

Bauherr / Committente

MERAN 2000 BERGBAHNEN AG
MERANO 2000 FUNIVIE S.P.A.

39012 Meran
Naiftalstraße Nr. 37
Telefon: 0473/234821
e-mail: info@meran2000.com

39012 Merano
Via Val di Nova n. 37
Telefax: 0473/234911



Der Bauherr / Il committente

Projekt

Progetto

AUSFÜHRUNGSPROJEKT

Errichtung des Speicherbeckens
"WALLPACH" für Beschneiungs-,
Beregnungs- und Löschwasser-
zwecke im Skigebiet
MERAN 2000

PROGETTO ESECUTIVO

Costruzione del bacino
"WALLPACH" per l'innevamento,
irrigazione e spegnimento incendi
nella zona sciistica
MERANO 2000

Inhalt

Contenuto

FACHBERICHTE SPEICHERBECKEN
"WALLPACH"
- Geologischer Bericht

RELAZIONI SPECIFICHE BACINO ARTIFICIALE
"WALLPACH"
- Relazione geologica



BÜROGEMEINSCHAFT · STUDIO ASSOCIATO BCG INGENIEURE
STR · VIA PILLHOF 17 · 39057 EPPAN a.d. Weinstraße · APPIANO s.s.d. VINO (BZ)
TEL 0039 0474 19637000 · INFO@BCG-ING.EU · WWW.BCG-ING.EU
ANDREA 0039 348 4423766 · ERWIN 0039 335 6784366 · MASSIMO 0039 347 9941030
MWST NR · PART IVA 03042160212

Der Projektant / Il progettista

Datum data	Projektleiter capo progetto	Bearbeiter elaboratore		Prüfer controllore	Freigabe approvazione	Projektnummer numero progetto
Nov. 2019	P. Verginer	GEO3			E. Gasser	BCG19-013
Datum data	Bearbeiter elaboratore	Rev. rev.	Art der Änderung tipo di modifica			Dokumentnummer numero documento
06.12.2019	ML. Gögl	0				AP 0.2.1

**AUTONOME PROVINZ BOZEN SÜDTIROL
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO ALTO ADIGE**

**GEMEINDE HAFLING
COMUNE DI AVELENGO**

**ERRICHTUNG DES
SPEICHERBECKENS
„WALLPACH“ FÜR DIE
TECHNISCHE BESCHNEIUNG
DER SKIPISTEN IM
SKIGEBIET MERAN 2000**

**GEOLOGISCH, SEISMISCHES sowie
GEOTECHNISCHES GUTACHTEN ZU
DEN FELDUNTERSUCHUNGEN
entsprechend den NTC 2018 gemäß
MD 17/01/2018**

**PROJEKTSPEZIFISCHES
HYDROGEOLOGISCHES GUTACHTEN**

**COSTRUZIONE DEL BACINO
ARTIFICIALE „WALLPACH“
PER L'INNEVAMENTO
TECNICO DELLE PISTE DA
SCI NELLA ZONA SCIISTICA
MERANO 2000**

**RELAZIONE GEOLOGICA, SISMICA e
GEOTECNICA RELATIVA ALLE
INDAGINI IN SITO ai sensi del
DM 17/01/2018 (NTC 2018)**

**RELAZIONE IDROGEOLOGICA
RELATIVA AL PROGETTO**

INHALTSVERZEICHNIS / SOMMARIO:

1	EINLEITUNG	4
1	INTRODUZIONE.....	4
1.1	Vorbemerkungen	4
1.1	Premessa.....	4
1.2	Lage- und Projektbeschreibung	4
1.2	Descrizione del progetto	4
1.3	Rechtliche und urbanistische Bestimmungen	5
1.3	Riferimenti normativi e vincoli amministrativi.....	5
1.4	Methodik und Grundlagen.....	6
1.4	Metodologia e informazioni di base	6
1.5	Bibliographie, Dokumente und Projektunterlagen	7
1.5	Bibliografia, documenti ed elaborati di progetti esistenti	7
	GEOLOGISCH-HYDROGEOLOGISCHER BERICHT	9
	RELAZIONE GEOLOGICA-IDROGEOLOGICA	9
2	GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE	9
2	SITUAZIONE GEOLOGICA	9
2.1	Geologie.....	9
2.1	Geologia.....	9
2.2	Geomorphologie	10
2.2	Geomorfologia	10
2.3	Hydrologie und Hydrogeologie	12
2.3	Idrologia e idrogeologia.....	12
2.4	Massenbewegungen	12

2.4	Frane	12
3	GEOGNOSTISCHE UNTERSUCHUNGEN	13
3	INDAGINI GEOGNOSTICHE	13
3.1	Baggerschürfe	13
3.1	Scavi geognostici	13
3.2	Bohrungen	19
3.2	Sondaggi	19
3.3	Standard Penetration Test (SPT)	19
3.3	Standard Penetration Test (SPT)	19
3.4	Le Franc und Lugeon Versuch	19
3.4	Prova Le Franc e Lugeon	19
3.5	Seismische Untersuchungen	19
3.5	Indagini sismiche	19
3.6	Laborversuche	20
3.6	Prove di laboratorio	20
4	BAUGRUNDMODELLIERUNG	20
4	MODELLAZIONE DEL SOTTOSUOLO	20
4.1	Geologisch – stratigraphische Darstellung und Modellierung	20
4.1	Schematizzazione e modellazione geologico – stratigrafica	20
4.2	Hydrogeologische Gegebenheiten	22
4.2	Situazione idrogeologica	22
	GEOTECHNISCHES GUTACHTEN ZU DEN FELDUNTERSUCHUNGEN	24
	RELAZIONE GEOTECNICA RELATIVA ALLE INDAGINI	24
5	AUSWERTUNG DER DATEN AUS GEOTECHNISCHEN VERSUCHEN	25
5	ELABORAZIONE DEI DATI DA PROVE GEOTECNICHE	25
5.1	Feldversuche	25
5.1	Prove in situ	25
5.1.1	SPT-Versuche	25
5.1.1	Prove SPT	25
5.2	Laborversuche	26
5.2	Analisi di laboratorio	26
6	VORLÄUFIGE GEOTECHNISCHE PARAMETRIERUNG	28
6	PARAMETRAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE	28
7	GEOLOGISCH - GEOTECHNISCHE ANMERKUNGEN ZUM BAUVORHABEN	30
7	INDICAZIONI GEOLOGICHE – GEOTECNICHE RELATIVE A QUANTO IN PROGETTO	30
7.1	Speicherbecken	30
7.1	Bacino	30
7.2	Pump- und Schieberstation	34
7.2	Stazione di pompaggio e di manovra	34
7.3	Entleerungsleitung	36
7.3	Condotta di scarico	36
8	GLOBALE STABILITÄTSANALYSE	37
8	ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE	37
9	SCHLUSSFOLGERUNGEN	42
9	CONCLUSIONI	42
	SEISMISCHE CHARAKTERISIERUNG DES UNTERGRUNDS	44
	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO	44
10	SEISMISCHE MODELLIERUNG	44
10	MODELLAZIONE SISMICA	44
10.1	Allgemeine seismische Angaben	44
10.1	Inquadramento sismico di base	44
10.2	Mögliche Verstärkungen der seismischen Erschütterungen im Untersuchungsgebiet	46
10.2	Possibili amplificazioni del moto sismico nel sito in esame	46
10.2.1	Topographische Verstärkung	47
10.2.1	Amplificazione topografica	47

10.2.2	Stratigraphische Verstärkung.....	47
10.2.2	Amplificazioni stratigrafiche.....	47
10.2.3	Geologische- tektonisch Eigenschaften, Instabilitäten; Präsenz eines steifen Untergrunds.....	47
10.2.3	Caratteri geologici-tettonici-instabilità; presenza di un substrato rigido.....	47
10.3	<i>Bewertung der $a_g S$ im Projektgebiet</i>	48
10.3	<i>Valutazione $a_g S$ del sito in oggetto</i>	48
10.4	<i>Nachweis der Verflüssigung</i>	49
10.4	<i>Verifica della liquefazione</i>	49
PROJEKTSPEZIFISCHE HYDROGEOLOGISCHE STUDIE.....		50
STUDIO IDROGEOLOGICO RELATIVO AL PROGETTO		50
11	VORWORT.....	50
11	PREMESSA	50
12	BEZUGSQUELLE WALLPACH.....	50
12	SORGENTE DI RIFERIMENTO WALLPACH	50
13	FELDUNTERSUCHUNGEN.....	51
13	INDAGINI IN SITO	51
14	BEWERTUNG DER INTERFERENZ BAUVORHABEN AUF TRINKWASSERQUELLE	52
14	VALUTAZIONE DELL'INTERFERENZA DELL'OPERA IN PROGETTO ALLA SORGENTE DI ACQUA POTABILE.....	52
15	BEWEISSICHERUNGSPROGRAMM	52
15	PROGRAMMA DI MONITORAGGIO	52

ANLAGEN / ALLEGATI:

- 1) DOKUMENTATION DER BOHRUNGEN
DOCUMENTAZIONE DEI SONDAGGI
- 2) LABORVERSUCHE
INDAGINI DI LABORATORIO
- 3) SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN
INDAGINI SISMICHE

ERRICHTUNG DES SPEICHERBECKENS „WALLPACH“ FÜR BESCHNEIUNGS-, BEREGNUNGS- UND LÖSCHWASSERZWECKE IM SKIGEBIET MERAN 2000

**GEOLOGISCH, SEISMISCHES sowie
GEOTECHNISCHES GUTACHTEN ZU
DEN FELDUNTERSUCHUNGEN
entsprechend den NTC 2018 gemäß
MD 17/01/2018**

**PROJEKTSPEZIFISCHES
HYDROGEOLOGISCHES GUTACHTEN**

1 EINLEITUNG

1.1 Vorbemerkungen

Die vorliegende geologisch-hydrogeologische und geotechnische Studie erfolgte im Hinblick auf den Bau des Speicherbeckens „Wallpach“ für die technische Beschneigung im Skigebiet Meran 2000.

Es beinhaltet die geologisch-hydrogeologische Baugrundmodellierung, die seismische und geotechnische Charakterisierung des Untergrunds sowie die Durchführung der entsprechenden Nachweise.

Weiters ist auch das projektspezifische hydrogeologische Gutachten für das geplante Bauvorhaben enthalten, da sich das Untersuchungsgebiet für einen kleinen Teilbereich innerhalb einer Trinkwasserschutzzone WSGA 258 „Wallpach“ befindet. Es erfolgt die Prüfung, ob die geplanten Grabungstiefen kompatibel sind.

1.2 Lage- und Projektbeschreibung

Das Projektgebiet liegt im Skigebiet Meran 2000, südlich des Piffinger Köpfls auf einer Kote von ca. 1.900 m ü.M.

COSTRUZIONE DEL BACINO “WALLPACH” PER L’INNEVAMENTO, IRRIGAZIONE E SPENGIMENTO INCENDI NELLA ZONA SCIISTICA MERANO 2000

**RELAZIONE GEOLOGICA, SISMICA e
GEOTECNICA RELATIVA ALLE
INDAGINI IN SITO ai sensi del
DM 17/01/2018 (NTC 2018)**

**RELAZIONE IDROGEOLOGICA
RELATIVA AL PROGETTO**

1 INTRODUZIONE

1.1 Premessa

Il presente studio geologico-idrogeologico e geotecnico è stato elaborato in riguardo a quanto in progetto per la costruzione del bacino artificiale “Wallpach” per l’innnevamento artificiale delle piste da sci nella zona sciistica Merano 2000.

La relazione comprende la modellazione geologica – idrogeologica, la caratterizzazione sismica e geotecnica del sottosuolo con elaborazione delle relative verifiche.

Inoltre contiene anche la relazione idrogeologica relativa al progetto in quanto questo interessa una piccola porzione che risulta situata entro una zona di tutela di acqua potabile WSGA 258 „Wallpach“ e le profondità di scavo sono da valutarsi se compatibili.

1.2 Descrizione del progetto

L’area in esame si trova nella zona sciistica di Merano 2000, a sud del cucuzzolo “Piffinger Köpfl”, ad una quota di ca. 1.900 m s.l.m..

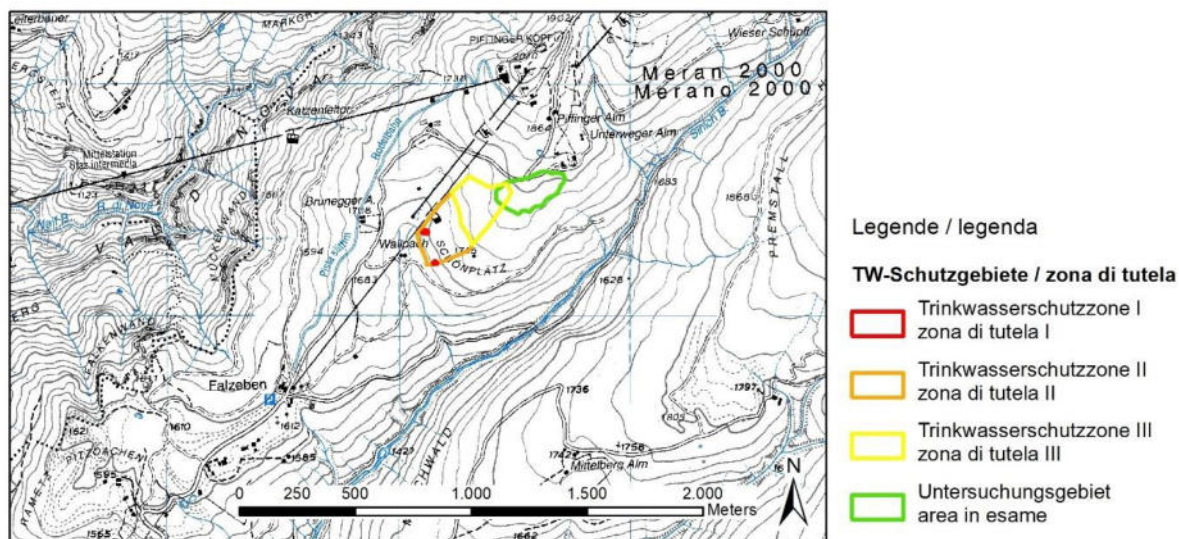


Fig. 1 – Auszug aus topographischer Karte mit Lage des Projektgebietes

1.3 Rechtliche und urbanistische Bestimmungen

Das geologisch-hydrogeologische, geotechnische und seismische Gutachten wird in Übereinstimmung mit der geltenden Gesetzgebung, den **Technischen Vorschriften für Bauwerke (M.D. 17. Januar 2018)** und dem Rundschreiben Nr. 7 C.S.LL.PP. vom **21. Januar 2019** ausgearbeitet.

Es wird außerdem auch auf die „**Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)**“ (Dekret des Infrastruktur- und Transportministeriums vom 26.06.2014) Bezug genommen.

Die **hydrogeologische projektspezifische Studie** erfolgt im Sinne des Art. 4 Absatz 4.2 Punkt a) 2. des Schutzplans [8].

Das vorliegende Gutachten ist demnach in folgende Fachberichte unterteilt:

Geologisch-hydrogeologischer Bericht mit Beschreibung der generellen geologischen-hydrogeologischen Situation des Untersuchungsgebietes und Bestimmung der stratigraphischen Gegebenheiten im Projektgebiet.

Geotechnischer Bericht mit geotechnischer Charakterisierung des Untergrunds im Projekt-

1.3 Riferimenti normativi e vincoli amministrativi

La relazione geologica, geotecnica e sismica è redatta in ottemperanza alla normativa in vigore, ovvero **Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018)** e **Circolare n.7 C.S.LL.PP. del 21 gennaio 2019**.

Si è inoltre fatto riferimento alle „**Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)**“ (Decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 26.06.2014).

Lo studio idrogeologico relativo al progetto è redatto in ottemperanza all'art. 4 paragr. 4.2 punto a) 2. del piano di tutela [8].

La presente relazione è suddivisa nelle seguenti relazioni specialistiche:

Relazione geologica-idrogeologica con descrizione della situazione geologica-idrogeologica dell'area in esame e determinazione della successione stratigrafica nell'area di progetto.

Relazione geotecnica con caratterizzazione geotecnica del sottosuolo dell'area di

gebiet, generellen Angaben zum Bauvorhaben sowie den vorläufigen geotechnischen Nachweisen entsprechend NTC 2018.

Seismische Charakterisierung des Untergrunds mit Angaben zur seismischen Gefährdung des Untersuchungsgebietes.

Projektspezifische hydrogeologische Studie beinhaltet die Bewertung der Erhöhung der zulässigen Grabungstiefe für das Bauvorhaben

1.4 Methodik und Grundlagen

Um die allgemeinen geologischen und geomorphologischen Gegebenheiten des Interessensgebietes zu bestimmen, sind folgende Erhebungen durchgeführt worden:

- Geologisch- geomorphologische Detailkartierung im Untersuchungsgebiet
- Durchführung von 6 Baggerschürfen bis in eine max. Tiefe von 2,8 m unter GOK
- Durchführung von 4 Rotationsbohrungen bis in eine max. Tiefe von 12,5 m unter GOK mit Bohrlochversuchen (SPT)
- Messung des Grundwasserstands innerhalb der Bohrungen
- Durchführung von Durchlässigkeitsversuchen (Lugeon und Le Franc-Versuch) in S4
- Entnahme von Bodenproben zur Durchführung von Laborversuchen
- Durchführung von refraktionsseismischen Untersuchungen
- Durchführung von Untersuchung zur Ermittlung der Vs30 (MASW, ReMi und HVSr)
- Konsultation des GeoBrowsers der Autonomen Provinz Bozen bzgl. bekannter Massenbewegungsphänomene und Gefahrenzonen, Quellen und Trinkwasserschutzzonen usw.
- Auswertung der Geodaten (Orthofotos, digitales Geländemodell...) der Provinz

progetto, indicazioni generali per quanto in progetto e le verifiche geotecniche preliminari secondo le NTC 2018.

Caratterizzazione sismica del sottosuolo con considerazioni relative alla pericolosità sismica del sito.

Lo **studio idrogeologico relativo al progetto** contiene la valutazione di incremento delle profondità di scavo per la realizzazione di quanto in progetto.

1.4 Metodologia e informazioni di base

Al fine di valutare le condizioni geologiche-geomorfologiche generali dell'area di interesse sono state effettuate le seguenti indagini:

- Rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio per l'area in esame;
- Esecuzione di 6 scavi geognostici sino ad una profondità max. di 2,8 m sotto p.c.;
- Esecuzione di 4 sondaggi geognostici spinti sino ad una profondità max. di 12,5 m sotto il p.c. con prove in foro (SPT);
- Misurazione del livello di falda entro il sondaggio;
- Esecuzione di prove di permeabilità idraulica (prova Lugeon e Le Franc) entro il sondaggio S4;
- Prelievo di campioni di terreni per esecuzione di prove di laboratorio;
- Esecuzione di indagini sismiche a rifrazione;
- Esecuzione di indagini per la determinazione delle Vs30 (MASW, ReMi e HVSr);
- Consultazione del GeoBrowser della Provincia Autonoma di Bolzano in riguardo a fenomeni noti di frane e zone di pericolo, sorgenti e zone di tutela di acqua potabile;
- Analisi dei geodati (ortofoto, modello digitale...) della Provincia.

1.5 Bibliographie, Dokumente und Projektunterlagen

Dem vorliegenden Gutachten liegt folgendes Projekt zugrunde:

[1] BCG Ingenieure (Dr. Ing. Erwin Gasser): „Errichtung des Speicherbeckens „WALLPACH“ für Beschneigungs-, Beregnungs- und Löschwasserzwecke im Skigebiet Meran 2000“, Ausführungsprojekt, Nov. 2019

Kartographie:

- [2] Technische Grundkarte im Maßstab 1:10.000; Blatt 10110
- [3] Topographische Karte im Maßstab 1:25.000; Blatt 10-I-NW und 4-II-SW
- [4] Orthofotos verschiedener Jahrgänge
- [5] Schummerungskarten (DTM)

Geologische und hydrogeologische Grundlage:

- [6] Gefahrenzonenkarte (GZP) der Gemeinde Hafling
- [7] ISPRA – Servizio geologico d'Italia (2010), Geologische Karte von Italien im Maßstab 1:50.000, Blatt 013 Meran, Autonome Provinz Bozen Südtirol
- [8] Schutzplan des Trinkwasserschutzbereiches WSGA/258 „Quelle Wallpach“, 2007

Bibliographie:

- [9] Geo 3 (Dr. Geol. ML Gögl, CD Wallpach, geologisch-hydrogeologisches Gutachten, seismisches Gutachten und geotechnische Gutachten zu den Felduntersuchungen (2018) + geol. BL (2018)
- [10] Geo 3 (Dr. Geol. ML Gögl), Erweiterung der Skipiste Wallpach im Skigebiet Meran 2000, geologisch-hydrogeologisches Gutachten, seismisches Gutachten und geotechnische Gutachten zu den Felduntersuchungen (2016) + geol. BL (2018)
- [11] Geo 3 (Dr. Geol. ML Gögl), Erweiterung der Skipiste Wallpach im Skigebiet Meran 2000, geologische BL (2017)
- [12] Geo 3 (Dr. Geol. ML Gögl), Bauleitplanabänderung – Errichtung des Speicherbeckens „Wallpach“ für die technische Beschneigung der Skipisten im

1.5 Bibliografia, documenti ed elaborati di progetti esistenti

La presente relazione è stata elaborata in riguardo al presente progetto:

[1] BCG Ingenieure (Dr. Ing. Erwin Gasser): „Costruzione del bacino „WALLPACH“ per l'innevamento, irrigazione e spengimento incendi nella zona sciistica Merano 2000, progetto esecutivo, nov. 2019

Cartografia:

- [2] Carta Tecnica in scala 1:10.000; foglio 10110
- [3] carta topografica in scala 1:25.00; foglio 10-I-NO e 4-II-SO
- [4] Ortofoto di diversi anni
- [5] Carta delle ombreggiature (DTM)

Carte geologiche di base:

- [6] Carta delle zone di pericolo (PZP) del Comune di Avelengo
- [7] ISPRA – servizio geologico d'Italia (2010), Carta geologica d'Italia in scala 1:50.000, foglio 013 - Merano, Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige
- [8] Piano di tutela dell'area di tutela dell'acqua potabile WSGA/258 "sorgente Wallpach", 2007

Bibliografia:

- [9] Geo 3 (Dr. Geol. ML Gögl), CD Wallpach, relazione geologica-idrogeologica, relazione sismica e geotecnica relativa alle indagini (2018) + DL geol. (2018)
- [10] Geo 3 (Dr. Geol. ML Gögl), Estensione della Skipista Wallpach nel Skigebio Meran 2000, relazione geologica-idrogeologica, relazione sismica e geotecnica relativa alle indagini (2016) + DL geol. (2018)
- [11] Geo 3 (Dr. Geol. ML Gögl), Estensione della Skipista Wallpach nel Skigebio Meran 2000, DL geologica (2017)
- [12] Geo 3 (Dr. Geol. ML Gögl), Modifica piano urbanistico - costruzione del bacino artificiale "Wallpach" per l'innevamento tecnico delle piste da sci

- | | |
|---|--|
| <p>Skigebiet Meran 2000, Gefahren- und Kompatibilitätsprüfung 2019</p> <p>[13] Dessí (1991), Quellen der Trinkwasserleitungen der Gemeinde Hafling – Hydrogeologische Untersuchungen für die Ausweisung von Schutzzonen gemäß LG 6.9. 73 N.63 – hydrogeologischer Bericht</p> | <p>nella zona sciistica Merano 2000, verifica del pericolo e della compatibilità, 2019</p> <p>[13] Dessí (1991), sorgenti alimentanti gli acquedotti di Avelengo – Studio idrogeologico per la delimitazione delle zone di rispetto ai sensi della LP 6.9. 73 N.63 – relazione idrogeologica</p> |
|---|--|

GEOLOGISCH- HYDROGEOLOGISCHER BERICHT

RELAZIONE GEOLOGICA- IDROGEOLOGICA

2 GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE

2 SITUAZIONE GEOLOGICA

2.1 Geologie

Aus geologischer Sicht liegt das Untersuchungsgebiet innerhalb der Südalpinen Gesteinseinheiten, am NE-Ende der Bozner Quarzporphyrplattform, der im Bereich der höchsten Erhebungen (u.a. Piffinger Köpfl) von der Gröden Formation überlagert wird.

Der Felsuntergrund im Untersuchungsgebiet baut sich aus Sand- und Siltsteinen mit teilweise organhaltigen Lagen der Gröden Formation auf, die oberflächlich teils durch eine tiefgreifende Verwitterungskruste gekennzeichnet sind. Diese Gesteine zeigen eine deutliche Bankung, die im Untersuchungsgebiet zumeist flach nach S bis W einfällt (Einfallwinkel zwischen 5-10°). Die Mächtigkeit der Schichten liegt im dm-Bereich.

Südlich des Untersuchungsgebietes (im stratigraphisch Liegenden) kommen Ignimbrite der Perdonig Formation (Auer Formation) vor. Hierbei handelt es sich um einen normalen stratigraphischen Übergang. Unmittelbar östlich des Untersuchungsgebietes kommen vulkanische Gesteine der Hafling Formation (Etschtaler Vulkanitkomplex) vor, wobei der Kontakt zu den Grödner Sandsteinen tektonischer Natur ist. Entlang dieser Störung können die Gesteine entsprechend aufgelockert sein. Bei der Störung selbst handelt es sich um eine alte, tektonisch inaktive Linie.

Aufschlüsse des Felsuntergrunds gibt es teilweise entlang der Forststraßen und der Böschungen. Auch die geologische Bauleitung im Zuge des Skipistenbaus bzw. der Pistenerweiterung Wallpach ergab, die Präsenz des Felsuntergrunds in sehr geringen Tiefen.

Nur teilweise ist er von geringmächtigen glazialen Ablagerungen überdeckt. Diese setzen sich generell aus Kies und Sand mit Geröll in schluffiger Matrix zusammen. Diese

2.1 Geologia

Dal punto di vista geologico l'area di interesse si inquadra entro la successione Sudalpina, nell'ambito del bordo NE della piattaforma vulcanica atesina che lungo le colline più elevate (es. "Piffinger Köpfl") è sovrapposto dalla formazione della Val Gardena.

Il substrato roccioso nell'area in esame risulta costituito dalle arenarie e siltiti, con strati in parte con contenuto organico, della formazione della Val Gardena che in superficie sono caratterizzate da una profonda fascia di alterazione. Le rocce sono caratterizzate da una evidente stratificazione che nell'area in esame risulta immergere con angoli quasi pianeggianti verso sud e ovest (immersione tra 5-10°). Gli spessori dei singoli strati in genere risultano di pochi dm. A sud dell'area in esame (stratigraficamente a letto) sono presenti ignimbriti della formazione di Perdonico (formazione di Ora). Si tratta di un normale passaggio stratigrafico.

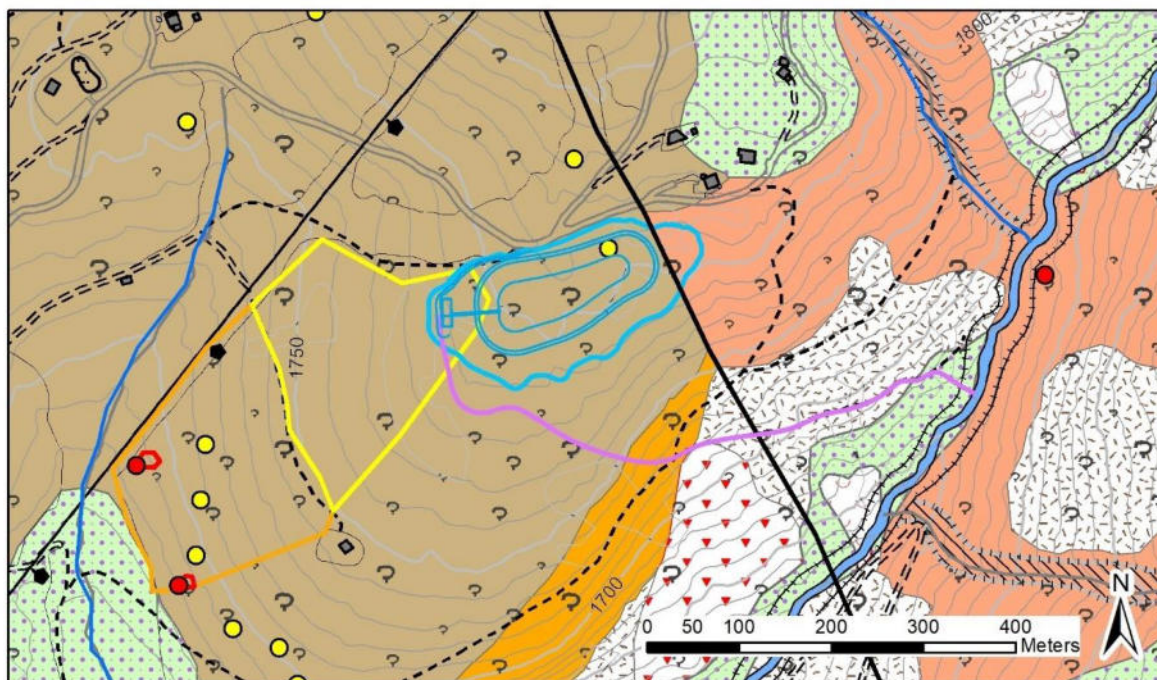
Immediatamente a est dell'area in esame sono presenti rocce vulcaniche della Formazione di Avelengo (Complesso Vulcanico Atesino) con contatto tettonico con le Arenarie della Val Gardena. Lungo la faglia le rocce possono essere detensionate. La faglia rappresenta una vecchia linea tettonica ormai inattiva.

Affioramenti rocciosi sono presenti in parte lungo le strade forestali e le loro scarpate stradali. Anche la direzione lavori geologica eseguita durante la costruzione ovvero l'ampliamento della pista da sci Wallpach ha evidenziato la presenza del substrato roccioso a debole profondità.

Solo in parte risulta una copertura di depositi glaciali di spessori ridotti. Questi sono costituiti da ghiaie e sabbie con ciottoli in matrice limosa. Questi depositi in genere

Ablagerungen sind im Allgemeinen durch einen guten Verdichtungsgrad gekennzeichnet.

sono caratterizzati da un buon grado di addensamento.



Legende / legenda

 Untersuchungsgebiet area in esame	 Gröden Formation formazione di Val Gardena	Quellen / sorgenti (PAB)
 Entleerung scarico	 Auer Formation - Perdonig Member formazione di Ora - membro di Perdonico	 Trinkwasser acqua potabile
 glaziale Ablagerungen depositi glaciali	 Hafling Formation formazione di Avelengo	 keine Nutzung nessun utilizzo
 Hangschutt detrito di versante	 Sinichbach A.130 Rio Sinigo A.130	TW-Schutzgebiete / zona di tutela
 Blockschutt accumulo di blocchi	 öffentliche Fließgewässer rii demaniali	 Trinkwasserschutzzone I zona di tutela I
 Rutschmasse corpo di scivolamento		 Trinkwasserschutzzone II zona di tutela II
		 Trinkwasserschutzzone III zona di tutela III
		 Störungen faglie

Fig. 2 - Geologische Übersichtskarte (Blatt 013 Meran) mit Wassernutzungen und Trinkwasserschutzzone / Carta geologica di supervisione (foglio 013 Merano) con utenze idriche e zona di rispetto di acqua potabile

2.2 Geomorphologie

Das Untersuchungsgebiet liegt generell auf einem Geländerücken, der durch geringe bis mäßige Hangneigungen gekennzeichnet ist. Erst talseitig fällt der Hang mit mittlerer bis steiler Neigung in verschiedene Himmelsrichtungen (von SE bis W) ab.

