



UFFICIO TECNICO  
COMUNE DI TURRIACO  
arch. Bruno Cucit (RUP)  
geom. Rolando Fabbi  
sig.ra Susanna Colovatti

localizzazione

**REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA**  
**PROVINCIA DI GORIZIA**  
**COMUNE DI TURRIACO**

tavola

**D.03**

committente

**AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI TURRIACO**

lavoro

**AMPLIAMENTO E ADEGUAMENTO SPOGLIATOI  
E TRIBUNE PALESTRA COMUNALE**

**PROGETTO DEFINITIVO**

oggetto

scala

**RELAZIONE GEOLOGICA**

responsabile di progetto

PROGETTAZIONE GENERALE  
E COORDINAMENTO

Ing. Maurizio Casoni



gruppo di progettazione

PROGETTO ARCHITETTONICO

arch. Bruno Cucit (U.T. Comune)

Ing. Marco Giordani

PROGETTO STRUTTURALE

Ing. Tiberio Altinler

PROGETTO IMPIANTISTICO

Ing. Maurizio Casoni

SICUREZZA

arch. Pier Nicola Carnier

ambito progettuale

collaborazione e aspetti specialistici

data progetto	rev.	data	motivo	riferimenti
Novembre 2015				redatto PZZ
				controll. FLC
				archivio 1686D_DR03_R0.dwg

S.c.r.l.

- ingegneria  
- urbanistica  
- ambiente  
- architettura  
- ricerca

Sede

Via Montereale n. 10/C  
33170 Pordenone

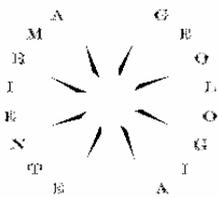
Telefono 0434-21085

Telefax 0434-520336

E-mail info@coprogetti.it

C.C.I.A. PN 19501

P.IVA 00170010938



Studio di geologia Federico Pizzin

**Progetto:** Ampliamento ed adeguamento di spogliatoi e tribune della palestra comunale

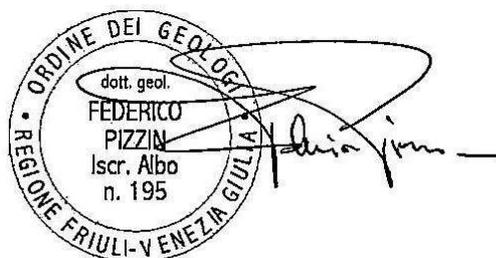
**Comune:** Turriaco - Provincia di Gorizia

**Committente:** Comune di Turriaco

## RELAZIONE GEOLOGICA

Ronchi dei Legionari, 7 agosto 2015

*dott. geologo Federico Pizzin*



## 1. - **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La presente relazione viene redatta ai sensi della seguente normativa tecnico-costruttiva e geologica-sismica:

- **Decreto Ministeriale LL.PP. 11.03.1988 – Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 11.03.1988 (G.U. 01.06.1988, n. 127 suppl.);**
- **Testo Unico Ambientale Decreto Legislativo n. 152/2006 modificato dal D. Lgs. 04/08, D.L. 185/08, L. 02/09 e L. 13/09;**
- **Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14.01.2008 (G.U. n. 29 del 04.02.2008 suppl. ord. n. 30);**
- **Circolare 05.08.2009 “Nuove norme tecniche per le costruzioni approvate con decreto del Ministro delle infrastrutture 14.01.2008 – Cessazione del regime transitorio di cui all’articolo 20, comma 1, del decreto – legge 31.12.2007, n. 248”, pubblicata sulla “Gazzetta Ufficiale” 187 del 13.08.2009;**
- **Circolare 02.02.2009 “Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni” del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;**
- **Deliberazione della Giunta regionale 6 maggio 2010, n. 845 (L.R. 16/2009, art.3, comma 2, lettera A) - Classificazione delle zone sismiche e indicazione delle aree di alta e bassa sismicità;**
- **Decreto del Presidente della Regione 27 luglio 2011 n. 0176/Pres. “Regolamento di attuazione dell’art. 3, comma 3, lettere a) e c) della L.R. 16/2009” (Norme per la costruzione in zona sismica e per la tutela fisica del territorio);**
- **prescrizioni** previste dall’indagine geologica al **Piano Regolatore Comunale.**

## 2. – DATI GENERALI E DESCRIZIONE DEL PROGETTO

La presente relazione geologica è stata eseguita nel mese di agosto del 2015 ed è relativa al “*Progetto per l'ampliamento e l'adeguamento di spogliatoi e tribune della palestra comunale, per conto del Comune di Turriaco*”.

Per quanto riguarda gli specifici elaborati grafici dell'intervento si rimanda al progetto redatto dall'*architetto Bruno Cucit*. Assieme al progettista sono state affrontate le problematiche geologiche-tecniche connesse all'ipotesi di progetto in modo congiunto.

L'area in progetto si trova nel Comune di Turriaco, e la **quota** dell'area stimata dalla C.T.R. è mediamente di circa **9,3 metri s.l.m.m.**

### 2.1. – Descrizione della metodologia di indagini eseguite nel rispetto delle norme e analisi geologica preliminare a tavolino

Questo studio viene redatto nel rispetto delle normative vigenti, in particolare delle Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008 e succ. mod. ed integrazioni in particolare assumendo dati ed elementi oggettivi direttamente in campagna, permettendoci di arrivare ai presupposti “geologici-geotecnici” che consentano anche di effettuare l'intervento in completa sicurezza. Inoltre l'indagine geologica si è basata ragionevolmente sull'analisi dei dati e della cartografia presenti nell'indagine geologica allegata al Piano Regolatore del Comune di Turriaco redatto dal sottoscritto, sulla ricerca bibliografica dei dati storici per l'area, tarati, correlati e confrontati criticamente fra loro.

Per la presente indagine è stato seguito il presente iter di analisi:

1. analisi e raccolta dei dati geologici generali della zona utilizzando le indagini geologiche pregresse ed attuali del Piano Regolatore Comunale;
2. analisi di alcuni sondaggi geognostici presenti nell'indagine geologica del Piano Regolatore redatto dal sottoscritto (una base sismica a rifrazione, un sondaggio elettrico verticale un sondaggio penetrometrico dinamico eseguito in passato dal sottoscritto) ed **esecuzione di uno scavo geognostico** nel sito interessato dal

progetto, al fine di individuare con precisione la stratigrafia del sito e le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati (l'ubicazione di tutte le prove è indicata negli allegati finali;

3. **esecuzione di una misura del tremore sismico ed individuazione della  $V_{S30}$**  mediante strumentazione sismica passiva a stazione singola, nel sito di interesse;
4. analisi e raccolta dei dati riportati nel PAI per quanto riguarda le zone esondabili;
5. valutazione della stratigrafia del pozzo n. 2050004 tratto dal "Catasto Regionale Pozzi", vicino all'area di progetto, sino alla profondità di 50,6 m ed i dati della stazione freaticometrica n. 0302.

I parametri geotecnici di riferimento sono desunti, oltre che dall'ampia letteratura disponibile, dai sondaggi geognostici analizzati ed eseguiti, nonché dall'esperienza acquisita direttamente sul campo dal sottoscritto durante la realizzazione di numerosi interventi simili negli ultimi 20 anni in condizioni geologiche spesso completamente confrontabili con quelle del progetto attuale.

Sulla base del rilievo geomorfologico del terreno allo stato attuale e dell'analisi del progetto, nonché sull'analisi della C.T.R., della cartografia specifica tecnica e dei sondaggi geognostici eseguiti ed analizzati, sono stati riportati i dati di campagna. Ciò ha permesso **di fornire ragionevolmente, nel rispetto delle normative in materia ed in base all'esperienza personale-professionale del sottoscritto e rapportato al tipo di intervento**, una caratterizzazione dei terreni e delle loro proprietà geotecniche.

Infine è stata eseguita un'elaborazione di calcolo dei cedimenti e determinazione dei carichi limite tramite il software "Loadcap" della Geostru.

### 3. - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO GENERALE

Di seguito vengono riportate le considerazioni sul territorio comunale riportate dal sottoscritto nella relazione geologica allegata allo Studio geologico per il Piano Regolatore di Turriaco.

In via preliminare si deve ricordare che, sotto il profilo geologico, il territorio del Comune di Turriaco fa parte di un'area strettamente correlata al conoide isontino.

Come è logico aspettarsi le ghiaie depositate dall'Isonzo sono, per quanto riguarda la loro genesi, in diretta connessione con le formazioni attraversate dal fiume nel bacino montano.

L'assortimento litologico delle alluvioni comprende: ciottoli calcareo – dolomitici bianchi, triassici, provenienti dall'alta valle a monte di Kobarid; ciottoli calcarei grigio cilestrini per lo più selciferi provenienti dal tratto mediano del bacino e dalla valle della Bača, che nell'insieme rappresentano il 90% circa della pianura alluvionale isontina, si rinvencono, però anche elementi forniti dalle arenarie rosse permiche e werfeniane e dalle arenarie tufacee verdi della valle dell'Idrija, qualche dolomia cariatata accompagnata da scarsi frammenti di brecce e conglomerati.

Questa caratterizzazione in senso litologico è un elemento comune a tutta la piana isontina, viceversa la distribuzione verticale non sempre rispetta le regole di classazione in quanto il corso dell'Isonzo ha subito, in epoca postglaciale numerosi cambiamenti di direzione.

L'esame delle foto aeree e i rilevamenti di superficie hanno permesso di individuare, nella zona studiata, un probabile paleoalveo dell'Isonzo. Il fatto è ipotizzabile sulla base di vari indizi quali: l'evidente propensione erosiva del collettore principale sulla riva sinistra, l'andamento arcuato di alcuni lineamenti topografici e non ultimo l'assetto strutturale della confluenza con il Torre, che in epoche passate si doveva verificare probabilmente in una zona più a monte.

La tendenza alla divagazione dei meandri e in particolare alla migrazione verso Sud – Est, con la conseguente deposizione preferenziale sulle sponde destre ed erosione su

quelle sinistre, è un elemento che accomuna gran parte dei collettori della pianura friulana centro – orientale.

Questa osservazione, unitamente alla evidente predisposizione del fiume Isonzo all'incassamento rispetto alle sue alluvioni, fa pensare ad una generale tendenza al ringiovanimento accompagnato da fenomeni di basculamento che, in questa zona, comportano lo spostamento della foce verso Sud – Est.

E' chiaro, comunque, che questo elemento di caratterizzazione è in diretta connessione con l'inclinazione al sollevamento differenziale osservato in tutto l'arco delle Alpi Giulie.

Movimento provocato da spinte di tipo dinarico con senso primario da Nord-Est verso Sud-Ovest, o da loro componenti.

Da osservare, infine, che secondo alcuni Autori il limite fra le ghiaie e la frazione sabbiosa dovrebbe passare attraverso il territorio esaminato (linea delle risorgive), però, l'alto grado di antropizzazione e la sovrapposizione di differenti classi granulometriche impedisce di porre una separazione così netta.

Si è, pertanto, in accordo con diversi altri Autori, deciso di definire litologicamente ghiaioso – sabbiose, le alluvioni dell'area considerata.

L'Isonzo ha costruito, con vertice in Gorizia, un vastissimo conoide, compreso in pratica fra quello del Tagliamento ad Ovest ed il Carso di Monfalcone ad Est.

Depositi fluvio-glaciali, oppure fluviali a prevalenza ghiaiosa, ne vanno a costituire la parte pedemontana, compresa fra Gorizia, Gradisca, il Collio Goriziano ed il Carso di Monfalcone.

Subito a valle di Gradisca prende particolare sviluppo il deposito alluvionale che, come quello ghiaioso precedente, si presenta variamente rimaneggiato in seguito alle fasi di deiezione ed erosione conseguenti alle vicissitudini glaciali.

A causa della reazione isostatica sviluppatasi in conseguenza alla fusione delle imponenti masse glaciali, che durante il Würm III gravavano sulle Alpi Giulie e sulle

Carniche - come su tutto il sistema alpino in generale -, si è avuto un sensibile sollevamento del lembo orientale della pianura padano-veneta. Per reazione, nella zona del Golfo di Trieste si è manifestato un movimento negativo, tutt'oggi in atto.

Da questo insieme di fattori deriva, complessivamente, la pendenza generale di tutta la piana isontina, da Nord a Sud.

Nell'Olocene l'Isonzo è passato dalla fase di divagazione a quella di erosione in tutto il suo corso, da Salcano a valle fin presso la foce.

