

REALIZZAZIONE DI CAMPO DA CALCIO A 11 IN ERBA SINTETICA OMOLOGATO FIGC FINO A 1 CATEGORIA PRESSO IL CENTRO SPORTIVO COMUNALE "GIANMARIO BONASSI"



Cat. Progetto Esecutivo

COMMITTENTE/Client

Comune di Cologne

Piazza Garibaldi, 31 – 25033
Cologne (BS)



Rup. Arch. Monica Raineri

PROGETTISTI/Designers

PROGETTO B20 
PIETRO BRIANZA INGEGNERE

COLLABORATORI
MARCO BIGNI INGEGNERE

ELABORATO/Document

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Scale

		ORDER	CATEGORY	SECTION	NUMBER
		W18-155	P.E.	STR	D
N	SUBJECT	DATE	D	C	
00	EMISSIONE	05/11/2018	B.P.	P.B.	
01	EMISSIONE POST VERIFICA	09/11/2018	B.P.	P.B.	
02					
03					
04					

File W18-155 Cologne – Centro Sportivo\06A PEsecutivo\6-3 Relazioni\02 Specialistiche

RELAZIONE GEOLOGICA

(AI SENSI DEL D.M. 17-01-2018 E D.G.R. IX/2616 DEL 30.11.2011)



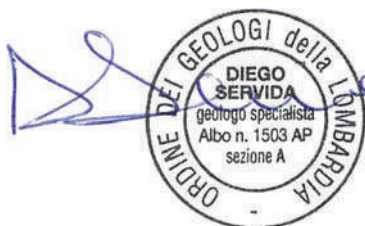
SITO: CAMPO SPORTIVO, VIA DELLA CROCE 77, COLOGNE (BS)

COMMITTENTE: COMUNE DI COLOGNE

REDATTO DA: DOTT. MAURO MELE, PhD

CASSINA DE' PECCHI, 18/04/2018

DOTT. GEOL. DIEGO SERVIDA, PhD



INDICE

1. PREMESSA.....	1
1.1. OBIETTIVI DEL DOCUMENTO.....	3
1.2. SINTESI DELLA RACCOLTA DATI.....	4
1.3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	5
1.4. STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE.....	6
1.5. DOCUMENTAZIONI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO	7
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE	8
3. SINTESI DEI CARATTERI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI DEL SITO	10
3.1. GEOLOGIA DI SUPERFICE E SOTTOSUOLO	10
3.2. GEOMORFOLOGIA.....	14
3.3. IDROGRAFIA.....	15
3.4. IDROGEOLOGIA	17
3.5. ZONAZIONE GEOTECNICA A SCALA COMUNALE	19
3.6. SISMICITÀ STORICA ED ELEMENTI SIMOGENETICI	20
4. ANALISI DEI RISCHI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI.....	22
5. ANALISI DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA LOCALE	23
6. ANALISI DEI VINCOLI	24
7. ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA.....	26
7.1. CLASSIFICAZIONE MACROSISMICA NAZIONALE	26
7.2. ASPETTI SISMICI DELL'AREA DI INTERVENTO.....	27
7.2.1. I LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	27
7.2.2. II LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	27
8. CONCLUSIONI	28

ALLEGATI

ALLEGATO 1: DETERMINAZIONE N. 134 DEL 26/03/2018 DEL COMUNE DI COLOGNE

ALLEGATO 2: STRALCIO DELLA MAPPA CATASTALE

ELENCO DELLE FIGURE

FIG. 1 – UBICAZIONE DEL SITO OGGETTO DI ASSEVERAZIONE

FIG. 2 – PLANIMETRIA DEL COMPLESSO DEL CAMPO SPORTIVO

FIG. 3 – UBICAZIONE DELLE PROVE GEOTECNICHE E SISMICHE

FIG. 4 – STRALCIO DELLE TAVOLE CTR C5D5 E C5E5 E PROFILI ALTIMETRICI ATTRAVERSO L'AREA

FIG. 5 – STRALCIO DELLA TAVOLA 2.1 DEL PTCP DELLA PROVINCIA DI BRESCIA

FIG. 6 – STRALCIO DEL FOGLIO N° 46 "TREVIGLIO", SCALA 1:100.000

FIG. 7 - STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DI COLOGNE

FIG. 8 - SCHEMA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI DI SOTTOSUOLO DELLA PIANURA LOMBARDA

FIG. 9 – STRATIGRAFIA DEL POZZO 6 ED UBICAZIONE RISPETTO AL CAMPO SPORTIVO

FIG. 10 – STRALCIO DELLA CARTA GEOMORFOLOGICA DELLA PIANURA PADANA

FIG. 11 - IDROGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO

FIG. 12 – MAPPA DELLA PIEZOMETRIA DELLA FALDA SUPERFICIALE SEZIONE GEOLOGICO-IDROSTRATIGRAFICA DEL PGT DI COLOGNE E POSIZIONE INDICATIVA DELLA TAVOLA D'ACQUA

FIG. 13 - ELENCO DEI TERREMOTI RISENTITI A COLOGNE (DATI DBMI15)

FIG. 14 – ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9 E MAPPA DEL DISS 3.0

FIG. 15 - PERICOLOSITÀ IDRAULICA DEL TERRITORIO (DATI WEBGIS REGIONE LOMBARDIA)

FIG. 16 – STRALCIO DELLA CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA DEL PGT DI COLOGNE.

FIG. 17 - STRALCIO DELLA CARTA DEI VINCOLI DEL PGT DI COLOGNE.

FIG. 18 - MACROZONAZIONE SISMICA DEL NAZIONALE (OPCM 3519/06), MAPPA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA NAZIONALE E NUOVA CLASSIFICAZIONE DEI COMUNI DI REGIONE LOMBARDIA AI SENSI DELLA DGR X/2129.

FIG. 19 - STRALCIO DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE DEL PGT DI COLOGNE

1. PREMESSA

La scrivente GEOLOGICA - STUDIO GEOLOGICO DOTTOR DIEGO SERVIDA, con sede a Cassina de' Pecchi, via Roma 18, è stata incaricata dal COMUNE DI COLOGNE determinazione n. 134 del 26/03/2018 (cfr. ALLEGATO 1) della redazione della RELAZIONE GEOLOGICA ai sensi delle normative vigenti (D.M. 17 gennaio 2018 "NTC 2018" e D.G.R. IX/2616) a supporto del progetto di "*verifica di vulnerabilità sismica e di redazione progetto di adeguamento antincendio ed elettrico del campo sportivo*", in particolare degli edifici del complesso del Campo Sportivo di Cologne (BS) (palestra e spogliatoio, locale uffici e tribuna; FIG. 1 e 2), affidato al RTP (Raggruppamento Temporaneo di Prestatori dei servizi), composto dall' Ing. Francesco Bianchi, Ing. Alberto Masserdotti, Ing. Francesco Faustini e Dott. Geol. Diego Servida.



FIG. 1 – UBICAZIONE DEL SITO OGGETTO DI ASSEVERAZIONE. IN GIALLO L'EDIFICIO DEL CAMPO SPORTIVO.

Con riferimento alla classificazione ai sensi delle NTC 2018 in relazione alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, l'edificio della tribuna e degli spogliatoi del Campo Sportivo esame è classificabile ai sensi del § 2.4.2 delle NTC 2018 in Classe d'uso III, ovvero una costruzione "*il cui uso preveda affollamenti significativi*".

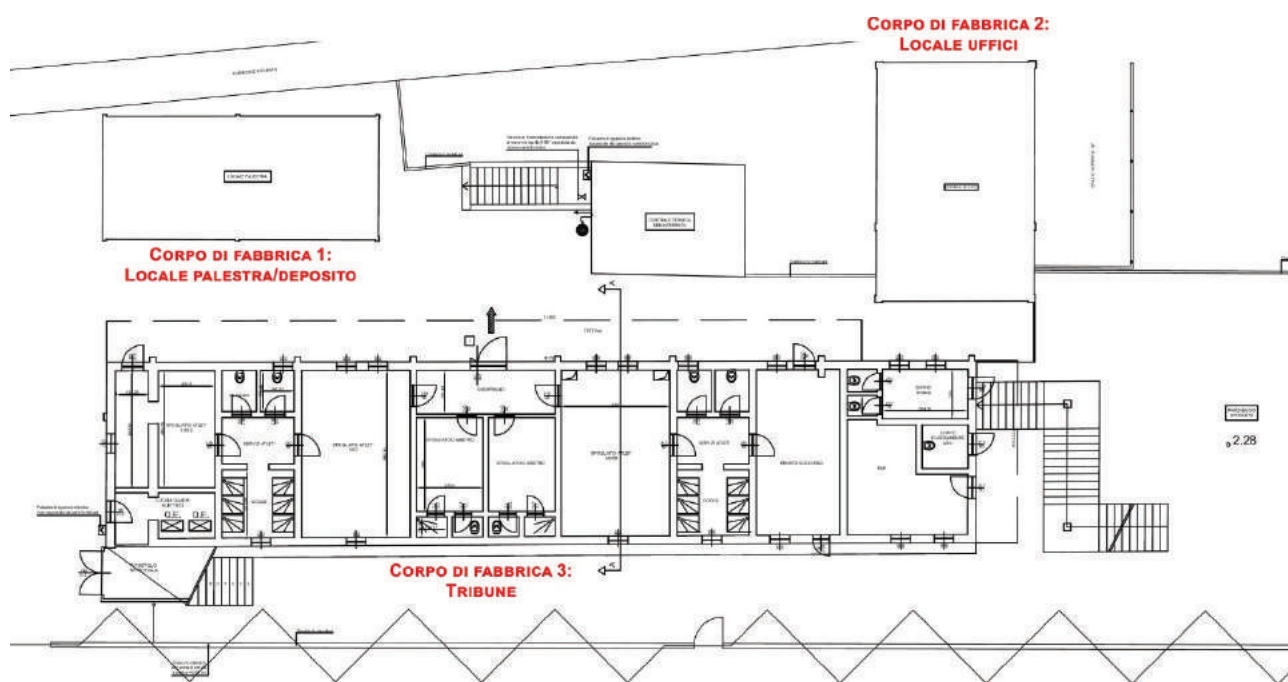


FIG. 2 – PLANIMETRIA DEL COMPLESSO DEL CAMPO SPORTIVO.

Ai sensi del § 6.1., § 6.2., § 6.2.1. e § 6.2.2. delle NTC 2018, la presente costituisce la sintesi dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, sulle pericolosità geologiche del territorio in cui sussiste l'area di studio.

Tale sintesi costituisce ai sensi delle NTC il “*Modello Geologico di riferimento*”, ovvero la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici ed è finalizzata a verificare gli accertamenti attesi e le prescrizioni fornite dalle Norme di Attuazione del vigente Piano di Governo del Territorio del Comune per la classe di fattibilità geologica e per la classe di pericolosità specifiche del sito.

Per la componente geotecnica e sismica si rimanda alla “*RELAZIONE GEOTECNICA*” a cura della Scrivente e contestuale alla presente.

1.1. OBIETTIVI DEL DOCUMENTO

Nello specifico, il presente documento fornisce:

- l'inquadramento delle norme di riferimento vigenti in materia di componente geologica e degli aspetti geotecnici della progettazione e della esecuzione di opere ed interventi che interagiscono con il terreno;
- la definizione del contesto geologico a scala regionale dell'area d'intervento. In particolare:
 - del dominio tettonico e strutturale di riferimento e della zonazione sismogenetica;
 - dei lineamenti di geomorfologia dell'area e dell'analisi dei processi di modellazione del paesaggio attivi, quiescenti e disattivi e della loro tendenza evolutiva in relazione alla modifica delle condizioni determinate dall'intervento;
 - della presenza di falde idriche superficiali nel primo sottosuolo, dello schema di circolazione idrica superficiale e nel sottosuolo, della piezometria dell'acquifero superficiale ed escursione stagionale;
- la definizione delle caratteristiche geologico-stratigrafiche, geomorfologiche ed idrogeologiche a scala locale dell'area d'intervento (*Modello Geologico* di riferimento) al fine della caratterizzazione del volume significativo ai sensi del PAR. §6.2.1. e §6.2.2. delle NTC 2018;
- la definizione della zona macrosismica d'appartenenza e della categoria di suolo di fondazione del sito ai sensi del PAR. §3.2.2 delle NTC 2018, per il quale è stata condotta apposita campagna di indagine geofisica;
- la valutazione della Pericolosità Sismica Locale del sito in relazione alla categoria di sottosuolo, alla classe di pericolosità sismica ed alle condizioni predisponenti per la suscettibilità a liquefazione dei terreni, ai sensi delle NTC 2018 e della D.G.R. n. IX/2616 del 30.11.2011.

1.2. SINTESI DELLA RACCOLTA DATI

Per acquisire gli elementi necessari alla conoscenza del contesto geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area oggetto dell'asseverazione è stata effettuata la ricerca di dati stratigrafici, geotecnici ed idrogeologici presso gli Enti competenti sul territorio e la consultazione/analisi delle banche dati geologiche *on-line*.

Per la definizione dei parametri geotecnici e sismici del sottosuolo, non oggetto del presente documento, è stata eseguita una campagna di indagini che ha previsto la realizzazione di (FIG. 3):

- n° 3 (tre) prove penetrometriche dinamiche (*Standard Cone Penetration Test*, SCPT);
- n° 1 (uno) prospezione sismica passiva *Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio* (HVSr), per la determinazione della Frequenza Fondamentale di sito (F_0);
- n° 1 (uno) prospezione sismica attiva *Multi-Channel Analysis of Surface Waves* (MASW), per la determinazione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio Vs.

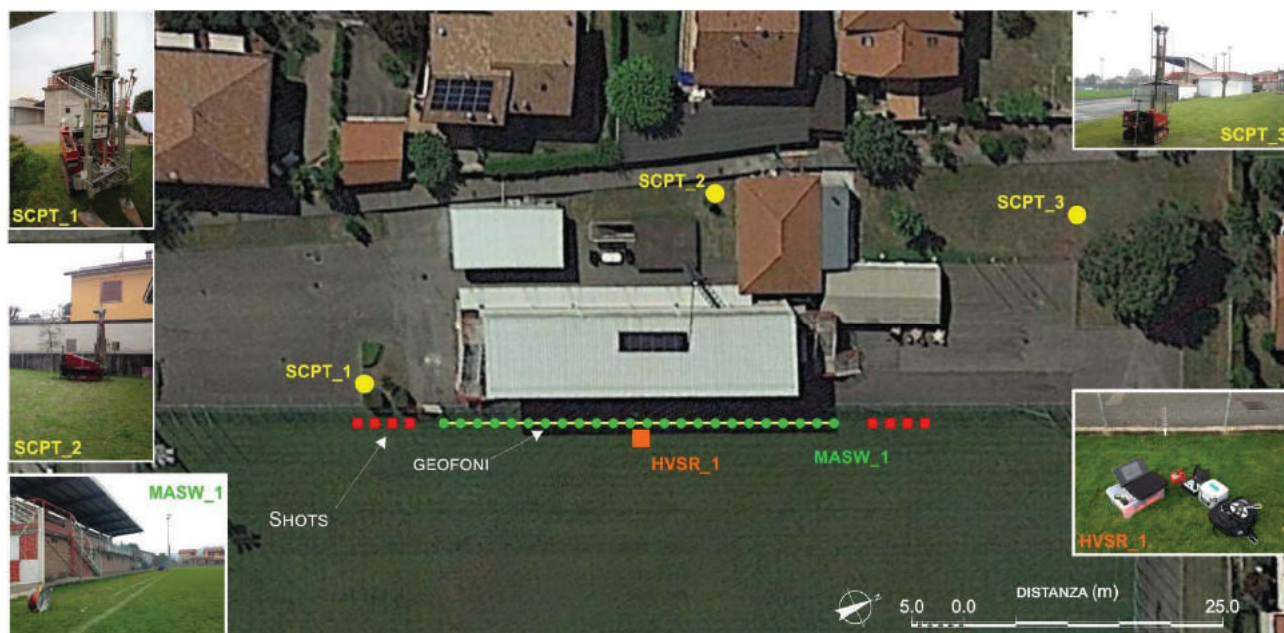


FIG. 3 – UBICAZIONE DELLE PROVE GEOTECNICHE E SISMICHE.

1.3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

La presente relazione è redatta in accordo alla seguente normativa vigente.

NORMATIVA NAZIONALE

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 Marzo 2003 *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28 Aprile 2006 *“Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”*;
- D.M. 17 gennaio 2018 *“NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI”* (NTC 2018), punto §6.2.1 e §6.2.2;
- Istruzioni per l'applicazione delle *“NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI”* di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 Febbraio 2009, n° 617. Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- D. LGS. 49/2010 del 23.02.2010, *“Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni”* e Piano di Gestione Rischio Alluvioni adottato con deliberazione n. 4 nella seduta del 17.12.2015 ed approvato con deliberazione n. 2 del 3.3.2016 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po;
- PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) e relative Norme Tecniche di Attuazione (NTA) approvato con D.P.C.M. del 24/05/2001;
- D. LGS. 152/06, recante *“Norme in materia ambientale”* e s.m.i.;
- D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 *“Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”*.

NORMATIVA REGIONALE (REGIONE LOMBARDIA)

- D.G.R. n. VII/7868 del 25.01.2002 *“Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il reticolo idrico minore come indicato dall'art. 3 comma 114 della l.r.l/2000 – Determinazione dei canoni di polizia idraulica”* e s.m.i.;
- D.G.R. n. VIII/1566 del 22.12.2005 *“Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12”*;

- D.G.R. n. VIII/7374 del 28.05.2008 *“Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12”, approvati con D.G.R. n. VIII/1566 del 22.12.2005”;*
- D.G.R. n. IX/2616 del 30.11.2011 *“Aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12”, approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n. VIII/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n. VIII/7374”;*
- D.G.R. n. X/2129 del 11.07.2014 *“Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia”;*
- D.G.R. n. X/2489 del 10.10.2014 *“Differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con D.G.R. 21 luglio 2014, n. 2129 «Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, comma 108, lett. d)»”;*
- D.G.R. n. X/4144 del 08.10.2015 *“Ulteriore differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129 «Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, comma 108, lett. d)»”;*
- D.G.R. n. X/5001 del 30.03.2016 *“Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l’esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della L.R. 33/2015)”.*

1.4. STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE

La presenza e la tipologia di vincoli è stata esaminata tramite:

- PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO (PGT) del Comune di Cologne, approvato con Delibera C.C. n. 2 del 25/02/2009, pubblicato sul B.U.R.L. S.I. e C. n. 31 del 05/08/2009 e adottato con Delibera C.C. n. 36 del 24/09/2008 e sua variante 2011 approvata con Delibera C.C. n. 1 del 11/01/2012;
- PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (PTCP) della Provincia di Brescia approvato con Delibera di Consiglio n. 31 del 13 giugno 2014 ed in vigore con la pubblicazione dell’avviso di definitiva approvazione sul BURL Serie Avvisi e concorsi n. 45 del 5 novembre 2014.

1.5. DOCUMENTAZIONI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Le fonti bibliografiche per la stesura della presente relazione sono di seguito elencate:

- *Webgis* del Geoportale della Regione Lombardia (www.geoportale.regione.lombardia.it);
- Gruppo di Lavoro (2004). “*Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica*” prevista dall’Ordinanza PCM del 20 marzo 2003, n°3274, All. 1. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile;
- Database Macrosismico Italiano 2015 DBMI15;
- Carta Geologica d’Italia alla scala 1:100.000 - Foglio 46 “TREVIGLIO”;
- Carta Geomorfologica della Pianura Padana scala 1:250.000;
- ENI Regione Lombardia, 2002 “*Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia*” (2002);
- “*Relazione geologica*” della COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA PER IL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO (D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005) del Comune di Cologne vigente;
- “NORME GEOLOGICHE DI PIANO” associate alla carta della fattibilità geologica di cui all’Art. 36 delle NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE del Piano delle Regole del PGT di Cologne vigente;
- Relazione tecnica per l’“*Indagine geofisica di sismica a rifrazione – rapporto interpretativo*” associata alla “RELAZIONE GEOLOGICA” del PGT di Cologne;
- Relazione tecnica per lo “*Studio per l’individuazione del reticolo idrico del territorio comunale e regolamento per le attività di gestione e trasformazione del demanio idrico e del suolo in fregio ai corpi idrici*” Maggio 2015.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

L'area in cui insiste l'edificio del Campo Sportivo si trova nella porzione occidentale del territorio del comune di Cologne, il quale si colloca nel settore dell'alta pianura bresciana estesa tra il Fiume Mella e l'Oglio.

Il sito ha coordinate UTM (fuso 32T) 572686.29 m E e 5047930.91 m N e coordinate geografiche 45.581108° N e 9.931690° E ed è censito nel Foglio catastale n° 12 – particella 113 del Catasto Fabbricati (*cfr.* ALLEGATO 2).

Il sito si colloca ad una quota di circa 177.9 m s.l.m., a Nord della SS537 ed immediatamente a Sud della terminazione più occidentale del rilievo isolato del Mont'Orfano allineato NW-SE e che rappresenta il limite meridionale della zona occidentale della Franciacorta.

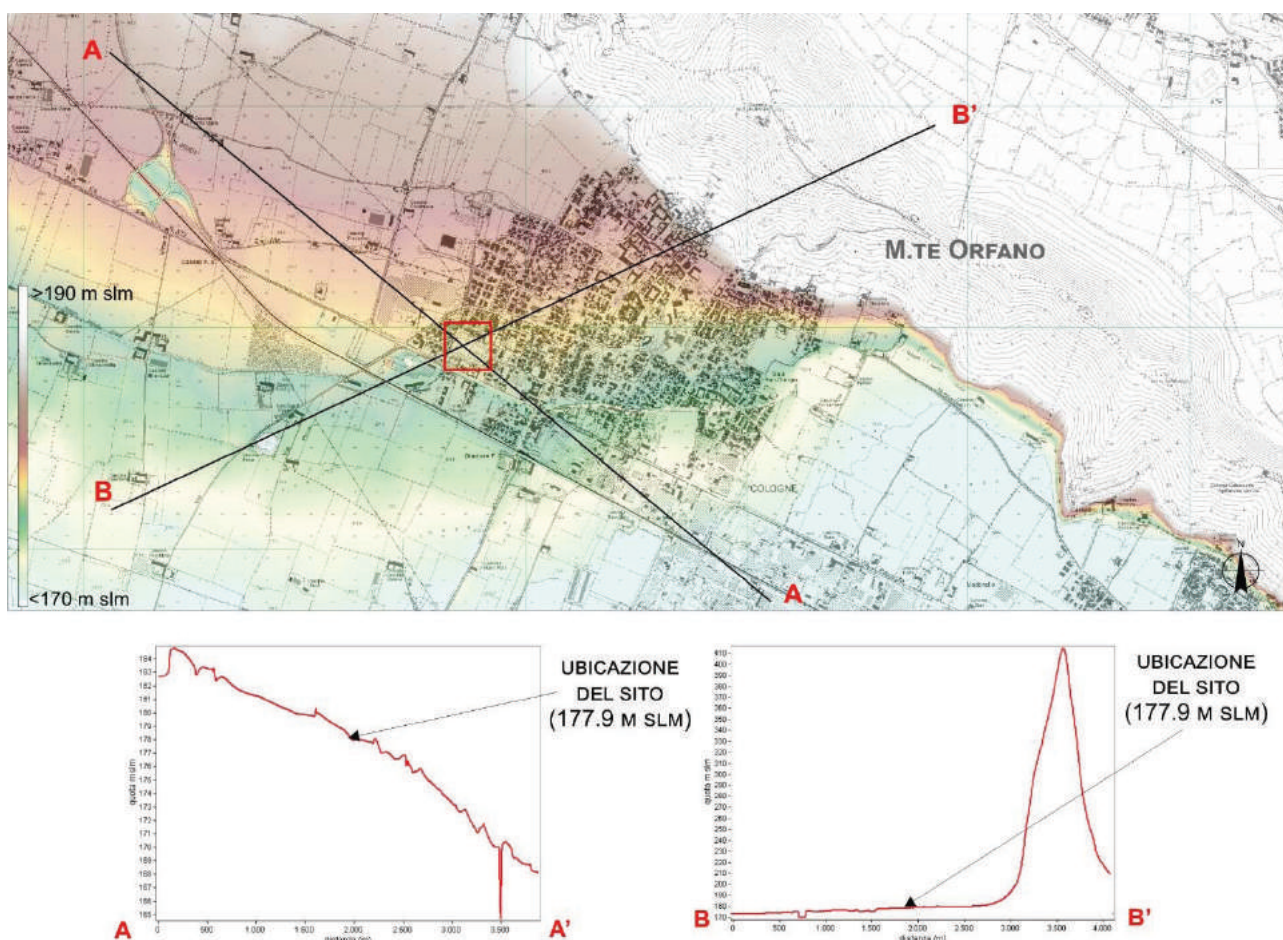


FIG. 4 – *IN ALTO*: STRALCIO DELLE TAVOLE CTR C5D5 E C5E5 DELLA CARTA TECNICA REGIONALE (SCALA 1:10.000). *IN ROSSO* È CONTORNATA L'AREA DEL CAMPO SPORTIVO. *IN BASSO*: PROFILI ALTIMETRICI ATTRAVERSO L'AREA ROSSO).

In FIG. 4 si riporta un estratto della CARTA TECNICA REGIONALE (CTR) della Regione Lombardia a scala 1:10.000, voli 1984, sezione B5c5, con la sovrimposizione del Modello Digitale del Terreno (passo 5 m) e due profili topografici passante per il sito (dati estratti dal *webgis* di Regione Lombardia).

La locale superficie topografica è degradante verso Sud, con pendenza compresa tra il 5-10% e descrive, a scala del territorio comunale, una morfologia concava e radiale con apice nel settore di Palazzolo-Adro a Nord che nelle zone orientali del comune si rastrema con quote di circa 170 m s.l.m. al bordo della parte centrale del rilievo del Mont'Orfano.

Nel contesto paesaggistico descritto al PTCP della Provincia di Brescia (FIG. 5), il sito è interamente ricompreso nell'unità di paesaggio (UdP) dell'“ALTA PIANURA ASCIUTTA TRA CHIARI E ROVATO” che *“comprende una fascia di territorio racchiusa tra i rilievi pedemontani e la fascia dei fontanili; si caratterizza per un paesaggio intensamente influenzato dalla presenza dell'uomo che nel corso dei secoli ha disegnato la trama del territorio agricolo con siepi e filari alberati a fare da divisione ai campi coltivati. In quest'UdP la connotazione agricola è ancora fortemente presente anche se minacciata dall'espansione urbana lungo i principali assi infrastrutturali e dalla diffusione di tecniche agronomiche che tendono a banalizzare il paesaggio con l'aumento delle dimensioni delle parcelle coltivate e la eliminazione degli elementi lineari”*.

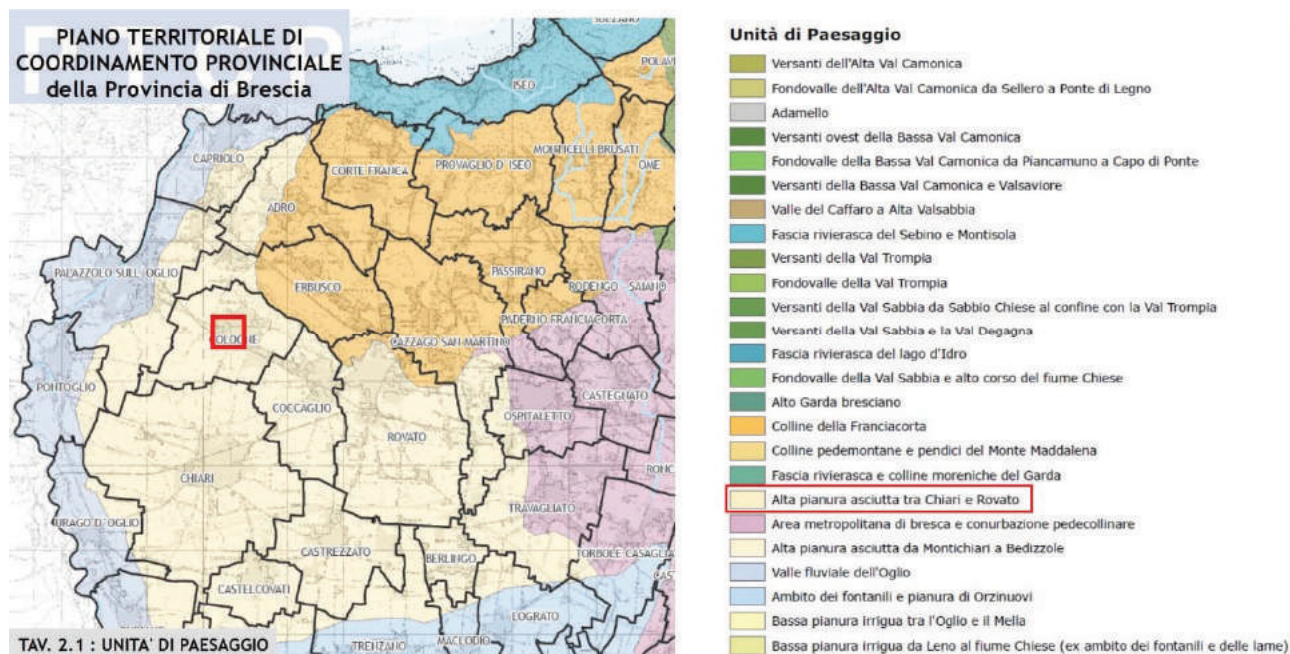


FIG. 5 – STRALCIO DELLA TAVOLA 2.1 DEL PTCP DELLA PROVINCIA DI BRESCIA.

3. SINTESI DEI CARATTERI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI DEL SITO

3.1. GEOLOGIA DI SUPERFICIE E SOTTOSUOLO

L'area di studio risulta cartografata nel contesto del Foglio N° 46 "TREVIGLIO" della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - scala 1:100.000, in corrispondenza della quale è cartografata l'unità geologica **fg^{w2}** corrispondente alle "Alluvioni fluvio-glaciali sabbiose e ghiaiose, per lo più non alterate, corrispondente al Livello Fondamentale della Pianura" (Wurm-Riss *Auct*) (FIG. 6).

Tale unità ospita depositi fluvio-glaciali costituiti prevalentemente da ghiaia con sabbia e ciottoli che provengono dallo smantellamento delle cerchie moreniche ad opera degli scaricatori glaciali del ghiacciaio Sebino.

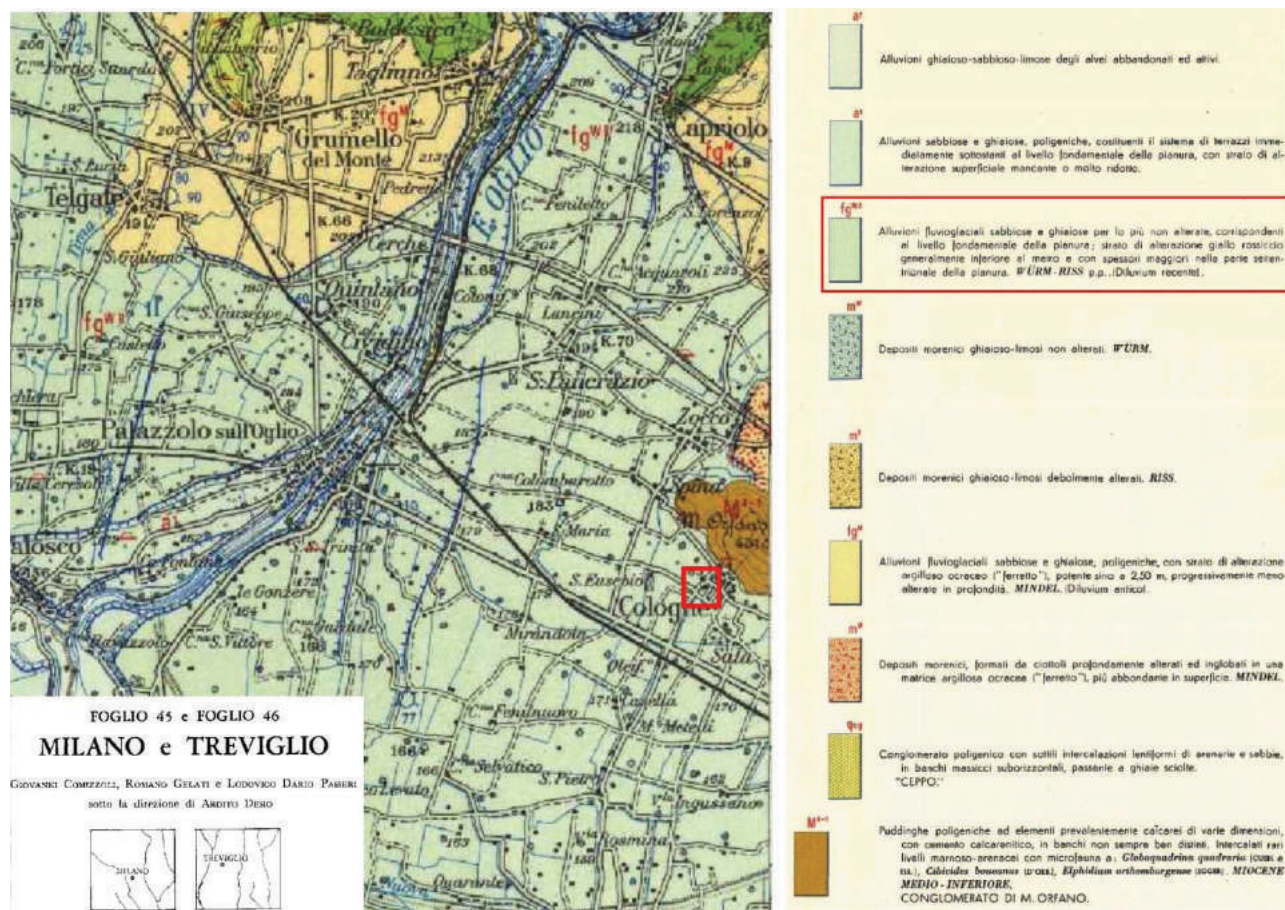


FIG. 6 – STRALCIO DEL FOGLIO N° 46 "TREVIGLIO", Scala 1:100.000. IN ROSSO, L'UBICAZIONE DELL'AREA IN ESAME.

A livello locale, la Carta Geologica e Geomorfologica PGT di Cologne (FIG. 7) descrive nella posizione del campo Sportivo la presenza di “*depositi fluvio-glaciali, costituiti prevalentemente da ghiaia con sabbia e ciottoli che provengono dallo smantellamento delle cerchie moreniche più elevate o più interne (quindi più recenti) ad opera dei corsi d’acqua di scioglimento dei ghiacciai. Presentano una struttura a grosse lenti caratterizzate da differente granulometria e localmente contengono lenti sabbioso-limose o argillose*”.

