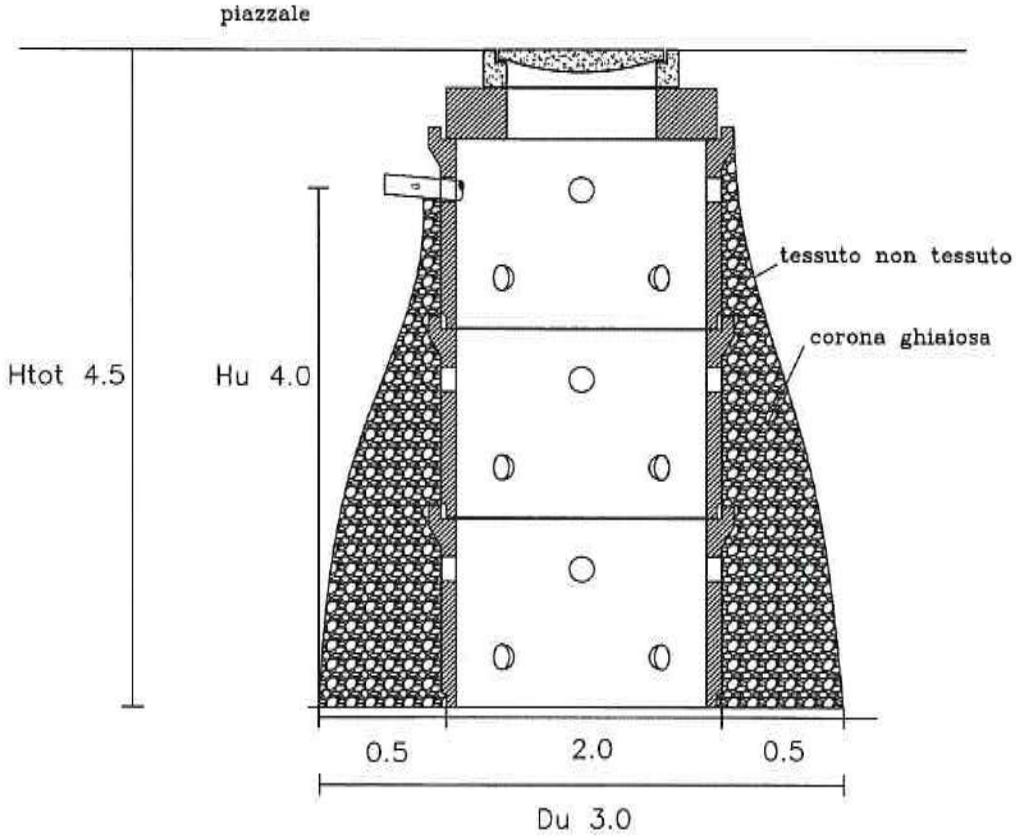
Per definire la capacità disperdente di un pozzo è necessario conoscere anche l'assetto stratigrafico locale, in particolare il coefficiente di permeabilità, infine, l'assetto idrogeologico, ossia l'eventuale presenza di acque sotterranee e le fluttuazioni nel tempo del livello statico della falda.

Nel caso in esame i dati di progetto sono i seguenti:

- Stratigrafia l'assetto stratigrafico locale è stato descritto nel paragrafo 4.2: il sottosuolo è costituito da terreni granulari grossolani di natura ghiaiosa per almeno una decina di metri da piano campagna.
- Coeff. di permeabilità k come descritto nel paragrafo 4.2, il coefficiente di permeabilità - k - medio dei terreni presenti è pari a 2×10^{-3} m/s.
- Assetto idrogeologico come descritto nel paragrafo 4.3, il materasso alluvionale non è saturato da acque sotterranee per una profondità di almeno alcune decine di metri dal piano campagna.

Per motivi pratici di realizzazione dei manufatti, si propone di realizzare pozzi disperdenti con le seguenti dimensioni (si veda anche lo schema sotto riportato):

- diametro utile disperdente: 3.0 m (elemento in cls forato da 2.0 m + una corona ghiaiosa con uno spessore di 0.5 m);
- altezza utile disperdente: 2.5 m.



schema del pozzo disperdente - dimensioni in m

Inserendo nelle formule sopra riportate le dimensioni del pozzo disperdente sopra descritto ed i dati indicati nel precedente paragrafo, si ottiene una portata di infiltrazione totale ($Q_f + Q_l$) pari a 42 l/s.

E' sufficiente pertanto realizzare 1 solo pozzo disperdente.

Schio, li 06/05/2022

Bertolin Andrea – *geologo*

Si allegano i dati pluviometrici utilizzati per ricavare la curva di possibilità pluviometrica.

DATI PLUVIOGRAFICI – STAZIONE DI SCHIO (VI)

Anno	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
11	32,60	41,00	32,20	56,00	93,60
12	28,80	38,40	54,60	67,60	83,00
13	35,80	53,00	49,60	70,00	91,20
14	33,00	47,00	53,00	111,00	89,20
15	33,00	26,00	46,00	78,00	127,00
16	17,00	32,80	83,00	61,40	111,00
17	31,20	36,40	52,20	63,00	85,00
18	30,20	43,20	47,60	67,40	96,00
19	31,80	41,00	32,80	44,80	112,00
20	29,80	44,00	61,40	56,20	75,00
21	24,20	49,00	44,00	48,20	73,60
22	48,80	37,20	42,00	75,20	76,00
23	25,40	35,00	47,00	78,00	84,20
24	34,80	55,00	49,20	80,00	114,40
25	21,00	44,40	57,80	90,60	106,20
26	27,80	41,40	40,00	96,60	112,40
27	36,00	22,00	71,60	74,60	138,40
28	17,00	24,80	59,60	62,60	98,60
29	20,20	50,40	48,00	67,40	85,40
30	38,00	35,40	34,80	100,00	109,40
31	32,80	43,40	40,20	102,40	126,40
32	28,80	50,60	50,60	65,00	124,40
33	33,20	39,00	59,60	103,00	93,40
34	25,00	73,60	51,80	103,60	185,40
35	44,00	37,80	66,40	108,00	117,60
36	29,80	36,80	61,00	102,80	113,20
37	25,60	45,20	98,00	60,80	116,40
38	33,00	41,40	63,20	54,60	94,40
39	22,00	32,40	49,20	69,20	69,00
40	27,00	49,40	54,20	65,00	91,60
41	36,60	50,00	53,60	63,00	82,20
42	42,00	35,00	49,00	55,60	89,40
43	29,00	65,00	49,80	70,00	112,00
44	33,00	40,00	54,00	131,20	117,00
45	20,00	35,20	38,00	75,00	146,40
46	35,20	54,60	122,80	82,80	108,00
47	43,60	47,60	47,00	75,40	140,00
48	43,00	26,40	50,00	84,20	90,20
49	16,60	48,20	55,00	84,20	114,40
50	46,60	48,80	56,00	48,40	114,40
51	43,00	40,00	47,60	62,80	75,00
52	36,20	51,50	48,40	57,00	92,60
53	39,80	34,40	54,00	71,80	89,00
54	31,80	73,60	50,00	77,40	112,30
55	69,40	66,80	62,50	92,80	88,60
56	53,80	46,00	47,20	86,00	103,80
57	19,60	47,60	74,00	104,00	111,40
58	42,00	49,00	73,00	105,00	113,80
59	36,20	64,60	70,00	86,40	139,80
60	57,60	51,00	59,40	124,40	150,00
61	36,20	57,00	63,40	66,00	134,40
62	57,00	64,40	74,00	64,80	72,60