

dott. Michele Nobile
dott. Lorenzo Cadrobbi
dott. Stefano Paternoster
dott. Claudio Valle

Committente: *Società ICM-Italia General Contractor S.r.l.*

**KAUFHAUS BOZEN
PROGETTO DEFINITIVO - AUTOSTAZIONE
ENDGÜLTIGESPROJEKT - BUSBAHNHOF**

RELAZIONE GEOLOGICA - GEOLOGISCHER BERICHT

di caratterizzazione e modellazione geologica del sito
für die Charakterisierung und geologische Modellierung des Standorts

RELAZIONE GEOTECNICA - GEOTECHNISCHER BERICHT

di caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito
für die Charakterisierung und geotechnischer Modellierung des Standorts

Rel/Ber. 1913/1/17



GC-MN/maggio 2017

"Questo documento non potrà essere copiato, riprodotto o pubblicato in tutto o in parte senza il consenso scritto dello Studio "GEOLOGIA E AMBIENTE" (legge 22 aprile 1941 nr. 633, art. 2575 e segg. c.c.)

dott. Michele Nobile
dott. Lorenzo Cadrobbi
dott. Stefano Paternoster
dott. Claudio Valle

ICM – Italia General Contractor S.r.l.

KAUFHAUS BOZEN

PROGETTO DEFINITIVO - AUTOSTAZIONE

ENDGÜLTIGES PROJEKT - BUSBAHNHOF

RELAZIONE GEOLOGICA

di caratterizzazione e modellazione geologica del sito

GEOLOGISCHER BERICHT

für die Charakterisierung und geologische Modellierung des Standorts

IL GEOLOGO/DER GEOLOGE



COMMITTENTE: ICM – Italia General Contractor S.r.l.

SOMMARIO

1.	PREMESSA	3
2.	DOCUMENTAZIONE CONSULTATA ED INDAGINI ESISTENTI	5
3.	IDROGRAFIA	5
4.	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	5
4.1	Inquadramento geologico	5
4.2	Inquadramento geomorfologico sedimentologico	6
5.	IDROGEOLOGIA	7
6.	VINCOLI DI NATURA GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	12
7.	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO	14
7.1	Assetto stratigrafico locale	14
7.2	Schema di circolazione idrica sotterranea – interferenze con le opere in progetto.....	15
7.3	Incertezze nella ricostruzione del modello geologico	16
8.	GESTIONE DEI MATERIALI DERIVANTI DA ATTIVITÀ DI SCAVO.....	17
9.	CONCLUSIONI	18



1. PREMESSA

Su incarico della *Società ICM-Italia General Contractor S.r.l.*, è stata redatta la relazione geologica e geotecnica a supporto del progetto definitivo della nuova autostazione per bus, che fa parte del piano di riqualificazione urbana dell'areale nei pressi della Stazione ferroviaria di Bolzano, compreso tra via *Garibaldi*, via *Altoadige* e viale della *Stazione* (FIGURA 1).



FIGURA 1 – La città di Bolzano e l'area di studio

Il presente studio, alla luce delle nostre specifiche conoscenze del sottosuolo della città di Bolzano, definisce i lineamenti geomorfologici della zona, i processi morfologici e la loro tendenza evolutiva, la successione litostratigrafica locale, con la descrizione della natura e della distribuzione spaziale dei litotipi ed illustra lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea.

Il presente elaborato è redatto con riferimento al D.M. 14/1/2008 "*Testo Unico – Nuove Norme Tecniche Per le Costruzioni*", emanato in attuazione dell'art.1 della Legge n.64 del 2 febbraio 1974 e della relativa circolare esplicativa del 2 febbraio

2009, N° 617 recante: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14. 01. 2008.

Il progetto si svilupperà in un settore sub pianeggiante mediamente compreso tra le quote 266÷264 m slm (zero di progetto 0,00=265,85 m slm); la nuova stazione verrà realizzata lungo via Renon, in adiacenza all'esistente stazione ferroviaria ed a fianco dei binari ferroviari (FIGURA 2).

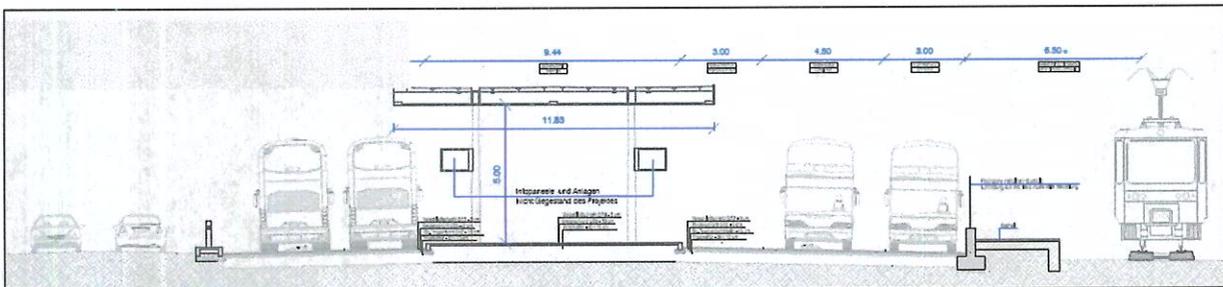


FIGURA 2 – sezione di progetto NW-SE

Nel dettaglio (FIGURA 3) è prevista la realizzazione di una pensilina (1) al centro dell'area, di una biglietteria a S (2), di due parcheggi per auto a N ed a S del sedime (3-4), e di parcheggi per gli autobus, nonché di una nuova struttura di accesso a fianco di quella esistente.

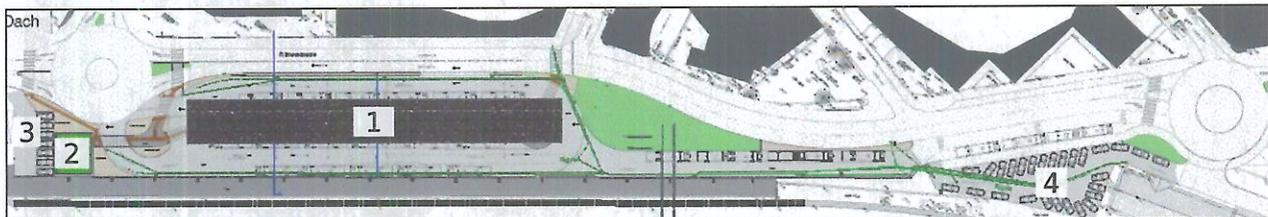


FIGURA 3 – planimetria di progetto

La biglietteria avrà un unico piano fuori terra, senza interrati, e la pensilina sarà una struttura aperta, con tetto supportato da pilastri in acciaio (FIGURA 4).

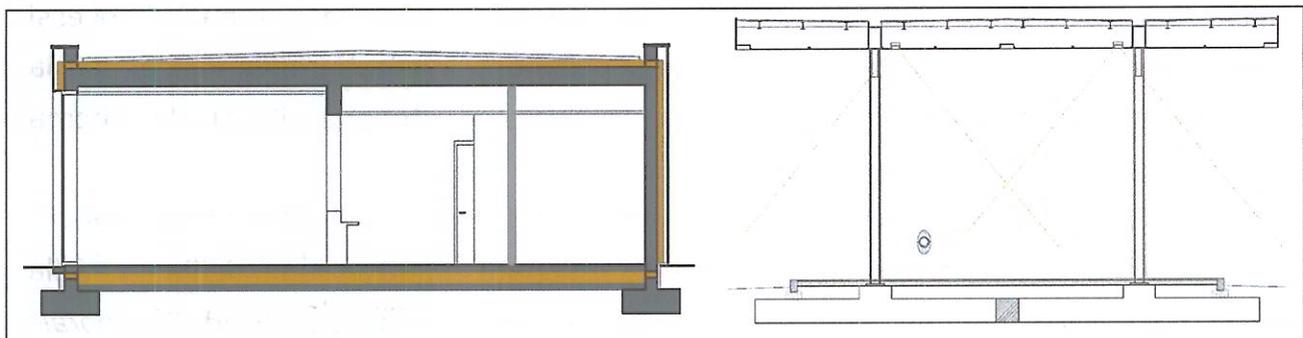


FIGURA 4 – sezioni indicative di progetto – biglietteria a sx e pensilina a dx

2. DOCUMENTAZIONE CONSULTATA ED INDAGINI ESISTENTI

[1] *Comune di Bolzano (2001) – E. Sascor. Bonifica con messa in sicurezza dell'area destinata alla costruzione di un edificio amministrativo in via Alto Adige. Relazione geologica - Comune Bolzano Assessorato ai Lavori Pubblici.*

[2] *Geologia e Ambiente (2014) – M. Nobile. Relazione geologica preliminare per la progettazione di un centro commerciale in zona stazione a Bolzano ICM – Italia General Contractor S.r.l.*

[3] *Geologia e Ambiente (2014) – M. Nobile. Kaufhaus Bozen progetto preliminare nuovi sotto servizi. Relazione geologica, idrogeologica e idraulica. ICM – Italia General Contractor S.r.l.*

[4] *Geologia e Ambiente (2015) – M. Nobile. Kaufhaus Bozen – Lotto A Infrastrutture. Studio ambientale definitivo. ICM – Italia General Contractor S.r.l.*

3. IDROGRAFIA

L'area urbana interessata dal progetto si colloca mediamente tra le quote 265,0÷267,0 m slm. L'idrografia superficiale è rappresentata dal F. Isarco, e dalla confluenza del T. Talvera, che avviene 700 m circa ad WSW dell'area in oggetto (FIGURA 1). La quota idrometrica dell'Isarco, in corrispondenza dell'area di interesse, si attesta mediamente intorno ai 259÷260 m slm, e l'alveo risulta quindi sempre pensile rispetto all'acquifero a falda libera sottostante, che si posiziona frequentemente intorno ai 243÷246 m slm (si rimanda al Cap.5 per maggiori approfondimenti). In questo settore non sono storicamente segnalate condizioni idrogeologiche particolari legate a fenomeni di perdite di subalveo.

4. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

4.1 Inquadramento geologico

La conca di Bolzano geomorfologicamente individua la porzione di valle dell'Adige nella zona di confluenza tra i torrenti Talvera ed Isarco e rappresenta un solco sovralluvionato, prodotto dall'escavazione fluviale e glaciale entro i litotipi appartenenti alla Piattaforma Porfirica Atesina (FIGURA 5).

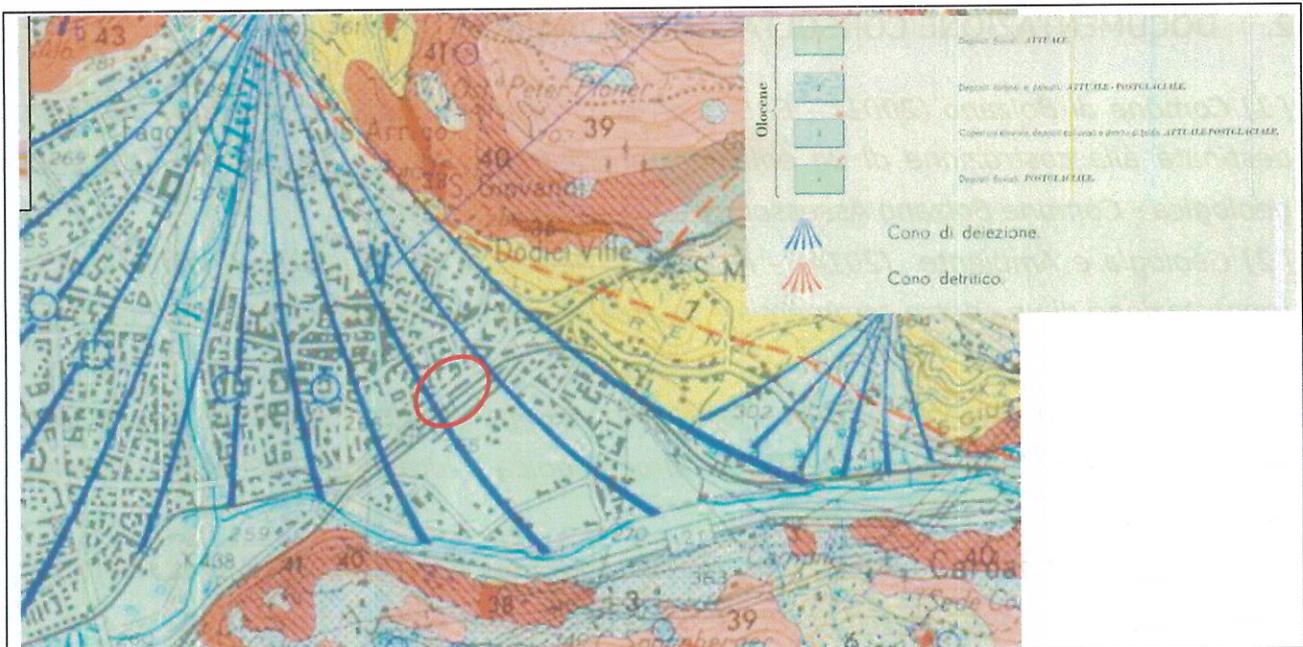


FIGURA 5 – Carta geologica d'Italia, scala 1:50.000 F.27 Bolzano - estratto

Da un punto di vista geologico la conca di Bolzano si sviluppa interamente all'interno del "*Complesso vulcanico atesino*", formatosi durante il Permiano e costituito da una successione di potenti ed estesi banchi ignimbrici intercalati talora da arenarie, conglomerati, tufiti, e breccie. Questi materiali litoidi sono visibili in estesi affioramenti lungo i versanti delle valli dell'Isarco e dell'Adige, anche se localmente possono apparire mascherati da coperture detritiche, da depositi colluviali o da materiali sciolti di origine glaciale.

In corrispondenza del fondovalle, ove verranno realizzate le opere in esame, le rocce del complesso vulcanico risultano costantemente ricoperte da una spessa coltre di depositi alluvionali quaternari. La profondità del substrato roccioso nella zona di Bolzano è stata individuata, sulla base di un'indagine sismica a riflessione in una sezione prossima all'aeroporto, ad una profondità variabile tra i 500 ed i 600 m da piano campagna (SCHMID C. e GÄNSLER, 1993).

4.2 Inquadramento geomorfologico sedimentologico

Geomorfologicamente il settore in esame si situa nella porzione distale dell'ampia conoide formata dalle alluvioni del torrente Talvera, alla confluenza con il Fiume Isarco (FIGURA 5). La superficie topografica dell'area, a grande scala, ha una morfologia che degrada dolcemente, in direzioni S e SW. Dall'analisi dei profili

stratigrafici reperibili per l'area di conoide emerge, in prima approssimazione, la tipica selezione gravimetrica dei sedimenti, con granulometria decrescente dalla zona centro apicale (prevalenza di ghiaie con frequente presenza di ciottoli e blocchi) alla zona distale dove prevale una sedimentazione con trasporto da corrente idrica (ghiaie sabbiose con intercalazioni grossolane contenenti anche ciottoli e blocchi) e più rade intercalazioni di depositi di intercanale abbandonato (sabbie e limi sabbiosi), con distribuzione significativa nei primi metri di sottosuolo. La composizione dei sedimenti risulta prevalentemente porfirica in coerenza con la geologia del bacino di provenienza.

Nell'area in esame e nelle aree adiacenti non si segnalano processi morfodinamici attivi o quiescenti.

5. IDROGEOLOGIA

La conca di Bolzano, da un punto di vista idrogeologico, è caratterizzata da un monoacquifero a falda libera, alimentato principalmente dalle perdite di subalveo del *Fiume Isarco* e del *Torrente Talvera*, che risultano pensili rispetto alla falda acquifera, oltre che dall'infiltrazione efficace nei settori di conoide non impermeabilizzati.

In questo tratto cittadino, ubicato intorno a quota 265÷266 m slm, la falda si rinviene sempre a profondità superiore alle massime profondità di scavo previste dal progetto (si stima una profondità massima di scavo inferiore a 2 m).

Per l'analisi della piezometria locale a lungo termine, si fa riferimento, in prima istanza, a tre piezometri monitorati dal Comune di Bolzano (FIGURA 6) i cui dati ci sono stati forniti *dall'Ufficio Geologia del Comune*, e ad un piezometro realizzato dagli scriventi nell'areale "Telecom", il quale ha fornito (dal maggio 2015) valori coerenti con quelli degli altri strumenti.

Di seguito vengono riportati i grafici dei piezometri B038 posto in via Marconi, B005 sito in zona stazione e B039 sito nel parco Madonna (FIGURE 7), per il periodo 10/2008÷01/2017.

Viene anche allegato il grafico del piezometro installato nell'areale "Telecom", monitorato dagli scriventi, il quale ha fornito dati concordanti con quelli degli altri strumenti.



FIGURA 6 – Ubicazione dei piezometri esistenti nei pressi dell'area di studio

Dall'analisi dei grafici citati emerge come nel periodo coperto dal monitoraggio (ottobre 2008÷gennaio 2017) la falda abbia oscillato tra le quote assolute 238,5 e 248,3 m slm nel piezometro di via Marconi (codice B038), ad WSW dell'area in esame, mentre nel piezometro "Ferrovia" (codice B005), posto a SE del sito in oggetto, l'oscillazione abbia riguardato l'intervallo 239,5 e 249,9 m slm e nel piezometro sito al Parco Madonna, a NW del sedime l'oscillazione ha riguardato l'intervallo altimetrico 239,7÷247,5 m slm. L'andamento dei grafici, pressochè identico per i tre piezometri, oltre a rilevare oscillazioni stagionali massime come già riconosciute in passato (6 m abbondanti) evidenziano, nel periodo compreso tra il 2008 ed il 2017, una progressiva tendenza alla risalita della falda e dei relativi massimi (oltre 3 m in circa 8 anni) ed un escursione massima tra minimo invernale 2009 e massimo estivo 2016 prossima o superiore a 10 m, denotante una tendenza all'incremento delle precipitazioni¹.

¹ Confrontando tali dati con misure eseguite nella stessa falda dagli scriventi in periodi temporali più lunghi (già a partire dalla fine degli anni novanta), sembra di osservare un ciclo di oscillazione della falda con periodo pari a circa 14 anni, con massimo nel 2000, minimo nel 2006÷2007 e nuovo massimo nel 2014, con fase nuovamente calante partire dal 2014.