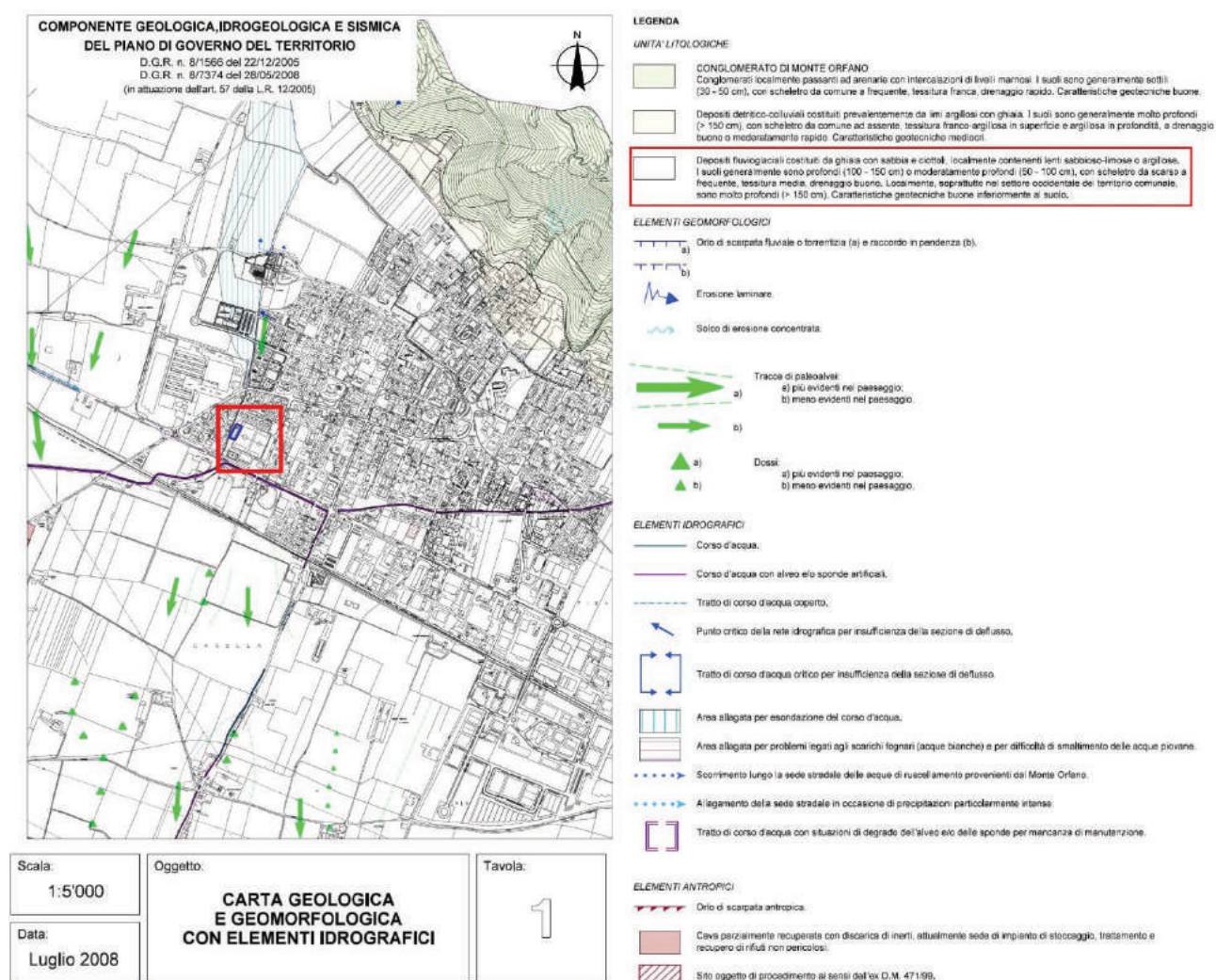


FIG. 7 – STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DI COLOGNE. IN ROSSO, L'AREA IN ESAME.

Tali unità affioranti nel territorio comunale e nell'area in esame appartengono alla successione sedimentaria plio-quaternaria che caratterizza l'intero settore centrale della pianura lombarda al fronte della catena Subalpina. La successione ha carattere sostanzialmente regressivo e testimonia la transizione dalla sedimentazione marino e marino-marginale nel corso del Pliocene a transizionale e definitivamente

continentale Pleistocene Medio-Superiore. La stratigrafia dei depositi descritta da Vari Autori è riassunta da ENI-Regione Lombardia secondo lo schema illustrato in FIG. 8.

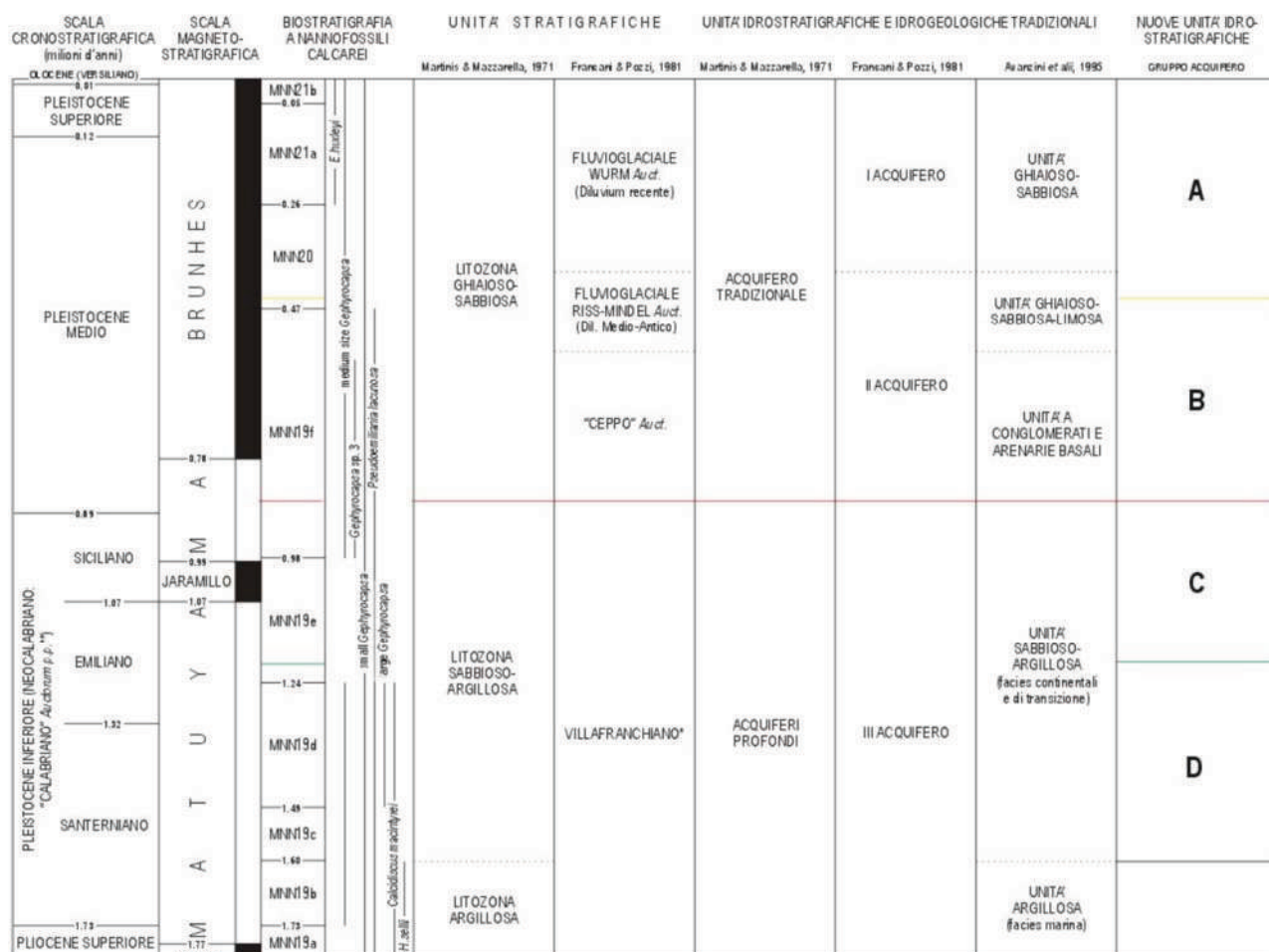


FIG. 8 - SCHEMA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI DI SOTTOSUOLO DELLA PIANURA LOMBARDA (STRALCIO DA ENI - REGIONE LOMBARDIA, 2002).

Secondo la descrizione tradizionale di Mazzarella & Martinis (1971), la successione sedimentaria plio-quaternaria si compone, da tetto a letto, in 3 unità litostratigrafiche (o litozone) con le seguenti caratteristiche:

- LITOZONA "GHIAIOSO-SABBIOSA": costituita da ghiaie e sabbie di ambiente continentale e fluvio-glaciale, talora localmente cementate (conglomerati ed arenarie). Sono presenti intercalazioni di argille più o meno estese e generalmente identificabili due differenti unità:
 - *Unità superiore*: più superficiale, costituita da depositi prevalentemente grossolani, grossi ciottoli, ghiaie e sabbie, sabbie cementate, con rare intercalazioni di lenti argillose di colore giallo-ocra o

rossastro, di origine fluvio-glaciale e depositi nel contesto di *sandur* e conoidi proglaciali generalmente prossimale progradanti;

- *Unità inferiore*: caratterizzata da depositi più distale, costituiti da sabbie medie e fini, sabbie con ghiaie, con frequenti lenti di argille di colore giallo-grigiastro, di potenza metrica;
- LITOZONA "SABBIOSO-ARGILLOSA": costituita in prevalenza da argille, talvolta torbose, limi con intercalazioni di sabbie e rari livelli ghiaiosi. Tali depositi possono essere ricondotti ad ambienti da fluviali con apporti continentali (argille con intercalazioni di ghiaie e sabbie con torbe) e facies marino-costiere rappresentate da argille di colore grigio-azzurro;
- LITOZONA "ARGILLOSA": costituita da argille ed argille marnose con resti fossili di ambiente marino di piattaforma e/o di prodelta del Pliocene che rappresentano la base della sequenza regressiva della al bordo settentrionale della pianura padana.

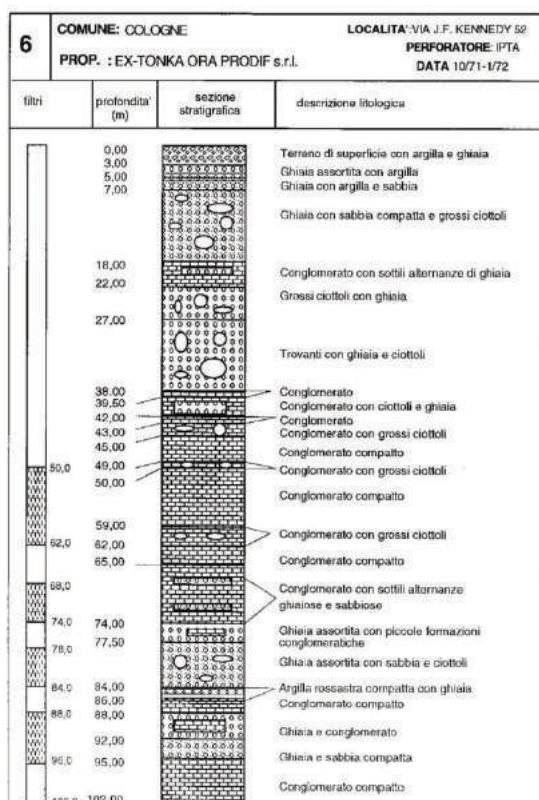


FIG. 9 – STRATIGRAFIA DEL POZZO 6 DEL COMUNE DI COLOGNE ED UBICAZIONE RISPETTO AL CAMPO SPORTIVO.

A livello locale, le stratigrafie disponibili nel PGT di Cologne nelle immediate adiacenze dell'area del Campo Sportivo (Pozzo 6; *cfr.* FIG. 9) descrivono, in accordo con la stratigrafia regionale (i.e. LITOZONA "GHIAIOSO-SABBIOSA"), la presenza nei primo 100 m dal piano campagna di alternanze di litologie ghiaiose e ghiaioso-sabbiose con, a partire da 15 metri dal p.c., livelli conglomeratici che intorno a 30 m passano a conglomerati compatti o fessurati, con intercalazioni di lenti prevalentemente ghiaiose e più raramente argillose e limoso-argillose.

In superficie, sono presenti suoli generalmente profondi (100-150 cm) o moderatamente profondi (50-100 cm), con scheletro da scarso a frequente, tessitura media, drenaggio buono. Localmente, soprattutto nel settore occidentale del territorio nel cui contesto si colloca l'area in esame, sono molto profondi (150 cm).

3.2. GEOMORFOLOGIA

Dal punto di vista geomorfologico, l'area si colloca nella vasta pianura fluvio-glaciale del Pleistocene Medio-Superiore che costituisce il locale "*Livello Fondamentale della Pianura*" (Auct.), corrispondente all'Alta Pianura Bresciana, degradante in direzione Sud e a morfologia debolmente ondulata (FIG. 10).

Tale superficie, poligenica e polifasica, sottende i depositi più prossimali delle estese conoidi e *sandur* fluvio-glaciali ghiaioso-sabbiosi, a morfologia sub-pianeggiante o leggermente convessa, formati per aggradazione, progradazione e terrazzamento da parte degli scaricatori glaciali alimentati dalle acque di fusione del ghiacciaio Sebino.

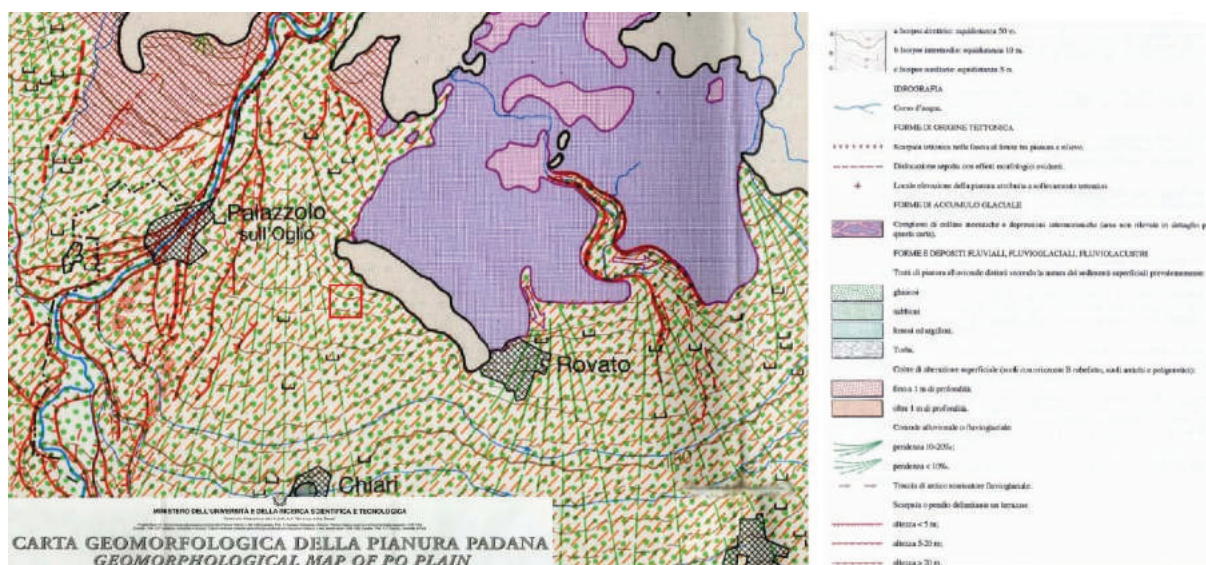


FIG. 10 – STRALCIO DELLA CARTA GEOMORFOLOGICA DELLA PIANURA PADANA. IN ROSSO, L'AREA IN ESAME.

In particolare, l'area in esame si colloca nel settore occidentale della pianura di Cologne dove erano attivi gli scaricatori fluvioglaciali provenienti da Adro a Nord e connessi alla cerchia morenica di Monterotondo, che hanno dato origine alla forma del territorio tipicamente a ventaglio.

Tali corsi d'acqua, la cui presenza è testimoniata dalla presenza da una fascia di paleo-alvei, debolmente incisi e a carattere intrecciato ed evidenti in relazione alle ondulazioni della attuale superficie topografica (FIG. 7 e 10) non sono più attivi e non costituiscono pertanto attuali agenti di modificazione del paesaggio nell'area in esame, in quanto riferibili a condizioni morfoclimatiche diverse dalle attuali.

3.3. IDROGRAFIA

Il Comune di Cologne è incluso nelle pertinenze dei Consorzi della Seriola Fusia, del Consorzio di Bonifica Sinistra Oglio e della Regione Lombardia. Il Comune è attraversato in senso E-W dalla Roggia Fusia da cui si dipartono la rete dei canali poderali (fossi, dugali, vasi). Sono adduttori della Roggia Fusia i due rami del Rio Miola (ovest e nord) che confluiscono in corrispondenza dell'ingresso ovest di Cologne.

Come illustrato in FIG. 11, il complesso del Campo Sportivo di Cologne si colloca nell'adiacenza del ramo Nord del Rio Miola (localmente intubato e con direzione N-S) e direttamente a Nord della confluenza dei due rami del Rio Miola con la Roggia Fusia (vaso 2/3). In particolare, il ramo Nord del Rio Miola scorre con direzione N-S nel settore nord occidentale di Cologne e proviene dal Comune di Erbusco, entrando in Cologne in località Spina e proseguendo verso Sud intubato in corrispondenza del cimitero e nell'ultimo tratto (adiacente al campo sportivo), prima di immettersi nella Roggia Miola appena a monte della sua confluenza nella Seriola Fusia. Nel passaggio adiacente agli edifici della località Spina ha sponde e alveo artificiali, mentre nella restante porzione l'alveo è naturale e scorre a cielo aperto. Si tratta di un piccolo corso d'acqua irriguo caratterizzato nel tratto tra località Spina e il cimitero da assenza di vegetazione lungo le sponde e da una sezione molto ridotta dell'alveo.

A riguardo del tratto del Rio Miola adiacente all'area del Campo Sportivo, lo “*Studio per l'individuazione del reticolo idrico del territorio comunale*” del Maggio 2015 segnala che “*a sud del cimitero fino al capannone industriale della ex Sebino (ora Prodif) la Roggia Miola presenta situazioni di degrado per mancanza di manutenzione: la fitta vegetazione e gli accumuli di rifiuti invadono l'alveo e le sponde riducendo anche in questo caso la sezione per il libero deflusso delle acque. Anche la colorazione anomala delle acque che sovente la caratterizzano e il forte odore di cloro che si verificano in corrispondenza dell'unico scarico industriale presente in corrispondenza del punto in cui il Rio Miola diventa intubato, denotano potenziali problematiche ambientali da verificare*”.

Come evidenziato nello studio geologico allegato al PGT e nello “*Studio per l’individuazione del reticolo idrico del territorio comunale*” del Maggio 2015, sul Rio Miola ramo Nord in adiacenza al cimitero comunale sono avvenuti in passato fenomeni di esondazione a causa dell’insufficienza della sezione di deflusso in seguito ad eventi meteorici prolungati (FIG. 11).

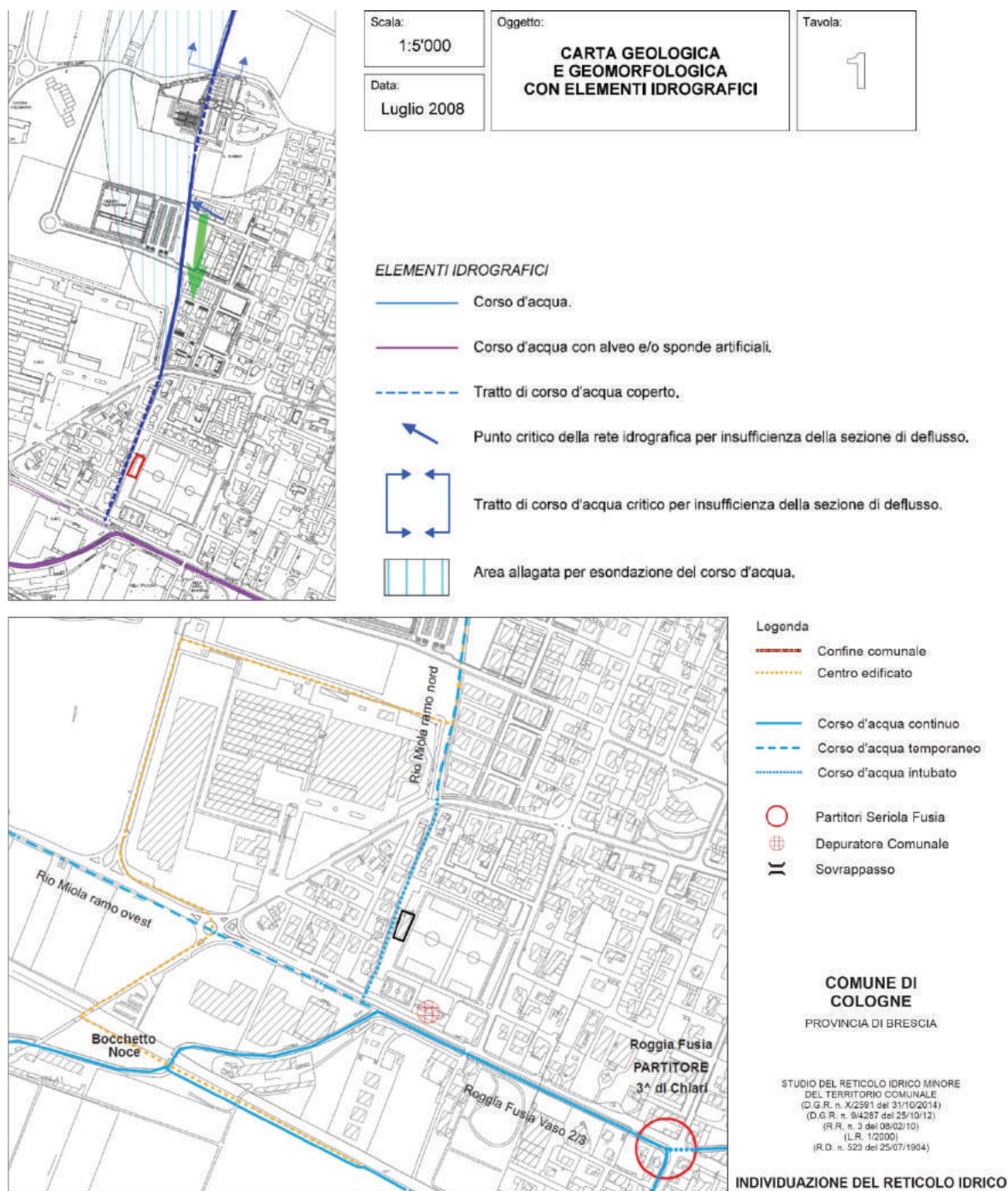


FIG. 11 - IDROGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO. IN NERO, IL PERIMETRO DELL'EDIFICIO DEL CAMPO SPORTIVO.

3.4. IDROGEOLOGIA

A livello idrostratigrafico, in relazione alla descrizione della stratigrafia regimabile fornita in FIG. 8, nel settore del margine padano al fronte della catena Sud-alpina si individuano:

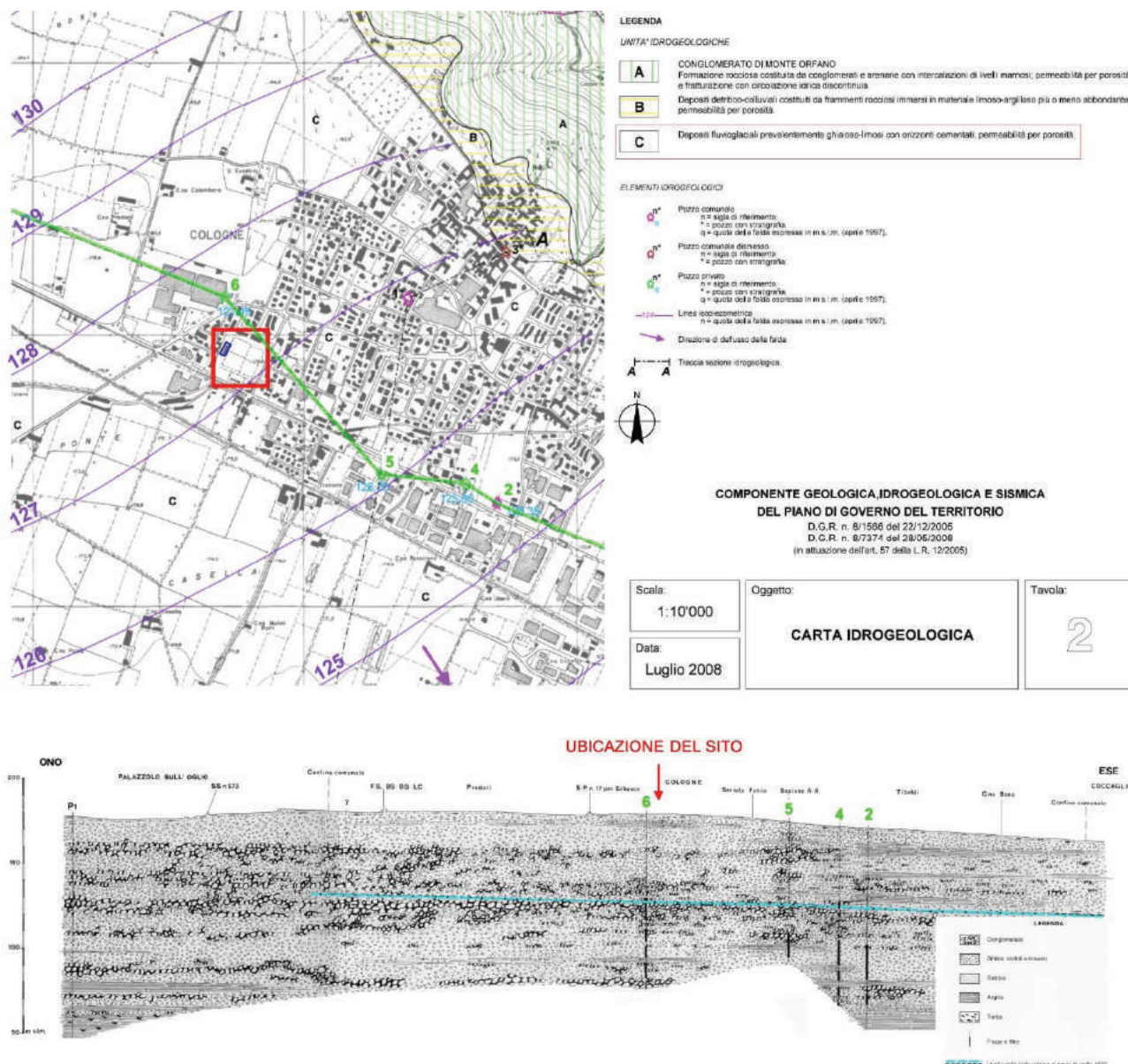
- l'*Acquifero Tradizionale* (così definito in quanto tradizionalmente captato dai pozzi), che ospita falde da libere, a semi-confinare e confinate; esso risulta alimentato dalle precipitazioni e dalle irrigazioni nella parte settentrionale dell'alta pianura, mentre nella fascia più meridionale è alimentato dall'acquifero sovrastante e/o dalla ricarica proveniente da monte. Al suo interno vengono distinte, ove presenti, due unità idrogeologiche denominate I e II ACQUIFERO (Francani & Pozzi, 1981);
- l'*Acquifero Profondo*, tipicamente multistrato e ben separato idraulicamente dagli acquiferi sovrastanti, isolando falde in pressione; tale acquifero viene alimentato da zone di ricarica poste a monte o in corrispondenza di interruzioni degli strati impermeabili che lo delimitano (III ACQUIFERO, Francani & Pozzi, 1981).

Per quanto riguarda le porzioni più superficiali del sottosuolo dell'area, l'Acquifero Tradizionale è ospitato all'interno dei sedimenti della Litozona Ghiaioso-Sabbiosa (FIG. 7) la quale è sede, a scala regionale, di un acquifero monostrato delimitato inferiormente dai depositi impermeabili argillosi tipici delle Litozone Sabbioso-Argillosa e Argillosa nelle quali sono presenti acquicludi o acquitardi (Acquifero Profondo).

La notevole eterogeneità geologica a scala locale dei terreni che costituiscono la Litozona Ghiaioso-Sabbiosa è la base per la una ulteriore suddivisione di dettaglio (FIG. 7):

- un acquifero superficiale freatico (I° ACQUIFERO), costituito dalle ghiaie e sabbie dell'unità superiore, ad elevate permeabilità ($K > 10^{-3}$ m/s) e porosità efficace ($p_e = 15\%$);
- diversi acquiferi profondi (II° ACQUIFERO), costituiti dagli orizzonti permeabili dell'unità inferiore, liberi, semi-confinati (per il comportamento da acquitardi dei livelli argillosi) o confinati, qualora le lenti impermeabili si presentano sufficientemente potenti ed estese.

Più recentemente, ENI – Regine Lombardia (2002) hanno proposto, grazie all'interpretazione dell'evoluzione del bacino padano attraverso la stratigrafia sequenziale, la suddivisione della successione plio-quadernaria in quattro unità idrostratigrafiche principali, per cui gruppi acquiferi A e B insieme corrispondono al cosiddetto “*Acquifero Tradizionale*” di Francani & Pozzi.



circa 30-40 m dal piano campagna, presentano una permeabilità per porosità generalmente alta, mentre i livelli argillosi sono nettamente subordinate, con spessori ridotti e scarsa continuità laterale (*Acquifero Tradizionale*; gruppi acquiferi A e B di ENI-Regione Lombardia). Tali depositi ghiaioso-conglomeratici nonostante la presenza di orizzonti a minore permeabilità (costituiti sia da livelli a granulometria fine che da conglomerati compatti) rappresentano sostanzialmente un acquifero monostrato con buone potenzialità idriche e che contiene la falda libera.

Nei pozzi più profondi del territorio comunale, a partire da circa 100-110 m da p.c. sono stati descritti spessi livelli argillosi di ambiente marino e marino-marginale di età Pliocenica, attribuibili all'unità idrogeologica denominata "Villafranchiana" (*Acquifero Profondo*; gruppi acquiferi C e D di ENI-Regione Lombardia). Sono inoltre presenti lenti ghiaioso-sabbiose permeabili sede di falde confinate.

Per quanto riguarda l'andamento della superficie piezometrica, rilevata nella campagna di misure effettuata nel 1997, la falda nel territorio comunale di Cologne presenta una soggiacenza con valori compresi tra 40 e 50 m dal piano campagna con un valore del gradiente idraulico pari a circa 0,25%. In corrispondenza dell'area del Campo Sportivo la soggiacenza stimata è di circa 50 m p.c. con una direzione di deflusso da NW verso SE (FIG. 12).

Date le caratteristiche dei terreni (a granulometria ghiaioso-sabbiosa) e la profondità media della falda maggiore di 15 m si esclude l'esistenza dei fattori predisponenti il rischio da liquefazione dei terreni ai sensi del punto § 7.11.3.4.2 delle NTC 2008/NTC 2018.

3.5. ZONAZIONE GEOTECNICA A SCALA COMUNALE

Come evidenziato nello studio geologico allegato al PGT di Cologne, le caratteristiche geologiche a scala comunale dei depositi fluvioglaciali presenti in superficie sono generalmente buone, inferiormente alla copertura pedologica che localmente può superare 1,5 m di spessore. Solo localmente è stata rilevata la presenza di materiale di riporto con caratteristiche geotecniche scadenti utilizzato per riempire depressioni morfologiche.

Nello studio geologico si sottolinea inoltre che *"tali considerazioni sono indicative del comportamento medio del litotipo e non possono quindi sostituire indagini geologiche e geotecniche di dettaglio (come previsto dalle "Norme tecniche per le costruzioni") per la realizzazione di interventi specifici sul territorio"*.

3.6. SISMICITÀ STORICA ED ELEMENTI SISMOGENETICI

Il territorio del comune di Cologne è caratterizzata da bassa sismicità. Nella porzione lombarda della pianura padana, pochi terremoti di magnitudo da media a bassa sono prevalentemente concentrati nella fascia allungata in direzione E-W lungo il margine pedemontano, in corrispondenza dell'asse Bergamo-Brescia-Lago di Garda legata alla tettonica del margine padano settentrionale. Le sorgenti sismogenetiche si collocano ad una profondità compresa tra 5 e 15 km.

Secondo il DATABASE MACROSISMICO ITALIANO 2015 DBMI15, dal 1900 in corrispondenza di Cologne sono stati catalogati come risentiti con intensità macrosismica $I > 4-5$ l'evento del 9 novembre 1983 Parmense (profondità ipocentro 18 km, magnitudo 5.04) e l'evento Franciacorta del 13 Novembre 2002 (profondità ipocentro 10 km, magnitudo 4.21) (FIG. 13).

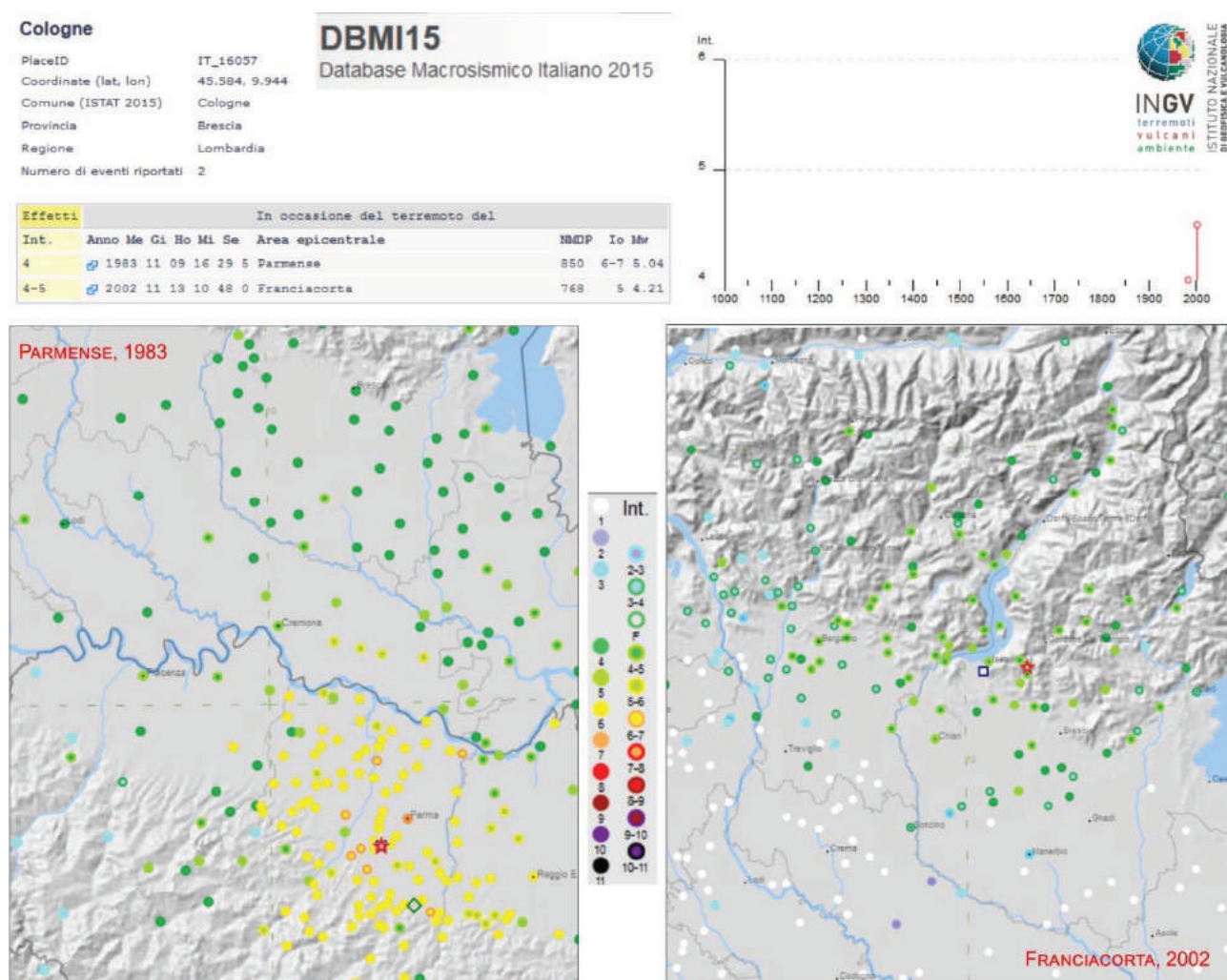


FIG. 13 – ELENCO DEI TERREMOTI RISENTITI A COLOGNE (DATI DBMI15).

Dal punto di vista delle zone sismogenetiche, catalogate nel *Database of Individual Seismogenic Sources* (DISS 3.0) cui fa riferimento la zonazione ufficiale ZS9 (Gruppo di Lavoro, 2004), il sito in esame è interno alle aree della zonazione ZS9 (Gruppo di Lavoro, 2004; FIG. 14) basata sulle evidenze di tettonica attiva e del potenziale sismogenetico delle strutture tettoniche.

In particolare, il sito è ricompreso nella Zona Sismogenetica 907 (“Bergamasco”) per la quale, secondo il “*Rapporto Conclusivo della Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica*” dell’O.P.C.M. n° 3274 è stata definita con approcci statistici una Magnitudo massima attesa (M_{wMAX}) splittata i) in un valore calibrato in modo cautelativo sui dati sismologici e geologici (M_{wMAX1}) e ii) in uno di tipo maggiormente cautelativo (M_{wMAX2}) corrispondenti rispettivamente a $M_{wMAX1} = 5.91$ e $M_{wMAX2} = 6.14$; col. 8-10, Tabella 6 a pagina 38 del Rapporto Conclusivo).