2.2 Geomorfologia

L'area in esame è situata su un dorso morfologico caratterizzato in genere da pendenze piuttosto contenute. Solamente verso valle il pendio aumenta di acclività (pendenze medie) con esposizione in diverse direzioni (da SE a O).

Die lokale Geomorphologie im Ostbereich des geplanten Speicherbeckens ist durch mittelsteile Hangneigungen im Norden und einer Verflachung im Zentral- und Südbereich gekennzeichnet. Diese ausgeprägte Morphologie verliert sich anschließend Richtung Westen, wo das Gebiet durch mäßige Hangneigungen gekennzeichnet ist. Erst talseitig des geplanten Speichers nehmen die Hangneigungen schließlich wieder deutlich zu.

Auffallend ist die Präsenz von 3 kleinen, mehr oder weniger parallelen Taleinschnitten, die sich Richtung Süden bis Südsüdost erstrecken.

Ansonsten konnten keine besonderen geomorphologischen Phänomene beobachtet werden.

La geomorfologia locale nella porzione est del bacino artificiale in progetto è caratterizzata da pendenze medie nella zona nord e da un appiattimento delle pendenze nella porzione centrale e sud. Questa morfologia accentuata poi si perde in direzione ovest ove il terreno è caratterizzato da pendenze da modeste a medie. A valle dell'area del bacino in oggetto poi le pendenze del serbatoio aumentano in maniera significativa.

Evidente anche la presenza di 3 piccole vallette con andamento più o meno parallelo che si estendono in direzione sud e sudsudest.

Il sopralluogo non ha evidenziato particolari fenomeni geomorfologici.



Foto 1-2: Blick auf den Ostbereich des Unterusuchungsgebietes mit der Verflachung im Zentral- und talseitigen Bereich / Vista sulla zona est dell'area in esame con appiattimento delle pendenze nella porzione centrale e di valle



Foto 3-4: lokale Taleinschnitte / locali vallette

2.3 Hydrologie und Hydrogeologie

Im Untersuchungsgebiet gibt es keine oberflächlichen Wasserläufe.

Die Konsultation des Geobrowsers der Autonomen Provinz Bozen ergab die Präsenz der Trinkwasserquellen Wallpach mit entsprechender ausgewiesener Trinkwasserschutzzone WGSa 258. Ein kleiner Teil der untersuchten Fläche liegt am äußersten bergseitigen Rand der Schutzzone III (siehe geol. Karte in Fig. 2).

Weiters gibt es noch einige kleine ungenutzte Quellen, die ebenfalls in derselben Abbildung lokalisiert sind. Die Quellnutzungen sind dem Geokatalog des Südtiroler Bürgernetzes entnommen. Insbesondere verweist man auf eine ungenutzte Quelle im Bereich des geplanten Speicherbeckens. Diese wurde beim durchgeführten Lokalausweis allerdings nicht gefunden. Bergseitig der Forststraße zur Meraner Hütte gibt es allerdings einen kleinen Brunnen, deren Überlauf in das Untersuchungsgebiet entwässert.

Aus hydrogeologischer Sicht verweist man auf die Präsenz kleiner unterirdischer Wasserwegigkeiten im gesamten Untersuchungsgebiet, wie sie auch im Zuge der Grabungsarbeiten zur Anlegungen der Skipiste angetroffen worden sind. Es handelt sich dabei um Wasserzirkulationen, die größtenteils am Kontakt Schutt-decke / aufgelockerter Felsuntergrund und kompakter Felsuntergrund ausgebildet sind.

2.4 Massenbewegungen

Entsprechend des Massenbewegungskatasters IFFI und dem GeoBrowser der Autonomen Provinz Bozen - Südtirol gibt es direkt im Untersuchungsgebiet keine bekannten Massenbewegungen.

Auch der Lokalausweis ergab keine Anzeichen von Massenbewegungen.

2.3 Idrologia e idrogeologia

Direttamente nell'area in oggetto non sono presenti deflussi superficiali.

La consultazione del Geobrowser della Provincia Autonoma di Bolzano ha evidenziato la presenza nell'ampio intorno delle sorgenti di acqua potabile "Wallpach" con relative zone di tutela. Una piccola porzione dell'area in esame si trova nella porzione più esterna (monte) della zona di rispetto III (vedasi carta geologica in fig. 2).

Nel vasto intorno dell'area sono inoltre presenti ulteriori altre sorgenti. Le utenze delle sorgenti sono state estratte dal Geocatalogo del Geoportale Alto Adige. In particolare si indica la presenza di una sorgente non utilizzata nella zona del bacino di raccolta in progetto. Questa comunque non è stata individuata durante il sopralluogo. A monte della strada forestale per il rifugio "Meranerhütte" si segnala comunque la presenza di una fontanella il cui troppopieno scaturisce nell'area in esame.

Dal punto di vista idrogeologico si indica anche la presenza di localizzati piccoli percorsi idrici sotterranei che possono essere presenti nella vasta zona in esame. Questi sono stati individuati anche durante i lavori di scavo per la costruzione della pista da sci. Si tratta di circolazioni idriche che si instaurano prevalentemente al contatto copertura detritica / substrato roccioso alterato e substrato roccioso compatto.

2.4 Frane

In riferimento al catasto frane IFFI e al GeoBrowser della Provincia Autonoma di Bolzano - Alto Adige nell'area in esame non risulta la presenza di frane note.

Anche il sopralluogo non ha evidenziato nessun segno di frane.

3 GEOGNOSTISCHE UNTERSUCHUNGEN

Um Daten zu den Charakteristiken des Untergrundes im Interessensgebiet zu erhalten, wurden neben einer oberflächlichen Geländekartierung auch zahlreiche Feldversuche durchgeführt.

Die Felduntersuchungen sind auf dem nachfolgenden Orthofoto (Fig. 3) lokalisiert und in der Folge dokumentiert.

3 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per ottenere dati sulle caratteristiche del sottosuolo del sito in esame sono state effettuate, oltre al rilevamento di superficie, numerose indagini in sito.

La localizzazione delle indagini in sito è riportata sulla seguente ortofoto (fig. 3) e sono documentate a seguire.

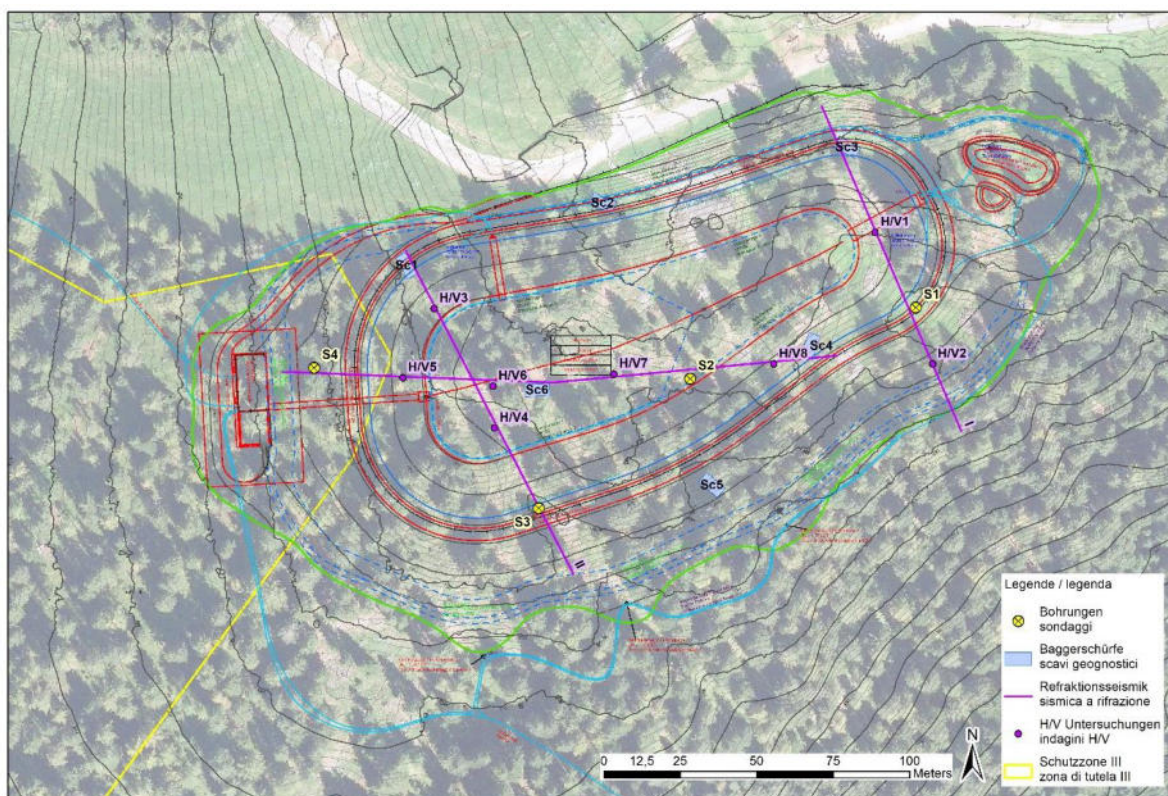


Fig. 3: Orthofoto mit Lokalisierung der Felduntersuchungen
 ortofoto con localizzazione delle indagini geognostiche

3.1 Baggerschürfe

Im Projektgebiet wurden 6 geognostische Schürfe mittels Bagger bis in eine max. Tiefe von 2,8 m unter GOK abgeteuft, die in der Folge dokumentiert sind.

3.1 Scavi geognostici

Nell'area in progetto sono stati eseguiti 6 scavi geognostici spinti sino ad una profondità max. di 2,8 m sotto il p.c. e sono documentati a seguire.

Baggerschurf Sc1 / Scavo geognostico Sc1



Lokalisierung Sc1 / localizzazione scavo Sc1



Aushub Sc1 / scavo Sc1



Aushubmaterial / materiale di scavo

STRATIGRAPHIE

GOK – 0,2 m Humus mit großen Blöcken
 0,2 – 1,6 m Sand, kiesig, schluffig mit Blöcken
 und Steinen
 ab 1,6 m Felsuntergrund (Sandstein)

keine Wasserzutritte

STRATIGRAFIA

p.c. – 0,2 m terreno vegetale con grossi blocchi
 0,2 – 1,6 m sabbie, ghiaiose, limose con blocchi
 e sassi
 da 1,6 m substrato roccioso (arenarie)

nessun afflusso idrico

Baggerschurf Sc2 / Scavo geognostico Sc2



Lokalisierung Sc2 / localizzazione scavo Sc2



Aushub Sc2 / scavo Sc2



Aushub Sc2 / scavo Sc2

STRATIGRAFIE

GOK – 0,2 m Humus
 0,2 – 1,2/1,4 m Aufschüttungsmaterial: v.a.
 Holz, Sand, schluffig, steinig
 ab 1,2-1,4 m Felsuntergrund (Sandstein)

keine Wasserzutritte

STRATIGRAFIA

p.c. – 0,2 m terreno vegetale
 0,2 – 1,2/1,4 m materiale riportato: prev. legna,
 sabbie, limose, sassose
 da 1,2-1,4 m substrato roccioso (arenarie)

nessun afflusso idrico

Baggerschurf Sc3 / Scavo geognostico Sc3



Lokalisierung Sc3 / localizzazione scavo Sc3



Aushub Sc3 / scavo Sc3



Aushub Sc3 / scavo Sc3

STRATIGRAPHIE

GOK – 0,2 m Humus
 0,2 – 1,7/2,0 m Schluff und Sand, kiesig
 ab 1,7-2,0 m Felsuntergrund (Sandstein)

keine Wasserzutritte

Entnahme Bodenprobe C1 aus Schicht 0,2 – 1,7/2,0 m

STRATIGRAFIA

p.c. – 0,2 m terreno vegetale
 0,2 – 1,7/2,0 m limi e sabbie, ghiaiosi
 da 1,7-2,0 m substrato roccioso (arenarie)

nessun afflusso idrico

prelievo campione terreno C1 da strato 0,2 – 1,7/2,0 m

Baggerschurf Sc4 / Scavo geognostico Sc4



Lokalisierung Sc4 / localizzazione scavo Sc4



Aushub Sc4 / scavo Sc4



Aushub Sc4 / scavo Sc4

STRATIGRAPHIE

GOK – 0,2 m	Humus
0,2m – 1,3 m	Schluff und Sand, kiesig
1,3m – 2,5m	alterierter Fels (Sandstein)
ab 2,5 m	kompakterer Fels (Sandstein)

keine Wasserzutritte

Entnahme Bodenprobe C2 aus Schicht 0,2–1,3 m

STRATIGRAFIA

p.c. – 0,2 m	terreno vegetale
0,2 – 1,3 m	limi e sabbie, ghiaiosi
1,3 – 2,5 m	roccia alterata (arenarie)
da 2,5 m	roccia più compatta (arenarie)

nessun afflusso idrico

prelievo campione terreno C2 da strato 0,2–1,3m

Baggerschurf Sc5 / Scavo geognostico Sc5



Lokalisierung Sc5 / localizzazione scavo Sc5



Aushub Sc5 / scavo Sc5

STRATIGRAPHIE

GOK – 0,2 m	Humus
0,2m – 1,4 m	Schluff und Sand
1,4m – 2,8m	alterierter Fels (Sandstein)
ab 2,8 m	kompakterer Fels (Sandstein)

keine Wasserzutritte

STRATIGRAFIA

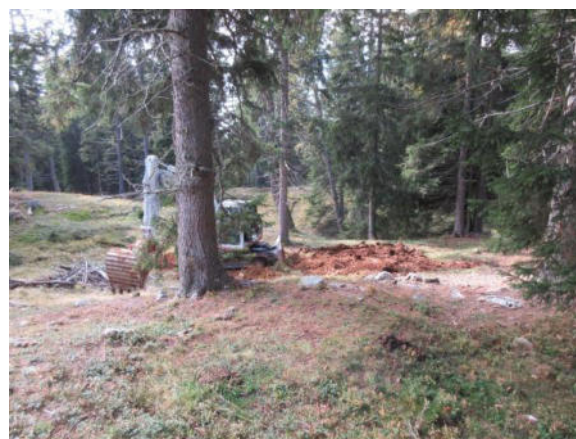
p.c. – 0,2 m	terreno vegetale
0,2 – 1,4 m	limi e sabbie
1,4 – 2,8 m	roccia alterata (arenarie)
da 2,8 m	roccia più compatta (arenarie)

nessun afflusso idrico

Baggerschurf Sc6 / Scavo geognostico Sc6



Lokalisierung Sc6 / localizzazione scavo Sc6



Aushub Sc6 / scavo Sc6

STRATIGRAPHIE

GOK – 0,2 m	Humus mit großen Blöcken
0,2 – 1,2 m	Blöcke und Steine, sandig-schluffig
ab 1,2 m	Felsuntergrund (Sandstein)

keine Wasserzutritte

STRATIGRAFIA

p.c. – 0,2 m	terreno vegetale con grossi blocchi
0,2 – 1,2 m	blocchi e sassi, sabbioso - limoso
da 1,2 m	substrato roccioso (arenarie)

nessun afflusso idrico

3.2 Bohrungen

Die Durchführung der Bohrungen erfolgte mittels Rotationbohrverfahren mit kontinuierlicher Kernung bis in variable Tiefen.

Die Bodenproben, die im Verlauf der Bohrungen entnommen und in geeigneten Bohrkernkisten untergebracht wurden, stehen dem Auftraggeber zur Verfügung.

Das stratigraphische Säulenprofil der Bohrung, sowie deren fotografische Dokumentation und Auswertung sind in der Anlage 1 wiedergegeben.

3.3 Standard Penetration Test (SPT)

Innerhalb der Bohrlöcher wurden sog. Standard Penetration Tests (SPT) durchgeführt. Die Versuchsergebnisse sind in der Tabelle in Kapitel 5 zusammengefasst und im Detail in Anlage 1 wiedergegeben.

3.4 Le Franc und Lugeon Versuch

In S4 wurden folgende Durchlässigkeitsversuche durchgeführt:

- Lugeon Test mittels Einfach-Packer: 6,7 – 7,6 m Tiefe
- Le Franc Versuch mit konstanter Wassersäule: 8,20 – 12,1 m Tiefe

Die Versuchsergebnisse und Auswertung sind in der Anlage 1 wiedergegeben.

3.5 Seismische Untersuchungen

Im Untersuchungsgebiet sind, wie in Anlage 3 wiedergegeben, refraktioseismische Untersuchungen durchgeführt worden, die mit den Ergebnissen der Schürfe und Bohrungen geeicht wurden.

Mithilfe dieser Versuche war es möglich einerseits die seismischen Eigenschaften der Böden im Untersuchungsgebiet zu bestimmen und andererseits das stratigraphische Baugrundmodell im Untersuchungsgebiet zu verfeinern.

3.2 Sondaggi

L'esecuzione dei sondaggi, spinti sino a profondità variabili, è avvenuta usando attrezzature idrauliche a rotazione, con carotiere e a carotaggio continuo.

I campioni prelevati nel corso dei sondaggi sono stati riposti in apposite cassette catalogatrici, e sono a disposizione della Committenza.

La descrizione stratigrafica dei sondaggi e la documentazione fotografica ed elaborazioni sono riportati in Allegato 1.

3.3 Standard Penetration Test (SPT)

Entro i fori dei sondaggi sono state eseguite prove denominate Standard Penetration Test (SPT). I valori ottenuti sono riassunti schematicamente nella tabella al capitolo 5 e riportati nel dettaglio in Allegato 1.

3.4 Prova Le Franc e Lugeon

In S4 sono state effettuate le seguenti prove di permeabilità:

- Lugeon Test con packer semplice: 6,7 – 7,6 m di profondità
- Prova Le Franc Versuch a carico costante: 8,20 – 12,1 m di profondità

I risultati delle prove e le relative elaborazioni sono riportati in Allegato 1.

3.5 Indagini sismiche

Nell'area, come riportato in Allegato 3, sono state eseguite indagini sismiche a rifrazione, che sono state tarate con i risultati ottenuti dagli scavi geognostici e dai sondaggi.

Mediante queste indagini è stato possibile valutare le caratteristiche sismiche dei terreni dell'area in esame e migliorare la definizione della schematizzazione stratigrafica del sottosuolo dell'area in esame.

Weiters wurden Untersuchungen des Typs MASW, ReMi und HVSR durchgeführt, wodurch die Klassifizierung des Bodens, wie im Bezug der erdbebensicheren Gesetzgebung (NTC 2018), erlaubt wurde. Die Ergebnisse werden im Kapitel 10 verwendet und angezeigt.

Mithilfe der HVSR Untersuchung war es außerdem möglich, die Hauptschwingfrequenzen des Bodens zu bestimmen. Durch die Hauptschwingfrequenzen können die Steifigkeitsunterschiede in der Tiefe interpretiert werden.

3.6 Laborversuche

Es wurden mehrere Bodenproben entnommen, an denen folgende Laborversuche durchgeführt wurden.

Lockermaterial: Die Entnahme der Proben erfolgte in den Baggerschürfen Sc3 und Sc4 und es wurden folgende Proben durchgeführt

- Korngrößenanalysen
- Atterberg'sche Konsistenzgrenzen

Felsmaterial: Die Entnahme der Proben erfolgt aus der Bohrung S2. Es wurden folgende Proben durchgeführt:

- Point Load Test
- Los Angeles Versuch

Die Dokumentation und Auswertung der Laborversuche erfolgt im Kap. 5.

4 BAUGRUNDMODELLIERUNG

4.1 Geologisch – stratigraphische Darstellung und Modellierung

Die folgende Baugrundmodellierung basiert auf der Oberflächenkartierung, der durchgeführten Baggerschürfe und Bohrungen sowie der Auswertung der seismischen Untersuchungen.

Si sono inoltre eseguite anche indagini tipo MASW, ReMi e HVSR che hanno consentito di classificare il suolo in riferimento alle normative antisismiche (NTC 2018) i cui risultati sono utilizzati ed esposti al Capitolo 10.

Tramite l'indagine HVSR è stato inoltre possibile definire le frequenze principali di vibrazione del terreno. Con le frequenze principali di vibrazione si può interpretare la profondità relativa a contrasti di rigidità.

3.6 Prove di laboratorio

Sono stati prelevati campioni di terreno sui quali sono state effettuate prove di laboratorio.

Materiale detritico: Il prelievo è stato eseguito entro gli scavi Sc3 e Sc4 e sono state effettuate le seguenti prove di laboratorio:

- Analisi granulometriche
- Limiti di consistenza

Materiale roccioso: Il prelievo è stato eseguito entro il sondaggio S2. Sono state effettuate le seguenti prove di laboratorio:

- Point Load Test
- Prova Los Angeles

La documentazione e le elaborazioni delle prove di laboratorio sono riportate in cap. 5.

4 MODELLAZIONE DEL SOTTOSUOLO

4.1 Schematizzazione e modellazione geologico – stratigrafica

La seguente modellazione del sottosuolo è stata effettuata sulla base dei rilevamenti di superficie, della documentazione degli scavi geognostici e dei sondaggi eseguiti e dalla interpretazione delle indagini simiche.

Oberboden:

- Mächtigkeiten: wenigen dm
- als Gründungsuntergrund nicht geeignet

Glaziale Ablagerungen (Schicht A):

- Vorkommen unterhalb Humusschicht
- Mächtigkeiten: generell variabel zwischen 1-2,5 m. In S1 erreichen sie auch größere Mächtigkeiten bis zu 5,2 m.
- Zusammensetzung: kiesiger bis stark kiesiger Sand mit Schluff, z.T. Blöcke und Findlinge
- Verdichtungsgrad: mäßig
- bei Wassersättigung legen diese Ablagerungen ein plastisches Verhalten zu Tage, wie auch die Erfahrungen im Zuge des Baus der Skipiste Wallpach zeigten. Die feinkörnige Matrix (Schluff und Tonkomponente) ist durch ein mittelpastisches bis leicht plastisches Verhalten gekennzeichnet (Ergebnisse der Atterberg'schen Konsistenzgrenzen).

Felsuntergrund (Schicht B und C):

- Vorkommen: unterhalb der glazialen Ablagerungen
- Formation: Gröden Formation.
- Wechselabfolge von Sand- und Siltsteinen sowie lokalen Feinkonglomeraten. Teilweise kommen auch stark organhaltige Lagen mit Pflanzenresten sowie Schlammschichten vor
- Schichtdicken: variabel von wenigen cm bis mehrere Meter
- Lagerung: generell sölige bis flache Neigung der Schichtflächen

Oberflächliche Verwitterungskruste und/oder stark geklüfteter Fels (Schicht B)

- Vorkommen: bis in variable Tiefen zwischen 5 bis 8 m unter GOK:
- Felsfestigkeitsklasse (ISRM'78): R2/R3
- Wahrscheinlich reißbarer Fels vorwiegend mittels Bagger

kompaktere Fels (Schicht C)

- Vorkommen: ab ca. 5-8 m Tiefe
- Felsfestigkeitsklasse (ISRM'78): R2/R3
- Felsabtrag mit hydraulischem Hammer und/oder Sprengmittel;

Terreno superficiale

- Spessore: pochi dm
- Non adatto come terreno di sottofondazione

Depositi glaciali (strato A):

- presenti al di sotto dello strato di terreno superficiale;
- spessori: generalmente variabili tra 1-2,5m. In S1 gli spessori raggiungono la profondità di 5,2m;
- composizione: sabbie con limi, da ghiaiosi a fortemente ghiaiosi, in parte presenza di blocchi e trovanti;
- in caso di saturazione questi depositi risultano caratterizzati da un comportamento plastico come si è dimostrato anche durante la costruzione della pista da sci Wallpach. La matrice fine (limi e frazione argillosa) è caratterizzata da una plasticità da media a bassa (come da determinazione dei limiti di consistenza – limiti di Atterberg) .

Substrato roccioso (strati B e C)

- presenza: al di sotto dello strato glaciale;
- formazione: Formazione della Val Gardena;
- alternanze di arenarie e siltiti e locali livelli di conglomerati fini. In parte anche presenza di strati di resti vegetali e strati di fango;
- spessori degli strati: variabili da pochi cm sino ad alcuni metri;
- stratificazione: generalmente da subpianeggiante e poco inclinata.

fascia di alterazione superficiale e/o roccia fortemente fratturata (strato B):

- presenza: sino a profondità variabili di circa 5 – 8 metri sotto il p.c.;
- classe della roccia secondo l'indice di resistenza (ISRM'78): R2/R3;
- roccia presumibilmente scavabile in prevalenza mediante escavatore.

Roccia più compatta (strato C):

- presenza: a partire da profondità di ca. 5 – 8 metri sotto il p.c.;
- classe della roccia secondo l'indice di resistenza (ISRM'78): R3/R4;
- sbancamento roccia mediante martellone idraulico e/o uso di esplosivi.

Nachfolgend wird das schematische geologische Modell des untersuchten Untergrundes zusammengefasst:

A seguire si riassume la schematizzazione e modellazione geologica del sottosuolo investigato:

Schichten Strati	Bohrungen Sondaggi				Refraktionsseismik Sismica a rifrazione
	Angabe der Tiefe – jeweils ab GOF Dati di profondità – ciascuna dal p.c.				
	S1	S2	S3	S4	
A	0,2 – 5,2 m	0,2 - 0,7 m	0 - 2,4 m	0 - 1,0 m	Vp < 600 m/s
Glaziale Ablagerungen					Böden geringer – mittlerer Verdichtung
Depositi glaciali					Terreni di scarso a medio addensamento
B	5,2 – 8,2 m	0,7 - 4,8 m	2,4 - 6,3 m	1,0 - 6,5 m	600 < Vp < 1.500 m/s
Alterierter und geklüfteter Felsuntergrund: Klasse R2/R3					alterierter und/oder geklüfteter Felsuntergrund
Substrato roccioso alterato e fratturato Classe R2/R3					Substrato roccioso alterato e/o fratturato
C	8,2 – 12,5 m	4,8 – 12,2 m	6,3 – 7,7 m	6,5 - 12,1 m	Vp > 1.500 m/s
Kompakter Felsuntergrund Klasse R3/R4					kompakter Felsuntergrund
Substrato roccioso compatto classe R3/R4					Substrato roccioso compatto

4.2 Hydrogeologische Gegebenheiten

Innerhalb der Baggerschürfe gab es keine Wasserwegigkeiten.

Alle Bohrungen wurden zu Grundwassermessstellen ausgearbeitet und es wurden folgende Wasserstände gemessen:

4.2 Situazione idrogeologica

Nell'area in esame la falda non è stata intercettata entro gli scavi geognostici.

Tutti i sondaggi sono stati allestiti con piezometro e sono state eseguite le seguenti misure di falda:

	Bohrungen (m unter GOK) Sondaggi (m sotto p.c.)			
Datum / data	S1	S2	S3	S4
23/10/2019		-5,20		
24/10/2019	-1,90*	-5,30		
25/10/2019	-8,90	-5,60	-4,10**	
28/10/2019	-8,95	-5,95	-4,30	-7,80***
04/11/2019	-7,56	-3,80	-3,70	-9,86

*Bohrfortschritt / sondaggio in avanzamento: erreichte Tiefe / profondità raggiunta: 4,3 m

**Bohrfortschritt / sondaggio in avanzamento: erreichte Tiefe / profondità raggiunta: 4,6 m

***Bohrfortschritt / sondaggio in avanzamento: erreichte Tiefe / profondità raggiunta: 9,2 m

Die anfänglichen sehr hohen Wasserstände, die im Zuge der Bohrtätigkeit gemessen wurden, sind durch das Bohrwasser beeinflusst, welches erst allmählich versickert.

Der Anstieg des Wasserstands der letzten Messung vom 04/11 ergab sich aufgrund der starken Niederschläge über Allerheiligen. Somit ergibt sich ein Wasserstand im Untersuchungsgebiet, der wahrscheinlich stark von den Niederschlägen abhängt.

Die Messungen ergaben die Präsenz eines Hangwasserspiegels für das Untersuchungsgebiet. Es handelt sich dabei wahrscheinlich um Kluftwasser, welches wahrscheinlich an den Kontakt aufgelockerter Felsuntergrund – kompakter Fels gebunden ist.

Der durchgeführte Lugeon Versuch in S4 ergab eine Durchlässigkeit für die geklüfteten Sand- und Siltsteine in Tiefe von 6,7 – 7,6 m von $5,65 \times 10^{-5}$ m/sec, der Le-Franc Versuch in Tiefe von 8,2 – 12,1 m ergab einer Permeabilität von $6,04 \times 10^{-4}$ m/sec. Mit der Tiefe dürfte diese aufgrund einer höheren Gesteinskompaktheit deutlich abnehmen.

Die Permeabilität kann als „niedrig“ eingestuft werden (Celico, 1986, Tab.2.6, $10^{-4} > K(m/s) > 10^{-9}$).

Die geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten müssen auf alle Fälle in der Bauphase vor Ort durch einen weiteren Lokalaugenschein kontrolliert und gegebenenfalls neu verifiziert werden, um eine korrekte Planung und Ausführung zu ermöglichen.

I livelli di falda inizialmente molto elevati, misurati durante l'avanzamento delle perforazioni, sono influenzati dalle acque di perforazione che si infiltrano lentamente.

L'innalzamento della falda nell'ultima misura effettuata il 04/11 è imputabile alle forti precipitazioni avvenute durante il fine settimana degli Ognissanti. Per l'area in esame risulta quindi una falda che probabilmente è funzione diretta delle precipitazioni.

Le misure effettuate hanno evidenziato la presenza di una falda per l'area in esame. Si tratta probabilmente di acque di fratturazione che si instaurano lungo il contatto substrato roccioso detensionato – substrato roccioso compatto.

Dalla prova Lugeon eseguita in S4 a profondità tra 6,7 – 7,6 m per le arenarie e le siltiti fratturate è risultata una permeabilità pari a $5,65 \times 10^{-5}$ m/sec e la prova Le Franc, eseguita a profondità tra 8,2 – 12,1 m ha dato un valore di permeabilità di $6,04 \times 10^{-4}$ m/sec. In approfondimento si presume una forte diminuzione di questa per l'aumento della compattezza della roccia.

Il grado di permeabilità di queste è classificabile come "basso" (Celico, 1986, Tab.2.6, $10^{-4} > K(m/s) > 10^{-9}$).

La situazione geologica e idrogeologica è comunque in ogni caso da controllare in sito durante la fase esecutiva mediante un ulteriore sopralluogo e dovrà essere eventualmente riverificata per rendere possibile una progettazione e una esecuzione corretta e regolare.