Il fiume, di conseguenza, ha incassato il proprio letto nelle sue stesse alluvioni e lo ha stabilizzato definitivamente. L'alveo attualmente risulta profondo 15÷20 metri rispetto al piano di campagna presso Gorizia, lo è ancora di 5÷6 metri presso Gradisca, mentre nel tronco Turriaco-Pieris è in media 2÷3 anche 1 metro sotto il piano dell'alluvione.

Il sistema conoidale isontino è costituito da un gran numero di conoidi giustapposti e sovrapposti, differenziati in modo più o meno vario a seconda delle condizioni idrologiche di volta in volta dominanti; il tutto poggia sul fondo roccioso quaternario avente pendenza da Nord-Est vero Sud-Ovest.

In estrema sintesi, si può affermare che l'origine di tale sistema risale all'era quaternaria, all'alternanza delle diverse fasi glaciali ed interglaciali e dei relativi interstadi e periodi di alta pluvialità del Pleistocene è da correlare la sua costituzione; all'Olocene si riferiscono le ulteriori trasformazioni.

Da queste vicissitudini, qui appena delineate, deriva la eterogeneità del deposito alluvionale, che è costituito da ghiaie alternate (sia in senso verticale che orizzontale) da argille e sabbie.

Appare interessante rilevare che le ghiaie sono spesso cementate fino al punto da dar luogo a potenti banchi di conglomerato.

Più verso la costa, l'azione del trasporto fluviale è stata sopravanzata dai depositi marini e palustri. Mano a mano che ci si avvicina al mare, si può notare una progressiva differenziazione dei materiali conoidali: vanno aumentando quelli minuti, mentre

diminuiscono le frazioni ghiaiose. Tale differenziazione può essere osservata soprattutto a valle di Gradisca, dove l'omogeneità della massa ghiaioso-conglomeratica del Würm si fraziona in lenti, strato-lenti, zone e lingue variamente estese, a volte di sensibile altezza, con intercalati materiali misti. Qualcuna di queste formazioni, corrispondenti a letti fluviali ora sepolti e non più attivi, va a ricongiungersi con l'alveo attuale a valle di Pieris. Altri sistemi di lingue e zone ghiaiose, meno differenziati, più ricchi di argilla e perciò meno permeabili, raggiungono il mare nella baia di Panzano.

Un terzo gruppo, infine, di quelli ubicati in sinistra Isonzo, si estende ai piedi del Carso da Fogliano fino al Lisert, interferendo in quest'ultima zona con i sedimenti più fini portativi dal Timavo.

Dal punto di vista deposizionale le prospezioni eseguite in passato e riportate negli allegati finali hanno rivelato, pur nell'omogeneità genetica, una certa anisotropia spaziale.

Tutte le indagini puntuali realizzate sul territorio comunale segnalano la presenza di depositi alluvionali ghiaioso sabbiosi prevalenti, spesso cementati, ed in subordine livelli coesivi, che cominciano a divenire veri e propri strati appena a profondità di 10 – 15 metri dal piano di campagna.

Si nota, infatti, la distinzione orizzontale nelle aree con diverso contenuto di termini granulometricamente minori. Si è riusciti ad individuare la presenza di un orizzonte piuttosto cementato in corrispondenza del tetto della falda (2 – 3 m dal piano di campagna) che si estende in tutta l'area, come testimoniato dai risultati delle basi sismiche a rifrazione.

Da un punto di vista geotecnico è stato, quindi, possibile suddividere il sottosuolo in due piani. Il primo, con una potenza di circa 2,5-3,0 m possiede una densità relativa piuttosto elevata (mediamente del 70%), è quindi dotato di buone caratteristiche geotecniche (discreto carico unitario ammissibile). Questo fatto, unitamente ad altre considerazioni, ha portato a collocarlo nella classe C6 delle "facies litologiche" contemplate nella guida sui metodi e sulle finalità delle indagini geologico - tecniche edita dal servizio Calamità Naturali dell'assessorato dei LL.PP. della regione F.V.G.. La classe C6 rientra, come ultimo termine nella "Zona Z2" della citata guida.

#### **4. – INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE**

In tutto il territorio isontino particolare importanza riveste, sotto diversi punti di vista, il tema delle acque sotterranee.

Questa zona, come è noto, è caratterizzata da una significativa presenza di falde, per cui in questa sede si è ritenuto opportuno e necessario soffermarsi, seppure in maniera sintetica, sulle questioni più rilevanti.

Sulla base di quanto illustrato nel precedente capitolo, l'area del territorio comunale di Turriaco è situata nella pianura isontina.

Con riferimento alle direttrici più importanti seguite dalle acque ipogee, alla luce delle numerose ricerche effettuate fino ad oggi, per la parte di interesse si può rilevare in via probabilistica quanto segue.

Una parte delle acque provenienti dall'Isonzo penetra nel Carso a Sud di Gorizia assieme a contributi del Vipacco derivati presso Merna, e da qui dovrebbe scorrere (unitamente alle acque meteoriche percolate direttamente attraverso le rocce calcaree) verso Ovest, sotto il Monte S. Michele, per ritornare all'Isonzo in riva sinistra a monte di Sagrado.

Il resto del deflusso dovrebbe seguire il solco di Doberdò, diramandosi più a Sud in tre parti.

La prima si muove lungo il solco di Vermegliano per immettersi poi nella falda isontina in sinistra del Basso Isonzo; la seconda, parzialmente a cielo aperto, attraversa i laghi di Doberdò, Pietrarossa e Sablici, e prosegue fino al Lisert ed alle Moschenizze; la terza, infine, si mescola con altri apporti provenienti dal Vallone di Brestovizza, e si dirige verso le sorgenti del Sardotsch-Randaccio presso S. Giovanni di Duino.

Viene in tal modo ad essere interessato dalle relative emergenze tutto l'arco di contatto fra calcare carsico e alluvione isontina tra Fogliano-Redipuglia e San Giovanni di Duino.

In particolare, per quanto attiene alla fascia che riguarda il Lisert, va ricordato che a ridosso delle propaggini calcaree del Carso di Monfalcone vi sono delle risorgive di origine carsica (Tavoloni), le cui acque vengono raccolte e drenate da una rete di canali di bonifica.

Un'altra massa idrica di provenienza isontina interessa la bassa pianura alla sinistra del fiume, mentre un'ulteriore frazione delle acque uscenti dal bacino montano del fiume va ad alimentare il sistema di falde ubicato in destra orografica del corso vallivo dell'Isonzo.

Dagli studi e dalle indagini inerenti alla valutazione, su scala regionale, della potenzialità delle risorse idriche degli acquiferi della parte orientale della Pianura Friulana, risulta evidente che le falde fino a 50 metri di profondità rispetto al piano campagna sono alimentate, in maniera più o meno rilevante, dall'Isonzo.

A profondità maggiori, e fino al basamento quaternario, i risultati delle analisi indicano una provenienza di acque dalle alluvioni della destra Isonzo (sottobacino idrografico del Torrente Torre).

L'accennata trasformazione da monte a valle della coltre alluvionale per le subentranti intercalazioni di materiali sabbiosi, argillosi o misti determina una ripartizione della massa d'acqua presente nel sottosuolo in falde sempre più numerose.

Approssimandosi al mare, come nel caso in esame, queste vanno evidenziando caratteri di indipendenza, tanto più che le falde superficiali sono freatiche e quelle più profonde sono artesiane. Il moto è pressochè orizzontale ed eventuali scambi idrici si instaurano, al più, attraverso strati filtranti costituiti da materiali più minuti.

Il regime idrometrico di tali acque, seppur in forma attenuata (e con conseguenze decrescenti allontanandosi dalla linea di costa e/o spostandosi in profondità), ma con perfetta regolarità, è influenzato dalle escursioni di marea.

Nei precedenti studi geologici generali del territorio comunale (a corredo dei Piani regolatori), la redazione delle carte idrogeologiche è stata fatta sulla base dei dati freatimetrici disponibili sino a quel momento.

Di fatto è stato fatto il massimo sforzo possibile e le interpretazioni idrologiche sono state fatte sulla base di dati rilevati dai pozzi del Catasto Regionale del Friuli Venezia Giulia, da pubblicazioni del dott. Mosetti e da campagne di misurazioni.

Come già riportato nelle premesse è stata redatta la “Carta idrogeologica con indicazione delle isofreatiche e della minima profondità della falda”, si è considerato quanto pubblicato annualmente dalla Direzione Regionale dell’Ambiente, nell’ambito del “Piano generale per il risanamento delle acque”, in particolare i dati freaticometrici registrati presso alcuni pozzi, (analizzati anche dallo studio geologico del 1995) soprattutto il pozzo n. 302 sito a Turriaco presso il Cimitero e riportato negli allegati finali.

Per la realizzazione della carta tematica, ci si è basati sulle quote riportate nella Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000 e sui dati dei pozzi. Tale confronto ha permesso una suddivisione del territorio in tre aree che vengono caratterizzate dalle seguenti situazioni: presenza di una falda che in condizioni di massima alimentazione si può portare fino ad 1 metro dal piano di campagna (colore azzurro), tra 1 e 3 metri (colore beige) e, infine, a quote inferiori ai 3 metri (colore verde).

Le isofreatiche rappresentative della condizione di massima alimentazione della falda freatica si riferiscono a dati registrati durante l’anno 1996.

Dalla lettura della carta proposta è possibile ottenere alcune parziali informazioni per la caratterizzazione dell’acquifero nel suo complesso, del livello freatico in particolare.

La curvatura delle linee isofreatiche non presenta quei caratteristici valori che permettono l’individuazione dei principali assi di drenaggio, a loro volta delimitati dalle dorsali più marcate, e quindi le più evidenti zone di convergenza e divergenza delle acque sotterranee.

Può essere facilmente constatato, infatti, che le isofreatiche presentano un andamento estremamente regolare, ad orientazione pressoché meridiana, quindi con spostamenti dei flussi freatici da nord a sud, a parte una modesta divergenza in corrispondenza del settore più orientale del territorio comunale, dove le linee di flusso divergono leggermente verso oriente, forse per il condizionamento di una dorsale sotterranea.

La regolarità osservata è da mettere probabilmente in relazione con la presenza, a livello di deposito quaternario, di un elemento strutturale che certamente condiziona le principali direzioni di flusso delle acque sotterranee, la così detta “linea delle risorgive”, in pratica limite di separazione fra l’alta e la bassa pianura, fra i depositi alluvionali a granulometria prevalentemente incoerente e quelli caratterizzati da significative contaminazioni coesive, linea lungo la quale viene a giorno una parte consistente delle acque freatiche infiltratesi nell’alta pianura.

La “linea delle risorgive”, presenta un andamento medio secondo una direzione dinarica, da NW a SE , che nell’area esaminata diviene nettamente da N a S.

In pratica, lungo la congiungente Tapogliano, Ruda, Villa Vicentina, si forma una specie di ansa che diviene certamente condizionamento sulle principali direzioni di flusso, ma anche nei riguardi delle principali alimentazioni.

Tutta l’area che si colloca, grosso modo, al di sotto della congiungente Cassegliano, Begliano, Dobbia, Bistrigna, quindi anche il territorio studiato, riceve significativi contributi dalle acque di destra Isonzo, costrette, dalla presenza appunto della “linea delle risorgive”, a scorrere nella direzione descritta.

La “linea delle risorgive” condiziona le direzioni di flusso sotterraneo, agendo anche nei confronti delle acque superficiali, in particolare il corso dell’Isonzo, che in questa area subisce una brusca variazione di direzione, spostandosi, in breve spazio, da NE – SW, a N – S, ed ancora, a NW – SE.

Tornando alle linee isofreatiche, si è provveduto ad operare alcune verifiche dei gradienti idraulici, i cui valori rimangono costanti in tutto il territorio esaminato, come è possibile immediatamente osservare anche sulla base dei valori del modulo di spaziatura.

Ipotizzando valori di porosità e permeabilità medie per tutto il territorio, è stato possibile ricavare un primo dimensionamento dei valori della velocità di flusso della freatica, parametro indispensabile per la definizione del tempo di arrivo di un ipotetico inquinante ad un’opera di captazione, utile per il dimensionamento dei settori di protezione delle acque sotterranee in corrispondenza dei pozzi ad uso idropotabile.

