



## **Realizzazione di un parcheggio interrato a sei piani sotto piazza Vittoria, a Bolzano**

### **Relazione geologica e relazione geotecnica per il progetto definitivo**

**Committente:**

**Ufficio Opere Pubbliche, Edifici - 6.3  
Comune di Bolzano**

**Data:**

**settembre 2018**

**L'ESPERTO NELLE MATERIE TECNICHE DELL'AREA AMBIENTALE**

**Dott. Geol. Mauro Platter**

# **Realizzazione di un parcheggio interrato a sei piani sotto piazza Vittoria, a Bolzano**

## **Relazione geologica e relazione geotecnica per il progetto definitivo**

### **Relazione geologica**

1. PREMESSA	pag. 5
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	pag. 7
3. IDROGEOLOGIA	pag. 10
3.1 Descrizione idrogeologica generale	pag. 10
3.2 Vincoli idrogeologici per la tutela della falda	pag. 14
3.3 Misure di sicurezza per la tutela della falda	pag. 16
4. PERICOLO IDROGEOLOGICO E VERIFICA DI COMPATIBILITA'	pag. 17
5. GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	pag. 20
6. RISCHIO RADON	pag. 22
7. CONCLUSIONI	pag. 24

### **Relazione geotecnica**

1. INDAGINI ESEGUITE	pag. 27
2. MODELLAZIONE GEOTECNICA E RESISTENZA DEL TERRENO	pag. 28
2.1 Verifica agli SLU (rottura del terreno)	pag. 35
3. STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO	pag. 40
4. MODELLAZIONE SISMICA	pag. 41
5. CONCLUSIONI	pag. 46

#### **ALLEGATI:**

- Relazione tecnica descrittiva delle indagini geognostiche e stratigrafie
- Planimetria e sezioni di progetto

## NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- A.G.I. 1977 – Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- D.M. 11 marzo 1988 n. 47 - 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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. 14 gennaio 2008 - Nuove norme tecniche per le costruzioni.
- D.M. 17/01/2018 - Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni.
- Circolare del C.S.LL.PP. n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni".
- D.P.P. 01/09/2015, nr. 22 - Abrogazione del D.P.P. 21/07/2009, nr. 33 sulle opere edili antisismiche.
- D.P.P. n. 35 del 24/07/2006 - Regolamento sulle aree di tutela dell'acqua potabile.
- D.G.P. 189 del 26/01/2009 - Criteri per la classificazione di terre e rocce da scavo, anche di gallerie, come sottoprodotti.
- O.P.C.M. del 20/03/2003 n. 3274, sulle norme sismiche e i nuovi criteri progettuali.
- Decreto del Presidente della Giunta Provinciale nr. 42, 05/08/2008 e successive modifiche - Regolamento di esecuzione concernente i piani delle zone di pericolo.



Comune di Bolzano  
Stadtgemeinde Bozen

**5.0 Ripartizione Pianificazione e**

**Sviluppo del Territorio**

**5.0 Abteilung für Raumplanung und –entwicklung**

5.7 Ufficio Geologia, Protezione civile ed Energia  
5.7 Amt für Geologie, Zivilschutz und Energie

## Relazione geologica

## 1. PREMESSA

Il presente studio, eseguito su incarico dell'Ufficio Opere Pubbliche, Edifici del Comune di Bolzano, analizza le problematiche di natura geologica, idrogeologica e sismica concernenti la realizzazione di un nuovo parcheggio interrato sotto piazza Vittoria, a Bolzano. Il progettista è l'Ing. Mario Valdemarin.

Il progetto si trova attualmente nella fase di elaborazione del progetto definitivo.

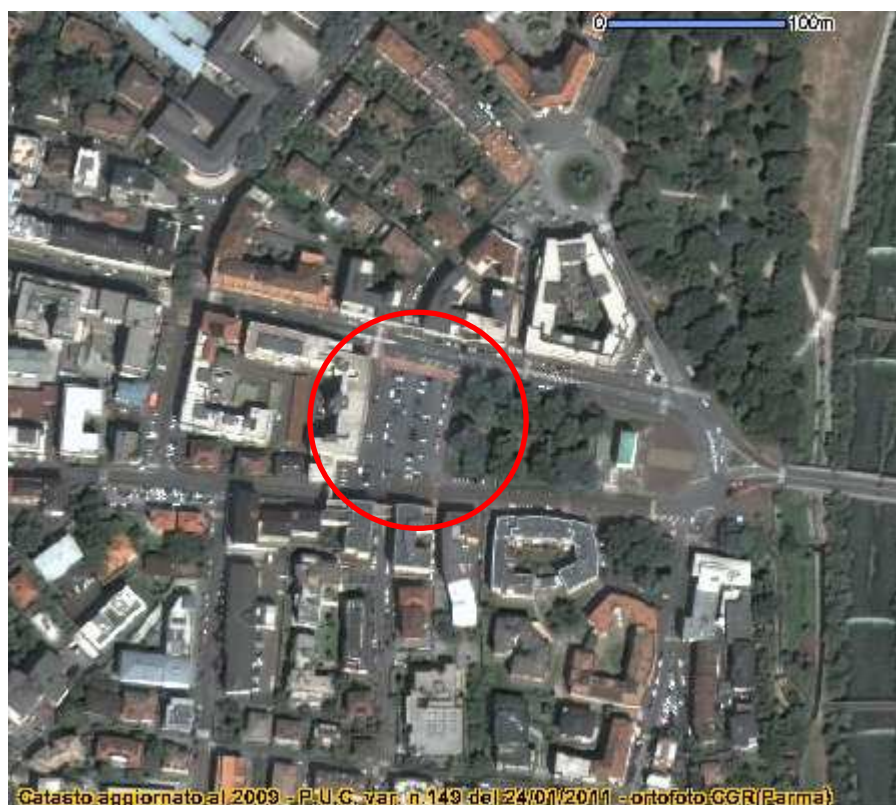
Sulla base delle planimetrie di progetto, considerando la proiezione verticale sulla superficie di piazza Vittoria, l'area di scavo ha un'estensione di ca. 80 x 40 m, comprendendo la totalità della superficie occupata dagli attuali parcheggi superficiali della piazza ed escludendo l'area del parco pubblico. E' prevista inoltre la realizzazione di due rampe di accesso lungo via Cesare Battisti e lungo corso Libertà, in direzione ponte Talvera (vedi planimetria allegata). Il progetto è ovviamente suscettibile di modifiche ed implementazioni nelle fasi successive.

La profondità prevista del piano fondazionale, considerando l'intenzione della committenza di progettare e realizzare sei piani interrati, si aggira intorno ai 18 - 20 m.

L'area in oggetto è ubicata in orografica destra del torrente Talvera, a ca. 250 m di distanza media dal suo asse, ad una quota di ca. 273 m.s.l.m. (Fig. 1).

Ai fini della redazione del presente elaborato, sono stati effettuati n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, aggiuntivi rispetto a quelli realizzati per il progetto preliminare, spinti sino alla profondità di 30,0 m dal piano campagna, con l'esecuzione di prove S.P.T. (Standard Penetration Test) ogni 3,0 m.

Nel presente studio viene effettuata la caratterizzazione geologica del sito di progetto, in ottemperanza alla vigente normativa in materia di scavi e opere di fondazione (D.M. 17.01.2018 – “*Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni*”, D.M. 14.01.2008 “*Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*” e D.M. 11.03.1988).



**Fig. 1: corografia**

Vengono inoltre indagati gli aspetti idrogeologici dell'area e le eventuali interferenze della falda con l'opera in progetto e viene redatto un capitolo relativo alla gestione delle terre e rocce da scavo.

A tal proposito, in fase di progetto preliminare, erano state effettuate le analisi chimiche su 4 campioni di terreno, prelevati nei primi metri dei carotaggi effettuati, al fine di individuare eventuali contaminazioni o inquinamenti del terreno stesso.

Il presente documento costituisce la relazione geologica del progetto definitivo, in base al citato D.M. 14.01.2008 e al D.M. 17.01.2018.

## **2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO**

Da un punto di vista geologico, la conca di Bolzano è compresa 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 brecce. Queste litologie sono visibili in estesi affioramenti lungo i versanti delle valli dell'Isarco e dell'Adige, anche se localmente possono essere ricoperti da coltri detritiche, da depositi colluviali e da depositi di origine glaciale o fluvio - glaciale.

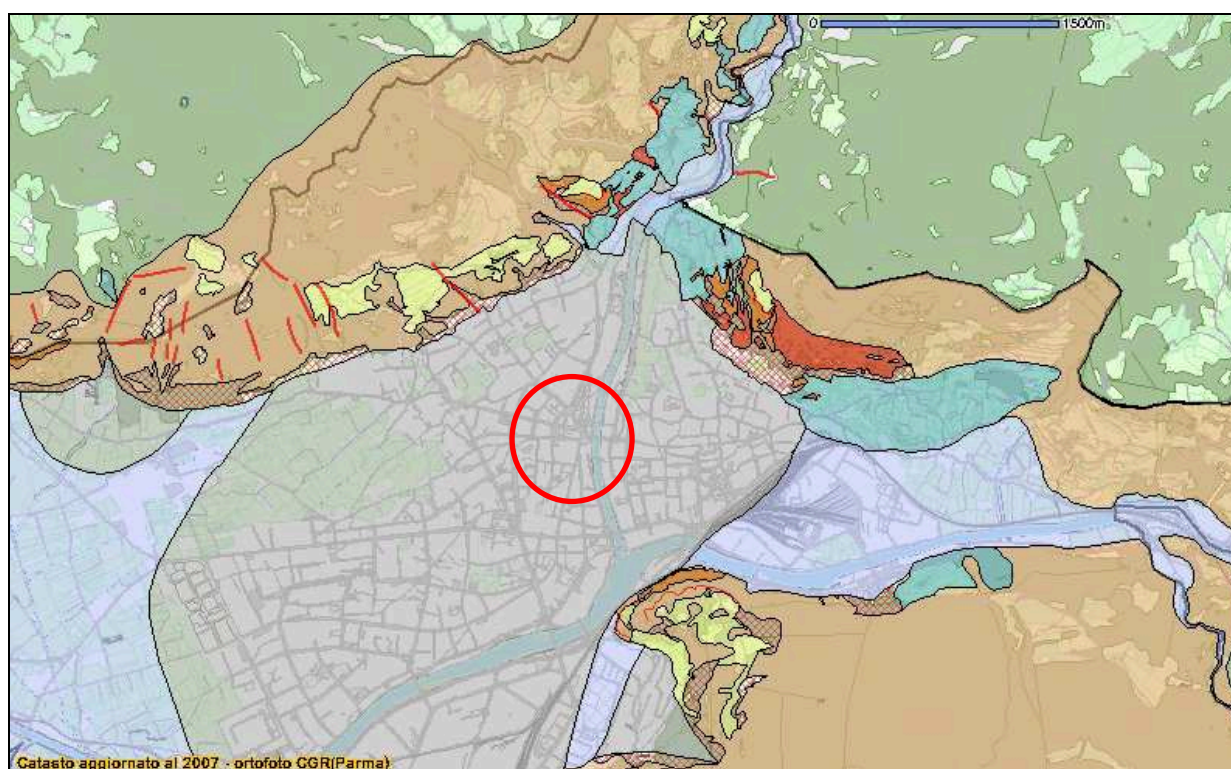
Nel fondovalle, dove si trova l'area in esame, le rocce del complesso vulcanico risultano costantemente ricoperte da una spessa coltre di depositi quaternari. La profondità del substrato roccioso nella zona di Bolzano è stata individuata, sulla base di un'indagine sismica a riflessione in una sezione prossima all'aeroporto, ad una profondità variabile tra i 500 ed i 600 m da piano campagna (SCHMID C. e GÄNSLER, 1993). Nelle porzioni più superficiali questi depositi sono rappresentati da materiali alluvionali di fondovalle, depositatisi in epoca quaternaria per opera dei fiumi Adige ed





Isarco, e da numerosi conoidi di deiezione prodotti dai loro affluenti secondari, ubicati allo sbocco delle vallate secondarie.