Tale valore rappresenta l’elemento cautelativo che deve essere adottato per garantire la determinazione delle accelerazioni massime attese al sito dalla possibilità che si verifichino, sia pure con probabilità bassa, eventi di magnitudo superiore a quelle verificatesi nei periodi di riferimento del catalogo dei terremoti.

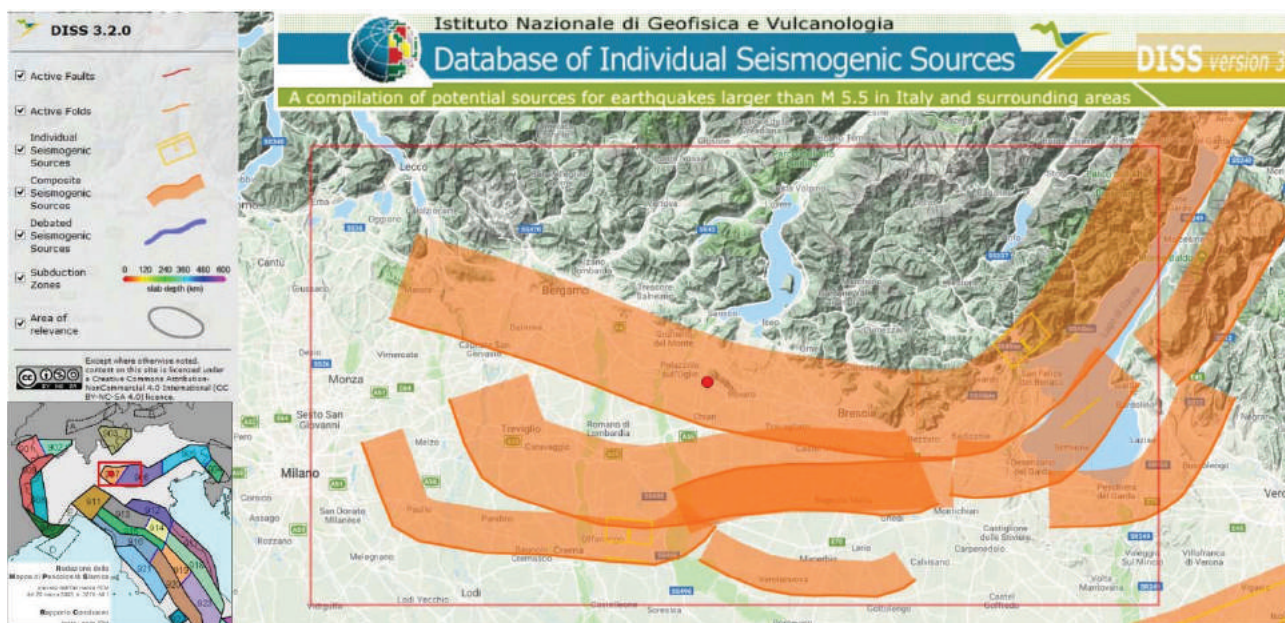


FIG. 14 - ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9 (N ROSSO L’AREA IN ESAME) E MAPPA DEL DISS 3.0.

4. ANALISI DEI RISCHI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI

Per la valutazione dei rischi connessi alla pericolosità geologica ed idrogeologica dell'area di studio sono state esaminate le documentazioni relative al:

- PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI), contenente l'individuazione e perimetrazione di aree a rischio idrogeologico ed i vincoli specifici di natura idraulica ed idrogeologica, con la definizione delle fasce fluviali;
- PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI, ovvero lo strumento operativo previsto dalla legge italiana, in particolare dal d.lgs. 49/2010, che dà attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE.

Ai sensi di tale classificazione ed in relazione alla stabilità geomorfologica del sito legata topografia pianeggiante dell'area e all'assenza di corpi idrici principali (*cf.* PAR. 3.1 e 3.2), si evince che l'area in esame non risulta direttamente ricompresa in ambiti legati alla pericolosità geologica e idrogeologica (FIG. 15).

A titolo di completezza, come segnalato nello studio geologico allegato al PGT e nello “*Studio per l'individuazione del reticolo idrico del territorio comunale*” del Maggio 2015, l'area del Campo sportivo risulta posta a Sud della zona in adiacenza al cimitero comunale in cui in passato, a seguito ad eventi meteorici prolungati, sono avvenuti fenomeni di esondazione a causa dell'insufficienza della sezione di deflusso del Rio Miola ramo Nord (*cf.* PAR. 3.3).

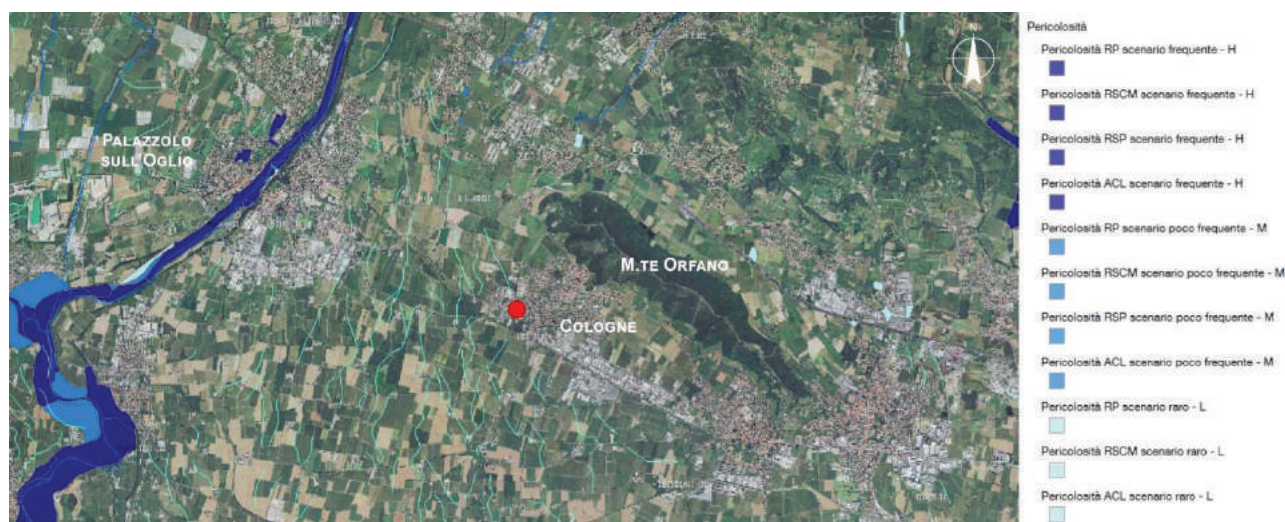


FIG. 15 – PERICOLOSITÀ IDRAULICA DEL TERRITORIO (DATI WEBGIS REGIONE LOMBARDIA). IN ROSSO L'AREA IN ESAME.

5. ANALISI DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA LOCALE

L'area del Campo Sportivo di Cologne, con riferimento alle classi di fattibilità agli ambiti omogenei per pericolosità geologica e geotecnica e vulnerabilità idraulica ed idrogeologica in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, definite dalla COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA del PGT di Cologne secondo quanto prescritto dalla D.G.R. IX/2616 *“Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio, n. 7/7374”*, è ricompresa all'interno della *“CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA 1 – fattibilità senza particolari limitazioni”* (FIG. 16).



FIG. 16 – STRALCIO DELLA CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA DEL PGT DI COLOGNE. IN ROSSO, L'AREA IN ESAME.

Nel seguito si riporta lo stralcio delle Norme Geologiche di Piano relativamente alle opere ed interventi in fase sia pianificatoria che di progettazione da attuarsi nel contesto della *“CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA 1 – fattibilità senza particolari limitazioni”*.

- *Aree pianeggianti nelle quali le caratteristiche geotecniche dei terreni sono buone e la falda idrica non interferisce con il suolo ed il primo sottosuolo (profondità > 40 m). Non si evidenziano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi*

edificatori e/ o alla modifica della destinazione d'uso. In tali aree va direttamente applicato quanto prescritto dal D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni.

A titolo di completezza, si segnala l'adiacenza verso Ovest del perimetro dell'area del Campo Sportivo di Cologne con l'area a "CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA 3 – *fattibilità con consistenti limitazioni*" – Sottoclasse 3f – "*Fascia di rispetto del reticolo idrico*" legata alla presenza del ramo Nord del Rio Miola nella quale sono da recepire le fasce di rispetto dallo "*Studio per l'individuazione del reticolo idrico del territorio comunale*" del Maggio 2015 e al cui interno si applicano le Norme Tecniche di Attuazione del Reticolo Idraulico del territorio comunale allegate allo studio citato.

6. ANALISI DEI VINCOLI

I vincoli di tipo geologico, idrogeologico e di difesa del suolo insistenti nell'area oggetto dell'intervento, ovvero le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore, sono i seguenti:

- VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO ai sensi della l. 183/89 e del PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI che dà attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE;
- VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA DISPOSTI DALL'ART. 96, LETTERA F DEL R.D. 25 LUGLIO 1904 N.523;
- AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE (aree di tutela assoluta e di rispetto dei pozzi allo scopo idropotabile, ai sensi del D.LGS. 152/2006, art. 94 comma 4).

Dall'analisi della Carta dei Vicoli del Comune di Cologne (FIG. 17) si evince che l'area di intervento non risulta ricompresa in ambiti legati alla presenza di vincoli territoriali di cui sopra.

In relazione all'adiacenza verso Ovest del perimetro dell'area del Campo Sportivo di Cologne con l'area a "CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA 3 – *fattibilità con consistenti limitazioni*" – Sottoclasse 3f – "*Fascia di rispetto del reticolo idrico*" legata alla presenza del ramo Nord del Rio Miola, localmente intubato, e relativa fascia di rispetto.

Nel seguito si riporta la definizione della relativa fascia di rispetto a stralcio dallo "*Studio per l'individuazione del reticolo idrico del territorio comunale*" del Maggio 2015 "...una fascia di tutela univoca di 2,5 m a tutti i CANALI INTUBATI, misurata partendo dalla mezzzeria del canale in modo che l'area vincolata su entrambe le sponde sia di 5 m complessivi. In corrispondenza delle fasce di tutela indicate, indipendentemente dell'Ente competente alla

polizia idraulica, l'Amministrazione Comunale ha il compito di controllare che non vengano esercitate attività vietate o prive di autorizzazione. Suddette fasce di rispetto sono riportate nella Tavola 2, così come gli Enti competenti alla polizia idraulica.”.

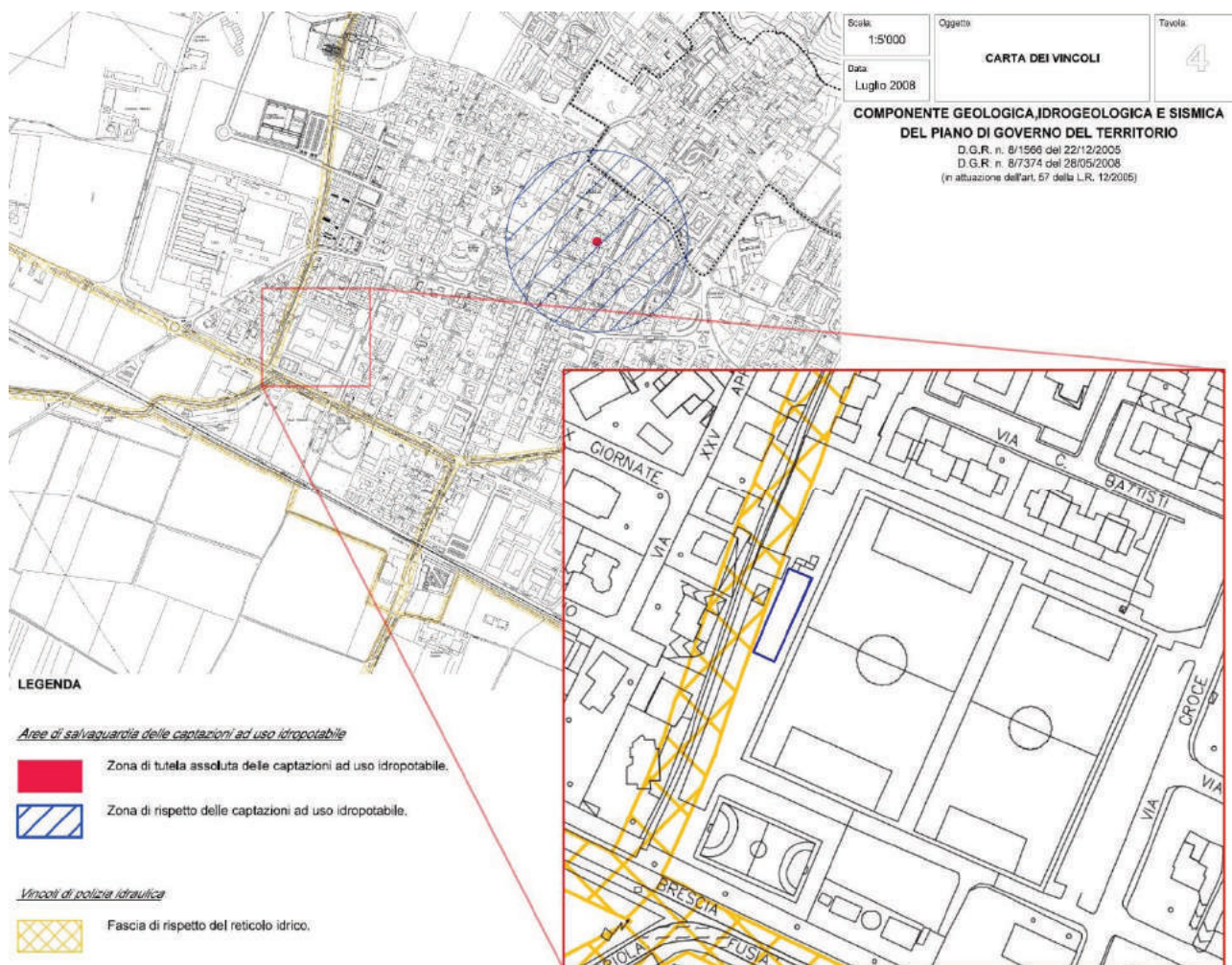


FIG. 17 - STRALCIO DELLA CARTA DEI VINCOLI DEL PGT DI COLOGNE. IN BLU, IL PERIMETRO DELL'EDIFICIO DEL CAMPO SPORTIVO.

7. ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

7.1. CLASSIFICAZIONE MACROSISMICA NAZIONALE

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) n°3274 del 20 Marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e dell'aggiornamento introdotto con l'OPCM n° 3519 del 28 Aprile 2006 "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*", sono state individuate le zone sismiche del territorio nazionale e fornite le specifiche tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse.

Ai sensi della citata normativa nazionale ed ai sensi del D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129 "AGGIORNAMENTO DELLE ZONE SISMICHE IN REGIONE LOMBARDIA" in vigore dal 16.04.2016 il territorio comunale di Cologne è classificato in ZONA SISMICA 3, corrispondente ad accelerazione di picco su terreno rigido $0.05 \text{ g} < a_g \leq 0.150 \text{ g}$ (ai sensi del OPCM 3519/06). Nel dettaglio, la mappa di pericolosità sismica a scala nazionale classifica l'area con $0.125 \text{ g} < a_g \leq 0.150 \text{ g}$ (FIG. 18).

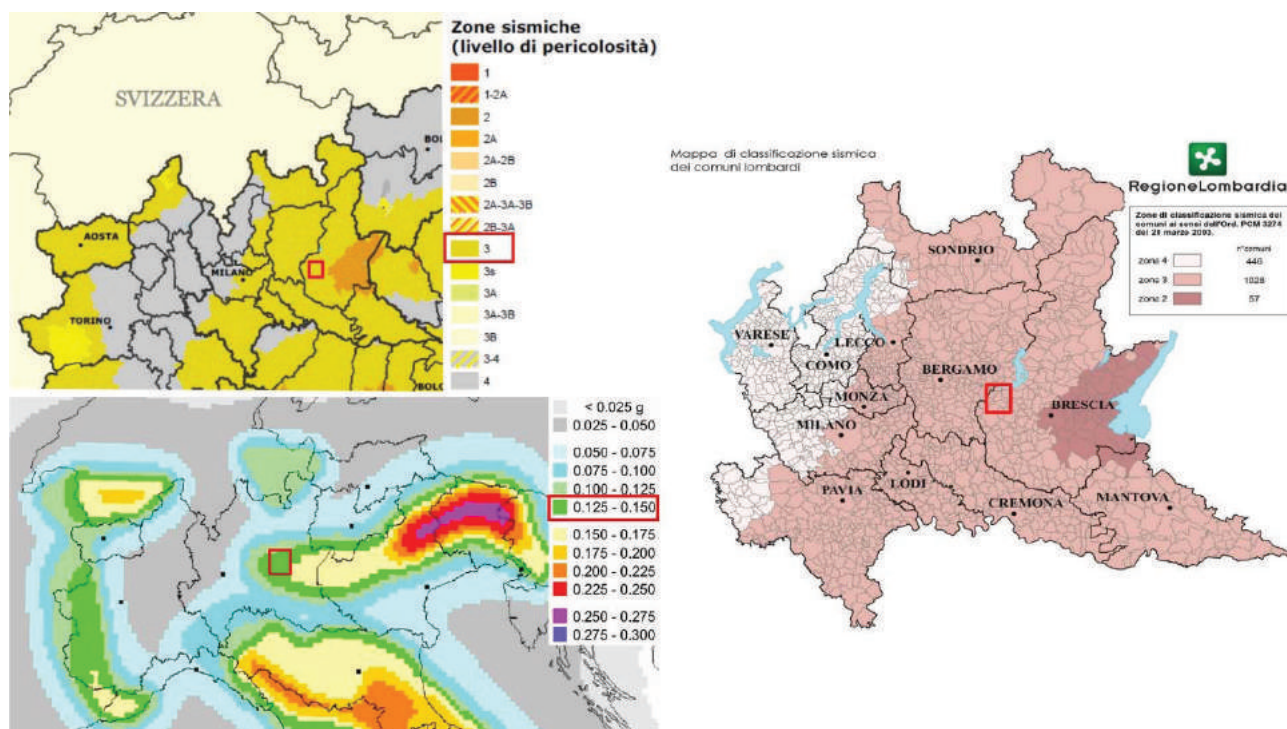


FIG. 18 – IN ALTO A SINISTRA: MACROZONAZIONE SISMICA DEL NAZIONALE (OPCM 3519/06). – IN BASSO A SINISTRA: MAPPA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA NAZIONALE – A DESTRA: NUOVA CLASSIFICAZIONE DEI COMUNI DI REGIONE LOMBARDIA AI SENSI DELLA DGR X/2129. IN ROSSO, L'AREA IN ESAME.

7.2. ASPETTI SISMICI DELL'AREA DI INTERVENTO

7.2.1. I LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il moto del terreno generato da un sisma dipende dalle condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche/stratigrafiche dei terreni e degli ammassi rocciosi e dalle loro proprietà meccaniche che possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità di base producendo effetti locali.

Ai sensi della DRG IX/2616, il PGT del Comune di Cologne è dotato della Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) nella quale è riportata la perimetrazione dei diversi scenari tra le possibilità previste dall'ALLEGATO 5 alla D.G.R. IX/2616 del 30.11.2011 e dipendenti dalle caratteristiche del territorio nei termini di effetti dovuti ad instabilità e amplificazione di sito.

Dall'analisi della carta di PSL del Comune di Cologne (FIG. 19) si evince che l'area oggetto dell'intervento è classificata in ZONA Z4A "ZONE DI PIANURA CON DEPOSITI ALLUVIONALI/FLUVIOGLACIALI GRANULARI E/O COESIVI", ovvero zona suscettibile di "AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE E GEOMETRICHE".

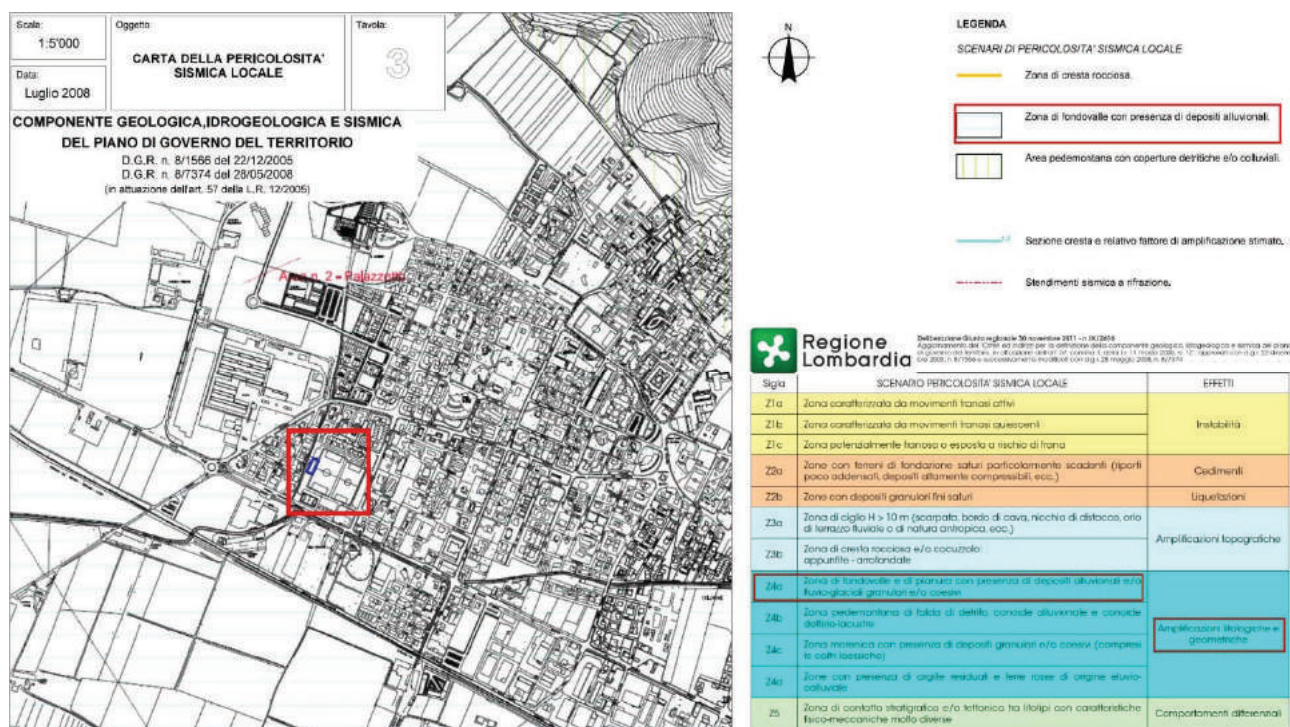


FIG. 19 - STRALCIO DELLA CARTA PSL DEL PGT DI COLOGNE. IN ROSSO, L'AREA IN ESAME.

7.2.2. II LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Si rimanda alla "RELAZIONE GEOTECNICA" redatta dalla Scrivente ed emessa contestuale alla presente.

8. CONCLUSIONI

La scrivente GEOLOGICA - STUDIO GEOLOGICO DOTTOR DIEGO SERVIDA, con sede a Cassina de' Pecchi, via Roma 18, è stata incaricata dal COMUNE DI COLOGNE determinazione n. 134 del 26/03/2018 (cfr. ALLEGATO 1) della redazione della RELAZIONE GEOLOGICA ai sensi delle normative vigenti (D.M. 17 gennaio 2018 "NTC 2018" e D.G.R. IX/2616) a supporto del progetto di "*verifica di vulnerabilità sismica e di redazione progetto di adeguamento antincendio ed elettrico del campo sportivo*", in particolare dell'edificio della tribuna e degli spogliatoi del Campo Sportivo di Cologne (BS) classificabile ai sensi delle NTC 2018 in Classe d'uso III, ovvero costruzione "*il cui uso preveda affollamenti significativi*".

Dal punto di vista geologico e geomorfologico, l'area oggetto dell'intervento si colloca ad una quota di circa 177.9 m s.l.m., nel contesto della vasta pianura fluvioglaciale del Pleistocene Medio-Superiore che costituisce il locale "*Livello Fondamentale della Pianura*" (Auct.) dell'Alta Pianura Bresciana a morfologia sub-pianeggiante o leggermente convessa e degradante verso Sud, con pendenza compresa tra il 5-10%.

L'area è caratterizzata:

- in superficie, dall'affioramento dell'unità geologica **fg^{w2}** corrispondente alle "*Alluvioni fluvioglaciali sabbiose e ghiaiose, per lo più non alterare, corrispondente al Livello Fondamentale della Pianura*" (Foglio N° 46 "TREVIGLIO" della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA) che ospita i depositi fluvioglaciali, costituiti prevalentemente da ghiaia con sabbia e ciottoli che provengono dallo smantellamento delle cerchie moreniche ad opera degli scaricatori glaciali del ghiacciaio Sebino, e suoli molto profondi (150 cm);
- in profondità, dall'alto al basso stratigrafico e fino a 100 m p.c. circa:
 - LITOZONA "GHIAIOSO-SABBIOSA": costituita alternanze di litologie ghiaiose e ghiaioso-sabbiose con, a partire da 15 metri dal p.c., livelli conglomeratici che intorno a 30 m passano a conglomerati compatti o fessurati.

Dal punto di vista idrogeologico, l'area oggetto dell'intervento è caratterizzata da:

- l'*Acquifero Tradizionale*, ospitato all'interno dei sedimenti della LITOZONA "GHIAIOSO-SABBIOSA" la quale è sede, a scala regionale, di un acquifero monostrato delimitato inferiormente dai depositi impermeabili argillosi tipici dell'*Acquifero Profondo*;
- soggiacenza della falda libera superficiale indicativamente a 50 m p.c. circa;

- direzione di deflusso delle acque sotterranee di prima falda da NW verso SE.

Dal punto di vista sismico, l'area oggetto dell'intervento:

- ricade in ZONA SISMICA 3 nell'ambito della classificazione macrosismica nazionale, corrispondente ad accelerazione di picco su terreno rigido $0.125 \text{ g} < a_g \leq 0.150 \text{ g}$, ai sensi della D.G.R. n. X/2129 del 11.07.2014 "*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia*";
- ricade in ZONA 4A "*zone di pianura con depositi alluvionali/fluvioglaciali granulari e/o coesivi*" (ai sensi dall'ALLEGATO 5 alla D.G.R. IX/2616 del 30.11.2011) nell'ambito della classificazione di Pericolosità Sismica Locale del territorio del Comune di Cologne, ovvero zona suscettibile di "AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE E GEOMETRICHE";
- considerate la composizione granulometrica del terreno di fondazione (prevalentemente ghiaioso-sabbiosa) e la profondità media della falda più superficiale (50 m da p.c.), non presenta i fattori predisponenti al rischio da liquefazione dei terreni ai sensi delle indicazioni delle NTC 2018 (punto §7.11.3.4.2);
- in relazione alla classificazione in Zona sismica 3 e alla classificazione di Classe d'uso III, ricade in una zona in cui devono essere verificati i Fattori di Amplificazioni locali ai sensi dall'ALLEGATO 5 alla D.G.R. IX/2616 del 30.11.2011 per il cui computo si rimanda alla "RELAZIONE GEOTECNICA" a cura della Scrivente e contestuale alla presente.

Dal punto di vista dei vincoli ambientali, l'area oggetto dell'intervento:

- non risulta ricompresa in ambiti legati alla pericolosità idrogeologica, ovvero a vincoli derivanti dal PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI che dà attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE;
- non risulta ricompresa in ambiti legati alle aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile (aree di tutela assoluta e di rispetto dei pozzi allo scopo idropotabile, ai sensi del D.LGS. 152/2006, art. 94 comma 4);
- nella porzione Ovest risulta adiacente, pur non essendo ricompresa, alla "*Fascia di rispetto del reticolo idrico*" legata alla presenza del ramo Nord del Rio Miola, localmente intubato, e relativa fascia di rispetto

ai sensi dei VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA DISPOSTI DALL'ART. 96, LETTERA F DEL R.D. 25 LUGLIO 1904 N. 523.

Dal punto di vista della fattibilità geologica l'area oggetto dell'intervento è ricompresa nella "CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA 1 - *fattibilità senza particolari limitazioni*", di cui si riporta lo stralcio delle Norme Geologiche di Piano relativamente alle opere ed interventi in fase sia pianificatoria che di progettazione da attuarsi in tale contesto: "*Aree pianeggianti nelle quali le caratteristiche geotecniche dei terreni sono buone e la falda idrica non interferisce con il suolo ed il primo sottosuolo (profondità > 40 m). Non si evidenziano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. In tali aree va direttamente applicato quanto prescritto dal D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni".*"

CASSINA DE' PECCHI, 18/04/2018

DOTT. GEOL. DIEGO SERVIDA



ALLEGATO 1

DETERMINAZIONE N. 134 DEL 26/03/2018 DEL COMUNE DI COLOGNE



COMUNE DI COLOGNE

PROVINCIA DI BRESCIA

DETERMINAZIONE N. 134 DEL 26/03/2018

ORIGINALE

Oggetto : AFFIDAMENTO SERVIZIO TECNICO DI VERIFICA DI VULNERABILITÀ SISMICA E DI REDAZIONE PROGETTO DI ADEGUAMENTO ANTINCENDIO ED ELETTRICO DEL CAMPO SPORTIVO A R.T.P. CIG. ZB322CA77E

IL RESPONSABILE DELL'AREA

VISTA la delibera di Consiglio Comunale n. 19 del 24.02.2018, esecutiva, con la quale è stato approvato il Bilancio pluriennale 2018/2020;

VISTA la delibera di Giunta Comunale n. 67 del 08.03.2018, esecutiva, con la quale è stato approvato il P.E.G. del 2016;

VISTO che con atto n. 267 del 11.01.2016 il Sindaco di Cologne ha nominato la sottoscritta Responsabile dell'area tecnica di questo Comune ai sensi e per gli effetti dell'art. 109, comma 2, del T.U. approvato con D. Lgs. 18.08.2000 n. 267;

ATTESA la necessità di effettuare la verifica di vulnerabilità sismica e di redigere il progetto di adeguamento antincendio ed elettrico del campo sportivo di via Croce siano a norma;

TENUTO CONTO che, a seguito di valutazione delle risorse in dotazione all'Ufficio Tecnico Comunale, il Comune non dispone di professionalità specifiche per le prestazioni sopra indicate e che il responsabile del procedimento ha stimato l'importo totale della prestazione sopra citata, ai sensi del DM 17/06/2016, in **€ 26.200,00** oltre Contributo Cassa ed IVA 22%;

RICORDATO che ricorre l'obbligo di qualificazione delle stazioni appaltanti così come stabilito dall'art. 38 del D. Lgs. 50/2016 e che, ai sensi dell'art. 216 comma 10 del medesimo D. Lgs. 50/2016 fino all'entrata in vigore del sistema di qualificazione delle stazioni appaltanti, il possesso dei requisiti è soddisfatto mediante iscrizione all'Anagrafe Unica delle Stazioni Appaltanti (AUSA) istituita presso ANAC (ex AVCP);

PRESO ATTO che il Comune di Cologne risulta iscritto all'AUSA con codice 0000193978;

RICHIAMATI:

- il **Decreto Legislativo 18 aprile 2016 numero 50** e rettifica pubblicata in G.U. n. 164 del 15 luglio 2016 "Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture" ed in particolare:

- l'art. 37 che conferma gli obblighi di ricorso agli strumenti di acquisto telematici, previsti dalle disposizioni in materia di contenimento della spesa rinvenibili nelle seguenti norme: articolo 26 co. 3 della legge 488/1999, i commi 510, 512 e 516 della legge 208/2015, il comma 7 dell'articolo 1 del D.L. 95/2012 e il comma 450 della legge 296/2006 (modificato dalla legge 94/2012 di conversione del DL 52/2012 e dalla legge 208/2015);

- l'art. 36, in materia di Contratti sotto soglia:

"1. L'affidamento e l'esecuzione di lavori, servizi e forniture di importo inferiore alle soglie di cui all'articolo 35 avvengono nel rispetto dei principi di cui all'articolo 30, comma 1, nonché nel rispetto del principio di rotazione e in modo da assicurare l'effettiva possibilità di partecipazione delle microimprese, piccole e medie imprese.

2. Fermo restando quanto previsto dagli articoli 37 e 38 e salva la possibilità di ricorrere alle procedure ordinarie, le stazioni appaltanti procedono all'affidamento di lavori, servizi e forniture di importo inferiore alle soglie di cui all'articolo 35, secondo le seguenti modalità:

a) per affidamenti di importo inferiore a 40.000 euro, mediante affidamento diretto, adeguatamente motivato o per i lavori in amministrazione diretta";

- l'art. 95 "Criteri di aggiudicazione dell'Appalto", comma 3, lettera b), ove può essere utilizzato il criterio del minor prezzo per l'affidamento dei servizi di ingegneria e architettura e degli altri servizi di natura tecnica e intellettuale di importo superiore a 40.000 euro;

- **le Linee guida attuative del Nuovo Codice dei Contratti** – Documento di consultazione con le quali l'ANAC ha avviato la consultazione, conclusa il 16 maggio 2016 e finalizzata alla definizione degli aspetti di dettaglio della disciplina applicabile agli affidamenti di importo inferiore alla soglia di rilievo europeo e la successiva **Deliberazione del 28.06.2016** che ha fornito le seguenti indicazioni in ordine agli affidamenti diretti;

- **Le Linee guida attuative del Nuovo Codice dei Contratti – Deliberazione n. n. 973 del 14 settembre 2016**, recanti "Indirizzi generali sull'affidamento dei servizi attinenti l'architettura e l'ingegneria";

CONSIDERATO pertanto necessario, nel rispetto dell'art. 36, comma 2, lettera a), del D. Lgs 18 aprile 2016 n. 50 e dell'art. 3 della legge 241/1990 e s.m.i, quale principio di ordine generale dall'azione amministrativa, dare conto della motivazione del perché si ritiene opportuno nel caso di specie procedere mediante un affidamento diretto secondo quanto segue:

- **per parte di motivazione in diritto:**

1) il servizio in oggetto rientra nei dettami di cui all'art. 36, comma 2, lettera a), del D. Lgs 18 aprile 2016 n. 50, essendo il valore dell'affidamento inferiore a 40.000,00 euro e pertanto possibile l'affidamento diretto, ritenendo nella fattispecie l'affidamento previsto per i contratti sotto soglia, in termini di tempestività ed efficacia, idonea alternativa alle procedure ordinarie alla luce peraltro delle tempistiche necessarie all'avvio dei lavori in ragione del possibile utilizzo delle somme di cui al DPCM del 27/04/2016;

- **per parte di motivazione in fatto:**

1) così operando, questa pubblica amministrazione intende avvalersi di questo strumento di affidamento previsto per legge per garantire un affidamento indubbiamente più celere ed in forma semplificata per ottenere conseguentemente una riduzione dei tempi procedurali e quindi anche della realizzazione del servizio/fornitura oggetto di affidamento;

RICHIAMATO l'articolo 192 del TUEL, il quale dispone che prima dell'avvio delle procedure di affidamento dei contratti pubblici, le amministrazioni aggiudicatrici decretano o determinano di contrarre, in conformità ai propri ordinamenti, individuando gli elementi essenziali del contratto e i criteri di selezione degli operatori economici e delle offerte;

PRECISATO quindi che:

- il fine che si intende perseguire è la sicurezza del centro sportivo;
l'oggetto della prestazione è l'incarico per la verifica di vulnerabilità sismica e di redigere il progetto di adeguamento antincendio ed elettrico del campo sportivo di via Croce;
- la forma del contratto: ai sensi dell'art. 32 comma 14 del D. Lgs 50/2016, la stipula del contratto per gli affidamenti di importo non superiore ad € 40.000,00 avviene mediante corrispondenza secondo l'uso del commercio;
- la modalità di scelta del contraente mediante affidamento diretto ai sensi del D.lgs 50/2016. per importi inferiori a €. 40.000,00 tramite sistema telematico;

- il pagamento sarà effettuato nel termine di 60 (sessanta) giorni dalla data di emissione della fattura elettronica;

RITENUTO di:

- procedere all'affidamento diretto del suddetto incarico professionale tramite la piattaforma telematica denominata SinTel messa a disposizione da ARCA di regione Lombardia all'ing. Bianchi Francesco, che risulta iscritta all'albo fornitori del Comune di Cologne istituito presso SinTel;
- in data 15/03/2018 è stata pubblicata sul portale SinTel la procedura ID 95277577 per l'affidamento dell'incarico in oggetto;

CONSIDERATO che alla data di scadenza della procedura, prevista per il giorno 19/03/2018, è pervenuta l'offerta dell'**ing. Bianchi Francesco** con un ribasso del 0%, per un importo offerto pari a €. 26.200,00, contributo cassa ed Iva al 22% escluse il quale ha dichiarato di voler partecipare in **R.T.P.** (Raggruppamento Temporaneo di Prestatori di servizi) con i seguenti professionisti:

- **Ing. Masserdotti Alberto**
- **Geologo Servida Diego**
- **Ing. Faustini Francesco**
- **Ing. Campanelli Matteo**;

VISTO l'atto costitutivo di raggruppamento temporaneo di scopo fra professionisti e mandato collettivo speciale con rappresentanza, acquisito in data 21.03.2018 prot. 4681;

VISTO il documento di regolarità contributiva dei suddetti professionisti;

DATO ATTO CHE è stato preventivamente acquisito il visto di regolarità contabile attestante la copertura finanziaria ai sensi e per gli effetti dell'art. 151, comma 4, del T.U. approvato con D.Lgs. N. 267 del 18 Agosto 2000 riportato in calce al presente provvedimento;

VISTA la normativa vigente in materia:

DETERMINA

1.Di affidare direttamente ai sensi dall'art. 36 comma 2 lettera a) del D. Lgs. 50/16 per la verifica di vulnerabilità sismica e di redigere il progetto di adeguamento antincendio ed elettrico del campo sportivo di via Croce al Raggruppamento Temporaneo di Prestatori di servizi composto da ing. Bianchi Francesco (codice fornitore 3541) CF BNCFNC85H09C618O con sede a Brescia Via Prima 21 quartiere Abba, Ing. Masserdotti Alberto (codice fornitore 100074) CF MSSLRT85B10B157F con sede a Nave Via Brolo 111, Geologo Servida Diego (codice fornitore 100076) CF SRVDGI80B18F205X con sede a Milano Via Roma 18, ing. Faustini Francesco (codice fornitore 100075) CF FSTFNC60L16G869D con sede a Pontoglio Via Civate 24, ing. Campanelli Matteo (codice fornitore 100073) CF CMPMTT85H27D940Y con sede a Nuvolera Via Vicolo Bonfadini 6 per l'importo complessivo di € 33.242,56 (oneri fiscali inclusi):

2.Di impegnare l'onere complessivo per il servizio di cui trattasi di **€ 33.242,56 al cap. 254** con dizione: **“studi, progettazione, direzione lavori e collaudo”** del Bilancio di previsione del corrente esercizio 2018, su cui esiste idonea copertura, come segue in base all'atto costitutivo di raggruppamento temporaneo di scopo fra professionisti e mandato collettivo speciale con rappresentanza, acquisito in data 21.03.2018 prot. 4681:

Anno di imputazione	Missione Programma Titolo Macro aggregato	Codice Piano Finanziario	Capitolo	CIG	Importo	Codice fornitore
2018	01.06.1.03	U.1.03.02.11.999	254	ZB322CA77E	€ 8.417,02	3541
2018	01.06.1.03	U.1.03.02.11.999	254	ZB322CA77E	€ 6.575,38	100073
2018	01.06.1.03	U.1.03.02.11.999	254	ZB322CA77E	€ 6.575,38	100074
2018	01.06.1.03	U.1.03.02.11.999	254	ZB322CA77E	€ 9.517,34	100075
2018	01.06.1.03	U.1.03.02.11.999	254	ZB322CA77E	€ 2.157,44	100076

3. di dare atto che, ai sensi dell'art. 183 comma 8 del D.Lgs. n. 67/2000, la sottoscritta ha accertato preventivamente che il programma dei conseguenti pagamenti relativi all'impegno di spesa che si assume con il presente atto, è compatibile con i relativi stanziamenti di bilancio e con le regole di finanza pubblica come, per altro, accertato dal Responsabile dell'area contabile con l'apposizione sul presente atto del visto di regolarità.