I valori calcolati danno una velocità media di flusso = 0,5 metri/ora, valore che ben si accorda con quelli che erano stati stimati in corrispondenza del territorio di S. Pier d'Isonzo, durante gli studi effettuati per il posizionamento della Linea Nord dell'Acquedotto di Trieste, compresi tra 2 e 4 metri/ora.

Certamente nel caso esaminato si tratta di un ordine di grandezza inferiore, da mettere certamente in connessione con il generale rallentamento al fluire delle acque sotterranee determinato, poco più a Sud, dalla "linea delle risorgive", che nel territorio di San Canzian d'Isonzo riacquista la sua primitiva orientazione dinarica, da NW a SE, creando quindi una condizione di barriera naturale i cui influssi si ripercuotono naturalmente anche verso il monte.

## **5. – DESCRIZIONE DEI VINCOLI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI RIFERITI AL SITO IN ESAME**

1. Dalla “**Carta geologica – geognostica e della zonizzazione**” allegata all’indagine geologica del Piano Regolatore, l’area di progetto ricade in zona Z2 (terreni della classe C6).
2. Dalla “**Carta idrogeologica con indicazione delle isofreatiche e della minima profondità della falda**” dell’indagine geologica allegata al PRGC, l’area ricade in parte in una zona con profondità della falda maggiore di 3 metri dal piano campagna (al di sotto dell'isofreatica dei 7 metri s.l.m.m., essendo il piano campagna posto alla quota di 9,3 m s.l.m.m., la quota della falda è stimabile a profondità di circa 2,0-2,5 m dal p.c.); comunque, viste le piogge sempre più frequenti ed intense negli ultimi anni, che causano innalzamenti del livello della falda, si prescrive di provvedere (a cura del progettista) adeguati sistemi all'impermeabilizzazione rigorosa dei vani interrati (peraltro non previsti dal progetto), delle bocche di lupo e di quant'altro sotto il piano campagna.
3. l’area **non ricade in alcuna zona di P.A.I.** (Piano di Stralcio per l’Assetto Idrogeologico) del bacino idrografico del fiume Isonzo, ovvero non ricade in alcuna zona di pericolosità idraulica.
4. l’area **non ricade in zona di vincolo idrogeologico.**

Dall’analisi accurata dei vincoli possibili non risultano esserci complicità o impedimenti alla realizzazione del progetto in esame, dai punti di vista sia geologico che idrogeologico.

## 6. – DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

### 6.1. – Analisi sismica

Le valutazioni della risposta sismica del terreno vengono fatte tenendo conto delle NTC 2008 e successive modifiche ed integrazioni. In particolare la valutazione delle onde S nel terreno tiene conto dei primi 30 metri di profondità.

La velocità  $V_{S,30}$  è il risultato della sommatoria dei singoli strati di terreno ponderati con il proprio spessore e quindi:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]}$$

La resistenza penetrometrica dinamica equivalente  $N_{SPT,30}$  è definita dall'espressione:

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}$$

La resistenza non drenata equivalente  $c_{u,30}$  è definita dall'espressione:

$$c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{c_{u,i}}}$$

Nelle precedenti espressioni si indica con:

- $h_i$  = spessore (in metri) dell'i-esimo strato compreso nei primi 30m di profondità;
- $V_{S,i}$  = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- $N_{SPT,i}$  = numero di colpi  $N_{SPT}$  nell'i-esimo strato;
- $c_{u,i}$  = resistenza non drenata nell'i-esimo strato;
- $N$  = numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità;
- $M$  = numero di strati di terreni a grana grossa compresi nei primi 30 m di profondità;
- $K$  = numero di strati di terreni a grana fina compresi nei primi 30 m di profondità.

In base alla Deliberazione della Giunta regionale 6 maggio 2010, n. 845 (L.R. 16/2009, art.3, comma 2, lett A) - Classificazione delle zone sismiche e indicazione delle aree di alta e bassa sismicità), il **Comune di Turriaco ricade in zona sismica 3.**

A corredo delle indagini geognostiche è stata fatta una indagine sismica.

Per calcolare la  $V_{S30}$  è stata adottata la metodologia della misura a stazione singola del tremore sismico, attraverso i rapporti spettrali, la quale porta alla misura immediata della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo: le misure di microtremore a stazione singola, opportunamente invertite, permettono di stimare in maniera rapida sia la stratigrafia superficiale che la  $V_{S30}$ .

Essendo il suolo assimilabile ad un corpo viscoelastico, è pertanto possibile misurarne le frequenze proprie di oscillazione in ogni punto.

Queste frequenze vengono determinate dalle proprietà meccaniche e dalla morfologia attorno al punto di misura. La risposta del suolo può essere studiata in questa maniera utilizzando come funzione di eccitazione il rumore sismico di fondo.

Gli effetti di sito sono amplificazioni locali delle onde sismiche dovute a particolari condizioni geologiche e topografiche. Se la frequenza di risonanza del suolo coincide con quella delle strutture, si produce un'amplificazione molto elevata delle onde sismiche e vengono indotte sollecitazioni con forte potere distruttivo (fenomeno della doppia risonanza).

La metodologia usata per ricavare la  $V_{S30}$  è detta HVSR, questa è una tecnica di tipo passivo dal momento che sfrutta il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, generato da fenomeni atmosferici, dall'attività dinamica terrestre e dall'attività antropica.

Ad ogni frequenza di risonanza rilevata corrisponde una variazione apprezzabile dei parametri elastici del sottosuolo e ciò permette di discriminare, in un sistema stratificato, la presenza dei diversi orizzonti. Lo spessore (h) di tali orizzonti è poi ricavabile grazie alla relazione semplificata che lega la frequenza di risonanza ( $f_r$ ) alla velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ):

$$f_r = V_s/4h \quad (1)$$

In mancanza della velocità delle Vs ed in virtù dell'equazione (1) la tecnica HVSR può essere abbinata a metodi di prospezione di tipo geotecnico in grado di fornire un'adeguata descrizione stratigrafica del sottosuolo.

Nel presente lavoro è stata utilizzata un'acquisizione con tecnica HVSR adottando come stratigrafie di ancoraggio quelle ottenute dalle prove geotecniche analizzate ed eseguite nel medesimo sito in cui è stata eseguita la prova sismica. Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tomografo digitale modello "Tromino", che rappresenta la nuova generazione di strumenti ad alta risoluzione adatti a misurazioni di rumore ambientale.

Lo strumento comprende tre velocimetri elettrodinamici, ortogonali tra loro, con intervallo di frequenza compreso tra 0,1 e 256 Hz. I dati vengono memorizzati in una scheda di memoria interna, evitando così la presenza di qualsiasi cavo che possa indurre rumore meccanico ed elettronico.

Durante la fase di processing in studio, i dati vengono convertiti in file ASCII mediante il software "Grilla", fornito a supporto dello strumento utilizzato, quindi elaborati per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza.

In fase operativa si sono eseguite le seguenti operazioni:

- il rumore sismico è stato registrato nelle sue tre componenti per un intervallo di tempo di 20 minuti;
- la registrazione è stata suddivisa in finestre temporali di 20 secondi ciascuna;
- per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti;
- per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontali e verticale;
- vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti;
- si costruisce poi un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita;
- si adatta la curva teorica a quella sperimentale, in questo modo si otterranno gli spessori dei sismo strati con la relativa velocità delle onde di taglio S.

Nell'appendice n. 2 si riportano i risultati della prova del tremore sismico con i relativi grafici degli spettri rapporto H/V e delle frequenze. La curva risultante dal rilievo tomografico evidenzia una sostanziale omogeneità del sottosuolo in termini sismici con una costante crescita delle velocità di propagazione delle onde di taglio. Lo spettro sismico si stabilizza costantemente su di un rapporto spettrale  $H/V > 1$ .

Il modello di inversione consente di definire la seguente sismostratigrafia in termini di onde di taglio:

sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	210	2,0
2	420	19,0
3	960	Inf.
$V_{s30}=468$ m/s (relativo a piano campagna)		

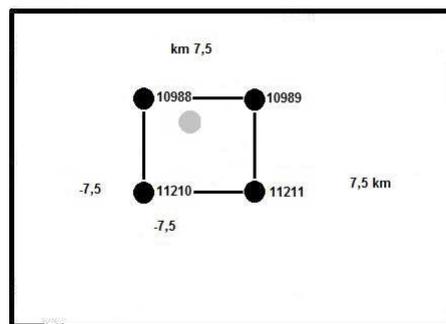
La velocità equivalente delle onde di taglio Vs, nei primi trenta metri a partire dal piano campagna, è pari a circa 468 m/s, che riconduce il tipo di suolo alla **categoria stratigrafica B**, mentre la **categoria topografica è la T1**.

<b>Categorie di sottosuolo (Tab. 3.2.II delle N.T.C 2008)</b>	
<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
<b>C</b>	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)
<b>D</b>	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s e 360 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{s,30} > 800$ m/s)
<b>Categorie aggiuntive di sottosuolo (Tab. 3.2.III delle N.T.C 2008)</b>	
<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>S1</b>	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
<b>S2</b>	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti

Categorie topografiche (Tab. 3.2.IV delle N.T.C 2008)	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Di seguito viene utilizzato il programma “Spettri sismici NTC, vers. 1.0.3”, che in funzione delle caratteristiche meccaniche e sismiche del terreno fondazionale permette di ricavare i parametri di pericolosità sismica localizzata secondo latitudine (45,82175277) e longitudine (13,45101535) dell’area d’indagine, in funzione da quanto previsto dai Cap.

Nodi del reticolo intorno al sito



3.2.3.2.1, 3.2.3.2.2 e 3.2.3.6 del D.M. 14 gennaio 2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”:

Tab. 1: Parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c$  per i tempi di ritorno  $T_R$ , per ogni SL

STATO LIMITE	$T_R$ (anni)	$a_g$ (g)	$F_0$ (-)	$T_c$ (s)
SLO	60	0,055	2,512	0,266
SLD	101	0,070	2,497	0,289
SLV	949	0,170	2,547	0,353
SLC	1950	0,218	2,599	0,363

Tabelle 2 e 3: Parametri degli spettri di risposta verticale (a) e orizzontale (b) per lo stato limite SLV

Tab. 2a: Parametri indipendenti verticali

STATO LIMITE	SLV
agv	0,095 g
S <sub>s</sub>	1,000
S <sub>γ</sub>	1,000
q	1,500
T <sub>B</sub>	0,050 s
T <sub>c</sub>	0,150 s
T <sub>D</sub>	1,000 s

Tab. 2b: Parametri indipendenti orizzontali

STATO LIMITE	SLV
ag	0,170 g
F <sub>o</sub>	2,547
T <sub>c</sub>	0,353 s
S <sub>s</sub>	1,200
C <sub>c</sub>	1,354
S <sub>T</sub>	1,000
q	2,400

Tab.3a: Parametri dipendenti

F <sub>v</sub>	1,419
S	1,000
η	0,667

Tab.3b: Parametri dipendenti

S	1,200
η	0,417
T <sub>B</sub>	0,160 s
T <sub>c</sub>	0,479 s
T <sub>D</sub>	2,281 s

## 6.2. – Indagini geognostiche

Allo scopo di poter caratterizzare in maniera puntuale gli aspetti geotecnici essenziali per la progettazione in argomento, si fa riferimento alle risultanze di più ricerche geognostiche condotte per rilevare la costituzione stratigrafica e le grandezze geomeccaniche del sottosuolo dell'area interessata dall'intervento. Per l'attribuzione dei parametri geotecnici degli strati di terreno presenti nel sottosuolo, oltre all'esecuzione di uno scavo geognostico che ha dato con precisione la profondità dello strato sabbioso ghiaioso, è stato analizzato anche un sondaggio penetrometrico dinamico eseguito in passato dal sottoscritto nelle vicinanze dell'area di progetto (la quale ubicazione è indicata negli allegati finali).

La prova è stata eseguita con un attrezzo oleodinamico leggero, tipo DL<sub>30</sub>, con le seguenti caratteristiche tecniche strumentali:

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	12 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,90 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,765
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60°

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infliggere nel terreno una punta conica per tratti consecutivi, misurando il numero di colpi N necessario a far penetrare la punta di 10 cm. Elaborando i risultati ottenuti mediante il programma "Dynamic Probing V1.00" della Geostru Software si ottengono i valori geotecnici necessari al calcolo del carico limite e dei cedimenti per il terreno d'indagine. I risultati delle indagini di campo e di quelli storici per l'area, tarati, correlati e confrontati criticamente fra loro, hanno fornito un quadro completo dal punto di vista della caratterizzazione geotecnica e stratigrafica dell'area per il conseguimento di un modello coerente di lavoro. Il test penetrometrico ha

permesso di definire nel dettaglio gli orizzonti geotecnici rappresentativi della situazione locale.