GEOTECHNISCHES GUTACHTEN ZU DEN FELDUNTERSUCHUNGEN

Das vorliegende **geotechnische Gutachten zu den Untersuchungen** wurde entsprechend den NTC 2018, Rundschreiben 2019 ausgearbeitet und beinhaltet:

- Beschreibung des Untersuchungsprogramms, welches für das vorliegende Gutachten ausgearbeitet worden ist;
- Charakterisierung und Modellierung der Böden im Untergrund mit Angaben zu den geologisch- stratigraphischen Eigenschaften und Definition der geotechnischen Parameter;
- Beschreibung des Untersuchungsgebietes, der Bauwerke und der Eingriffe
- Bewertung der geologischen und geotechnischen Problematiken mit Vorschlag der Bauwerkstypologie;
- Ergebnisse der vorläufigen Nachweise;
- Bewertung des örtlichen seismischen Antwortspektrums mithilfe des vereinfachten Verfahrens (siehe seismischen Fachbericht in der Folge und in der Anlage 3);

Unter Berücksichtigung der geltenden Gesetzgebung muss der „Tragwerksplaner“ (‘Progettista delle Strutture’) die realen Gründungsstrukturen (o.Ä., welche mit dem Untergrund in Kontakt kommen) prüfen, die im Projekt zur Anwendung kommen (auch unter Berücksichtigung der seismischen Einwirkungen, die auch Funktion des geplanten Strukturtyps sind, welcher dem Unterzeichnenden nicht bekannt ist). Außerdem obliegt ihm die Prüfung des signifikanten Bodenvolumens in Funktion der geplanten Gründungen (Anteile des Untergrunds, welche direkt oder indirekt vom Bauvorhaben beeinflusst sind), der Vergleich der Ergebnisse mit den vorgesehenen Beanspruchungen durch das Bauwerks, die Definition der eventuellen Vorschriften bzgl. der Bauweise und die Ermittlung eines eventuellen Kontroll- und/oder Überwachungsplanes in der Ausführungs- und/oder Betriebsphase.

Das Untersuchungsprogramm dieser Projektphase, das in Übereinstimmung mit dem

RELAZIONE GEOTECNICA RELATIVA ALLE INDAGINI

La presente **Relazione geotecnica relativa alle indagini** è stata elaborata secondo le NTC 2018, relativa Circolare 2019, e contiene le seguenti parti:

- Descrizione del programma delle indagini di base effettuate per la presente relazione;
- Caratterizzazione e modellazione dei terreni presenti nel sottosuolo con indicazione delle caratteristiche geologico-stratigrafiche e dei parametri geotecnici;
- Descrizione del sito, delle opere e degli interventi
- Valutazione delle problematiche geologiche e geotecniche con proposta di tipologie di opere;
- Risultati di verifiche preliminari
- Valutazione della risposta sismica locale tramite l’approccio semplificato (vedasi relazione specialistica sismica a seguire e in Allegato 3);

In riferimento alla normativa in vigore il ‘Progettista delle Strutture’ dovrà poi verificare le reali strutture di fondazione (o altre a contatto con il terreno) che verranno previste nel progetto (considerando l’azione sismica in quanto questa è anche funzione della tipologia di struttura in progetto, non nota allo scrivente). In base alle fondazioni di progetto dovrà valutare se risulta caratterizzato il volume significativo di terreno coinvolto (parte di sottosuolo influenzata direttamente o indirettamente dalla costruzione), confrontare i risultati con le prestazioni previste per le opere, definire eventuali prescrizioni sulle modalità costruttive, definire un eventuale piano di controllo e/o monitoraggio in corso d’opera e/o in esercizio.

Il piano delle indagini per questa fase progettuale, definito in accordo con il

Projektanten und dem Auftraggeber definiert ist, basiert auf einer Oberflächenkartierung sowie verschiedenen Feld- und Laborversuchen. In den folgenden Projektierungs- oder in der Ausführungsphase müssen die Eigenschaften innerhalb des signifikanten Volumens bzw. des Bodenanteils, welcher vom Bauwerk beeinflusst wird, kontrolliert und überprüft werden.

Progettista e con la Committenza, è basato sul rilievo di superficie e su diverse prove in sito e di laboratorio. Nelle successive fasi progettuali o in esecuzione dovranno quindi essere controllate e verificate le caratteristiche entro il volume di terreno significativo, ovvero nella porzione di sottosuolo influenzata dalle opere.

5 AUSWERTUNG DER DATEN AUS GEOTECHNISCHEN VERSUCHEN

5 ELABORAZIONE DEI DATI DA PROVE GEOTECNICHE

5.1 Feldversuche

5.1 Prove in situ

5.1.1 SPT-Versuche

5.1.1 Prove SPT

Die SPT- Versuche im Bohrloch ermöglichen eine Beurteilung der geotechnischen Parameter des Untergrundes anhand von empirischen Korrelationen, die von verschiedenen Autoren mit den N_{SPT} -Werten erstellt worden sind.

Le prove SPT, eseguite nel foro di sondaggio, permettono di ottenere una valutazione di massima dei parametri geotecnici del sottosuolo attraverso correlazioni empiriche, proposte da vari Autori, con il N_{SPT} .

a) Bezüglich der Charakteristiken der Dichte des Untergrundes

Die relative Dichte der Schichten ($D_R\%$) wird auf Basis der Gibbs – Holz (1986) Theorie ermittelt.

a) Relativamente alle caratteristiche di addensamento dei terreni

La densità relativa dei terreni ($D_R\%$) viene valutata sulla base delle correlazioni proposte da Gibbs – Holz (1986).

b) In Bezug auf die Parameter der Scherfestigkeit

Für nicht kohäsive Böden wird der innere Reibungswinkel (ϕ') als der aussagekräftigste Wert mittels der gängigsten Methoden berechnet, welche in den Tabellen in der Anlage wiedergegeben sind.

b) Relativamente ai parametri di resistenza al taglio

Per i terreni non coesivi l'angolo di attrito interno (ϕ') è calcolato come il valore più significativo tra quelli ottenibili con i più comuni metodi in uso, riportati nel tabulato in Allegato.

c) In Bezug auf die Parameter der Zusammendrückbarkeit

Der Elastizitätsmodul des untersuchten Untergrundes wird auf Basis der Bowles (1988) Theorie ermittelt.

c) Relativamente ai parametri di compressibilità

Il modulo elastico dei terreni in esame è stato valutato utilizzando le correlazioni proposte da Bowles (1988).

d) Konsistenzgrad für kohäsive Böden

Es wurde auf die Konsistenzklassen nach Bowles (1988) Bezug genommen.

d) Grado di consistenza per terreni coesivi

Per questo si è fatto riferimento alle classi di consistenza proposte da Bowles (1988).

Die Werte hierzu sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben.

I valori ottenuti sono riassunti nella tabella a seguire e riportati nel dettaglio nelle tabelle in Allegato 3.

Sondaggio Bohrung	Profondità Tiefe	N _{SPT}	Bodenart Tipologia terreno
(N.)	m (dal p.c. / unter GOF)		
S1	1,5	34-Rif.	S/D
S1	3,0	37-Rif.	S/D
S1	4,5	Rif.	S/D
S1	6,0	39-Rif.	FA/Ra
S3	1,5	Rif.	S/D

S/D	Schutt	detrito
FA/Ra	Fels alteriert	roccia alterata
FK/Rc	Fels kompakt	Roccia compatta

Es wird aufgezeigt, dass die SPT-Versuche zur geotechnischen Charakterisierung von rolligen Böden (Sand und Kies) zur Abschätzung des Reibungswinkels und des Elastizitätsmoduls gut geeignet sind und zuverlässige Daten liefern.

Die Versuche führten ausnahmslos zum Versagen. Diese Werte sind auf die Präsenz von Blöcken bzw. des Felsuntergrunds im Untergrund zurückzuführen. Die einzelnen Werte werden demnach bei der folgenden Parametrierung nicht berücksichtigt.

5.2 Laborversuche

Es wurden mehrere Bodenproben (Locker- und Felsmaterial) entnommen, an denen folgende Laborversuche durchgeführt wurden.

Lockermaterial: Die Entnahme der Proben erfolgte in den Baggerschürfen Sc3 und Sc4 und es wurden folgende Proben durchgeführt

- Korngrößenanalysen
- Atterberg'sche Konsistenzgrenzen (Versuchsdurchführung am Siebdurchgang von Sieb 0,4 mm)

Felsmaterial: Die Entnahme der Proben erfolgt aus der Bohrung S2. Es wurden folgende Proben durchgeführt:

- Point Load Test
- Los Angeles Versuch (der Versuch wurde an den Bohrkernfragmenten nach Durchführung der Point Load Tests durchgeführt)

Si evidenzia che le prove SPT risultano appropriate per una caratterizzazione geotecnica dei terreni granulari (sabbie e ghiaie) ovvero per la stima dell'angolo di attrito e del modulo elastico, fornendo per queste stime attendibili.

Le prove sono andate tutte a rifiuto. Questi valori sono dovuti alla presenza di grossi blocchi e/o del substrato roccioso a debole profondità nel sottosuolo. Si è tenuto conto di ciò non considerando i singoli valori per la seguente parametrizzazione geotecnica.

5.2 Analisi di laboratorio

Sono stati prelevati campioni di terreno (depositi detritici e materiale roccioso) sui quali sono state effettuate prove di laboratorio.

Materiale detritico: Il prelievo è stato eseguito entro gli scavi Sc3 e Sc4 e sono state effettuate le seguenti prove di laboratorio:

- Analisi granulometriche
- Limiti di consistenza (prova eseguita sulla frazione passante al setaccio 0,4mm)

Materiale roccioso: Il prelievo è stato eseguito entro il sondaggio S2. Sono state effettuate le seguenti prove di laboratorio:

- Point Load Test
- Prova Los Angeles (la prova è stata eseguita sugli spezzoni di carota ottenuti a seguito della prova Point Load Test)

Die vollständigen Prüfberichte des Labors sind in Anlage 2 wiedergegeben.

I tabulati completi delle indagini di laboratorio sono riportati in Allegato 2.

Die geotechnischen Hauptparameter, die durch diese ermittelt worden sind, sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben:

I principali parametri geotecnici ottenuti dalle prove di laboratorio sono riportati nella tabella seguente:

KORNGRÖßENANALYSEN **ANALISI GRANULOMETRICHE**

Bodenprobe Campione	X (%)	G (%)	S (%)	U (%)	T (%)	AGI (Descrizione / Descrizione)	H.R.B. (AASHO)	U.S.C.S	D.I.N. 18196
C1 (Sc3: 0,2 - 1,7m)	0	18,2	44,4	33,7	3,7	Sand mit Schluff, kiesig, schwach tonig Sabbie con limi, ghiaiosi, debolmente argillosi	A-4	SM	SŪ*
C2 (Sc4: 0,2 - 1,3m)	0	26,7	45,5	25,7	2,2	Sand mit Kies und Schluff, schwach tonig Sabbie con ghiaie e limi, debolm. argillose	A-2	SM	SŪ*

ATTERBERG'SCHE GRENZWERTE (Versuchsdurchführung am Siebdurchgang 0,4 mm) **LIMITI DI ATTERBERG** (sulla frazione passante al setaccio 0,4mm)

Bodenprobe Campione	W	WL	WP	Ip	Klassifikation CNR-Uni Classificazione CNR-Uni
C1 (Sc3: 0,2- 1,7m)	34 %	35	42,2	10,8	TM: mittelplastischer Ton CM: argilla di media plasticità
C2 (Sc4: 0,2 - 1,3m)	23%	29,8	22,3	7,6	TL: leicht plastischer Ton CL: argilla di bassa plasticità

PUNKTLASTFESTIGKEITSINDEX **PROVA DI RESISTENZA POINT LOAD TEST**

Probe campione	Entnahmetiefe Prof. Prelievo (m unter GOK / m sotto pc)	Orientierung Probe im Verhältnis zur Schichtung Orientamento prova rispetto alla stratificazione		Bruchlast Carico di rottura P (kN)	Festigkeits- index Indice di resistenza Is (kN)	Einaxiale Druckfestigkeit Compressione monoassiale σ_c (MPa)
		//	⊥			
S2-1	1,8 - 2,0		x	1,65	0,43	10,22
S2-1	1,8 - 2,0	x		0,76	0,16	3,76
S2-1	1,8 - 2,0		x	1,94	0,36	8,58
S2-1	1,8 - 2,0	x		1,84	0,38	9,12
S2-2	2,6 - 2,8	x		5,12	1,06	25,36
S2-2	2,6 - 2,8	x		1,84	0,38	9,02
S2-2	2,6 - 2,8		x	5,12	1,08	25,89
S2-2	2,6 - 2,8		x	13,59	2,89	69,45
S2-3	3,7 - 3,9	x		8,44	1,72	41,39
S2-3	3,7 - 3,9	x		3,06	0,64	15,31
S2-3	3,7 - 3,9		x	5,22	1,46	35,03
S2-3	3,7 - 3,9		x	7,54	2,56	61,36
S2-4	7,5 - 8,0	x		4,72	0,97	23,38
S2-4	7,5 - 8,0	x		4,92	1,04	24,88
S2-4	7,5 - 8,0	x		5,71	1,18	28,29
S2-4	7,5 - 8,0	x		6,82	1,44	34,49
S2-4	7,5 - 8,0		x	6,91	1,63	39,13
S2-4	7,5 - 8,0		x	5,63	1,36	32,58

LOS ANGELES - VERSUCH

PROVA LOS ANGELES

Bodenprobe campione	Tiefe (m) profondità (m)	coefficiente Los Angeles Los Angeles Koeffizient [L.A.] %
S2-1	1,8-2,0 m	67
S2-2	2,6-2,8 m	
S2-3	3,7-3,9 m	
S2-4	7,5-8,0 m	

Der **Los Angeles Versuch** misst die Widerstandsfestigkeit gegen Zertrümmerung.

Die Bodenprobe und die Zertrümmerungsladung (Stahlkugeln) befinden sich innerhalb einer Stahltrommel, die mit einer bestimmten Geschwindigkeit eine bestimmte Anzahl an Umdrehung absolviert.

Nach Abschluss des Versuchs wird die Probe nach Auswaschung und Trocknung mittels ASTM Sieb Nr.12 gesiebt und gewogen. Der L.A. Wert ist der prozentuelle Verlust zwischen Einwaage und Rückstand.

Für Böden die als Untergrund oder Ähnliches genutzt werden sollen, sind i.d.R. L.A. Werte von < 30% notwendig.

Dieser Wert ist derzeit nicht erfüllt!

Es wird allerdings darauf hingewiesen, dass das Material nicht für einen klassische Straßen/Autobahnuntergrund mit hohem Verkehrsaufkommen verwendet wird. Im Untersuchungsgebiet ist kein Verkehr vorgesehen und wenn, dann nur gelegentlich. Eine genaue Bewertung obliegt allerdings dem Projektanten.

6 VORLÄUFIGE GEOTECHNISCHE PARAMETRIERUNG

In der Folge wird die geologische und geotechnische Darstellung des untersuchten Untergrunds angegeben. Für jede einzelne Schicht werden in der Tabelle die charakteristischen Werte der Parameter wiedergegeben. In Übereinstimmung mit der geltenden Gesetzgebung (M.D. 17.01.18; Circ. Nr.7 21.01.19; EC7 2.4.5.2) gilt, dass diese:

La **prova Los Angeles** misura la resistenza all'abrasione e alla frammentazione degli aggregati.

Il campione di terreno e la carica abrasiva (sfere di acciaio) sono posti in un tamburo che viene fatto ruotare a una determinata velocità per un determinato numero complessivo di giri.

Al termine della prova viene pesato il trattenuto al setaccio 12 ASTM dopo lavatura ed essiccamento. Il valore L.A. è la perdita in percentuale tra il peso iniziale e il peso dopo la prova.

In genere per usi come sottofondi o simili sono richiesti valori L.A. < 30%.

Questo valore non risulta allo stato attuale soddisfatto!

Si evidenzia che l'utilizzo del materiale non è però per sottofondi classici come quelli stradali/autostradali su cui il transito è elevatissimo. Sul rilevato in esame non sono previsti transiti se non occasionali. La valutazione ultima sarà comunque a cura della Progettazione.

6 PARAMETRAZIONE GEOTECHNICA PRELIMINARE

Si espone la schematizzazione geologica e geotecnica del sottosuolo in esame; per ogni strato individuato si riportano in tabella i valori caratteristici dei parametri. In ottemperanza alla normativa in vigore (DM 17.01.18; Circ. N.7 21.01.19; EC7 2.4.5.2) questi devono corrispondere a:

- nahe am Mittelwert liegen müssen, falls für den angenommenen Grenzzustand ein großes Bodenvolumen mit möglicher Kompensation der Heterogenitäten beeinflusst wird, oder wenn die mit dem Boden in Kontakt stehende Struktur, durch eine ausreichende Steifigkeit gekennzeichnet ist, wodurch die Beanspruchungen von den Zonen geringerer Resistenz in die Zonen höherer Resistenz abgeleitet werden können;
- nahe am Mindestwert liegen müssen, falls ein geringes Bodenvolumen beeinflusst wird, mit Konzentration der Deformationen bis zur Ausbildung einer Gleitfläche innerhalb des weniger resistenten Bodenanteils des signifikanten Bodenvolumens oder falls die mit dem Boden in Kontakt stehende Struktur, aufgrund fehlender Steifigkeit nicht fähig ist, die Kräfte der weniger resistente Zonen in die Zonen höherer Resistenz abzuleiten.
- 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;
- oppure prossimi ai valori minimi 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.

In Bezug auf die im folgenden Kapitel durchgeführten Nachweise wurden **charakteristische Parameter nahe am Mittelwert** bestimmt. Diese müssen vom Statiker kontrolliert und überprüft werden und an die effektiven Strukturen, die zum Einsatz kommen, und deren Steifigkeit angepasst werden.

Die Zuweisung der Bodenparameter der grobkörnigen Böden basiert auf den Ergebnissen der durchgeführten Feld- und Laborversuche, Untersuchungen, die in vergleichbaren Böden durchgeführt worden sind, sowie auf Literaturdaten. Die Bodenparameter aller Bodenarten müssen auf alle Fälle in der Ausführungsphase nochmals kontrolliert und bestätigt werden.

Oberboden: Humusschicht. Dieser ist als Gründungsuntergrund nicht geeignet und muss abgetragen werden.

Schicht A: glaziale Ablagerungen aus Sand mit Schluff, +/- kiesig, Präsenz von Steinen und Findlingen, mäßige Verdichtung. Diesen Ablagerungen können vorläufig folgende mittlere geotechnische Parameter zugeordnet werden:

In riferimento alle verifiche eseguite nel capitolo a seguire si sono definiti **parametri caratteristici prossimi ai valori medi**, ciò dovrà anche essere verificato e controllato a cura della Progettazione Statica, ovvero in base alle effettive strutture che verranno adottate ed alla relativa rigidità.

Per i depositi con terreni grossolani l'attribuzione dei parametri si basa su prove eseguite in sito e di laboratorio, su indagini effettuate in terreni simili e da bibliografia. In ogni caso per tutte le tipologie di terreni la parametrizzazione assegnata dovrà essere controllata e confermata in fase esecutiva.

Terreno superficiale: strato vegetale. Questo non è adatto come terreno fondazionale e dovrà essere sbancato.

Strato A: depositi glaciali costituiti da sabbie con limi, +/- ghiaiosi, presenza di sassi e trovanti, addensamento medio. A questi depositi è possibile assegnare i seguenti parametri geotecnici preliminari:

Densità naturale del terreno (γ_n) Natürliche Dichte des Untergrundes (γ_n)	1,90 t/m ³	19,0 kN/m ³
Angolo di attrito (ϕ') / Reibungswinkel (ϕ')	31 - 33°	31-33°
Coesione (c') / Kohäsion (c')	0,0 kg/cm ²	0 kPa
Modulo elastico (E) / Elastizitätsmodul (E)	200-300 kg/cm ²	20-30 MPa

Schicht B: alterierter und geklüfteter Felsuntergrund (Sand- und Siltsteine). Diesem können vorläufig folgende mittleren geotechnischen Parameter zugeordnet werden:

Strato B: Substrato roccioso alterato e detensionato (arenarie e siltiti). A questo è possibile assegnare i seguenti parametri geotecnici preliminari:

Densità naturale del terreno (γ_n) Natürliche Dichte des Untergrundes (γ_n)	2,40 t/m ³	24,0 kN/m ³
Angolo di attrito (ϕ') / Reibungswinkel (ϕ')	33 - 35°	33 - 35°
Coesione (c') / Kohäsion (c')	0,1-0,2 kg/cm ²	10-20 kPa
Einaxiale Druckfestigkeit (σ_c) Compressione monoassiale (σ_c)	10 - 30 MPa	10 - 30 MPa

Schicht C: kompakterer Felsuntergrund (Sand- und Siltsteine). Diesem können vorläufig folgende mittleren geotechnischen Parameter zugeordnet werden:

Strato C: substrato roccioso compatto (arenarie e siltiti). A questo è possibile assegnare i seguenti parametri geotecnici preliminari:

Densità naturale del terreno (γ_n) Natürliche Dichte des Untergrundes (γ_n)	2,50 t/m ³	25,0 kN/m ³
Angolo di attrito (ϕ') / Reibungswinkel (ϕ')	35-40°	35-40°
Coesione (c') / Kohäsion (c')	0,3 - 1,0 kg/cm ²	30-100 kPa
Einaxiale Druckfestigkeit (σ_c) Compressione monoassiale (σ_c)	50 - 100 MPa	50 - 100 MPa

Mit zunehmender Tiefe ist anzunehmen, dass die Eigenschaften bzgl. Kompaktheit des Felsuntergrundes besser werden.

Con l'aumento della profondità è da prevedere un ulteriore miglioramento delle caratteristiche di compattezza del substrato roccioso.

7 GEOLOGISCH - GEOTECHNISCHE ANMERKUNGEN ZUM BAUVORHABEN

Im Untersuchungsgebiet ist der Bau eines neuen Speicherbeckens mit entsprechenden Leitungen sowie Pump- und Schieberstation geplant.

7.1 Speicherbecken

Aus den Projektunterlagen resultieren Grabungsarbeiten von 10 m - max. 15 m zum Erreichen der geplanten Sohle des Speicherbeckens, während im Bereich der Dammkrone bis zu 10 m hohe Schüttungen geplant sind. Die luftseitigen Böschungen erreichen Höhen bis zu 15 m.

7 INDICAZIONI GEOLOGICHE – GEOTECNICHE RELATIVE A QUANTO IN PROGETTO

Nell'area in esame è in progetto la costruzione di un bacino artificiale con relative infrastrutture tecniche e stazione di pompaggio e di manovra.

7.1 Bacino

Da progetto questi lavori risultano sino ad una profondità di 10 m sino a max. 15 m per il "piano di posa" del bacino. Nella zona della corona della diga in oggetto sono previsti riporti sino a 10 m di altezza. Le scarpate esterne raggiungono altezze sino a 15 m.

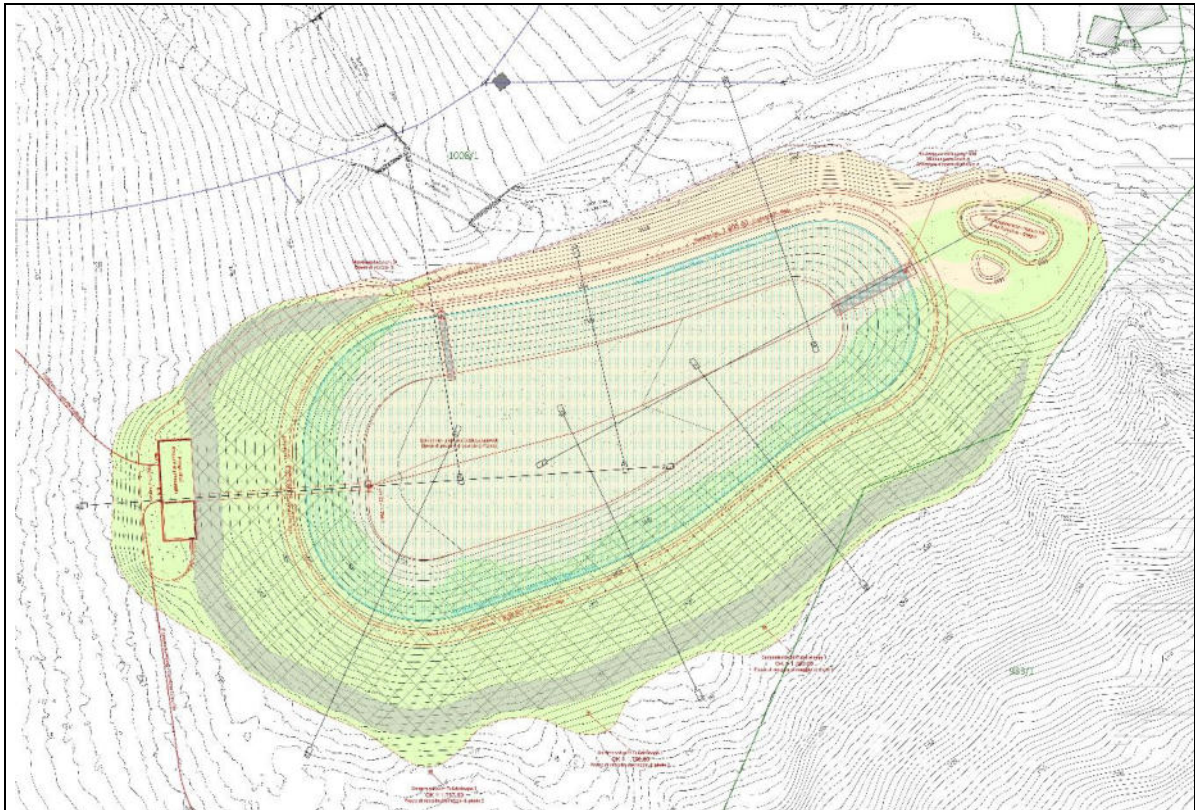


Fig. 4: Auszug aus dem Projekt - Lageplan / Stralcio da progetto - planimetria

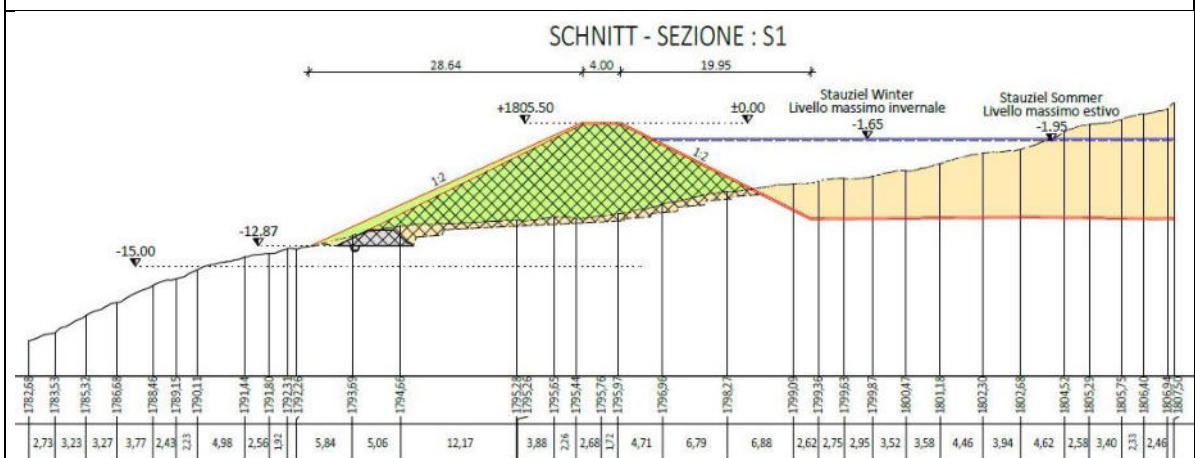


Fig. 5: Auszug aus dem Projekt: Schnitt S1 / Stralcio da progetto: sezione S1

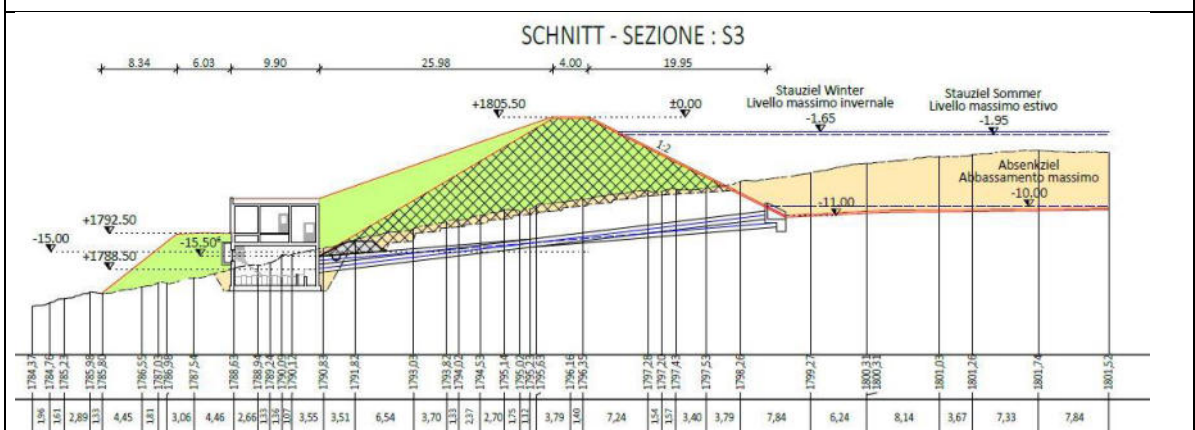


Fig. 6: Auszug aus dem Projekt: Schnitt S3 / Stralcio da progetto: sezione S3

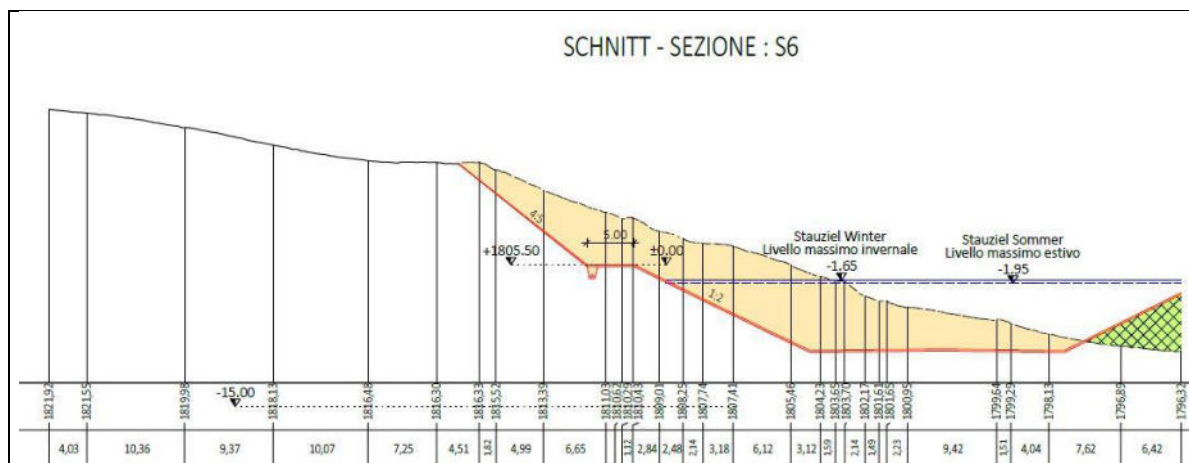


Fig. 7: Auszug aus dem Projekt: Schnitt S6 / Stralcio da progetto: sezione S6

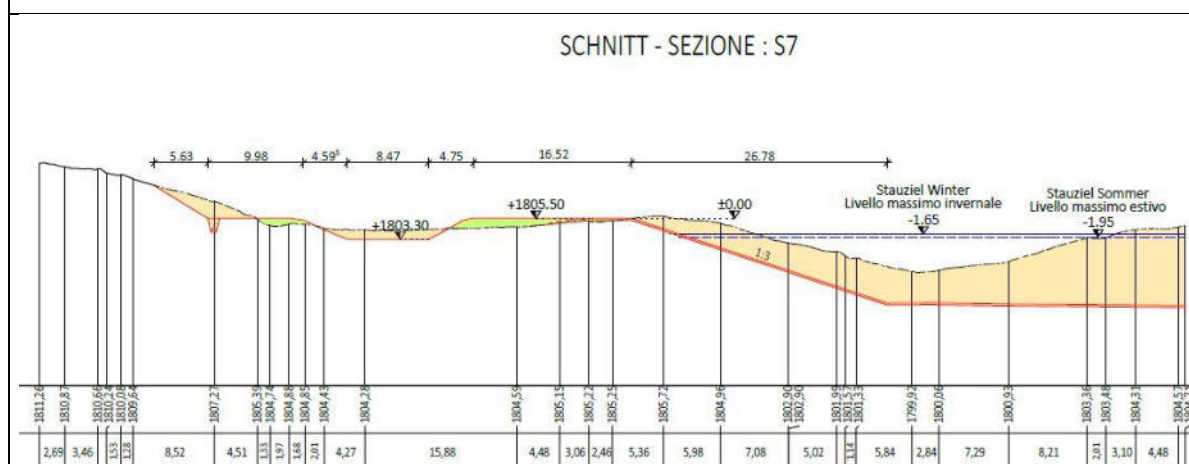


Fig. 8: Auszug aus dem Projekt: Schnitt S7 / Stralcio da progetto: sezione S7

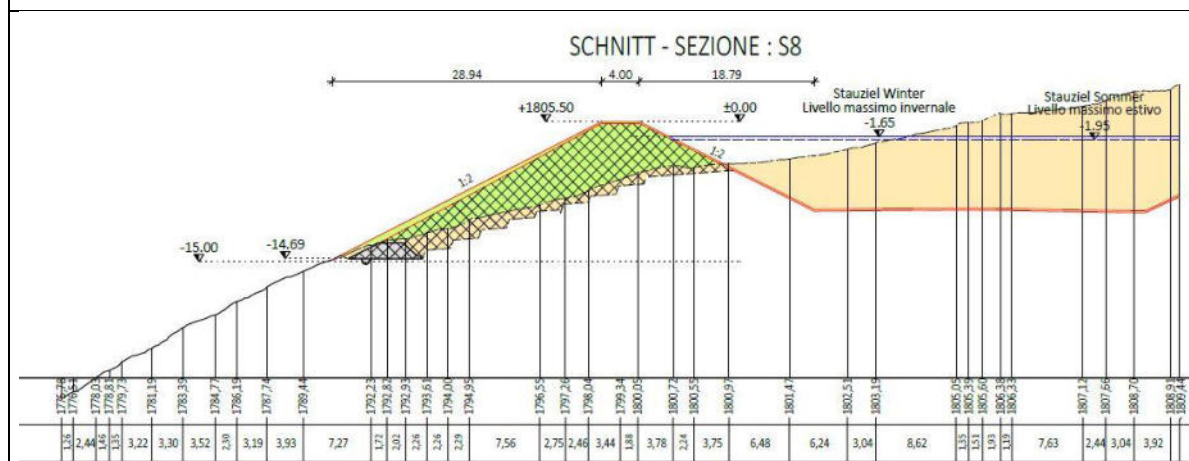


Fig. 8: Auszug aus dem Projekt: Schnitt S7 / Stralcio da progetto: sezione S7

Aus geologischer Sicht erfolgt der Aushub nur für einen kleinen Teil innerhalb der Lockermaterialablagerungen und großteils im Fels (Grödner Sandstein).