Il Responsabile di Procedimento

Il Responsabile Area Tecnico Manutentiva

Raineri Arch. Monica

Ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 151 comma 4° del T.U. approvato con D.Lgs n. 267 del 18 agosto 2000 si appone il visto di regolarità contabile attestante la copertura finanziaria.

Il Responsabile Area Economico
Finanziaria
Plebani Rag. Simonetta

Art. 191 del T.U. approvato con D.Lgs. n. 267 del 18 Agosto 2000

Si attesta che l'impegno contabile è stato registrato:

Anno	Capitolo E\U	Impegno\Accertamento	Importo
2018	01061.03.0254	480723	8.417,02
2018	01061.03.0254	480724	6.575,38
2018	01061.03.0254	480725	6.575,38
2018	01061.03.0254	480726	9.517,34
2018	01061.03.0254	480727	2.157,44

Li, 26/03/2018

Il Responsabile Area Economico Finanziaria
Plebani Rag. Simonetta

ALLEGATO 2

STRALCIO DELLA MAPPA CATASTALE



RELAZIONE GEOTECNICA

(AI SENSI DEL D.M. 17-01-2018 E D.G.R. IX/2616 DEL 30.11.2011)



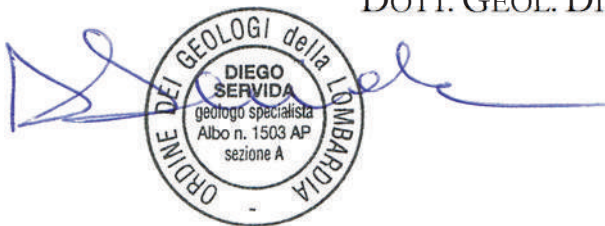
SITO: CAMPO SPORTIVO, VIA DELLA CROCE 77, COLOGNE (BS)

COMMITTENTE: COMUNE DI COLOGNE

REDATTO DA: DOTT. MAURO MELE, PhD

CASSINA DE' PECCHI, 18/04/2018

DOTT. GEOL. DIEGO SERVIDA, PhD



INDICE

1. PREMESSA	1
1.1. OBIETTIVI	2
1.2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	2
1.3. DOCUMENTAZIONI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO	3
2. INQUADRAMENTO DEL SITO	4
2.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TERRITORIALE.....	5
2.2.1. SINTESI DEI CARATTERI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI.....	5
2.2.2. SINTESI DEI VINCOLI E DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA.....	6
3. CARATTERISTICHE DELL'OPERA E INDAGINI EFFETTUATE.....	7
4. INDAGINI E PROVE ESEGUITE.....	10
4.1. COMPONENTE SISMICA.....	10
4.1.1. PROSPEZIONE HVSR.....	10
4.1.2. PROSPEZIONE MASW	14
4.2. COMPONENTE GEOTECNICA	17
4.2.1. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (SCPT)	17
4.2.2. RISULTATI DELLE PROVE	18
5. ANALISI DELLA COMPONENTE SISMICA.....	19
5.1. CLASSIFICAZIONE MACROSISMICA NAZIONALE	19
5.2. ASPETTI SISMICI LOCALI (NORMATIVA REGIONE LOMBARDIA)	20
5.2.1. I° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	20
5.2.2. II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	21
5.2.3. ESCLUSIONE DEL RISCHIO LIQUEFAZIONE DEI TERRENI	24
5.3. AZIONE SISMICA DI PROGETTO (PROCEDURA SEMPLIFICATA NTC 2018)	25
5.3.1. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	26
5.3.2. STIMA DEI PARAMETRI SISMICI E STATI LIMITE	28
6. ANALISI DELLA COMPONENTE GEOTECNICA.....	31
6.1. MODELLO LITO-TECNICO DEL TERRENO.....	31
7. CONCLUSIONI.....	35

ALLEGATI

ALLEGATO 1: DETERMINAZIONE N. 134 DEL 26/03/2018 DEL COMUNE DI COLOGNE

ALLEGATO 2: STRALCIO DELLA MAPPA CATASTALE

ALLEGATO 3: REPORT FOTOGRAFICO DELLE ATTIVITÀ

ALLEGATO 4A: DATI HVSR

ALLEGATO 4B: DATI MASW

ALLEGATO 5: GRAFICI DELLE PROVE SCPT

ALLEGATO 6: PARAMETRI DELLO SPETTRO DI RISPOSTA VERTICALE E ORIZZONTALE AGLI STATI LIMITE

ALLEGATO 7: PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI

INDICE DELLE FIGURE

- FIG. 1 – UBICAZIONE DEL SITO OGGETTO DI ASSEVERAZIONE
FIG. 2 – STRALCIO DELLE TAVOLE C5D5 E C5E5 (SCALA 1:10.000)
FIG. 3 – PLANIMETRIA DEL COMPLESSO DEL CAMPO SPORTIVO
FIG. 4 – UBICAZIONE DELLE PROVE GEOTECNICHE E SISMICHE
FIG. 5 – PASI GEA24 CON GEOFONO 3DLG
FIG. 6 – SEQUENZA DI DATA-PROCESSING HVSR
FIG. 7 – RAPPORTO SPETTRALE H/V MEDIO E CURVA TEORICA CALCOLATA PER IL MODELLO 1-D, CONFRONTO CON I PARAMETRI STABILITI DAL SESAME EUROPEAN PROJECT
FIG. 8 – PROFILO VERTICALE DELLA VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO Vs OTTENUTO DALLA PROVA HVSR
FIG. 9 – SEQUENZA DI DATA-PROCESSING MASW
FIG. 10 – SPETTRO VELOCITÀ DI FASE VS. FREQUENZA OTTENUTO DALLA PROVA MASW, CURVA DI DISPERSIONE PER IL MODO FONDAMENTALE PICCATO E CURVA DI DISPERSIONE PER IL MODELLO MEDIO E PER IL MODELLO BEST-FIT.
FIG. 11 – PROFILO VERTICALE DELLA VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO Vs OTTENUTO DALLA PROVA MASW
FIG. 12 – DPSH PAGANI MOD. TG63-100
FIG. 13 – DATI DELLE PROVE SCPT
FIG. 14 – MACROZONAZIONE SISMICA DEL NAZIONALE (OPCM 3519/06), MAPPA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA NAZIONALE E NUOVA CLASSIFICAZIONE DEI COMUNI DI REGIONE LOMBARDIA AI SENSI DELLA DGR X/2129
FIG. 15 – STRALCIO DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE DEL PGT DI COLOGNE
FIG. 16 – CONFRONTO TRA IL PROFILO DI VELOCITÀ DELLE ONDE Vs OTTENUTO PRESSO IL SITO E LE CURVE INDICATE DALL'ALL. 5 ALLA DGR N. 2616/2011
FIG. 17 – MODELLO LITO-TECNICO DEFINITO ATTRAVERSO LE PROVE SCPT
FIG. 18 – STRALCIO DEL PROGETTO DELLE FONDAZIONI DELLE TRIBUNE

INDICE DELLE TABELLE

- TAB. 1 – PARAMETRI RELATIVI ALL'OPERA IN PROGETTO AI SENSI DELLE NTC 2018
TAB. 2 – VALORI SOGLIA RELATIVI AGLI INTERVALLI DI PERIODO 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s PER IL COMUNE DI COLOGNE
TAB. 3 – VALORI DI F_a CALCOLATI AI SENSI DELLA DGR IX/2616
TAB. 4 – CLASSIFICAZIONE SISMICA IN FUNZIONE DEL PARAMETRO V_{sEQ}/V_{s30} (NTC2018)
TAB. 5 – CONFRONTO DEI VALORI DI V_{sEQ} OTTENUTI DALLE PROVE SISMICHE EFFETTUATE
TAB. 6 – TABELLA C.3.2.I. DA CIRCOLARE 617/2009 - VALORI DI T_R ESPRESSI IN FUNZIONE DI V_R
TAB. 7 – PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE (a_g , F_o , T_c^*) RIFERITI AI PERIODI DI RITORNO T_R PER GLI STATI LIMITE SLE E SLU E COEFFICIENTI SISMICI STIMATI
TAB. 8 – DATI DELLE PROVE SCPT E MODELLO LITO-TECNICO DI RIFERIMENTO
TAB. 9 – VALORI DI CAPACITÀ PORTANTE (Q_{lim}) E CAPACITÀ PORTANTE AMMISSIBILE (Q_{amm}) DEL TERRENO
TAB. 10 – STIMA DEI CEDIMENTI IMMEDIATI E A LUNGO TERMINE (IN MM) CALCOLATI PER TRE CARICHI IPOTETICI

1. PREMESSA

La scrivente GEOLOGICA - STUDIO GEOLOGICO DOTTOR DIEGO SERVIDA, con sede a Cassina de' Pecchi, via Roma 18, è stata incaricata dal COMUNE DI COLOGNE determinazione n. 134 del 26/03/2018 (cfr. ALLEGATO 1) della redazione della RELAZIONE GEOTECNICA ai sensi delle normative vigenti (D.M. 17 gennaio 2018 "NTC 2018" e D.G.R. IX/2616) a supporto del progetto di "*verifica di vulnerabilità sismica e di redazione progetto di adeguamento antincendio ed elettrico del campo sportivo*", in particolare degli edifici del complesso del Campo Sportivo di Cologne (BS) (palestra e spogliatoio, locale uffici e tribuna; FIG. 1 e 2), affidato al RTP (Raggruppamento Temporaneo di Prestatori dei servizi), composto dall' Ing. Francesco Bianchi, Ing. Alberto Masserdotti, Ing. Francesco Faustini e Dott. Geol. Diego Servida.



FIG. 1 - UBICAZIONE DEL SITO OGGETTO DI ASSEVERAZIONE. IN GIALLO L'EDIFICIO DEL CAMPO SPORTIVO.

Ai sensi del § 6.1., § 6.2., § 6.2.1. e § 6.2.2. delle NTC 2018, la presente costituisce la sintesi dei caratteri geologici, geotecnici e sismici dei terreni presenti nel sito in esame e necessaria alla progettazione sito-specifica. Tale sintesi costituisce ai sensi delle NTC il "*Modello Geotecnico di riferimento*", ovvero uno schema rappresentativo della parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione e/o dalla presenza del manufatto e che influenza il manufatto stesso (volume significativo di terreno).

Per la componente geotecnica e sismica si rimanda alla "RELAZIONE GEOLOGICA" a cura della Scrivente e contestuale alla presente.

1.1. OBIETTIVI

Nello specifico, il presente documento fornisce:

- la definizione del *Modello Geotecnico* di riferimento sul volume significativo necessario alla progettazione (ai sensi del PAR. §6.2.1. e §6.2.2. delle NTC 2018), comprendente la suddivisione in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico ed i relativi valori caratteristici delle proprietà geotecniche e per il quale è stata condotta apposita campagna di indagine;
- la descrizione dei risultati delle prove e delle indagini geotecniche e sismiche effettuate al fine della documentata caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni e delle rocce;
- la definizione del Modello Sismico del sottosuolo, ovvero della categoria sismica del suolo di fondazione, e fornire la stima dell'accelerazione orizzontale massima del terreno a_{MAX} e dei coefficienti sismici di accelerazione orizzontale K_H e verticale K_V ai sensi delle NTC 2018;
- la valutazione della pericolosità sismica locale del sito e dei necessari approfondimenti di Risposta Sismica Locale per il calcolo delle azioni sismiche di progetto in relazione alla categoria di sottosuolo, alla classe di pericolosità sismica ed alle condizioni predisponenti per la suscettibilità a liquefazione dei terreni ai sensi delle NTC 2018 e della D.G.R. n. IX/2616 del 30.11.2011.

1.2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Le indagini e i calcoli geotecnici e sismici sono stati eseguiti in accordo con la seguente normativa:

- D.M. 17 gennaio 2018 “NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI” (NTC 2018);
- Istruzioni per l'applicazione delle “NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI” (NTC 2008) di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 Febbraio 2009, n° 617. Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- O.P.C.M. n° 3274 (2003) - "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" e Rapporto Conclusivo della Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, aprile 2004;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28 Aprile 2006 "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*";
- D.G.R. n. IX/2616 del 30.11.2011 "*Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente*

geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n. VIII/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n. VIII /7374";

- D.G.R. n. X/2129 del 11.07.2014 *"Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia"*;
- D.G.R. n. X/5001 del 30.03.2016 *"Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)"*;
- EUROCODICE 8 (1998) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003); EUROCODICE 7.1 (1997) Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali – UNI; EUROCODICE 7.3 (2002), Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito(2002) – UNI;
- D. LGS. 152/06, recante "NORME IN MATERIA AMBIENTALE" e s.m.i..

1.3. DOCUMENTAZIONI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Le fonti bibliografiche per la stesura della presente relazione sono di seguito elencate:

- *Webgis* del Geoportale della Regione Lombardia (www.geoportale.regione.lombardia.it);
- Gruppo di Lavoro (2004). *"Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica"* prevista dall'Ordinanza PCM del 20 marzo 2003, n°3274, All. 1. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile;
- Database Macrosismico Italiano 2015 DBMI15;
- *"Relazione geologica"* della COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA PER IL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO (D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005) del Comune di Cologne vigente;
- Relazione tecnica per l'*"Indagine geofisica di sismica a rifrazione – rapporto interpretativo"* associata alla *"RELAZIONE GEOLOGICA"* del PGT di Cologne;
- Relazione tecnica per lo *"Studio per l'individuazione del reticolo idrico del territorio comunale e regolamento per le attività di gestione e trasformazione del demanio idrico e del suolo in fregio ai corpi idrici"* Maggio 2015.

2. INQUADRAMENTO DEL SITO

2.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in cui insiste l'edificio del Campo Sportivo si trova nella porzione occidentale del territorio del comune di Cologne, il quale si colloca nel settore dell'alta pianura bresciana estesa tra il Fiume Mella e l'Oglio. Il sito ha coordinate UTM (fuso 32T) 572686.29 m E e 5047930.91 m N e coordinate geografiche 45.581108° N e 9.931690° E ed è censito nel Foglio catastale n° 12 – particella 113 del Catasto Fabbricati (*cfr.* ALLEGATO 2).

Il sito si colloca ad una quota di circa 177.9 m s.l.m., a Nord della SS537ed immediatamente a Sud della terminazione più occidentale del rilievo isolato del Mont'Orfano allineato NW-SE e che rappresenta il limite meridionale della zona occidentale della Franciacorta.

La locale superficie topografica è degradante verso Sud, con pendenza compresa tra il 5-10% e descrive, a scala del territorio comunale, una morfologia concava e radiale con apice nel settore di Palazzolo-Adro a Nord che nelle zona orientale del comune si rastrema con quote di circa 170 m slm al bordo della parte centrale del rilievo del Mont'Orfano

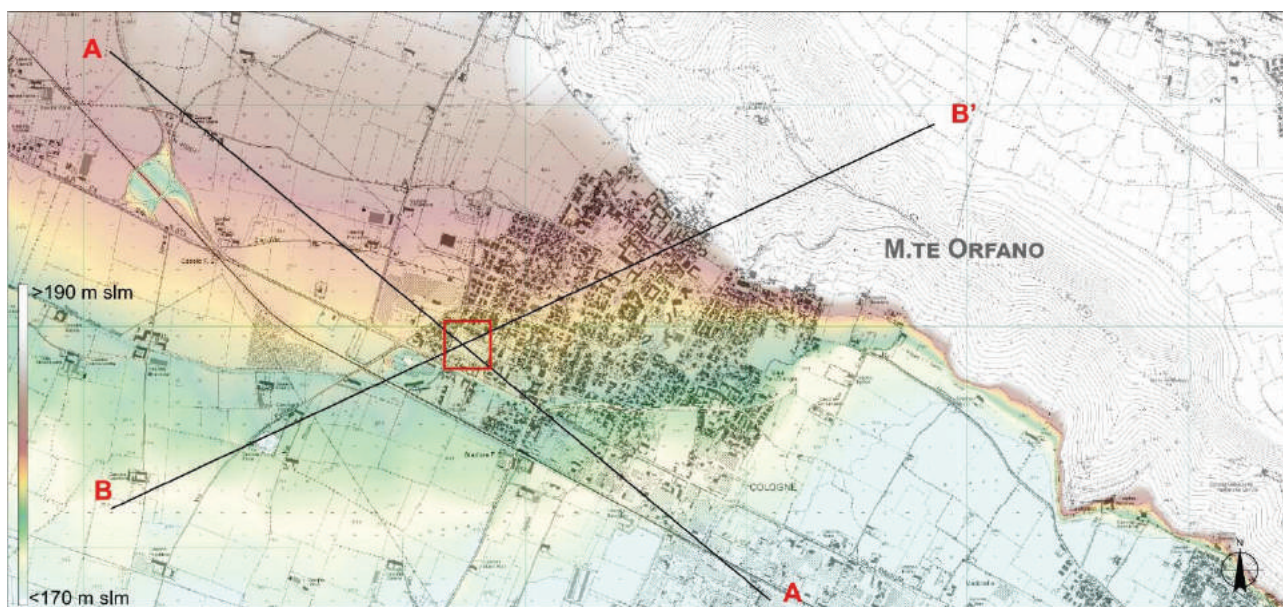


FIG. 2 - STRALCIO DELLE TAVOLE CTR C5D5 E C5E5 DELLA CARTA TECNICA REGIONALE (SCALA 1:10.000).

2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TERRITORIALE

In riferimento ai contenuti della "RELAZIONE GEOLOGICA", redatta contestualmente al presente documento, vengono di seguito riassunti i principali caratteri geologico-idrogeologici dell'ambito dell'area oggetto dell'intervento, propedeutici alla valutazione delle caratteristiche dei terreni di fondazione per le strutture in progetto.

Per la disamina più approfondita degli argomenti, si fa riferimento ai contenuti della "RELAZIONE GEOLOGICA" a cura della Scrivente.

2.2.1. SINTESI DEI CARATTERI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI

Dal punto di vista geologico e geomorfologico, l'area oggetto dell'intervento si colloca ad una quota di circa 177.9 m s.l.m., nel contesto della vasta pianura fluvioglaciale del Pleistocene Medio-Superiore che costituisce il locale "*Livello Fondamentale della Pianura*" (Auct.) dell'Alta Pianura Bresciana a morfologia sub-pianeggiante o leggermente convessa e degradante verso Sud, con pendenza compresa tra il 5-10%.

L'area è caratterizzata:

- in superficie, dall'affioramento dell'unità geologica **fg^{w2}** corrispondente alle "*Alluvioni fluvioglaciali sabbiose e ghiaiose, per lo più non alterate, corrispondente al Livello Fondamentale della Pianura*" (Foglio N° 46 "TREVIGLIO" della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA) che ospita i depositi fluvioglaciali, costituiti prevalentemente da ghiaia con sabbia e ciottoli che provengono dallo smantellamento delle cerchie moreniche ad opera degli scaricatori glaciali del ghiacciaio Sebino, e suoli molto profondi (150 cm);
- in profondità, dall'alto al basso stratigrafico e fino a 100 m p.c. circa:
 - LITOZONA "GHIAIOSO-SABBIOSA": costituita alternanze di litologie ghiaiose e ghiaioso-sabbiose con, a partire da 15 metri dal p.c., livelli conglomeratici che intorno a 30 m passano a conglomerati compatti o fessurati.

Dal punto di vista idrogeologico, l'area oggetto dell'intervento è caratterizzata da:

- l'*Acquifero Tradizionale*, ospitato all'interno dei sedimenti della LITOZONA "GHIAIOSO-SABBIOSA" la quale è sede, a scala regionale, di un acquifero monostrato delimitato inferiormente dai depositi impermeabili argillosi tipici dell'*Acquifero Profondo*;

- Soggiacenza della falda libera superficiale indicativamente a 50 m p.c. circa;
- direzione di deflusso delle acque sotterranee di prima falda da NW verso SE.

2.2.2. SINTESI DEI VINCOLI E DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Dal punto di vista dei vincoli ambientali, l'area oggetto dell'intervento:

- non risulta ricompresa in ambiti legati alla pericolosità idrogeologica, ovvero a vincoli derivanti dal PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI che dà attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE;
- non risulta ricompresa in ambiti legati alle aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile (aree di tutela assoluta e di rispetto dei pozzi allo scopo idropotabile, ai sensi del D.LGS. 152/2006, art. 94 comma 4);
- nella porzione Ovest risulta adiacente, pur non essendo ricompresa, alla “*Fascia di rispetto del reticolo idrico*” legata alla presenza del ramo Nord del Rio Miola, localmente intubato, e relativa fascia di rispetto ai sensi dei VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA DISPOSTI DALL'ART. 96, LETTERA F DEL R.D. 25 LUGLIO 1904 N. 523.

Dal punto di vista della fattibilità geologica l'area oggetto dell'intervento è ricompresa nella “CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA 1 - *fattibilità senza particolari limitazioni*”, di cui si riporta lo stralcio delle Norme Geologiche di Piano relativamente alle opere ed interventi in fase sia pianificatoria che di progettazione da attuarsi in tale contesto: “*Aree pianeggianti nelle quali le caratteristiche geotecniche dei terreni sono buone e la falda idrica non interferisce con il suolo ed il primo sottosuolo (profondità > 40 m). Non si evidenziano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. In tali aree va direttamente applicato quanto prescritto dal D.M. 14 gennaio 2008 “Norme tecniche per le costruzioni”.*”

3. CARATTERISTICHE DELL'OPERA E INDAGINI EFFETTUATE

Il complesso del Campo Sportivo di Cologne è costituito allo stato di fatto da (FIG. 1 e 3):

- Corpo di fabbrica #1: locale palestra/deposito. L'edificio ha forma in pianta rettangolare di dimensioni 11x5 metri circa. L'edificio si estende per il solo primo terra. La struttura è in acciaio: sono presenti sei pilastri tubolari e due ordini di travi di copertura; la lamiera di copertura (pannello sandwich) è sorretto da arcarecci tubolari. L'edificio è suddiviso in due zone: una è adibita a palestra, l'altra è adibita a deposito. L'edificio è di recente realizzazione;
- Corpo di fabbrica #2: locale uffici. L'edificio ha forma in pianta pressoché rettangolare di dimensioni 10x7 metri. Presenta un corpo di fabbrica principale con annesso portico su tre pilastri. Presenta il solo piano terra: al di sopra del solaio piano del livello 1 è presente copertura in muricci e tavelloni. Oggi l'edificio è utilizzato come ufficio con annessa stanza comune multiuso. Dai documenti recuperati sopra elencati si evince che l'edificio è composto principalmente da murature portanti (per i carichi verticali) e da alcuni pilastri in calcestruzzo armato che, oltre a formare il piccolo portico antistante l'edificio, delimitano gli angoli delle murature portanti;
- Corpo di fabbrica #3: tribune. Il corpo di fabbrica ha forma in pianta rettangolare di dimensioni pari a 36 x 8 metri circa; è composta da una gradinata per lo stallo degli spettatori del complesso sportivo; al di sotto della gradinata sono presenti già spogliatoi, locali tecnici e di servizio. Le gradinate sono coperte da pensilina in acciaio composta da mensole principali e elementi secondari. La struttura delle gradinate è composta da setti in calcestruzzo armato sui quali poggiano trasversalmente i vari livelli delle gradinate. Sono inoltre presenti elementi di collegamento verticale (scale) sempre con struttura in calcestruzzo armato. I locali al di sotto delle tribune sono delimitati da tamponamenti (murature non portanti) in blocchi di calcestruzzo dello spessore pari a 25 cm. La struttura portante delle tribune è composta da una serie di muri in calcestruzzo armato dello spessore di 25 cm, paralleli l'uno all'altro, i quali sostengono i solai in calcestruzzo pieno costituenti le gradinate e le tribune. Alla sommità dei muri sono ancorate le mensole in acciaio che sostengono la copertura della tribune.

Il progetto consiste nella verifica di vulnerabilità sismica e nell' adeguamento antincendio ed elettrico del complesso.

Con riferimento alla classificazione ai sensi delle NTC 2018 in relazione alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, l'edificio della tribuna e degli spogliatoi del Campo Sportivo esame è classificabile ai sensi del § 2.4.2 delle NTC 2018 in Classe d'uso III, ovvero una costruzione *“il cui uso preveda affollamenti significativi”*.

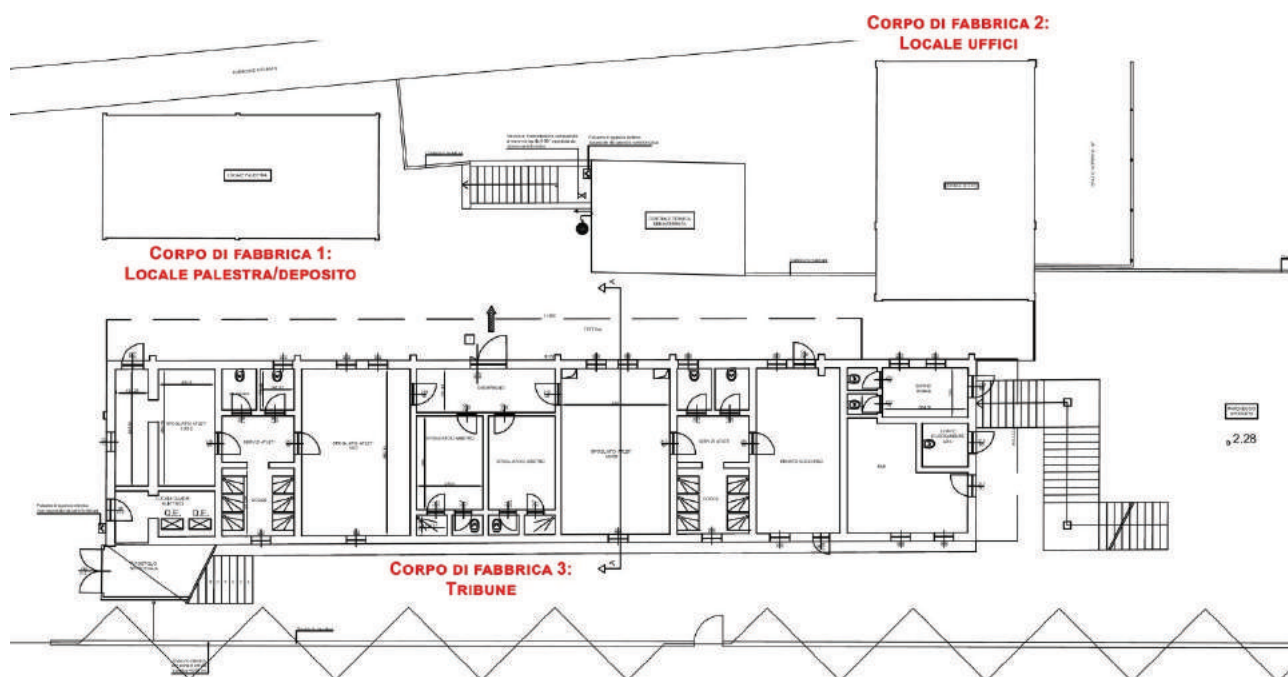


FIG. 3 - PANORAMICA DELL'EDIFICIO DELLE TRIBUNE E DELLO SPOGLIATOIO DEL CAMPO SPORTIVO.

In TAB. 1 sono elencati i parametri relativi all'opera in progetto ai sensi delle NTC 2018.

TIPO DI COSTRUZIONE (RIF. TAB. 2.4.I NTC 2018)	2
CONDIZIONI TOPOGRAFICHE (RIF. TAB. 3.2.III NTC 2018)	T1
VITA NOMINALE - V_N (RIF. TAB. 2.4.I NTC 2018)	50 ANNI
CLASSE D'USO (RIF. TAB. 2.4.II NTC 2018)	III
COEFFICIENTE D'USO C_U (RIF. TAB. 2.4.II NTC 2018)	1.5
VITA DI RIFERIMENTO V_R (RIF. TAB. 2.4.I NTC 2018)	50 ANNI

TAB. 1 – PARAMETRI RELATIVI ALL'OPERA IN PROGETTO AI SENSI DELLE NTC 2018.

In ottemperanza alle indicazioni fornite dalla normativa vigente (*cf.* PAR. 1.2), sono state effettuate le seguenti indagini (FIG. 4):

- n° 3 (tre) prove penetrometriche dinamiche (*Standard Cone Penetration Test*, SCPT), eseguite in data 29 Marzo 2018 e spinte fino alle profondità massima di circa 5.4 m p.c. (prove a rifiuto) dal piano strada;
- n° 1 (uno) prospezione sismica passiva *Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio* (HVSr), eseguita in data 29 Marzo 2018 per la determinazione della Frequenza Fondamentale di sito (F_0);
- n° 1 (uno) prospezione sismica attiva *Multi-Channel Analysis of Surface Waves* (MASW), eseguita in data 29 Marzo 2018 per la determinazione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio V_s .



FIG. 4 - UBICAZIONE DELLE PROVE GEOTECNICHE E SISMICHE.

4. INDAGINI E PROVE ESEGUITE

4.1. COMPONENTE SISMICA

4.1.1. PROSPEZIONE HVSR

4.1.1.1. ACQUISIZIONE DEI DATI

La prospezione *Horizontal to Vertical Spectral ratio* (HVSR) ha previsto l'acquisizione del rumore sismico (microtremore) attraverso il geofono triassiale digitale PASI 3DLG ad alta sensibilità e sismografo PASI GEA24 abbinato ad un *software* di acquisizione dati a 24 bit (FIG. 5).

Lo strumento è costituito da una terna di sensori a bassa frequenza propria (2 Hz) accuratamente accoppiate per la misurazione delle componenti N-S, E-W, e Up-Down del microtremore sismico locale.



FIG. 5 - PASI GEA24 CON GEOFONO 3DLG.

La prospezione HVSR è stata effettuata realizzando n° 1 registrazione della durata di 20 minuti, con passo di campionamento pari a 200 Hz, ubicata come illustrato in FIG. 3.

4.1.1.2. ELABORAZIONE DEI DATI

I dati acquisiti sono stati elaborati mediante il software GEOPSY nel rispetto dei criteri stabiliti dal SESAME *European Project*. Le operazioni effettuate sulla registrazione sono sintetizzate nella *flow-chart* di FIG. 6 e di seguito descritte nel dettaglio.

- Suddivisione della registrazione in finestre della durata di 20 s per isolare le parti della registrazione in cui il segnale risulta maggiormente stazionario ed eliminare gli eventi transitori;
- Calcolo e smussamento dello spettro di ampiezza ricavato tramite la trasformata di Fourier per ognuna delle finestre selezionate su tutte e tre le componenti del moto;
- Media delle due componenti orizzontali per ognuna delle finestre selezionate;
- Calcolo del rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza e per ciascuna finestra;
- Calcolo della funzione HVSR definitiva effettuando la media di tutte le finestre.

Per ricavare il profilo di velocità delle onde di taglio V_s relativo a ciascun punto di indagine è stata effettuata l'inversione della curve HVSR attraverso il modulo DINVER del software GEOPSY. A partire da un modello di primo tentativo ad n -strati, tale modulo fornisce un profilo di V_s lungo la profondità (modello 1D sintetico) la cui corrispondente curva di ellitticità HVSR sintetica, calcolata attraverso apposito codice di calcolo in avanti (*forward modeling*), meglio approssima la posizione in frequenza e l'ampiezza dei picchi del rapporto H/V.

In FIG. 7 sono riportati spettro medio H/V calcolato sulla base della registrazione effettuata, la curva teorica calcolata e confronto con i parametri stabiliti dal SESAME *European Project*

In ALLEGATO 4a sono inoltre riportati i grafici relativi a: registrazione delle tre

componenti del microtremore sito-specifico (Verticale, orizzontale N-S e orizzontale E-W), spettro di ampiezza per ognuna delle finestre selezionate per le componenti del moto e relativo spettro H/V medio, direzionalità del segnale (calcolata utilizzando il software WinMASW 7.4).

In particolare, lo spettro medio evidenzia la presenza di

- un *plateau* di picco del rapporto spettrale ($H/V \sim 1.4-1.6$) collocato in una banda di frequenza compresa tra 4 e 10 Hz, con un picco lievemente pronunciato a 4.2 Hz, verosimilmente prodotto da una interfaccia di impedenza sismica superficiale e corrispondente alla Frequenza Propria di sito (F_0);
- un picco del rapporto spettrale ($H/V \sim 1.5$) collocato ad una frequenza < 0.6 Hz, prodotto da un'interfaccia di impedenza sismica profonda.