In particolare l'area oggetto di studio ricade all'interno del grande conoide di deiezione formato dal torrente Talvera (Fig. 2).



#### Litologia

Ignimbriti classe II	Ignimbriti classe I	depositi alluvionali antichi
	Tufi classe II	Alluvioni di conoide
detrito di falda	Depositi morenici	

**Fig. 2: Carta Geologica generale**



Di seguito viene fornita una breve descrizione delle litologie presenti nell'area indagata.

### **Alluvioni attuali e recenti (Olocene)**

Numerosi studi ed indagini geologici ed idrogeologici hanno individuato nel sottosuolo della conca di Bolzano un complesso di origine alluvionale, costituito prevalentemente da depositi grossolani ghiaioso - sabbiosi depositati dal fiume Isarco, dal torrente Talvera e da alcuni tributari minori. Nel settore occidentale della conca, tra l'ospedale di S. Maurizio, la località Bivio e Ponte Adige, le porzioni distali dei conoidi di Talvera ed Isarco lasciano il posto a depositi fini, prevalentemente limosi, originati dalle fasi lacustro - palustri di esondazione del fiume Adige. Procedendo da nord verso sud, dalla conca di Bolzano verso Laives, il materasso alluvionale si presenta continuo, prevalentemente a granulometria grossolana e senza differenziazioni al suo interno, fino all'incirca alla zona dell'aeroporto. In questo tratto della valle, infatti, si assiste alla comparsa progressiva, alla profondità di circa 15 metri da piano campagna, di livelli a granulometria fine e bassa permeabilità, estesi per tutta la larghezza della valle e di spessore mediamente compreso tra 2 e 6 m.

### **Conoidi alluvionali (Olocene)**

Sono localizzati ai margini del fondovalle in corrispondenza dei torrenti principali e sono costituiti da materiali ghiaiosi o ghiaioso - sabbiosi. Il più esteso, nella conca bolzanina, è quello del torrente Talvera.

La composizione petrografica dei conoidi alluvionali rispecchia quella del bacino di appartenenza. Il materiale si dispone in forma di cono, con l'apice rivolto verso monte, e si raccorda al fondovalle per mezzo di un piano inclinato.

La porzione più grossolana si dispone a monte, mentre quella più fine si interdigita con i depositi alluvionali.

Da un punto di vista geomorfologico l'area di progetto, ubicata nella zona mediana del conoide alluvionale deposto dal Talvera allo sbocco della val Sarentina, immerge debolmente verso sud – ovest.

La morfologia generale è sub – pianeggiante, anche se inserita in un contesto ampiamente modificato da interventi di natura antropica.

### **3. IDROGEOLOGIA**

#### **3.1 Descrizione idrogeologica generale**

L'assetto geologico del sottosuolo della conca di Bolzano è stato ricostruito nel diagramma a recinto di Fig. 3, che rappresenta la sintesi degli studi geologici, idrogeologici e geofisici, illustrati nel Convegno "Studio idrogeologico della falda acquifera della Conca di Bolzano" del 23 maggio 1993<sup>1</sup>.

Nella conca di Bolzano si individua in generale un'unica grande falda indifferenziata, a superficie libera, con elevato grado di permeabilità e direzione di deflusso ENE – WSW.

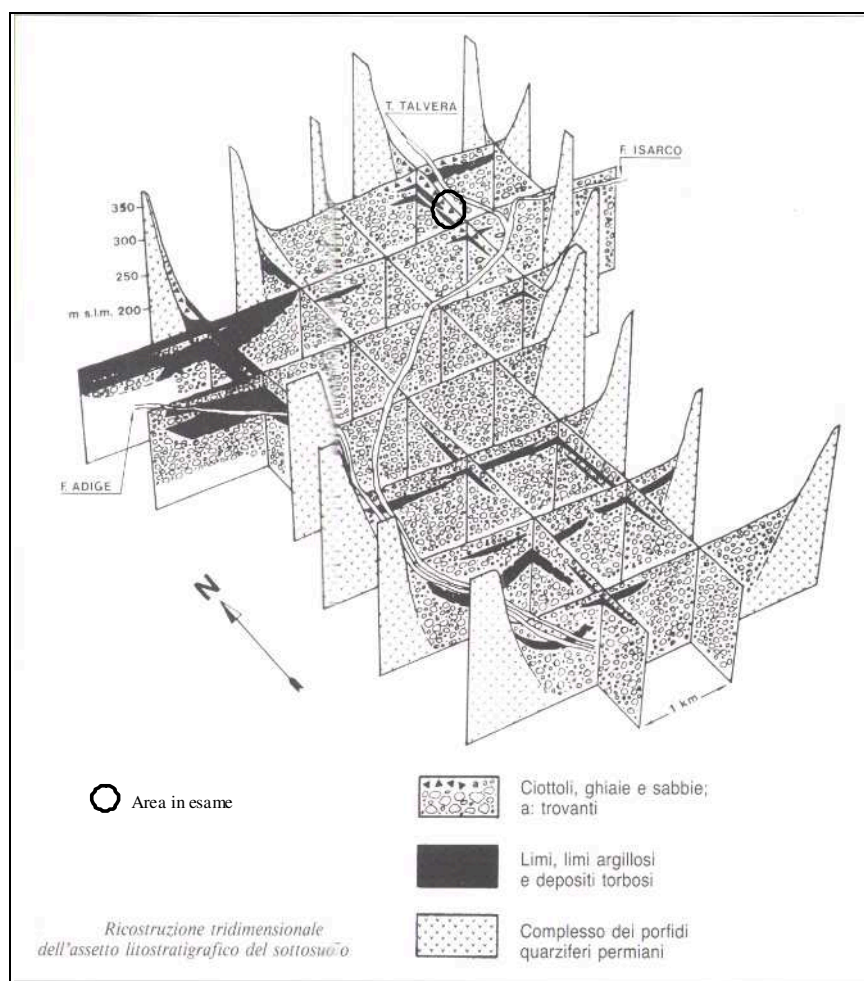
Localmente la circolazione idrica sotterranea risente invece della sovrapposizione disordinata di unità litologiche a granulometria eterogenea. Si instaura pertanto una circolazione ipogea con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alto grado di permeabilità e lungo i paleoalvei del torrente Talvera.

Nello specifico, i sondaggi realizzati e l'installazione del tubo piezometrico nel sondaggio orientale dai 6,0 ai 30,0 m di profondità, hanno permesso di accertare



l'assenza del corpo principale della falda freatica di Bolzano sino alla profondità indagata. Non sono state intercettate altresì neanche piccole falde sospese.

Ciò non esclude la presenza di falde sospese sub – superficiali, di dimensioni ridotte e localizzate, nelle aree non indagate tramite i sondaggi geognostici. Esse si individuano eventualmente al contatto fra terreni a bassissima permeabilità (lenti o livelli a granulometria fine) che svolgono la funzione di letto, e terreni a permeabilità elevata che fungono da serbatoio.

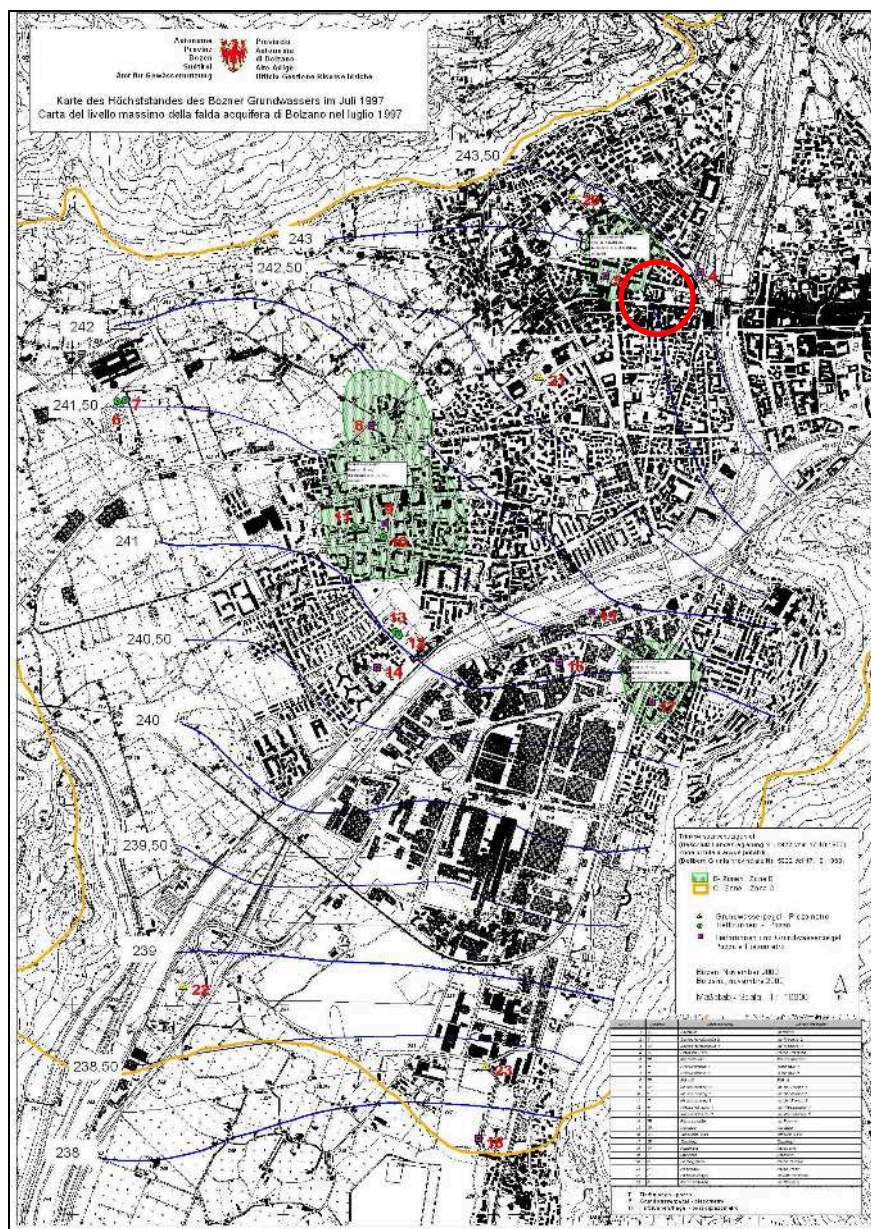


**Fig. 3**

<sup>1</sup> DI MOLFETTA ANTONIO – BORTOLAMI GIANCARLO (1993) – Simulazione del sistema acquifero della Conca di Bolzano mediante modello numerico alle differenze finite – Convegno su studio idrogeologico della falda acquifera della conca di Bolzano – Bolzano 21 maggio 1993 - IGEA – Anno XXX - Numero 3 settembre 1993



Il livello massimo della falda acquifera in corrispondenza dell'area di intervento si ricava dalla "Carta del livello massimo della falda acquifera di Bolzano nel luglio 1997", redatta dall'Ufficio Gestione Risorse Idriche della Provincia Autonoma di Bolzano (Fig. 4).