Dal punto di vista geologico lo scavo è da prevedersi solamente per una piccola porzione entro i depositi detritici e in prevalenza entro la roccia (Arenarie della Val Gardena).

Dieser ist bis eine voraussichtliche Tiefe von einigen Metern auch mithilfe eines Baggers reißbar, darunter dürfte sich der Einsatz des hydraulischen Hammers als notwendig erweisen.

Generell kann das felsige Material für den Bau des Damms wiederverwendet werden. Mithilfe einer Brech- und Siebanlage muss der Felsuntergrund zerkleinert und in verschiedene Körnungen unterteilt werden.

Die Ergebnisse der bisher für diese Studie durchgeführte Laborversuche ergaben einen hohen Zertrümmerungsgrad für den alterierten Sandstein (Los Angeles Versuch). Der Los Angeles Koeffizient liegt bei 67%.

Die effektive, anwendbare Korngrößenzusammensetzung und/oder die eventuelle Notwendigkeit des Einsatzes von Zementen und/oder Bindemittel zur Verbesserung der geotechnischen Eigenschaften des Materials kann erst in der Ausführungsphase durch entsprechende weitere Labor- und/oder Feldversuche ermittelt werden kann, nachdem eine größere Materialmenge begutachtet wird und geeignete Bodenproben gewählt werden können, die den Untergrund gut repräsentieren bzw. darstellen.

In der Ausführungsphase muss außerdem ein geeignetes Versuchsfeld realisiert werden, um die Eignung der ausgewählten Materialmischungen, die Einbauart und die Verwendung von eventuellem Bindemittel zu prüfen.

Wie bereits mit dem Auftraggeber vereinbart fallen die Definition dieser Eigenschaften nicht in den Aufgabenbereich des unterzeichnenden Geologen, sondern es muss ein entsprechender spezialisierter Techniker damit beauftragt werden.

Für den Bau der Dammschüttungen sind folgende geologische Angaben zu berücksichtigen:

- Abtrag der oberflächlichen alterierten Schuttschicht
- Errichtung einer abgetreppten Aufstandsfläche;

Questo, sino a profondità variabili di alcuni metri, sarà sbancabile anche mediante escavatore e solo in approfondimento si dovrà prevedere l'impiego del martello idraulico.

In linea generale il materiale roccioso potrà essere riutilizzato per la costruzione dell'argine. Mediante un impianto di frantumazione e di setaccio il substrato roccioso dovrà essere sminuzzato e suddiviso in diverse classi granulometriche.

Si segnala che i risultati delle prove di laboratorio eseguite per il presente studio hanno evidenziato un elevato grado di frantumazione per le arenarie alterate (prova di Los Angeles). Il coefficiente di Los Angeles è risultato pari al 67%.

L'effettivo fuso da utilizzare e/o l'eventuale necessità di impiego di cementi e/o leganti per il miglioramento delle caratteristiche del materiale potrà essere definito solamente in fase esecutiva mediante esecuzione di ulteriori prove di laboratorio e/o in sito, a seguito dell'ampia visione del materiale presente nel sottosuolo e relativa opportuna scelta di campioni ad elevata rappresentatività.

In fase esecutiva dovrà essere inoltre realizzato un opportuno campo prove al fine di verificare l'idoneità delle miscele prescelte, tipologia della messa in opera, e integrazioni di eventuali leganti.

Come già definito con la Committenza la definizione di queste caratteristiche non sarà a cura del geologo sottoscrittore ma dovrà essere incaricato un relativo tecnico specializzato.

Per la realizzazione degli argini dovranno essere considerate le seguenti indicazioni:

- necessaria asportazione dello strato detritico, alterato di superficie
- realizzazione di un piano di posa a gradini

- Kontrolle der Homogenität der Eigenschaften im gesamten Untersuchungsgebiet in der Ausführungsphase;	- controllo in fase esecutiva dell'omogeneità delle caratteristiche su tutta l'area in esame
Aus geologisch- geotechnischer Sicht wird vorgeschlagen einen sog. gegliederten Damm zu realisieren.	Dal punto di vista geologico- geotecnico si consiglia la realizzazione di un cosiddetto argine strutturato.
Der Damm muss unterhalb der oberflächlichen Schuttschicht auf dem aufglockerten und geklüfteten Felsuntergrund errichtet werden.	L'argine dovrà essere impostato sotto lo strato detritico superficiale, sul substrato roccioso disgregato e fratturato.
Es muss gewährleistet sein, dass das Stützkörpermateriale des Damms erosionsbeständig ist sowie eine geringe Zusammendrückbarkeit und hohe Scherfestigkeit zeigt. Die Dammschüttung muss schichtweise erfolgen und mittels Vibrationswalze oder Vibrationsplatte angemessen verdichtet werden.	Il materiale per il corpo di sostegno dell'argine dovrà essere stabile contro l'erosione e dovrà essere caratterizzato da bassa compressibilità ed elevata resistenza al taglio. L'argine dovrà essere realizzato per strati, così da poter essere opportunamente addensato con rullo e/o piastra vibrante.
Aus hydrogeologischer Sicht muss eine angemessene, wasserundurchlässige Abdichtung für das gesamte Speicherbecken vorgesehen werden, zumal sich dieser teilweise innerhalb einer Trinkwasserschutzzone befindet.	Dal punto di vista idrogeologico dovrà essere impostata una impermeabilizzazione adeguata sull'intero bacino in quanto questo in parte si trova entro una zona di rispetto di acqua potabile.
Entsprechend der hydrogeologischen Erhebungen ist mit der Präsenz von unterirdischen Wasserwegigkeiten zu rechnen. Diese müssen an der Basis des Speicherbeckens mittels Dränagen gesammelt und angemessen abgeleitet werden. Für den Damm müssen demnach 2 unabhängig voneinander funktionierende Dränagesysteme vorgesehen werden: eines für die Ableitung der Hangwässer und eines für die Ableitung der Speicherwässer im Falle eines Folienbruchs.	Sulla base dei rilievi idrogeologici dovrà essere considerata la presenza di percorsi idrici sotterranei. Questi dovranno essere raccolti alla base del bacino in oggetto e dovranno essere deviati in modo adeguato mediante drenaggi. Per l'argine dovranno quindi essere previsti 2 sistemi di drenaggio indipendenti: uno per la deviazione delle acque di versante e uno per la deviazione delle acque del serbatoio in caso di rottura dell'impermeabilizzazione.
Im Kap. 8 werden die Gesamthangstabilität Speicher – Hang wiedergegeben.	A seguire l'analisi di stabilità globale serbatoio – pendio.
7.2 Pump- und Schieberstation	7.2 Stazione di pompaggio e di manovra
Im Bereich der geplanten Pump- und Schieberstation resultieren laut Projektschnitten Grabungstiefen von ca. 5 m. Diese	Nella zona della stazione di pompaggio e di manovra ivi previste, dalle sezioni di progetto risultano altezze di scavo di quasi 5

befindet sich innerhalb der Schutzzone III der Quelle Wallpach, für die die zulässigen Grabungstiefen von 3 m definiert worden sind. Für die Erhöhung der Grabungstiefe verweist man auf die hydrogeologische projektspezifische Studie, die in der Folge wiedergegeben wird.

metri. Questa struttura è situata entro la zona di rispetto III della sorgente Wallpach per la quale sono definite profondità di scavo ammissibili pari a 3 m. Per l'incremento delle profondità di scavo si rimanda allo studio idrogeologico specifico al progetto, riportato a seguire.

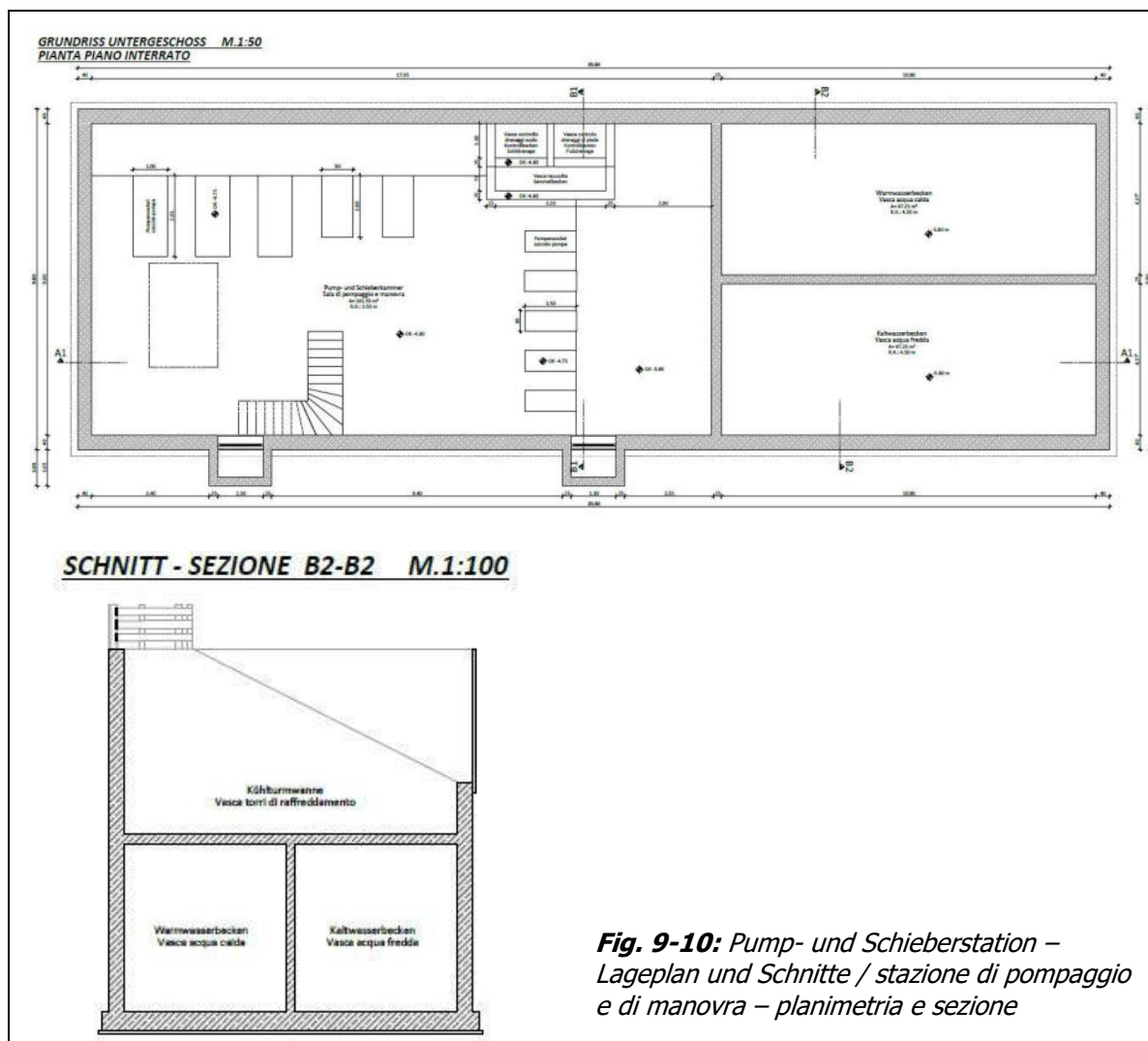


Fig. 9-10: Pump- und Schieberstation – Lageplan und Schnitte / stazione di pompaggio e di manovra – planimetria e sezione

Der Aushub für die Errichtung der Pumpstation erfolgt fast gänzlich innerhalb des stark aufgelockerten Felsuntergrunds. Der Böschungswinkel kann vermutlich subvertikal (ca. 70-75°) ausgeführt werden. Es muss allerdings eine Kontrolle der Aushubböschungen in der Bauphase erfolgen, da der Auflockerungsgrad, Klüfte und Diskontinuitäten den Böschungswinkel negativ beeinflussen können.

Lo scavo per la realizzazione della stazione di pompaggio sarà da eseguirsi per la quasi totalità entro il substrato roccioso alterato. Come angolo di scarpata in via preliminare può essere ipotizzato un angolo subverticale di ca. 70-75°. Ciò dovrà essere controllato in fase di scavo direttamente sul fronte in oggetto, ciò in quanto grado il di fratturazione, giunti e discontinuità potranno influenzare negativamente questo angolo.

Unter Berücksichtigung der sehr guten geotechnischen Eigenschaften, die für den Fels vorherzusehen sind, sind für die

In considerazione delle caratteristiche geotecniche molto buone previste per il substrato roccioso non sono da prevedersi

geplante Pumpstation keine Problematiken im Hinblick auf Tragfähigkeit und Setzungen zu erwarten.

Auf alle Fälle ist eine Kontrolle der Homogenität der Gründungsfläche in der Ausführungsphase notwendig. Dabei soll auch die eventuelle Notwendigkeit einer gut verdichteten, homogenen Basisschicht (kapillar-brechende Schicht) geprüft werden.

Für die geplante Struktur gilt, dass das Bauwerk entsprechend dem lateralen Erddruck dimensioniert werden muss. Die unterirdischen Strukturen sind mit geeigneten Dränagen auszustatten, um die Ausbildung eines hydraulischen Drucks zu unterbinden und anfallendes Wasser schnell und kontrolliert abzuleiten.

7.3 Entleerungsleitung

Die Entleerungsleitung startet bei der Pumpstation, verläuft zunächst Richtung Süden und dreht anschließend Richtung Osten, wo sie schließlich in den Sinichbach entwässert.

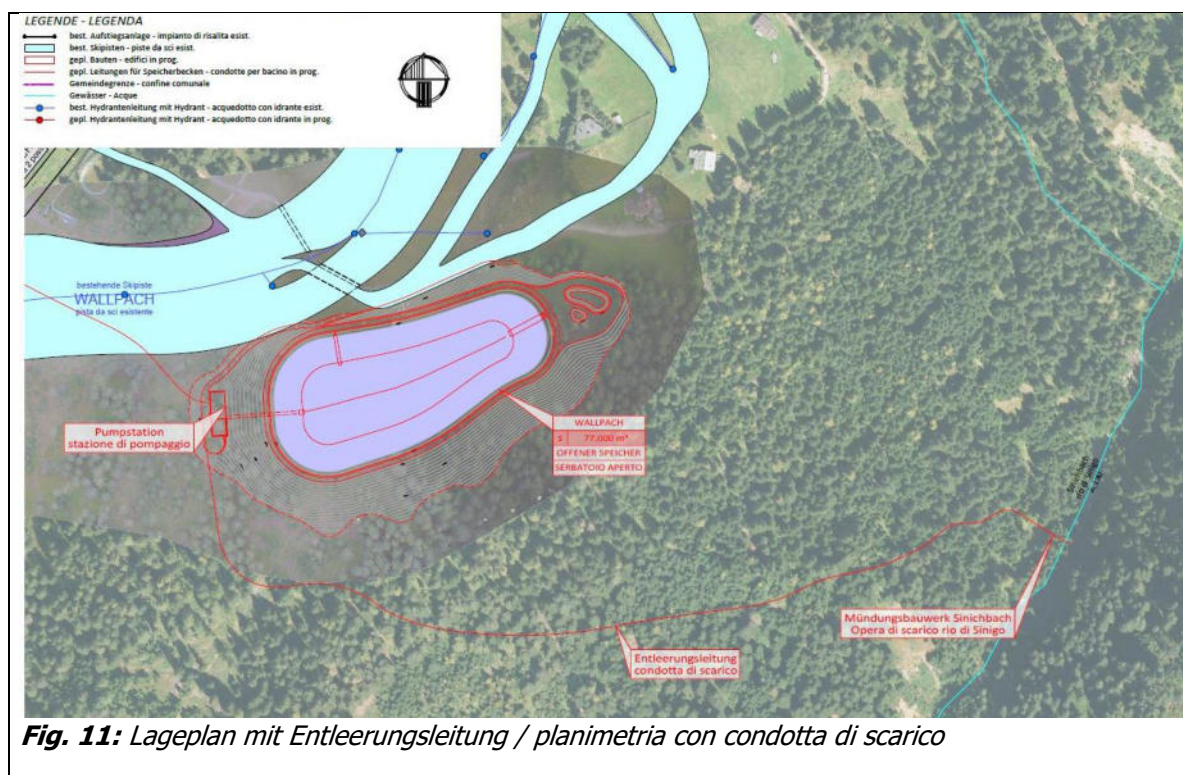
problematiche di capacità portante e di cedimenti.

È comunque necessario il controllo dell'omogeneità del piano di posa in fase esecutiva. In questa fase sarà anche da valutare l'eventuale necessità di uno strato omogeneo di base ben addensato (terreno granulare magro).

Per la struttura in esame si segnala che tutte le strutture contro terra dovranno essere dimensionate secondo la spinta laterale del terreno e dovranno essere dotate di drenaggi adeguati per evitare la formazione di spinte idrauliche, dovrà essere assicurata una deviazione controllata e rapida delle acque.

7.3 Condotta di scarico

La condotta di scarico parte dalla stazione di pompaggio, inizialmente si sviluppa in direzione sud e poi gira in direzione est ove poi di immette entro il Torrente Sinigo.



Für die geplante Trasse der Entleerungsleitung sind keine besonderen, sich negativ auswirkende, geologische Phänomene bekannt. Die Rohrleitung muss unterhalb der alterierten Bodenschicht auf dem kompakten Untergrund und unterhalb der Frosttiefe eingebaut werden. Weiters müssen Drainageleitungen mitverlegt werden, die im Stande sind, eventuell anfallende unterirdische Wasserwegigkeiten zu sammeln und rasch abzuleiten.

Per il tracciato del tubo di scarico in oggetto non sono noti particolari fenomeni geologici penalizzanti. La condotta dovrà essere impostata al di sotto dello strato di terreno alterato, sul substrato compatto e al di sotto della profondità di gelo-disgelo. Si dovrà prevedere anche l'impostazione di un tubo di drenaggio in grado di raccogliere e deviare rapidamente le eventuali acque sotterranee.

8 GLOBALE STABILITÀSANALYSE

Die Stabilitätsanalyse Bauwerk-Untergrund erfolgte mittels der Software Slope (GeoStru) unter Verwendung der Theorie des Grenzgleichgewichtes, mittels der Berechnungsmethode nach Bishop.

Die Nachweise wurden in Übereinstimmung mit der geltenden Gesetzgebung (**Dekret des Infrastruktur- und Transportministeriums vom 26.06.2014**): **„Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)“** durchgeführt, die die Anwendung des Nachweisverfahren 1 – Kombination 2 (A2+M2+R2) vorsieht.

Für Staudämme (aus Lockermaterial) müssen laut oben genannter Gesetzgebung Stabilitätsnachweise (SLU) erbracht werden. Die Betriebsbedingungen, die es zu prüfen gilt, sind:

- bei Bauende
- bei gefülltem Becken
- infolge einer schnellen Wasserspiegelabsenkung

Dabei muss für die Stabilitätsanalysen nach Bauende und infolge einer schnellen Wasserspiegelabsenkung ein Sicherheitskoeffizient (F_s) von $\geq 1,1$ und bei gefülltem Becken ein Koeffizient von $\geq 1,2$ resultieren.

Wie vorhergehend aufgezeigt, wurde ein Dammkörper der schichtweise geschüttet und angemessen verdichtet wurde angenommen, der folgende geotechnischen Mindestparameter erreichen muss:

8 ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE

L'analisi di stabilità globale dell'insieme opera-terreno è stata eseguita tramite il software Slope (GeoStru) utilizzando la teoria dell'equilibrio limite, metodo di calcolo di Bishop.

Le verifiche sono state eseguite in ottemperanza alla normativa vigente, (Decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 26.06.2014): **„Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)“**, ovvero secondo quanto previsto dall'approccio 1 – combinazione 2 (A2+M2+R2).

Per dighe (di materiali sciolti), secondo la normativa in vigore sono da effettuare le relative verifiche di stabilità (SLU). Le condizioni da verificare sono:

- a fine costruzione
- a serbatoio pieno
- a seguito di svaso rapido

Per le analisi di stabilità nella fase di fine costruzione e a seguito di svaso rapido deve risultare un fattore di sicurezza (F_s) corrispondente a $\geq 1,1$, nelle condizioni di serbatoio pieno un coefficiente di $\geq 1,2$.

Come indicato in precedenza si è considerato un corpo della diga posato e addensato per strati, ovvero tale da ottenere i seguenti parametri geotecnici minimi:

γ_n	19 kN/m ³
ϕ'	33°
c'	0 kPa

Die Nachweise wurden am Schnitt 1 (siehe Fig. 12) durchgeführt.

Aus geologischer Sicht wurde ein 3-Schichten Modell für den Untergrund (glaziale Ablagerungen, alterierter Felsuntergrund und kompakter Felsuntergrund) sowie ein Hangwasserspiegel innerhalb der alterierten Sandsteine berücksichtigt. Für die Ablagerungen wurden die Mittelwerte der geotechnischen Parameter angenommen, die im Kap. 6 definiert worden sind. In der Ausführungsphase müssen diese auf alle Fälle geprüft und bestätigt werden.

Es wird nochmals darauf hingewiesen, dass auf alle Fälle Dränagen eingebaut werden müssen, um den eventuellen unterirdischen Wasserabfluss zu garantieren.

Le verifiche sono state eseguite lungo la sezione 1 (vedasi fig. 12).

Dal punto di vista geologico è stato considerato un tri-strato per il sottosuolo (depositi glaciali, substrato roccioso alterato e substrato roccioso compatto) e una falda sviluppata entro le arenarie alterate. Per i depositi si sono considerati i valori medi dei parametri geotecnici definiti nel cap. 6. In fase di esecuzione questi parametri dovranno essere verificati e confermati in ogni caso.

Si ribadisce che si dovrà prevedere l'impostazione dei drenaggi per garantire l'eventuale deflusso di acque sotterranee.

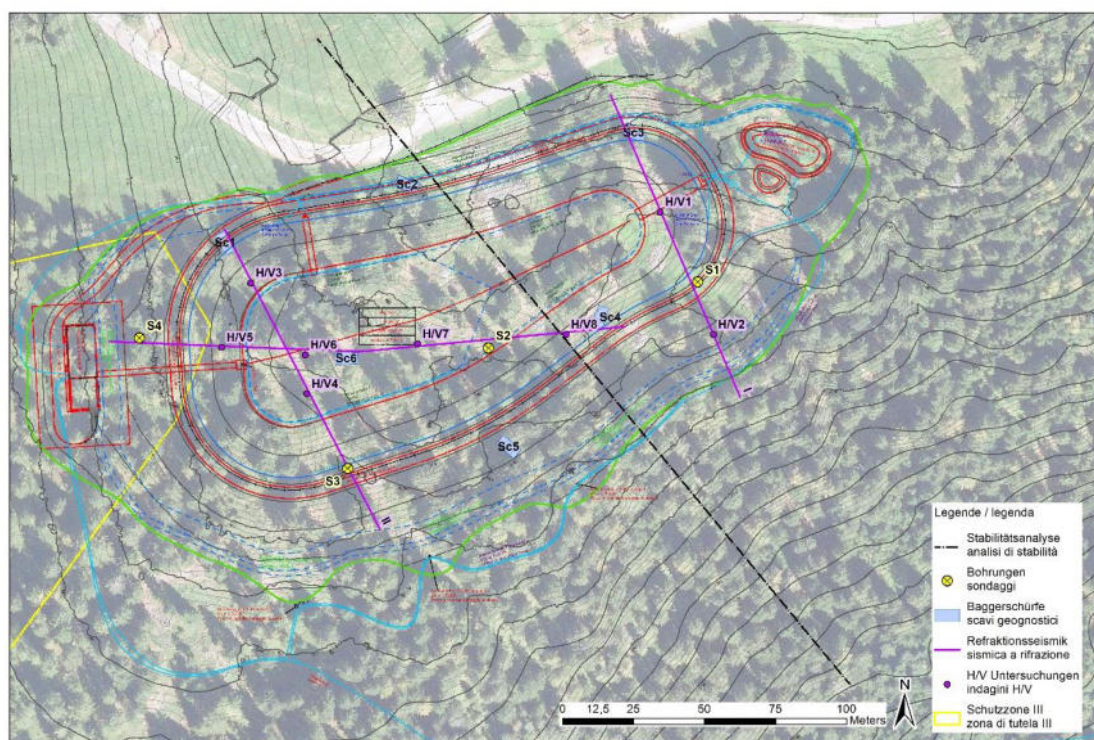


Fig. 12 Orthofoto mit Lokalisierung des Schnitts 1 / ortofoto con localizzazione della sezione 1

In der Folge wird die Gesamtstabilitätsanalyse des Dammes bei Bauende (Situation: leerer Speicher) sowie der Nachweis für den maximalen Wasserstand durchgeführt.

A seguire viene riportata l'analisi di stabilità globale a fine costruzione dell'argine (con serbatoio vuoto) e la verifica a serbatoio pieno.

Die Situation des Folienbruchs mit teilweiser Sättigung des Materials wurde nicht nachgewiesen, dass der geplante Damm über Dränagen verfügt, die im Falle von Wasserverlusten aus dem Becken sofort anspringen und somit eine Sättigung des Dammkörpers a priori unterbunden wird.

Eventuell weitere Analysen müssen vom Projektanten bzw. einen entsprechenden Techniker durchgeführt werden.

Die Ergebnisse werden in der Folge zusammengefasst und am Ende des Kapitels nochmals im Detail dargestellt.

La situazione di parziale rottura dell'impermeabilizzazione non è stata verificata in quanto l'argine in progetto verrà dotato di drenaggi che in caso di perdite dal bacino raccolgono e deviano le acque e quindi vanno ad impedire una saturazione del corpo dell'argine.

Eventuali altre verifiche sono a cura del progettista ovvero di un tecnico competente.

I risultati vengono riassunti a seguire e sono riportati ancora nel dettaglio alla fine del capitolo.

<i>Schnitt Sezione</i>	<i>Lamellen Conci</i>	<i>geprüfte Gleitflächen Superfici verificate</i>	<i>SF min. Minimo FS</i>
Situation – leerer Speicher Situazione – bacino vuoto	10	221	1,52
Situation – gefüllter Speicher Situazione – bacino pieno	10	221	1,52

Für die Gesamtstabilität Damm-Boden bei Bauende (leeres Becken) wurden 221 Gleitflächen geprüft. Dabei ergab sich ein Mindestsicherheitskoeffizient von $F_s = 1,52$, womit der gesetzlich geforderte Sicherheitskoeffizient von $F_s \geq 1,1$ auf jeden Fall erreicht ist.

Für die Gesamtstabilität Damm-Boden (mit gefülltem Becken) wurden 221 Gleitflächen geprüft. Dabei ergab sich ein Mindestsicherheitskoeffizient von $F_s = 1,52$, womit der gesetzlich geforderte Sicherheitskoeffizient $F_s \geq 1,2$ erreicht ist.

Die Nachweise ergaben dieselben Ergebnisse, da die Gleitfläche mit dem geringen Sicherheitskoeffizient innerhalb der Dammkrone verläuft und keine Veränderung zwischen gefülltem und leerem Speicherbecken erfährt. Die Bedingungen bei gefülltem Becken beeinflussen nur die dahinterliegenden Flächen, die das Innere des Beckens betreffen.

Seismische Überprüfungen der globalen Stabilität werden nicht durchgeführt, da für die untersuchten Böden keine Verschlechterung der Eigenschaften aufgrund von Erd-

Per quanto riguarda la stabilità globale argine-terreno a fine costruzione (bacino vuoto) sono state analizzate 221 superfici di scivolamento. Il coefficiente minimo è risultato pari a $F_s = 1,52$ e quindi il coefficiente di sicurezza richiesto da normativa pari a $F_s \geq 1,1$ risulta in ogni caso raggiunto.

Per quanto riguarda la stabilità globale argine-terreno (situazione bacino pieno) sono state analizzate 221 superfici di scivolamento. Il coefficiente minimo è risultato pari a $F_s = 1,52$ e quindi il coefficiente di sicurezza richiesto da normativa $F_s \geq 1,2$ è raggiunto.