### 6.2.1. – Metodologia di elaborazione del programma di calcolo automatico utilizzato

Il programma “Dynamic Probing” della Geostru Software calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983, Meyerhof 1956, Desai 1968, Borowczyk - Frankowsky 1981. Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall’effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare informazioni geotecniche e geolitologiche, utili anche alla progettazione. I dati penetrometrici permettono di valutare la resistenza del terreno in più modi:

- 1) Mediante la determinazione della Resistenza Dinamica  $R_d$  ( $\text{daN/cm}^2$ ).

La tensione ammissibile risulta una frazione di  $R_d$ , normalmente vengono accettati valori di

$$q_{\text{amm}} = R_d / 15 \div 20 \text{ (daN/cm}^2\text{)}$$

non valida nei terreni coesivi saturi.

Le formule per ricavare  $R_d$  (quella degli Olandesi e altre) contengono solo parametri “meccanici” relativi al sistema d’infissione e valgono per qualsiasi tipologia e condizione di terreno e ciò porta ad un certo grado di incertezza nella determinazione.

- 2) Per correlazione del numero di colpi ogni 10 cm  $N_{10}$  con quello Standard Penetration Test  $N_{\text{SPT}}$  o con il valore della resistenza specifica alla punta del penetrometro statico CPT (Cone Penetration Test) determinata per strati omogenei (omogeneità meccanica -  $N_{10}$  - e litologica).

**6.2.2. - Correlazione  $N_{10}$  -  $N_{SPT}$** 

Terreni incoerenti ( sabbie, limi sabbiosi, sabbie e ghiaie)

CONSISTENZA TERRENI	MOLTO SCIOLTE	SCIOLTE	MEDIAMENTE DENSE	ADDENSATE	MOLTO ADDENSATE
$DL_{030}N_{10}$	<4	4÷10	10÷35	35÷60	60
$SPT N_{30}$	<4	4÷10	10÷30	30÷50	>50
DENSITA' RELATIVA $D_r\%$	<15	15÷35	35÷65	65÷85	85÷100
PESO DI VOLUME $K_n/m^3$	<14	14÷16	16÷18	18÷20	>20
ATTRITO INTERNO $\varphi$	<30	30÷35	35÷40	40÷45	>45

**La stima dell'angolo di attrito interno può essere fatta con maggior precisione mediante la seguente relazione:**

$$\varphi = \sqrt{15N_{spt}} + 15 \quad (\text{ROAD BRIDGE SPECIFICATION})$$

In sabbie molto fini o limose sotto falda, quando  $N_{SPT} > 15$  si applica la seguente correzione:

$$N_{SPT} \text{ corretto} = 15 + 0,5 (N_{SPT} - 15)$$

Quando il valore di  $N_{SPT} < 4$  è necessario approfondire l'indagine, quando  $N_{SPT} > 60$  usare  $N_{SPT} = 60$ .

Tutti i valori di  $N_{DL030}$  sono utilizzabili esclusivamente in condizioni di completa assenza di attrito laterale sulle aste (prova rivestita o aste libere - rotazione a mano -).

La tensione ammissibile può essere ricavata utilizzando la relazione di Terzaghi e Peck (coefficiente di sicurezza 3)

$$q_{amm} = \left( \frac{\gamma^* B}{2} * N_\gamma + \gamma^* D * N_q \right) / 3$$

in cui:

$\gamma$  di  $N_q$  = Peso di volume umido

$\gamma$  di  $N_\gamma$  = Peso di volume in sito

B = Larghezza fondazione

D = Profondità piano di posa

(il termine  $\frac{\gamma * B}{2} * N_\gamma$  può essere trascurato).

Da  $N_{SPT}$  si ricava  $\phi$  poi  $N_q$  e  $N_\gamma$  mediante le seguenti espressioni:

$$N_q = \exp(\pi * \text{tg}(\phi)) * K_p \quad K_p = \text{tg}^2(\pi/4 + \phi/2)$$

$$N_\gamma = 2 * (1 + N_p) * \text{tg}(\phi) * \text{tg}(\pi/4 + \phi/5)$$

o dalla tabella 1 allegata.

Terreni coerenti ( argille, limi argillosi)

CONSISTENZA TERRENI	MOLTO SOFFICE	SOFFICE	PLASTICA	DURA	MOLTO DURA	DURISSIMA
$DL_{030}$	<1	1÷3	3÷6	6÷12	12÷30	>30
$SPT N_{30}$	<2	2÷4	4÷8	8÷15	15÷30	>30
INDICE DI CONSISTENZA $I_c$	0	0÷0,25	0,25÷0,5	0,5÷0,7 5	0,75÷1	>1
COESIONE NON DRENATA $C_u$ Da $N/cm^2$	<0,1	0,1÷0,25	0,25÷0,5	0,5÷1,0	1÷2	>2

Stimato il valore della coesione non drenata il carico ammissibile sul terreno (coefficiente di sicurezza 3) può essere scritto secondo Terzaghi e Peck:

$$q_{amm} = (\gamma * D + 5,14 * C_u) / 3$$

(il termine  $\gamma * D$  può essere trascurato).

### 6.2.3. - Tensione ammissibile utilizzando il valore della resistenza dinamica

Parametro caratteristico dello stato d'addensamento di un terreno incoerente e della consistenza di un terreno coesivo è la  $R_d$  (Resistenza di rottura dinamica alla punta). Essa è direttamente ricavabile per esempio dalla nota formula degli Olandesi:

$$R_d = \frac{M^2 * h}{A * e * (M + nP)}$$

Nel  $DL_{030}$  si ha:

$M$  (peso del maglio) = 30 kg

$h$  (altezza di caduta costante di  $M$ ) = 20 cm

$A$  (sezione della punta conica a perdere) = 10 cm<sup>2</sup>

$P$  (peso delle kg/ml aste) = 2,4

e (con  $N$  corrispondente il numero dei colpi per ogni approfondimento di 10 cm) = 10/ $N$

$n$  (numero delle aste infisse di prova).

Tale formula viene modificata mediante l'introduzione del coefficiente  $C_{hi}$  caratteristico del Penetrometro  $DL_{030}$ , tabulato in funzione del numero di aste infisse.

Il carico ammissibile (pressione allo Stato Limite di Esercizio) con coefficiente di sicurezza circa uguale a 3, è nella maggior parte dei casi ottenuto (cfr. Herminier) mediante il rapporto:

$$q_{ad} = \frac{R_d}{15 \div 20}$$

Esperienze condotte con il  $DL_{030}$ , riferite anche a quelle ormai note di vari autori A.A. sulle prove penetrometriche statiche e dinamiche standard (SPT e SCPT), evidenziano precisi elementi di correlazione tra loro. Mediante tabelle e grafici ormai

collaudati è possibile determinare il valore della resistenza dinamica direttamente tramite coefficienti letti sulle curve empiriche in funzione della profondità di prova.

### 6.3. - Stratigrafia dell'area di Progetto

Dalle varie prove eseguite ed analizzate, dalla visione dei luoghi e dalla bibliografia raccolta si risale ad una situazione stratigrafica media abbastanza chiara:

<i>Strato n. 1</i>	da 0,0 a -2,10 m dal p.c.	<b>limo- sabbioso;</b>
<i>Strato n. 2</i>	da -2,10 m dal p.c. in profondità	<b>sabbia ghiaiosa.</b>

L'insieme delle informazioni fin qui prodotte, ricavate dall'ispezione diretta dei luoghi, dai suggerimenti e dalle indicazioni della bibliografia tecnica specializzata, e dal rilievo geomorfologico, consente di definire, con riferimento al NTC 2008, le proprietà fisico-meccaniche del terreno. Al fine di poter valutare in maniera adeguata l'interazione fra la parte di terreno interessato dagli effetti prodotti sia dalle strutture in progetto, sia dalle relative fasi esecutive, si possono adottare, in base alle stratigrafie analizzate ed alla bibliografia tecnica specializzata di uso corrente, i parametri geotecnici evidenziati nella seguente tabella:

#### **strato di limo sabbioso:**

• coesione	$c = 17 \text{ kN/m}^2$
• coesione non drenata	$c_u = 22 \text{ kN/m}^2$
• angolo di attrito	$\phi = 18^\circ$
• peso di volume	$\gamma = 13 \text{ kN/m}^3$
• peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 18 \text{ kN/m}^3$
• modulo elastico	$E_\gamma = 9500 \text{ kN/m}^2$
• modulo edometrico	$E_d = 2500 \text{ kN/m}^2$
• coefficiente di Poisson	0,32

#### **strato di sabbia ghiaiosa**

• coesione	$c = 5 \text{ kN/m}^2$
• coesione non drenata	$c_u = 10 \text{ kN/m}^2$
• angolo di attrito	$\phi = 29^\circ$
• peso di volume	$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$
• peso di volume saturo	$\gamma_{\text{sat}} = 19 \text{ kN/m}^3$
• modulo elastico	$E_\gamma = 15000 \text{ kN/m}^2$
• modulo edometrico	$E_d = 8000 \text{ kN/m}^2$
• coefficiente di Poisson	0,3

#### 6.4. – Verifica geotecnica del terreno

In funzione a ciò che viene richiesto dalle “**Istruzioni per l’applicazione delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008**” la seguente relazione fornisce i dati necessari al progettista per la verifica dei carichi limite.

Di seguito riportiamo i risultati ottenuti dal programma di calcolo “Loadcap” della Geostru Software, il quale fornisce la capacità portante limite ( $Q_{lim}$ ) ed i cedimenti, per la stratigrafia sopra descritta mediante i seguenti metodi:

*Terzaghi (1955)*

*Hansen (1970)*

*Meyerhof (1955)*

*Vesic (1975)*

*Brinch – Hansen (1970)*

relativi alle condizioni di terreno drenate.

Sono stati calcolati i valori della portanza e dei cedimenti per due casi di fondazioni nastriformi continue larghe 0,70 m, lunghe 28,35 m e profonde 0,70 m. Dal calcolo si ottengono i valori di:

**pressione limite** = 219,44 kN/m<sup>2</sup> = **2,19 kg/cm<sup>2</sup>**

**costante di Winkler** = 8777,62 kN/m<sup>3</sup> = **0,87 kg/cm<sup>3</sup>**

cedimento al centro della fondazione = 4,83 mm

cedimento al bordo = 1,64 mm

I risultati ottenuti con i vari metodi dal programma sono i seguenti:

	Hansen	Terzaghi	Meyerhof	Vesic	Brinch-Hansen
Carico limite (kN/m <sup>2</sup> )	253,28	<b>219,44</b>	228,92	259,21	255,92

(si rimanda all’appendice 1 per tutti i dati inseriti ed elaborati dal programma)

## 6.5. – Liquefazione

Il rischio di liquefazione va valutato in base all'evento sismico atteso ed alle caratteristiche geotecniche del sottosuolo.

In condizioni sismiche è necessario valutare l'effetto della liquefazione, il quale è legato sia allo sviluppo di sovrappressioni interstiziali (che se positive riducono la tensione media efficace del terreno e la resistenza al taglio), sia all'accumulo di deformazioni plastiche in terreni sabbiosi saturi, in condizioni non drenate. Queste condizioni possono essere momentanee, ed essere seguite da un recupero delle proprietà meccaniche del terreno, oppure questo può arrivare al collasso.

Dalle Norme Tecniche per le Costruzioni esistono cinque condizioni per le quali si ha una bassa probabilità di liquefazione:

- eventi sismici attesi di magnitudo di momento  $M_w$  inferiore a 5;
- accelerazioni minime attese al piano campagna in condizioni free-field (in assenza di manufatti sulla superficie) minori di 0,1 g;
- accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni free-field minori di 0,15 g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
  1. FC (frazione di fine) superiore al 20%, con indice di plasticità  $PI > 10$ ;
  2. FC superiore o uguale al 35% e resistenza  $(N_1)_{60} > 20$ ;
  3. FC minore o uguale al 5% e resistenza  $(N_1)_{60} > 25$ ;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone riportate nella fig. 1 (primo diagramma nel caso di coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$ , e secondo diagramma nel caso di  $U_c > 3,5$ );
- profondità media stagionale della falda superiore ai 15 metri dal p.c..