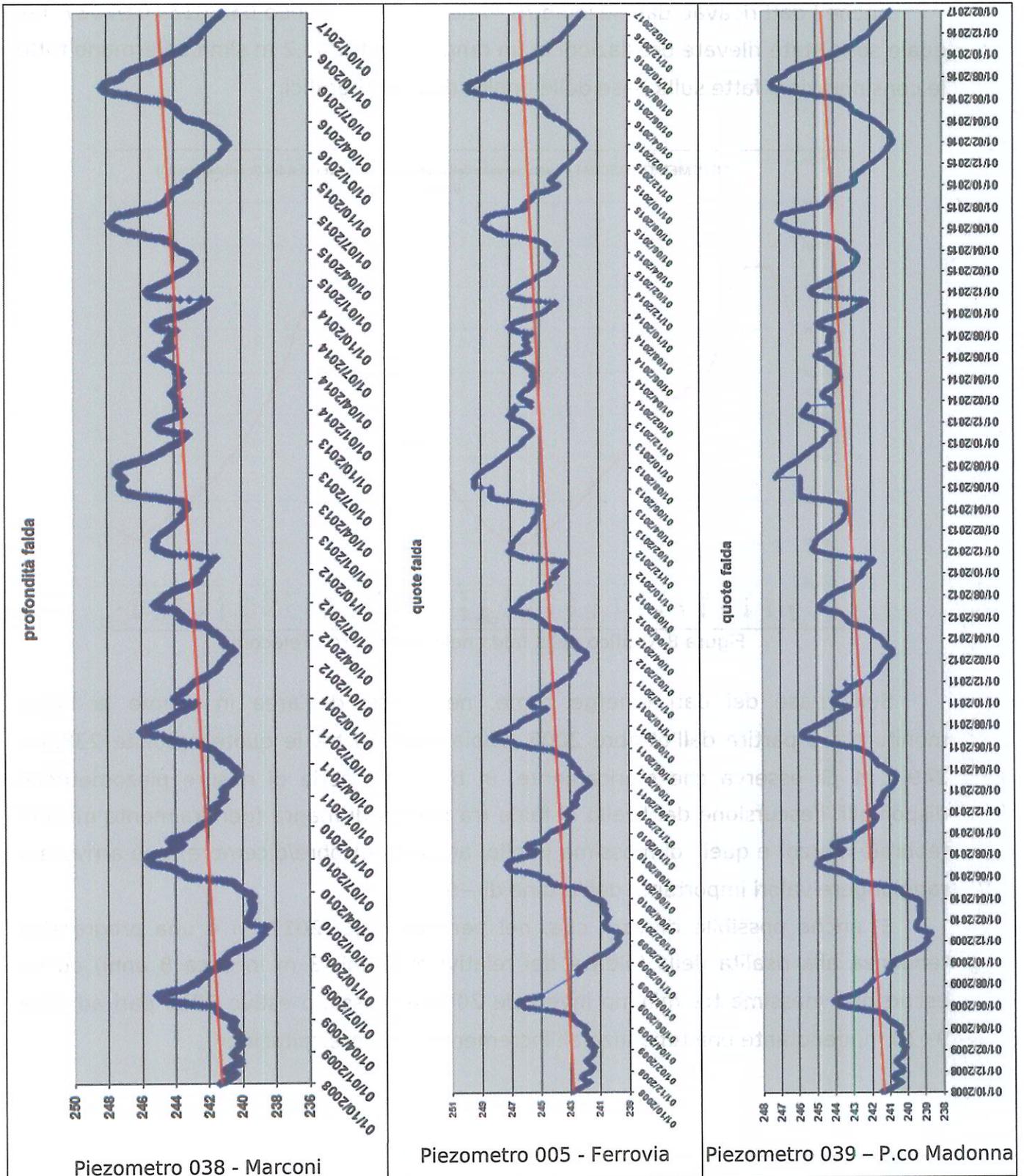


FIGURA 7 – Oscillazione della falda a Bolzano (10/08÷01/17) [Uff. Geologia Comune BZ]

Anche i dati ricavati dal piezometro “Telecom” nel periodo 05/2015÷01/2017, nel quale sono state rilevate oscillazioni in un range 240,9÷248,2 m slm confermano tutte le considerazioni fatte sulla base delle analisi degli altri grafici.

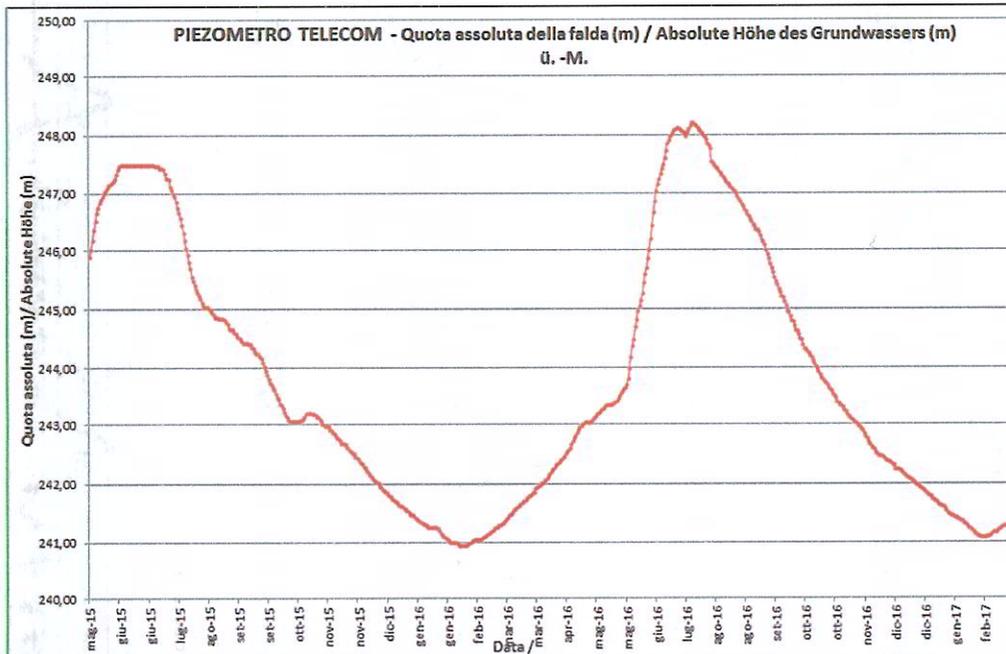


Figura 8: grafico della falda nel piezometro “Telecom”

Sulla base dei dati emerge come, nei pressi dell’area in esame la falda, monitorata a partire dall’ottobre 2008, abbia oscillato tra le quote assolute 238,5 e 249,9 m. Si osserva che storicamente, in base alle serie di misure piezometriche disponibili, l’escursione del livello di falda tra periodi di magra (generalmente mesi di febbraio-marzo) e quelli di massima (luglio/ agosto – ottobre/dicembre) può arrivare a raggiungere valori importanti, dell’ordine di ~6 m.

E’ anche possibile rilevare che, nel periodo 2008÷2017, vi è una progressiva tendenza alla risalita della falda e dei relativi massimi (3 m in circa 8 anni) ed un escursione massima tra minimo invernale 2009 e massimo estivo 2016 pari ad oltre 9÷10 m, denotante una tendenza all’incremento delle precipitazioni².

² Confrontando tali dati con misure eseguite nella stessa falda dagli scriventi in periodi temporali più lunghi (già a partire dalla fine degli anni novanta), sembra di osservare un ciclo di oscillazione della falda con periodo pari a circa 14 anni, con massimo nel 2000, minimo nel 2006÷2007 e nuovo massimo nel 2014, con fase nuovamente calante partire dal 2014.

L'area di sedime si colloca poco a monte di due dei tre piezometri citati, in un settore in cui in base a studi pregressi³ la direzione di flusso della falda risulta essere E-W (FIGURA 9); è quindi ragionevole ipotizzare per l'area massimi locali, per il periodo 2009/2017, intorno alle stesse quote riportate e, valori medi frequenti intorno alle quote 243÷246 m slm.

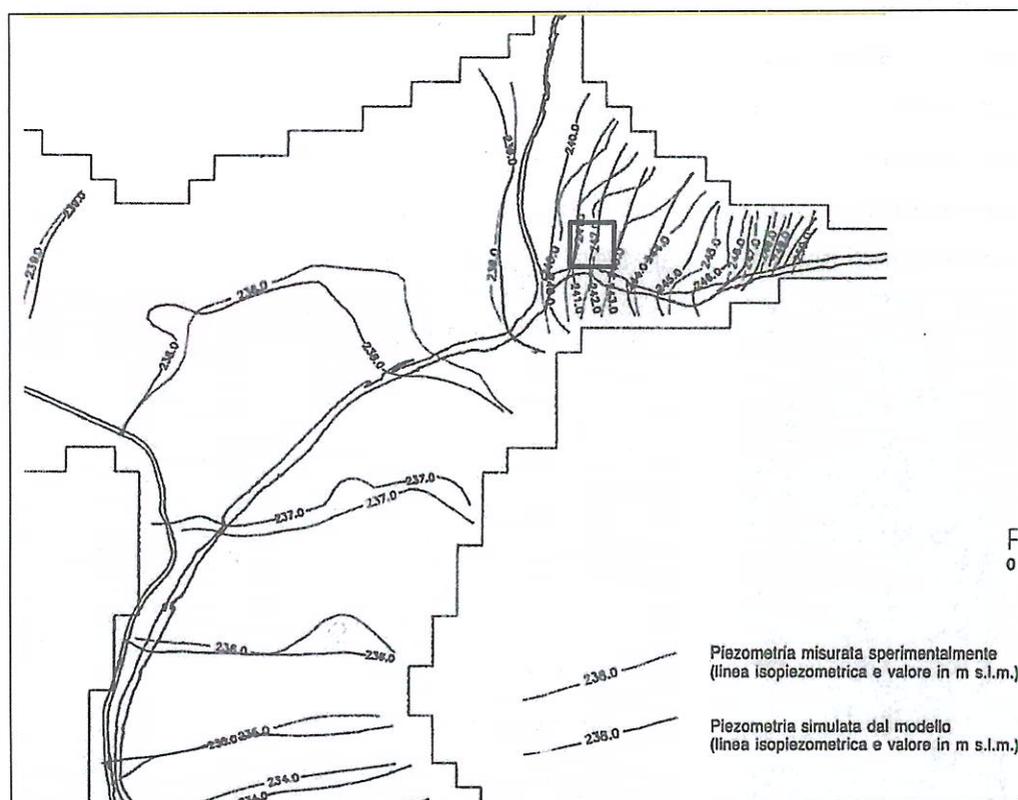


FIGURA 9 – Ricostruzione della piezometria della falda con superficie libera, misurata nel luglio 1992 – Estratto da DI MOLFETTA e BORTOLAMI (1993)

Si sottolinea la difficoltà oggettiva di fare ulteriori previsioni statistiche affidabili circa l'innalzamento della falda per il tempo relativo alla vita nominale dell'opera, a causa di una serie storica di partenza costituita da una popolazione di dati limitata.

³.