**Fig. 4: Carta del livello massimo della falda acquifera di Bolzano nel luglio 1997**

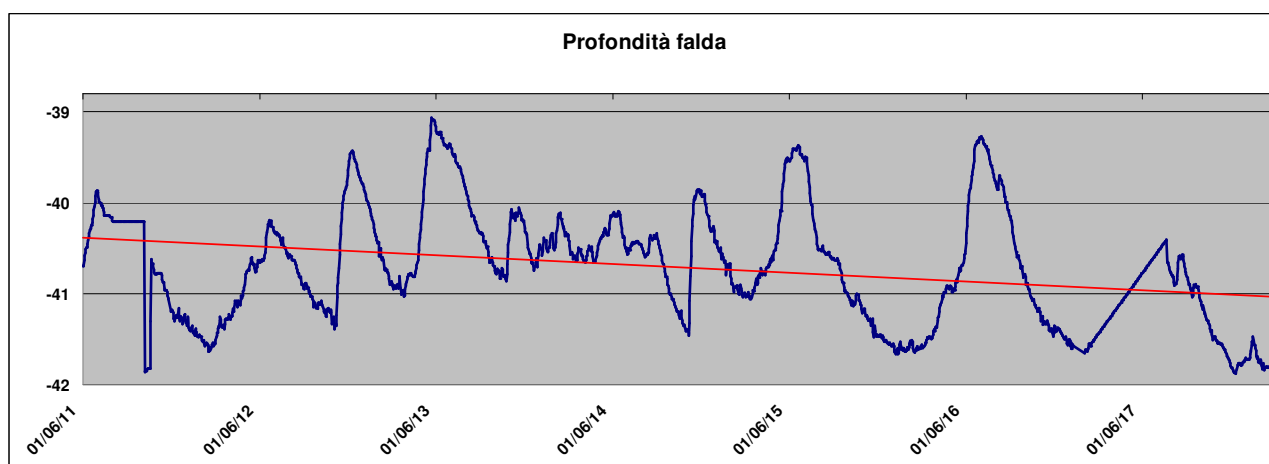
Nell'area di progetto esso risulta essere ca. a quota 243,30 m.

Considerato che la profondità massima di scavo sarà di ca. 18,0 – 20,0 m (quota assoluta di fondo scavo 253,0 - 255,0 m), non si prevedono interferenze tra l'opera in progetto e la falda principale.

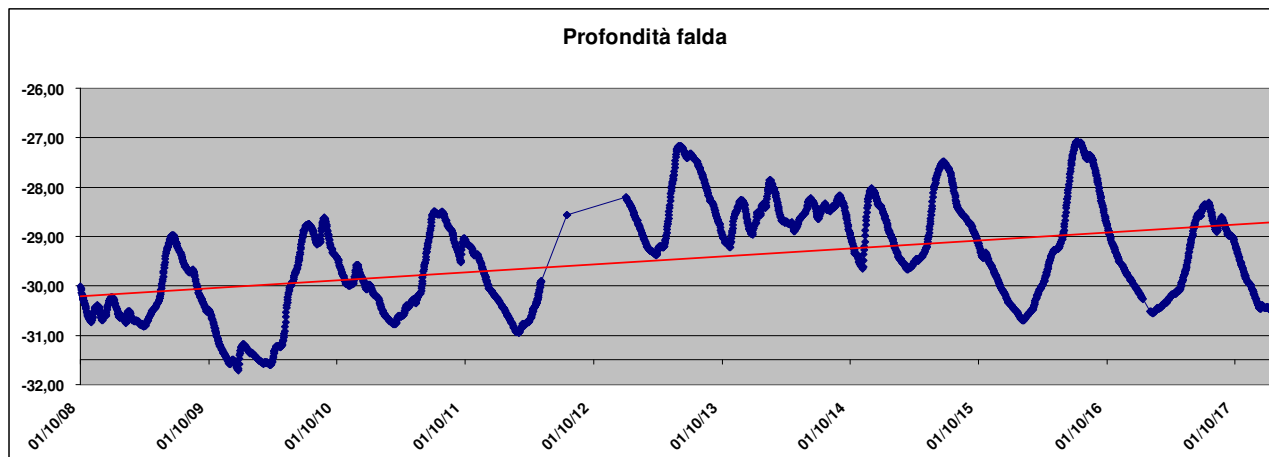
Di un qualche supporto sono anche i dati dei piezometri B046, realizzato nel 2011 sulla stessa sponda del torrente Talvera, e B023, ubicato al parco Ducale. Il monitoraggio continuativo e automatizzato del B046 (fig. 5) indica sino ad ora (dal giugno 2011) un livello massimo della superficie freatica a -39,09 m dal p.c. (maggio 2013).

Relativamente al piezometro B023 (fig. 6), il massimo di risalita della falda registrato nel luglio 2016, indica una profondità minima della stessa di -27,08 m dal p.c.

Considerando che nella zona di Bolzano normalmente le escursioni del livello di falda tra i periodi di magra (generalmente mesi di febbraio - marzo), e quelli di massima (mesi di luglio - agosto) variano da 3,0 a 5,0 m, si conferma l'assenza del rischio di interferenze con le fondazioni dell'opera in progetto.



**Fig. 5: Grafico delle quote assolute di falda del piezometro B046**



**Fig. 6: Grafico delle quote assolute di falda del piezometro B023**

Relativamente al coefficiente di permeabilità dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area di progetto, si assume, in base ad esperienze pregresse e a studi effettuati in zone limitofe, il valore, tipico dei depositi alluvionali costituiti da sabbie miste a ghiaie, di:

$$K = \text{ca. } 1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

Naturalmente il coefficiente di permeabilità può variare localmente in corrispondenza di livelli o lenti di materiale più fine.

### 3.2 Vincoli idrogeologici per la tutela della falda

Il progetto deve tenere conto del "Piano di tutela per le zone I e II del pozzo Parco Petrarca" WSGA/398 del 18.02.2011, inserito nell' "Area di tutela per l'acqua potabile WSG/1 – Bolzano, approvata con delibera della giunta Provinciale n. 5922 del 17/10/1983", che comprende parzialmente l'area di piazza Vittoria (Fig. 7) e che prevede, nello specifico, per la zona II di tutela del pozzo in oggetto:

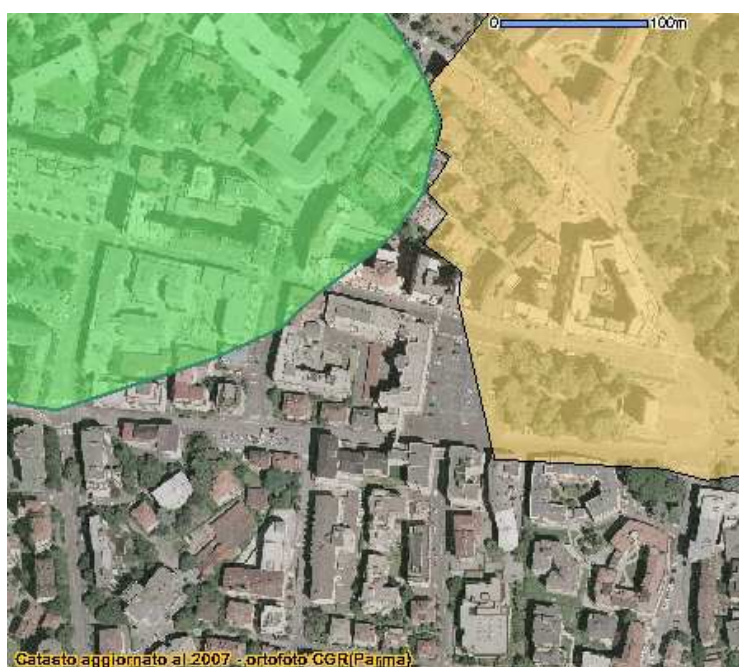


- il rispetto delle prescrizioni della zona di tutela III per l'acqua potabile (scavi consentiti fino ad 1 m al di sopra del livello massimo della falda nella carta del luglio 1997);
- che gli scavi non superino la quota di 250,0 m s.l.m. Maggiori profondità di scavo sono ammesse soltanto con perizia idrogeologica positiva specifica al progetto. Questa deve essere commissionata dal committente della costruzione ed approvata dall'Ufficio gestione risorse idriche;
- l'inserimento dell'ampliamento di aree edificabili già esistenti nel piano urbanistico comunale può essere autorizzata sulla base di specifica perizia idrogeologica relativa al progetto, comprovante che l'ampliamento non comporta pericoli per la fonte idropotabile e previa parere positivo dell'Ufficio gestione risorse idriche;
- i lavori di scavo nella zona II rappresentano un potenziale rischio per l'acqua potabile, per cui deve vigere la massima attenzione: gli operai vanno informati sull'esistenza dell'area di tutela dell'acqua potabile, devono essere disponibili in loco sufficienti quantitativi di materiale olio assorbente, in cantiere è vietata la pulizia e la manutenzione dei mezzi edili, inoltre, all'interno dello scavo è vietata la rimessa e il rifornimento degli stessi;
- la costruzione o ristrutturazione di qualsiasi tipo di costruzione e l'esecuzione di movimenti di terra, possono essere autorizzati dall'autorità competente per l'approvazione dell'opera, in rispetto delle direttive fissate nella presente;
- che la costruzione di nuovi impianti per l'attività viaria locale e la modifica di quelli esistenti, quali ferrovie, strade, parcheeggi, e simili, all'interno dell'area di tutela dell'acqua potabile possono essere autorizzate dall'autorità competente per l'approvazione dell'opera, solo previa presentazione di un'apposita perizia idrogeologica relativa al progetto,





- dalla quale si evincano misure di sicurezza per la fonte idropotabile, quali impermeabilizzazioni e simili;
- il divieto di scarichi di acque reflue, anche depurate, in acquiferi superficiali, sul suolo e nel sottosuolo.



**Zone tutela acque potabili**

■ zona di tutela II      ■ zona di tutela II

**Fig. 7: Zone di tutela dell'acqua idropotabile**

### 3.3 Misure di sicurezza per la tutela della falda

Con riferimento al paragrafo 3.2 devono essere prese, in fase esecutiva, tutte le misure di sicurezza necessarie a tutelare la fonte idropotabile rappresentata dal "Pozzo Parco Petrarca", sulla base del "Piano di tutela per le zone I e II WSGA/398 del 18.02.2011"; non saranno necessarie opere di impermeabilizzazione, essendoci ca. 10

m di franco tra la quota di altezza massima della falda e la quota del piano di imposta delle fondazioni.