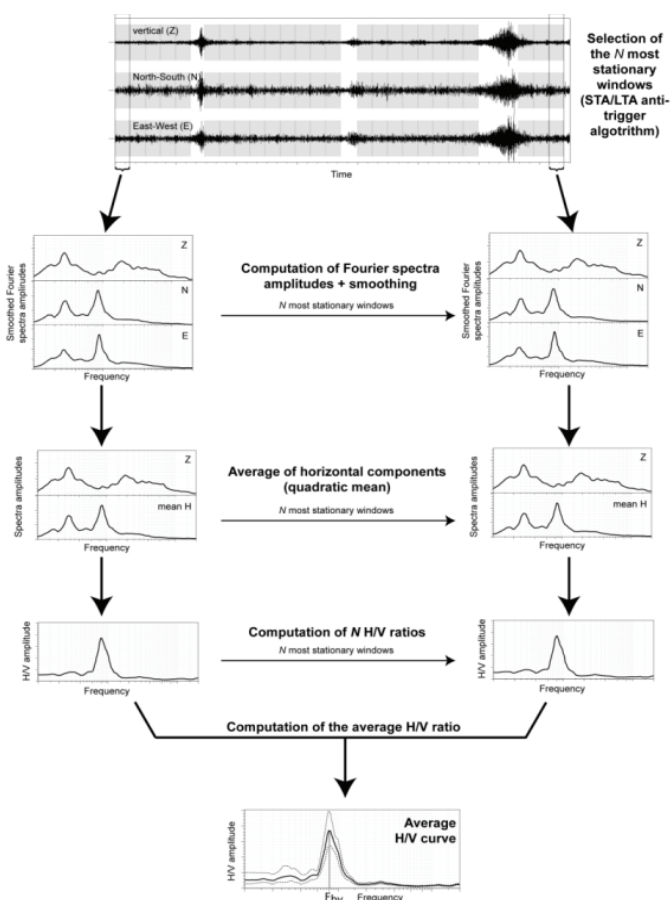
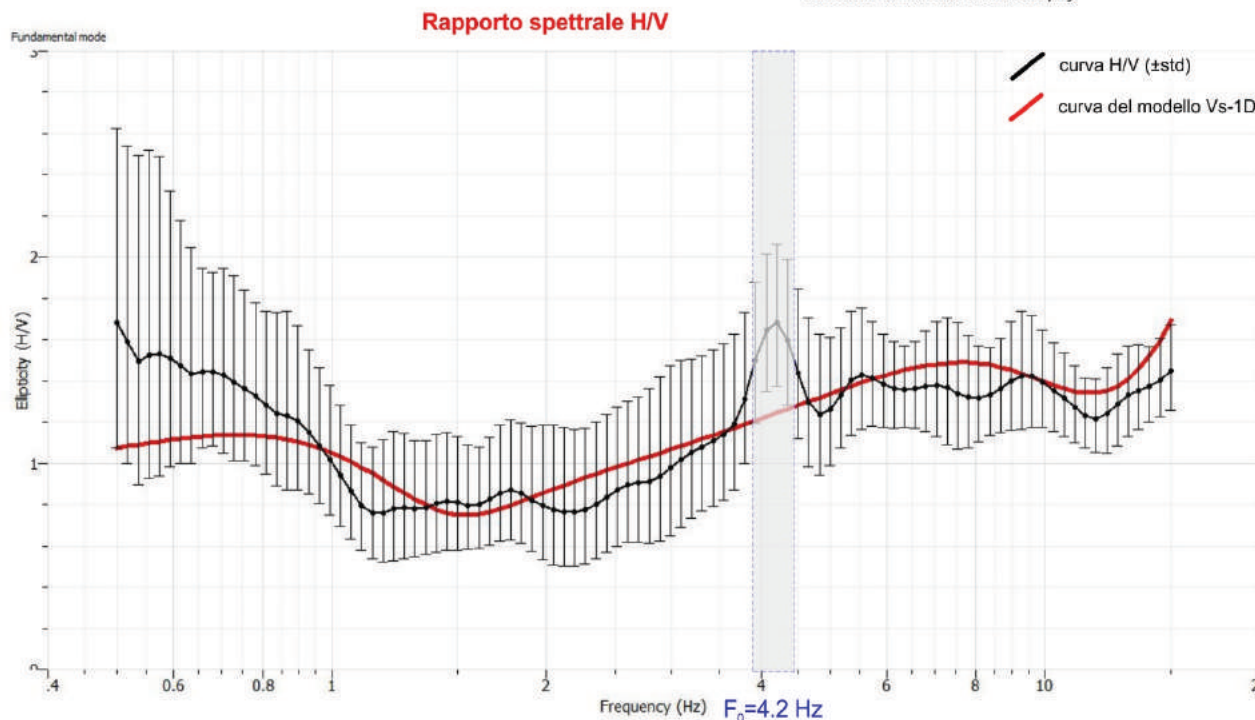


FIG. 6 – SEQUENZA DI DATA-PROCESSING HVSR.

Horizontal To-Vertical Spectral Ratio (HVSr)

strumentazione: PASI GEA24
geofoni a tre componenti 3DLG - freq. propria 2.0 Hz
Software di elaborazione: Geopsy



CRITERIA FOR A RELIABLE H/V CURVE ACCORDING TO THE SESAME 2005 GUIDELINES [ALL 3 SHOULD BE FULFILLED]

$f_0 > 10 / L_w$
 $n_c(f_0) > 200$
 $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz
 $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz

OK

OK

OK

CRITERIA FOR A CLEAR H/V PEAK ACCORDING TO THE SESAME 2005 GUIDELINES [AT LEAST 5 OUT OF 6 SHOULD BE FULFILLED]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$
 $A_0 > 2$
 $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$
 $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
 $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

NO

NO

NO

OK

NO

OK

L_w	window length	A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
n_w	number of windows used in the analysis	$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles	f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f	current frequency	f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
f_0	H/V peak frequency	$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency	$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\square f < \varepsilon(f_0)$	$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

FIG. 7 - RAPPORTO SPETTRALE H/V MEDIO E CURVA TEORICA CALCOLATA PER IL MODELLO 1-D (IN ALTO), CONFRONTO CON I PARAMETRI STABILITI DAL SESAME EUROPEAN PROJECT (IN BASSO).

4.1.1.3. PROFILO DI VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO (Vs) OTTENUTO DA PROVA HVSR

Il profilo di velocità delle onde di taglio (Vs) ottenuto dall'elaborazione della prova HVSR è mostrato in FIG. 8 ed evidenzia la presenza di:

- terreni scarsamente addensati fino a 1.9 m p.c. ($V_s = 166$ m/s; sismostrato 1);
- terreni da addensati a molto addensati tra 1.9 m e 18.1 m dal p.c., compatibili con depositi a tessitura ghiaiosa-sabbiosa con V_s compresa tra 572 m/s (sismostrato 2) e 637 m/s (sismostrato 3), contestuale al generale miglioramento delle caratteristiche litotecniche;
- un orizzonte compreso tra 18.1 m e 31.0 m p.c., con $V_s = 955$ m/s (sismostrato 4) e compatibile con depositi ghiaiosa-sabbiosa cementati riconducibili al *bedrock* sismico locale (di cui al § 3.2.2 delle NTC 2018);
- due orizzonti profondi, con $V_s = 1.100$ m/s e $V_s = 2.003$ m/s (sismostrati 5 e 6), compatibili rispettivamente con depositi sedimentari cementati e roccia in posto profonda.

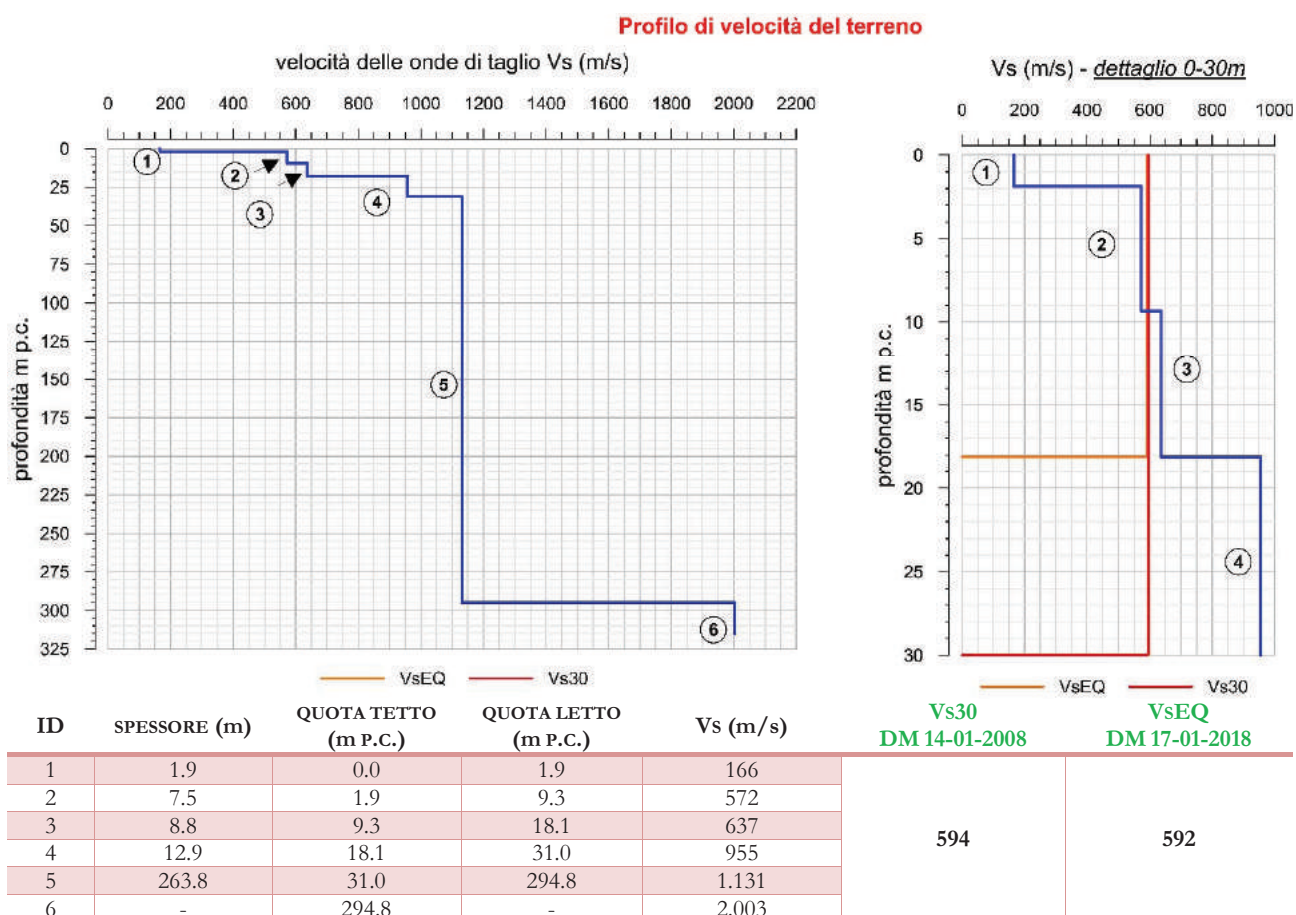


FIG. 8 - PROFILO VERTICALE DELLA VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO V_s OTTENUTO DALLA PROVA HVSR. SULLA DESTRA, IL DETTAGLIO DELL'INTERVALLO 0-30 m P.C. CON INDICAZIONE DEL PARAMETRO V_{s30}/V_{sEQ} .

4.1.2. PROSPEZIONE MASW

4.1.2.1. ACQUISIZIONE DEI DATI

La prospezione MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è stata effettuata n°1 stendimento lineare con sismografo PASI GEA24, utilizzando 24 geofoni per la misura della componente verticale delle onde di Rayleigh con frequenza propria pari a 4.5 Hz.

I geofoni sono stati equispaziati con passo 2 m, per una lunghezza totale della linea di indagine di 46 m (FIG. 2); per la generazione dell'impulso sismico è stata utilizzata una mazza da 12 kg battente su una piastra in kevlar. I punti di energizzazione (*shots*) sono stati ubicati alle estremità dei profili ad una distanza di 10, 8, 6 e 4 m dal primo e dall'ultimo geofono e, per ogni *shot*, sono stati generati da 3 a 5 impulsi sismici. Per ciascuno *shot* sismico, la registrazione del treno di onde sismiche è stata effettuata utilizzando un intervallo di campionamento pari a 0.250 ms ed una durata di registrazione di 1.5 s.

4.1.2.2. ELABORAZIONE DEI DATI

I dati acquisiti sono stati sottoposti a *data-processing* per mezzo del software WinMASW Academy 7.4 che ha consentito di calcolare la curva di dispersione caratteristica, funzione della velocità di fase delle onde R e della loro frequenza, attraverso l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda). Tale analisi consente il calcolo dello spettro di dispersione in dominio f-k per le onde R a partire dai sismogrammi registrati (ed opportunamente filtrati), nell'ipotesi che le caratteristiche del sito siano tali da consentirne la propagazione ed il loro comportamento dispersivo e che, nell'intervallo di frequenze analizzato, le stesse si propagano con il maggiore contenuto di energia.

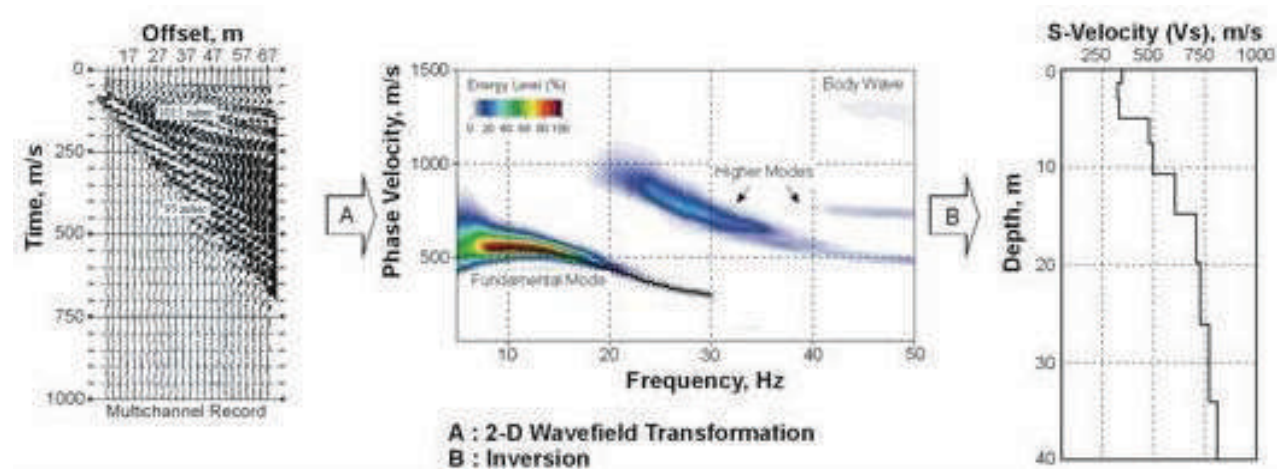


FIG. 9 - SEQUENZA DI DATA-PROCESSING MASW.

Lo spettro di dispersione ottenuto dai dati sperimentali è stato utilizzato per il *picking* della relativa curva di dispersione rappresentativa della propagazione delle onde R nel loro modo fondamentale, la quale è stata successivamente per l'inversione numerica finalizzata a determinare, tramite algoritmo di *best-fitting*, il profilo di velocità Vs 1-D per un mezzo elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati lungo la direzione verticale

Il processo di inversione gestito dal *software* ha previsto la costruzione di un modello di primo tentativo sulla base della modellizzazione diretta della curva di dispersione, costruita sulla base di approssimazioni semplificate, ed il successivo *refining* iterativo fino all'ottenimento del set di parametri di modello (spessore e velocità Vs) tale da minimizzare la differenza fra il set di dati ingresso (curva di dispersione piccata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica).

I risultati dell'inversione numerica dei dati (curva di dispersione sperimentale, curva di dispersione teorica e profilo di velocità delle onde Vs) sono riportati in FIG. 1, mentre in ALLEGATO 4b sono inoltre riportati i sismogrammi registrati.

Multi-Channel Analysis of Surface Waves (MASW)

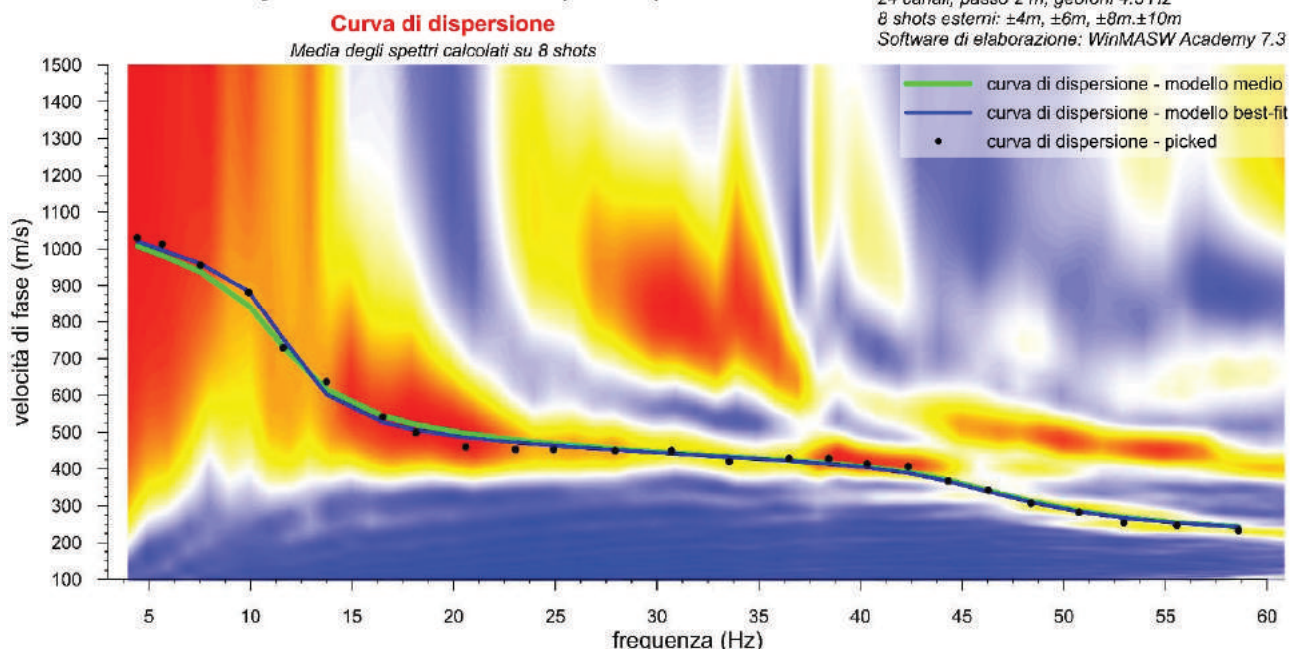


FIG. 10 - SPETTRO VELOCITÀ DI FASE VS. FREQUENZA OTTENUTO DALLA PROVA MASW, CURVA DI DISPERSIONE PER IL MODO FONDAMENTALE PICCATO (PUNTI NERI) E CURVA DI DISPERSIONE PER IL MODELLO MEDIO E PER IL MODELLO BEST-FIT (RISPETTIVAMENTE IN VERDE E BLU).

4.1.2.3. PROFILO DI VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO (Vs) OTTENUTO DA PROVA MASW

Il profilo di velocità delle onde di taglio (Vs) ottenuto dall'elaborazione della prova MASW è mostrato in FIG. 8 ed evidenzia la presenza di:

- terreni scarsamente addensati fino a 2.0 m p.c. ($V_s = 222$ m/s; sismostrato 1);
- terreni da addensati a molto addensati tra 2.0 m e 19.7 m dal p.c., compatibili con depositi a tessitura ghiaiosa-sabbiosa con V_s compresa tra 566 m/s e 632 m/s (sismostrato 2 e 3), contestuale al generale miglioramento delle caratteristiche litotecniche;
- due orizzonte compreso tra 19.7 m e 28.6 m p.c., con $V_s = 896$ m/s (sismostrato 4) e compatibile con depositi ghiaiosa-sabbiosa cementati riconducibili al *bedrock* sismico locale (di cui al § 3.2.2 delle NTC 2018);
- un orizzonte profondo, con $V_s = 1.182$ m/s (sismostrato 5).

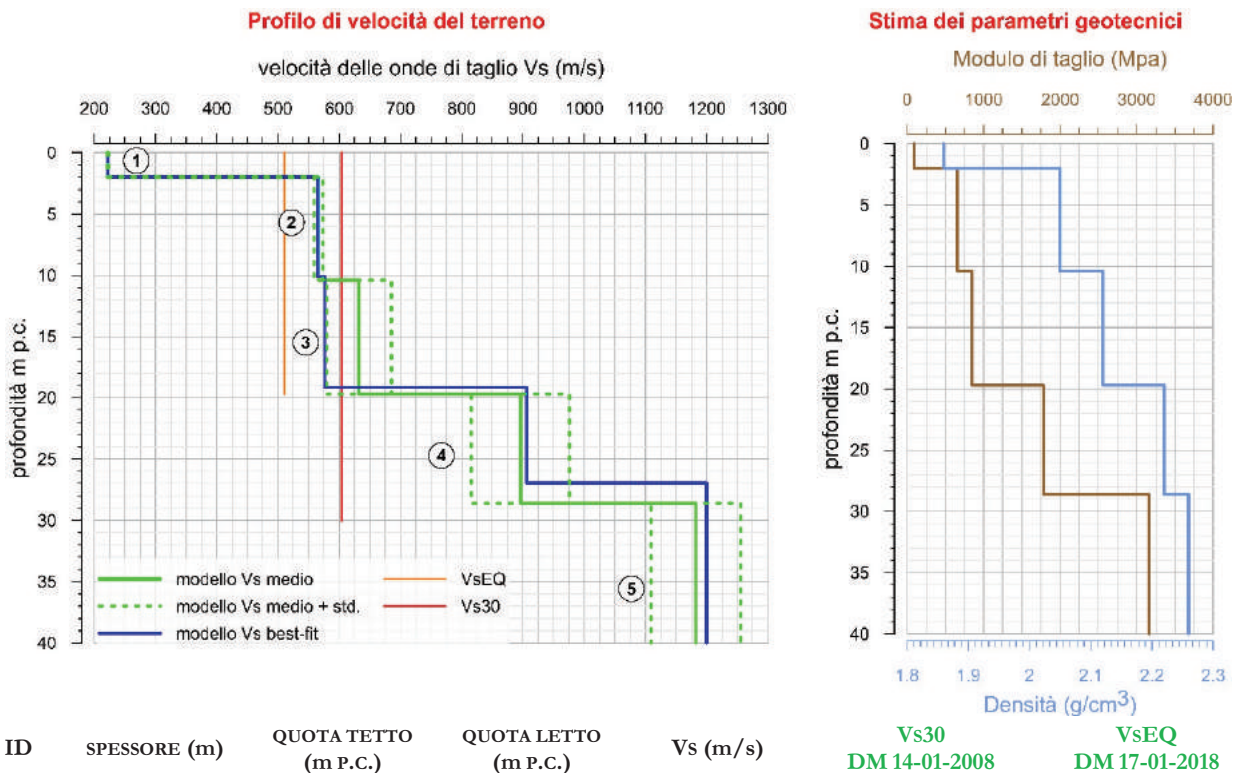


FIG. 11 – PROFILO VERTICALE DELLA VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO V_s (MODELLO MEDIO) OTTENUTO DALLA PROVA MASW TRA 0 m E 40 m P.C. (STIMA INDICATIVA DEI PARAMETRI GEOTECNICI SULLA DX), CON INDICAZIONE DEL PARAMETRO V_{s30}/V_{sEQ} .

4.2. COMPONENTE GEOTECNICA

4.2.1. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (SCPT)

Nell'area del Campo Sportivo sono state eseguite n° 3 (tre) prove penetrometriche dinamiche *Standard Cone Penetration Test* (SCPT_1 e SCPT_2) con Penetrometro Dinamico Superpesante DPSH PAGANI Mod. TG63-100 M-A.C. (FIG. 12 e ALLEGATO 3).

La prova consiste nel misurare il numero di colpi (N_{SCPT}) necessari ad infiggere per 30 cm nel terreno una punta conica, collegata alla superficie da una batteria di aste senza soluzione di continuità: un rivestimento esterno costituito da una batteria di tubazioni cave coassiali con la batteria di aste a cui è collegata la punta, può essere infisso per avanzamenti di 30 cm, al fine di ridurre gli effetti dell'attrito laterale e non falsare il valore di resistenza alla punta in presenza di terreni coesivi. La prova viene spinta sino alla profondità stabilita oppure interrotta al riscontro di "rifiuto", ossia nel caso in cui si registri un numero di colpi superiore a 100 per un avanzamento della punta pari o minore di 30 cm.



FIG. 12 - DPSH PAGANI MOD. TG63-100.

4.2.2. RISULTATI DELLE PROVE

I risultati grezzi ottenuti dalle tre prove (SCPT 1÷3) sono illustrati in FIG. 13.

A partire da essi, sono stati elaborati con il software DYNAMIC di Geostru i diagrammi di Resistenza alla Penetrazione Dinamica della Punta, con riportati in ascissa il numero di N_{SCPT} e in ordinata le profondità dal p.c. (grafici di dettaglio in ALLEGATO 5).

Dal punto qualitativo, i risultati delle tre prove sono compatibili con la sintesi preliminare fornita nello studio a livello comunale per la COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA del PGT di Cologne (*cf.* CAP. 3) e con l'aumento del grado di addensamento evidente nei profili di velocità V_s ricavati dalla prove HVSR e MASW (*cf.* PAR. 4.1.3).

Sulla base delle prove, è stata inoltre esclusa la presenza di falda superficiale nell'intervallo di investigazione.

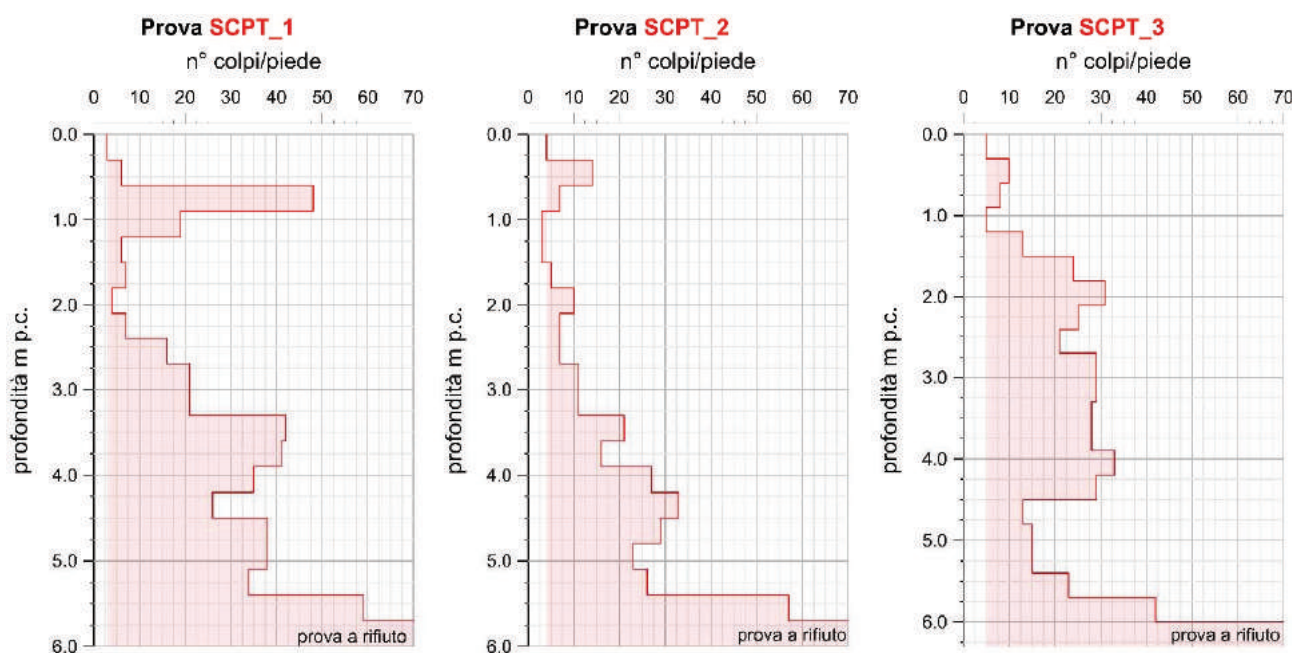


FIG. 13 – DATI DELLE PROVE SCPT (PER IL MODELLO LITOTECNICO, SI VEDA IL PAR. 6.1).

5. ANALISI DELLA COMPONENTE SISMICA

5.1. CLASSIFICAZIONE MACROSISMICA NAZIONALE

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) n°3274 del 20 Marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e dell'aggiornamento introdotto con l'OPCM n° 3519 del 28 Aprile 2006 "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*", sono state individuate le zone sismiche del territorio nazionale e fornite le specifiche tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse.

Ai sensi della citata normativa nazionale ed ai sensi del D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129 "AGGIORNAMENTO DELLE ZONE SISMICHE IN REGIONE LOMBARDIA" in vigore dal 16.04.2016 il territorio comunale di Cologne è classificato in ZONA SISMICA 3, corrispondente ad accelerazione di picco su terreno rigido $0.05 \text{ g} < a_g \leq 0.150 \text{ g}$ (ai sensi del OPCM 3519/06) (FIG. 14).

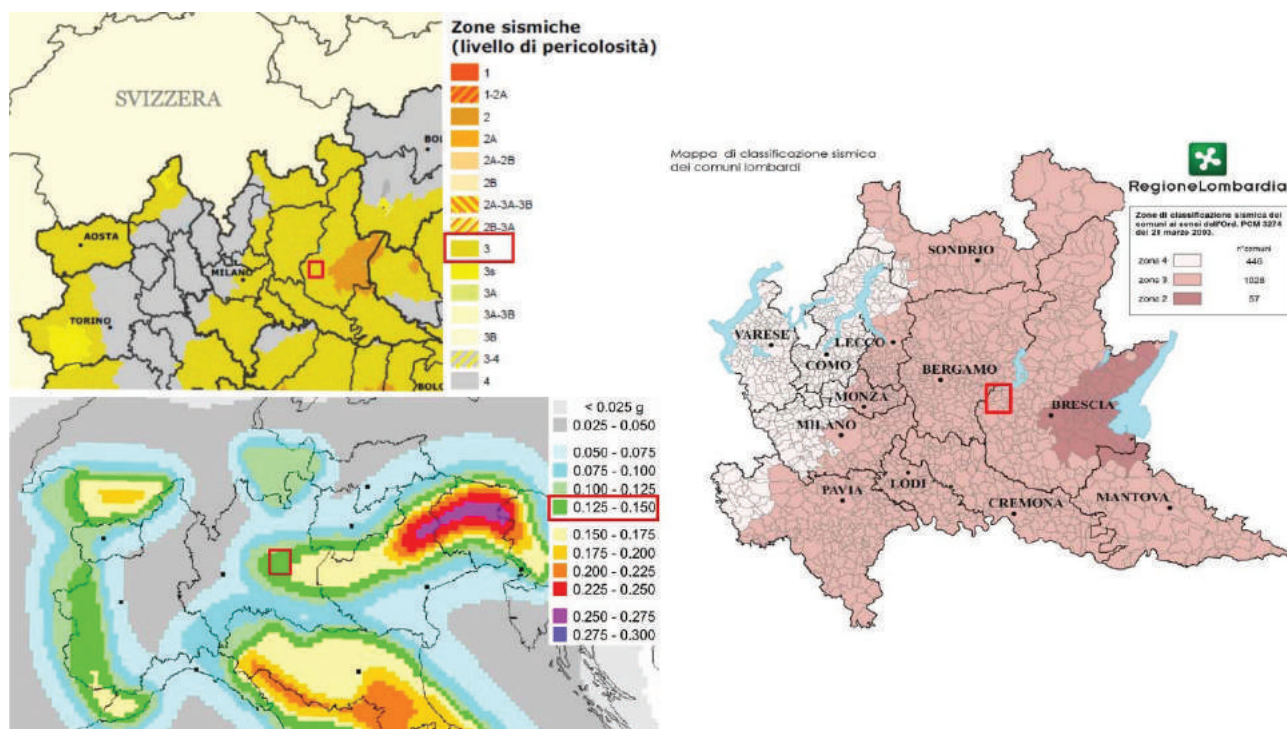


FIG. 14 – IN ALTO A SINISTRA: MACROZONAZIONE SISMICA DEL NAZIONALE (OPCM 3519/06). – IN BASSO A SINISTRA: MAPPA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA NAZIONALE – A DESTRA: NUOVA CLASSIFICAZIONE DEI COMUNI DI REGIONE LOMBARDIA AI SENSI DELLA DGR X/2129. IN ROSSO È CONTORNATA L'AREA IN ESAME.

Sulla base della pericolosità sismica locale desunta dalle mappe probabilistiche del territorio nazionale consultabili sul portale INGV (dati *online* <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>), espresse su una griglia regolare a passo 0.05° relativamente all'accelerazione sismica orizzontale massima (a_g , corrispondente in ambito internazionale alla *peak ground acceleration* PGA) con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Tempo di ritorno $T_R = 475$ anni) e riferita al *bedrock* sismico orizzontale (categoria A, $V_s > 800$ m/s), il sito è caratterizzato da $0.125\text{ g} < a_g \leq 0.150\text{ g}$.

5.2. ASPETTI SISMICI LOCALI (NORMATIVA REGIONE LOMBARDIA)

5.2.1. I° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Ai sensi della DRG IX/2616, il PGT del Comune di Cologne è dotato della Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) nella quale è riportata la perimetrazione dei diversi scenari tra le possibilità previste dall'ALLEGATO 5 alla D.G.R. IX/2616 del 30.11.2011 e dipendenti dalle caratteristiche del territorio nei termini di effetti dovuti ad instabilità e amplificazione di sito.

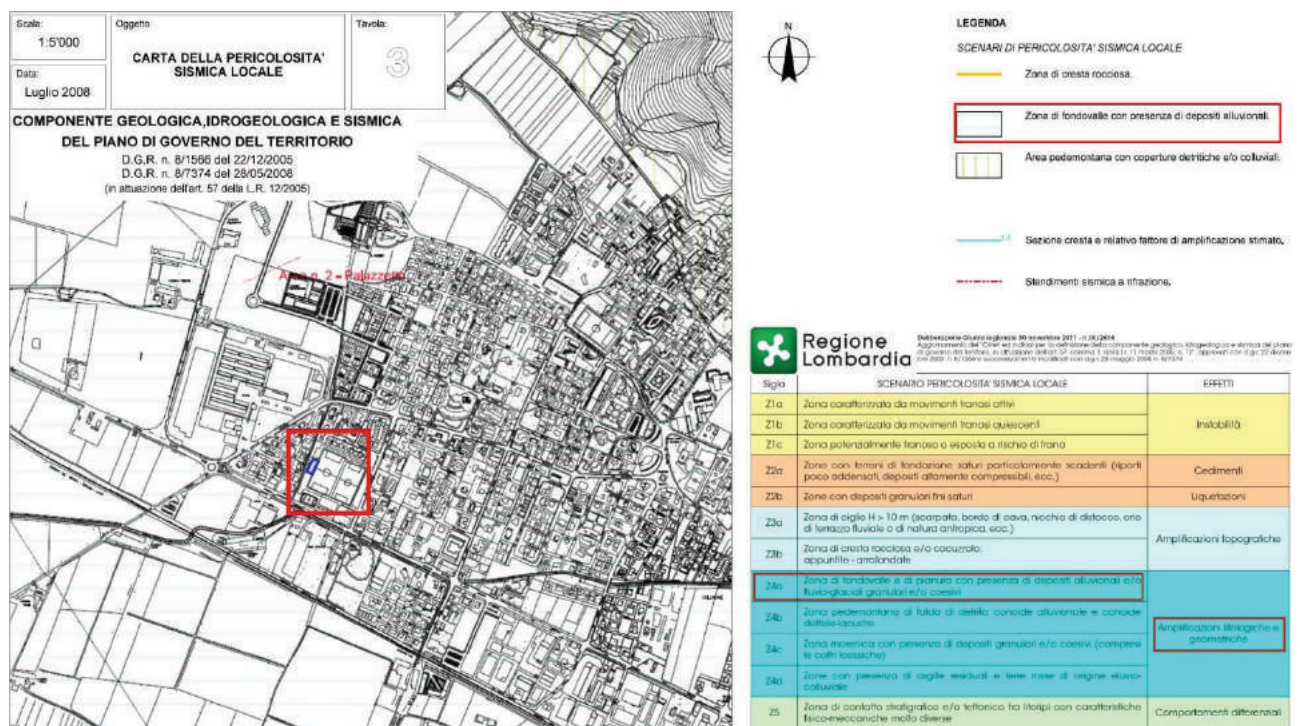


FIG. 15 - STRALCIO DELLA CARTA PSL DEL PGT DI COLOGNE. IN ROSSO, L'AREA IN ESAME.