DI MOLFETTA A. – BORTOLAMI G. (1993): "Simulazione del sistema acquifero della conca di Bolzano mediante modello numerico alle differenze finite" – Rivista della Sezione Italiana Acque Sotterranee – IGEA n.2/1993

6. VINCOLI DI NATURA GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

Dal punto di vista geologico il sito non è interessato da fenomeni geomorfologici attivi, né risulta interessato da alcun vincolo di natura geologica (FIGURA 10); anche per i problemi idraulici l'area non risulta interessata da alcun fenomeno (FIGURA 11).

Alla luce del modello geologico di riferimento che verrà descritto nei capitoli seguenti, limitatamente all'area oggetto di intervento, non si osservano processi morfogenetici, in atto o quiescenti, e non si rilevano condizioni di rischio geologico per le opere, derivanti da condizioni di pericolosità idrogeologica ed idraulica alta o media, attualmente gravanti sull'area.

Gli elementi di vulnerabilità e criticità dovuti all'interazione terreno/struttura, riguarderanno quindi aspetti di carattere geotecnico.

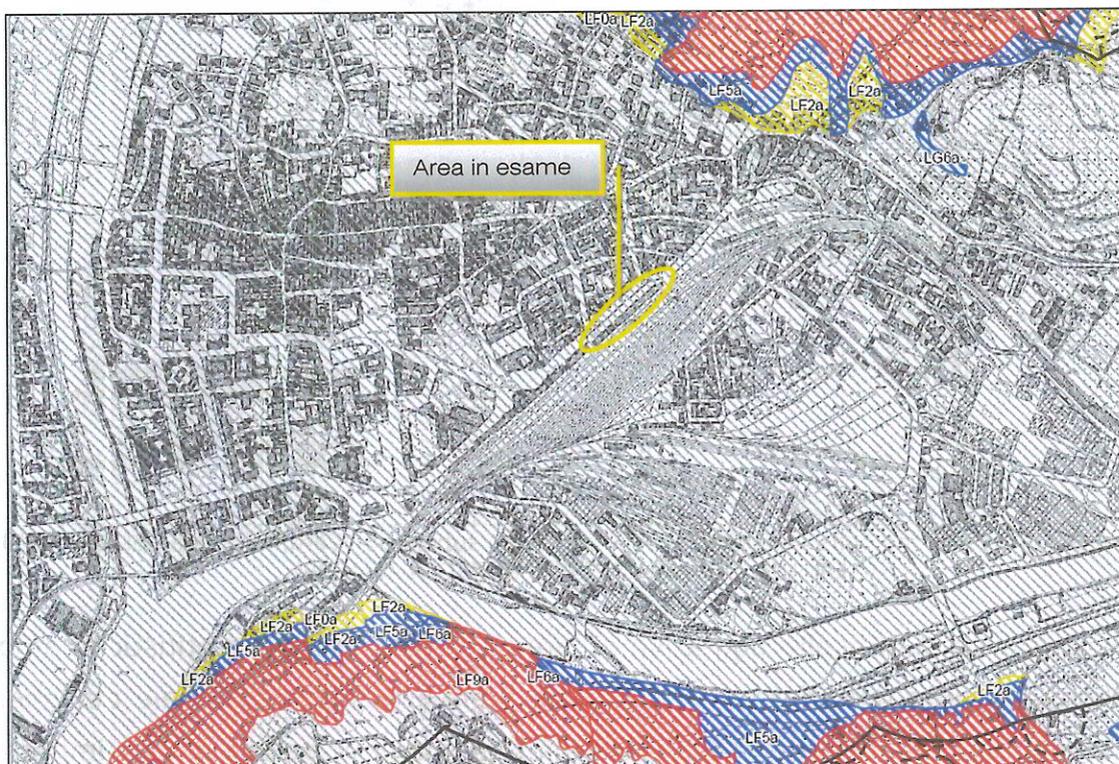


FIGURA 10 – PZP di Bolzano, della carta delle zone di pericolo – Frane (estratto)

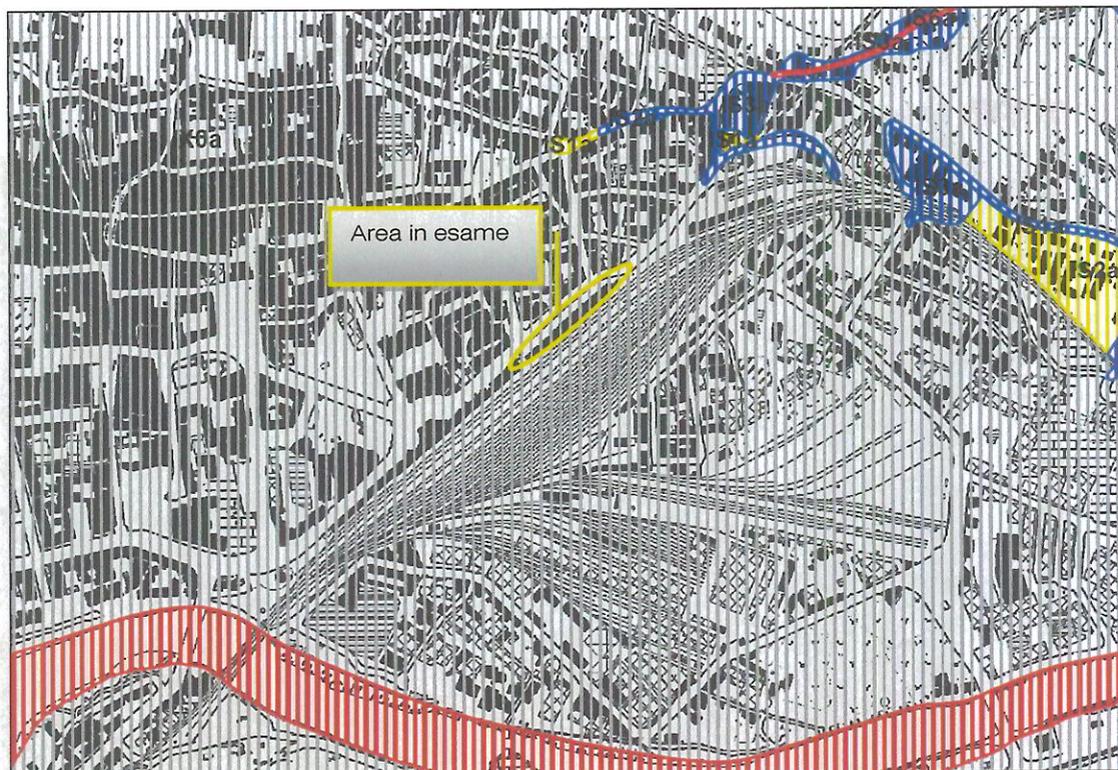


FIGURA 11 – PZP di Bolzano, della carta delle zone di pericolo – Pericoli idraulici (estratto)

Facendo riferimento al *Geobrowser* della Provincia Autonoma di Bolzano, di cui si riporta un estratto in FIGURA 12, si osserva come l'area, così come tutta la città, interessi una zona di tutela III (Tutela della falda acquifera di Bolzano ed istituzione della zona di rispetto ai sensi della Legge Provinciale 06/09/1973 n. 63).

Gran parte della falda acquifera di Bolzano, con Deliberazione della G. P. del 17.10.1983 nr. 5922, è stata posta sotto protezione e sono stati posti dei vincoli nella realizzazione degli scavi nelle varie aree. La nostra area rientra nella zona C nella quale valgono le seguenti limitazioni:

Scavi in zona C

Per la zona C, il vincolo di tutela 4.2 i) così recita: "E' vietato lo sfruttamento dei materiali alluvionali di fondovalle mediante cave. Gli scavi per altri scopi sono soggetti all'autorizzazione dell'Ufficio Gestione Risorse Idriche se intaccano la falda sotterranea o comunque ne riducono la copertura a meno di 1 m dal livello massimo della falda acquifera; in tutti gli altri casi sono permessi".

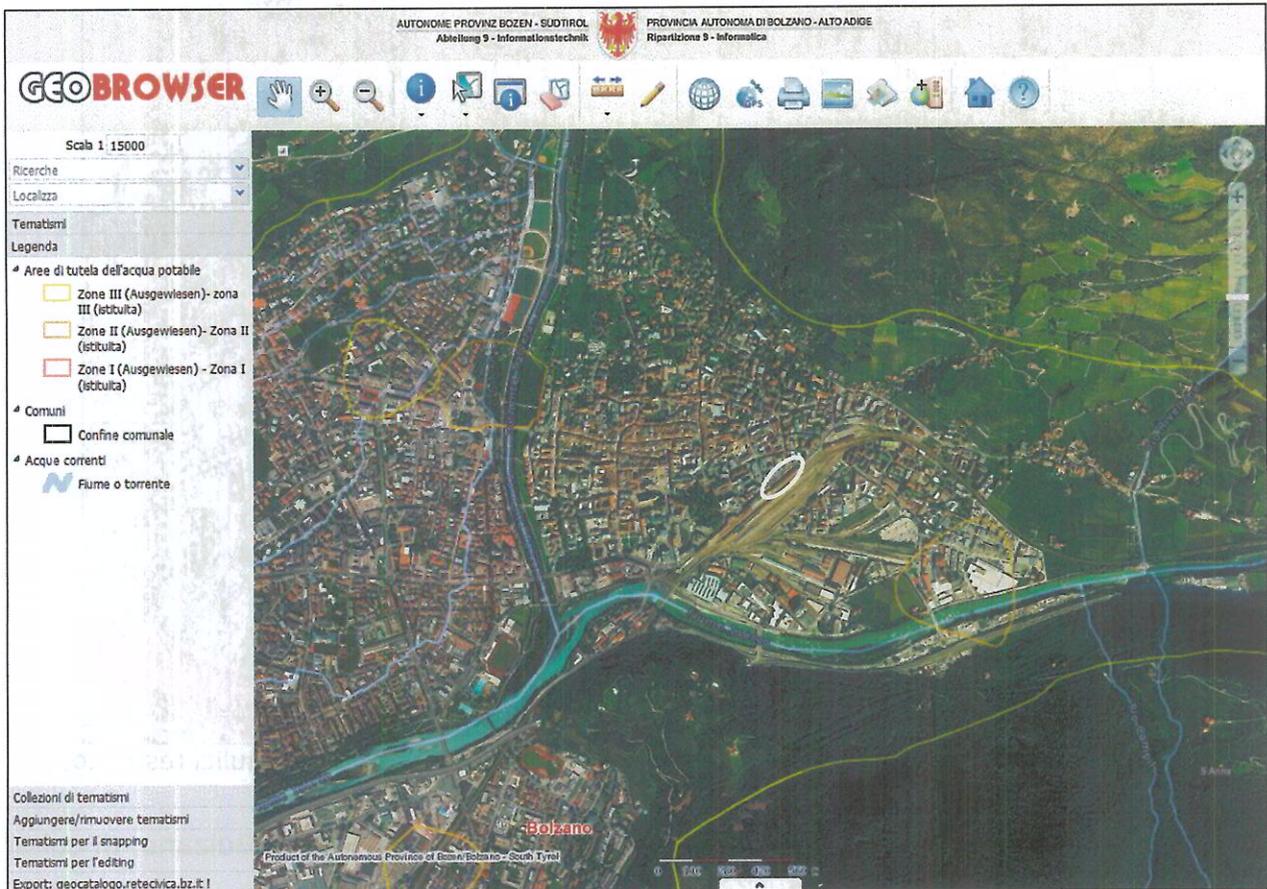


FIGURA 12 – Zona di tutela delle acque potabili (Fonte: GeoBrowser-P.A. Bolzano)