Dovrà vigere la massima attenzione durante l'esecuzione dei lavori di scavo, informando anche gli operai dell'esistenza dell'area di tutela dell'acqua potabile, dovranno essere disponibili in loco sufficienti quantitativi di materiale olio assorbente, in cantiere dovrà essere vietata la pulizia e la manutenzione dei mezzi edili e inoltre, all'interno dello scavo dovrà essere vietata la rimessa e il rifornimento degli stessi.

Dovrà vigere il divieto di scarichi di acque reflue, anche depurate, in acquiferi superficiali, sul suolo e nel sottosuolo e dovrà essere rispettato quant'altro espresso nel paragrafo 3.2.

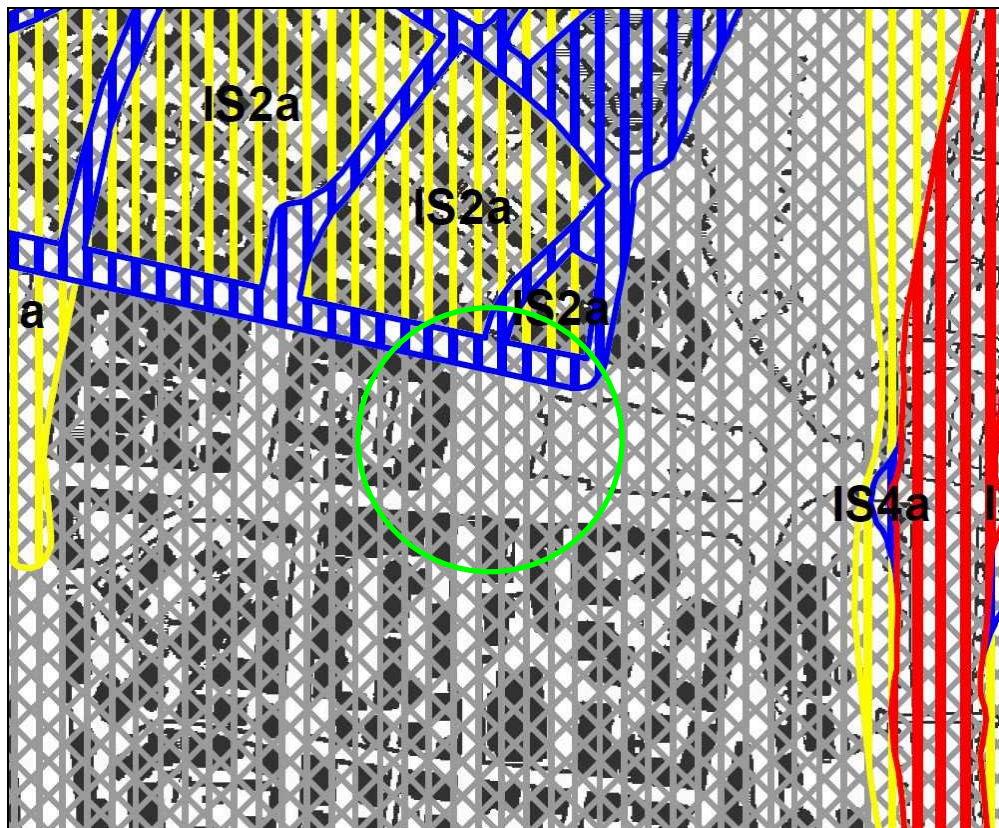
#### **4. PERICOLO IDROGEOLOGICO E IDRAULICO E VERIFICA DI COMPATIBILITA'**

Il Decreto del Presidente della Provincia 5 agosto 2008, n. 42, "Regolamento di esecuzione concernente i piani delle zone di pericolo" richiede, all'art. 11, la verifica di compatibilità idrogeologica ed idraulica per i progetti nelle zone già indagate nei piani delle zone di pericolo.

Essa stabilisce la compatibilità del progetto con i pericoli rilevati dalla carta delle zone di pericolo.

Il piano delle zone di pericolo del Comune di Bolzano, redatto ai sensi del suddetto D.P.P. e della Deliberazione della Giunta Provinciale del 14 maggio 2012, n. 712, "Modifica delle Direttive per la redazione dei Piani delle zone di pericolo secondo la legge urbanistica provinciale, legge provinciale 11 agosto 1997, n. 13, articolo 22/bis", è stato approvato con delibera della Giunta Provinciale nr. 1047 del 03/10/2017.

Nel progetto preliminare era stato evidenziato che sull'area di studio grava un pericolo idraulico H3 - elevato (fig. 8), in particolare per quel che riguarda una rampa di accesso e un grigliato circolare.



*Fig. 8: Estratto del PZP del Comune di Bolzano*

La verifica del pericolo e di compatibilità è stata elaborata dallo Studio Ing. Valdemarin nel mese di marzo 2018. Un approfondimento della verifica del pericolo ha stabilito che la sovrapposizione diretta della simulazione di calcolo eseguita per il Piano delle Zone di Pericolo con il nuovo fabbricato da realizzare, evidenzia che la sommità della rampa di uscita nord-est e la superficie del grigliato nord-ovest sono completamente al di fuori delle aree interessate da esondazione del Rio Fago, risultanti da simulazioni idrauliche (vedi fig. 9 sottostante).



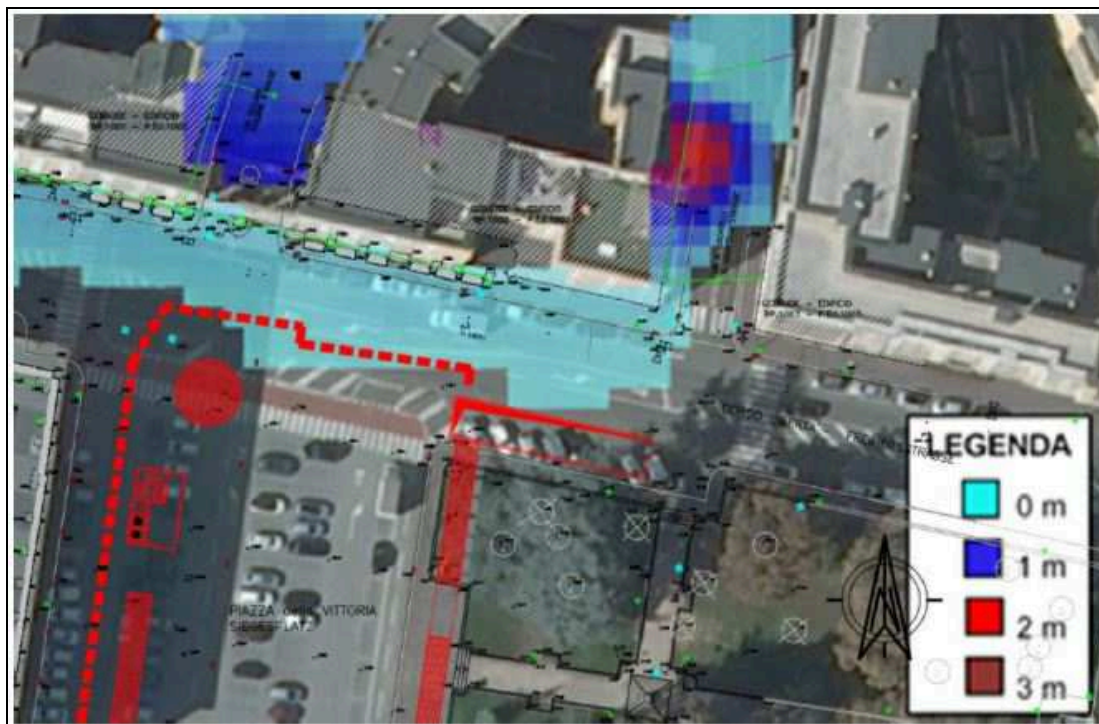


Fig. 9: tiranti delle simulazioni idrauliche per il PZP

Quanto sopra premesso permette all'Ing. Valdemarin di assegnare alle strutture in esame un rischio specifico  **$R_s \leq R_{s1}$  (moderato)**.

Per una mitigazione ulteriore del pericolo idraulico si propone comunque di alzare leggermente la quota della piazza, in particolare in corrispondenza del grigliato circolare, di ca. 10 cm, adattando di conseguenza la pendenza trasversale di Corso Libertà.

C'è da aggiungere che il Comune di Bolzano ha conferito un incarico per lo studio di fattibilità per la sistemazione dei punti nevralgici del Rio Fago, che consentirà una notevole riduzione del pericolo idraulico dell'area.

Per approfondimenti consultare la verifica del pericolo e di compatibilità elaborata dallo studio Valdemarin.



## 5. GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Le terre e rocce da scavo devono essere normalmente gestite in conformità alla delibera D.G.P. 189 del 26/01/2009 *“Criteri per la classificazione di terre e rocce da scavo, anche di gallerie, come sottoprodotti”*.

L'area di progetto, destinata attualmente a parcheggio di superficie, non è inclusa nei “siti potenzialmente contaminati”, ovvero aree in cui sono state svolte attività di cui all'allegato 1 della citata D.G.P.

Tuttavia, al fine di individuare eventuali inquinanti o contaminanti, erano state eseguite delle analisi chimiche su n. 4 campioni di terreno, prelevati dai primi metri di carote di entrambi i sondaggi geognostici, realizzati in sede di progetto preliminare.

Erano stati indagati i seguenti parametri (metalli pesanti):

Arsenico
Berillio
Cadmio
Cobalto
Cromo totale
Mercurio
Nichel
Piombo
Rame
Selenio
Zinco

Erano stati inoltre ricercati gli **Idrocarburi Pesanti (C>12)**.

Nei campioni A (profondità 2,0 – 2,50 m) e B (profondità 3,0 – 3,50 m), prelevati dal sondaggio S2, quello più orientale (vedi planimetria nella relazione geotecnica), non sono stati riscontrati livelli di inquinanti superiori ai limiti delle colonne A e B dell'All. 1 del D.G.P. 1072/2005.

Nel campione A del sondaggio S1, prelevato alla profondità di 1,50 – 2,0 m, è stato riscontrato lo sforamento del parametro Cobalto per quanto concerne il limite di colonna A del succitato allegato (limite residenziale).

Nel campione B dello stesso sondaggio S1 (profondità 2,50 – 3,0 m) si rileva invece lo sforamento degli Idrocarburi Pesanti sempre in riferimento al limite di colonna A.

Non avendo il sito in oggetto destinazione d'uso residenziale, a verde pubblico o privato, non si impone una bonifica dei terreni.

L'ipotesi più plausibile riguardo allo sforamento del parametro Cobalto, è che la contaminazione sia stata indotta durante la perforazione, a causa dello sfregamento dei denti in widiam della corona del tubo carotiere (contenenti Cobalto) con i trovanti del sottosuolo. La perforazione è stata effettuata a secco. L'ipotesi è suffragata dal fatto che si tratta di uno sforamento isolato in un unico campione, tra tutti i metalli pesanti indagati.