Dall'analisi della carta di PSL del Comune di Cologne (FIG. 15) si evince che l'area oggetto dell'intervento è classificata in ZONA Z4A "ZONE DI PIANURA CON DEPOSITI

ALLUVIONALI/FLUVIOGLACIALI GRANULARI E/O COESIVI”, ovvero una zona suscettibile di “AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE E GEOMETRICHE”.

5.2.2. II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

In relazione all’attribuzione da PSL dell’area del Centro Sportivo alla classe Z4A, si è proceduto alla definizione della risposta sismica sito-specifica dei terreni in termini di F_a (fattore di amplificazione) attraverso la verifica di II livello definita con la metodologia semplificata prevista dalla Regione Lombardia nella D.G.R. n° IX/2616 del 30 novembre 2011 nei termini espressi dal Punto 2.2.2. dell’ALLEGATO 5.

In particolare, l’approfondimento prevede un approccio semi-quantitativo attraverso il quale viene valutato il grado di protezione raggiunto dalla normativa vigente nel tenere in considerazione gli effetti sismici locali. A tal fine, la metodologia fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di Fattore di amplificazione (F_a) in funzione degli intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s, scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più frequenti sul territorio (il primo si riferisce a strutture basse e relativamente rigide, il secondo a strutture alte e flessibili).

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici confrontando il fattore di amplificazione F_a ottenuto con un parametro di analogo significato (definito VALORE SOGLIA) calcolato per ciascun comune della Lombardia, per varie categorie di terreno di fondazione e per i due intervalli di periodo.

Tali parametri sono contenuti nel file “*soglie_lomb.xls*” della banca dati regionale e rappresentano i valori di soglia oltre i quali lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito. La procedura prevede pertanto di valutare il valore di F_a con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia.

Gli scenari possibili sono quindi i seguenti:

- $F_a < \text{VALORE SOGLIA}$: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- $F_a > \text{VALORE SOGLIA}$: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite oppure utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore.

In entrambi i casi, la normativa prevede di considerare un margine di variabilità di ± 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto dalla procedura semplificata.

INTERVALLO	VALORI SOGLIA DA REGIONE LOMBARDIA			
	SUOLO B	SUOLO C	SUOLO D	SUOLO E
0.1 s - 0.5 s	1.5	1.9	2.3	2.0
0.5 s - 1.5 s	1.7	2.4	4.3	3.1

TAB. 2 - VALORI SOGLIA RELATIVI AGLI INTERVALLI DI PERIODO 0.1-0.5 s E 0.5-1.5 s PER IL COMUNE DI COLOGNE (DATABASE REGIONE LOMBARDIA). IN VERDE, I VALORI DI RIFERIMENTO PER LA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DEL SITO OGGETTO DI ASSEVERAZIONE.

In TAB. 2 sono riportati i valori soglia relativi ai due intervalli di periodo riportato nella banca dati di Regione Lombardia (ai sensi del DGR n. IX/2616).

Considerando le caratteristiche litologiche del sottosuolo e confrontando l'andamento con la profondità della V_s (cfr. PAR. 4.1.3) con quello riportato nelle schede litologiche fornite da Regione Lombardia nell'ALL. 5 alla DGR n. IX/2616, è stata individuata la "SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA" quale scheda di riferimento più simile (e comunque contenente per gran parte nel suo involucro) il profilo di velocità delle onde V_s (FIG. 14) fino alla profondità presunta del *bedrock* sismico locale (cfr. PAR. 4.1.3).

In funzione della velocità delle onde V_s degli strati superficiali e del loro spessore, è stata quindi selezionata la curva più appropriata tra quelle presenti negli abachi dell'ALL. 5 alla DGR n. IX/2616 per la valutazione del fattore di amplificazione F_a negli intervalli 0.1 - 0.5 s e 0.5 - 1.5 s, considerando un sismostrato superficiale con velocità pari alla media pesata dei valori di V_s dei sismostrati superficiali sui primi 4 m, ottenendo un valore pari a 394 m/s per una corrispondente curva di tipo III (FIG. 16).

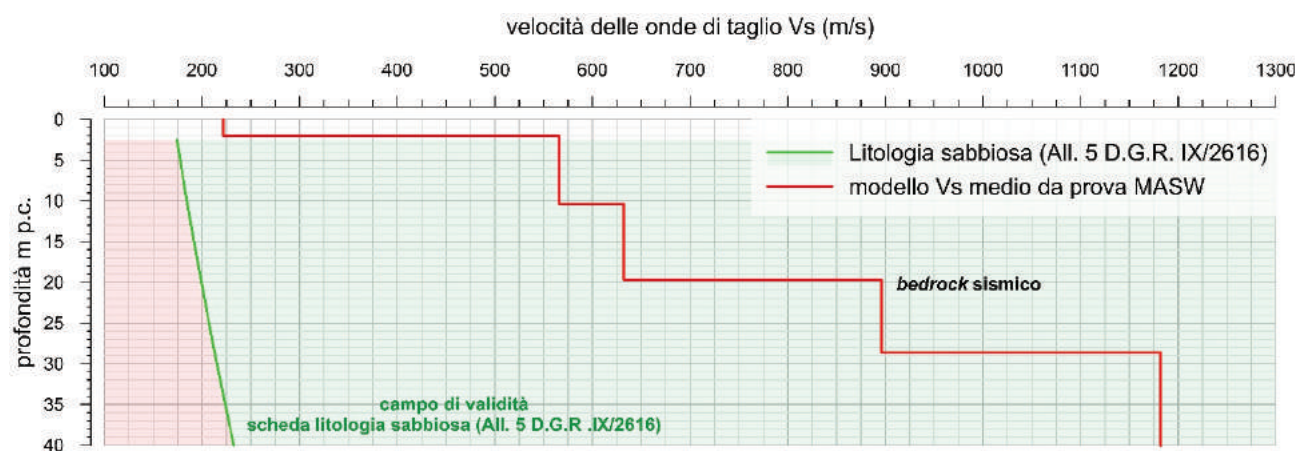


FIG. 16 – CONFRONTO TRA IL PROFILO DI VELOCITÀ DELLE ONDE V_s OTTENUTE PRESSO IL SITO (IN ROSSO) E LE CURVE INDICATE DALL'ALL. 5 ALLA DGR N. 2616/2011.

Successivamente, il periodo proprio di vibrazione del sito (T) è stato calcolato fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o superiore a 800 m/s (nel caso in esame, è stata utilizzata la profondità presunta del *bedrock* sismico locale; *cfr.* PAR. 4.1.3) con la seguente relazione:

$$T = \frac{4 \cdot \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove h_i e V_{s_i} sono, rispettivamente, lo spessore e la velocità dello strato i -esimo del modello sismico ottenendo un valore $T = 0.14$ s (7.1 Hz).

I valori di F_a relativi agli intervalli di riferimento sono stati quindi calcolati utilizzando gli abachi forniti dalla procedura e corrispondenti alle seguenti formule relative alla curva di tipo III:

$$F_a_{(0.1 - 0.5 \text{ s})} = -9.68 \cdot T^2 + 4.77 \cdot T + 0.86 \quad \div \quad F_a_{(0.5 - 1.5 \text{ s})} = -6.11 \cdot T^3 + 5.79 \cdot T^2 + 0.44T + 0.93$$

ottenendo i valori di F_a riportati in TAB. 3.

INTERVALLO	VALORE CALCOLATO	VALORI SOGLIA REGIONE LOMBARDIA SUOLO B	ESITO
0.1 - 0.5 s	1.3 ± 0.1	1.5	$F_A < \text{VALORE SOGLIA}$
0.5 - 1.5 s	1.1 ± 0.1	1.7	$F_A < \text{VALORE SOGLIA}$

TAB. 3 – VALORI DI F_a CALCOLATI AI SENSI DELLA DGR IX/2616 DEL 30 NOVEMBRE 2011.

I valori di F_a ottenuti attraverso la procedura semplificata, ai sensi dell'ALL. 5 alla DGR n. 2616/2011, per entrambi gli intervalli di periodo considerati, 0.1 s - 0.5 s e 0.5 s - 1.5 s, risultano inferiori ai valori di soglia forniti da Regione Lombardia, pertanto la normativa nazionale risulta sufficientemente cautelativa nei confronti dei fenomeni di amplificazione sismica locale in tali periodi legati caratteristici della classe sismica Z4A ("ZONE DI PIANURA CON DEPOSITI ALLUVIONALI/FLUVIOGLACIALI GRANULARI E/O COESIVI" dall'ALLEGATO 5 alla D.G.R. IX/2616).

In fase di progettazione, è possibile utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo rilevata, utilizzando per il caso in esame quello della CATEGORIA DI SUOLO B.

5.2.3. ESCLUSIONE DEL RISCHIO LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Ai sensi delle indicazioni delle NTC 2008 (punto 7.11.3.4.2), la probabilità che si manifestino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se è verificata almeno una delle seguenti cinque condizioni:

1. Magnitudo attesa inferiore a 5;
2. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.1 g;
3. Terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
 - a) frazione di fine, FC, superiore al 20%, con indice di plasticità $I_P > 10\%$;
 - b) $FC \geq 35\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 20$ oppure $q_{c1N} > 95$ oppure $V_{s1} > 200$ m/s;
 - c) $FC \leq 5\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 25$ oppure $q_{c1N} > 160$ oppure $V_{s1} > 220$ m/s.

$(N_1)_{60}$, q_{c1N} , V_{s1} sono i valori normalizzati dell'indice N_{SPT} della *Standard Penetration Test*, della resistenza di punta q_c della prova CPT e della velocità di propagazione delle onde di taglio da prove geofisiche. In prima approssimazione tali valori possono essere calcolati con le seguenti equazioni:

$$\begin{aligned} (N_1)_{60} &= N_{SPT} \cdot \left(\frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5} \\ q_{c1N} &= q_c \cdot \left(\frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5} \\ V_{s1} &= V_s \cdot \left(\frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.25} \end{aligned}$$

essendo p_a la pressione atmosferica e σ'_{v0} la pressione efficace litostatica verticale.

4. Distribuzione granulometrica esterna per oltre il 50% ai fusi indicati in Fig. 7.11.1 delle NTC 2008 nel caso di materiale con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Fig. 7.11.1 delle NTC 2008 per coefficienti di uniformità $U_c > 3.5$;
5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna.

Ai sensi della normativa NTC 2018, si può omettere la verifica a liquefazione se è verificata *almeno una* delle sopracitate condizioni.

Per il sito oggetto dell'asseverazione, date le caratteristiche dei terreni (granulometria ghiaioso-sabbiosa) e la profondità media della falda (50 m p.c.) si esclude pertanto l'esistenza dei fattori predisponenti il rischio da liquefazione dei terreni.

5.3. AZIONE SISMICA DI PROGETTO (PROCEDURA SEMPLIFICATA NTC 2018)

Nei confronti delle azioni sismiche, le prestazioni dei manufatti e/o costruzioni nel loro complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti, sono individuate riferendosi a degli scenari (stati) in cui uno o più elementi costitutivi non soddisfano più le esigenze per le quali sono stati progettati. Si differenziano Stati Limite di Esercizio (SLE) e Stati Limite Ultimi (SLU) in relazione alle differenti modifiche delle prestazioni a seguito dell'evento sismico.

Gli SLE comprendono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli SLU comprendono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Per quanto riguarda il moto generato in superficie da un sisma in un dato sito, questo dipende dalle particolari condizioni geologiche locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la “Risposta Sismica Locale” (RSL) consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2 delle NTC 2018).

In prima analisi, la verifica delle caratteristiche dei terreni di fondazione del sito in esame dal punto di vista sismico è stata condotta con riferimento alla procedura semplificata delle Categorie di Sottosuolo di cui al § 3.2.2 delle NTC 2008. Secondo tale classificazione, le modifiche che un segnale sismico subisce rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2 delle NTC) sono descrivibili in funzione dei valori della velocità delle onde di taglio dei terreni presenti a bassa profondità ed in grado di determinare amplificazione del moto sismico.

5.3.1. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Al fine di verificare le caratteristiche dei terreni di fondazione dal punto di vista sismico sono state condotte le analisi specifiche ai sensi del § 3.2.2 delle NTC 2018 relativamente all’identificazione della categoria sismica di sottosuolo. Secondo tale classificazione, il sottosuolo è caratterizzato in funzione dei valori della velocità equivalente delle onde di taglio (parametro $V_{s,eq}$) così definito:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove h_i e $V_{s,i}$ sono lo spessore e la velocità delle onde di taglio dell’ i -esimo strato, N il numero di strati, H la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s (*bedrock* sismico locale).

Considerando le proprietà degli strati di terreno fino alla profondità del *bedrock* sismico locale identificato attraverso la prova MASW effettuata per il calcolo diretto del profilo delle V_s (cfr. PAR. 4.1.2) è stato calcolato un valore del parametro $V_{s,eq}$ pari a 511 m/s, corrispondente ad un suolo di CATEGORIA B (TAB. 4).

NTC 2018	CAT. SUOLO	DESCRIZIONE GEOTECNICA	V_sEQ/V_{s30} (m/s)
TAB. 3.2.II	A	AMMASSI ROCCIOSI AFFIORANTI O TERRENI MOLTO RIGIDI caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.	> 800
	B	ROCCE TENERE E DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA MOLTO ADDENSATI O TERRENI A GRANA FINA MOLTO CONSISTENTI, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	360 ÷ 800
	C	DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA MEDIAMENTE ADDENSATI O TERRENI A GRANA FINA MEDIAMENTE CONSISTENTI con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.	180 ÷ 360
	D	DEPOSITI DI TERRENI A GRANA GROSSA SCARSAMENTE ADDENSATI O DI TERRENI A GRANA FINA SCARSAMENTE CONSISTENTI, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.	< 180
	E	TERRENI CON CARATTERISTICHE E VALORI DI VELOCITÀ EQUIVALENTE RICONDUCEBILI A QUELLE DEFINITE PER LE CATEGORIE C O D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.	-

TAB. 4 - CLASSIFICAZIONE SISMICA IN FUNZIONE DEL PARAMETRO V_sEQ/V_{s30} (NTC2018).

Si sottolinea che la scelta di utilizzare i dati relativi alla prova MASW per il calcolo della V_sEQ , pur essendo presenti anche i dati relativi alla prova HVSR, è stata adottata in quanto maggiormente cautelativa dal punto di vista della velocità delle onde di taglio V_s ed in quanto l'elaborazione/interpretazione della prova MASW consente, a parità di struttura di sottosuolo, di caratterizzare con maggiore dettaglio la sismostratigrafia superficiale rispetto alla modellizzazione di sottosuolo ottenibile a basse profondità con la prova HVSR, pur rimanendo il risultato di quest'ultima confrontabile con la prima (TAB. 5).

	PROVA MASW (CFR. PAR. 4.1.1.3)	PROVA HVSR (CFR. PAR. 4.1.2.3)
V_sEQ (m/s) DM 17-01-2018	511	592

TAB. 5 – CONFRONTO DEI VALORI DI V_sEQ OTTENUTI DALLE PROVE SISMICHE EFFETTUATE.

5.3.2. STIMA DEI PARAMETRI SISMICI E STATI LIMITE

La classificazione sismica ottenuta con il metodo semplificato NTC è stata utilizzata contestualmente

- alle caratteristiche dell'opera in progetto e
- alla pericolosità sismica di base desunta dalle mappe probabilistiche del territorio nazionale elaborate dall'INGV e relativi parametri sismici (a_g accelerazione orizzontale massima attesa, F_o rapporto di amplificazione spettrale, T_c^* periodo finale del ramo piatto dello spettro)

per la stima delle azioni sismiche, utilizzando la procedura semplificata ai sensi delle NTC 2018.

In relazione alla normativa citata, l'azione sismica di progetto, caratterizzata da 3 componenti traslazionali (due orizzontali ed una verticale) da considerare tra di loro indipendenti e in base al quale valutare il rispetto dei diversi Stati Limite considerati, si definisce a partire dalla “pericolosità sismica di base” sito-specifica.

Quest'ultima è basata sulle mappe probabilistiche della pericolosità del territorio nazionale consultabili sul portale INGV (dati *online* <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) che forniscono i seguenti tre parametri:

- accelerazione orizzontale massima attesa (a_g), ovvero il picco del segnale che ha una certa probabilità di superamento P_{VR} in un periodo di riferimento V_R ;
- F_o , cioè il valore del rapporto tra il massimo dello spettro e a_g per quel sito (amplificazione spettrale);
- T_c^* , ovvero il periodo finale del ramo piatto dello spettro.

V_R viene determinato come prodotto della vita nominale della costruzione V_N (numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata) e del coefficiente d'uso C_U (funzione della gravità delle perdite dovute al raggiungimento di un determinato stato limite).

I valori P_{VR} e V_R che identificano l'accelerazione massima di riferimento per le azioni sismiche confluiscono nella definizione del periodo di ritorno T_R per ciascuno degli Stati Limite.

Considerando i parametri relativi all'opera in oggetto, ricadente in Classe III (di cui al § 2.4.2 delle NTC *“Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso”*), ovvero $V_R=75$ anni e coefficiente d'uso $C_U=1.5$, ed utilizzando le relazioni di cui alla Tabella C.3.2.1 della Circolare esplicativa n°617/2009 (non essendo disponibile una documentazione analoga relativa alle NTC 2018 alla data della stesura del presente documento), devono essere considerati i periodi di ritorno T_R elencanti nella seguente TAB. 6.

STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	STATO LIMITE DI OPERATIVITÀ SLO ($P_{VR} = 81\%$)	$T_R = 45$ anni
	STATO LIMITE DEL DANNO SLD ($P_{VR} = 63\%$)	$T_R = 75$ anni
STATI LIMITE ULTIMI (SLU)	STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA SLV ($P_{VR} = 10\%$)	$T_R = 712$ anni
	STATO LIMITE DI PREVENZIONE DEL COLLASSO SLC ($P_{VR} = 5\%$)	$T_R = 1.462$ anni

TAB. 6 - TABELLA C.3.2.I. DA CIRCOLARE 617/2009 - VALORI DI T_R ESPRESSI IN FUNZIONE DI V_R .

Per la valutazione dello spettro di risposta elastico in accelerazione orizzontale prevista dalla normativa NTC, definite dai parametri a_g , F_o , e T_c^* riferiti ai suddetti periodi di ritorno T_R relativi agli Stati Limite SLE e SLU (TAB. 6), è stato utilizzato il programma “SPETTRI-NTC.VER.1.03” realizzato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Secondo la normativa, lo spettro di risposta (elastico per gli SLE, inelastico per gli SLU) in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale.

I parametri che caratterizzano gli spettri di risposta sono i seguenti:

- a_{MAX} a $T = 0$ s (*Peak Ground Acceleration*; PGA);
- T_C = il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro;
- T_B = il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;
- T_D = il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro.

Relativamente agli spettri di risposta elastici, attraverso il foglio di calcolo del Ministero sono stati computati i valori di:

- accelerazione massima attesa al sito a_{MAX} a partire dal valore dell'accelerazione orizzontale massima del sito a_g su suolo rigido con la seguente relazione:

$$a_{MAX} = a_g \cdot S_s \cdot S_T$$

dove S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica per la Categoria di Sottosuolo B (pari a 1.2) ed S_T il coefficiente di amplificazione topografica dell'area pianeggiante (Categoria T1; Tabella 3.2.III) definiti, rispettivamente, nelle Tabelle 3.2.IV e 3.2.V delle NTC 2018;

- coefficienti sismici di accelerazione orizzontale K_H e verticale K_V calcolati secondo le seguenti:

$$K_H = \beta_s \cdot a_{MAX} \div K_V = \pm 0.5 \cdot K_H$$

dove il coefficiente di riduzione β_s per $a_g(g) \leq 0.1$ è pari a 0.20 (Tabella 7.11.I delle NTC 2018);

- T_C , T_B , T_D per gli stati limite considerati (valori tabulati in ALLEGATO 6).

In TAB. 7 sono riportati i valori calcolati di a_{MAX} e dei coefficienti sismici di accelerazione orizzontale K_H e verticale K_V avendo considerato i) la categoria di suolo sismico C ($S_s=1.2$), ii) la morfologia dell'area pianeggiante ($S_T=1$) e iii) e il coefficiente di riduzione β_s pari a 0.2.

SUOLO CATEGORIA B		PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE				COEFFICIENTI SISMICI					SPETTRO DI RISPOSTA		
		T_R (ANNI)	a_g (g)	F_0	T_c (s)*	S_s	S_T	a_{MAX} (g)	K_H	K_V	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	SLO	45	0.048	2.387	0.227	1.200	1.0	0.058	0.0116	0.0058	0.112	0.336	1.793
	SLD	75	0.062	2.400	0.245	1.200	1.0	0.075	0.0150	0.0075	0.119	0.357	1.850
STATI LIMITE ULTIMI (SLU)	SLV	712	0.157	2.477	0.279	1.200	1.0	0.188	0.0376	0.0188	0.132	0.396	2.226
	SLC	1462	0.198	2.507	0.291	1.200	1.0	0.238	0.0475	0.0238	0.136	0.409	2.392

TAB. 7 - PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE (A_g , F_0 , T_c^*) RIFERITI AI PERIODI DI RITORNO T_R PER GLI STATI LIMITE SLE E SLU (CALCOLATI CON IL PROGRAMMA "SPETTRI-NTC.VER.1.03") E COEFFICIENTI SISMICI STIMATI (ACCELERAZIONE ORIZZONTALE a_{MAX} , COEFFICIENTE DI RIDUZIONE β , COEFFICIENTI SISMICI K_H E K_V , E PERIODI DI RIFERIMENTO DELLO SPETTRO DI NORMATIVA CORRISPONDENTE).

6. ANALISI DELLA COMPONENTE GEOTECNICA

6.1. MODELLO LITO-TECNICO DEL TERRENO

L'analisi dei dati lito-tecnici ha consentito di definire il Modello lito-tecnico del sito, finalizzato alla valutazione da parte del progettista della tipologia costruttiva e al dimensionamento delle strutture e delle fondazioni.

Il Modello è riportato nelle successive TAB. 8 e FIG. 17 e prevede, dall'alto verso il basso, 3 (tre) Unità Lito-Tecniche definite sulla base del numero di colpi senza soluzione di continuità (N_{SCPT}), compatibili con quelle descritte per l'area nello studio a livello comunale della COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA del PGT di Cologne (cfr. PAR. 2.2.1).

I valori N_{SCPT} sono stati convertiti in N_{SPT} . Da questi ultimi sono stati desunti i parametri geotecnici nominali delle diverse unità. La densità relativa (D_r) e il peso di volume (γ) sono stati attribuiti utilizzando la tabella di Terzaghi & Peck (1967), mentre l'angolo di attrito interno è stato calcolato utilizzando la formula fornita dalla *Japan Road Association* (1990).

A favore di sicurezza i terreni sono stati assimilati a terreni incoerenti e la loro coesione drenata posta pari a 0.0 kg/cm².

PROFONDITÀ (m P.C.)	SCPT_1	SCPT_2	SCPT_2	UNITÀ	DESCRIZIONE
	N° COLPI				
0.3	3	4	5	LT_01	Orizzonte da sciolto a moderatamente addensato, riconoscibile in tutte le prove, con valori variabili di resistenza alla punta, con N_{SCPT} compresi tra 3 a 14 colpi/piede con valori anomali esclusivamente nella prova SCPT_1 a 0.9 m riconducibili a presenza di ciottoli. Tale unità si sviluppa da piano campagna a tetto della LT_02 ed ha spessore max di 2.7 m.
0.6	6	14	10		
0.9	48	7	8		
1.2	19	3	5		
1.5	6	3	13		
1.8	7	5	24		
2.1	4	10	31		
2.4	7	7	25		
2.7	16	7	21		
3	21	11	29		
3.3	31	14	34	LT_02	Orizzonte da moderatamente addensato a addensato, parzialmente cementato, con valori variabili di resistenza alla punta, con N_{SCPT} compresi tra 11 e 59 colpi/piede, riconoscibile in tutte le prove. Tale unità si sviluppa dal letto della LT_02 fino a circa 6.0 m.
3.6	42	21	28		
3.9	41	16	28		
4.2	35	27	33		
4.5	26	33	29		
4.8	38	29	13		
5.1	38	23	15		
5.4	34	26	15		
5.7	59	57	23		Orizzonte molto addensato, cementato, riconoscibile in tutte le prove
6.0			42		
6.3	R	R	R		

TAB. 8 – DATI DELLE PROVE SCPT E MODELLO LITO-TECNICO DI RIFERIMENTO.

UNITÀ	TESSITURA	SPESSORE MAX. (m)	N _{SPT}	ADDENSAMENTO	Y (T/m³)	DENSITÀ REL. (D _R) (%)	φ _c
LT_01	Terreno limoso-sabbioso	2.7	9	Da sciolto a mediamente addensato	1.7	15 - 35	28,0°
LT_03	Ghiaia	.	29	Mediamente Addensato	1.8	65 - 85	> 35°

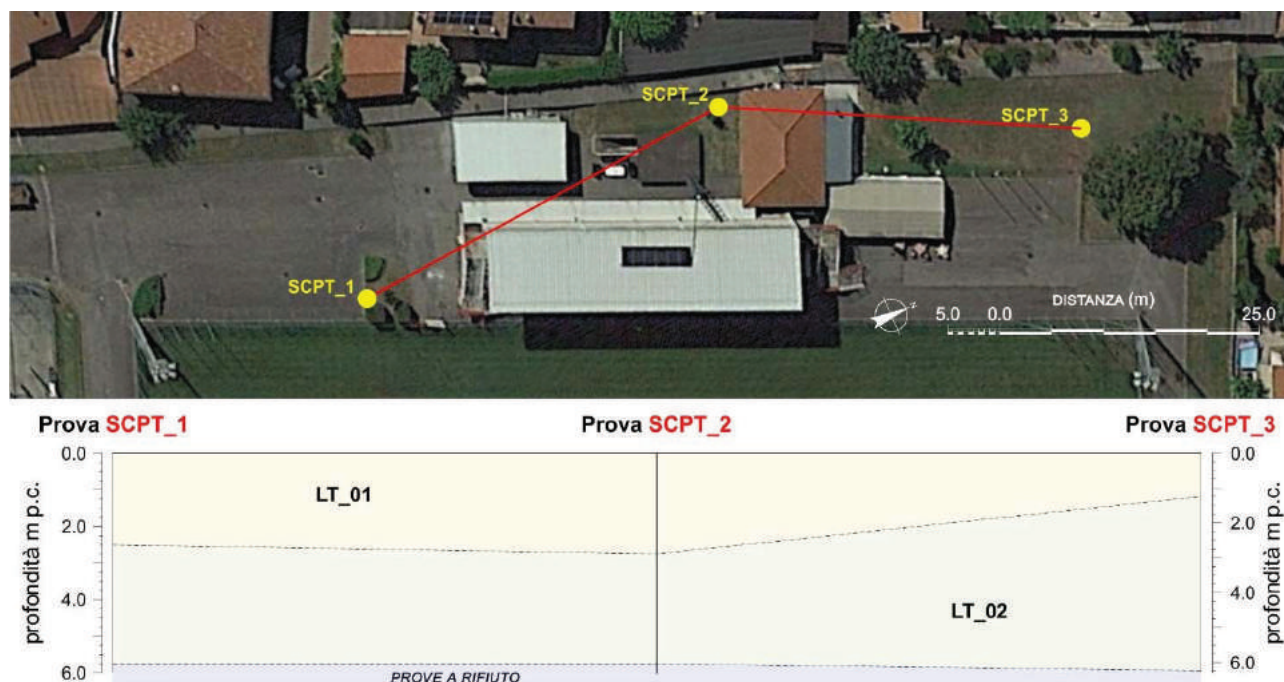


FIG. 17 – MODELLO LITO-TECNICO DEFINITO ATTRAVERSO LE PROVE SCPT.

In ALLEGATO 7 sono riportati, a titolo informativo, le elaborazioni e gli output del *software* utilizzato per la gestione dei dati SCPT (DYNAMIC Geostru).

NB: Qualora si volesse verificare le caratteristiche geotecniche dei terreni oltre 5.7 m dal piano campagna, si rende necessario l'esecuzione di sondaggi geognostici mirati.

6.2. STIMA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

A partire dalle caratteristiche geotecniche dei terreni dedotte dalle prove SCPT e dalle informazioni relative alle opere (si veda la documentazione ricevuta da NIES e ricavata dalla documentazione fornita dalla Committente), quale piano di posa delle fondazioni, tipo di fondazioni, sono stati eseguiti i calcoli per la stima della capacità portante del terreno (q_{lim}) considerando i seguenti scenari relativo all'edificio delle tribune:

- fondazione a trave rovescia;
- fondazione a quota -1.4 m all'interno dell'unità litotecnica LT_1.

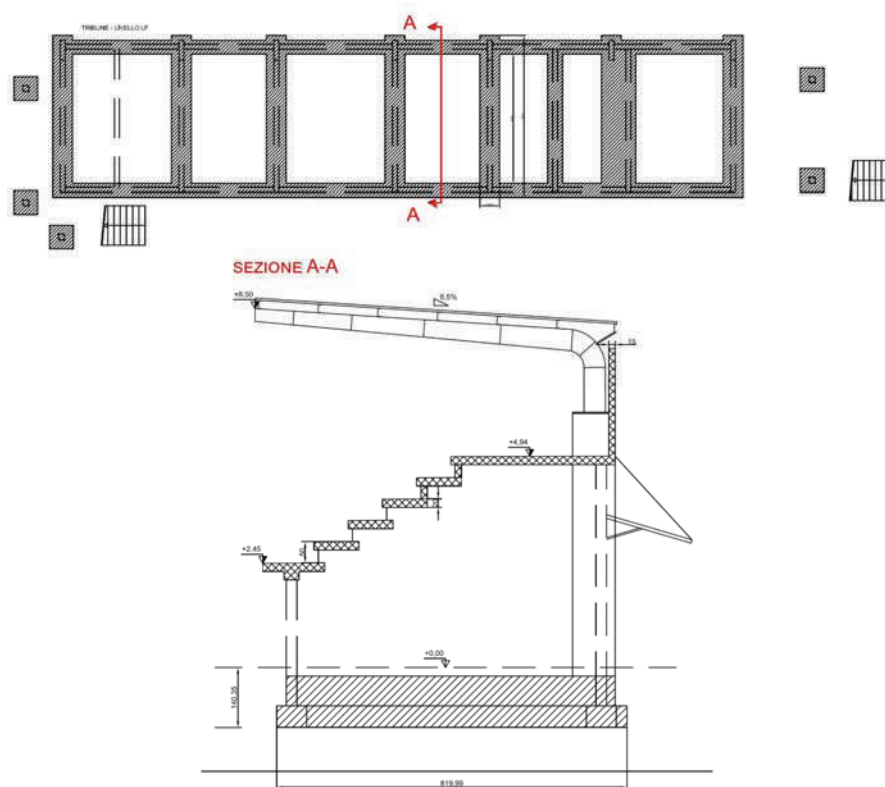
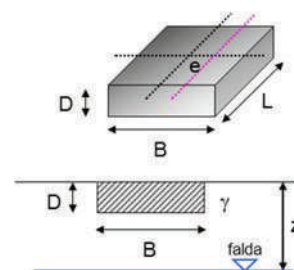


FIG. 18 – STRALCIO DEL PROGETTO DELLE FONDAZIONI DELLE TRIBUNE (SI VEDA LA DOCUMENTAZIONE RICEVUTA DA NIES E RICAVATA DALLA DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENTE).

Il calcolo è stato sviluppato allo scopo di fornire dei differenti scenari di q_{lim} e dei cedimenti immediati e a lungo termine nelle differenti soluzioni progettuali e nel differente contesto di sottosuolo sito-specifico descritto attraverso il Modello Litotecnico (*cf.* PAR. 6.1).



Sulla base delle caratteristiche delle opere, è stata presa in considerazione la seguente tipologia di fondazione, ovvero:

- TRAVE ROVESCIA di 1.4 m (D: piano di posa) x 0.5 m (B) x 8.2 m (L);

In tutti i casi:

- la coesione del terreno (c') è stata considerata nulla a favore di sicurezza;
- la falda è stata considerata assente (come da risultati delle prove SCPT);
- la stima della capacità portante (q_{lim}) è stata eseguita utilizzando il metodo di Terzaghi & Peck (1943):

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma + c' \cdot N_c + q' \cdot N_q$$

B: larghezza della fondazione

γ' : peso di volume del terreno

c' : coesione

q' : pressione efficace media alla profondità di posa

φ : angolo di attrito

N_γ : coefficiente adimensionale, funzione di φ

N_c : coefficiente adimensionale, funzione di φ

N_q : coefficiente adimensionale, funzione di φ

I risultati dei calcoli eseguiti sono riassunti nella seguente TAB. 9: nella terza colonna viene indicato, per ciascuna fondazione, la capacità portante (q_{lim}) calcolata con la formula di Terzaghi & Peck (1943), mentre nella quarta colonna viene indicato la capacità portante ammissibile (q_{amm}) considerando un fattore di sicurezza pari a 3 secondo ai sensi del D.M. 11/03/88.

Si sottolinea come i valori sopra riportati siano indicativi poiché, ai sensi della normativa attualmente vigente (NTC 2018), deve essere calcolato il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico (R_d) per le verifiche allo stato limite ultimo (SLU) in condizioni statiche e dinamiche, scegliendo uno dei due approcci e applicando ai parametri dei terreni, ai carichi e alle resistenze gli opportuni coefficienti di amplificazione/riduzione.

Si raccomanda inoltre, una volta calcolati i carichi e verificate le condizioni agli SLU in condizioni statiche e dinamiche, di verificare anche le condizioni agli stati limite di esercizio (SLE), ovvero i cedimenti, sia in condizioni statiche che dinamiche.

UNITÀ LT DI FONDAZIONE	γ (t/m ³)	ϕ_c	TIPOLOGIA FONDAZIONE	q_{lim} (kg/cm ²)	q_{amm} (kg/cm ²)
LT_1	1.7	28,0°	TRAVE ROVESCIA 1.4 m (D) x 1.0 m (B) x 8.2 m (L)	5.9	1.9

TAB. 9 – VALORI DI CAPACITÀ PORTANTE (q_{lim}) E CAPACITÀ PORTANTE AMMISSIBILE (q_{amm}) DEL TERRENO.

7. CONCLUSIONI

La scrivente GEOLOGICA - STUDIO GEOLOGICO DOTTOR DIEGO SERVIDA, con sede a Cassina de' Pecchi, via Roma 18, è stata incaricata dal COMUNE DI COLOGNE determinazione n. 134 del 26/03/2018 della redazione della RELAZIONE GEOTECNICA ai sensi delle normative vigenti (D.M. 17 gennaio 2018 "NTC 2018" e D.G.R. IX/2616) a supporto del progetto di "verifica di vulnerabilità sismica e di redazione progetto di adeguamento antincendio ed elettrico del campo sportivo", in particolare dell'edificio della tribuna e degli spogliatoi del Campo Sportivo di Cologne (BS), affidato al RTP (Raggruppamento Temporaneo di Prestatori dei servizi), composto dall' Ing. Francesco Bianchi, Ing. Alberto Masserdotti, Ing. Francesco Faustini e Dott. Geol. Diego Servida.