Al Cap. A.5 è stato descritto come la circolazione idrica scorra, nel sottosuolo dell'area in esame, ad una profondità superiore ai 10 m; poiché nel progetto gli scavi non arriveranno a 2 m di profondità, non vi è necessità di richiedere alcuna autorizzazione dal competente ufficio provinciale.

7. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

7.1 Assetto stratigrafico locale

Informazioni stratigrafiche reperite per l'area in oggetto e per i suoi dintorni (FIGURA 13) hanno consentito di ricostruire l'assetto litostratigrafico dell'area.

La serie stratigrafica locale più recente e di interesse per l'inquadramento del modello geotecnico (ultimi 30 metri di alluvioni), rileva la presenza di depositi di conoide distale del torrente Talvera alla confluenza con il Fiume Isarco, con prevalenza

di *trasporto da corrente idrica in canale o intercanale attivo (UNITA' A1)* ghiaioso sabbiosa con ciottoli), con sviluppo irregolare al tetto di sabbie fini e limi sabbiosi nocciola (UNITA' A2) ascrivibili a *depositi di decantazione in intercanale abbandonato*, in parte asportati e sostituiti con materiali di riporto in genere granulari ghiaioso sabbiosi e sabbioso ghiaiosi, talora con resti antropici (UNITA' R).

L'Unità A2 si sviluppa con contatto irregolare al tetto dell'UNITA' A1, nei settori con piano campagna al di sotto di quota 266 m slm circa, e raggiunge profondità massima dal p.c. compresa tra i 4 ed i 5,7 m.

Intercalazioni pluridecimetriche lentiformi dell'UNITA' A2 si rilevano localmente anche più in profondità (in particolare tra i 12÷13 m) ma non assumono rilevanza geotecnica per il progetto in oggetto. I materiali di riporto (Unità R), quando presenti, si rilevano a partire dal piano campagna su spessori medi dell'ordine dei 2 m e massimi probabilmente superiori (TAVOLA 1).

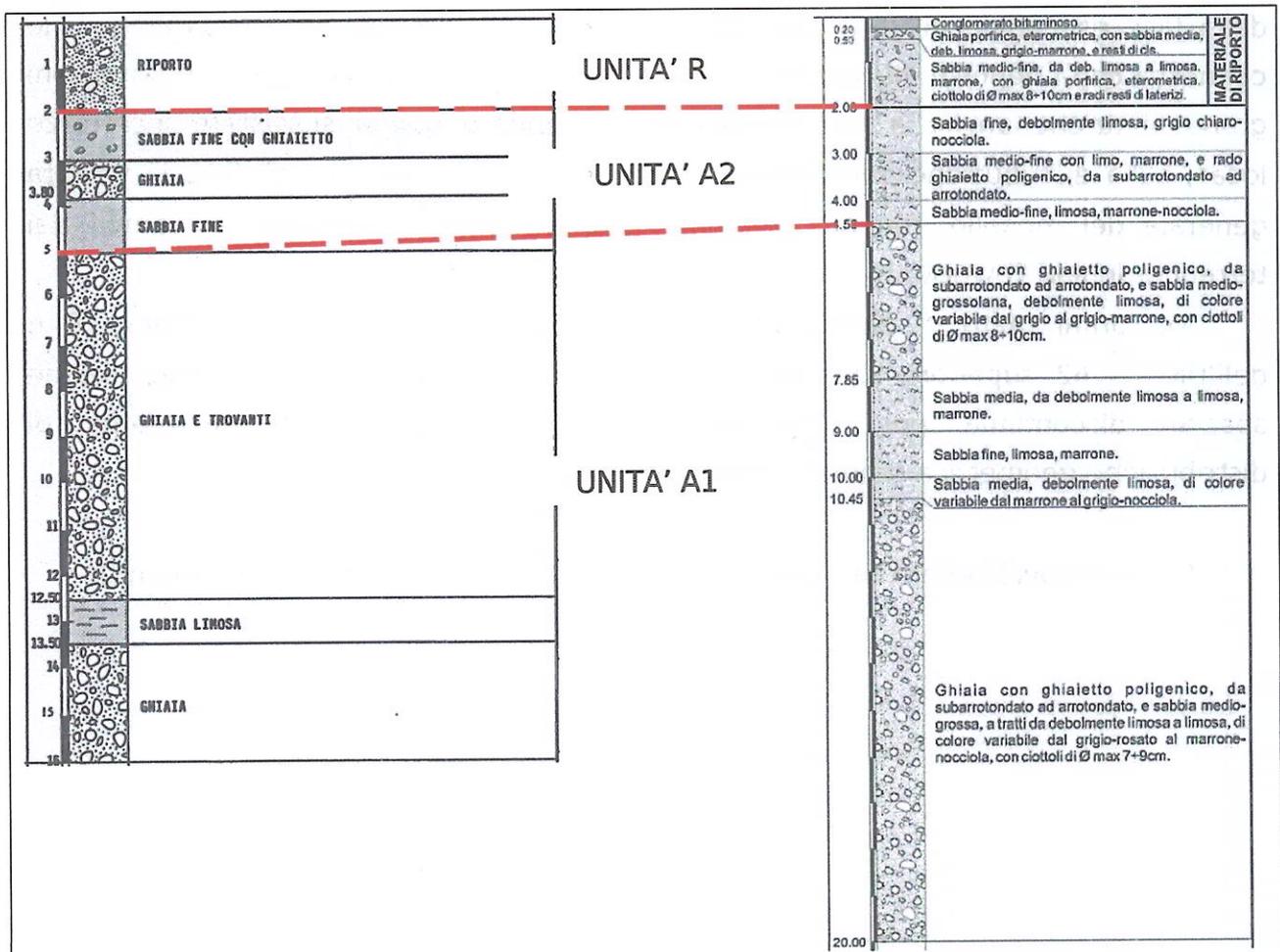


FIGURA 13: sondaggi eseguiti nei pressi del piazzale stazione (a sx) e della funivia del Renon (dx)

7.2 Schema di circolazione idrica sotterranea – interferenze con le opere in progetto

Come riportato al Cap.5, ai fini del presente studio possiamo considerare il tetto del livello di falda mediamente compreso tra le quote 243÷246 m slm in anni idrologici normali, che può raggiungere quota ~250 m slm in anni idrologici eccezionali. Diviene difficile, invece, fare ulteriori previsioni statistiche affidabili circa i possibili innalzamenti della falda per il tempo relativo alla vita nominale dell'opera, a causa di una serie di dati di partenza piuttosto limitata (cap. 5).

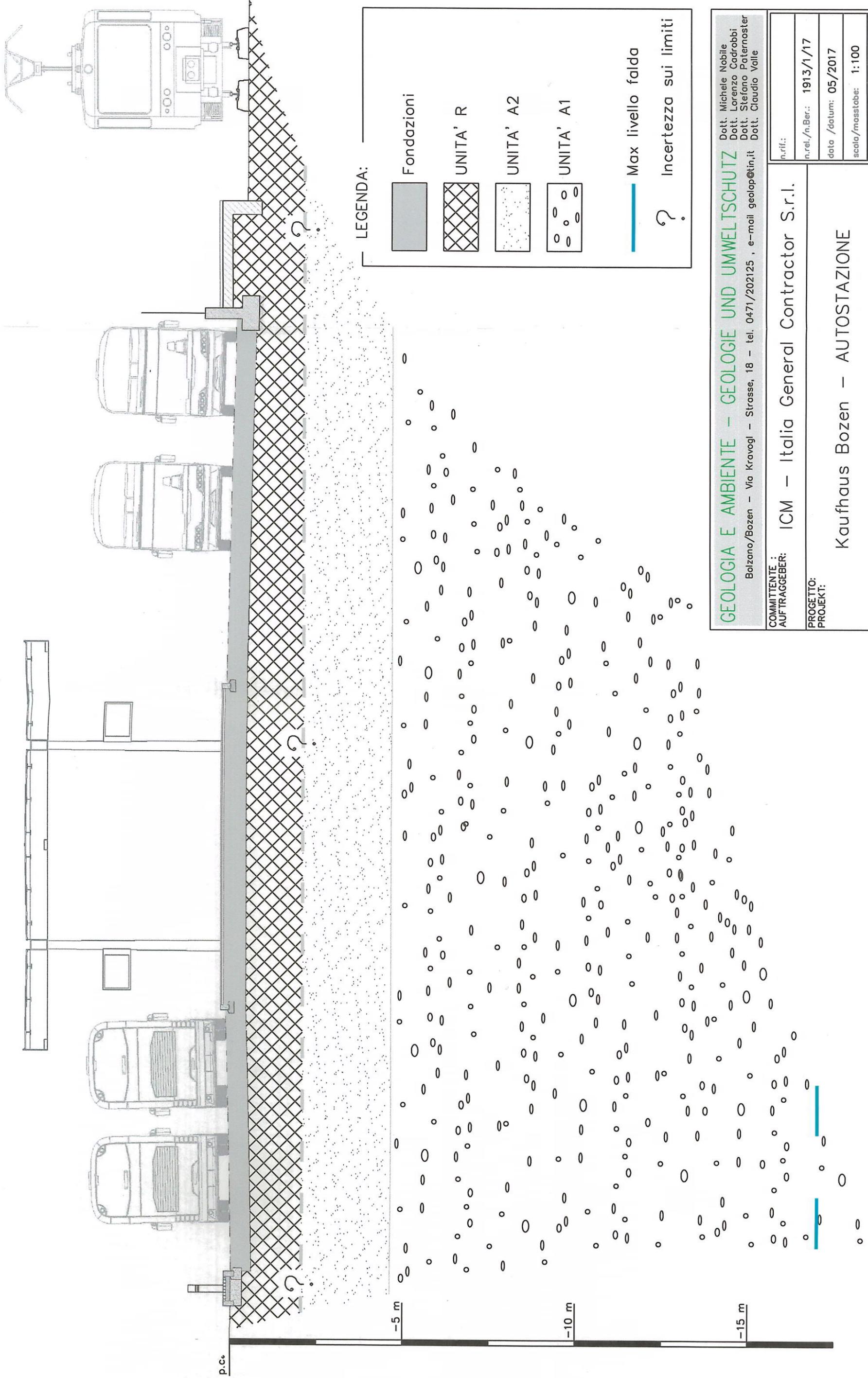
Non essendo prevista la realizzazione di strutture interrato, non sarà necessario prevedere alcuna opera di impermeabilizzazione.