Per quanto concerne invece gli Idrocarburi pesanti, il cui valore è risultato essere entro i limiti di legge nel campione superiore del sondaggio (1,50 – 2,0 m), che tantopiù sarebbe dovuto risultare contaminato se ci fosse stato uno sversamento/perdita pregresso in superficie, il superamento del limite è da ascrivere presumibilmente a contaminazione indotta dall'ingrassaggio dei filetti del tubo carotiere durante la fase di perforazione. Anche in questo caso si tratta di uno sforamento di piccola entità, isolato e relativo ad un unico campione.

Ciò nonostante, essendo stati rilevati comunque due parametri fuori norma, si consiglia, in fase di progetto esecutivo, di realizzare due trincee di scavo, da cui prelevare un certo numero di campioni da sottoporre ad analisi chimica, al fine di determinare il valore degli eluati per il conferimento a discarica del materiale di scavo.



I terreni non contaminati derivati dalle operazioni di scavo potranno essere utilizzati come sottoprodotto (sostituzione di materie prime o riempimento).

In fase esecutiva dovrà essere compilato il "Certificato di Utilizzo", di cui all'allegato 2 della norma.

Nel caso il materiale risulterà superare i limiti previsti dalla legge, dovrà essere gestito come rifiuto, ai sensi della L. P. 26 maggio 2006.

## 6. RISCHIO RADON

Il radon (Rn-222) è un gas nobile radioattivo presente in natura, che deriva dal decadimento dell'uranio (U-238).

È presente in tracce nel sottosuolo quasi ovunque, con concentrazioni che variano da qualche centinaio a più di un milione di Bq/m<sup>3</sup>.

Le rocce con maggiori concentrazioni di uranio / radio sono tufi, granito e porfido.

In linea generale più il sottosuolo è permeabile, più è facile che il radon possa arrivare fino in superficie.

Il Laboratorio di chimica fisica dell'APPA di Bolzano ha completato la mappatura del radon per tutto l'Alto Adige.

La sottostante figura 10 mostra la mappatura del radon indoor effettuata nell'inverno 2003, mentre la tabella rappresenta un estratto delle misurazioni, effettuate nella stagione invernale al piano terra delle case, adottando quale riferimento per la classificazione dei comuni il 75% percentile.

Considerando che in inverno le concentrazioni sono mediamente il doppio di quelle estive, il territorio di Bolzano è classificato a basso rischio radon.





Comune di Bolzano  
Stadtgemeinde Bozen

5.0 Ripartizione Pianificazione e

Sviluppo del Territorio

5.0 Abteilung für Raumplanung und -entwicklung

5.7 Ufficio Geologia, Protezione civile ed Energia

5.7 Amt für Geologie, Zivilschutz und Energie

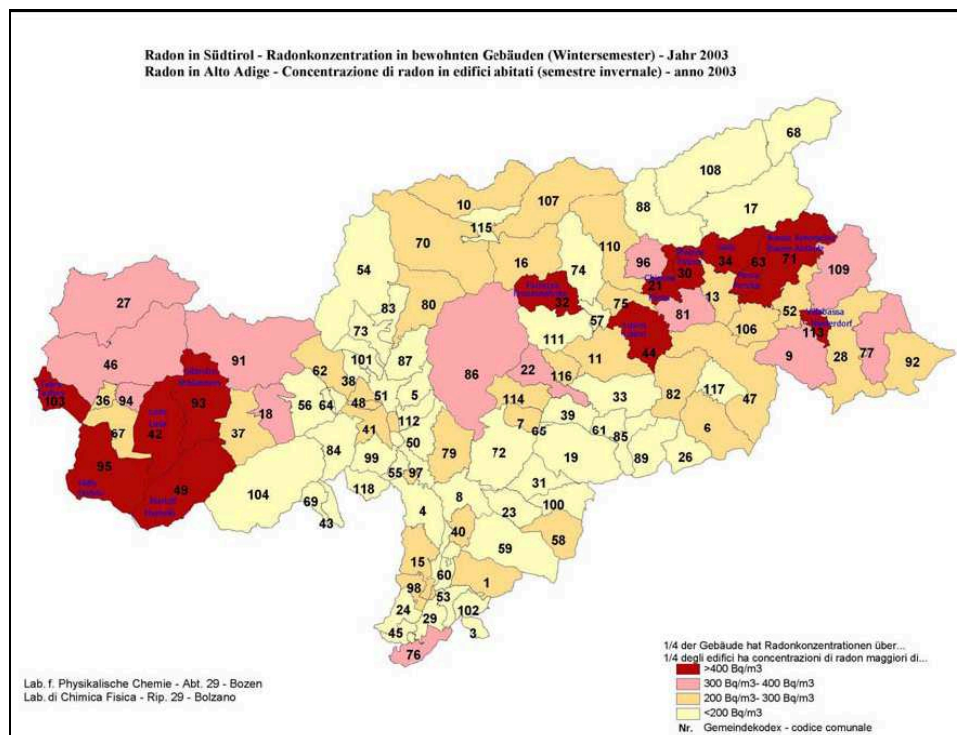


Figura 10: Mappatura del radon indoor in Alto Adige

Einstufung der Gemeinden Classificazione dei comuni		< 200 Bq/m³		gering radonbelastet - basso rischio radon						
		200 – 300 Bq/m³		leicht radonbelastet - leggero rischio radon						
		300 – 400 Bq/m³		mittel radonbelastet - medio rischio radon						
		> 400 Bq/m³		höher radonbelastet - più elevato rischio radon						
codice	comune	n.dat	med.a.	50° perc.	med.g.	max	<400	400-1000	>1000	75° perc.
Kodex	Gemeinde	Werte	a. Mtw.	50° Perz.	g. Mtw	Max	Bq/m³	Bq/m³	Bq/m³	75° Perz.
1	ALDINO Aldein	20	164	108	113	740	95%	5%	0%	234
2	ANDRIANO Andrian	23	147	123	122	308	100%	0%	0%	224
3	ANTERIVO Altrei	20	165	115	101	1208	95%	0%	5%	180
4	APPIANO Eppan	42	149	99	112	595	93%	7%	0%	183
5	AVELENGO Haffling	19	84	70	70	308	100%	0%	0%	92
6	BADIA Abtei	28	167	72	108	1258	96%	0%	4%	221
7	BARBIANO Barbisan	17	181	112	120	665	88%	12%	0%	254
8	BOLZANO Bozen	81	123	78	93	702	95%	5%	0%	125
9	BRAIES Prags	19	235	134	138	870	79%	21%	0%	358
10	BRENNERO Brenner	26	239	96	123	1282	85%	8%	8%	218
11	BRESSANONE Brixen	41	258	136	143	1621	78%	17%	5%	228
12	BRONZOLO Branzoll	30	213	122	130	1563	87%	10%	3%	190

Tabella 1: Valori del radon indoor misurati nei comuni dell'Alto Adige

## 7. CONCLUSIONI

Il presente studio, eseguito su incarico dell'Ufficio Opere Pubbliche, Edifici del Comune di Bolzano, analizza le problematiche di natura geologica, idrogeologica e sismica concernenti la realizzazione di un nuovo parcheggio interrato sotto piazza Vittoria, a Bolzano.

Il progetto si trova attualmente nella fase di elaborazione del progetto definitivo.

Sulla base delle citate planimetrie, considerando la proiezione verticale sulla superficie di piazza Vittoria, l'area di scavo ha un'estensione di ca. 80 x 40 m, comprendendo la totalità della superficie occupata dagli attuali parcheggi superficiali della piazza ed escludendo l'area del parco pubblico. E' prevista inoltre la realizzazione di due rampe di accesso lungo via Cesare Battisti e lungo corso Libertà, in direzione ponte Talvera (vedi planimetria allegata).

La profondità prevista del piano fondazionale, considerando l'intenzione della committenza di progettare e realizzare sei piani interrati, si aggira intorno ai 18 - 20 m.

E' stata effettuata la caratterizzazione geologica del sito di progetto, in ottemperanza alla vigente normativa in materia di scavi e opere di fondazione (D.M. 17.01.2018 – *"Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni"*, D.M. 14.01.2008 *"Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"* e D.M. 11.03.1988).

Sono stati inoltre indagati gli aspetti idrogeologici dell'area e le eventuali interferenze della falda con l'opera in progetto ed è stato redatto un capitolo relativo alla gestione delle terre e rocce da scavo.



La presente relazione è redatta in ottemperanza al D.M. 17.01.2018 – “Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni” e al D.M. 14.01.2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, costituisce la relazione geologica specialistica del progetto definitivo e costituisce documento idoneo al rilascio della concessione ad edificare.

In fase di progetto esecutivo si dovranno eseguire le indagini e verifiche finalizzate a controllare la rispondenza tra il modello geologico di riferimento assunto in fase di progetto definitivo e la situazione effettiva, così come previsto dalla normativa di settore.

#### **L'ESPERTO NELLE MATERIE TECNICHE DELL'AREA AMBIENTALE**

**Dott. Geol. Mauro Platter**



Comune di Bolzano  
Stadtgemeinde Bozen

**5.0 Ripartizione Pianificazione e**

**Sviluppo del Territorio**

**5.0 Abteilung für Raumplanung und –entwicklung**

5.7 Ufficio Geologia, Protezione civile ed Energia  
5.7 Amt für Geologie, Zivilschutz und Energie

## **Relazione geotecnica**

## 1. INDAGINI ESEGUITE

Ai fini della redazione del presente elaborato, sono stati effettuati n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, aggiuntivi rispetto a quelli realizzati per il progetto preliminare, spinti sino alla profondità di 30,0 m dal piano campagna, con l'esecuzione di prove S.P.T. (Standard Penetration Test) ogni 3,0 m.

Le prove sono state eseguite dalla ditta Geoland S.r.l. di Bolzano.

Per le stratigrafie complete, le foto e l'ubicazione precisa si rimanda alla relazione tecnica allegata, redatta dalla Geoland S.r.l.



**Fig. 1: Ubicazione sondaggi geognostici**



## 2. MODELLAZIONE GEOTECNICA E RESISTENZA DEL TERRENO

Le indagini geognostiche hanno messo in evidenza una situazione stratigrafica piuttosto semplice, caratterizzata pressochè uniformemente da una litologia costituita da ghiaia poligenica da spigolosa a sub-arrotondata con ciottoli, blocchi porfirici e sabbia grigio-marrone. In alcuni livelli risulta maggiore la percentuale di matrice sabbiosa, livelli imputabili a fasi deposizionali a energia minore.