Dal punto di vista geotecnico, attraverso le analisi condotte ai sensi delle normative vigenti, è stato possibile definire il seguente modello lito-tecnico di riferimento per l'area oggetto dell'intervento e determinare per ogni Unità Litotecnica le principali caratteristiche geotecniche al fine di da utilizzarsi in fase progettuale

Il modello lito-tecnico è il seguente:

UNITÀ	TESSITURA	SPESSORE MAX. (m)	N _{SPT}	ADDENSAMENTO	Y (T/m ³)	DENSITÀ REL. (D _R) (%)	φ _c
LT_01	Terreno limoso-sabbioso	2.7	9	Da sciolto a mediamente addensato	1.7	15 - 35	28.0°
LT_03	Ghiaia	.	29	Mediamente Addensato	1.8	65 - 85	> 35°

Sulla base delle prove, è stata inoltre esclusa la presenza di falda superficiale nell'intervallo di investigazione.

A partire dalle caratteristiche geotecniche dei terreni dedotte dalle indagini e le caratteristiche relative alle opere, sono stati eseguiti i calcoli per la stima della capacità portante ipotizzando il ricorso a fondazioni superficiali tipo trave rovescia, nell'unità litotecnica LT_1, con piano di posa a 1.4 m p.c..

Nello scenario considerato, la capacità portante (q_{lim}) e la capacità portante ammissibile (q_{amm}) del terreno sono risultate le seguenti:

UNITÀ LT DI FONDAZIONE	Y (T/m ³)	φ _c	TIPOLOGIA FONDAZIONE	q _{LIM} (kg/cm ²)	q _{AMM} (kg/cm ²)
LT_1	1.7	28.0°	TRAVE ROVESCIA 1.4 m (D) x 1.0 m (B) x 8.2 m (L)	5.9	1.9

Si sottolinea come questo sia un valore indicativo, poiché secondo la normativa attualmente vigente deve essere calcolato il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico (R_d) per le verifiche allo stato limite ultimo (SLU) in condizioni statiche e dinamiche, scegliendo uno dei due approcci e applicando ai parametri dei terreni, ai carichi e alle resistenze gli opportuni coefficienti di amplificazione/riduzione.

Dal punto di vista sismico, l'area oggetto dell'intervento:

- ricade in ZONA SISMICA 3 nell'ambito della classificazione macrosismica nazionale, corrispondente ad accelerazione di picco su terreno rigido $0.125 \text{ g} < a_g \leq 0.150 \text{ g}$, ai sensi della D.G.R. n. X/2129 del 11.07.2014 “*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia*”;
- ricade in ZONA 4A “*zone di pianura con depositi alluvionali/fluvioglaciali granulari e/o coesivi*” (ai sensi dall'ALLEGATO 5 alla D.G.R. IX/2616 del 30.11.2011) nell'ambito della classificazione di Pericolosità Sismica Locale del territorio del Comune di Cologne, ovvero zona suscettibile di “AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE E GEOMETRICHE”;
- considerate la composizione granulometrica del terreno di fondazione (prevalentemente ghiaioso-sabbiosa) e la profondità media della falda più superficiale (50 m circa da p.c.) si esclude l'esistenza dei fattori predisponenti al rischio da liquefazione dei terreni ai sensi delle indicazioni delle NTC 2018;
- la prova HVSR effettuata ha consentito di evidenziare un *plateau* di picco del rapporto spettrale H/V (ampiezza $\sim 1.4-1.6$) collocato in una banda di frequenza compresa tra 4 e 10 Hz, con un picco lievemente più pronunciato a 4.2 Hz, verosimilmente prodotto da una interfaccia di impedenza sismica superficiale e corrispondente alla Frequenza Propria di sito (F_0);
- la prova MASW effettuata per il calcolo diretto del profilo delle onde Vs ha consentito di ricavare la stratigrafia sismica del sito fino a 30 m di profondità e calcolare il valore del parametro V_sEQ definito ai sensi delle NTC 2018, risultato pari a 511 m/s corrispondente ad una CATEGORIA DI SUOLO B.

In relazione alla classificazione dell'area in ZONA 4A si è proceduto alla definizione della risposta sismica sito-specifica dei terreni in termini di F_a (fattore di amplificazione) attraverso la verifica semplificata corrispondente al II Livello di approfondimento definito dalla D.G.R. n° IX/2616.

I Fattori di amplificazione (F_a) sono stati calcolati sulla base della stratigrafia sismica ottenuta dalla prova HVSR in funzione degli intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s e sono elencati nella tabella seguente.

INTERVALLO	VALORE CALCOLATO	VALORI SOGLIA REGIONE LOMBARDIA SUOLO B	ESITO
0.1 - 0.5 s	1.3 ± 0.1	1.5	$F_A < \text{VALORE SOGLIA}$
0.5 - 1.5 s	1.1 ± 0.1	1.7	$F_A < \text{VALORE SOGLIA}$

I valori di F_a ottenuti attraverso la procedura semplificata, ai sensi dell'ALL. 5 alla DGR n. 2616/2011, per entrambi gli intervalli di periodo considerati, 0.1 s - 0.5 s e 0.5 s - 1.5 s, risultano inferiori ai valori di soglia forniti da Regione Lombardia, pertanto la normativa nazionale risulta sufficientemente cautelativa nei confronti dei fenomeni di amplificazione sismica locale in tali periodi legati caratteristici della classe sismica Z4A ("ZONE DI PIANURA CON DEPOSITI ALLUVIONALI/FLUVIOGLACIALI GRANULARI E/O COESIVI" dall'ALLEGATO 5 alla D.G.R. IX/2616).

In fase di progettazione, è pertanto possibile utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo rilevata, utilizzando per il caso in esame quello della CATEGORIA DI SUOLO B.

A partire dalla categoria di sottosuolo (Categoria B) e dalle caratteristiche relative all'opera, sono stati calcolati i periodi di ritorno T_R di riferimento per le azioni sismiche di progetto ed i valori di a_{MAX} e dei coefficienti sismici di accelerazione orizzontale K_H e verticale K_V ai sensi del D.M. 14 gennaio 2018 "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI".

I valori ottenuti sono riportati nella tabella sottostante.

SUOLO CATEGORIA B		PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE				COEFFICIENTI SISMICI					SPETTRO DI RISPOSTA		
		T_R (ANNI)	a_g (g)	F_0	T_c (s)*	S_S	S_T	a_{MAX} (g)	K_H	K_V	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	SLO	45	0.048	2.387	0.227	1.200	1.0	0.058	0.0116	0.0058	0.112	0.336	1.793
	SLD	75	0.062	2.400	0.245	1.200	1.0	0.075	0.0150	0.0075	0.119	0.357	1.850
STATI LIMITE ULTIMI (SLU)	SLV	712	0.157	2.477	0.279	1.200	1.0	0.188	0.0376	0.0188	0.132	0.396	2.226
	SLC	1462	0.198	2.507	0.291	1.200	1.0	0.238	0.0475	0.0238	0.136	0.409	2.392

Cassina de' Pecchi, 18/04/2018

DOTT. GEOL. DIEGO SERVIDA



ALLEGATO 1

DETERMINAZIONE N. 134 DEL 26/03/2018 DEL COMUNE DI COLOGNE



COMUNE DI COLOGNE

PROVINCIA DI BRESCIA

DETERMINAZIONE N. 134 DEL 26/03/2018

ORIGINALE

Oggetto : AFFIDAMENTO SERVIZIO TECNICO DI VERIFICA DI VULNERABILITÀ SISMICA E DI REDAZIONE PROGETTO DI ADEGUAMENTO ANTINCENDIO ED ELETTRICO DEL CAMPO SPORTIVO A R.T.P. CIG. ZB322CA77E

IL RESPONSABILE DELL'AREA

VISTA la delibera di Consiglio Comunale n. 19 del 24.02.2018, esecutiva, con la quale è stato approvato il Bilancio pluriennale 2018/2020;

VISTA la delibera di Giunta Comunale n. 67 del 08.03.2018, esecutiva, con la quale è stato approvato il P.E.G. del 2016;

VISTO che con atto n. 267 del 11.01.2016 il Sindaco di Cologne ha nominato la sottoscritta Responsabile dell'area tecnica di questo Comune ai sensi e per gli effetti dell'art. 109, comma 2, del T.U. approvato con D. Lgs. 18.08.2000 n. 267;

ATTESA la necessità di effettuare la verifica di vulnerabilità sismica e di redigere il progetto di adeguamento antincendio ed elettrico del campo sportivo di via Croce siano a norma;

TENUTO CONTO che, a seguito di valutazione delle risorse in dotazione all'Ufficio Tecnico Comunale, il Comune non dispone di professionalità specifiche per le prestazioni sopra indicate e che il responsabile del procedimento ha stimato l'importo totale della prestazione sopra citata, ai sensi del DM 17/06/2016, in **€ 26.200,00** oltre Contributo Cassa ed IVA 22%;

RICORDATO che ricorre l'obbligo di qualificazione delle stazioni appaltanti così come stabilito dall'art. 38 del D. Lgs. 50/2016 e che, ai sensi dell'art. 216 comma 10 del medesimo D. Lgs. 50/2016 fino all'entrata in vigore del sistema di qualificazione delle stazioni appaltanti, il possesso dei requisiti è soddisfatto mediante iscrizione all'Anagrafe Unica delle Stazioni Appaltanti (AUSA) istituita presso ANAC (ex AVCP);

PRESO ATTO che il Comune di Cologne risulta iscritto all'AUSA con codice 0000193978;

RICHIAMATI:

- il **Decreto Legislativo 18 aprile 2016 numero 50** e rettifica pubblicata in G.U. n. 164 del 15 luglio 2016 "Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture" ed in particolare:

- l'art. 37 che conferma gli obblighi di ricorso agli strumenti di acquisto telematici, previsti dalle disposizioni in materia di contenimento della spesa rinvenibili nelle seguenti norme: articolo 26 co. 3 della legge 488/1999, i commi 510, 512 e 516 della legge 208/2015, il comma 7 dell'articolo 1 del D.L. 95/2012 e il comma 450 della legge 296/2006 (modificato dalla legge 94/2012 di conversione del DL 52/2012 e dalla legge 208/2015);

- l'art. 36, in materia di Contratti sotto soglia:

"1. L'affidamento e l'esecuzione di lavori, servizi e forniture di importo inferiore alle soglie di cui all'articolo 35 avvengono nel rispetto dei principi di cui all'articolo 30, comma 1, nonché nel rispetto del principio di rotazione e in modo da assicurare l'effettiva possibilità di partecipazione delle microimprese, piccole e medie imprese.

2. Fermo restando quanto previsto dagli articoli 37 e 38 e salva la possibilità di ricorrere alle procedure ordinarie, le stazioni appaltanti procedono all'affidamento di lavori, servizi e forniture di importo inferiore alle soglie di cui all'articolo 35, secondo le seguenti modalità:

a) per affidamenti di importo inferiore a 40.000 euro, mediante affidamento diretto, adeguatamente motivato o per i lavori in amministrazione diretta";

- l'art. 95 "Criteri di aggiudicazione dell'Appalto", comma 3, lettera b), ove può essere utilizzato il criterio del minor prezzo per l'affidamento dei servizi di ingegneria e architettura e degli altri servizi di natura tecnica e intellettuale di importo superiore a 40.000 euro;

- **le Linee guida attuative del Nuovo Codice dei Contratti** – Documento di consultazione con le quali l'ANAC ha avviato la consultazione, conclusa il 16 maggio 2016 e finalizzata alla definizione degli aspetti di dettaglio della disciplina applicabile agli affidamenti di importo inferiore alla soglia di rilievo europeo e la successiva **Deliberazione del 28.06.2016** che ha fornito le seguenti indicazioni in ordine agli affidamenti diretti;

- **Le Linee guida attuative del Nuovo Codice dei Contratti – Deliberazione n. n. 973 del 14 settembre 2016**, recanti "Indirizzi generali sull'affidamento dei servizi attinenti l'architettura e l'ingegneria";

CONSIDERATO pertanto necessario, nel rispetto dell'art. 36, comma 2, lettera a), del D. Lgs 18 aprile 2016 n. 50 e dell'art. 3 della legge 241/1990 e s.m.i, quale principio di ordine generale dall'azione amministrativa, dare conto della motivazione del perché si ritiene opportuno nel caso di specie procedere mediante un affidamento diretto secondo quanto segue:

- **per parte di motivazione in diritto:**

1) il servizio in oggetto rientra nei dettami di cui all'art. 36, comma 2, lettera a), del D. Lgs 18 aprile 2016 n. 50, essendo il valore dell'affidamento inferiore a 40.000,00 euro e pertanto possibile l'affidamento diretto, ritenendo nella fattispecie l'affidamento previsto per i contratti sotto soglia, in termini di tempestività ed efficacia, idonea alternativa alle procedure ordinarie alla luce peraltro delle tempistiche necessarie all'avvio dei lavori in ragione del possibile utilizzo delle somme di cui al DPCM del 27/04/2016;

- **per parte di motivazione in fatto:**

1) così operando, questa pubblica amministrazione intende avvalersi di questo strumento di affidamento previsto per legge per garantire un affidamento indubbiamente più celere ed in forma semplificata per ottenere conseguentemente una riduzione dei tempi procedurali e quindi anche della realizzazione del servizio/fornitura oggetto di affidamento;

RICHIAMATO l'articolo 192 del TUEL, il quale dispone che prima dell'avvio delle procedure di affidamento dei contratti pubblici, le amministrazioni aggiudicatrici decretano o determinano di contrarre, in conformità ai propri ordinamenti, individuando gli elementi essenziali del contratto e i criteri di selezione degli operatori economici e delle offerte;

PRECISATO quindi che:

- il fine che si intende perseguire è la sicurezza del centro sportivo;
l'oggetto della prestazione è l'incarico per la verifica di vulnerabilità sismica e di redigere il progetto di adeguamento antincendio ed elettrico del campo sportivo di via Croce;
- la forma del contratto: ai sensi dell'art. 32 comma 14 del D. Lgs 50/2016, la stipula del contratto per gli affidamenti di importo non superiore ad € 40.000,00 avviene mediante corrispondenza secondo l'uso del commercio;
- la modalità di scelta del contraente mediante affidamento diretto ai sensi del D.lgs 50/2016. per importi inferiori a €. 40.000,00 tramite sistema telematico;

- il pagamento sarà effettuato nel termine di 60 (sessanta) giorni dalla data di emissione della fattura elettronica;

RITENUTO di:

- procedere all'affidamento diretto del suddetto incarico professionale tramite la piattaforma telematica denominata SinTel messa a disposizione da ARCA di regione Lombardia all'ing. Bianchi Francesco, che risulta iscritta all'albo fornitori del Comune di Cologne istituito presso SinTel;
- in data 15/03/2018 è stata pubblicata sul portale SinTel la procedura ID 95277577 per l'affidamento dell'incarico in oggetto;

CONSIDERATO che alla data di scadenza della procedura, prevista per il giorno 19/03/2018, è pervenuta l'offerta dell'ing. **Bianchi Francesco** con un ribasso del 0%, per un importo offerto pari a €. 26.200,00, contributo cassa ed Iva al 22% escluse il quale ha dichiarato di voler partecipare in **R.T.P.** (Raggruppamento Temporaneo di Prestatori di servizi) con i seguenti professionisti:

- **Ing. Masserdotti Alberto**
- **Geologo Servida Diego**
- **Ing. Faustini Francesco**
- **Ing. Campanelli Matteo**;

VISTO l'atto costitutivo di raggruppamento temporaneo di scopo fra professionisti e mandato collettivo speciale con rappresentanza, acquisito in data 21.03.2018 prot. 4681;

VISTO il documento di regolarità contributiva dei suddetti professionisti;

DATO ATTO CHE è stato preventivamente acquisito il visto di regolarità contabile attestante la copertura finanziaria ai sensi e per gli effetti dell'art. 151, comma 4, del T.U. approvato con D.Lgs. N. 267 del 18 Agosto 2000 riportato in calce al presente provvedimento;

VISTA la normativa vigente in materia:

DETERMINA

1.Di affidare direttamente ai sensi dall'art. 36 comma 2 lettera a) del D. Lgs. 50/16 per la verifica di vulnerabilità sismica e di redigere il progetto di adeguamento antincendio ed elettrico del campo sportivo di via Croce al Raggruppamento Temporaneo di Prestatori di servizi composto da ing. Bianchi Francesco (codice fornitore 3541) CF BNCFNC85H09C618O con sede a Brescia Via Prima 21 quartiere Abba, Ing. Masserdotti Alberto (codice fornitore 100074) CF MSSLRT85B10B157F con sede a Nave Via Brolo 111, Geologo Servida Diego (codice fornitore 100076) CF SRVDGI80B18F205X con sede a Milano Via Roma 18, ing. Faustini Francesco (codice fornitore 100075) CF FSTFNC60L16G869D con sede a Pontoglio Via Civate 24, ing. Campanelli Matteo (codice fornitore 100073) CF CMPMTT85H27D940Y con sede a Nuvolera Via Vicolo Bonfadini 6 per l'importo complessivo di € 33.242,56 (oneri fiscali inclusi):

2.Di impegnare l'onere complessivo per il servizio di cui trattasi di **€ 33.242,56 al cap. 254** con dizione: **“studi, progettazione, direzione lavori e collaudo”** del Bilancio di previsione del corrente esercizio 2018, su cui esiste idonea copertura, come segue in base all'atto costitutivo di raggruppamento temporaneo di scopo fra professionisti e mandato collettivo speciale con rappresentanza, acquisito in data 21.03.2018 prot. 4681:

Anno di imputazione	Missione Programma Titolo Macro aggregato	Codice Piano Finanziario	Capitolo	CIG	Importo	Codice fornitore
2018	01.06.1.03	U.1.03.02.11.999	254	ZB322CA77E	€ 8.417,02	3541
2018	01.06.1.03	U.1.03.02.11.999	254	ZB322CA77E	€ 6.575,38	100073
2018	01.06.1.03	U.1.03.02.11.999	254	ZB322CA77E	€ 6.575,38	100074
2018	01.06.1.03	U.1.03.02.11.999	254	ZB322CA77E	€ 9.517,34	100075
2018	01.06.1.03	U.1.03.02.11.999	254	ZB322CA77E	€ 2.157,44	100076

3. di dare atto che, ai sensi dell'art. 183 comma 8 del D.Lgs. n. 67/2000, la sottoscritta ha accertato preventivamente che il programma dei conseguenti pagamenti relativi all'impegno di spesa che si assume con il presente atto, è compatibile con i relativi stanziamenti di bilancio e con le regole di finanza pubblica come, per altro, accertato dal Responsabile dell'area contabile con l'apposizione sul presente atto del visto di regolarità.

Il Responsabile di Procedimento

Il Responsabile Area Tecnico Manutentiva

Raineri Arch. Monica

Ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 151 comma 4° del T.U. approvato con D.Lgs n. 267 del 18 agosto 2000 si appone il visto di regolarità contabile attestante la copertura finanziaria.

Il Responsabile Area Economico
Finanziaria
Plebani Rag. Simonetta

Art. 191 del T.U. approvato con D.Lgs. n. 267 del 18 Agosto 2000

Si attesta che l'impegno contabile è stato registrato:

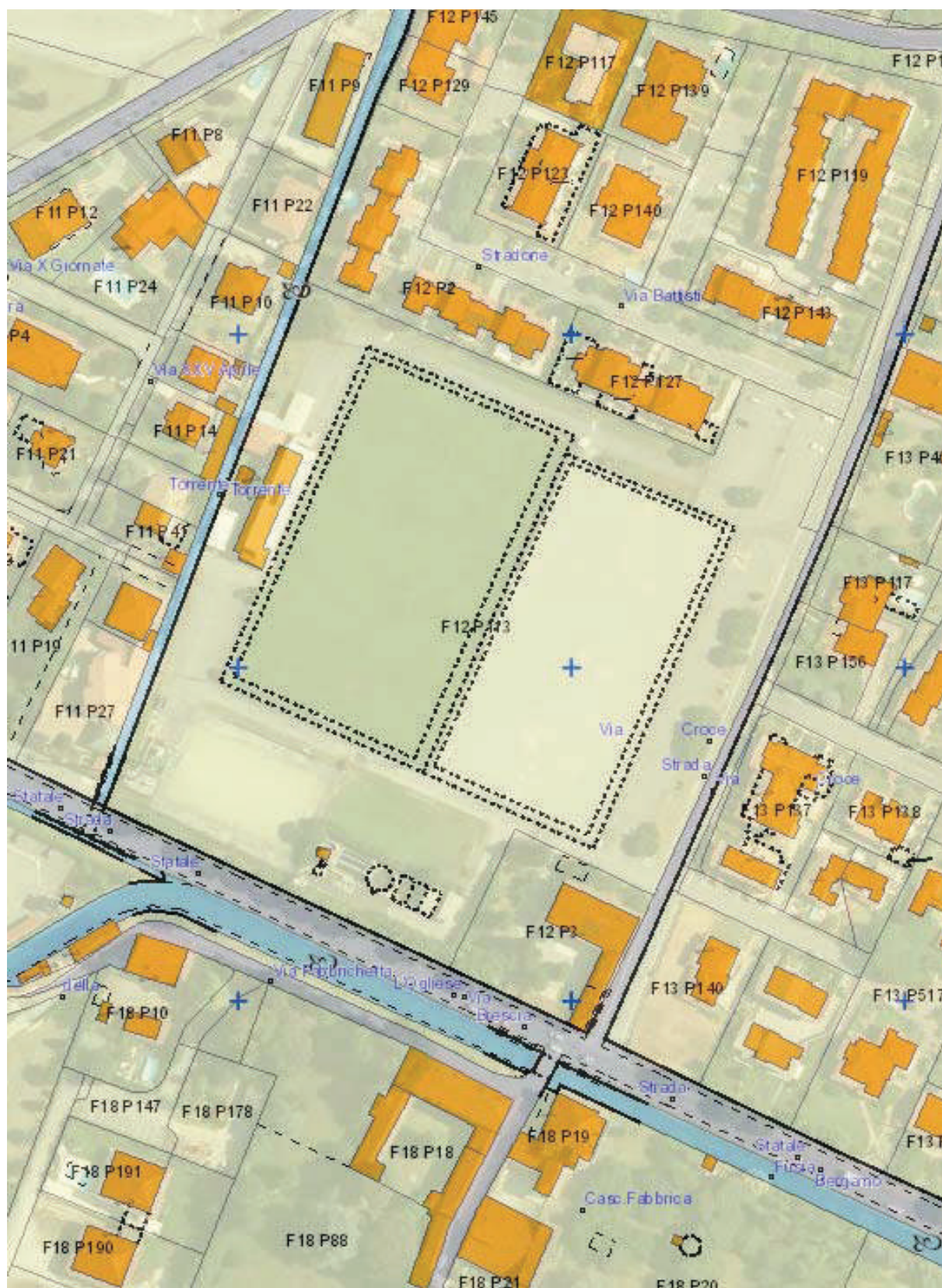
Anno	Capitolo E\U	Impegno\Accertamento	Importo
2018	01061.03.0254	480723	8.417,02
2018	01061.03.0254	480724	6.575,38
2018	01061.03.0254	480725	6.575,38
2018	01061.03.0254	480726	9.517,34
2018	01061.03.0254	480727	2.157,44

Li, 26/03/2018

Il Responsabile Area Economico Finanziaria
Plebani Rag. Simonetta

ALLEGATO 2

STRALCIO DELLA MAPPA CATASTALE



ALLEGATO 3

REPORT FOTOGRAFICO DELE INDAGINI



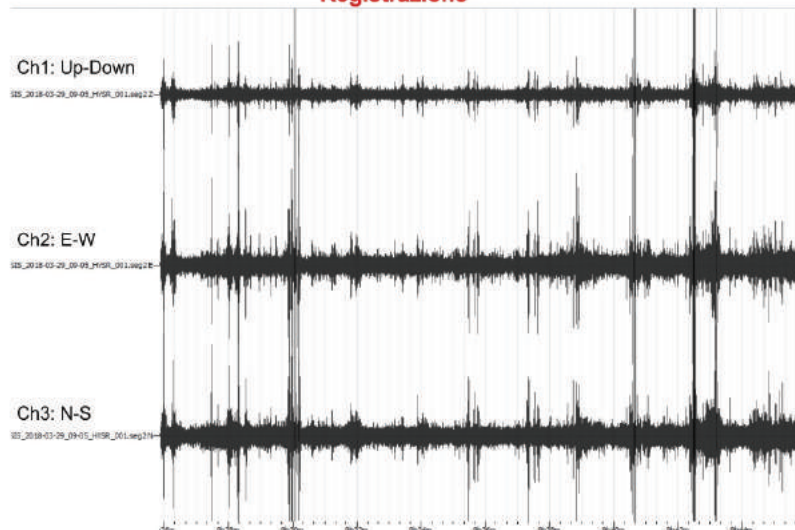


ALLEGATO 4a

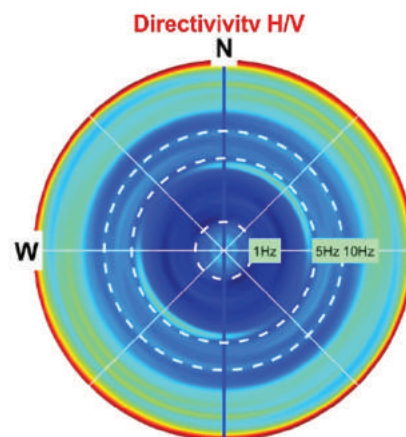
DATI HVSR

Horizontal To-Vertical Spectral Ratio (HVSr)

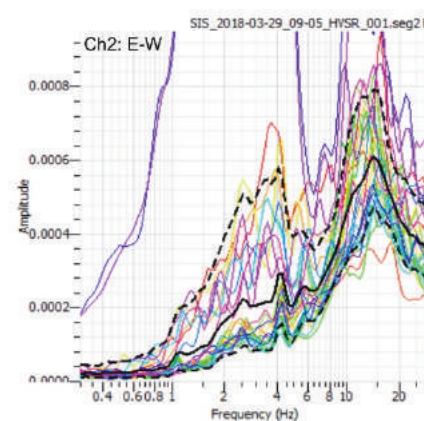
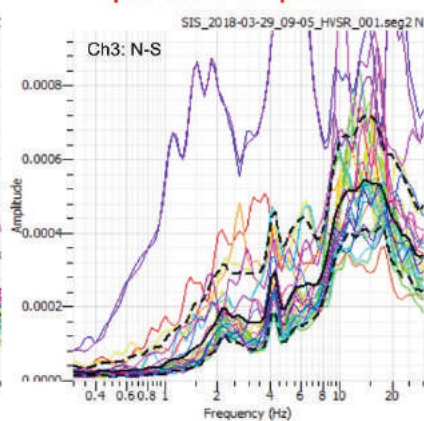
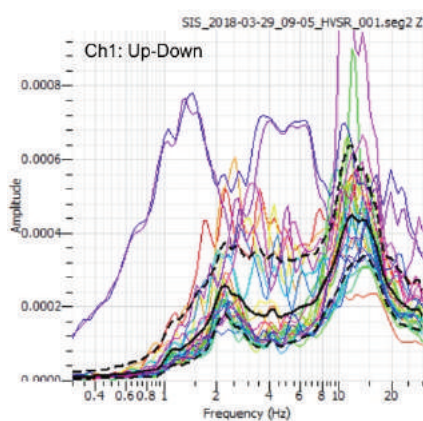
Registrazione



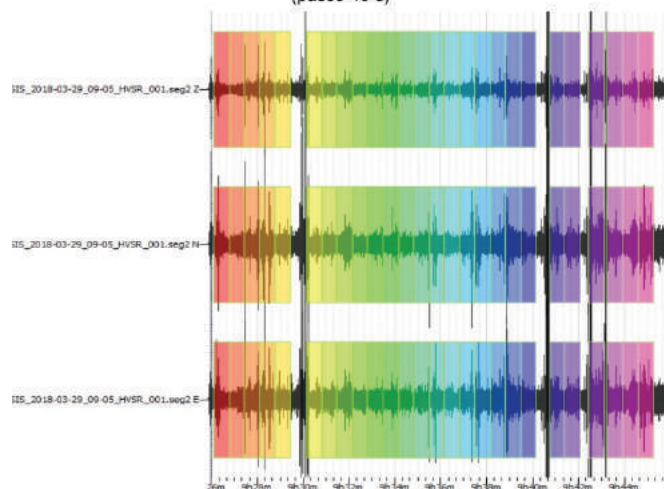
strumentazione: PASI GEA24
geofoni a tre componenti 3DLG - freq. propria 2.0 Hz
Software di elaborazione: Geopsy, WinMASW Academy 7.4



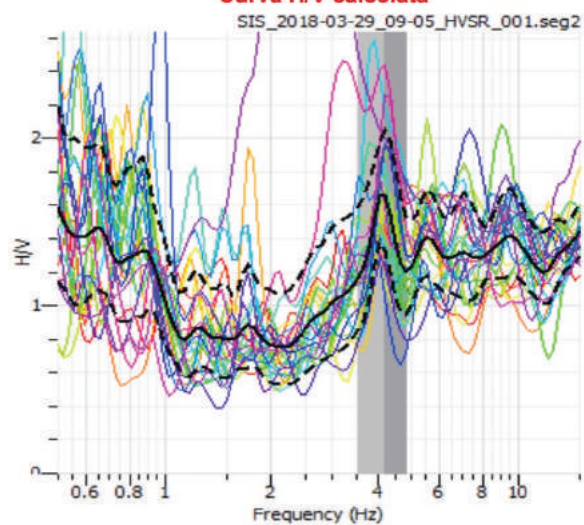
Spettri delle componenti



Finestre temporali scelte (passo 40 s)



Curva H/V calcolata



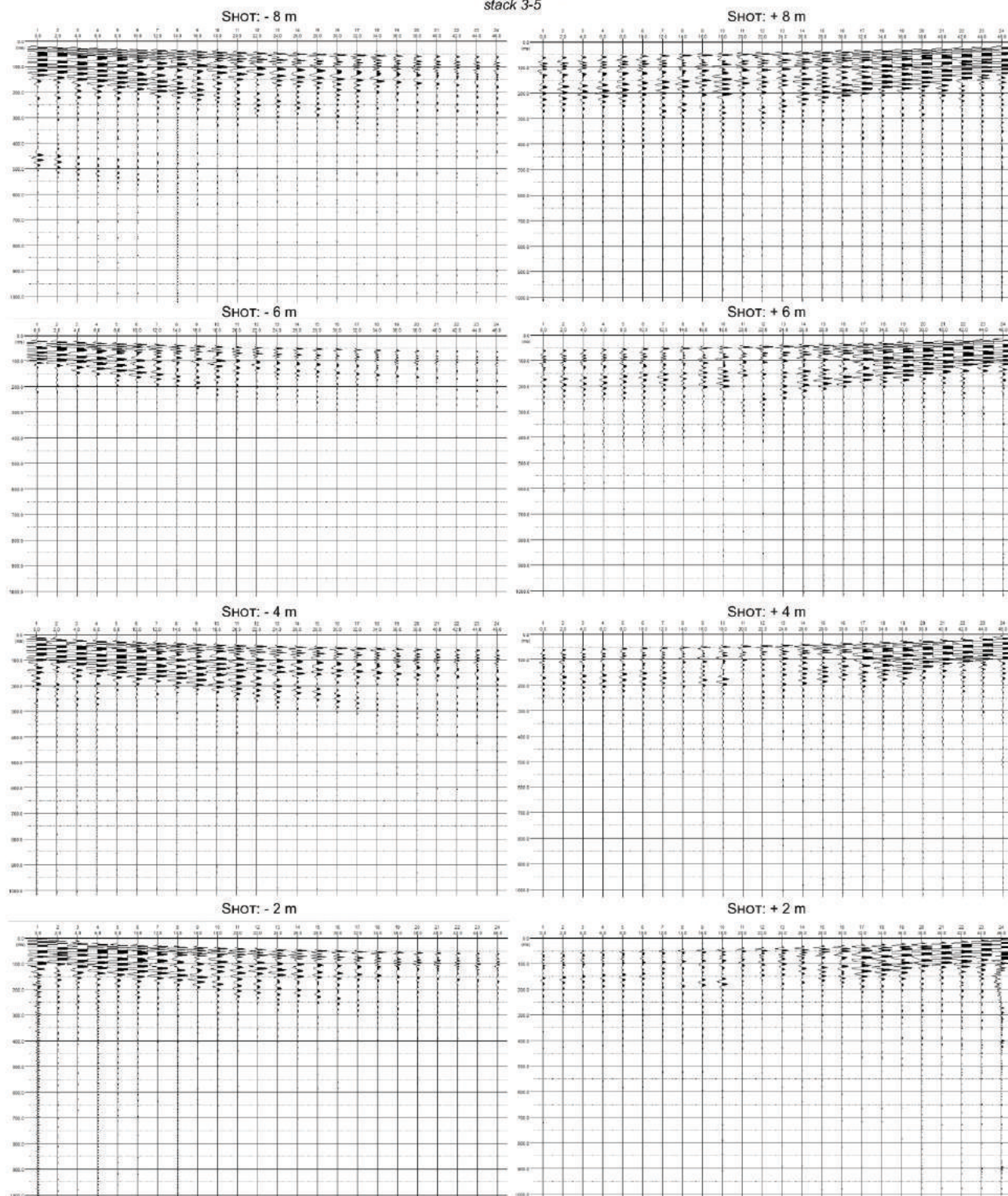
ALLEGATO 4b

DATI MASW

Multi-Channell Analysis of Surface Waves (MASW)

Sismogrammi registrati
stack 3-5

strumentazione: PASI GEA24
24 canali, passo 2 m, geofoni - freq. propria 4.5 Hz
Software di elaborazione: WinMASW Academy 7.4



ALLEGATO 5

GRAFICI DELLE PROVE SCPT

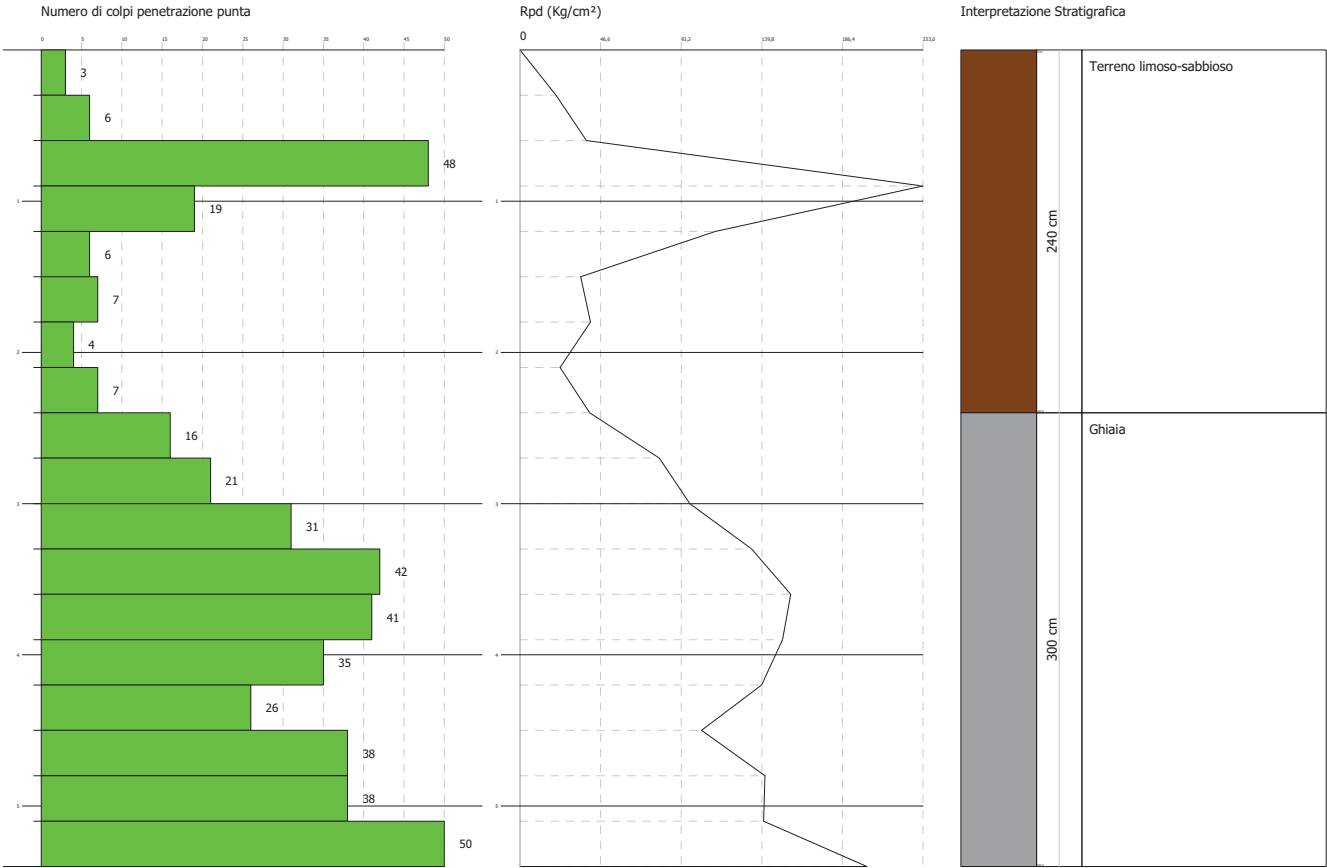
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