7.3 Incertezze nella ricostruzione del modello geologico

La principale incertezza nel modello geologico assunto in progetto risiede, data la mancanza di indagini geognostiche localizzate nell'area che verranno eseguite prima della fase esecutiva, in un limite oggettivo dato dalla variabilità di sedimentazione connessa con i depositi alluvionali di conoide, che talvolta comportano forti variazioni granulometriche anche a breve distanza. Potrebbero quindi sussistere incertezze locali, sulla distribuzione delle granulometrie che comunque non inficiano la validità generale del modello, tenendo presente che comunque si rimane nel campo dei terreni granulari (TAVOLA 1).

Nei primi metri di sottosuolo naturale, lo sviluppo dei riporti antropici R e dell'UNITA' A2 superiore sabbioso limosa, risultano caratterizzati da distribuzione spaziale discontinua, per la quale non è possibile individuare un motivo di distribuzione geometrica regolare, ben correlabile.

Di ciò si dovrà tenere nell'elaborazione del modello geotecnico di riferimento.



LEGENDA:

- Fondazioni
- UNITA' R
- UNITA' A2
- o
o
o
o
 UNITA' A1
- Max livello falda
- Incertezza sui limiti

GEOLOGIA E AMBIENTE – GEOLOGIE UND UMWELTSCHUTZ
 Dott. Michele Nobile
 Dott. Lorenzo Cadrobbi
 Dott. Stefano Paternoster
 Balzano/Bozen – Via Kravogl – Strasse, 18 – tel. 0471/202125 , e-mail geolop@tin.it Dott. Claudio Valle

COMMITTENTE : AUFTRAGGEBER:	ICM – Italia General Contractor S.r.l.
PROGETTO: PROJEKT:	Kaufhaus Bozen – AUTOSTAZIONE
OGGETTO: BETREFF:	Sezione geologica schematica

n.rif.:	
n.rel./n.Ber.:	1913/1/17
data /datum:	05/2017
scala/masstabe:	1:100
TAV./TAF.:	1

Questo documento non potrà essere copiato, riprodotto o pubblicato in tutto o in parte senza il consenso scritto dello Studio GEOLOGIA APPLICATA (legge 22 aprile 1941 nr. 633, art. 2575 e segg. c.c.)

8. GESTIONE DEI MATERIALI DERIVANTI DA ATTIVITÀ DI SCAVO

Per la gestione delle terre e delle rocce da scavo nel territorio della *Provincia Autonoma di Bolzano* trova attuazione la *Deliberazione della Giunta Provinciale n. 189 del 26 gennaio 2009 - "Criteri per la classificazione di terre e rocce da scavo, anche di gallerie, come sottoprodotto"*. Nell'area in esame sono presenti sia depositi naturali (in prevalenza) che terreni di rimaneggiamento antropico e/o riporti (mediamente primi 2-4 m di sottosuolo). In merito alle attività di scavo, si osserva quindi quanto segue:

- I. Terreni naturali non contaminati provenienti dagli scavi, potranno essere riutilizzati in sito o anche al di fuori del sito come sottoprodotti, nel rispetto dei contenuti e delle modalità indicate dalle normative vigenti e illustrate nella citata Deliberazione G.P. n. 189/2009.
- II. Materiali antropici di riporto ed eventuali materiali indesiderati che dovessero essere rinvenuti in fase di scavo (riporti antropici, rifiuti da demolizione, *c/s*, ecc..) dovranno venire gestiti separatamente, procedendo ad un loro corretto trattamento di recupero autorizzato o eventuale smaltimento secondo le normative di settore. I codici CER di riferimento possono ritenersi assimilabili a 170504 e subordinatamente 170904.

Prima della fase esecutiva sarà necessario eseguire quanto previsto dalla normativa ambientale provinciale per la gestione dei materiali di scavo.

9. CONCLUSIONI

In base ai rilievi eseguiti ed alle indagini di campagna realizzate in aree limitrofe ed adiacenti nel recente passato, è stato riconosciuto che l'area individuata può essere considerata idonea dal punto di vista geologico alla realizzazione dell'opera in progetto. La porzione distale del conoide del T. Talvera, interessata dallo sviluppo delle opere in progetto, non presenta processi morfogenetici attivi che possano determinare condizioni d'instabilità.

L'assetto idrogeologico del settore distale di conoide alla confluenza con l'Isarco, dove si situa l'area di indagine, risulta localmente caratterizzato dalla presenza di un monoacquifero, con falda a superficie libera. Ai fini del presente studio si considera il tetto del livello di falda mediamente compreso tra le quote 243÷246,5 m slm in anni idrologici normali, che può raggiungere quota 248÷248,5 m slm in anni idrologici eccezionali.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni", soddisfa i requisiti urbanistici di rilevanza geologica e costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione ad edificare.

In corso d'opera si deve controllare la rispondenza tra il modello geologico di riferimento assunto in progetto e la situazione effettiva, differendo di conseguenza la caratterizzazione geotecnica ed il progetto esecutivo, così come previsto dalla normativa di settore.

Bolzano, maggio 2017

ICM – Italia General Contractor S.r.l.

KAUFHAUS BOZEN

PROGETTO DEFINITIVO - AUTOSTAZIONE

ENDGÜLTIGES PROJEKT - BUSBAHNHOF

RELAZIONE GEOTECNICA

di caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito

GEOTECHNISCHER BERICHT

für die Charakterisierung und geotechnischer Modellierung des Standorts

IL PROGETTISTA/DER PLANER

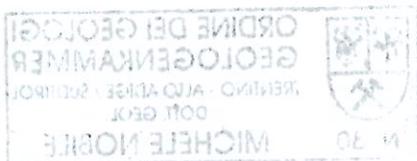
IL GEOLOGO/DER GEOLOGE



COMMITTENTE: ICM – Italia General Contractor S.r.l.

SOMMARIO

1.	PREMESSA – INTERVENTI IN PROGETTO	21
2.	NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO	21
3.	ESTRATTO DAL MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO	22
4.	RISPOSTA SISMICA LOCALE	23
4.1	Classificazione dell'opera e vita attesa	23
4.2	Tempo di ritorno dell'evento sismico	24
4.3	Accelerazione a_{max} su suolo di cat. A (bedrock sismico)	24
4.4	Effetti stratigrafici, topografici e parametri di sito	25
5.	PARAMETRAZIONE GEOTECNICA	27
5.1	Regime delle pressioni neutre	28
6.	CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE A LIVELLO DI PROGETTO DEFINITIVO	28
6.1	Condizioni fondazionali	28
6.2	Modalità esecutive degli scavi	30
7.	CONCLUSIONI	31



1. PREMESSA – INTERVENTI IN PROGETTO

La presente relazione fa esplicito riferimento al modello geologico definito nella relazione geologica di cui alla parte prima del presente documento. Gli interventi si svilupperanno nella parte di NW della Stazione ferroviaria di Bolzano in un settore sub pianeggiante mediamente compreso tra le quote 264÷266 m slm (zero di progetto 0,00=265,85 m slm).

In coerenza con lo spazio urbano, la nuova autostazione si estenderà a fianco della via Renon che collega il piazzale antistante alla stazione alla cabinovia del Renon.

La nuova autostazione prevede la realizzazione di una biglietteria, con un solo piano fuori terra priva di interrati, di pensiline per la fermata degli autobus e la realizzazione di due parcheggi con posti auto.

Gli unici scavi previsti dal progetto saranno quelli connessi con la realizzazione dei nuovi apparati fondazionali che, considerando anche uno strato di regolarizzazione sul fondo scavo, raggiungeranno una profondità di circa 2 m.

Trattandosi di opere con vita nominale (V_N) 50 anni e di Classe d'uso II, ricadenti in Zona 4, sono ammessi sia il "Metodo delle *tensioni ammissibili*" che il "Metodo di calcolo agli *stati limite*".

2. NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO

Il presente elaborato con riferimento alla seguente normativa di settore:

- D.M. 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni".
- CIRCOLARE 2 FEBBRAIO 2009, N° 617 – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14. 01. 2008
- D.M. LL,PP. 11.03.88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- UNI ENV 1997-1 – Eurocodice 7 "Progettazione Geotecnica.
- A.G.I. 1977 - Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

3. ESTRATTO DAL MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

La serie stratigrafica locale più recente e di interesse per l'inquadramento del modello geotecnico (ultimi 30 metri di alluvioni), rileva la presenza di depositi di conoide distale del torrente Talvera alla confluenza con il Fiume Isarco, con prevalenza di trasporto da corrente idrica in canale o intercanale attivo (UNITA' A1) ghiaioso sabbiosa con ciottoli), con sviluppo irregolare al tetto di sabbie fini e limi sabbiosi nocciola (UNITA' A2) ascrivibili a depositi di decantazione in intercanale abbandonato, in parte asportati e sostituiti con materiali di riporto in genere granulari ghiaioso sabbiosi e sabbioso ghiaiosi, talora con resti antropici (UNITA' R).

L'Unità A2 si sviluppa con contatto irregolare al tetto dell'UNITA' A1, nei settori con piano campagna al di sotto di quota 266 m slm circa, e raggiunge profondità massima dal p.c. compresa tra i 4 ed i 5,7 m.

Intercalazioni pluridecimetriche lentiformi dell'UNITA' A2 si rilevano localmente anche più in profondità (in particolare tra i 12÷13 m) ma non assumono rilevanza geotecnica per il progetto in oggetto. I materiali di riporto (Unità R), quando presenti, si rilevano a partire dal piano campagna su spessori medi dell'ordine dei 2 m e massimi probabilmente superiori.

3.1 Indagini geognostiche in fase esecutiva

Dato che allo stato attuale non è stato possibile, per l'indisponibilità dell'area, eseguire indagini dirette, pur considerato che per l'attuale fase progettuale il modello geologico di riferimento progettuale (TAVOLA 1) delineato, deve considerarsi esaustivo per la fase progettuale esecutiva; al fine di caratterizzare nel dettaglio gli orizzonti più superficiali dei terreni di sedime, è prevista l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche, che sarà basata sull'esecuzione di:

- indagine sismica, per delineare la continuità dei livelli, in base alla velocità delle risposte sismiche del sottosuolo;
- indagini dirette tipo penetrometrie dinamiche, per la definizione diretta e numerica dei parametri di resistenza dei terreni.

4. RISPOSTA SISMICA LOCALE

4.1 Classificazione dell'opera e vita attesa

In accordo a quanto previsto dalle NTC la vita di riferimento (V_R) dell'opera viene definita (cfr. paragrafo n.2.4.3 – NTC) come prodotto tra la vita nominale (V_N) ed il coefficiente d'uso (C_U) come di seguito indicato: $V_R = V_N \times C_U$

La vita nominale dell'opera viene definita con riferimento alla TABELLA 1 in funzione delle caratteristiche della stessa.

Opera	Tipo	V_N
Parti d'opera provvisionali con $V_N \leq 2$ anni	1	≤ 2
Parti d'opera provvisionali con $2 \text{ anni} < V_N \leq 10$ anni	1	≤ 10
Opere ordinarie	2	≥ 50
Grandi opere	3	≥ 100

TABELLA 1 – tipo e vita nominale dell'opera (DM 14/01/2008 – tabella 2.4.I)

Il coefficiente d'uso dell'opera viene definito in relazione alle conseguenze di una interruzione di funzionalità o collasso in caso di sisma in accordo a quanto riportato in TABELLA 2.

Classe d'uso	I	II	III	IV
C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

TABELLA 2 – Classi e coefficienti d'uso (DM 14/01/2008 – tabella 2.4.II)

Con riferimento a quanto sopra illustrato, nel caso specifico in studio in accordo con i dati di progetto si assume quanto segue:

- Tipo della costruzione = 2 (opera ordinaria)
- V_N = vita nominale dell'opera = 50 anni
- Classe d'uso = II
- C_U = coefficiente d'uso = 1,0

Si ottiene poi il valore di riferimento della vita dell'opera: $V_R = V_N \times C_U = 50$ anni.

4.2 Tempo di ritorno dell'evento sismico

Si assume (in accordo con la Normativa vigente) come indicatore del grado di pericolosità sismica l'accelerazione orizzontale massima su *bedrock sismico* ($V_s > 800$ m/s). Il valore di progetto di tale parametro viene definito in funzione della "probabilità di superamento" per un dato "tempo di ritorno". E' noto che il "tempo di ritorno" e la "probabilità di superamento" sono due grandezze tra loro correlate come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

dove:

T_R = tempo di ritorno

$V_R = 50$ anni = periodo di riferimento dell'opera (cfr. paragrafo 4.1)

P_{VR} = probabilità di superamento

In TABELLA 3 sono riassunti i valori del tempo di ritorno (T_R) in funzione del periodo di riferimento (V_R) e delle probabilità di superamento (P_{VR}) definite dalle Norma per gli stati limite ultimi di servizio (SLO, SLD) e ultimi (SLV, SLC), e in grassetto quelli da considerarsi nelle verifiche sismiche.

STATI LIMITE	V_R (anni)	P_{VR}	T_R (anni)
SLO	50	81%	30
SLD		63%	50
SLV		10%	475
SLC		5%	975

TABELLA 3 – Tempi di ritorno per analisi allo stato limite

4.3 Accelerazione a_{max} su suolo di cat. A (*bedrock sismico*)

Il valore di accelerazione orizzontale massima nello specifico sito di interesse viene determinato con riferimento ai valori puntuali già definiti per un'apposita griglia (10x10km) da uno studio dell'INGV e riassunti nelle tabelle di cui all'allegato B delle NTC cui si rimanda. In particolare il valore al sito viene definito mediando (in funzione della distanza) l'entità dell'accelerazione caratteristica dei 4 nodi più prossimi al sito stesso come di seguito indicato (analogo procedimento viene adottato per gli altri parametri sismici [F0 e T*C]):

$$a_g = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{a_{g,i}}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove:

a_g = accelerazione massima suolo tipo A nel sito

$a_{g,i}$ = accelerazione massima suolo tipo A nell'*i*-esimo punto

d_i = distanza del sito da *i*-esimo punto

(1) ^o Coordinate WGS84 (°)	
Latitudine 46,498169	Longitudine 11,361296
(1) ^o Coordinate ED50 (°)	
Latitudine 46,499057	Longitudine 11,362324
Classe dell'edificio	
II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...	
Vita nominale (Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100) 50	
Interpolazione Media ponderata	
<input type="button" value="Calcola"/>	

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F ₀	T _c [s]
Operatività (SLO)	30	0.019	2,549	0,166
Danno (SLD)	50	0.025	2,517	0,167
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.052	2,592	0,347
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.063	2,694	0,383
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Le verifiche verranno condotte con riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

4.4 Effetti stratigrafici, topografici e parametri di sito

Gli effetti di amplificazione locale dovuti alla stratigrafia ed alla conformazione topografica vengono messi in conto mediante i seguenti parametri:

- Parametro S_S : Effetti stratigrafici
- Parametro S_T : Effetti topografici

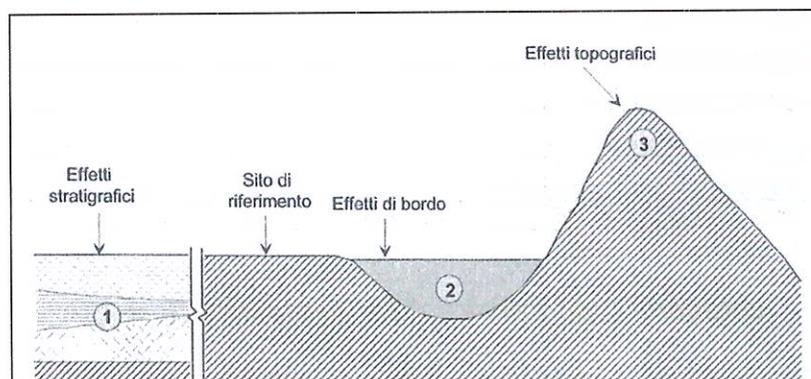


FIGURA 11 – Possibili effetti di amplificazione

Il parametro di risentimento in superficie legato agli effetti stratigrafici (S_S) viene valutato in funzione delle caratteristiche del terreno nei primi 30m di profondità, in

accordo con quanto riportato in TABELLA 4, mediante la determinazione diretta del parametro $V_{s,30}$, stimato con riferimento a valori di prove S.P.T.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Deposit</i> di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Deposit</i> di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

TABELLA 4 – Categorie dei suoli di fondazione (NTC 2008)

Nell'area di progetto, in base ad indagini eseguite in aree limitrofe a quella oggetto di studio, e sulla scorta di dati bibliografici consultati, con specifico riferimento alla TABELLA 4 si determina, per verifiche fondazionali, una categoria B.

Per quanto concerne gli effetti di amplificazione dovuti alla topografia del sito in considerazione del fatto che il sito è posto in piano (pendio con inclinazione media inferiore ai 15°) si può adottare la seguente categoria topografica:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

TABELLA 5 – Categorie topografica (NTC 2008)

categoria topografica $i \rightarrow T1$ e parametro $S_T = 1,0$

Di seguito si riportano i coefficienti sismici K_h , K_v , A_{max} e β ed i parametri per la costruzione degli spettri di risposta sismica locale in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali per le fondazioni.

CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI

Muri di sostegno
 Paratie
 Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)
 us (m)

Categoria sottosuolo
 Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss * Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
Cc * Coeff. funz categoria	1,59	1,54	1,36	1,33
St * Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,005	0,006	0,012	0,015
kv	0,002	0,003	0,006	0,008
Amax [m/s²]	0,227	0,289	0,612	0,743
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

* I valori di Ss, Cc ed St possono essere variati.

5. PARAMETRAZIONE GEOTECNICA

Con riferimento all'assetto litostratigrafico descritto al Cap.8 della relazione geologica e richiamato al Cap.3 del presente scritto, si riporta il quadro di sintesi del modello geotecnico di riferimento ricavato per l'area sulla base di indagini puntuali condotte in precedenza in siti limitrofi ed adiacenti.