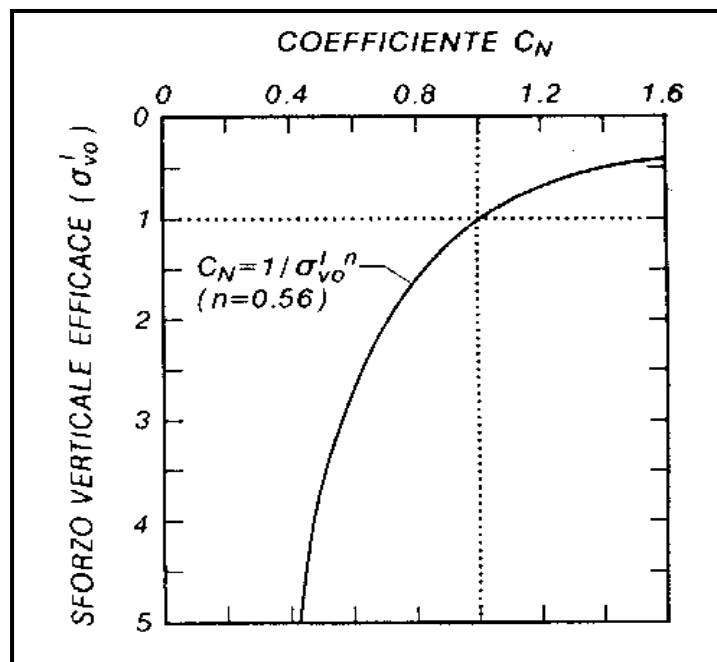
Siamo in presenza di un complesso alluvionale poco differenziato, ascrivibile ai depositi della parte mediana del conoide di deiezione del torrente Talvera.

Nei terreni di tipo incoerente, la parametrizzazione geotecnica viene eseguita sulla base dei risultati delle prove SPT. I valori  $N_{SPT}$  risultanti sono corretti (Gibb e Holtz, 1957) in funzione della pressione verticale efficace  $\sigma'_{v0}$  del terreno sovrastante, secondo la seguente relazione:

$$N_1 = C_N * N_{SPT}$$

$$C_N = 1 / (\sigma'_{v0})^n \quad \text{con } n = 0,56 \text{ (Jamiolkowski e al., 1985)}$$

Il coefficiente  $C_N$  è ricavabile anche dalla sottostante figura 2.



**Figura 2: Grafico per la stima del coefficiente  $C_N$  per tener conto dell'influenza sui valori di  $N_{SPT}$  della pressione verticale efficace (Tokimatsu K., 1988)**

Dai risultati delle prove in sito SPT è possibile risalire ai valori dei parametri meccanici caratteristici (angolo di attrito, densità relativa) sulla base di differenti correlazioni.

Per la determinazione dell'angolo di attrito da attribuire ai terreni si è fatto riferimento alle relazioni del Road Bridge Specification (RBS) e del Japanese National Railway (JNR) (Shioi e Fukui, 1982), nelle quali il valore della resistenza alla penetrazione  $N_{SPT}$  risulta correlato all'**angolo di attrito di picco**  $\phi$  rispettivamente con le relazioni:

$$\begin{aligned} \text{RBS} \quad \phi &= (15 * N'_{SPT})^{0.5} + 15 \\ \text{JNR} \quad \phi &= 0,3 * N'_{SPT} + 27 \end{aligned}$$

Relativamente alla valutazione della **densità relativa**  $D_R$  è stato utilizzato il metodo proposto da Jamiolkowski (1988), facendo riferimento alla seguente relazione:

$$D_R = (N_1)_{60}^{0.5} * (100\%)$$





Il valore medio  $N_1$ , caratteristico delle singole unità litostratigrafiche, è stato determinato mediando i valori rilevati, opportunamente corretti del fattore  $C_N$ , come sopra indicato.

I valori a rifiuto, imputabili alla presenza davanti alla punta, durante la penetrazione, di ciottoli di dimensioni superiori a quelli della punta stessa, sono stati considerati nel calcolo della media adottando il valore cautelativo di 50 colpi. Tale valore è stato assunto, sempre a favore della sicurezza, anche nei casi in cui  $N_{SPT}$  è risultato superiore a 50.

Nelle tabelle sottostanti sono riportati i risultati delle prove in sito SPT, sia come numero di colpi per tratto sia come  $N_{SPT}$ .

Sondaggio S1				
PROFONDITÀ da p.c. (m)	N. COLPI \ 1° tratto	N. COLPI \ 2° tratto	N. COLPI \ 3° tratto	$N_{SPT}$
3,0	14	18	21	39
6,0	19	26	33	>50
9,0	17	R	-	>50
12,0	15	21	27	48
15,0	18	28	31	>50
18,0	24	R	-	>50
21,0	22	29	33	>50



24,0	19	28	30	>50
27,0	15	21	24	45
30,0	18	27	31	>50

<b>Sondaggio S2</b>				
<b>PROFONDITÀ da p.c. (m)</b>	<b>N. COLPI \ 1° tratto</b>	<b>N. COLPI \ 2° tratto</b>	<b>N. COLPI \ 3° tratto</b>	<b>N<sub>SPT</sub></b>
3,0	22	26	29	>50
6,0	14	20	24	44
9,0	29	37	41	>50
12,0	R	-	-	>50
15,0	29	36	42	>50
18,0	44	R	-	>50
21,0	22	32	37	>50
24,0	29	R	-	>50
27,0	37	41	46	>50
30,0	27	37	R	>50
<b>Angolo di attrito <math>\phi</math></b>				



<b>PROFONDITÀ da p.c. (m)</b>	<b>N<sub>SPT</sub> medio</b>	<b>Angolo di attrito di picco <math>\Phi'</math></b>	<b>Angolo di attrito a volume costante <math>\Phi'_{cv}</math></b>
3,0	47	37°	33°
6,0	50	38°	34°
9,0	50	39°	35°
12,0	50	38°	34°
15,0	50	39°	35°
18,0	50	39°	35°
21,0	50	39°	35°
24,0	50	39°	35°
27,0	50	39°	35°
30,0	50	39°	35°

Nella tabella sopra sono indicati gli angoli di attrito (di picco e a volume costante), riferiti rispettivamente a ogni livello di profondità indagato tramite le  $N_{spt}$ , secondo le formule di pag. 29.

Relativamente alla scelta dei valori caratteristici dei parametri geotecnici da assegnare alle unità sopra descritte, si evidenzia che la Circolare 617/2009, paragrafo C6.2.2, indica che *"... appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il*



*terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità”.*

Ciò premesso, appare fondato assegnare all'unità litostratigrafica indagata (ghiaia grossolana con ciottoli, trovanti e sabbia), assunta come omogenea, valori caratteristici prossimi ai valori medi dei parametri geotecnici, in quanto nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno.

In base ai valori corretti di  $N_{spt}$  fatti registrare durante l'esecuzione delle indagini, si assegnano dunque i seguenti parametri:

	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	$C'$ (t/m <sup>2</sup> )	$C$ (t/m <sup>2</sup> )
Ghiaia grossolana con ciottoli, trovanti e sabbia	1,9 *	2,0 *	0,3 *	0 *

dove:

$\gamma$  = peso di volume

$\gamma_{sat}$  = peso di volume saturo

$C'$  = coesione apparente a breve termine

$C$  = coesione a lungo termine

\* Valori presunti, non ricavati da prove dirette

La densità relativa è:

$$D_r = 60 - 70 \%$$

Il modulo sforzi-deformazioni  $E_s$  è ricavato dagli  $N_{spt}$  attraverso le seguenti relazioni:

**per terreni sabbioso – ghiaiosi o ghiaie:**

$$E_s = ((N1)_{55} + 6) * 1200 \text{ espresso in KN/m}^2$$

con:

**(N1)<sub>55</sub>** = numero di colpi corretto per riferirlo al rendimento 55% del dispositivo di infissione (Fonti generali: European Conference on Standard Penetration Testing, 1974; CGJ, novembre 1983; Use of in Situ Tests in Geotechnical Engineering, ASCE 1986; Mitchel e Gardner 1975).

$$E_s = 50.000 - 65.000 \text{ KN/m}^2$$

Infine, il coefficiente di Poisson caratteristico dei depositi alluvionali è:

$$\mu = 0,25 - 0,35 *$$

*\* Valore presunto, non ricavato da prove dirette*

Di seguito vengono effettuate le verifiche geotecniche preliminari di tipo statico, ipotizzando varie tipologie fondazionali, relative agli SLU (stati limite ultimi), in riferimento alla rottura del terreno e agli SLE per i cedimenti.

## 2.1 Verifica agli SLU (rottura del terreno)

Sulla base della vigente normativa (D.M. 14.01.2008 e D.M. 17.01.2018), si è scelto di effettuare la verifica secondo l'approccio di progetto 2 (A1+M1+R3) .

Il calcolo viene effettuato secondo la formula generale di Brinch-Hansen (1970), assumendo un carico trasmesso centrato e verticale rispetto al piano di posa della fondazione:

$$Q_{lim} = 1/2 \gamma' B N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q$$

I parametri di resistenza del terreno vengono corretti secondo i coefficienti parziali riportati nelle tabelle a seguire, tratte dalle NTC.

**Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.



**Tabella 6.2.II** – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

**Tabella 6.4.I** - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Il coefficiente M1 è unitario, mentre il coefficiente R3, relativamente alla capacità portante, è pari a 2,3.

La verifica viene effettuata considerando due tipologie differenti di fondazione: fondazione a platea e fondazione continua nastriforme.

Avremo, per una platea di dimensioni 80,0 x 40,0 m:





### DETERMINAZIONE DELLA PRESSIONE LIMITE FORMULA GENERALE DI BRINCH-HANSEN (1970)

(Lancellotti R., Geotecnica, II Ediz., 1993)

Formula generale:

$$Q_{lim} = 1/2 \gamma' B N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q$$

Dati d'ingresso:

<b>Terreno di fondazione</b>		
Coesione (c')	0	kPa
Angolo di attrito (φ')	35	°
Peso di volume terreno di fondazione (γ <sub>1</sub> )	19,0	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume terreno sopra fondazione (γ <sub>2</sub> )	19,0	kN/m <sup>3</sup>
Inclinazione piano campagna	0	°
<b>Fondazione</b>		
Larghezza (B)	40,0	m
Lunghezza (L)	80,0	m
Profondità piano di posa (D)	0,5	m
Eccentricità dei carichi (e)	0,0	m
Inclinazione piano di posa	0	°
<b>Carichi inclinati</b>		
Componente orizzontale (H)	0	t
Componente verticale (N)	100	t

<b>Fattori capacità portante</b>		
N <sub>γ</sub>	7,00	
N <sub>c</sub>	18,00	
N <sub>q</sub>	8,00	
<b>Fattori forma della fondazione</b>		
s <sub>γ</sub>	1,14	
s <sub>c</sub>	1,37	
s <sub>q</sub>	1,14	
<b>Fattori inclinazione del carico</b>		
i <sub>γ</sub>	1,00	
i <sub>c</sub>	1,00	
i <sub>q</sub>	1,00	
<b>Fattori inclinazione piano di posa</b>		
b <sub>γ</sub>	1,00	
b <sub>c</sub>	1,00	
b <sub>q</sub>	1,00	
<b>Fattori inclinazione piano campagna</b>		
g <sub>γ</sub>	1,00	
g <sub>c</sub>	1,00	
g <sub>q</sub>	1,00	
<b>Fattori profondità piano di posa</b>		
d <sub>c</sub>	1,00	
d <sub>q</sub>	1,00	

Risultato:

Pressione limite (Q <sub>lim</sub> )	3119,0	kPa
Coefficiente di sicurezza	2,3	
Pressione ammissibile (Q <sub>amm</sub> )	1361,5	kPa

La pressione ammissibile è: **Q<sub>amm</sub> = 1361,5 kPa** (tab. precedente)