Le verifiche forniscono il medesimo risultato in quanto la superficie più penalizzante si sviluppa dalla sommità dell'argine e questa non subisce variazioni tra argine pieno e argine vuoto. La condizione con argine pieno influenza solo le superfici più arretrate verso l'interno.

Non si effettuano verifiche sismiche della stabilità globale in quanto per i terreni in esame non si prevedono decadimenti delle caratteristiche a seguito di sismi.

beben zu erwarten ist. Die seismischen Überprüfungen der Gesamtstabilität liefern in diesem Fall SF-Werte, die höher sind, als die oben in der Tabelle angegebenen und sind damit verifiziert.

Die Analysen sind nur für den Fall gültig, dass die in der vorliegenden Studie angegebenen Vorschriften eingehalten werden und dass die durchzuführenden Eingriffe (Dränagen usw.) im Laufe der Zeit funktionstüchtig bleiben.

Es muss auf alle Fälle ein Überwachungssystem eingebaut werden, um eventuelle Folienbrüche rasch festzustellen und zeitnah intervenieren zu können.

Le verifiche sismiche della stabilità globale forniscono in questo caso valori di FS superiori a quelli sopra riportati in tabella, risultano quindi verificate.

Le analisi sono da considerarsi valide nel caso vengano adottate le prescrizioni riportate nella presente perizia e che quanto realizzato (drenaggi, ecc.) rimanga funzionale nel tempo.

Sarà comunque necessario predisporre dei sistemi in grado di rilevare in tempi rapidi parziali rotture dell'impermeabilizzazione così da intervenire rapidamente.

STABILITÄTSANALYSE – LEERER SPEICHER **ANALISI STABILITÀ – BACINO VUOTO**

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

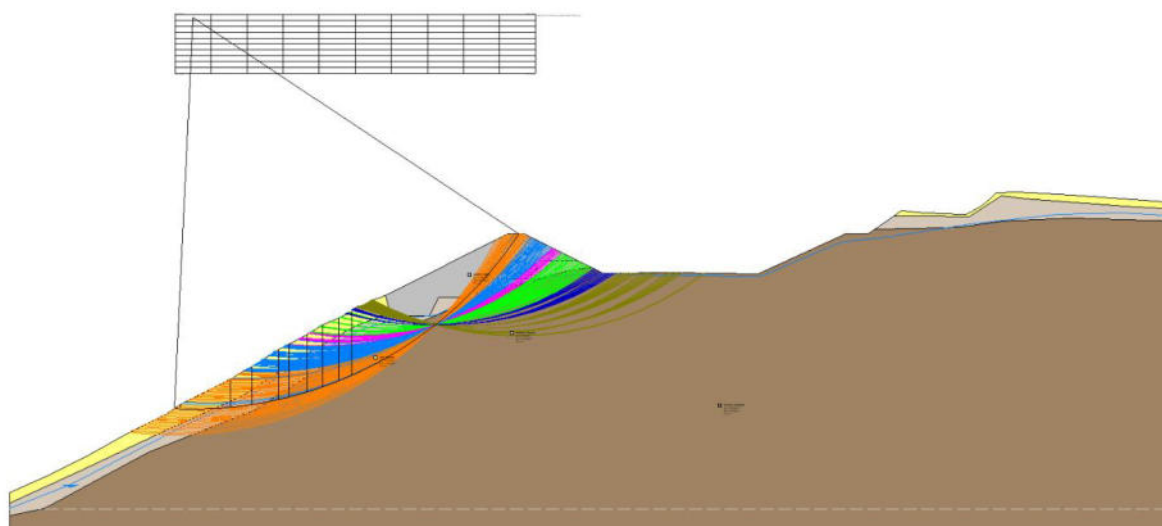
Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		33	1900	2200	riporto / argine	
2	0		32	1900	1900	dep. glaciale	
3	0,15		34	2400	2400	arenarie alterate	
4	0,6		37	2500	2500	arenarie compatte	

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Numero di superfici esaminate	221
Fs minimo individuato	1,52
Ascissa centro superficie	44,33 m
Ordinata centro superficie	120,45 m
Raggio superficie	94,62 m



○ 1,52 - 1,60	○ 1,60 - 1,80
○ 1,80 - 2,00	○ 2,00 - 3,00
○ 3,00 - 5,00	○ 5,00 - 21,00

Stabilitätsnachweis mit Legende der Sicherheitskoeffizienten

STABILITÄTSANALYSE – VOLLER SPEICHER **ANALISI STABILITÀ – BACINO PIENO**

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

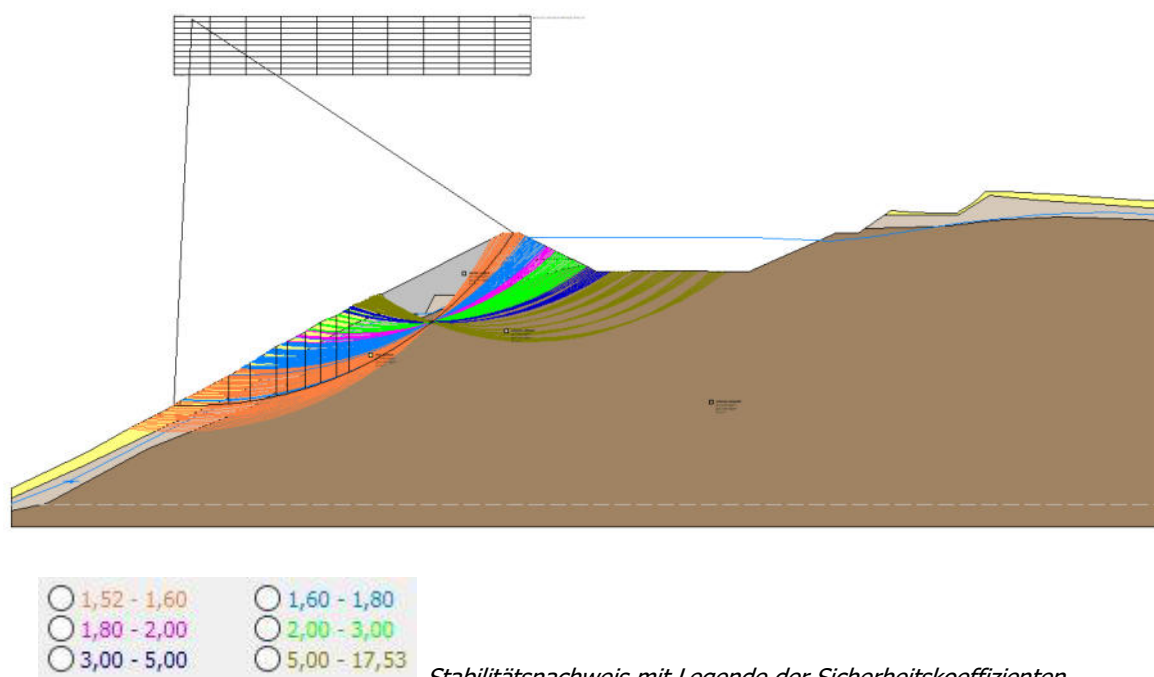
Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		33	1900	2200	riporto / argine	
2	0		32	1900	1900	dep. glaciale	
3	0,15		34	2400	2400	arenarie alterate	
4	0,6		37	2500	2500	arenarie compatte	

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Numero di superfici esaminate	221
Fs minimo individuato	1,52
Ascissa centro superficie	44,33 m
Ordinata centro superficie	120,45 m
Raggio superficie	94,62 m



9 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Das vorliegende Gutachten erfolgte im Hinblick auf die Errichtung des Speicherbeckens „Wallpach“ im Skigebiet Meran 2000.

Im vorliegenden Gutachten erfolgten eine vorläufige Bewertung des Untergrundes

9 CONCLUSIONI

La presente perizia è stata elaborata in riguardo alla realizzazione del bacino artificiale “Wallpach” nella zona sciistica Merano 2000.

Nella presente perizia è stata effettuata una valutazione preliminare del terreno di

sowie dessen geotechnische Charakterisierung.

In Kapitel 7 wurden geologisch-geotechnische Anmerkungen zum Bauvorhaben bzw. den Bau des Dammes angeführt.

Im Zuge der Arbeiten muss die Übereinstimmung des geologischen Bezugsmodells des Projekts mit der tatsächlichen Situation überprüft werden. Bezüglich der Verwendung des Materials vor Ort für den Bau der Dämme sowie dessen Verdichtung müssen entsprechende Versuche in der Ausführungsphase durchgeführt werden. Dies muss von einem spezialisierten Techniker erfolgen.

Sofern die Angaben des vorliegenden Gutachtens eingehalten werden, haben die durchgeführten Untersuchungen die Durchführbarkeit des Bauvorhabens aus geologisch-geotechnischer Sicht ergeben.

Es wird nochmals darauf hingewiesen, dass die natürliche Form des Untersuchungsgebietes die Realisierung des Dammes auf ein Minimum reduziert und der Standort dementsprechend aus geologisch-geomorphologischer Sicht optimal ist.

Wie bereits darauf hingewiesen, ist eine geologische-hydrogeologische Baubegleitung während der Arbeiten notwendig, um die geologischen, lithologischen, hydrogeologischen und geotechnischen Eigenschaften des Untergrundes im gesamten Interessensgebiet zu überprüfen.

fondazione e una relativa caratterizzazione geotecnica.

Nel capitolo 7 sono state riportate annotazioni geologiche-geotecniche per il progetto ovvero per la realizzazione dell'argine.

In corso d'opera si dovrà controllare la rispondenza tra il modello geologico di riferimento assunto in progetto e la situazione effettiva. In riguardo all'utilizzo del materiale in sito per la costruzione dell'argine e del relativo addensamento sarà da controllare in fase di esecuzione tramite apposite indagini. Ciò dovrà essere eseguito da un tecnico specializzato.

A patto che vengano rispettate le indicazioni riportate nella presente perizia, le indagini effettuate hanno evidenziato la fattibilità del progetto in esame dal punto di vista geologico-geotecnico.

Si ribadisce inoltre che la naturale forma a bacino dell'area in esame limita al minimo la realizzazione di argini di contenimento e risulta quindi un sito ottimale dal punto di vista geologico-geomorfologico.

Come già evidenziato è necessario prevedere una assistenza geologica-idrogeologica alla direzione lavori al fine appurare in fase esecutiva le caratteristiche geologiche, litologiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni su tutta l'area interessata dai lavori.

SEISMISCHE CHARAKTERISIERUNG DES UNTERGRUNDS

CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

10 SEISMISCHE MODELLIERUNG

Mit Inkrafttreten der „Nuove norme tecniche 2018“ (DM 17. Januar 2018) gibt es keinen Bezug mehr zu verschiedenen seismischen Zonen. Auch die Landesgesetzgebung ist demnach überholt.

In der Folge wird die spezifische seismische Modellierung des Untersuchungsgebietes wiedergegeben, welche von der Grundseismizität (definiert vom INGV¹) und von lokalen Faktoren wie Stratigraphie, Topographie und anderen geologischen und tektonischen Gegebenheiten abhängt.

10.1 Allgemeine seismische Angaben

In der Folge ist die seismische Einstufung der Provinz Bozen aufgrund der rezent aktualisierten "Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1" wiedergegeben, die am 24/04/2018 vom INGV publiziert wurde.

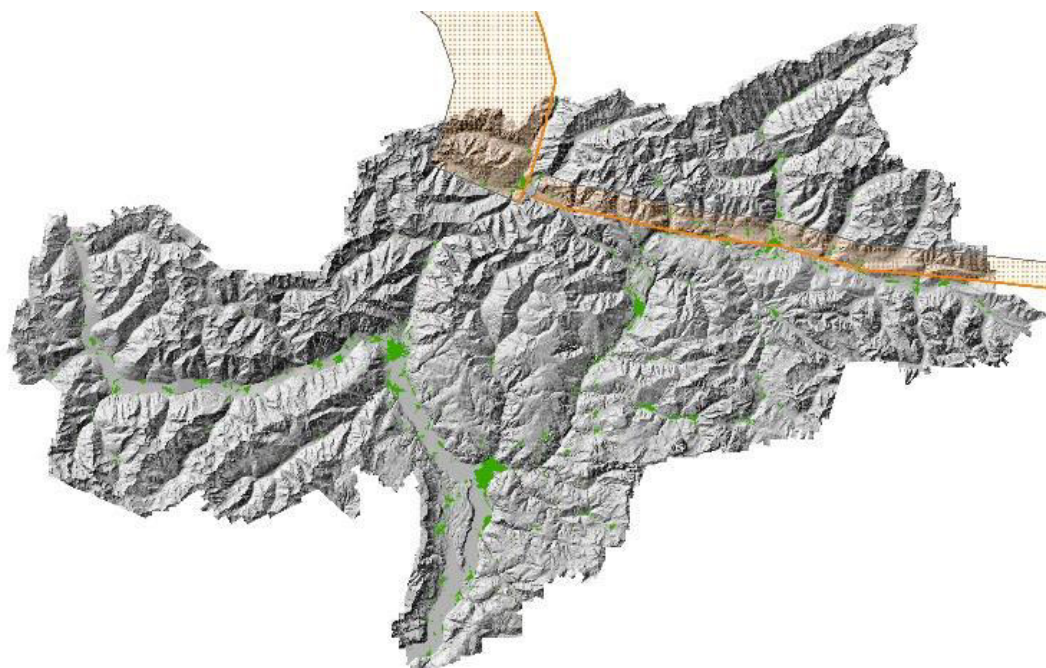
10 MODELLAZIONE SISMICA

Con l'approvazione delle Nuove Norme Tecniche 2018 (D.M. 17 gennaio 2018) non vi è più alcun riferimento a differenti e specifiche zone sismiche. Anche le normative Provinciali al riguardo risultano quindi superate.

A seguire si riporta la modellazione sismica specifica del sito in esame, che dipende dalla sismicità di base definita dall'INGV¹ e da fattori locali quali la stratigrafia, la topografia e eventuali ulteriori caratteri geologici e tettonici.

10.1 Inquadramento sismico di base

A seguire l'inquadramento sismico della Provincia di Bolzano sulla base del recente "Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1" pubblicato dall'INGV il 24/04/2018:



¹ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Western Periadriatic Zone:

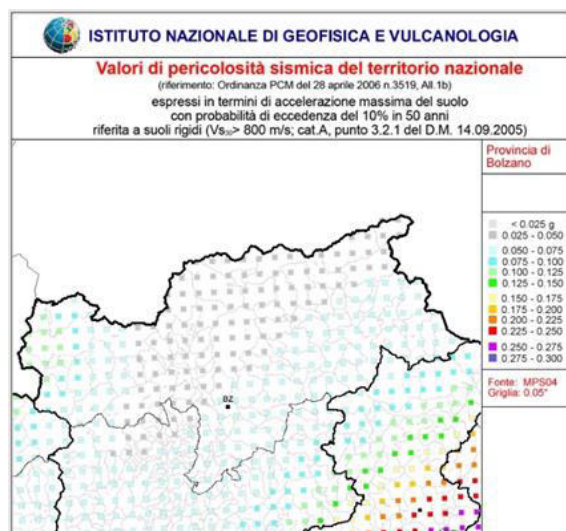
PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	0.0	EJ Assumed from geomorphology.
Max depth [km]	15.0	LD Based on seismic data (Willinghofer & Cloetingh, 2003; Lüschen et al., 2004).
Strike [deg] min... max	280...300	LD Based on structural and geological maps (e.g. Linzer et al., 2002).
Dip [deg] min... max	70...85	EJ Inferred from seismic profiles from Lüschen et al. (2004).
Rake [deg] min... max	130...170	EJ Inferred from regional structural geology and geodynamic settings.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.15...0.5	EJ Inferred from geodynamic and strain rate constraints.
Max Magnitude [Mw]	7.0	EJ Inferred from historical seismic records taken from Guidoboni et al. (2007).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Auf dem Provinzgebiet gibt es zwei seismogenetische Strukturen, die Brennerlinie und das Westliche Periadriatische Lineament, deren Eigenschaften oben angegeben sind. Das Periadriatische Lineament mit einigen Zweigstörungen (z.B. Naiftal-Linie) verläuft in einem geringen Abstand nördlich des Untersuchungsgebietes.

In der Folge ist die seismische Grundgefährdungs-karte aus dem Jahr 2004 (diese wurde vom INGV herausgegeben und in den NTC 2018 wird darauf Bezug genommen) wiedergegeben, in der die maximal zu erwartende Bodenbeschleunigung für steife Böden ($V_s > 800 \text{ m/s}$; Kat. A), mit Wahrscheinlichkeit einer Überschreitung von 10% in 50 Jahren für das Gemeindegebiet von **Hafing** angegeben wird.



Für das Untersuchungsgebiet, lokalisierbar mithilfe der folgenden Koordinaten:

Brenner zone

PARAMETRIC INFORMATION

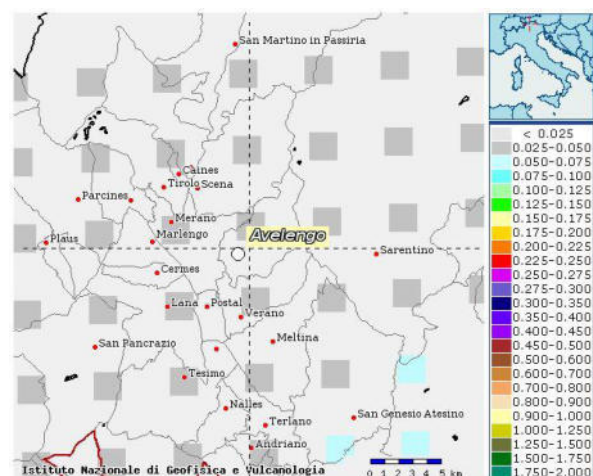
PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	3.5	EJ Inferred from earthquake data collected by Reiter et al. (2005).
Max depth [km]	15.0	LD Based on earthquake data collected by Reiter et al. (2005).
Strike [deg] min... max	110...170	LD Based on structural and geological maps (Linzer et al., 2002; Reiter et al., 2006).
Dip [deg] min... max	30...50	LD Based on geomorphological maps and earthquake data (Reiter et al., 2005).
Rake [deg] min... max	260...280	EJ Inferred from earthquake data collected by Reiter et al. (2005).
Slip Rate [mm/y] min... max	0.02...0.11	LD Calculated from geodynamic and strain rate constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.8	EJ Inferred from the maximum rupture area (Wells & Coppersmith, 1994).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Sul territorio della Provincia risultano segnalate due zone sismogenetiche, Brenner e Western Periadriatic, le cui caratteristiche sono riportate sopra.

La linea periadriatica con alcune faglie secondarie (es. faglia della Val di Nova) si sviluppano poco a nord dell'area in oggetto.

A seguire è riportata la mappa di pericolosità di base dell'anno 2004 (redatta dall'INGV e richiamata nelle NTC 2018) ove è indicata l'accelerazione massima attesa al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800 \text{ m/s}$; Kat. A) per il territorio comunale di **Avelengo**.



Per il sito in oggetto, localizzato alle seguenti coordinate:

Bauwerk / Opera	Lat:	Long:
Speichersee Lago artificiale	46.673550	11.255565

resultieren auf Basis des MD 17.01.2018 unter der Annahme einer Nutzungsklasse II und einer Nennlebensdauer von 50 Jahren (Interpolation einer gerillten Oberfläche) die folgenden Grundseismizitätsparameter auf steifem Untergrund ($V_s > 800 \text{ m/s}$). Neben diesen sind noch die anzunehmenden Verstärkungseffekte zu berücksichtigen (siehe nachfolgendes Kapitel).

sulla base del DM 17.01.2018, considerando una classe d'uso II, vita nominale 50 anni (interpolazione di tipo superficie rigata), risultano i seguenti parametri descrittivi dell'azione sismica di base su suolo rigido ($V_s > 800 \text{ m/s}$), rispetto a questi sono da considerare i prevedibili effetti amplificativi (vedasi Cap. precedente).

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_o	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.016	2.571	0.151
Danno (SLD)	50	0.020	2.529	0.186
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.044	2.661	0.340
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.054	2.781	0.369
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

10.2 Mögliche Verstärkungen der seismischen Erschütterungen im Untersuchungsgebiet

Es wird aufgezeigt, dass die oben angegebenen Basiswerte von a_g für den Bedrock (starrer Untergrund) gültig sind. Es können Verstärkungseffekte auftreten, die in einigen Fällen auch relevant und signifikant sein können. Diese sind vorwiegend von der topographischen Oberflächensituation sowie der geologischen und stratigraphischen Situation der Böden im Untergrund abhängig.

Unter Berücksichtigung der Vorgaben und Vorschriften der NTC werden in der Folge die tektonischen und lithologischen Haupteigenschaften sowie die eventuelle Präsenz von Instabilitäten für das Untersuchungsgebiet ermittelt (NTC; Paragraph 7.11.2). Weiters wird die eventuelle Präsenz von Elementen festgestellt, die zusammen mit den topographischen Effekten, die Ausbreitung der seismischen Wellen beeinflussen. Es

10.2 Possibili amplificazioni del moto sismico nel sito in esame

Si evidenzia comunque che rispetto ai valori di a_g di base sopra riportati, riferiti al bedrock, sono possibili fenomeni amplificativi che in alcuni casi possono risultare rilevanti e significativi, questi possono essere dovuti principalmente alla situazione topografica di superficie e alla situazione geologica e stratigrafica dei terreni nel sottosuolo.

Sulla base di quanto prescritto e in ottemperanza a quanto indicato nelle NTC, si valutano in ogni caso per il sito in esame i principali caratteri tettonici e litologici, nonché l'eventuale presenza di instabilità del territorio (NTC; paragrafo 7.11.2).

Si accerta inoltre l'eventuale presenza degli elementi che, unitamente agli effetti topografici, influenzano la propagazione

handelt sich dabei um die stratigraphischen Bedingungen und die Präsenz eines steifen Untergrunds oder einer vergleichbaren Formation (NTC; Paragraph 7.11.2).

delle onde sismiche, quali le condizioni stratigrafiche e la presenza di un substrato rigido o una formazione ad esso assimilabile (NTC; paragrafo 7.11.2).

10.2.1 Topographische Verstärkung

Das Untersuchungsgebiet befindet sich auf einem Hang mit mäßigen Neigungen ($\beta > 15^\circ$), es sind Verstärkungen durch die Topographie zu erwarten; aus Tabelle NTC 3.2.III ergibt sich die **Kategorie T2**.

10.2.1 Amplificazione topografica

L'area in esame si trova su un pendio con inclinazione media ($\beta > 15^\circ$), si prevedono amplificazioni dovute alla topografia; da tabella NTC 3.2.III **categoria T2**.

10.2.2 Stratigraphische Verstärkung

Geringe Schuttbedeckung auf dem Felsuntergrund. Zur Bewertung der Verstärkungen kann das vereinfachte Verfahren angewandt werden, welches in den NTC – DM 17.01.2018 angegeben ist.

10.2.2 Amplificazioni stratigrafiche

Presenza di terreni detritici di spessori ridotti su substrato rigido, per valutare queste amplificazioni è possibile utilizzare l'approccio semplificato come da NTC – DM 17.01.2018.

Aufgrund der Anwesenheit des Felsuntergrundes in geringen Tiefen und der Ergebnisse der seismischen Untersuchungen (Anlage 3) mit $V_{s30} > 800 \text{ m/sec}$, sind keine Verstärkungen zu erwarten; aus Tabelle NTC 3.2.II ergibt sich die **Kategorie Typ A**.

Per la presenza del substrato roccioso a debole profondità, considerando inoltre anche i risultati delle indagini sismiche (allegato 3) con $V_{s30} > 800 \text{ m/sec}$, per il sito in esame non sono da prevedere amplificazioni; sulla base della tabella NTC 3.2.II risulta una **categoria A**.

10.2.3 Geologische- tektonisch Eigenschaften, Instabilitäten; Präsenz eines steifen Untergrunds

Das Periadriatische Lineament mit einigen Zweigstörungen (z.B. Naftal-Linie) verläuft in einem geringen Abstand nördlich des Untersuchungsgebietes.

10.2.3 Caratteri geologici-tettonici- instabilità; presenza di un substrato rigido

La linea periadriatica con alcune faglie secondarie (es. faglia della Val di Nova) si sviluppano poco a nord dell'area in oggetto.

Es sind keine weiteren geologisch-tektonischen Elemente oder Instabilitäten mit negativem Einfluss bekannt.

Non sono noti ulteriori elementi geologici-tettonici o instabilità penalizzanti.

Mithilfe der HVSr Untersuchung konnte der Einfluss einer steifen Schicht in der Tiefe mittels Ausbreitung der seismischen Wellen bewertet werden.

Tramite l'indagine HVSr è stato possibile valutare l'influenza data dalla presenza in profondità di un substrato rigido nella propagazione delle onde sismiche.

In Bezug auf die Verstärkung, verursacht durch die stratigrafische Situation, wird auf den Peak in der H/V Kurve bei $> 11 \text{ Hz}$ hingewiesen.

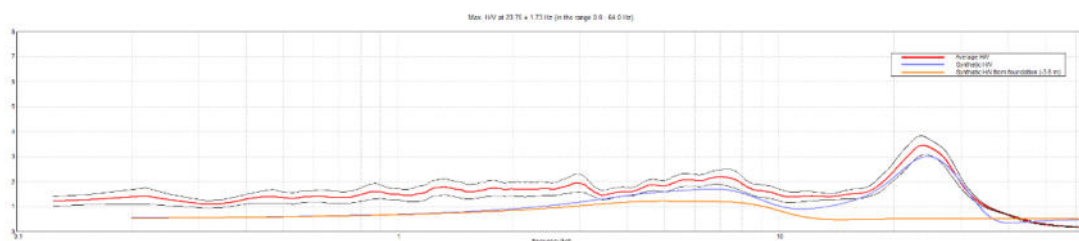
In riferimento alle amplificazioni dovute alla situazione stratigrafica si ribadisce la presenza del picco del rapporto H/V alla frequenza a $> 11 \text{ Hz}$.

Bei einer Gründungskote unterhalb von 3,5 m unter GOK werden die oberflächlichen Schuttböden bis zum Felsuntergrund abgetragen werden. Damit verschwindet dieser Steifigkeitsübergang bei den genannten Frequenzen.

Im konkreten Fall mit tieferliegender Gründungskote gibt es keine Hauptschwingfrequenzen (ausgelöst durch oberflächliche Schuttböden auf Felsuntergrund) und dementsprechend keine Resonanzphänomene innerhalb des Bodens.

Con il previsto piano di posa oltre i $\geq 3,5$ m sotto il p.c., vengono asportati i terreni detritici superficiali, fino al substrato roccioso. Quindi viene eliminato il passaggio di rigidezza responsabile delle frequenze sopra indicate.

Nello specifico caso, con piano di posa approfondito, non vi saranno più frequenze dei terreni (generate da terreni detritici superficiali sul bedrock), e non saranno possibili fenomeni di risonanza con le frequenze dei terreni.



Unter Berücksichtigung dessen, sollen diese Frequenzen für die Strukturen verhindert werden, um keine Resonanzphänomene zu erzeugen.

In considerazione di ciò opportuno evitare che le strutture siano caratterizzate dalla stessa frequenza per scongiurare fenomeni di risonanza.

10.3 Bewertung der $a_g S_{im}$ Projektgebiet

Die "Nuove Norme Tecniche 2018" (D.M. 17 gennaio 2018) sehen die Möglichkeit einer vereinfachten "erdbebensicheren Projektierung" für jene Standorte vor, die folgende Bedingungen für die SLV erfüllen (NTC; Paragraph 7.0):

10.3 Valutazione $a_g S$ del sito in oggetto

Le Nuove Norme Tecniche 2018 (D.M. 17 gennaio 2018) prevedono la possibilità di una 'progettazione per azioni sismiche' semplificata (NTC; paragrafo 7.0) nei siti ove è rispettata la condizione, nei confronti dello SLV:

$$a_g S \leq 0,075g$$

wobei:

dove:

$$a_g S = a_g \times S_T \times S_S$$

<i>Basis a_g a_g di base</i>	<i>Verstärkungskoeffizient Fattore di amplificazione</i>		<i>$a_g S$ Projektgebiet del sito</i>
	<i>Topogr. Verstärkung amplificazione topografica [S_T]</i>	<i>Stratigraph. Verstärkung Amplif. stratigrafica [S_S]</i>	
0,044	1,2	1,0	0,053

Aufgrund des erhaltenen $a_g S$ -Wertes ist für die Projektierung des Speichersees eine vereinfachte Projektierung mögliche.

In considerazione del valore $a_g S$ ottenuto per la progettazione del bacino artificiale risulta possibile una progettazione semplificata.

10.4 Nachweis der Verflüssigung

Wie in den NTC 2018 vorgegeben, muss die Stabilität des Untersuchungsgebietes im Hinblick auf Bodenverflüssigung geprüft werden (Par. 7.11.3.4).

Im Untersuchungsgebiet sind die oben angegebenen **$a_g S$ geringer als 0,1 g**. Unter Berücksichtigung dessen sind für das Untersuchungsgebiet keine Verflüssigungsphänomene vorherzusehen.

10.4 Verifica della liquefazione

Come imposto dalle NTC 2018 si deve verificare la stabilità del sito nei confronti della liquefazione (par. 7.11.3.4).

Nel sito in esame le **$a_g S$** sopra indicate, sono risultate **minori di 0,1 g**. In considerazione di ciò per il sito in esame non sono da prevedersi fenomeni di liquefazione.

PROJEKTSPEZIFISCHE HYDROGEOLOGISCHE STUDIE

STUDIO IDROGEOLOGICO RELATIVO AL PROGETTO

11 VORWORT

Das vorliegende projektspezifische hydrogeologische Gutachten erfolgt für den Bau des Speicherbeckens Wallpach. Die geplante Pumpstation und die Dammschüttung am Westrand des Beckens befinden sich im äußersten Randbereich der Schutzzone III des Trinkwasserschutzbereiches WGS 258 „Wallpach“. Für diese sind Grabungstiefen bis zu 3 m zulässig. Für größere Tiefen sind Grabungsarbeiten nur zulässig, falls eine Interferenz mit dem Grundwasser auszuschließen ist. Für die Realisierung der Pumpstation ergeben sich Grabungstiefen bis zu max. 5 m senkrecht zur Geländeoberkante.

Für die Ermittlung der hydrogeologischen Bedingungen im Untersuchungsgebiet wurde im Bereich der geplanten Pumpstation eine Bohrung bis in 12 m Tiefe abgeteuft, die zur Grundwassermessstelle ausgebaut wurde. Weiters wurde auch ein 2 Permeabilitätsversuch (Lugeon und Le Franc) innerhalb der Bohrung durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der Anlage 1 zusammen mit der Bohrdokumentation wiedergegeben.

12 BEZUGSQUELLE WALLPACH

Die Quelle Wallpach setzt sich aus 6 Quellaustritten zusammen, wobei nur 2 durch eine permanente Schüttung gekennzeichnet sind (Bezugsquelle: [13]). Die Wasserzirkulation erfolgt innerhalb der geringmächtigen glazialen Ablagerungen und des geklüfteten Felsuntergrunds (Grödnertal Sandstein). Die Schüttungen der Quellen sind stark niederschlagsabhängig und sind deutlichen Schwankungen unterworfen. Selbiges gilt für Temperatur und Leitfähigkeit. Die Gesamtschüttung der Quelle liegt bei ca. 1,4 l/sec.