Le elaborazioni dei dati SPT relativi ad indagini pregresse, realizzate nell'intorno dell'areale in oggetto, risultano tra loro coerenti ed indicano la presenza di un orizzonte superficiale, caratterizzato dall'interdigitazione/sovrapposizione di terreni naturali (sabbie fini debolmente limose, sciolte) e riporti, avente spessore variabile tra 4,0 e 5,5 m di caratteristiche geotecniche più modeste (Unità R/A2) sovrastante una potente successione ghiaiosa (Unità A1) di buone caratteristiche fisico-meccaniche.

Le unità omogenee così come individuate su base stratigrafica assumono rilevanza anche per la modellazione geotecnica, assimilando per caratteristiche fisico meccaniche i riporti (UNITA' R) con i depositi dell'UNITA' A2.

Questi pertanto i parametri attribuiti alle UNITA' caratteristiche individuate:

UNITA' R - MATERIALI DI RIPORTO: *materiale granulare ghiaioso sabbioso, a tratti con matrice sabbioso limosa, localmente misto a materiali antropici.*

UNITA' A2 – DEPOSITI ALLUVIONALI DI INTERCANALE: *sabbie fini e limi sabbiosi a tratti debolmente ghiaiosi.*

Spessore di riferimento medio per le unità R/A2 4,0÷5,5 m.

<i>Peso di volume</i>	γ	= 18,0÷18,5	kN/m ³
<i>Angolo di resistenza al taglio di picco</i>	ϕ'	= 29°÷31°	
<i>Angolo di resistenza al taglio critico</i>	ϕ_{cv}	= 28°	
<i>Coesione efficace</i>	c'	= 0	
<i>Modulo di Young</i>	E	= 8÷10	MPa

UNITA' A1 – DEPOSITI ALLUVIONALI GROSSOLANI DI CONOIDE: *ghiaia poligenica, prevalentemente porfirica, da subarrotondata ad arrotondata, in matrice sabbiosa localmente debolmente limosa, con presenza di ciottoli e blocchi (ϕ_{max} 30÷40 cm).*

<i>Peso di volume</i>	γ	= 19,5÷20,0	kN/m ³
<i>Angolo di resistenza al taglio di picco</i>	ϕ'	= 37°÷38°	
<i>Angolo di resistenza al taglio critico</i>	ϕ_{cv}	= 36°	
<i>Coesione efficace</i>	c'	= 0	
<i>Modulo di Young</i>	E	> 50	MPa

5.1 Regime delle pressioni neutre

Come riportato ai Capp. 5 e 7 della relazione geologica non sono prevedibili interferenze tra le nuove strutture in progetto e la falda di fondo valle.

6. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE A LIVELLO DI PROGETTO DEFINITIVO

Nei capitoli che seguono, in relazione allo sviluppo delle opere di progetto, vengono analizzati i seguenti aspetti geotecnici rilevanti:

- condizioni fondazionali;
- realizzazione di un cassonetto fondazionale;
- modalità di realizzazione degli scavi.

6.1 Condizioni fondazionali

Entro il volume significativo di sottosuolo interessato dalle fondazioni delle nuove strutture in progetto, si rileva la presenza di *Riporti/Depositi alluvionali di intercanale - UNITA' R/A2* di modeste caratteristiche geotecniche; non si ravvisano tuttavia

problematiche particolari a livello fondazionale, anche in considerazione delle dimensioni delle nuove opere.

Le fondazioni delle nuove strutture potranno essere di tipo diretto, nastriformi od a platea ed i cedimenti, funzione dei nuovi sovraccarichi, saranno prevalentemente di compressione in presenza di moduli di deformazione di valore medio, quindi di entità non rilevante. Data la natura granulare, drenante, dei terreni di sedime, non saranno da attendersi cedimenti per consolidazione, differiti nel tempo, e in ogni caso cedimenti viscosi non rilevanti.

Data tuttavia l'estensione areale delle strutture e le possibili difformità litostratigrafiche e geotecniche dei terreni costituenti il primo sottosuolo, potrà essere consigliabile la realizzazione di un piano di appoggio omogeneo e di buone caratteristiche per le strutture. Allo scopo potrà essere messo in opera un cassonetto di fondazione, secondo le modalità operative di seguito riportate.

6.2 Cassonetto fondazionale

Per la messa in opera del cassonetto fondazionale per la posa delle fondazioni della nuove strutture, operativamente si potrà operare come di seguito:

- scavo al di sotto del previsto piano di posa delle fondazioni per circa 40÷50 cm;
- posa in opera sul fondo dello scavo di un geotessuto avente funzione di:
 - separazione tra cassonetto di riporto e terreno in sito;
 - rinforzo a livello fondazionale (riduzione delle tensioni di taglio);
 - filtrazione dell'acqua nel sottosuolo.

Per il geotessuto dovranno essere garantite le seguenti prestazioni fisico – meccaniche:

- ✓ resistenza nominale a trazione: ≥ 40 KN/m
 - ✓ resistenza al punzonamento statico (C.B.R.): ≥ 8
 - ✓ permeabilità all'acqua: $K \geq 1 \times 10^{-2}$ m/s
 - ✓ apertura caratteristica O_{90} : 150-200 μm
- Posa in opera di uno strato (25÷30 cm) composto da rocce aventi struttura compatta e prive di porosità evidenti, scevro da impurità e sostanze organiche, con granulometria 0-70 mm, secondo il fuso granulometrico A della Norma CNR UNI 10006 (FIGURA 12);
 - costipamento dello strato a mezzo di rullo del peso di almeno 10 t, con un minimo di 4 passate per strato. Il costipamento potrà ritenersi accettato quando

- verranno raggiunti valori non minori del 95% della densità massima Proctor AASHO di laboratorio ed un modulo di deformazione $Me \geq 40$ MPa;
- posa in opera di uno strato superiore (10÷20 cm) composto da materiale di natura calcarea, legante stabilizzato, composto da rocce aventi struttura compatta e prive di porosità evidenti, scevro da impurità e sostanze organiche, con granulometria 0-30 mm, secondo il fuso granulometrico B della Norma CNR UNI 10006 (FIGURA 12);
- costipamento dello strato a mezzo di rullo del peso di almeno 10 t, con un minimo di 4 passate per strato. Il costipamento potrà ritenersi accettato quando verranno raggiunti valori non minori del 95% della densità massima Proctor AASHO di laboratorio ed un modulo di deformazione $Me \geq 80$ MPa.

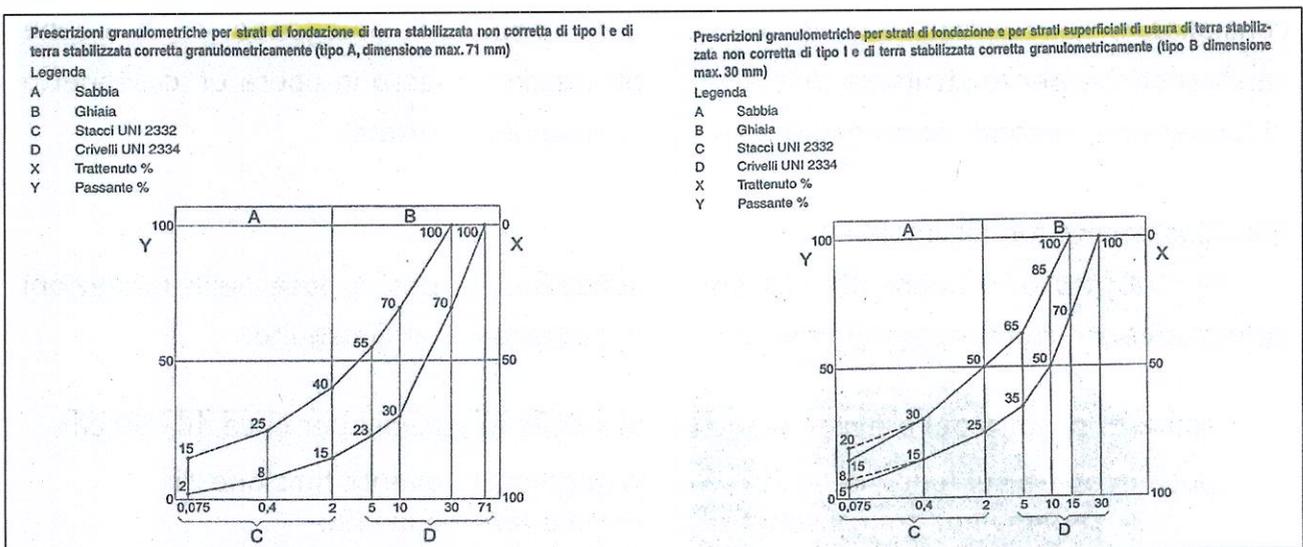


FIGURA 12: fusi granulometrici A (sx) e B (dx) per cassonetti di fondazione

6.3 Modalità esecutive degli scavi

La realizzazione delle opere in progetto prevede l'esecuzione di scavi che, secondo le stesse tavole progettuali, saranno di profondità massima inferiore a 2 m.

Nel contesto litostratigrafico descritto, senza particolari problematiche al contorno, in condizioni assimilabili ad estradosso sub-pianeggiante, tali scavi potranno essere realizzati con profilature dell'ordine dei 60°÷70°.

7. CONCLUSIONI

In base ai dati in nostro possesso ed al tipo di progetto in esame, è stato riconosciuto che l'area individuata può essere considerata idonea dal punto di vista geotecnico alla realizzazione delle opere in progetto, osservando le indicazioni e le prescrizioni riportate nel presente elaborato.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" e costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione ad edificare. La presente relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno è integrata dalle diverse relazioni di calcolo allegate al progetto per tutte le previste verifiche della sicurezza e delle prestazioni di cui al capitolo 6.2.3. delle NTC.

Bolzano, maggio 2017