-
-
-

Committente: Comune di Cologne
Cantiere: Campo sportivo
Località:

Data: 29/03/2018

Scala 1:50



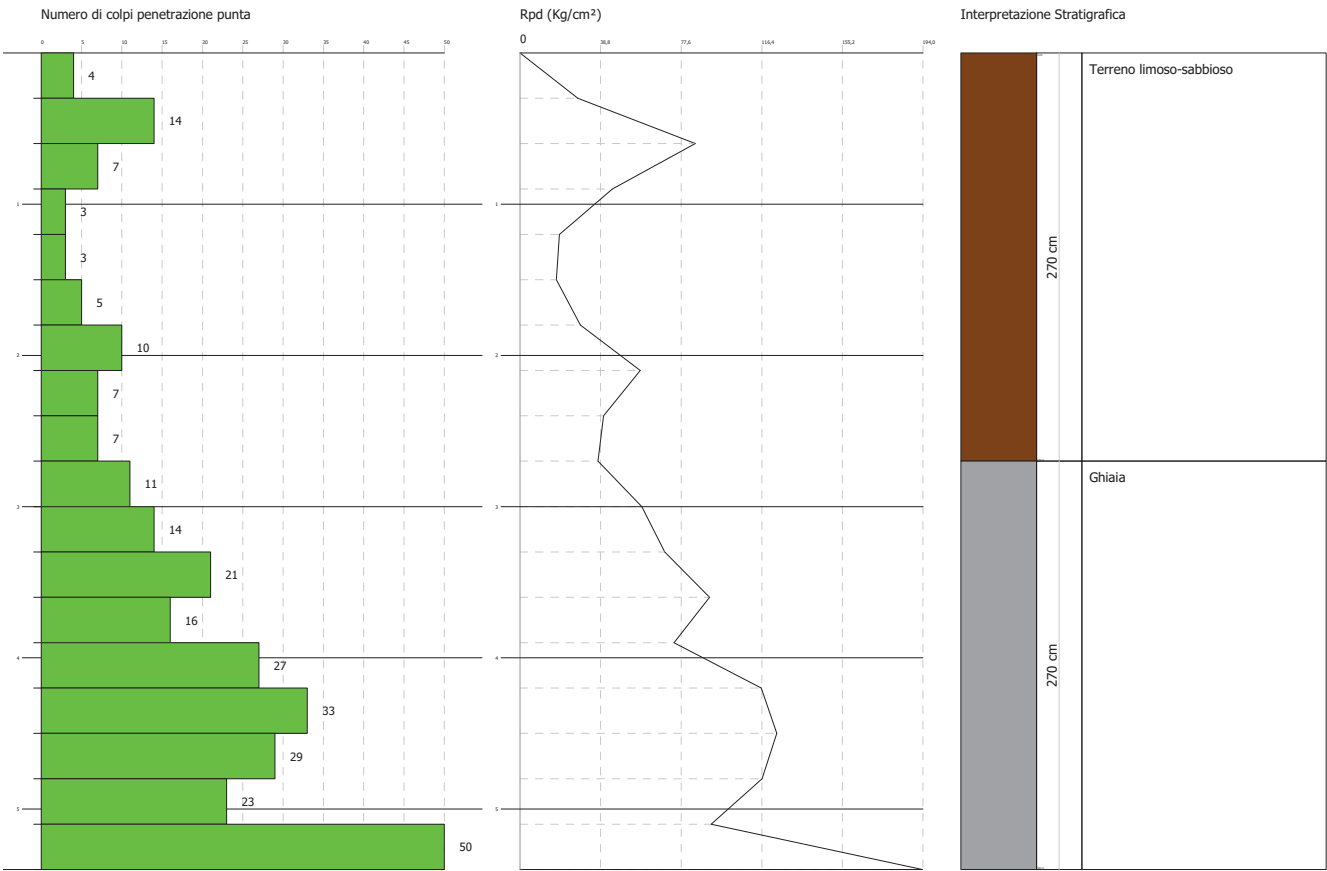
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

-
-
-

Committente: Comune di Cologne
Cantiere: Campo sportivo
Località:

Data: 29/03/2018

Scala 1:50



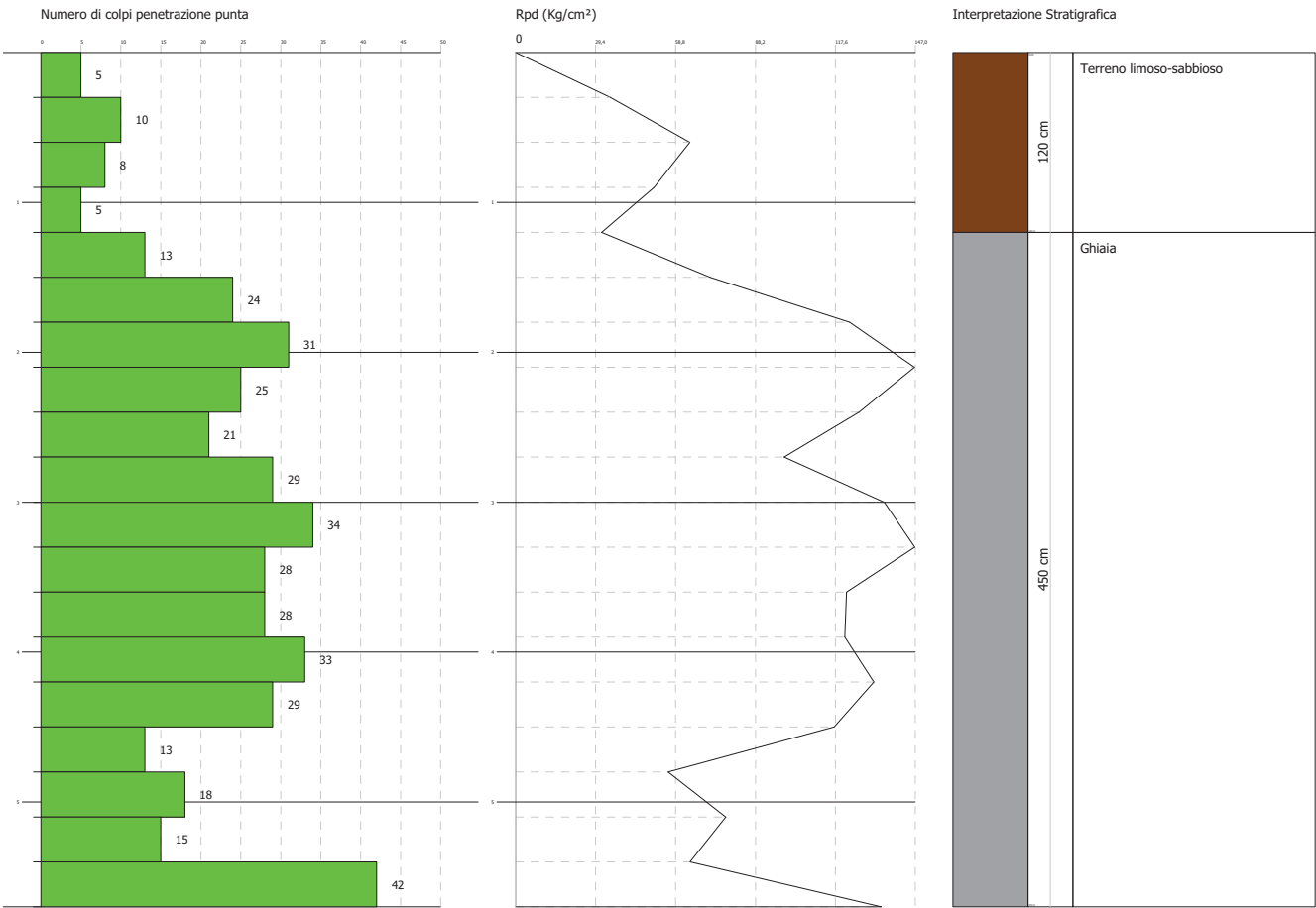
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

-
-
-

Committente: Comune di Cologne
Cantiere: Campo sportivo
Località:

Data: 29/03/2018

Scala 1:50



ALLEGATO 6

PARAMETRI DELLO SPETTRO DI RISPOSTA VERTICALE E ORIZZONTALE AGLI STATI LIMITE

CATEGORIA DI SUOLO B – SPETTRI V-O STATO LIMITE DI OPERATIVITÀ (SLO)

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale				Parametri e punti dello spettro di risposta verticale			
Parametri indipendenti		Punti dello spettro di risposta		Parametri indipendenti		Punti dello spettro di risposta	
STATO LIMITE	SLO	T [s]	Se [g]	STATO LIMITE	SLO	T [s]	Se [g]
a_g (g)	0,048	0,000	0,058	$a_{g,v}$ (g)	0,014	0,000	0,014
F_0	2,387	$T_B \leftarrow$ 0,112	0,138	S_S	1,000	$T_B \leftarrow$ 0,050	0,023
T_c (s)*	0,227	$T_c \leftarrow$ 0,336	0,138	S_I	1,000	$T_c \leftarrow$ 0,150	0,023
S_S	1,200	0,405	0,114	q	1,500	0,235	0,014
C_c	1,480	0,475	0,098	T_B (s)	0,050	0,320	0,011
S_I	1,000	0,544	0,085	T_c (s)	0,150	0,405	0,008
q	1,000	0,613	0,076	T_D (s)	1,000	0,490	0,007
		0,683	0,068			0,575	0,006
		0,752	0,062			0,660	0,005
Parametri dipendenti				Parametri dipendenti			
S	1,200	0,821	0,056	F_v	0,707	0,745	0,005
η	1,000	0,891	0,052	S	1,000	0,830	0,004
T_B (s)	0,112	0,960	0,048	η	0,667	0,915	0,004
T_c (s)	0,336	1,030	0,045			$T_D \leftarrow$ 1,000	0,003
T_D (s)	1,793	1,099	0,042			1,094	0,003
		1,168	0,040			1,188	0,002
		1,238	0,037			1,281	0,002
		1,307	0,035			1,375	0,002
		1,376	0,034			1,469	0,002
		1,446	0,032			1,563	0,001
		1,515	0,031			1,656	0,001
		1,585	0,029			1,750	0,001
		1,654	0,028			1,844	0,001
		1,723	0,027			1,938	0,001
		1,793	0,026			2,031	0,001
		1,898	0,023			2,125	0,001
		2,003	0,021			2,219	0,001
		2,108	0,019			2,313	0,001
		2,213	0,017			2,406	0,001
		2,318	0,015			2,500	0,001
		2,423	0,014			2,594	0,001
		2,528	0,013			2,688	0,000
		2,634	0,012			2,781	0,000
		2,739	0,011			2,875	0,000
		2,844	0,010			2,969	0,000
		2,949	0,010			3,063	0,000
		3,054	0,009			3,156	0,000
		3,159	0,008			3,250	0,000
		3,264	0,008			3,344	0,000
		3,369	0,007			3,438	0,000
		3,474	0,007			3,531	0,000
		3,580	0,006			3,625	0,000
		3,685	0,006			3,719	0,000
		3,790	0,006			3,813	0,000
		3,895	0,005			3,906	0,000
		4,000	0,005			4,000	0,000

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_g \cdot S_I \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (5 + \frac{1}{q})} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; § 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_c \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_g(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_g \cdot S_I \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 § 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_v^* \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_c \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_g(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$$

CATEGORIA DI SUOLO B – SPETTRI V-O STATO LIMITE DI DANNO (SLD)

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale				Parametri e punti dello spettro di risposta verticale			
Parametri indipendenti		Punti dello spettro di risposta		Parametri indipendenti		Punti dello spettro di risposta	
STATO LIMITE	SLD	T [s]	Se [g]	STATO LIMITE	SLD	T [s]	Se [g]
a_g (g)	0,062	0,000	0,075	$a_{g,v}$ (g)	0,021	0,000	0,021
F_0	2,400	$T_B \leftarrow$ 0,119	0,180	S_S	1,000	$T_B \leftarrow$ 0,050	0,034
T_c (s)*	0,245	$T_c \leftarrow$ 0,357	0,180	S_I	1,000	$T_c \leftarrow$ 0,150	0,034
S_S	1,200	0,428	0,150	q	1,500	0,235	0,022
C_c	1,457	0,499	0,129	T_B (s)	0,050	0,320	0,016
S_I	1,000	0,570	0,113	T_c (s)	0,150	0,405	0,012
q	1,000	0,641	0,100	T_D (s)	1,000	0,490	0,010
Parametri dipendenti		0,712	0,090	Parametri dipendenti		0,575	0,009
		0,783	0,082			0,660	0,008
S	1,200	0,855	0,075	F_v	0,810	0,745	0,007
η	1,000	0,926	0,069	S	1,000	0,830	0,006
T_B (s)	0,119	0,997	0,064	η	0,667	0,915	0,006
T_c (s)	0,357	1,068	0,060	Espressioni dei parametri dipendenti		$T_D \leftarrow$ 1,000	0,005
T_D (s)	1,850	1,139	0,056			1,094	0,004
Espressioni dei parametri dipendenti		1,210	0,053	Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)		1,188	0,004
		1,281	0,050			1,281	0,003
		1,352	0,047			1,375	0,003
		1,423	0,045			1,469	0,002
		1,494	0,043			1,563	0,002
		1,565	0,041			1,656	0,002
		1,637	0,039			1,750	0,002
		1,708	0,038			1,844	0,001
		1,779	0,036			1,938	0,001
		1,850	0,035			2,031	0,001
Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)		1,952	0,031			2,125	0,001
		2,055	0,028			2,219	0,001
		2,157	0,026			2,313	0,001
		2,259	0,023			2,406	0,001
		2,362	0,021			2,500	0,001
		2,464	0,020			2,594	0,001
		2,567	0,018			2,688	0,001
		2,669	0,017			2,781	0,001
		2,771	0,015			2,875	0,001
		2,874	0,014			2,969	0,001
		2,976	0,013			3,063	0,001
		3,078	0,013			3,156	0,001
		3,181	0,012			3,250	0,000
		3,283	0,011			3,344	0,000
		3,386	0,010			3,438	0,000
		3,488	0,010			3,531	0,000
		3,590	0,009			3,625	0,000
		3,693	0,009			3,719	0,000
		3,795	0,008			3,813	0,000
		3,898	0,008			3,906	0,000
		4,000	0,007			4,000	0,000

CATEGORIA DI SUOLO B – SPETTRI V-O STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV)

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale				Parametri e punti dello spettro di risposta verticale			
Parametri indipendenti		Punti dello spettro di risposta		Parametri indipendenti		Punti dello spettro di risposta	
STATO LIMITE	SLV	T [s]	Se [g]	STATO LIMITE	SLV	T [s]	Se [g]
a_g (g)	0,157	0,000	0,188	$a_{g,v}$ (g)	0,084	0,000	0,084
F_0	2,477	$T_B \leftarrow$ 0,132	0,465	S_S	1,000	$T_B \leftarrow$ 0,050	0,138
T_c (s)*	0,279	$T_c \leftarrow$ 0,396	0,465	S_I	1,000	$T_c \leftarrow$ 0,150	0,138
S_S	1,200	0,483	0,381	q	1,500	0,235	0,088
C_c	1,420	0,570	0,323	T_B (s)	0,050	0,320	0,065
S_I	1,000	0,658	0,280	T_c (s)	0,150	0,405	0,051
q	1,000	0,745	0,248	T_D (s)	1,000	0,490	0,042
Parametri dipendenti		0,832	0,222	Parametri dipendenti		0,575	0,036
		0,919	0,201			0,660	0,031
S	1,200	1,006	0,183	F_v	1,323	0,745	0,028
η	1,000	1,093	0,169	S	1,000	0,830	0,025
T_B (s)	0,132	1,180	0,156	η	0,667	0,915	0,023
T_c (s)	0,396	1,268	0,145	Espressioni dei parametri dipendenti		$T_D \leftarrow$ 1,000	0,021
T_D (s)	2,226	1,355	0,136			1,094	0,017
Espressioni dei parametri dipendenti		1,442	0,128	$S = S_S \cdot S_I$ (NTC-08 Eq 3.2.5)		1,188	0,015
		1,529	0,121			1,281	0,013
$S = S_S \cdot S_I$ (NTC-08 Eq 3.2.5)		1,616	0,114	$\eta = 1/q$ (NTC-08 § 3.2.3.5)		1,375	0,011
$\eta = \sqrt{10 \cdot (5 + \zeta)} \geq 0,55; \eta = 1/q$ (NTC-08 Eq 3.2.6, § 3.2.3.5)		1,703	0,108	$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5}$ (NTC-08 Eq 3.2.11)		1,469	0,010
$T_B = T_c / 3$ (NTC-07 Eq 3.2.8)		1,790	0,103	Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq 3.2.10)		1,563	0,008
$T_c = C_c \cdot T_c^*$ (NTC-07 Eq 3.2.7)		1,878	0,098			1,656	0,008
$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$ (NTC-07 Eq 3.2.9)		1,965	0,094	$0 \leq T < T_B$ $S_v(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$		1,750	0,007
Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq 3.2.4)		2,052	0,090	$T_B \leq T < T_c$ $S_v(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$		1,844	0,006
		2,139	0,086	$T_c \leq T < T_D$ $S_v(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$		1,938	0,006
$0 \leq T < T_B$ $S_v(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$		2,226	0,083	$T_D \leq T$ $S_v(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$		2,031	0,005
$T_B \leq T < T_c$ $S_v(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$		2,311	0,077			2,125	0,005
$T_c \leq T < T_D$ $S_v(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$		2,395	0,072			2,219	0,004
$T_D \leq T$ $S_v(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$		2,480	0,067			2,313	0,004
Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)		2,564	0,062			2,406	0,004
		2,649	0,059			2,500	0,003
		2,733	0,055			2,594	0,003
		2,817	0,052			2,688	0,003
		2,902	0,049			2,781	0,003
		2,986	0,046			2,875	0,003
		3,071	0,044			2,969	0,002
		3,155	0,041			3,063	0,002
		3,240	0,039			3,156	0,002
		3,324	0,037			3,250	0,002
		3,409	0,035			3,344	0,002
		3,493	0,034			3,438	0,002
		3,578	0,032			3,531	0,002
		3,662	0,031			3,625	0,002
		3,747	0,031			3,719	0,001
		3,831	0,031			3,813	0,001
		3,916	0,031			3,906	0,001
		4,000	0,031			4,000	0,001

CATEGORIA DI SUOLO B – SPETTRI V-O STATO LIMITE DI PREVENZIONE DEL COLLASSO (SLC)

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale				Parametri e punti dello spettro di risposta verticale			
Parametri indipendenti		Punti dello spettro di risposta		Parametri indipendenti		Punti dello spettro di risposta	
STATO LIMITE	SLC	T [s]	Se [g]	STATO LIMITE	SLC	T [s]	Se [g]
a _g (g)	0,198	0,000	0,238	a _{g,v} (g)	0,119	0,000	0,119
F ₀	2,507	0,136	0,595	S _s	1,000	0,050	0,199
T _c (s)*	0,291	0,409	0,595	S _r	1,000	0,150	0,199
S _s	1,200	0,504	0,484	q	1,500	0,235	0,127
C _c	1,408	0,598	0,408	T _B (s)	0,050	0,320	0,093
S _r	1,000	0,693	0,352	T _c (s)	0,150	0,405	0,074
q	1,000	0,787	0,310	T _D (s)	1,000	0,490	0,061
		0,881	0,277			0,575	0,052
		0,976	0,250			0,660	0,045
Parametri dipendenti		1,070	0,228	Parametri dipendenti		0,745	0,040
S	1,200	1,165	0,209	F _v	1,506	0,830	0,036
η	1,000	1,259	0,194	S	1,000	0,915	0,033
T _B (s)	0,136	1,353	0,180	η	0,667	1,000	0,030
T _c (s)	0,409	1,353	0,180			1,094	0,025
T _D (s)	2,392	1,448	0,168			1,188	0,021
		1,542	0,158	Espressioni dei parametri dipendenti		1,281	0,018
		1,637	0,149	S = S _g · S _r (NTC-08 Eq. 3.2.5)		1,375	0,016
Espressioni dei parametri dipendenti		1,731	0,141	η = 1 / q (NTC-08 § 3.2.3.5)		1,469	0,014
S = S _g · S _r (NTC-08 Eq. 3.2.5)		1,825	0,134	F _v = 1,35 · F _g · (a _g / g) ^{0,5} (NTC-08 Eq. 3.2.11)		1,563	0,012
η = √10 · (5 + ζ) ≥ 0,55; η = 1 / q (NTC-08 Eq. 3.2.6; § 3.2.3.5)		1,920	0,127			1,656	0,011
T _B = T _c / 3 (NTC-07 Eq. 3.2.8)		2,014	0,121			1,750	0,010
T _c = C _c · T _c [*] (NTC-07 Eq. 3.2.7)		2,109	0,116			1,844	0,009
T _D = 4,0 · a _g / g + 1,6 (NTC-07 Eq. 3.2.9)		2,203	0,111	Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)		1,938	0,008
		2,297	0,106	0 ≤ T ≤ T _B S _g (T) = a _g · S · η · F _v · [T / T _B + 1 / η · F _v · (1 - T / T _B)]		2,031	0,007
Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)		2,392	0,102	T _B ≤ T < T _c S _g (T) = a _g · S · η · F _v		2,125	0,007
		2,468	0,096	T _c ≤ T < T _D S _g (T) = a _g · S · η · F _v · (T _c / T)		2,219	0,006
0 ≤ T < T _B S _g (T) = a _g · S · η · F _v · [T / T _B + 1 / η · F _v · (1 - T / T _B)]		2,545	0,090	T _D ≤ T S _g (T) = a _g · S · η · F _v · (T _c · T _D / T ²)		2,313	0,006
T _B ≤ T < T _c S _g (T) = a _g · S · η · F _v		2,621	0,085			2,406	0,005
T _c ≤ T < T _D S _g (T) = a _g · S · η · F _v · (T _c / T)		2,698	0,080			2,500	0,005
T _D ≤ T S _g (T) = a _g · S · η · F _v · (T _c · T _D / T ²)		2,775	0,076			2,594	0,004
		2,851	0,072			2,688	0,004
Lo spettro di progetto S _d (T) per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico S _e (T) sostituendo η con 1/q, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)		2,928	0,068			2,781	0,004
		3,004	0,065			2,875	0,004
		3,081	0,061			2,969	0,003
		3,158	0,058			3,063	0,003
		3,234	0,056			3,156	0,003
		3,311	0,053			3,250	0,003
		3,387	0,051			3,344	0,003
		3,464	0,049			3,438	0,003
		3,540	0,047			3,531	0,002
		3,617	0,045			3,625	0,002
		3,694	0,043			3,719	0,002
		3,770	0,041			3,813	0,002
		3,847	0,040			3,906	0,002
		3,923	0,040			4,000	0,002
		4,000	0,040			4,000	0,002

ALLEGATO 7

PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI (ELABORAZIONI E OUTPUT DEL SOFTWARE UTILIZZATO PER LA GESTIONE DEI DATI SCPT, DYNAMIC GEOSTRU)

CARATTERISTICHE TECNICHE-STRUMENTALI SONDA: SCPT TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	73 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1,8
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

NOTE ILLUSTRATIVE - TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari. Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno. L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

TIPO	SIGLA DI RIFERIMENTO	PESO DELLA MASSA M (KG)	PROF.MAX INDAGINE BATTENTE (M)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

PENETROMETRI IN USO IN ITALIA

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE) massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A = 10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico: talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE) massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A = 10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE) massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H = 0.75$ m, avanzamento $\delta = 30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A = 20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA) massa battente $M = 63.5$ kg, altezza caduta $H = 0.75$ m, avanzamento $\delta = 20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20 \text{ cm}^2$, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

CORRELAZIONE CON NSPT

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- M = peso massa battente;
- M' = peso aste;
- H = altezza di caduta;
- A = area base punta conica;
- δ = passo di avanzamento.

VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA RPD

Formula Olandesi

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

- R_{pd} = resistenza dinamica punta (area A);
- e = infissione media per colpo (δ / N);
- M = peso massa battente (altezza caduta H);
- P = peso totale aste e sistema battuta.

METODOLOGIA DI ELABORAZIONE

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *Geo.Stru Software*. Il programma 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 utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

VALUTAZIONI STATISTICHE E CORRELAZIONI

ELABORAZIONE STATISTICA

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono:

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media + s

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media - s

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$Nspt_{,k} = Nspt_{,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

PRESSIONE AMMISSIBILE

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione d = 1 mt..

CORRELAZIONI GEOTECNICHE TERRENI INCOERENTI

LIQUEFAZIONE

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi). Attraverso la relazione di SHI-MING (1982), applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di SHI-MING.

CORREZIONE N_{spt} IN PRESENZA DI FALDA

$N_{spt} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

ANGOLO DI ATTRITO

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38°.
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

DENSITÀ RELATIVA (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

MODULO DI YOUNG (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

MODULO EDOMETRICO

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buisman-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

STATO DI CONSISTENZA

- Classificazione A.G.I. 1977

PESO DI VOLUME GAMMA

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

PESO DI VOLUME SATURO

- Terzaghi-Peck 1948-1967

MODULO DI POISSON

- Classificazione A.G.I.

POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

VELOCITÀ ONDE DI TAGLIO V_s (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

MODULO DI DEFORMAZIONE DI TAGLIO (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

MODULO DI REAZIONE (K_o)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

RESISTENZA ALLA PUNTA DEL PENETROMETRO STATICO (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

CORRELAZIONI GEOTECNICHE TERRENI COESIVI

COESIONE NON DRENATA

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). *Cu min-max*.
- Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche" di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, ($Cu-N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$.
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC.
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago). Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982, valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

RESISTENZA ALLA PUNTA DEL PENETROMETRO STATICO (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

MODULO EDOMETRICO-CONFINATO (Mo)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali.
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - Mo (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt}=6-12$).

MODULO DI YOUNG (E_Y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

STATO DI CONSISTENZA

- Classificazione A.G.I. 1977

PESO DI VOLUME

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

PESO DI VOLUME SATURO

- Meyerhof ed altri.

PROVA SCPT_01

Strumento utilizzato. SCPT TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 29/03/2018

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,30	3	0,853	20,87	24,47	1,04	1,22
0,60	6	0,847	38,42	45,36	1,92	2,27
0,90	48	0,642	232,82	362,91	11,64	18,15
1,20	19	0,786	112,95	143,65	5,65	7,18
1,50	6	0,831	35,14	42,27	1,76	2,11
1,80	7	0,826	40,75	49,32	2,04	2,47
2,10	4	0,822	23,15	28,18	1,16	1,41
2,40	7	0,817	40,30	49,32	2,01	2,47
2,70	16	0,763	80,50	105,53	4,03	5,28
3,00	21	0,709	98,16	138,51	4,91	6,93
3,30	31	0,655	133,86	204,46	6,69	10,22
3,60	42	0,601	156,46	260,40	7,82	13,02
3,90	41	0,597	151,81	254,20	7,59	12,71
4,20	35	0,644	139,68	217,00	6,98	10,85
4,50	26	0,690	104,98	152,07	5,25	7,60
4,80	38	0,637	141,60	222,26	7,08	11,11
5,10	38	0,634	140,92	222,26	7,05	11,11
5,40	59	0,581	200,51	345,09	10,03	17,25

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Terreno limoso-sabbioso	22,5	2,40	61,57	100	0	54,76
[2] - Ghiaia	62,46	5,40	92,5	100	0	92,98

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Terreno limoso-sabbioso	22,5	2,40	22,5	33,43	26,43	34,3	0	37,79	42	30-32	33,37	33,75	30,8	36,21
[2] - Ghiaia	62,46	5,40	62,46	44,85	37,85	45,49	0	42,6	42	>38	45,61	45,74	34,68	50,34

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Terreno limoso-sabbioso	22,5	2,40	22,5	338,58	180,00	266,20	348,75	187,50
[2] - Ghiaia	62,46	5,40	62,46	564,12	499,68	737,73	648,45	387,30

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

XXXII

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Terreno limoso-sabbioso	22,5	2,40	22,5	135,00	73,68	159,75	138,35
[2] - Ghiaia	62,46	5,40	62,46	374,76	155,76	443,47	316,57

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Terreno limoso-sabbioso	22,5	2,40	22,5	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[2] - Ghiaia	62,46	5,40	62,46	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Terreno limoso-sabbioso	22,5	2,40	22,5	Meyerhof ed altri	2,04
[2] - Ghiaia	62,46	5,40	62,46	Meyerhof ed altri	2,31

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Terreno limoso-sabbioso	22,5	2,40	22,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,45
[2] - Ghiaia	62,46	5,40	62,46	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno limoso-sabbioso	22,5	2,40	22,5	(A.G.I.)	0,31
[2] - Ghiaia	62,46	5,40	62,46	(A.G.I.)	0,23

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Terreno limoso-sabbioso	22,5	2,40	22,5	1213,29	837,71
[2] - Ghiaia	62,46	5,40	62,46	3167,96	1563,23

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno limoso-sabbioso	22,5	2,40	22,5	Ohta & Goto (1978) Limi	121,43
[2] - Ghiaia	62,46	5,40	62,46	Ohta & Goto (1978) Limi	181,9

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Terreno limoso-sabbioso	22,5	2,40	22,5		---
[2] - Ghiaia	62,46	5,40	62,46		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Terreno limoso-sabbioso	22,5	2,40	22,5		---
[2] - Ghiaia	62,46	5,40	62,46		---

PROVA SCPT_02

Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 29/03/2018

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,30	4	0,853	27,82	32,63	1,39	1,63
0,60	14	0,797	84,36	105,85	4,22	5,29
0,90	7	0,842	44,54	52,92	2,23	2,65
1,20	3	0,836	18,97	22,68	0,95	1,13
1,50	3	0,831	17,57	21,14	0,88	1,06
1,80	5	0,826	29,11	35,23	1,46	1,76
2,10	10	0,822	57,89	70,45	2,89	3,52
2,40	7	0,817	40,30	49,32	2,01	2,47
2,70	7	0,813	37,53	46,17	1,88	2,31
3,00	11	0,809	58,67	72,55	2,93	3,63
3,30	14	0,755	69,69	92,34	3,48	4,62
3,60	21	0,701	91,25	130,20	4,56	6,51
3,90	16	0,747	74,12	99,20	3,71	4,96
4,20	27	0,694	116,12	167,40	5,81	8,37
4,50	33	0,640	123,59	193,02	6,18	9,65
4,80	29	0,687	116,55	169,62	5,83	8,48
5,10	23	0,684	92,02	134,53	4,60	6,73
5,40	57	0,581	193,72	333,39	9,69	16,67

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,01	2,70	45,76	86,98	0	37,26
[2] - Ghiaia	46,21	5,40	82,63	100	0	77,27

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,01	2,70	12,01	30,43	23,43	31,36	0	34,42	40,18	30-32	28,42	30,6	28,42	30,5
[2] - Ghiaia	46,21	5,40	46,21	40,2	33,2	40,94	0	42,19	42	35-38	41,33	40,86	33,53	45,4

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,01	2,70	12,01	247,37	96,08	142,42	270,08	135,05
[2] - Ghiaia	46,21	5,40	46,21	485,22	369,68	545,98	526,58	306,05

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)

XXXIV

[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,01	2,70	12,01	72,06	52,13	85,27	91,56
[2] - Ghiaia	46,21	5,40	46,21	277,26	122,38	328,09	244,10

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,01	2,70	12,01	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[2] - Ghiaia	46,21	5,40	46,21	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,01	2,70	12,01	Meyerhof ed altri	1,80
[2] - Ghiaia	46,21	5,40	46,21	Meyerhof ed altri	2,22

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,01	2,70	12,01	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,93
[2] - Ghiaia	46,21	5,40	46,21	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,01	2,70	12,01	(A.G.I.)	0,33
[2] - Ghiaia	46,21	5,40	46,21	(A.G.I.)	0,26

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,01	2,70	12,01	672,49	570,84
[2] - Ghiaia	46,21	5,40	46,21	2386,52	1300,36

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,01	2,70	12,01	Ohta & Goto (1978) Limi	111,44
[2] - Ghiaia	46,21	5,40	46,21	Ohta & Goto (1978) Limi	173,92

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,01	2,70	12,01		---
[2] - Ghiaia	46,21	5,40	46,21		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,01	2,70	12,01		---
[2] - Ghiaia	46,21	5,40	46,21		---

PROVA SCPT_03

Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 29/03/2018

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,30	5	0,853	34,78	40,79	1,74	2,04
0,60	10	0,847	64,04	75,61	3,20	3,78
0,90	8	0,842	50,90	60,49	2,55	3,02
1,20	5	0,836	31,61	37,80	1,58	1,89
1,50	13	0,781	71,55	91,59	3,58	4,58
1,80	24	0,726	122,81	169,09	6,14	8,45
2,10	31	0,672	146,69	218,40	7,33	10,92
2,40	25	0,717	126,31	176,13	6,32	8,81
2,70	21	0,713	98,73	138,51	4,94	6,93
3,00	29	0,709	135,55	191,27	6,78	9,56
3,30	34	0,655	146,81	224,25	7,34	11,21
3,60	28	0,701	121,67	173,60	6,08	8,68
3,90	28	0,697	121,03	173,60	6,05	8,68
4,20	33	0,644	131,70	204,60	6,58	10,23
4,50	29	0,690	117,09	169,62	5,85	8,48
4,80	13	0,737	56,05	76,04	2,80	3,80
5,10	18	0,734	77,28	105,28	3,86	5,26
5,40	15	0,731	64,14	87,73	3,21	4,39
5,70	42	0,578	134,43	232,50	6,72	11,62

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,6	1,20	46,89	89,1	0	38,45
[2] - Ghiaia	45,95	5,70	82,46	100	0	77,06

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,6	1,20	12,6	30,6	23,6	31,53	0	34,63	40,47	30-32	28,75	30,78	28,61	30,87
[2] - Ghiaia	45,95	5,70	45,95	40,13	33,13	40,87	0	42,16	42	35-38	41,25	40,78	33,51	45,32

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,6	1,20	12,6	253,37	100,80	149,38	274,50	138,00
[2] - Ghiaia	45,95	5,70	45,95	483,85	367,60	542,91	524,62	304,75

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
--	------	------------------	----------------------------------	----------------------------	-----------------------------------	--------------	------------------------------------

XXXVI

[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,6	1,20	12,6	75,60	53,35	89,46	94,20
[2] - Ghiaia	45,95	5,70	45,95	275,70	121,85	326,24	242,94

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,6	1,20	12,6	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[2] - Ghiaia	45,95	5,70	45,95	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,6	1,20	12,6	Meyerhof ed altri	1,81
[2] - Ghiaia	45,95	5,70	45,95	Meyerhof ed altri	2,22

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,6	1,20	12,6	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,93
[2] - Ghiaia	45,95	5,70	45,95	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,6	1,20	12,6	(A.G.I.)	0,33
[2] - Ghiaia	45,95	5,70	45,95	(A.G.I.)	0,26

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,6	1,20	12,6	703,50	587,81
[2] - Ghiaia	45,95	5,70	45,95	2373,90	1295,89

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,6	1,20	12,6	Ohta & Goto (1978) Limi	96,09
[2] - Ghiaia	45,95	5,70	45,95	Ohta & Goto (1978) Limi	168,46

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,6	1,20	12,6		---
[2] - Ghiaia	45,95	5,70	45,95		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Terreno limoso-sabbioso	12,6	1,20	12,6		---
[2] - Ghiaia	45,95	5,70	45,95		---