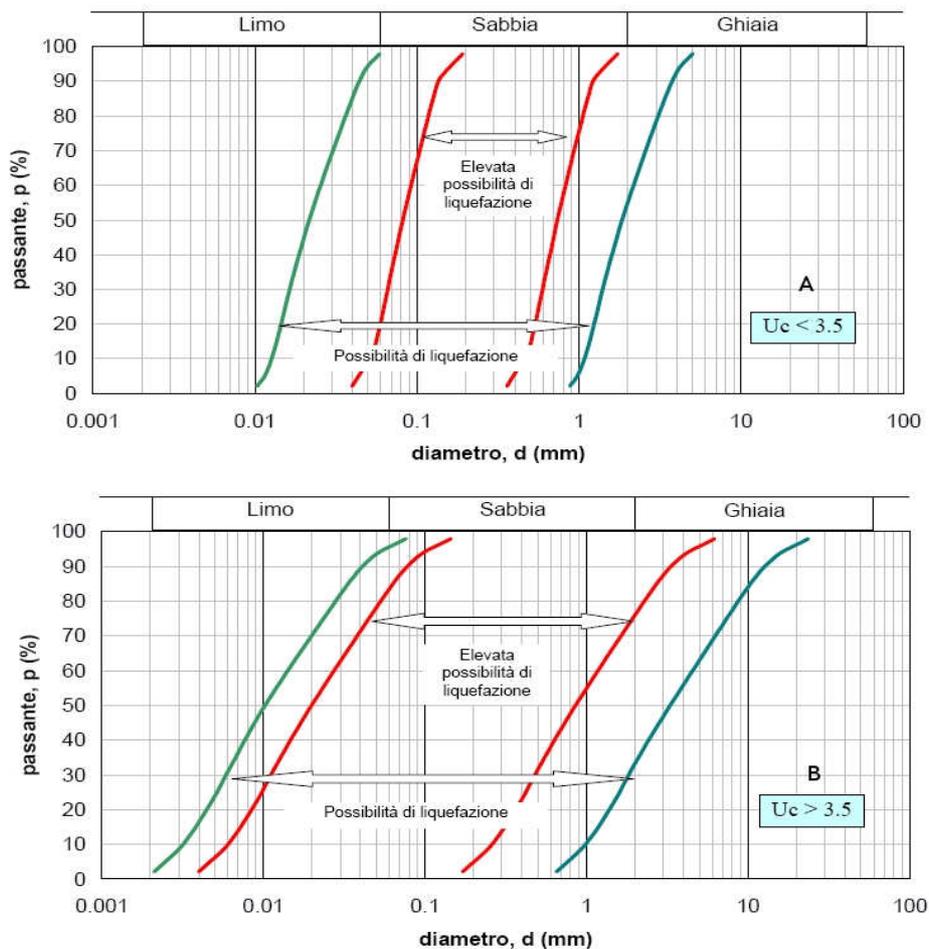


Figura 1: fasce granulometriche per la valutazione della suscettibilità alla liquefazione del terreno

Secondo quanto indicato dalle NTC **FC (frazione di fine)** dello strato dove poggiano le fondazioni è superiore al 20% (approssimativamente del 40%), con **indice di plasticità  $PI > 10$**  e non vi sono eventi sismici attesi di magnitudo di momento  **$M_w$  inferiore a 5**. Inoltre lo strato sabbioso ghiaioso sottostante risulta avere una granulometria con diametro medio  $> 3$  mm, inoltre c'è una buona presenza di ciottoli con dimensioni  $> 65$  mm. Pertanto, in base a quanto previsto dalle norme tecniche per le costruzioni al paragrafo 7.11.3.4.2, punto 5, si può omettere la verifica di liquefazione.

**Alla luce di quanto sopra non è necessario effettuare la verifica di liquefazione.**

## 7. - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dal quadro cui complessivamente si perviene, emerge evidente che per la realizzazione del progetto esistono alcuni aspetti di cui si dovrà tenere conto:

- alla luce dei dati emersi l'intervento è compatibile con le caratteristiche meccaniche e sismiche del terreno;
- del modello geologico ricavato dai sondaggi eseguiti ed analizzati è risultato che il terreno è costituito, da un primo strato di limo - sabbioso fino ad una profondità media di -2,20 metri dal p.c., al di sotto uno strato sabbioso-ghiaioso fino in profondità;
- dalla “Carta idrogeologica con indicazione delle isofreatiche e della minima profondità della falda” dell’indagine geologica allegata al PRGC, l’area ricade in parte in una zona con profondità della falda maggiore di 3 metri dal piano campagna (al di sotto dell'isofreatica dei 7 metri s.l.m.m., essendo il piano campagna posto alla quota di 9,3 m s.l.m.m., la quota della falda è stimabile a profondità di circa 2,0-2,5 m dal p.c.); comunque, viste le piogge sempre più frequenti ed intense negli ultimi anni, che causano innalzamenti del livello della falda, si prescrive di provvedere (a cura del progettista) adeguati sistemi all'impermeabilizzazione rigorosa dei vani interrati (peraltro non previsti dal progetto), delle bocche di lupo e di quant'altro sotto il piano campagna;
- l’area non ricade in alcuna zona di P.A.I. (Piano di Stralcio per l’Assetto Idrogeologico) del bacino idrografico del fiume Isonzo, ovvero non ricade in alcuna zona di pericolosità idraulica;
- l’area non ricade in zona di vincolo idrogeologico;
- i dati geotecnici del terreno, il calcolo della portanza limite e le condizioni idrogeologiche riscontrate permettono di valutare positivamente la fattibilità geotecnica delle opere in funzione delle attuali Norme Tecniche delle Costruzioni;

- da un punto di vista sismico, in base all'attuale normativa nazionale e regionale, è stata valutata la velocità utilizzato il programma "Spettri sismici NTC, vers. 1.0.3", che in funzione delle caratteristiche meccaniche e sismiche del terreno fondazionale permette di ricavare, i parametri di pericolosità sismica localizzata secondo latitudine e longitudine dell'area d'indagine, in funzione da quanto previsto dai Cap. 3.2.3.2.1, 3.2.3.2.2 e 3.2.3.6 del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni", il Comune di Turriaco ricade in zona sismica 3 ed il terreno può essere classificato nella categoria di sottosuolo "B".

La presente relazione riguarda esclusivamente il progetto citato all'interno e non può essere utilizzata a corredo di altri interventi edilizi seppur vicini, senza preventiva autorizzazione dello scrivente.

## **APPENDICE 1**

**(Calcolo della portanza e dei cedimenti delle fondazioni superficiali)**

**DATI GENERALI**

Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	0.7 m
Lunghezza fondazione	28.35 m
Profondità piano di posa	0.7 m
Profondità falda	2.0

**SISMA**

Accelerazione massima (ag/g)	0.007
Effetto sismico secondo	NTC(C7.11.5.3.1)
Fattore di struttura [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0.25
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0.0013
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0.0169

**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	100.0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60.0	0.055	2.512	0.266
S.L.D.	101.0	0.07	2.497	0.289
S.L.V.	949.0	0.17	2.547	0.353
S.L.C.	1950.0	0.218	2.599	0.363

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.066	0.2	0.0013	0.0007
S.L.D.	0.084	0.2	0.0017	0.0009
S.L.V.	0.204	0.2	0.0042	0.0021
S.L.C.	0.2616	0.2	0.0053	0.0027

**STRATIGRAFIA TERRENO**

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)

DH: Spessore strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [kN/m <sup>3</sup> ]	Gams [kN/m <sup>3</sup> ]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	c Corr. [kN/m <sup>2</sup> ]	cu [kN/m <sup>2</sup> ]	Ey [kN/m <sup>2</sup> ]	Ed [kN/m <sup>2</sup> ]	Ni	Cv [cmq/s]	Cs
2.1	13.0	18.0	18.0	18	17.0	17.0	22.0	9500.0	2500.0	0.0	0.0	0.0
27.9	17.0	19.0	29.0	29	5.0	5.0	10.0	15000.0	8000.0	0.0	0.0	0.0

**Carichi di progetto agenti sulla fondazione**

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m <sup>2</sup> ]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

## Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1.25	1.25	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

## CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Sisma

Autore: TERZAGHI (1955)

Carico limite [Qult]	219.44 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto[Rd]	95.41 kN/m <sup>2</sup>
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	--

## COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 8777.62 kN/m<sup>3</sup>**A1+M1+R3 - Sisma**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	3.78
Fattore [Nc]	10.71
Fattore [Ng]	1.09
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.4
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.01
Fattore profondità [Dq]	1.29
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.99
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.94
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
Carico limite	253.28 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	110.12 kN/m <sup>2</sup>

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	4.26
Fattore [Nc]	12.53
Fattore [Ng]	2.4
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.94
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
Carico limite	219.44 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	95.41 kN/m <sup>2</sup>

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	3.78
Fattore [Nc]	10.71
Fattore [Ng]	1.04
Fattore forma [Sc]	1.01
Fattore profondità [Dc]	1.26
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0

Fattore profondità [Dq]	1.13
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.13
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.94
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	228.92 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	99.53 kN/m <sup>2</sup>
=====	

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	3.78
Fattore [Nc]	10.71
Fattore [Ng]	2.49
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore profondità [Dc]	1.4
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.01
Fattore profondità [Dq]	1.29
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.99
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.94
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	259.21 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	112.7 kN/m <sup>2</sup>
=====	

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	3.78
Fattore [Nc]	10.71
Fattore [Ng]	1.45
Fattore forma [Sc]	1.01
Fattore profondità [Dc]	1.4
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.01
Fattore profondità [Dq]	1.29
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.99
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.94
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	255.92 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	111.27 kN/m <sup>2</sup>
=====	

**CEDIMENTI ELASTICI**

Pressione normale di progetto	80.0 kN/m <sup>2</sup>
Spessore strato	2.1 m
Profondità substrato roccioso	100.0 m
Modulo Elastico	9500.0 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di Poisson	0.32
Coefficiente di influenza I1	0.58
Coefficiente di influenza I2	0.16
Coefficiente di influenza Is	0.66
Cedimento al centro della fondazione	4.83 mm
Coefficiente di influenza I1	0.37
Coefficiente di influenza I2	0.15
Coefficiente di influenza Is	0.45
Cedimento al bordo	1.64 mm

## **APPENDICE 2**

**(Determinazione della Vs30, con metodo sismico passivo a stazione singola)**

## TURRIACO, COMUNE

Strumento: TZ3-0012/01-13

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 05/08/15 17:26:05 Fine registrazione: 05/08/15 17:56:05

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h30'00". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

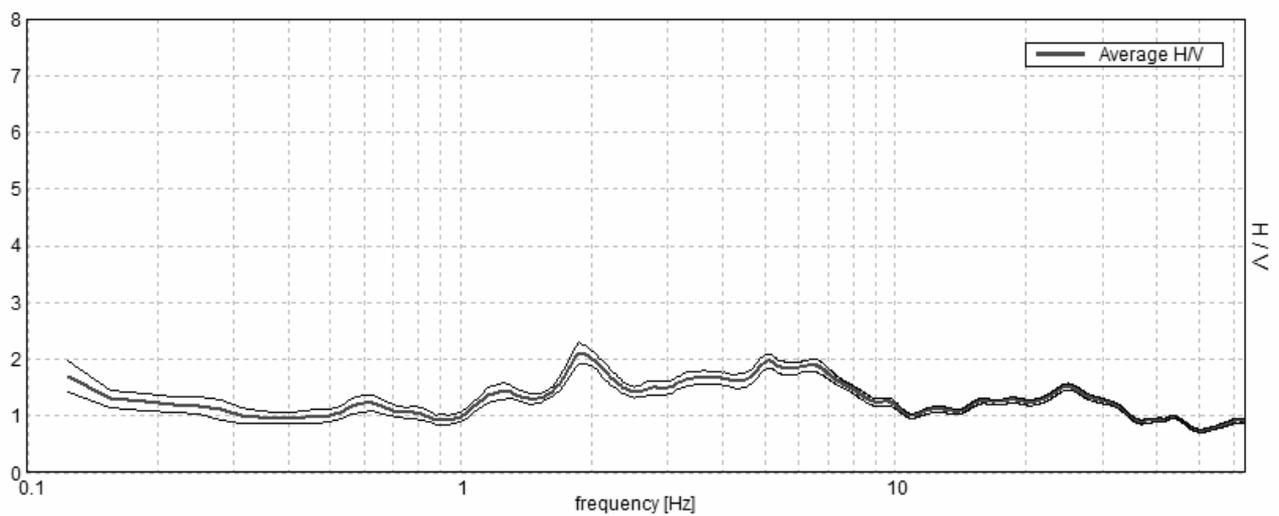
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