11 PREMESSA

La presente relazione idrogeologica è relativa al progetto di costruzione del lago artificiale Wallpach. La centralina di pompaggio e l'argine previste sul lato ovest del serbatoio sono situati sul bordo più esterno della zona di rispetto III della zona di tutela dell'acqua potabile WGS 258 „Wallpach“. Per questa sono consentiti scavi sino a 3m, per profondità superiori scavi sono consentiti se vi è dimostrata la non interferenza con la falda. Per la realizzazione della stazione di pompaggio sono previste profondità di scavo sino a max. 5 m verticalmente all'attuale piano campagna.

Per la determinazione delle condizioni idrogeologiche nell'area in esame nella zona della prevista stazione di pompaggio è stato approfondito un sondaggio sino ad una profondità di 12m, allestito con piezometro. Inoltre sono state eseguite anche N.2 prove di permeabilità (Lugeon e Le Franc) entro il foro di sondaggio. I risultati sono riportati assieme alla documentazione dei sondaggi in Allegato 1.

12 SORGENTE DI RIFERIMENTO WALLPACH

La sorgente Wallpach è composta da 6 sorgenti di cui solamente 2 sono caratterizzate da una portata permanente (fonte: [13]). La circolazione idrica avviene entro i depositi glaciali di spessori ridotti ed entro il substrato roccioso fratturato (Arenarie della Val Gardena). Le portate delle singole sorgenti dipendono fortemente dalle precipitazioni e sono soggette a forti variazioni. Ciò vale anche per la temperatura d'acqua e per la conducibilità. La portata complessiva delle sorgenti risulta pari a ca. 1,4 l/sec.

13 FELDUNTERSUCHUNGEN

Im Bereich des geplanten Speichers wurden insg. 4 Bohrungen abgeteuft, wobei die Bohrung S4 innerhalb der Schutzzone III abgeteuft wurde (geplanter Standort der Pumstation). Alle Bohrungen wurden zu Grundwassermessstellen ausgearbeitet und es wurden folgende Wasserstände gemessen:

13 INDAGINI IN SITO

Entro l'area del previsto serbatoio sono stati approfonditi 4 sondaggi, di questi S4 è stato posizionato entro la zona di rispetto III (sito previsto per la realizzazione della stazione di pompaggio). Tutti i sondaggi sono stati allestiti con piezometro e sono state eseguite le seguenti misure di falda:

	Bohrungen (m unter GOK) Sondaggi (m sotto p.c.)			
Datum / data	S1	S2	S3	S4
23/10/2019		-5,20		
24/10/2019	-1,90*	-5,30		
25/10/2019	-8,90	-5,60	-4,10**	
28/10/2019	-8,95	-5,95	-4,30	-7,80***
04/11/2019	-7,56	-3,80	-3,70	-9,86

*Bohrfortschritt / sondaggio in avanzamento: erreichte Tiefe / profondità raggiunta: 4,3 m

**Bohrfortschritt / sondaggio in avanzamento: erreichte Tiefe / profondità raggiunta: 4,6 m

***Bohrfortschritt / sondaggio in avanzamento: erreichte Tiefe / profondità raggiunta: 9,2 m

Die anfänglichen sehr hohen Wasserstände, die im Zuge der Bohrtätigkeit gemessen wurden, sind durch das Bohrwasser beeinflusst, welches erst allmählich versickert.

Der Anstieg des Wasserstands der letzten Messung vom 04/11 ergab sich aufgrund der starken Niederschläge über Allerheiligen. Somit ergibt sich ein Wasserstand im Untersuchungsgebiet, der wahrscheinlich stark von den Niederschlägen abhängt.

Die Messungen ergaben die Präsenz von unterirdischen Wasserwegigkeiten im Untergrund, welche wahrscheinlich an den Kontakt aufgelockerter Felsuntergrund – kompakter Fels gebunden sind.

In S4, die im Bereich der geplanten Pumpstation abgeteuft wurde, wurde der niedrigste Wasserstand gemessen. Dieser liegt trotz vorangegangener Niederschläge in einer Tiefe von 9,86 m unter GOK und somit deutlich unterhalb der geplanten max. Grabungstiefe von 5 m.

I livelli di falda inizialmente molto elevati, misurati durante l'avanzamento delle perforazioni, sono influenzati dalle acque di perforazione che si infiltrano lentamente.

L'innalzamento della falda nell'ultima misura effettuata il 04/11 è imputabile alle forti precipitazioni avvenute durante il finesettimana degli Ognissanti. Per l'area in esame risulta quindi una falda che probabilmente è funzione diretta delle precipitazioni.

Le misure effettuate hanno evidenziato la presenza di percorsi idrici sotterranei che si instaurano probabilmente lungo il contatto substrato roccioso detensionato – substrato roccioso compatto.

In S4, realizzato nella zona della prevista stazione di pompaggio, è stato misurato il livello più basso. Nonostante le precipitazioni precedenti la misura, questo è risultato ad una profondità di 9,86 m sotto il pc e quindi decisamente al di sotto della profondità di scavo prevista di max. 5 m.

Der durchgeführte Lugeon Versuch in S4 ergab eine Durchlässigkeit für die geklüfteten Sand- und Siltsteine in Tiefe von 6,7 – 7,6 m von $5,65 \times 10^{-5}$ m/sec, der Le-Franc Versuch in Tiefe von 8,2 – 12,1 m ergab einer Permeabilität von $6,04 \times 10^{-4}$ m/sec. Mit der Tiefe dürfte diese aufgrund einer höheren Gesteinskompaktheit deutlich abnehmen.

Die Permeabilität kann als „niedrig“ eingestuft werden (Celico, 1986, Tab.2.6, $10^{-4} > K(m/s) > 10^{-9}$).

Dalla prova Lugeon eseguita in S4 a profondità tra 6,7 – 7,6 m per le arenarie e le siltiti fratturate è risultata una permeabilità pari a $5,65 \times 10^{-5}$ m/sec e la prova Le Franc, eseguita a profondità tra 8,2 – 12,1 m ha dato un valore di permeabilità di $6,04 \times 10^{-4}$ m/sec. In approfondimento si presume una forte diminuzione di questa per l'aumento della compattezza della roccia.

Il grado di permeabilità di queste è classificabile come "basso" (Celico, 1986, Tab.2.6, $10^{-4} > K(m/s) > 10^{-9}$).

14 BEWERTUNG DER INTERFERENZ BAUVORHABEN AUF TRINKWASSERQUELLE

Aufgrund des geringen Ausmaß der geplanten Arbeiten im Verhältnis zur Ausdehnung des Gesamteinzugsgebietes, den Ergebnissen der Bohrung und der Permeabilitätsversuche haben die Grabungsarbeiten bis in eine Tiefe von 6-7 m unter GOK im Bereich der geplanten Pumpstation keine Auswirkungen auf den Aquifer, der die talseitigen Quellen speist.

Für die Realisierung des Bauvorhabens können aus hydrogeologischen Sicht die Grabungstiefen bis zu 5 m erlaubt werden.

14 VALUTAZIONE DELL'INTERFERENZA DELL'OPERA IN PROGETTO ALLA SORGENTE DI ACQUA POTABILE

In considerazione dell'estensione molto contenuta dei lavori in progetto in relazione all'estensione del bacino imbrifero delle sorgenti, dei risultati dai sondaggi e dalle prove di permeabilità, non sono da prevedere interferenze tra gli scavi da approfondire sino a 6-7 m sotto il p.c. nella zona della stazione di pompaggio e l'acquifero che alimenta le sottostanti sorgenti.

Per la realizzazione di quanto in progetto dal punto di vista idrogeologico le profondità di scavo sino a 5 m possono essere permesse.

15 BEWEISSICHERUNGSPROGRAMM

Nichts desto trotz soll ein Beweissicherungsprogramm der Quelle durchgeführt werden. Diese besteht in periodischen Messungen der Quellparameter (Schüttung, Wassertemperatur, Leitfähigkeit und Trübungskontrolle) vor Beginn, während und nach Beendigung der Aushubarbeiten.

Es wird folgendes Messprogramm vorgeschlagen:

- Messung 1-2 Tage vor Beginn der Arbeiten
- Messung am Tag der Aufnahme der Grabungsarbeiten und am Tag nach den ersten Grabungsarbeiten

15 PROGRAMMA DI MONITORAGGIO

Nonostante ciò si raccomanda di eseguire un programma di monitoraggio per la sorgente. Ciò consistente nella misurazione periodica dei parametri sorgivi (portata, temperatura d'acqua, conducibilità e controllo dell'intorbidimento dell'acqua) prima, durante e dopo l'esecuzione dei lavori di scavo.

Si propone il seguente programma di misurazione:

- misurazione 1-2 giorni prima dell'inizio dei lavori;
- misurazione il giorno di inizio lavori e il giorno successivo;

- bis zum Erreichen der maximalen Aushubtiefen Messungen alle 2-3 Tage
- Messung beim Erreichen der maximalen Aushubtiefe
- 1-2 Messung nach Abschluss der Aushubarbeiten

Außerdem soll die Projektausführung durch eine geologisch-hydrogeologische Bauleitung begleitet werden.

- sino al raggiungimento delle profondità massime di scavo esecuzione di misurazioni ogni 2-3 giorni;
- misurazione il giorno della massima profondità di scavo raggiunta;
- 1-2 misurazioni a seguito del termine dei lavori di scavo;

Inoltre è da prevedere una direzione lavori geologico-idrogeologica durante l'esecuzione dei lavori.

Das vorliegende Gutachten wurde in Übereinstimmung mit den Inhalten des M.D. 17. Jänner 2018 „Aktualisierung der Neuen technischen Vorschriften für Bauten“ ausgearbeitet und beinhaltet alle urbanistischen und gesetzlichen Anforderungen geologischer Relevanz und stellt demnach ein geeignetes projektspezifisches Dokument zum Erlass der Baukonzession dar.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" e soddisfa requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica per cui costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione ad edificare.

Brixen / Bressanone, 09/12/2019

GEMEINDE HAFLING
COMUNE DI AVELENGO

AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE

**DOKUMENTATION DER BOHRUNGEN
DOCUMENTAZIONE DEI SONDAGGI**

Auftraggeber – Projekt

Committente - Progetto

MERAN 2000



Gegenstand

Oggetto

GEOLOGISCHE BOHRUNGEN

SONDAGGI GEOGNOSTICI

Ortschaft

Località

MERAN 2000 - HAFLING (BZ)

MERANO 2000 - AVELENGO (BZ)

Datum

Data

BOZEN, NOVEMBER 2019

BOLZANO, NOVEMBRE 2019

Anhang

Allegato

1. Lageplan der Bohrungen
2. Stratigrafie
3. Bohrkernfotos
4. Wasserdruck – Lugeon test

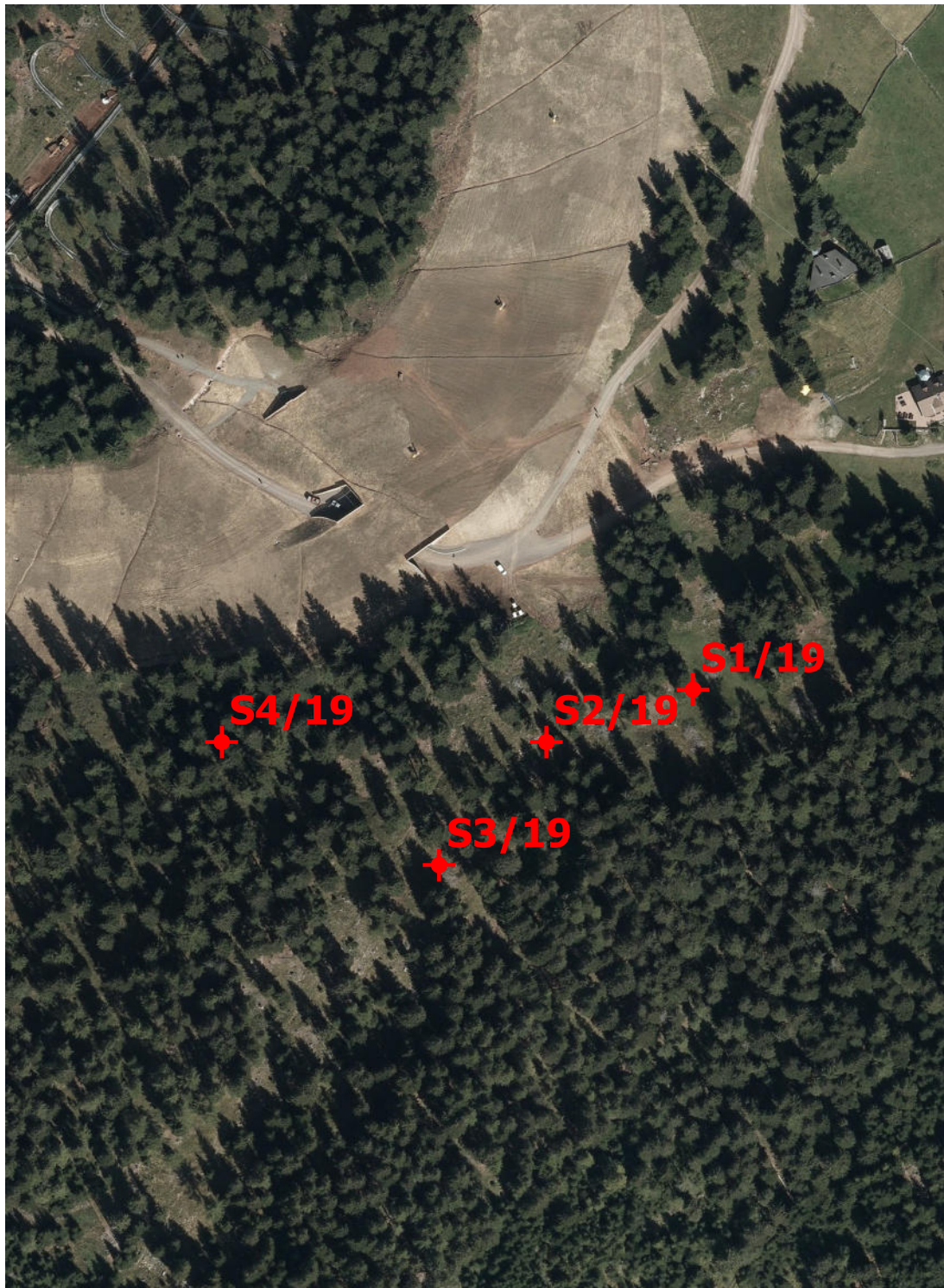
1. Planimetria con ubicazione sondaggi
2. Stratigrafia
3. Foto cassette catalogatrici
4. Prove di permeabilità - Lugeon

GEOLAND SRL

Via-Enrico Fermi-Str. 4 – 39100 Bolzano - Bozen • T. 0471/095460 • F. 0471/095414 •
 P.Iva/Cod. Fisc. – Mwst-Nr/St. Nr. 02869860219 • www.geoland.bz.it •
 info@geoland.bz.it • geoland srl@legalmail.it • REA nr. BZ212509 • Capitale sociale -
 Gesellschaftskapital Euro 10.000,00



- **Lageplan der Bohrungen**
- **Planimetria con ubicazione sondaggi**



N
M 1:2.500

Meran 2000 -
Hafling (BZ)

0 50 100 150 m

- **Stratigrafie**

- **Stratigrafia**

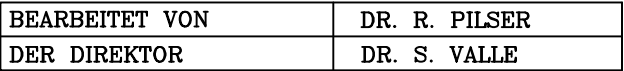
SUPERVISOR: GEOL. R. PILSER

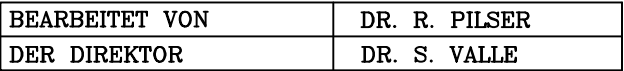
BOHRGERÄTFÜHRER: HR. E. LUSHAKU

BOHRGERÄT: NENZI GELMINA

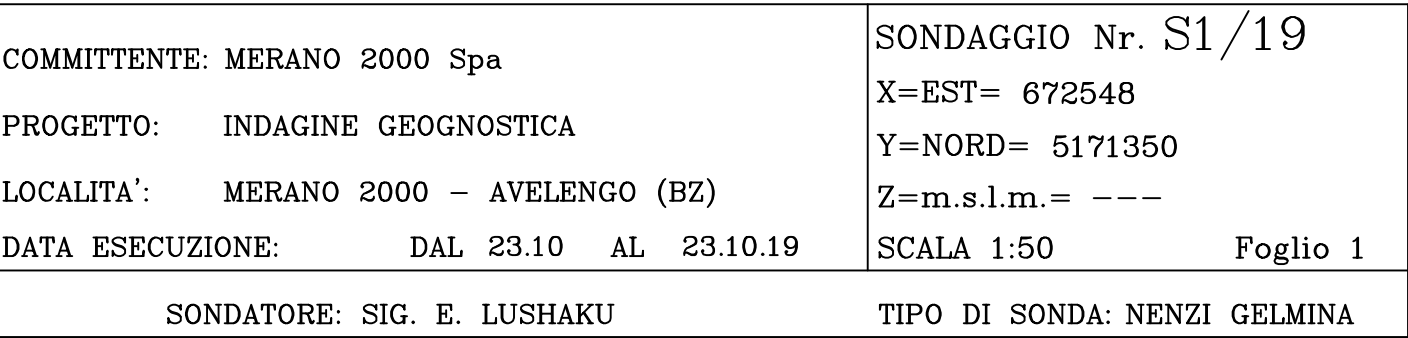
Bohrverfahren	Vermantelung	Mächtigkeit [m]	Tiefe [m]	Symbol	LITHOLOGISCHE BESCHREIBUNG	Kernmarschstrecke m	TCR [%]	SCR [%]	RQD [%]	IN SITU VERSUCHE						Wasserspiegel [m]	Ausbau	BEMERKUNGEN
Standard Penetration Test										Probeentnahme	Bohrlochversuche							
Tiefe	Anzahl Schläge			N.S.P.T.								Art der Spitze						
	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm															

Einfachkernrohr ø 101 mm	ø 127 mm	0.50	0.50		Mutterboden: Schluff, sandig; braun - ocker.																			Koordinatensystem UTM WGS 84. Unterflurausbau: Piezometer PVC DN80 mit Schacht; VR: m 0.00 ÷ 6.00 FS: m 6.00 ÷ 12.00
			1		Sand, stark schluffig, kiesig; braun - rötlich.	100																		
		1.10	1.60			1.50							1.50	34	Rif	-	-	C						
		0.60	2.20	2	Block																			
			3		Sand, stark kiesig, schluffig, teils steinig; braun - rötlich. m 4.30 - 4.50 Block	100							3.00	37	Rif	-	-	C						
			4			100							4.50	Rif	-	-	-	C						
Doppelkernrohr NT-6 ø 101 mm			5			100																		GWS: 8.96m u GOK Datum 28.10.19
		6.00	6.00	3.80	6		6.00						6.00	39	Rif	-	-	C					6.00	
			7		Gröden-Formation: Sandstein, grau - rötlich; kompakt Kf // SS	100		95	60															
			8			100			50															
			9			100		100	90															
			10			100		100	100															
			11			100		100	100															
			12			100		100	100															
		12.50	6.50	12.50		12.00			100															
			13			12.50			100															
			14																					
			15																					





BEARBEITET VON	DR. R. PILSER
DER DIREKTOR	DR. S. VALLE



CERTIFICATO NR. S0187-19 07.11.2019	ELABORATO DA	DR. R. PILSER
	IL DIRETTORE	DR. S. VALLE

[illegible]



BOLZANO - BOZEN
SONDAGGI GEOGNOSTICI SU TERRENI E ROCCIA
GEOGNOSTISCHE BOHRUNGEN IN LOCKER- UND FESTGESTEIN

COMMITTENTE: MERANO 2000 Spa

PROGETTO: INDAGINE GEOGNOSTICA

LOCALITA': MERANO 2000 – AVELENGO (BZ)

DATA ESECUZIONE: DAL 25.10 AL 25.10.19

SONDAGGIO Nr. S3/19

X=EST= 672451

Y=NORD= 5171283

Z=m.s.l.m.= ---

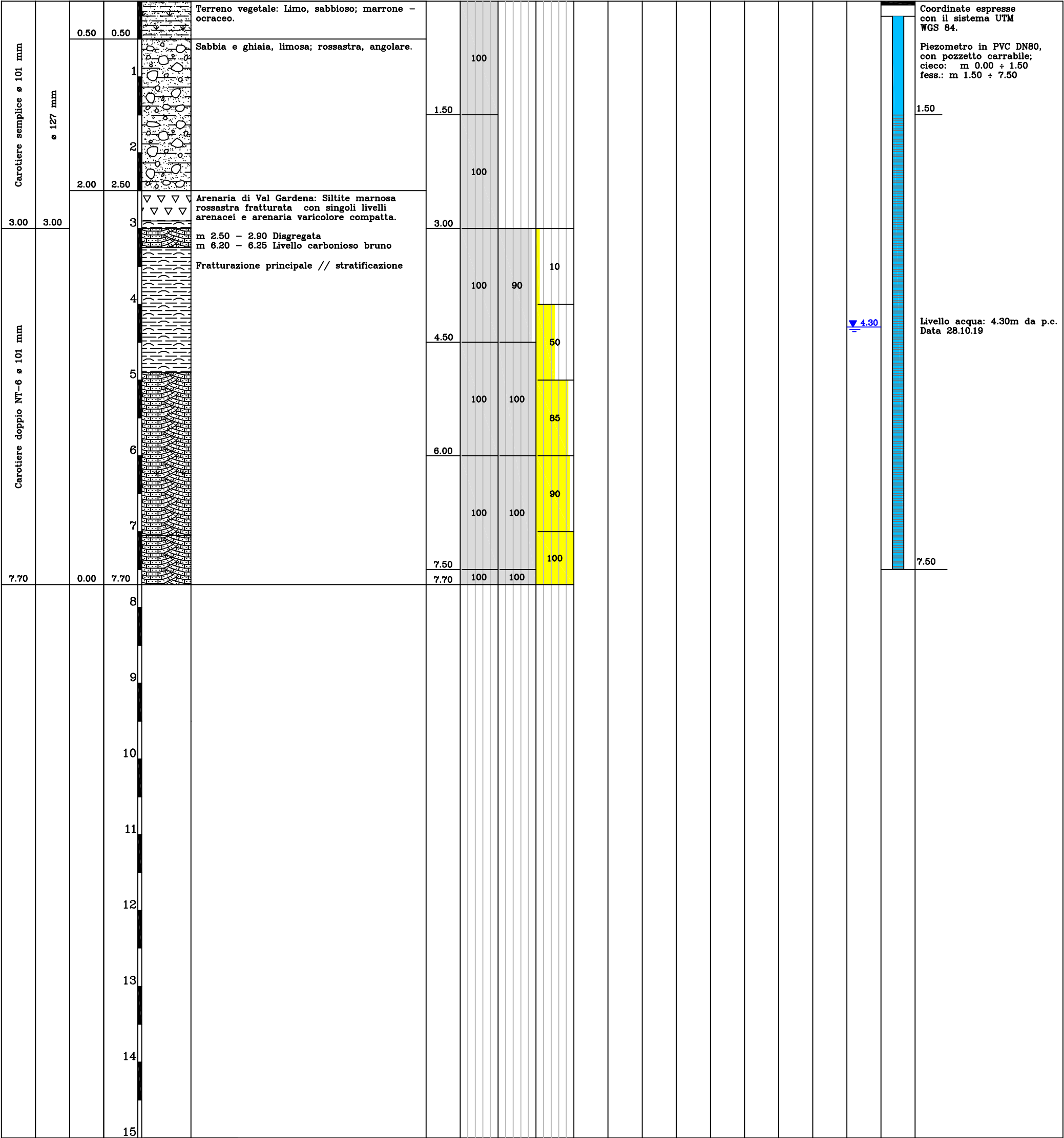
SCALA 1:50 Foglio 1

SUPERVISORE: GEOL. R. PILSER

SONDATORE: SIG. E. LUSHAKU

TIPO DI SONDA: NENZI GELMINA

Tipo di perforazione	Rivestimento	Spessore strato [m]	Profondita' m	Legenda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Lunghezza manovra m	PROVE IN SITU										Quota falda [m]	Attrezzaggio	NOTE ED OSSERVAZIONI
							Standard Penetration Test												
							Profondita'	Nr. Colpi			N.S.P.T.	Tipo di punta	Campioni	Prove in foro					
								0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm									
							TCR [%]				SCR [%]				RQD [%]				
							0	100				1000				100			



Tipo di perforazione	Rivestimento	Spessore strato [m]	Profondita' m	Legenda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Lunghezza manovra m	PROVE IN SITU										NOTE ED OSSERVAZIONI		
							TCR [%]	SCR [%]	RQD [%]	Profondita'	Standard Penetration Test			Tipo di punta	Campioni	Prove in foro		Quota falda [m]	Attrezzaggio
											Nr. Colpi	N.S.P.T.							
													0-15 cm						
C. s.	1.00	C. doppio NT-6 ø 101 mm	ø 127 mm	0.60	0.60												Coordinate espresse con il sistema UTM WGS 84. Piezometro in PVC DN80, con pozzetto carrabile; cieco: m 0.00 ÷ 6.00 fess.: m 6.00 ÷ 12.00		
				0.40	1														
3.00	C. s. ø 101 mm	4.50	1.50	2.00	3												Livello acqua: 7.80m da p.c. Data 28.10.19 - F.F. 9.00m		
					4														
12.10		11.10	12.10	6.00	7												12.00		
				7.50	8														
				9.00	9												12.10		
				10.50	10														
				12.00	11												12.10		
				12.10	12														
				13															
				14															
				15															

- **Bohrkernfotos**
- **Foto cassette catalogatrici**

Sondaggio/Bohrung: S1/19 - Merano 2000 (BZ)
Box 1 - m 0.00 ÷ m 5.00



Sondaggio/Bohrung: S1/19 - Merano 2000 (BZ)
Box 2 - m 5.00 ÷ m 10.00



Sondaggio/Bohrung: S1/19 - Merano 2000 (BZ)
Box 3 - m 10.00 ÷ m 12.50



Sondaggio/Bohrung: S2/19 - Merano 2000 (BZ)
Box 1 - m 0.00 ÷ m 5.00



Sondaggio/Bohrung: S2/19 - Merano 2000 (BZ)
Box 2 - m 5.00 ÷ m 10.00



Sondaggio/Bohrung: S2/19 - Merano 2000 (BZ)
Box 3 - m 10.00 ÷ m 12.10



Sondaggio/Bohrung: S3/19 - Merano 2000 (BZ)
Box 1 - m 0.00 ÷ m 5.00



Sondaggio/Bohrung: S3/19 - Merano 2000 (BZ)
Box 2 - m 5.00 ÷ m 7.70



Sondaggio/Bohrung: S4/19 - Merano 2000 (BZ)
Box 1 - m 0.00 ÷ m 5.00



Sondaggio/Bohrung: S4/19 - Merano 2000 (BZ)
Box 2 - m 5.00 ÷ m 10.00



Sondaggio/Bohrung: S4/19 - Merano 2000 (BZ)
Box 3 - m 10.00 ÷ m 12.10



- **WD-Test**
- **Prova di permeabilità - Lugeon**

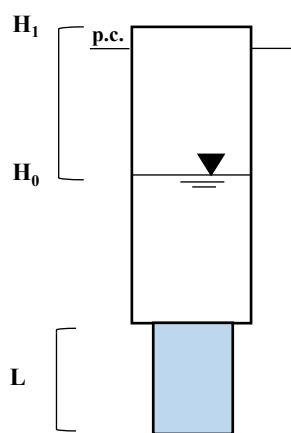


SONDAGGI GEOGNOSTICI SU TERRENI E ROCCIA
GEOGNOSTISCHE BOHRUNGEN IN LOCKER- UND FESTGESTEIN

VIA-ENRICO-FERMI-STR. 4 • 39100 BOLZANO-BOZEN • T. 0471/095460 • info@geoland.bz.it

Prova Lefranc a carico costante <i>Auffüllversuch mit konstanter Wassersäule</i>		Certificato <i>Zertifikat</i>	0188/K1/19 - 08-11-19	
COMMITTENTE	Meran 2000	SONDAGGIO	S4/19	
AUFTRAGGEBER		BOHRUNG		
LOCALITA'	Hafling - Meran 2000	LIVELLO ACQUA da p.c (m)	6,00	
LOKALITÄT		WASSERSPIEGEL ab Gok (m)		
DATA	28/10/2019	PROFONDITÀ PROVA (m)	8,20	÷ 12,10
DATUM		VERSUCHSABSCHNITT (m)		

	Sporgenza tubo da p.c. <i>Differenz ROK/GOK</i>	m	0,00
<i>D</i>	Diametro tratto di prova <i>Durchmesser im Versuchsabschnitt</i>	m	0,101
<i>L</i>	Altezza finestra <i>Versuchsabschnitt</i>	m	3,90
<i>F</i>	Coefficiente di forma <i>Formfaktor</i>	$2\pi L / \log_e(L/D + \sqrt{1 + (L/D)^2})$	6,097
<i>H₁</i>	Livello acqua durante la prova da bocca foro <i>Wasserspiegel während der Probe ab ROK</i>	m	5,10
<i>H₀</i>	Quota falda prima della prova da bocca foro <i>Wasserspiegel zu Beginn der Probe ab ROK</i>	m	6,00
<i>H</i>	Altezza colonna H ₂ O <i>Wassersäule</i>	m	0,90
<i>Q</i>	Portata Schüttung	l/min	198,98
<i>K</i>	Permeabilità <i>Permeabilität</i>	$Q/(F \cdot H)$ m/sec	6,04E-04



Contalitri <i>Wasserzähler</i> [l]	Tempo <i>Zeit</i> [min]	Portata <i>Schüttung</i> [l/min]
0,00	0	
1.000,00	5	200,00
1.971,00	10	197,10
3.997,00	20	199,85

Portata <i>Schüttung</i>	Ø	l/min m³/s	198,98 3,32E-03
-----------------------------	---	---------------	--------------------



Il Direttore - Der Direktor : Geol. Stefano Valle
Sperimentatore - Bearbeiter : Geol. Roland Pilser



SONDAGGI GEOGNOSTICI SU TERRENI E ROCCIA
GEOGNOSTISCHE BOHRUNGEN IN LOCKER- UND FESTGESTEIN

VIA-ENRICO FERMI 4 • 39100 BOLZANO-BOZEN • T. 0471/095460 • info@geoland.bz.it

PROVA DI PERMEABILITA' TIPO LUGEON
WASSERDRUCK - LUGEON TEST

Certificato
Zertifikat

0186/K3/19 - 07/11/2019

COMMITTENTE
AUFTRAGGEBER
LOCALITA'
LOKALITÄT
DATA ESECUZIONE PROVA
DATUM
LITOLOGIA
LITHOLOGIE
SONDAGGIO
BOHRUNG
PROFONDITA' PROVA (m)
VERSUCHSTIEFE (m)

Meran 2000
Meran 2000 - Hafling - Avelengo (BZ)
25/10/2019
Siltite marnosa
S4/19

6,70 ÷ 7,60

Packer	Semplice <i>Einfach Packer</i>
--------	-----------------------------------

Prova <i>Probe</i>	verticale <i>senkrecht</i>
-----------------------	-------------------------------

Quota falda (m) <i>Grundwasserspiegel (m)</i>	-
--	---

Alt. strumenti (banco) da p. c. (m) <i>Höhe der Messinstrumente ab GOK (m)</i>	1,00
Diametro camera (m) <i>Durchmesser (m)</i>	0,101
Pressione paker (MPa) <i>Packerdruck (MPa)</i>	2,00
Carico Idraulico (m) <i>Wasserauflast (m)</i>	1,00