Per una fondazione continua nastriforme di larghezza 1,5 m e incastro 0,5 m:

DETERMINAZIONE DELLA PRESSIONE LIMITE		
FORMULA GENERALE DI BRINCH-HANSEN (1970)		
(Lancellotti R., Geotecnica, II Ediz., 1993)		
<b>Formula generale:</b>		
$Q_{lim} = 1/2 \gamma' B N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q$		
<b>Dati d'ingresso:</b>		
<b>Terreno di fondazione</b>		
Coesione (c')	0	kPa
Angolo di attrito ( $\phi'$ )	35	°
Peso di volume terreno di fondazione ( $\gamma_1$ )	19,0	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume terreno sopra fondazione ( $\gamma_2$ )	19,0	kN/m <sup>3</sup>
Inclinazione piano campagna	0	°
<b>Fondazione</b>		
Larghezza (B)	1,5	m
Lunghezza (L)	9,0	m
Profondità piano di posa (D)	0,5	m
Eccentricità dei carichi (e)	0,0	m
Inclinazione piano di posa	0	°
<b>Carichi inclinati</b>		
Componente orizzontale (H)	0	t
Componente verticale (N)	100	t
<b>Fattori capacità portante</b>		
$N_\gamma$	48,03	
$N_c$	46,12	
$N_q$	33,30	
<b>Fattori forma della fondazione</b>		
$s_\gamma$	1,06	
$s_c$	1,12	
$s_q$	1,06	
<b>Fattori inclinazione del carico</b>		
$i_\gamma$	1,00	
$i_c$	1,00	
$i_q$	1,00	
<b>Fattori inclinazione piano di posa</b>		
$b_\gamma$	1,00	
$b_c$	1,00	
$b_q$	1,00	
<b>Fattori inclinazione piano campagna</b>		
$g_\gamma$	1,00	
$g_c$	1,00	
$g_q$	1,00	
<b>Fattori profondità piano di posa</b>		
$d_c$	1,09	
$d_q$	1,08	
<b>Risultato:</b>		
Pressione limite ( $Q_{lim}$ )	1090,8	kPa
Coefficiente di sicurezza	2,3	
Pressione ammissibile ( $Q_{amm}$ )	479,6	kPa

La pressione ammissibile è:  **$Q_{amm} = 479,6 \text{ Kpa}$**  (tab. precedente)



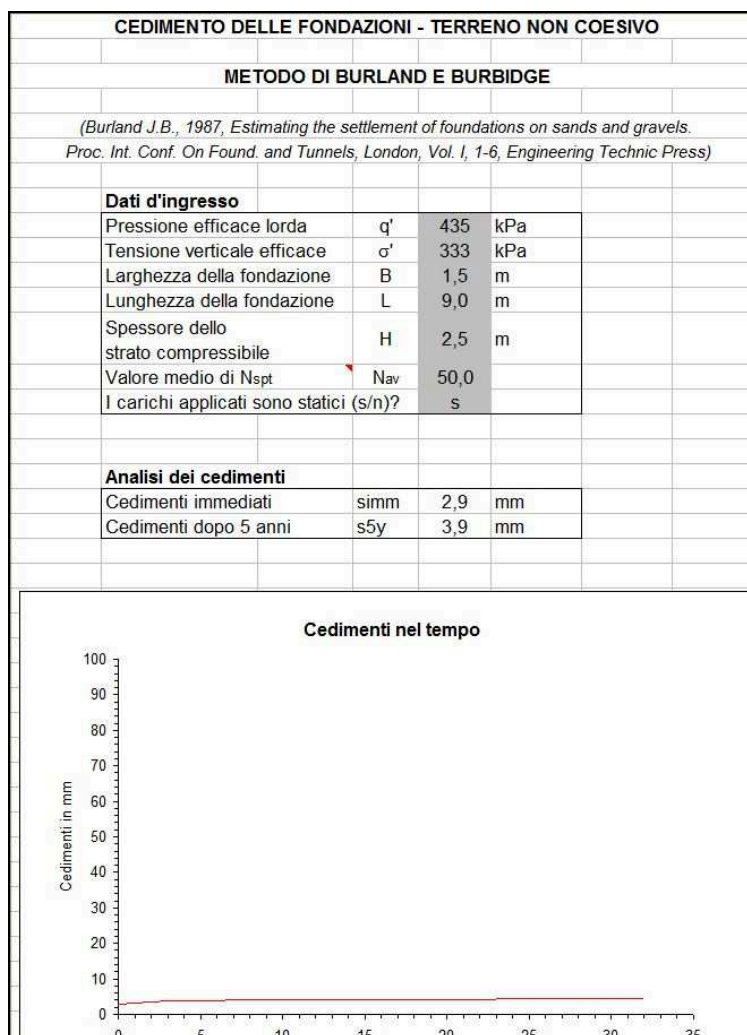
Le verifiche sono state eseguite considerando l'assenza di una falda.

Dovrà essere rispettata la disuguaglianza:

$$E_d \leq R_d$$

ovvero le azioni di progetto non devono essere superiori alle resistenze.

Per i **cedimenti (verifica agli stati limite di esercizio SLE – cedimenti)** si avrà:





La tabella seguente riporta i valori ottenuti per i cedimenti; considerando la natura litologica del terreno di fondazione, questi si esauriranno quasi totalmente durante i tempi di realizzazione delle opere.

Tipologia fondazione	Dimensioni	Carico applicato q'	Cedimento s	
			immediato	dopo 5 anni
	m * m	KPa	mm	mm
Trave rovescia	9,0 * 1,5	435	2,9	3,9

Alle stime così ottenute va associata una probabilità del 50% che i cedimenti possano essere in realtà superiori ai valori riportati.

E' opportuno verificare in fase esecutiva l'omogeneità del terreno di fondazione.

### 3. STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO

Considerata l'elevata profondità del piano di posa delle fondazioni (ca. 18,0 – 20,0 m), risulta impossibile, a causa dei confini di proprietà, degli edifici esistenti, delle strade e dei parchi limitrofi, profilare gli scavi con un angolo di scarpa di sicurezza calcolato in accordo al D.M. 14.01.08 cap. 6.8.6 (verifica di sicurezza agli SLU relativa alla stabilità dei fronti di scavo).

Per non pregiudicare la stabilità delle opere preesistenti e per sostenere il fronte di scavo, si dovrà ricorrere ad opere di sostegno provvisori, quali ad esempio paratie di micropali tirantate, pareti chiodate, ecc.

Si riportano di seguito le modalità esecutive per gli scavi confinati, per cui vanno rispettate le seguenti prescrizioni:

- non creare sovraccarichi lungo il ciglio superiore della scarpata entro una fascia di alcuni metri;



- le lavorazioni di cantiere dovranno essere programmate riducendo al minimo necessario i tempi in cui gli scavi rimarranno aperti;
- proteggere le pareti di scavo libere dall'azione degli agenti atmosferici mediante l'applicazione di teli protettivi in PVC;
- predisporre un'opportuna regimazione e l'incanalamento delle acque sul fondo degli scavi per impedire il ristagno delle acque meteoriche.

La scelta, il dimensionamento ed i calcoli statici relativi alla tipologia di opere di sostegno cui ricorrere, saranno di competenza del progettista statico, a seconda dell'approccio progettuale che verrà scelto.

#### 4. MODELLAZIONE SISMICA

In base alle NTC del D.M. 17/01/2018 l'azione sismica è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base. Le azioni sismiche di progetto si ricavano dalle accelerazioni  $a_g$  e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC e dalle relative forme spettrali.

L'opera in progetto, su indicazione del progettista, rientra tra le opere con livelli di prestazioni elevati per le quali, in base alla tabella 2.4.1 delle NTC 2018, viene assegnato un valore di vita nominale pari a **100 anni**.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Il parcheggio interrato rientra nella **Classe d'uso II**:



#### 2.4.2. CLASSI D'USO

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

*Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

*Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

*Classe III:* 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.

*Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

In base alla tabella 2.4.II, per il periodo di riferimento della classe d'uso II, si ottiene un  **$C_U = 1,0$** .

Con la relazione  $V_R = V_N \times C_U$  si calcola la vita di riferimento per l'azione sismica:

$$V_R = 100 \times 1,0 = \mathbf{100 \text{ anni}}$$

In base al calcolo della  **$V_R$**  definita sopra, si ricavano i seguenti parametri:

Vita nominale della costruzione (in anni) - $V_N$	100	info
Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U$	1	info
Valori di progetto		
Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - $V_R$	100	info
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - $T_R$		info
Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	60
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	101
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	949
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	1950





**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	60	0,026	2,512	0,196
SLD	101	0,032	2,489	0,231
SLV	949	0,062	2,699	0,380
SLC	1950	0,074	2,791	0,413

dove:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_C$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In base alla tabella 3.2.II delle NTC 2018 ed in base alle  $N_{spt}$  ed alla stratigrafia dell'area, la categoria di sottosuolo di riferimento risulta essere la **B**:

B	<i>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.</i>
---	--

Considerando che l'area di progetto è completamente pianeggiante, la categoria topografica di riferimento è la **T1**:

Tab. 3.2.III – <i>Categorie topografiche</i>	
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 $i > 30^\circ$

La valutazione dell'azione sismica può essere eseguita tramite le 3 componenti traslazionali (X, Y e Z). La componente Z è richiesta solo in determinati casi.

Le componenti X e Y possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:





- accelerazione massima di superficie
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie
- accelerogramma

L'accelerazione massima in superficie si ottiene considerando i coefficienti **SS** (c. di amplificazione stratigrafica) e **ST** (c. di amplificazione topografica), secondo la seguente relazione:

$$a_{\max} = S \times a_g = S_s \times S_T \times a_g$$

SS e ST risultano dalle tabelle seguenti, rispettivamente per categorie **B e T1**:

Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4



Comune di Bolzano  
Stadtgemeinde Bozen

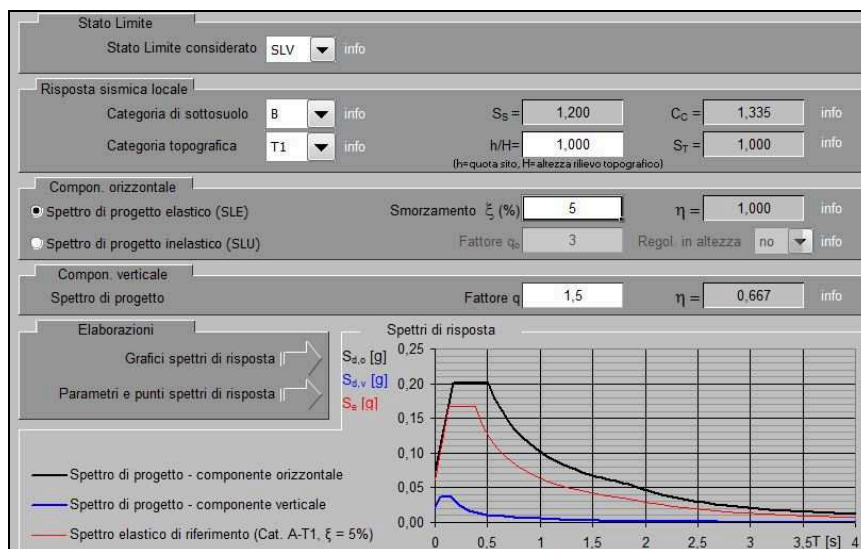
5.0 Ripartizione Pianificazione e

Sviluppo del Territorio

5.0 Abteilung für Raumplanung und -entwicklung

5.7 Ufficio Geologia, Protezione civile ed Energia  
5.7 Amt für Geologie, Zivilschutz und Energie

Nel grafico sottostante sono evidenziati gli spettri di risposta:



Infine la tabella sottostante indica i parametri e i punti dello spettro di risposta orizzontale:

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV																																																																																																													
<b>Parametri indipendenti</b>	<b>Punti dello spettro di risposta</b>																																																																																																												
<table><tr><td>STATO LIMITE</td><td>SLV</td></tr><tr><td><math>a_g</math></td><td>0,062 g</td></tr><tr><td><math>F_a</math></td><td>2,639</td></tr><tr><td><math>T_c</math></td><td>0,360 s</td></tr><tr><td><math>S_s</math></td><td>1,200</td></tr><tr><td><math>C_d</math></td><td>1,335</td></tr><tr><td><math>S_T</math></td><td>1,000</td></tr><tr><td><math>q</math></td><td>1,000</td></tr></table>	STATO LIMITE	SLV	$a_g$	0,062 g	$F_a$	2,639	$T_c$	0,360 s	$S_s$	1,200	$C_d$	1,335	$S_T$	1,000	$q$	1,000	<table><tr><th>T [s]</th><th><math>S_e</math> [g]</th></tr><tr><td>0,000</td><td>0,074</td></tr><tr><td><math>T_e</math></td><td>0,169</td></tr><tr><td><math>T_c</math></td><td>0,508</td></tr><tr><td>0,572</td><td>0,178</td></tr><tr><td>0,635</td><td>0,160</td></tr><tr><td>0,699</td><td>0,146</td></tr><tr><td>0,763</td><td>0,134</td></tr><tr><td>0,827</td><td>0,123</td></tr><tr><td>0,891</td><td>0,114</td></tr><tr><td>0,954</td><td>0,107</td></tr><tr><td>1,018</td><td>0,100</td></tr><tr><td>1,082</td><td>0,094</td></tr><tr><td>1,146</td><td>0,089</td></tr><tr><td>1,210</td><td>0,084</td></tr><tr><td>1,273</td><td>0,080</td></tr><tr><td>1,337</td><td>0,076</td></tr><tr><td>1,401</td><td>0,073</td></tr><tr><td>1,465</td><td>0,070</td></tr><tr><td>1,529</td><td>0,067</td></tr><tr><td>1,593</td><td>0,064</td></tr><tr><td>1,656</td><td>0,062</td></tr><tr><td>1,720</td><td>0,059</td></tr><tr><td>1,784</td><td>0,057</td></tr><tr><td><math>T_0</math></td><td>1,848</td></tr><tr><td>1,950</td><td>0,049</td></tr><tr><td>2,053</td><td>0,045</td></tr><tr><td>2,155</td><td>0,041</td></tr><tr><td>2,258</td><td>0,037</td></tr><tr><td>2,360</td><td>0,034</td></tr><tr><td>2,463</td><td>0,031</td></tr><tr><td>2,565</td><td>0,029</td></tr><tr><td>2,668</td><td>0,026</td></tr><tr><td>2,770</td><td>0,025</td></tr><tr><td>2,873</td><td>0,023</td></tr><tr><td>2,975</td><td>0,021</td></tr><tr><td>3,078</td><td>0,020</td></tr><tr><td>3,180</td><td>0,019</td></tr><tr><td>3,283</td><td>0,017</td></tr><tr><td>3,385</td><td>0,016</td></tr><tr><td>3,488</td><td>0,015</td></tr><tr><td>3,590</td><td>0,015</td></tr><tr><td>3,693</td><td>0,014</td></tr><tr><td>3,795</td><td>0,013</td></tr><tr><td>3,898</td><td>0,012</td></tr><tr><td>4,000</td><td>0,012</td></tr></table>	T [s]	$S_e$ [g]	0,000	0,074	$T_e$	0,169	$T_c$	0,508	0,572	0,178	0,635	0,160	0,699	0,146	0,763	0,134	0,827	0,123	0,891	0,114	0,954	0,107	1,018	0,100	1,082	0,094	1,146	0,089	1,210	0,084	1,273	0,080	1,337	0,076	1,401	0,073	1,465	0,070	1,529	0,067	1,593	0,064	1,656	0,062	1,720	0,059	1,784	0,057	$T_0$	1,848	1,950	0,049	2,053	0,045	2,155	0,041	2,258	0,037	2,360	0,034	2,463	0,031	2,565	0,029	2,668	0,026	2,770	0,025	2,873	0,023	2,975	0,021	3,078	0,020	3,180	0,019	3,283	0,017	3,385	0,016	3,488	0,015	3,590	0,015	3,693	0,014	3,795	0,013	3,898	0,012	4,000	0,012
STATO LIMITE	SLV																																																																																																												
$a_g$	0,062 g																																																																																																												
$F_a$	2,639																																																																																																												
$T_c$	0,360 s																																																																																																												
$S_s$	1,200																																																																																																												
$C_d$	1,335																																																																																																												
$S_T$	1,000																																																																																																												
$q$	1,000																																																																																																												
T [s]	$S_e$ [g]																																																																																																												
0,000	0,074																																																																																																												
$T_e$	0,169																																																																																																												
$T_c$	0,508																																																																																																												
0,572	0,178																																																																																																												
0,635	0,160																																																																																																												
0,699	0,146																																																																																																												
0,763	0,134																																																																																																												
0,827	0,123																																																																																																												
0,891	0,114																																																																																																												
0,954	0,107																																																																																																												
1,018	0,100																																																																																																												
1,082	0,094																																																																																																												
1,146	0,089																																																																																																												
1,210	0,084																																																																																																												
1,273	0,080																																																																																																												
1,337	0,076																																																																																																												
1,401	0,073																																																																																																												
1,465	0,070																																																																																																												
1,529	0,067																																																																																																												
1,593	0,064																																																																																																												
1,656	0,062																																																																																																												
1,720	0,059																																																																																																												
1,784	0,057																																																																																																												
$T_0$	1,848																																																																																																												
1,950	0,049																																																																																																												
2,053	0,045																																																																																																												
2,155	0,041																																																																																																												
2,258	0,037																																																																																																												
2,360	0,034																																																																																																												
2,463	0,031																																																																																																												
2,565	0,029																																																																																																												
2,668	0,026																																																																																																												
2,770	0,025																																																																																																												
2,873	0,023																																																																																																												
2,975	0,021																																																																																																												
3,078	0,020																																																																																																												
3,180	0,019																																																																																																												
3,283	0,017																																																																																																												
3,385	0,016																																																																																																												
3,488	0,015																																																																																																												
3,590	0,015																																																																																																												
3,693	0,014																																																																																																												
3,795	0,013																																																																																																												
3,898	0,012																																																																																																												
4,000	0,012																																																																																																												
<b>Parametri dipendenti</b>																																																																																																													
<table><tr><td>S</td><td>1,200</td></tr><tr><td><math>\eta</math></td><td>1,000</td></tr><tr><td><math>T_e</math></td><td>0,169 s</td></tr><tr><td><math>T_c</math></td><td>0,508 s</td></tr><tr><td><math>T_0</math></td><td>1,848 s</td></tr></table>	S	1,200	$\eta$	1,000	$T_e$	0,169 s	$T_c$	0,508 s	$T_0$	1,848 s																																																																																																			
S	1,200																																																																																																												
$\eta$	1,000																																																																																																												
$T_e$	0,169 s																																																																																																												
$T_c$	0,508 s																																																																																																												
$T_0$	1,848 s																																																																																																												
<b>Espressioni dei parametri dipendenti</b>																																																																																																													
$S = S_s \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)																																																																																																													
$\eta = \sqrt{0,05 + S} \geq 0,55; \eta = 1/q$ (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)																																																																																																													
$T_0 = T_c / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.8)																																																																																																													
$T_c = C_d \cdot T_e$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)																																																																																																													
$T_0 = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$ (NTC-07 Eq. 3.2.3)																																																																																																													
<b>Espressioni dello spettro di risposta</b> (NTC-08 Eq. 3.2.4)																																																																																																													
$0 \leq T < T_0$ $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left[ \frac{T}{T_0} + \frac{1}{\eta \cdot F_a} \left( 1 - \frac{T}{T_0} \right) \right]$																																																																																																													
$T_0 \leq T < T_c$ $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$																																																																																																													
$T_c \leq T < T_0$ $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)$																																																																																																													
$T_0 \leq T$ $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left( \frac{T_c \cdot T_0}{T^2} \right)$																																																																																																													
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 $\eta$ con $1/q$ , dove $q$ è il fattore di struttura. (NTC-08 §. 3.2.3.5)																																																																																																													

L'accelerazione massima attesa risulta **0,062 g**.

## 5. CONCLUSIONI

Il presente studio, eseguito su incarico dell'Ufficio Opere Pubbliche, Edifici del Comune di Bolzano, analizza le problematiche di natura geologica, idrogeologica e sismica concernenti la realizzazione di un nuovo parcheggio interrato sotto piazza Vittoria, a Bolzano. Il progettista è l'Ing. Mario Valdemarin.

Il progetto si trova attualmente nella fase di elaborazione del progetto definitivo.

Sulla base delle planimetrie di progetto, considerando la proiezione verticale sulla superficie di piazza Vittoria, l'area di scavo ha un'estensione di ca. 80 x 40 m, comprendendo la totalità della superficie occupata dagli attuali parcheggi superficiali della piazza ed escludendo l'area del parco pubblico. E' prevista inoltre la realizzazione di due rampe di accesso lungo via Cesare Battisti e lungo corso Libertà, in direzione ponte Talvera (vedi planimetria allegata). Il progetto è ovviamente suscettibile di modifiche ed implementazioni nelle fasi successive.

Sono state effettuate le verifiche geotecniche relative al valore di pressione ammissibile (SLU), secondo l'approccio 2, per le fondazioni dell'opera in progetto (ipotizzando fondazioni a platea o nastriformi).

La presente relazione è redatta in ottemperanza al D.M. 14.01.2008 e al D.M. 17.01.2018 e costituisce la relazione geotecnica specialistica del progetto definitivo.



Comune di Bolzano  
Stadtgemeinde Bozen

5.0 Ripartizione Pianificazione e

Sviluppo del Territorio

5.0 Abteilung für Raumplanung und –entwicklung

5.7 Ufficio Geologia, Protezione civile ed Energia

5.7 Amt für Geologie, Zivilschutz und Energie

***Nelle fasi successive si dovrà controllare la rispondenza tra il modello geotecnico di riferimento assunto nel progetto definitivo e la situazione effettiva, differendo di conseguenza la caratterizzazione geotecnica ed il progetto esecutivo, così come previsto dalla normativa di settore.***

**L'ESPERTO NELLE MATERIE TECNICHE DELL'AREA AMBIENTALE**

**Dott. Geol. Mauro Platter**