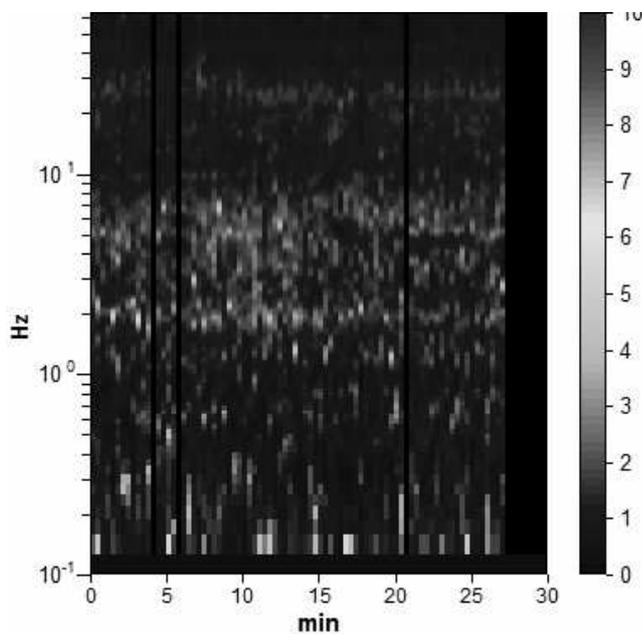
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

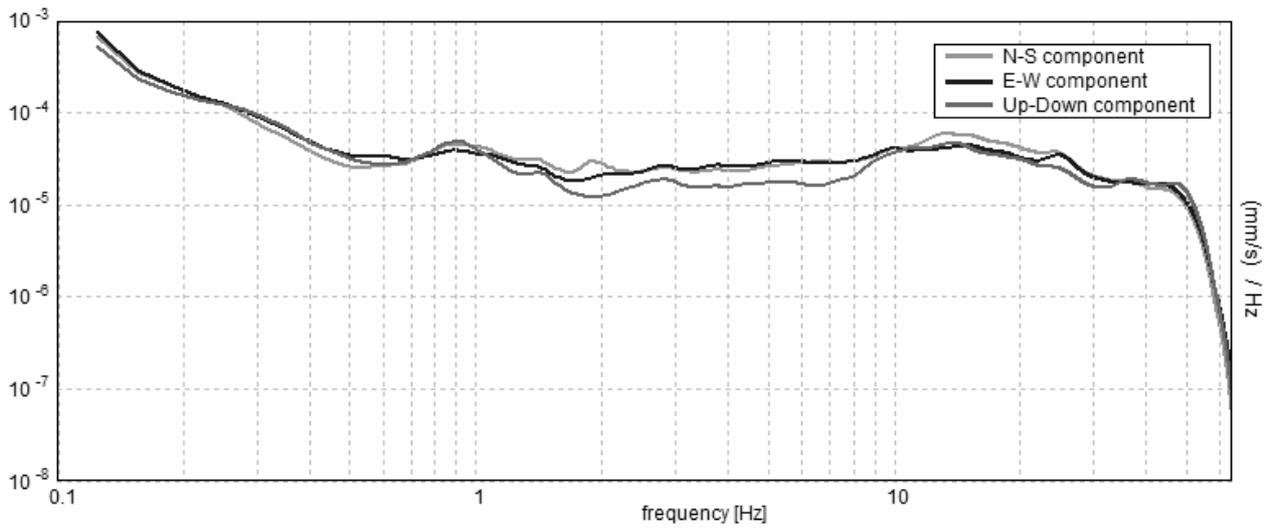
Max. H/V at  $1.88 \pm 1.63$  Hz. (In the range 0.0 - 10.0 Hz).



### SERIE TEMPORALE H/V

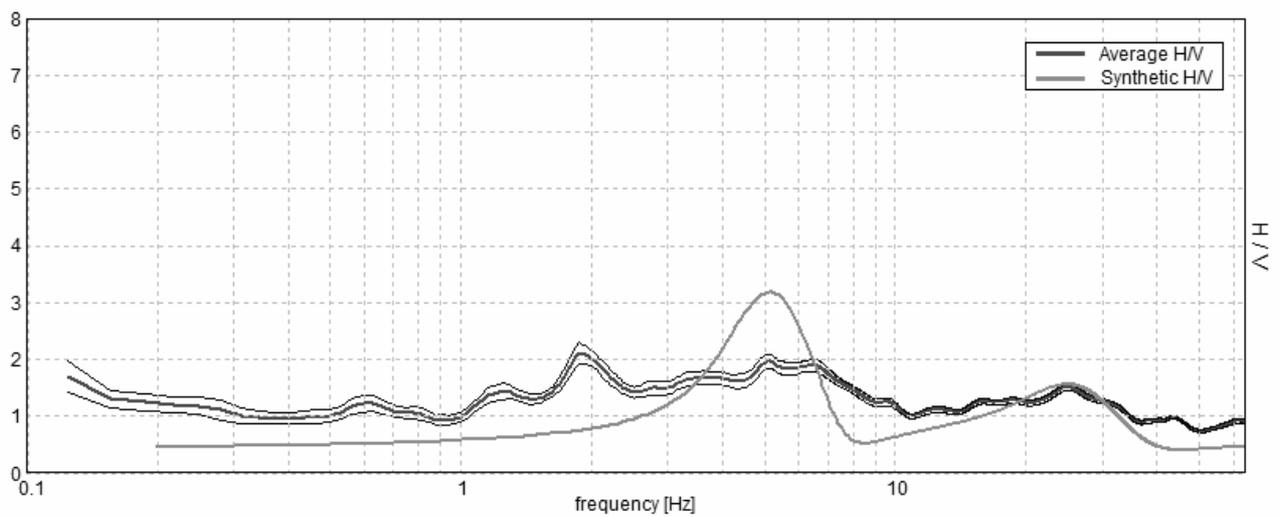


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $1.88 \pm 1.63$  Hz. (In the range 0.0 - 10.0 Hz).



**Profondità alla base dello strato [m]**

2.00  
21.00  
inf.

**Spessore [m]**

2.00  
19.00  
inf.

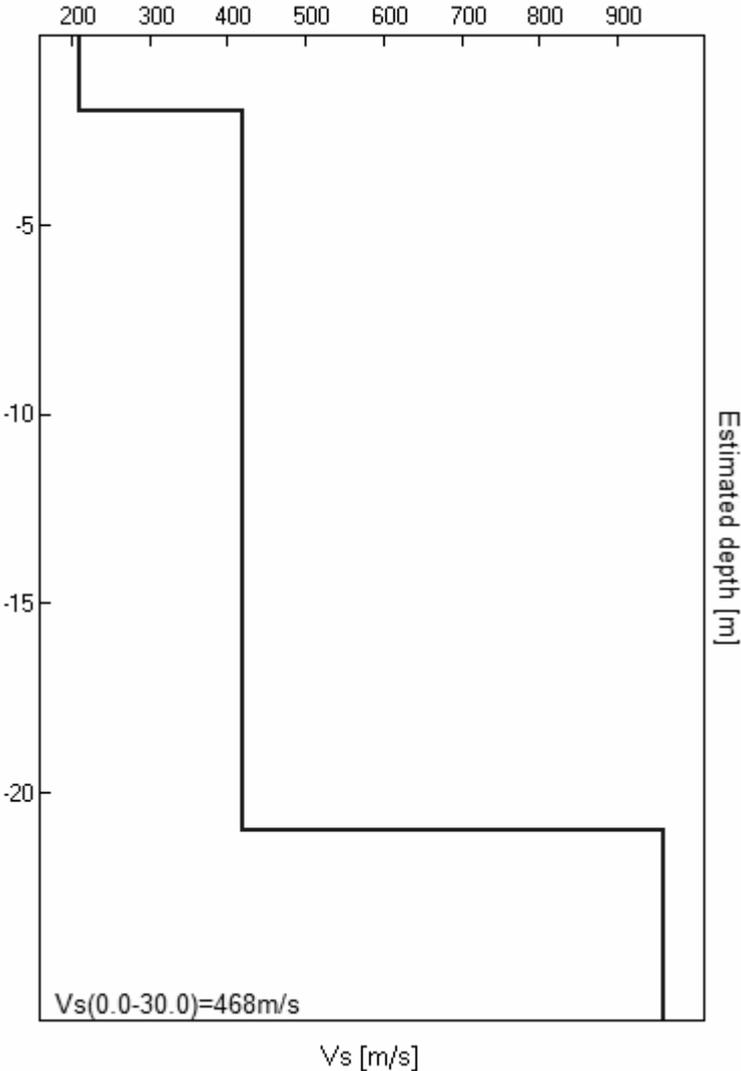
**Vs [m/s]**

210  
420  
960

**Rapporto di Poisson**

0.33  
0.34  
0.35

Vs(0.0-30.0)=468m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $1.88 \pm 1.63$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 10.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.88 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2962.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 91	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.031 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.11 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.86686  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.62536 < 0.1875$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1834 < 1.78$	OK	

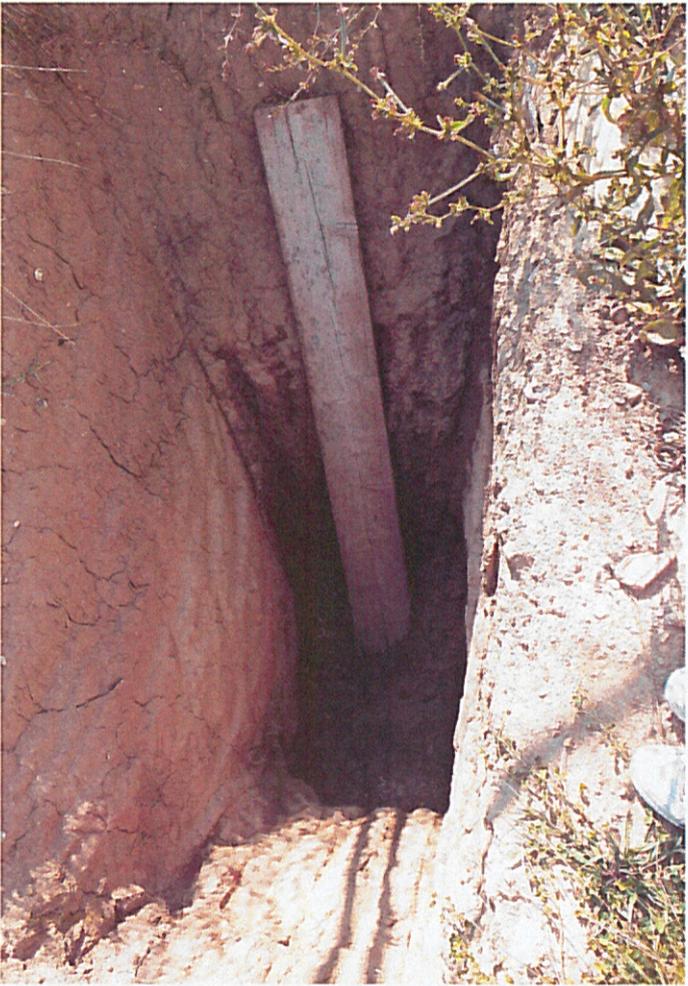
$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## **ALLEGATI GRAFICI**

**(Le aree evidenziate negli allegati grafici sono puramente indicative. Per l'esatta individuazione planimetrica si deve fare riferimento agli elaborati grafici di progetto)**