Andata - Druckanstieg			
Pressione letta al manometro	Tempo	Lecture conta litri	Portata
<i>Abgelesener Druck</i>	<i>Zeit</i>	<i>Literablesungen</i>	<i>Schüttung</i>
(MPa)	(min)	(l)	(l/min)
0,1	0'	199444,0	4,70
	2'	199453,0	
	4'	199461,0	
	6'	199470,0	
	8	199481,0	
	10'	199491,0	
0,3	0'	199500,0	28,50
	2'	199555,0	
	4'	199614,0	
0,5	0'		0,00
	2'		
	4'		
	6'		
	8		
	10'		

Ritorno - Druckabfall			
Pressione letta al manometro	Tempo	Lecture conta litri	Portata
<i>Abgelesener Druck</i>	<i>Zeit</i>	<i>Literablesungen</i>	<i>Schüttung</i>
(MPa)	(min)	(l)	(l/min)
0,3	0'		0,00
	2'		
	4'		
	6'		
	8		
	10'		
0,1	0'		0,00
	2'		
	4'		
	6'		
	8		
	10'		

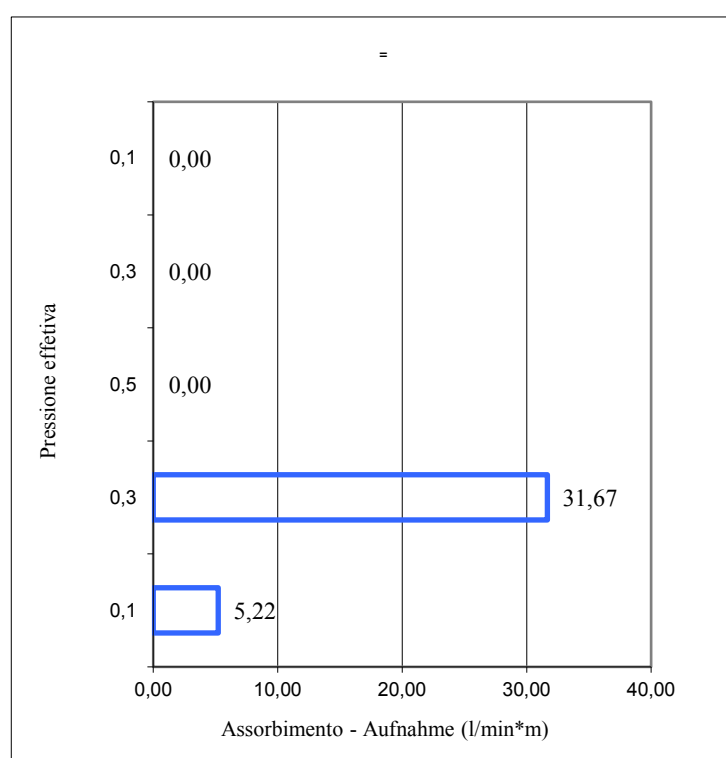
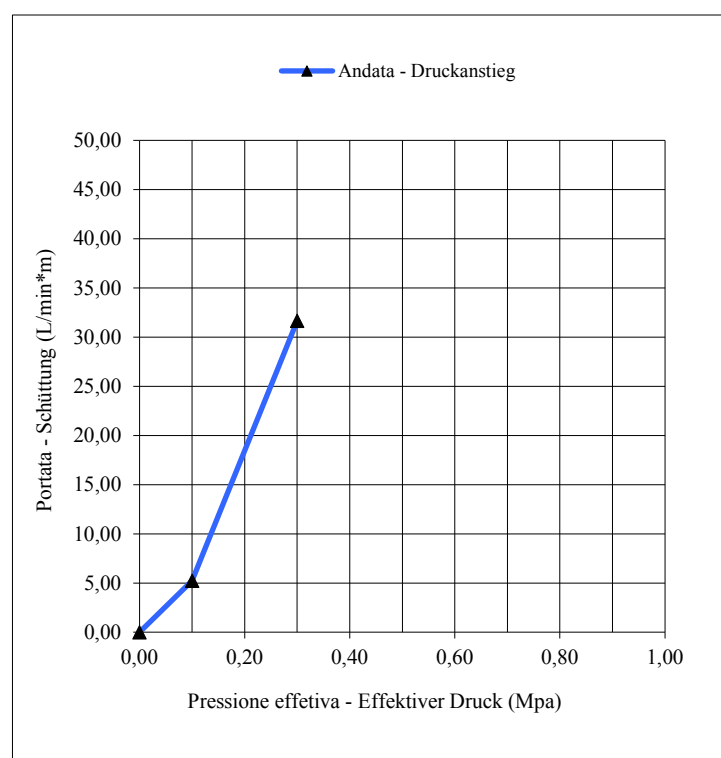
*= Prova sospesa per risalita dell'acqua lungo il foro

Commitente <i>Auftraggeber</i>	Meran 2000
Località <i>Lokalität</i>	Meran 2000 - Hafling - Avelengo (BZ)
Data esecuzione prova <i>Datum</i>	25/10/2019
Litologia <i>Lithologie</i>	Siltite marnosa
Sondaggio <i>Bohrung</i>	S4/19
Packer <i>Packer</i>	Semplice Einfach Packer
Prova in <i>Versuch durchgeführt</i>	verticale senkrecht

	Profondità prova (m) <i>Versuchstiefe (m)</i>	6,70 - 7,60
<i>L</i>	Tasca (m) <i>Versuchintervall (m)</i>	0,90
<i>d</i>	Diametro camera di prova (m) <i>Durchmesser (m)</i>	0,101
<i>h</i>	Carico d'acqua (m) <i>Wasserauflast (m)</i>	1,00
<i>F</i>	Coefficiente di Forma <i>Formkoeffizient</i>	1,96
<i>K</i>	Permeabilità (m/sec) <i>Permeabilität (m/sec)</i>	5,64603E-05
<i>UL</i>	Unità Lugeon <i>Lugeon-Wert</i>	31,56

Andata - Druckanstieg		
Pressione Druck (Mpa)	Assorbimenti Aufnahme	
	l/min	l/min*m
0	0,00	0,00
0,1	4,70	5,22
0,3	28,50	31,67
0,5	0,00	0,00

Ritorno - Druckabfall		
Pressione Druck (Mpa)	Assorbimenti Aufnahme	
	l/min	l/min*m
0,5	0,00	0,00
0,3	0,00	0,00
0,1	0,00	0,00
0	0,00	0,00



Il Direttore - Der Direktor
Spesimentatore - Bearbeiter

Dr. Geol. Stefano Valle
Dr. Geol. Roland Pilser

GEMEINDE HAFLING
COMUNE DI AVELENGO

AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE

**LABORVERSUCHE
INDAGINI DI LABORATORIO**

Geo-Labor s.a.s.

Via del Garda, 46/L - Tel. 0464913102
38068 - Rovereto (TN)

VERBALE ACCETTAZIONE NR: 111/23.10.19

KORNGRÖßENANALYSE (GEMÄß: UNI CEN ISO/TS 17892-4)

ANALISI GRANULOMETRICA (NORMA: UNI CEN ISO/TS 17892-4)

AUFTRAGGEBER/COMMITT.: **Funivia Merano 2000**

BEZUG/RIF.: **Geo 3 - Dr. Geol. M. Irschara**

ORT/LOCALITA': **Zona scilistica Merano 2000**

PROJEKT/PROG.:

Costruzione del Bacino Artificiale "Wallpach" per l'innevamento tecnico delle piste

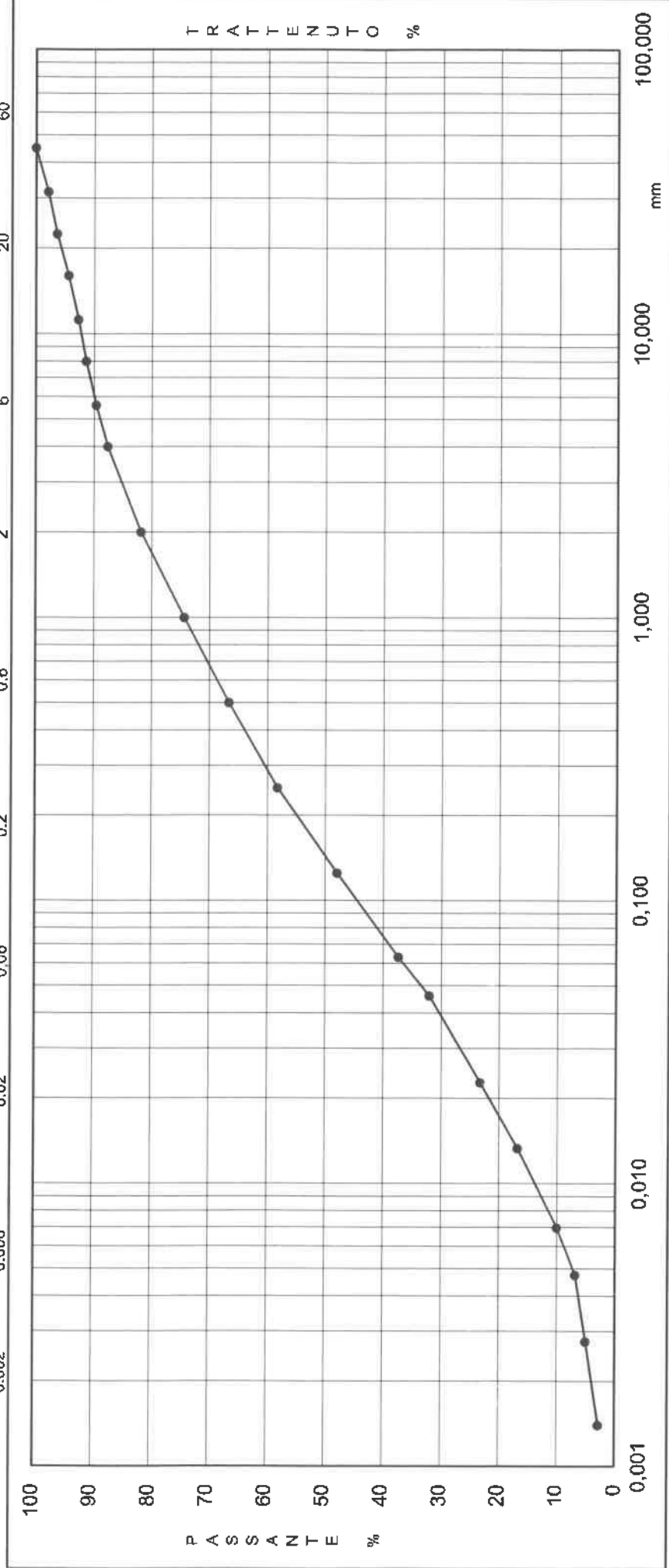
BESCHREIBUNG/DESCRIZIONE: sabbia con limo color rossastro e ghiaia spigolosa (arenarie)

BOHRUNG/SONDAGGIO: **SC3**

PROBE/CAMP.: **C1**

TIEFE/PROF. m: **0,2 - 1,7**

ARGILLA			LIMO			SABBIA			GHIAIA			CIOTTOLI
	Fine	Grosso		Medio	Grosso		Fine	Medio		Grosso		
	0.002	0.006	0.02	0.06	0.2	0.6	2	6	20	60		



BESCHEINIGUNG/CERTIFICAZIONE NR: 111/839
ANNAHMEDATUM/DATA ACCETTAZIONE: 23/10/19
VERSUCH DATUM/DATA PROVA: 25/10/19

SPERIMENTATORE

R. Mattuzzi
R. Mattuzzi

DIRETTORE LABORATORIO

dr. F. Shams
F. Shams

mod. 8.6.1.9

KORNGRÖßENANALYSE (GEMÄß: UNI CEN ISO/TS 17892-4)

ANALISI GRANULOMETRICA (NORMA: UNI CEN ISO/TS 17892-4)

TABELLA RIASSUNTIVA

AUFTRAGGEBER/COMMITT.: Funivia Merano 2000
BEZUG/RIF.: Geo 3 - Dr. Geol. M. Irschara
ORT/LOCALITA': Zona sciistica Merano 2000
PROJEKT/PROG.: Costruzione del Bacino Artificiale "Wallpach" per l'innevamento tecnico delle piste
BOHRUNG/SONDAGGIO: SC3
PROBE/CAMP.: C1
TIEFE/PROF. m: 0,2 - 1,7
BESCHREIBUNG/DESCRIZIONE: sabbia con limo color rossastro e ghiaia spigolosa (arenarie)
SIEBUG/SETACCIATURA

Sieb Setaccio	Durchmesser Diametro (mm)	Rückstand Trattenuto (g)	Rückstand Trattenuto (%)	Durchgang Passante (%)
3 1/2"	90,000			
2 1/2"	63,000			
2 1/4"	56,000			
1 3/4"	45,000	0,0	0,0	100,0
1 1/4"	31,500	48,0	2,1	97,9
7/8"	22,400	34,3	3,6	96,4
5/8"	16,000	44,9	5,6	94,4
7/16"	11,200	38,6	7,3	92,7
5/16"	8,000	30,7	8,7	91,3
3,5	5,600	39,4	10,4	89,6
5	4,000	46,0	12,4	87,6
10	2,000	131,0	18,2	81,8
18	1,000	170,5	25,7	74,3
35	0,500	174,8	33,4	66,6
60	0,250	190,2	41,8	58,2
120	0,125	234,1	52,1	47,9
230	0,063	238,8	62,6	37,4
	< 0,063	849,8		37,4
Trockenmasse (g)		2271,1	Massa secca iniziale (g)	
Steine/Ciottoli	0,0	%	D10 mm =	0,0070
Kies/Ghiaia	18,2	%	D30 mm =	0,0390
Sand/Sabbia	44,4	%	D60 mm =	0,3000
Schluff/Limo	33,7	%	Cu coeff.uniformità	42,86
Ton/Argilla	3,7	%	Cc coeff. curvatura	0,72

SEDIMENTATION/SEDIMENTAZIONE

Tempo min	Lettura corretta del densimetro	Diametro grani mm	Passante %
0,50	21,5	0,0630	37,4
1,00	20,2	0,0460	32,1
4,50	15,0	0,0227	23,3
14,00	11,2	0,0133	16,8
54,00	7,2	0,0070	10,0
120	5,3	0,0047	6,8
360	4,2	0,0028	5,0
1440	3,0	0,0014	2,8
Trockenmasse (g)		Massa secco del campione g	35,0
Korndicht g/cm³		Massa specifica dei grani g/cm³	2,70

(valore stimato)

BESCHEINIGUNG/CERTIFICAZIONE NR: 111/839
ANNAHMEDATUM/DATE ACCETTAZIONE: 23/10/19
VERSUCH DATUM/DATE PROVA: 25/10/19

SPERIMENTATORE

R. Mattuzzi

Riccardo Mattuzzi

DIRETTORE LABORATORIO

dr. F. Shams

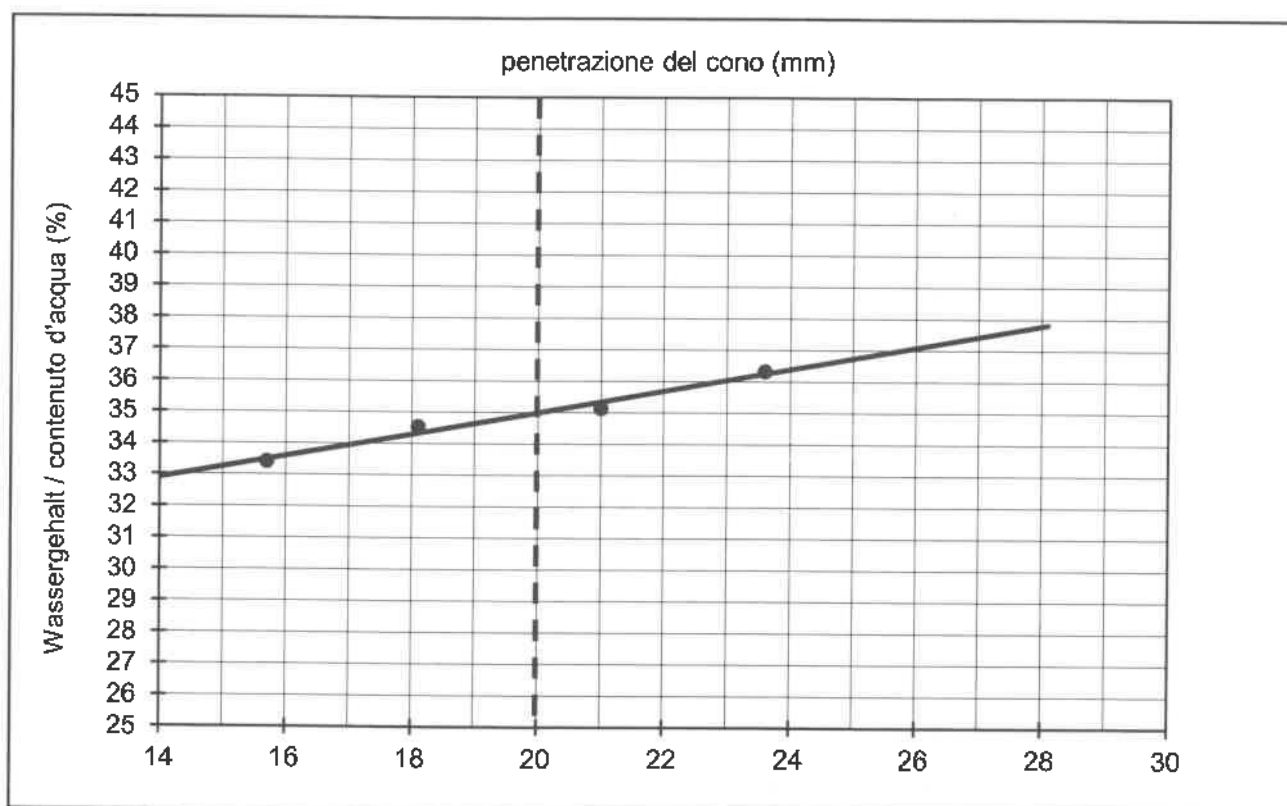
F. Shams

BESTIMMUNG DER ATTERBERG'SCHEN GRENZEN**LIMITI DI ATTERBERG**

(nach/norme: UNI CEN ISO/TS 17892-12)

(Determinazione limite liquido, con penetrometro a cono)

AUFTRAGGEBER/COMMITT.: Funivia Merano 2000
BEZUG/RIF.: Geo 3 - Dr. Geol. M. Irschara
ORT/LOCALITA': Zona sciistica Merano 2000
PROJEKT/PROGETTO: Costruzione del Bacino Artificiale "Wallpach" per l'innevamento tecnico delle piste
BOHRUNG/SONDAGGIO: SC3
PROBE/CAMP.: C1
TIEFE/PROF. m: 0,2 - 1,7
BESCHREIBUNG/DESCRIZIONE: sabbia con limo color rossastro e ghiaia spigolosa (arenarie)



(campione rimaneggiato)

Wassergehalt / Umidità naturale W	34,0
Fließengrenze / Limite liquido WI	35,0
Ausrollgrenze / Limite plastico Wp	24,2
Plastizitätszahl / Indice plastico Ip	10,8

Classificazione:

CNR - UNI
CASAGRANDECM: argilla di media
plasticità

TM: mittel plastische Tone

VERSUCH AM SIEBDURCHGANG VON SIEB 0.4 mm.
PROVA ESEGUITA SULLA FRAZIONE PASSANTE AL SETACCIO 0.4 mm.

BESCHEINIGUNG/CERTIFICAZIONE NR: 111/840
 ANNAHMEDATUM/DATE ACCETTAZIONE: 23/10/19
 VERSUCH DATUM/DATE PROVA: 05/11/19

VERBALE ACCETTAZIONE NR: 111/23.10.19

KORNGRÖßENANALYSE (GEMÄß: UNI CEN ISO/TS 17892-4)

ANALISI GRANULOMETRICA (NORMA: UNI CEN ISO/TS 17892-4)

AUFTRAGGEBER/COMMITT.: **Funivia Merano 2000**

BEZUG/RIF.: **Geo 3 - Dott. geol. M. Irschara**

ORT/LOCALITA': **Zona sciistica Merano 2000**

PROJEKT/PROG.: **Costruzione del Bacino Artificiale "Wallpach" per l'innevamento tecnico delle piste**

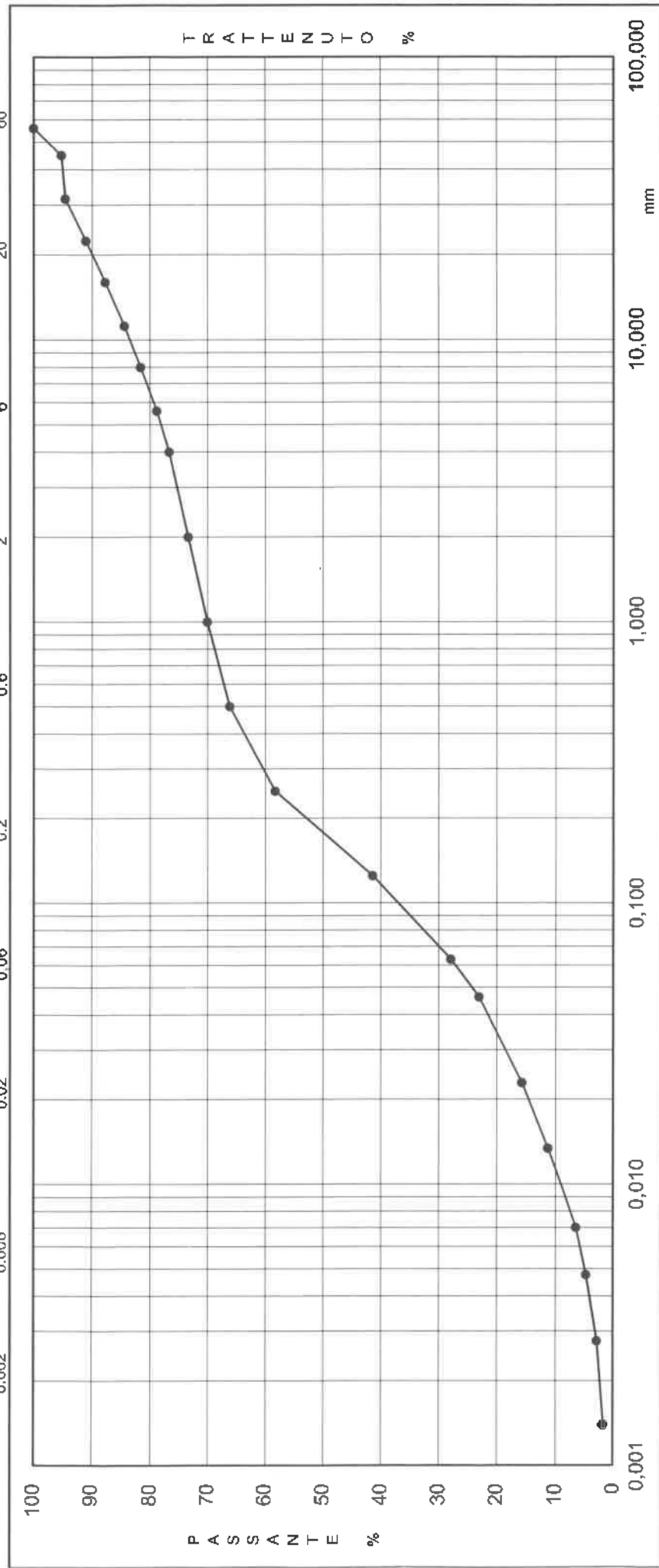
BESCHREIBUNG/DESCRIZIONE sabbia con limo color marrone e con ghiaia spigolosa (arenaria)

BOHRUNG/SONDAGGIO: **SC4**

PROBE/CAMP: **C2**

TIEFE/PROF. m: **0,2 - 1,3**

ARGILLA	LIMO			SABBIA			GHIAIA			CIOTTOLI
	Fine	Medio	Grosso	Fine	Medio	Grosso	Fine	Medio	Grosso	
	0.002	0.006	0.02	0.06	0.2	0.6	2	6	20	80



BESCHEINIGUNG/CERTIFICAZIONE NR: 111/841
ANNAHME DATUM/DATA ACCETTAZIONE: 23/10/19
VERSUCH DATUM/DATA PROVA: 25/10/19

SPERIMENTATORE

R. Matuzzi
R. Matuzzi

DIRETTORE LABORATORIO

dra F. Shams
F. Shams

KORNGRÖßENANALYSE (GEMÄß: UNI CEN ISO/TS 17892-4)

ANALISI GRANULOMETRICA (NORMA: UNI CEN ISO/TS 17892-4)

TABELLA RIASSUNTIVA

AUFTRAGGEBER/COMMITT.: Funivia Merano 2000
BEZUG/RIF.: Geo 3 - Dott. geol. M. Irschara
ORT/LOCALITA': Zona sciistica Merano 2000
PROJEKT/PROG.: Costruzione del Bacino Artificiale "Wallpach" per l'innevamento tecnico delle piste
BOHRUNG/SONDAGGIO: SC4
PROBE/CAMP.: C2
TIEFE/PROF. m: 0,2 - 1,3
BESCHREIBUNG/DESCRIZIONE: sabbia con limo color marrone e con ghiaia spigolosa (arenaria)
SIEBUG/SETACCIATURA

Sieb Setaccio	Durchmesser Diametro (mm)	Rückstand Trattenuto (g)	Rückstand Trattenuto (%)	Durchgang Passante (%)
3 1/2"	90,000			
2 1/2"	63,000			
2 1/4"	56,000	0,0	0,0	100,0
1 3/4"	45,000	199,0	4,8	95,2
1 1/4"	31,500	28,1	5,4	94,6
7/8"	22,400	145,8	8,9	91,1
5/8"	16,000	140,0	12,3	87,7
7/16"	11,200	138,1	15,6	84,4
5/16"	8,000	115,6	18,4	81,6
3/5	5,600	116,8	21,2	78,8
5	4,000	89,6	23,3	76,7
10	2,000	138,5	26,7	73,3
18	1,000	137,5	30,0	70,0
35	0,500	161,9	33,8	66,2
60	0,250	330,2	41,8	58,2
120	0,125	702,1	58,6	41,4
230	0,063	563,5	72,1	27,9
	< 0,063	1162,6		27,9
Trockenmasse (g)		4169,3	Massa secca iniziale (g)	
Steine/Ciottoli	0,0 %		D10 mm =	0,0115
Kies/Ghiaia	26,7 %		D30 mm =	0,0700
Sand/Sabbia	45,5 %		D60 mm =	0,3000
Schluff/Limo	25,7 %		Cu coeff.uniformità	26,09
Ton/Argilla	2,2 %		Cc coeff. curvatura	1,42

SEDIMENTATION/SEDIMENTAZIONE

Tempo min	Lettura corretta del densimetro	Diametro grani mm	Passante %
0,50	20,8	0,0630	27,9
1,00	19,5	0,0463	23,0
4,50	13,7	0,0230	15,7
14,00	10,2	0,0134	11,3
54,00	6,4	0,0070	6,5
120	5,0	0,0048	4,7
360	3,5	0,0028	2,8
1440	2,7	0,0014	1,7
Trockenmasse (g)		Massa secco del campione g	
Korndicht g/cm³		Massa specifica dei grani g/cm³	
		2,70	

(valore stimato)

BESCHEINIGUNG/CERTIFICAZIONE NR: 111/841
ANNAHMEDATUM/DATE ACCETTAZIONE: 23/10/19
VERSUCH DATUM/DATE PROVA: 25/10/19

SPERIMENTATORE

R. Manzoni

DIRETTORE LABORATORIO

dr. F. Shams

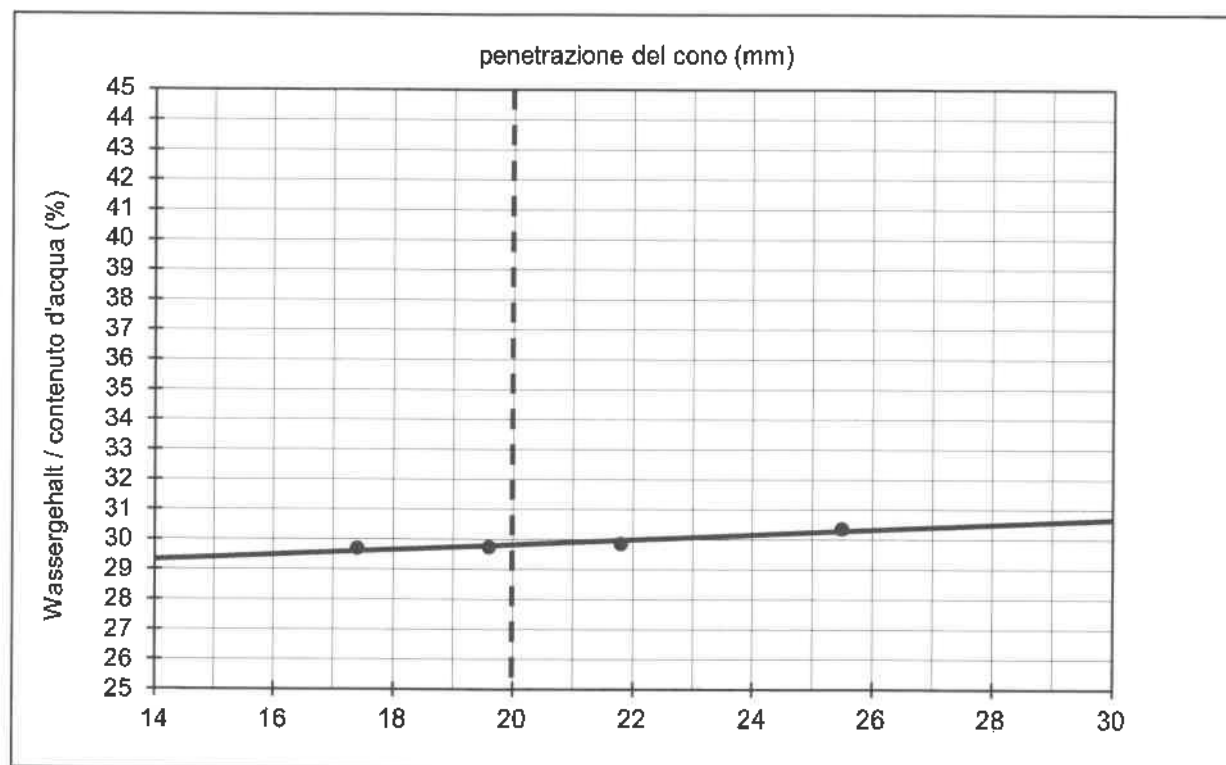
BESTIMMUNG DER ATTERBERG'SCHEN GRENZEN

LIMITI DI ATTERBERG

(nach/norme: UNI CEN ISO/TS 17892-12)

(Determinazione limite liquido, con penetrometro a cono)

AUFTRAGGEBER/COMMITT.: Funivia Merano 2000
BEZUG/RIF.: Geo 3 - Dr. Geol. M. Irschara
ORT/LOCALITA': Zona sciistica Merano 2000
PROJEKT/PROGETTO: Costruzione del Bacino Artificiale "Wallpach" per l'innevamento tecnico delle piste
BOHRUNG/SONDAGGIO: SC4
PROBE/CAMP.: C2
TIEFE/PROF. m: 0,2 - 1,3
BESCHREIBUNG/DESCRIZIONE: sabbia con limo color marrone e con ghiaia spigolosa (arenaria)



(campione rimaneggiato)

Wassergehalt / Umidità naturale W	23,2
Fließgrenze / Limite liquido WL	29,8
Ausrollgrenze / Limite plastico Wp	22,3
Plastizitätszahl / Indice plastico Ip	7,6

Classificazione:

CNR - UNI
CASAGRANDE

CL: argilla di bassa plasticità

TL: leicht plastische Tone

VERSUCH AM SIEBDURCHGANG VON SIEB 0.4 mm.
PROVA ESEGUITA SULLA FRAZIONE PASSANTE AL SETACCIO 0.4 mm.