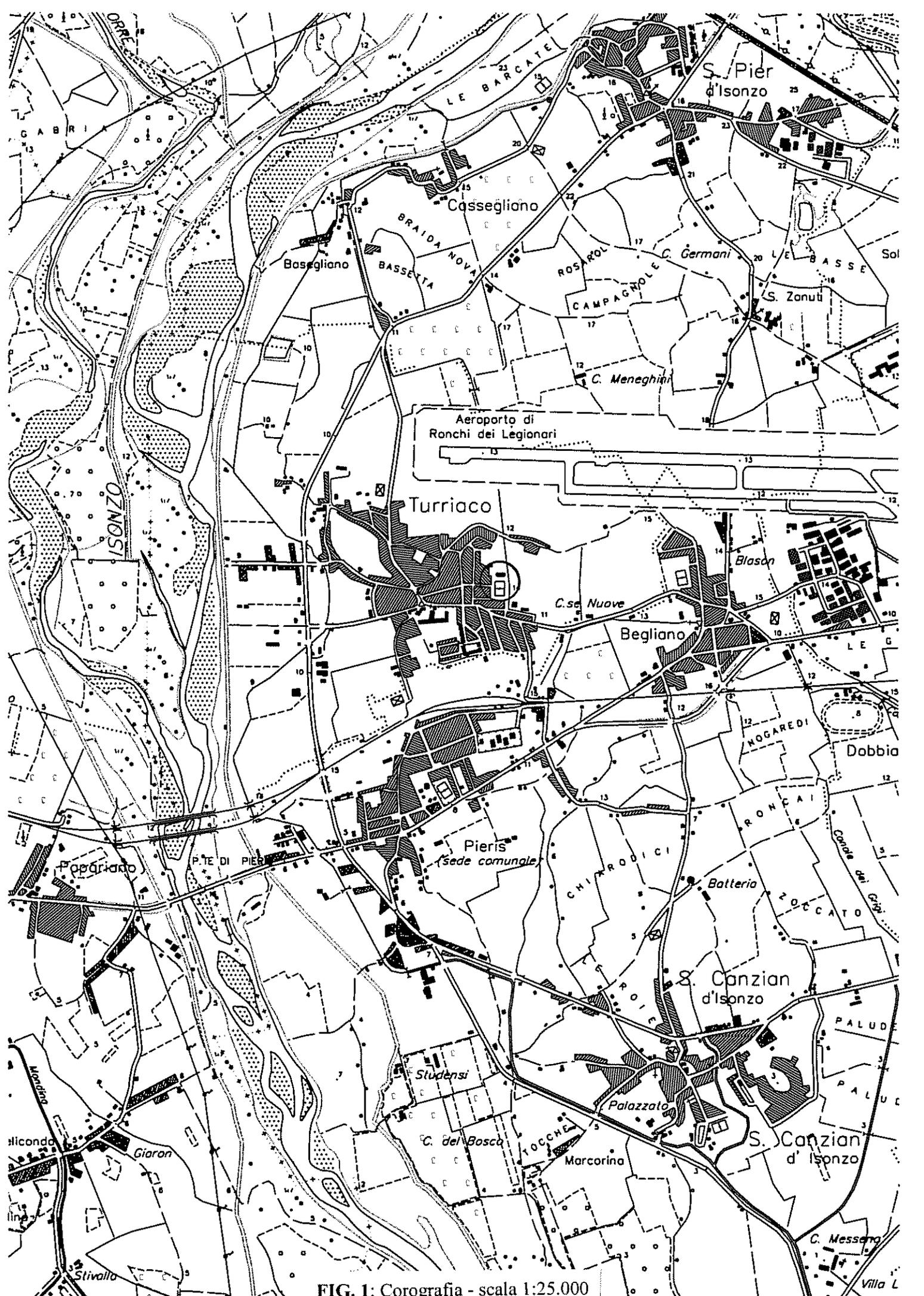


FIG. 1: Corografia - scala 1:25.000

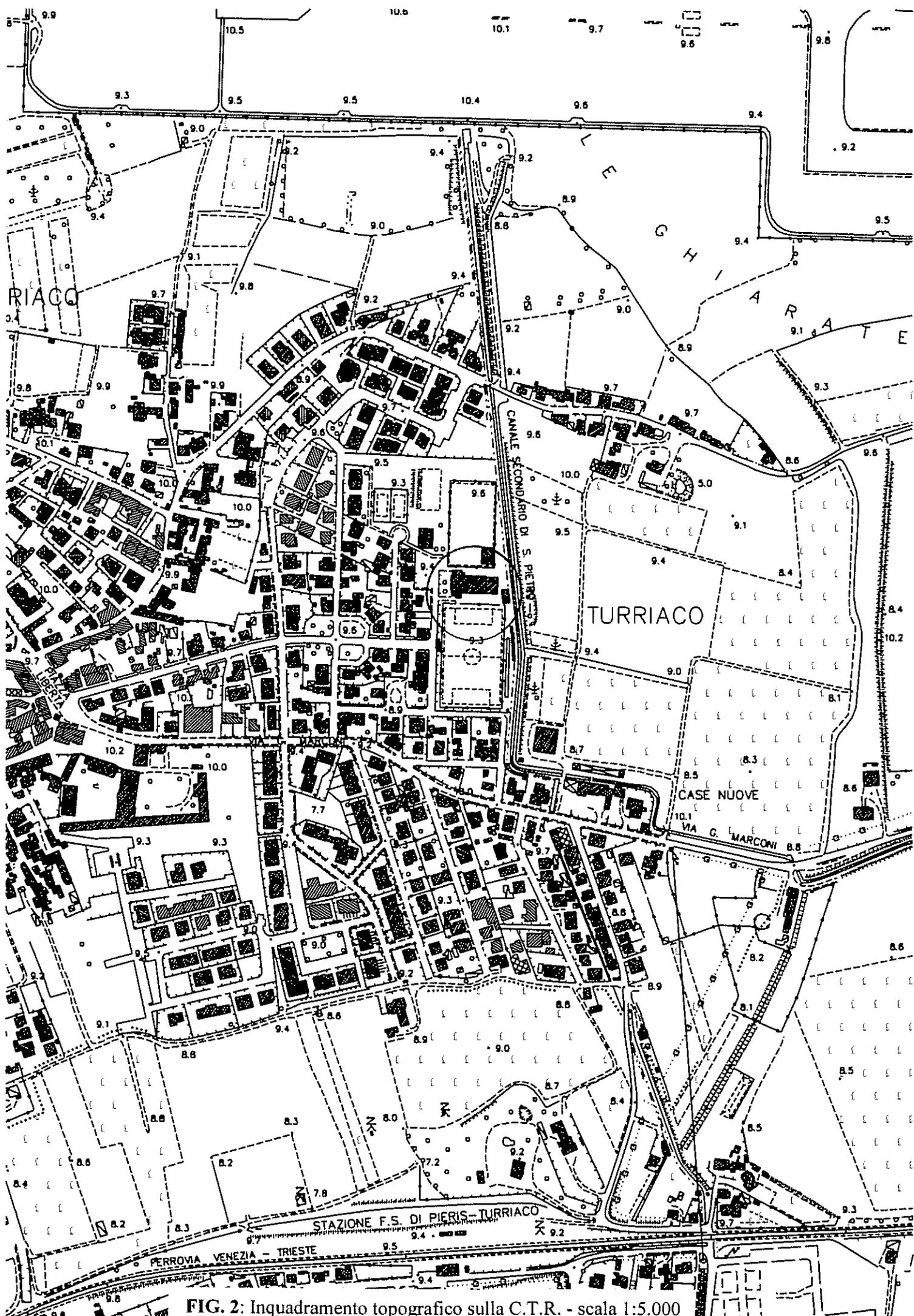


FIG. 2: Inquadramento topografico sulla C.T.R. - scala 1:5.000

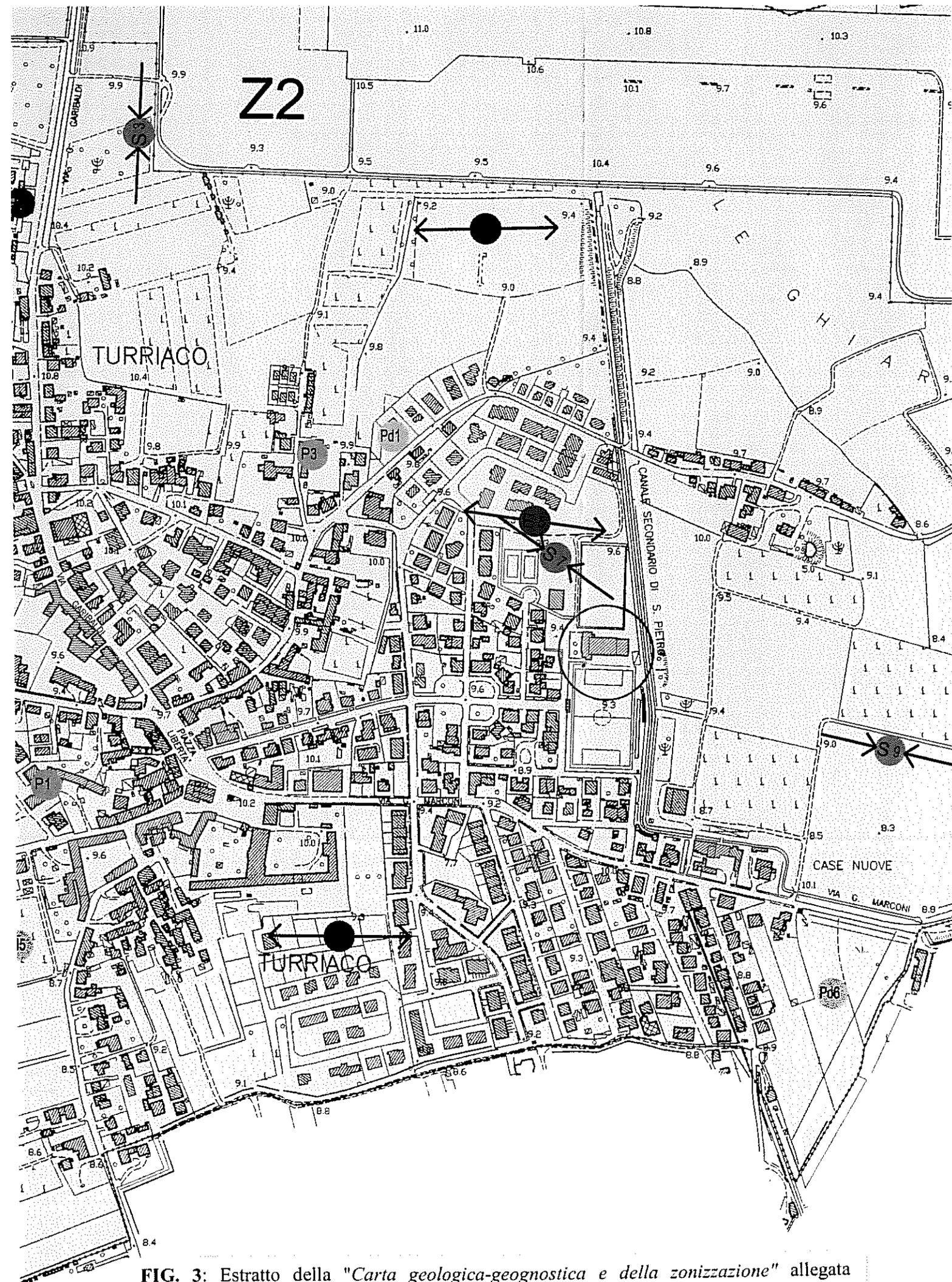


FIG. 3: Estratto della "Carta geologica-geognostica e della zonizzazione" allegata all'indagine geologica del P.R.G.C.; l'area ricade in zona Z2 (terreni della classe litologica C6, con buone caratteristiche geomeccaniche) - scala 1:5.000

Committente  
COMUNE TURRIACO

Località  
Turriaco

**PROVA PENETROMETRICA N. Pd6**

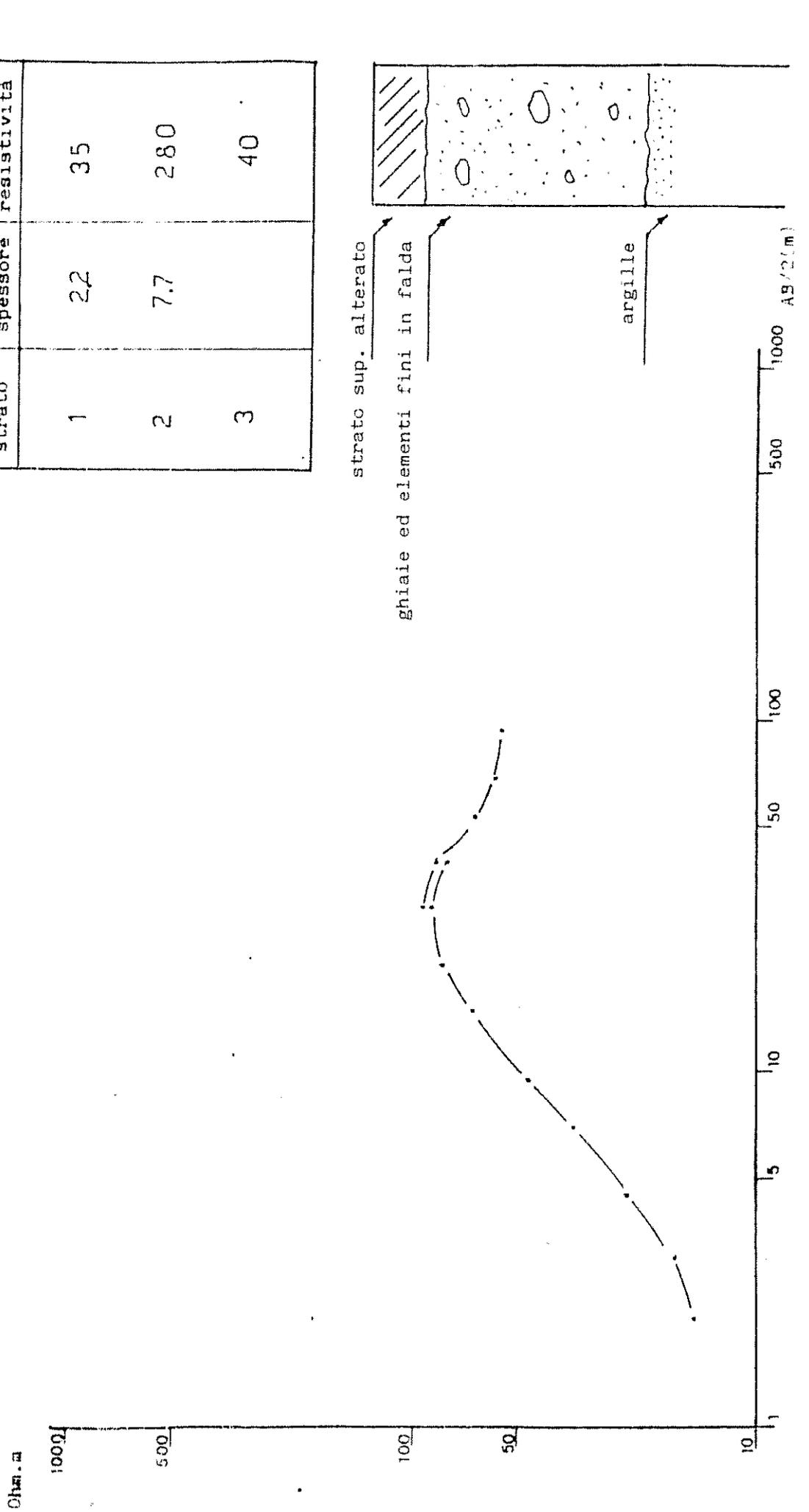
Eseguita il 11/03/04

**GRAFICO: Qc (Kg/cmq), NDL030 - RESISTENZA DINAMICA**

(*) livello acqua											
H (mt.)	H					(*)	NDL 030	RD Kg cmq	mt.	LEGENDA	Descrizione Litologica
	0	20	40	60	80						
0,1							3	10,70			limo - sabbia
0,2							3	10,70			
0,3							4	14,27			
0,4							3	10,70			
0,5							5	17,83			
0,6							6	21,40			
0,7							6	21,40			
0,8							6	21,40			
0,9							7	24,97			
1,0							7	24,97			
1,1							6	19,33			
1,2							8	25,78			
1,3							9	29,00			
1,4							7	22,56			
1,5							10	32,22			
1,6							9	29,00			
1,7							9	29,00			
1,8							9	29,00			
1,9							12	38,67			
2,0							9	29,00			
2,1							11	32,31			
2,2							22	64,62		sabbia - ghiaia	
2,3							35	102,80			
2,4							50	146,85			

SONDAGGIO ELETTRICO VERTICALE N. 5

strato	spessore	resistività
1	2.2	35
2	7.7	280
3		40





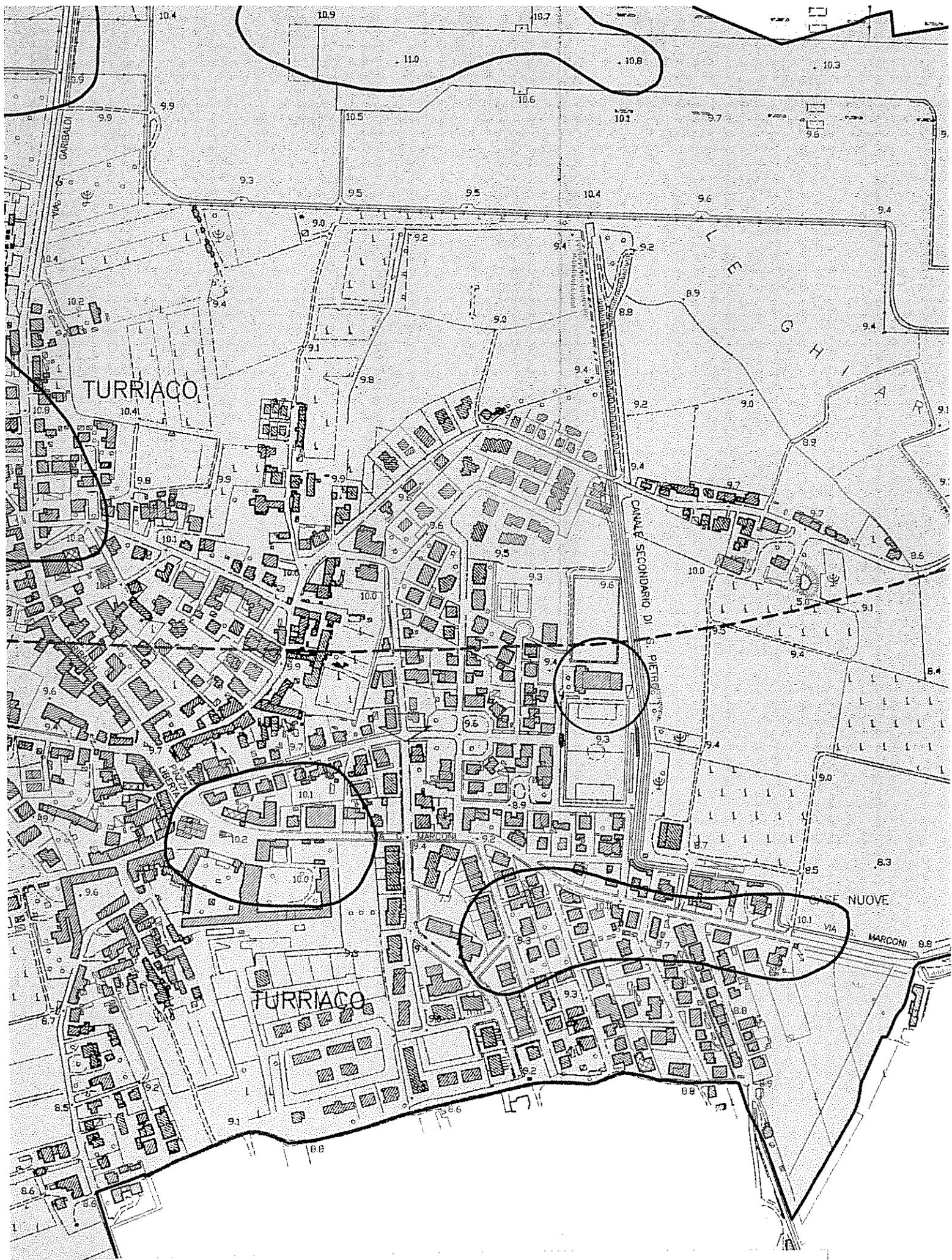


FIG. 4: Estratto della "Carta idrogeologica con le indicazioni delle isofreatiche e della minima profondità della falda" del P.R.G.C.; la falda è indicata a profondità compresa tra 1 e 3 metri dal p.c. (sotto l'isofreatica dei s.l.m.m.) - scala 1:5.000







FIG. 6: Estratto dalla "Carta dell'Annale Freatimetrico Regionale" – fuori scala

Codice 0302

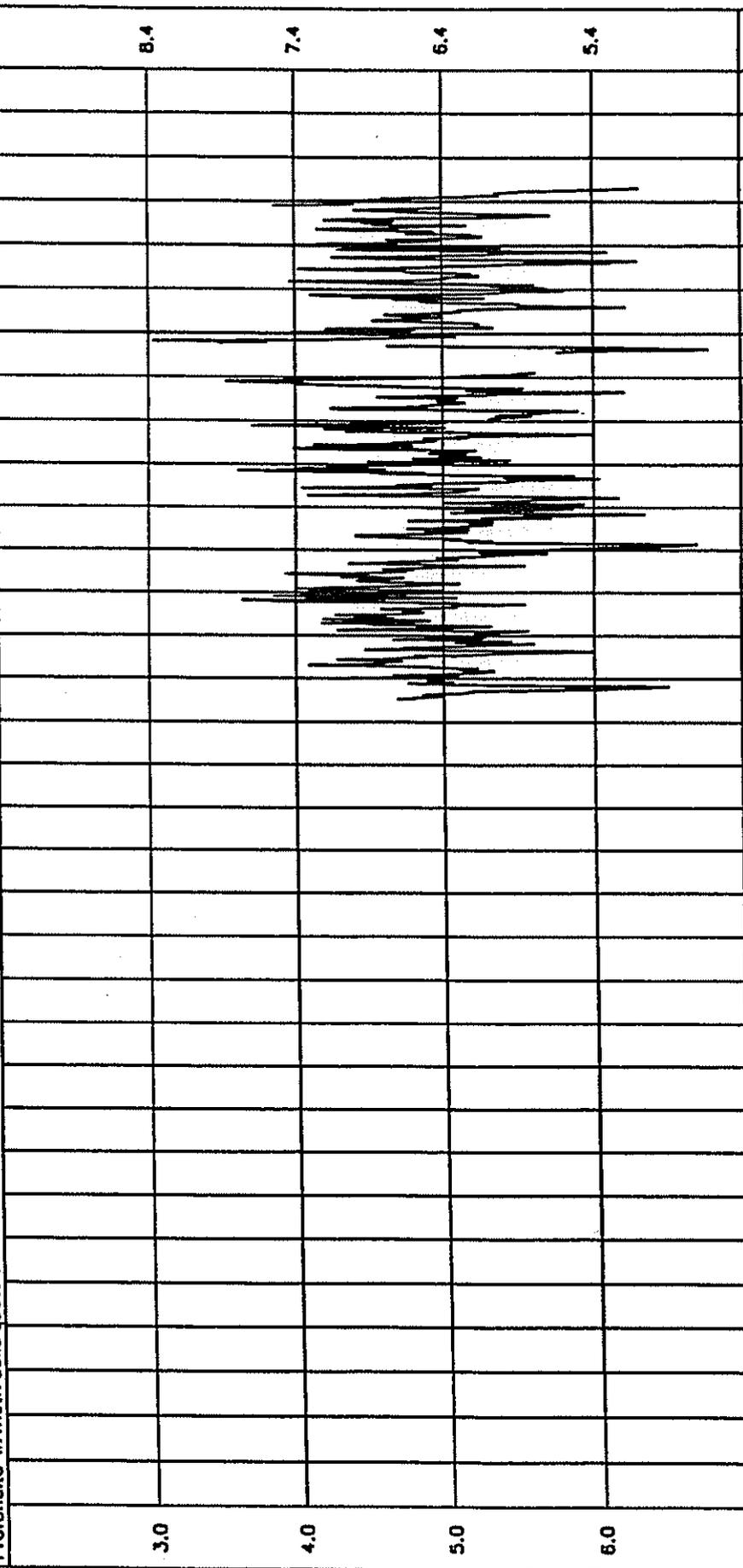
STAZIONE PIEZOMETRICA

Valore massimo 6.78  
Valore minimo 3.03  
Valore medio 4.99  
Numero dati 576

Località CAPOLUOGO, CIMITERO  
Comune TURRIACO  
Provincia GORIZIA  
Coord. EST 2399030  
Coord. NORD 5075936  
Quota lettura 11.40

REGIONE AUTONOMA  
FRIULI-VENEZIA GIULIA  
DIREZIONE REGIONALE AMBIENTE

Profondità in metri dalla quota di riferimento Altezza in metri dal livello medio mare



1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999

3.0

4.0

5.0

6.0

8.4

7.4

6.4

5.4