BESCHEINIGUNG/CERTIFICAZIONE NR: 111/842
ANNAHMEDATUM/DATA ACCETTAZIONE: 23/10/19
VERSUCH DATUM/DATA PROVA: 04/11/19

SPERIMENTATORE

R. Mattuzzi

DIRETTORE LABORATORIO

dr. F. Shams

BESTIMMUNG DES PUNKTLASTFESTIGKEITSINDEX
PROVA DI RESISTENZA POINT LOAD TEST (norma ISRM 1985)

AUFTRAGGEBER/COMMITT.: **Funivia Merano 2000**

BEZUG/RIF.: Geo 3 - Dr. Geol. M. Irschara

ORT/LOCALITA': **Zona sciistica Merano 2000**

PROJEKT/PROG.: Costruzione del Bacino Artificiale "Wallpach" per l'innevvamento tecnico delle piste

BESCHREIBUNG/DESCRIZIONE: Roccia arenaria

BOHRUNG/SONDAGGIO:

S2 - 1

PROBE/CAMP.:

S2 - 2

TIEFE/PROF. m:

CAMPIONE	PROFONDITA' (m)	orientamento della prova rispetto alla direzione di stratificazione			superficie di rottura	distanza tra le punte (mm)	larghezza media nel punto di carico (mm)	P (kN)	Is (MPa)	σ_c (Mpa)	Note
		//	⊥	discontinuità strutturali							
S2-1			X		rugosa, ondulata	70	62	1,65	0,43	10,22	Roccia a grana fine
S2-1		X			rugosa, ondulata	79	74	0,76	0,16	3,76	Roccia a grana fine
S2-1			X		rugosa, ondulata	85	80	1,94	0,36	8,58	Roccia a grana fine
S2-1		X			rugosa, ondulata	79	74	1,84	0,38	9,12	Roccia a grana fine
S2-2		X			rugosa, scabrosa	79	74	5,12	1,06	25,36	Roccia a grana grossa
S2-2		X			rugosa, scabrosa	79	75	1,84	0,38	9,02	Roccia a grana grossa
S2-2			X		rugosa, scabrosa	79	72	5,12	1,08	25,89	Roccia a grana grossa
S2-2			X		rugosa, scabrosa	79	71	13,59	2,89	69,45	Roccia a grana grossa

P = carico a rottura

Is = indice di resistenza

σ_c = compressione monoassiale

BESCHEINIGUNG/CERTIFICAZIONE NR: 111/843

ANNAHMEDATUM/DATA ACCETTAZIONE: 23/10/19

VERSUCH DATUM/DATA PROVA: 24/10/19

SPERIMENTATORE

R. Mattozzi

DIRETTORE LABORATORIO

dr.F. Shams

AUFTRAGGEBER/COMMITT.:Funivia Merano 2000

BOHRUNG/SONDAGGIO:S2 - 3

BEZUG/RIF.:Geo 3 - Dr. Geol. M. Irschara

PROBE/CAMP.:S2 - 4

ORT/LOCALITA':Zona sciistica Merano 2000

TIEFE/PROF. m:

PROJEKT/PROG.:Costruzione del Bacino Artificiale "Wallpach" per l'innevvamento tecnico delle piste

BESCHREIBUNG/DESCRIZIONE:Roccia arenaria

CAMPIONE	PROFONDITA' (m)	orientamento della prova rispetto alla direzione di stratificazione			superficie di rottura	distanza tra le punte (mm)	larghezza media nel punto di carico (mm)	P (kN)	Is (MPa)	σ_c (Mpa)	Note
		//	⊥	discontinuità strutturali							
S2-3		X			rugosa, scabrosa	79	75	8,44	1,72	41,39	Roccia a grana media
S2-3		X			rugosa, scabrosa	79	73	3,06	0,64	15,31	Roccia a grana media
S2-3			X		rugosa, scabrosa	65	60	5,22	1,46	35,03	Roccia a grana media
S2-3			X		rugosa, scabrosa	58	52	7,54	2,56	61,36	Roccia a grana media
S2-4		X			rugosa, scabrosa	79	74	4,72	0,97	23,38	Roccia a grana grossa
S2-4		X			rugosa, scabrosa	79	72	4,92	1,04	24,88	Roccia a grana grossa
S2-4		X			rugosa, scabrosa	79	74	5,71	1,18	28,29	Roccia a grana grossa
S2-4		X			rugosa, scabrosa	79	72	6,82	1,44	34,49	Roccia a grana grossa
S2-4			X		rugosa, scabrosa	73	67	6,91	1,63	39,13	Roccia a grana grossa
S2-4			X		rugosa, scabrosa	72	66	5,63	1,36	32,58	Roccia a grana grossa

P = carico a rottura

Is = indice di resistenza

σ_c = compressione monoassiale

LOS ANGELESVERSUCH (GEMÄß CNR 34)**PROVA DI LOS ANGELES** (NORME: CNR 34)

(DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA ALLA FRANTUMAZIONE)

AUFTRAG./COMMIT.: Funivia Merano 2000
BEZUG/RIFERIMENTO: Geo 3 - Dr. Geol. M. Irschara
ORT/LOCALITA': Zona sciistica Merano 2000
PROJEKT/PROGETTO: Costruzione del Bacino Artificiale "Wallpach"
 per l'innevamento tecnico delle piste
PROBE/CAMP.: S2 (1-2-3-4)

BESCHREIBUNG/DESCRIZIONE: Roccia arenaria, a grana da grossa a fine.**CLASSIFICAZIONE GENERALE UNI EN 13242****KATEGORIE/CAT.:****LA₇₀**

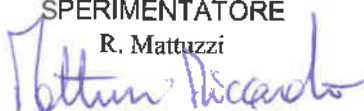
PROCEDIMENTO PER AGGREGATI < 38.10 mm					
Aperture setacci ASTM		massa in g delle classi del campione di prova			
Passante al	Trattenuto al	A	B	C	D
38.10 mm	25.40 mm	1250 ± 25	...	...	
25.40 mm	19.00 mm	1250 ± 25	...	...	
19.00 mm	12.70 mm	1250 ± 10	2500 ± 10	...	
12.70 mm	9.51 mm	1250 ± 10	2500 ± 10	...	
9.51 mm	6.35 mm	...	...	2500 ± 10	5000 ± 10
6.35 mm	4.76 mm	...	...	2500 ± 10	
4.76 mm	2.38 mm	...	...	...	

campione prova totale	5000 ± 10			
numero di giri del cilindro	500			
carico abrasivo (sfere)	numero	12	11	8
	massa	5000 ± 25	4584 ± 25	3330 ± 20
				2500 ± 15

CARATTERISTICHE FISICHE DEL CAMPIONE DI PROVA			
il campione di prova è conforme alla classe			
massa iniziale del campione di prova	P ₁	g	5003
massa finale del trattenuto al setaccio da 1.68 mm	P ₂	g	1658
Coefficiente Los Angeles L. A.	(5000 - m)/50	%	67

BESCHEINIGUNG/CERTIFICAZIONE NR: 111/845
ANNAHMEDATUM/DATE ACCETTAZIONE: 23/10/19
VERSUCH DATUM/DATE PROVA: 28/10/19

SPERIMENTATORE
 R. Mattuzzi



DIRETTORE LABORATORIO
 dr. F. Shams



GEMEINDE HAFLING
COMUNE DI AVELENGO

AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE

**SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN
INDAGINI SISMICHE**

**AUTONOME PROVINZ BOZEN SÜDTIROL
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO ALTO ADIGE**

**GEMEINDE HAFLING
COMUNE DI AVELENGO**

**REFRAKTIONSSEISMISCHE
UNTERSUCHUNGEN
und
SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN
MASW+ReMi+HVSr**

**Errichtung des Speicherbeckens
„Wallpach“ für die technische
Beschneidung der Schipisten im
Skigebiet Meran 2000**

**INDAGINI SISMICHE
A RIFRAZIONE
e
INDAGINI SISMICHE
MASW+ReMi+HVSr**

**Costruzione del bacino artificiale
„Wallpach“ per l'innevamento
tecnico delle piste da sci nella
zona sciistica Merano 2000**



**GEOSEISMISCHES GUTACHTEN – REFRAKTIONSSEISMISCHE
UNTERSUCHUNGEN**

**SEISMISCHE UNTERSUCHUNG ZUR BEWERTUNG DES PROFILS DER
SCHERWELLEN-GESCHWINDIGKEIT – V_s / V_{s30}**

entsprechend den Technischen Vorschriften für Bauwerke
(M.D. 17. Januar 2018 – „Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni“)

RELAZIONE GEOSISMICA – INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

**INDAGINE SISMICA PER LA VALUTAZIONE DEL PROFILO DELLA VELOCITÀ
DELLE ONDE DI TAGLIO – V_s / V_{s30}**

ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni
(D.M. 17 gennaio 2018 - „Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni“)

Brixen / Bressanone, 12/11/2019




**REFRAKTIONSSEISMISCHE
UNTERSUCHUNGEN
und
SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN
MASW+ReMi+HVSr**

**Errichtung des Speicherbeckens
„Wallpach“ für die technische
Beschneidung der Schipisten im
Skigebiet Meran 2000**

**GEOSEISMISCHES GUTACHTEN –
REFRAKTIONSSEISMISCHE
UNTERSUCHUNG**

**SEISMISCHE UNTERSUCHUNG
ZUR BEWERTUNG DES PROFILS
DER SCHERWELLEN-
GESCHWINDIGKEIT – V_s / V_{s30}**

entsprechend den Technischen Vorschriften für
Bauwerke (M.D. 17. Januar 2018 – „Aggiornamento delle
Norme tecniche per le costruzioni“)

**INDAGINI SISMICHE
A RIFRAZIONE
e
INDAGINI SISMICHE
MASW+ReMi+HVSr**

**Costruzione del bacino artificiale
„Wallpach“ per l’innervamento
tecnico delle piste da sci nella zona
sciistica Merano 2000**

**RELAZIONE GEOSISMICA – INDAGINE
SISMICA A RIFRAZIONE**

**INDAGINE SISMICA
PER LA VALUTAZIONE
DEL PROFILO DELLA VELOCITÀ DELLE
ONDE DI TAGLIO – V_s / V_{s30}**

ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M.
17 gennaio 2018 – „Aggiornamento delle Norme
tecniche per le costruzioni“)

INHALTSVERZEICHNIS / SOMMARIO

1	EINLEITUNG.....	3
1	INTRODUZIONE	3
1.1	Vorbemerkung.....	3
1.1	Premessa	3
1.2	Lagebeschreibung	4
1.2	Descrizione del sito.....	4
1.3	Methodik und Grundlagen	4
1.3	Metodologia e informazioni di base.....	4
1.3.1	Bibliographie, Dokumente und Projektunterlagen.....	6
1.3.1	Bibliografia, documenti ed elaborati di progetti esistenti.....	6
	GEOSEISMISCHES GUTACHTEN REFRAKTIONSSEISMISCHE UNTERSUCHUNG	7
	RELAZIONE GEOSISMICA INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE.....	7
2	REFRAKTIONSSEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN – AUSARBEITUNG MITTELS TOMOGRAFIE	7
2	INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE - ELABORAZIONE CON TECNICA TOMOGRAFICA.....	7
2.1	Ergebnisse der Untersuchungen.....	8
2.1	Risultati di sintesi	8
2.1.1	Reißbarkeit des Untergrundes	9
2.1.1	Escavabilità del terreno.....	9
	SEISMISCHE UNTERSUCHUNG ZUR BEWERTUNG DES PROFILS DER SCHERWELLENGESCHWINDIGKEIT – V_s / V_{s30}	11
	INDAGINE SISMICA PER LA VALUTAZIONE DEL PROFILO DELLA VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO – V_s / V_{s30}.....	11
3	BEWERTUNG DES PARAMETERS V_s / V_{s30} UND DER HAUPTSCHWINGFREQUENZEN	11
3	VALUTAZIONE DEL PARAMETRO V_s / V_{s30} E FREQUENZE PRINCIPALI DI VIBRAZIONE.....	11
3.1	Parameter V_s / V_{s30}	11
3.1	Parametro V_s / V_{s30}	11

3.2	<i>Hauptschwingfrequenzen des Bodens</i>	12
3.2	<i>Frequenze principali di vibrazione del terreno</i>	12
4	STRATIGRAFISCHE MODELLIERUNG	12
4	MODELLAZIONE SISMICA	12
4.1	<i>Baugrundklasse</i>	13
4.1	<i>Categoria di sottosuolo</i>	13
5	WEITERE MÖGLICHE VERSTÄRKUNGEN DER SEISMISCHEN ERSCHÜTTERUNGEN IM UNTERSUCHUNGSGEBIET	14
5	ULTERIORI POSSIBILI AMPLIFICAZIONI DEL MOTO SISMICO NEL SITO IN ESAME	14
5.1	<i>Hauptschwingfrequenzen von Gebäuden</i>	14
5.1	<i>Frequenze principali di vibrazione per edifici</i>	14
5.2	<i>Topografische Kategorie</i>	16
5.2	<i>Categoria topografica</i>	16
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN	17
6	CONCLUSIONI.....	17

ANLAGEN / ALLEGATI

- 1) LAGEPLAN und LOKALISIERUNG DER DURCHGEFÜHRTEN UNTERSUCHUNGEN
PLANIMETRIA e LOCALIZZAZIONE INDAGINI ESEGUITE
- 2) REFRAKTIONSSEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN
INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE
- 3) SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN MASW, ReMi und HVSR
INDAGINI SISMICHE MASW, ReMi e HVSR

**REFRAKTIONSSEISMISCHE
UNTERSUCHUNGEN
und
SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN
MASW+ReMi+HVSr**

**Errichtung des Speicherbeckens
„Wallpach“ für die technische
Beschneidung der Schipisten im
Skigebiet Meran 2000**

**INDAGINI SISMICHE
A RIFRAZIONE
e
INDAGINI SISMICHE
MASW+ReMi+HVSr**

**Costruzione del bacino artificiale
„Wallpach“ per l'innevamento
tecnico delle piste da sci nella zona
sciistica Merano 2000**

1 EINLEITUNG

1.1 Vorbemerkung

Die vorliegende seismische Studie erfolgte im Hinblick auf die Bestimmung des Untergrundes mittels refraktionsseismischer Untersuchungen und der Bewertung des Profils der Scherwellengeschwindigkeit Vs30 im Bereich des geplanten Speicherbeckens „Wallpach“ im Skigebiet Meran 2000, in der Gemeinde Habfling (BZ).

Die Studie erfolgte in Übereinstimmung mit den *Technischen Vorschriften für Bauwerke (NTC)*, dem *M.D. 17. Januar 2018 – „Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni“*.

In den technischen Angaben am Ende des Textes sind die Durchführungsarten sowie die technischen Eigenschaften des verwendeten Geräts beschrieben. Für dieses werden außerdem auch die theoretischen Grundlagen für die Interpretation und die entsprechenden bibliographischen Bezugsdaten wiedergegeben.

Das vorliegende Gutachten ist in folgende Fachberichte unterteilt:

Geoseismisches Gutachten mit der Interpretation der durchgeführten refraktionsseismischen Untersuchungen.

Seismische Untersuchung zur **Bewertung des Profils der Scherwellengeschwindigkeit – Vs / Vs30**.

1 INTRODUZIONE

1.1 Premessa

Il presente studio sismico è stato elaborato per la caratterizzazione del sottosuolo tramite indagini a rifrazione e per la valutazione del profilo della velocità delle onde di taglio Vs30 presso il bacino artificiale previsto nella zona sciistica Merano 2000, nel Comune di Avelengo (BZ).

La perizia è stata elaborata in ottemperanza alle *Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)* - *D.M. 17 gennaio 2018 - „Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni“*.

Nelle note tecniche a fine testo sono descritte le modalità esecutive nonché le caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata per effettuare le indagini eseguite, per queste vengono inoltre riportate le basi teoriche relative all'interpretazione ed i corrispondenti riferimenti bibliografici.

La presente relazione suddivisa le seguenti relazioni specialistiche:

Relazione geosismica con interpretazione dell'indagine sismica a rifrazione ivi eseguita.

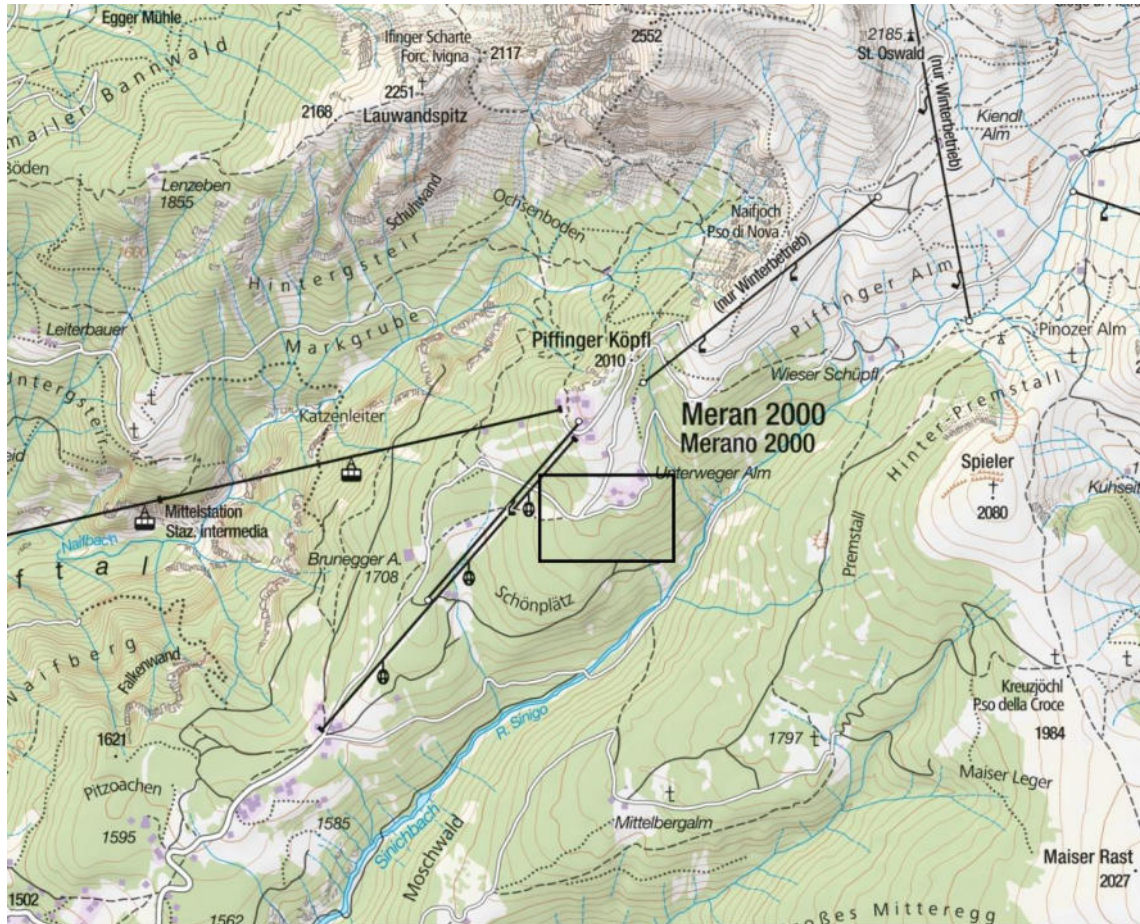
Indagine sismica per **la valutazione del profilo della velocità delle onde di taglio – Vs / Vs30**.

1.2 Lagebeschreibung

Das Projektgebiet liegt im Skigebiet Meran 2000, südlich des Piffinger Köpfles auf einer Kote von ca. 1.900 m ü.M.

1.2 Descrizione del sito

L'area in esame si trova nella zona sciistica di Merano 2000, a sud del cucuzzolo "Piffinger Köpfle", ad una quota di ca. 1.900 m s.l.m..



Auszug aus der Wanderkarte „Kompass“ / Stralcio dalla carta escursionistica „Kompass“

1.3 Methodik und Grundlagen

Im Untersuchungsgebiet wurden neben einer geologischen und geomorphologischen Detailkartierung, folgende seismische Untersuchungen durchgeführt, um die geologischen Gegebenheiten des Untersuchungsgebietes beurteilen zu können:

- 4 seismische Geophonauslagen für die refraktionsseismischen Untersuchungen und für die seismischen Untersuchungen des Typs MASW und ReMi:

I. Geophonauslage: 25 Geophone; L= 120 m;
II. Geophonauslage: 25 Geophone; L= 120 m;

1.3 Metodologia e informazioni di base

Nell'area in esame sono state effettuate oltre ad un rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio, le seguenti indagini sismiche al fine di poter fornire indicazioni di interesse per la valutazione geologica del sito:

- N. 4 stendimenti sismici per indagini sismiche a rifrazione e per indagini sismiche di tipo MASW e ReMi:

I. Stendimento: 25 geofoni; L= 120 m;
II. Stendimento: 25 geofoni; L= 120 m;

III. Geophonauslage: 2 x 25 Geophone; L= 184 m;

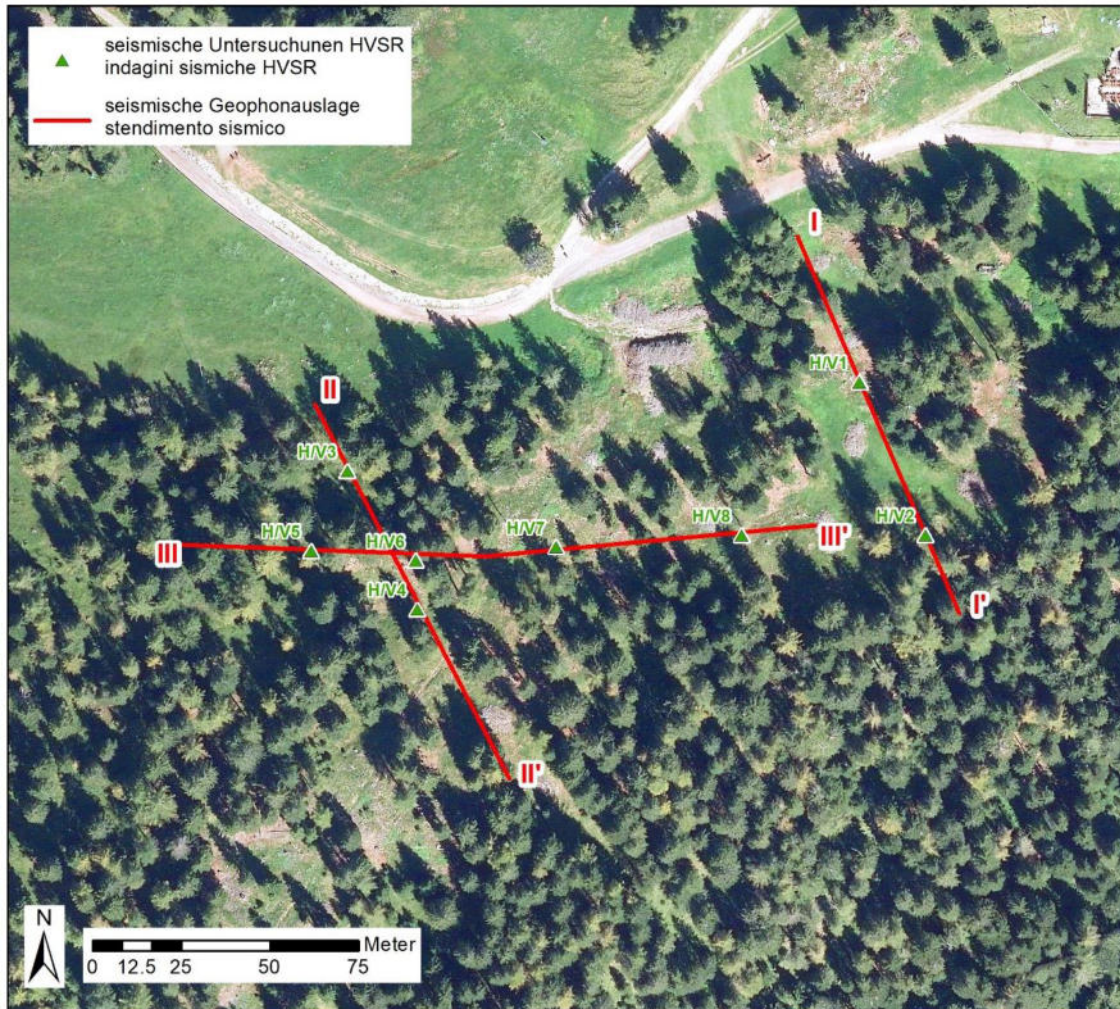
- 8 punktuelle, passive seismische Untersuchungen vom Typ HVSR.

Sämtliche durchgeführten Untersuchungen wurden mittels GIS - Datenerfassungsgerät Leica Zeno 20 (Zentimetergenauigkeit) vermessen.

III. Stendimento: 2 x 25 geofoni; L= 184 m;

- N. 8 indagini sismiche passive a stazione singola tipo HVSR.

Tutte le indagini sono state localizzate mediante lo strumento di acquisizione dati GIS Leica Zeno 20 (precisione centimetrica).



Lokalisierung der Untersuchungen - Orthofoto 2014 / Localizzazione delle indagini - ortofoto 2014

Bei diesen Untersuchungen handelt es sich um indirekte Untersuchungsmethoden an der Oberfläche (Oberflächengeophysik). Durch direkte Untersuchungen (Bohrungen und Baggerschurf) wurden die erhaltenen Ergebnisse detaillierter geeicht und verifiziert.

Die Untersuchungen umfassen außerdem die Ermittlung von weiteren Elementen, welche die Ausbreitung der seismischen Wellen

Si tratta di indagini indirette di superficie (geofisica di superficie).

Con ulteriori indagini dirette (sondaggi e scavi geognostici) è stato possibile effettuare una taratura più dettagliata dei risultati ottenuti.

Le indagini hanno inoltre compreso l'accertamento di ulteriori elementi che influenzano la propagazione delle onde

beeinflussen, wie bspw. die Präsenz und eventuelle Tiefe eines steifen Untergrundes oder einer ähnlichen Formation (wie in den NTC vorgeschrieben; Absatz 7.11.2).

Für das Untersuchungsgebiet wird auch die Abschätzung der Hauptschwingfrequenzen des Bodens wiedergegeben (hervorgerufen durch steifere Schichten oder ähnlichem in der Tiefe). Der Vergleich derselben mit der Abschätzung der Hauptschwingfrequenz der geplanten Struktur erlaubt die Prüfung von eventuell möglichen Verstärkungserscheinungen, die durch Resonanzphänomene hervorgerufen werden können.

1.3.1 Bibliographie, Dokumente und Projektunterlagen

Beim Ortsaugenschein erfolgte neben einer geomorphologischen Kartierung auch eine Analyse der topografischen Situation. Es wurde nachfolgendes Kartenmaterial verwendet:

- Topographische Karte im Maßstab 1:25.000, Blatt 4-II-SW und 10-I-NW
- Technische Grundkarte im Maßstab 1:5.000; Blatt 10110
- Orthofotos verschiedener Jahrgänge
- Schummerungskarten (DTM)
- Geologische Karte von Italien
- geologische Karten des CARG- Projektes
- thematische Karten

sismiche quali la presenza e l'eventuale profondità di un substrato rigido od una formazione ad esso assimilabile (come prescritto dalle NTC; paragrafo 7.11.2).

Per l'area si fornisce infatti anche la stima delle frequenze principali di vibrazione del terreno (generati dalla presenza in profondità di substrati rigidi o assimilabili).

Il confronto di questi con la stima delle frequenze principali di vibrazione della struttura in oggetto consente di verificare se sono possibili fenomeni amplificativi dovuti a risonanza.

1.3.1 Bibliografia, documenti ed elaborati di progetti esistenti

In fase di sopralluogo accanto al rilievo geomorfologico è stata inoltre analizzata la situazione topografica.

Sono state utilizzate le seguenti carte:

- Carta topografica in scala 1:25.000,
- Foglio 4-II-SW e 10-I-NW
- Carta Tecnica in scala 1:5.000; foglio 10110
- Ortofoto di diversi anni
- Carta delle ombreggiature (DTM)
- Carta geologica d'Italia
- Carte geologiche del progetto CARG
- Carte tematiche

GEOSEISMISCHES GUTACHTEN REFRAKTIONSSEISMISCHE UNTERSUCHUNG

2 REFRAKTIONSSEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN – AUSARBEITUNG MITTELS TOMOGRAFIE

Im Untersuchungsgebiet wurden refraktionsseismische Untersuchungen durchgeführt, um die geologischen Gegebenheiten des Untersuchungsgebietes beurteilen zu können.

Die refraktionsseismischen Untersuchungen wurden entlang der in Anlage 1 dargestellten Geophonauslagen durchgeführt. Die erhaltenen seismischen, tomographischen Profile sind in der Anlage 2 dargestellt. Es wird darauf hingewiesen, dass mit dieser Technik die erreichbaren Tiefen in einer ersten Abschätzung mit ca. $1/3 - 1/4$ der Gesamtlänge der seismischen Geophonauslage angegeben werden können.

Mit der Refraktionsseismik kann die Ausbreitungsgeschwindigkeit der p-Wellen der in der Tiefe vorhandenen Schichten bestimmt werden. Zu beachten sind dabei die in den technischen Angaben angeführten Einschränkungen.

Bei der Auswertung der Untersuchung mittels Tomographie werden Änderungen der Ausbreitungsgeschwindigkeit der seismischen Wellen mit einem hohen Auflösungsvermögen ermittelt. Dabei erhält man bedeutend genauere Profile als mit konventionellen Interpretationstechniken der Refraktionsseismik. Für diesen Typ von Auswertung braucht es eine größere Anzahl von gekoppelten Sendern- Empfänger, weshalb mehrere Anregungspunkte benutzt wurden.

Diese Technik erlaubt mittels Festlegung der Erstantunftszeiten und basierend auf der Aufnahmegeometrie (wie in der klassischen Refraktionsseismik) die Rekonstruktion eines Geschwindigkeitsmodells. Letzteres ergibt sich aus dem Zusammenspiel und dem Vergleich der Erstantunftszeiten des Modelles mit den gemessenen Erstantunftszeiten, bis hin zur besten Übereinstimmung.

RELAZIONE GEOSISMICA INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

2 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE - ELABORAZIONE CON TECNICA TOMOGRAFICA

Nell'area in esame sono state effettuate indagini sismiche a rifrazione al fine di poter fornire indicazioni di interesse per la valutazione geologica del sito.

Le indagini sismiche a rifrazione sono state effettuate lungo gli stendimenti riportati in allegato 1. I profili sismici, tomografici, ottenuti sono riportati in allegato 2. Si evidenzia che con tale tecnica le profondità raggiungibili sono stimabili in prima approssimazione pari a circa $1/3 - 1/4$ della lunghezza totale dello stendimento.

Con la sismica a rifrazione è possibile definire le velocità di propagazione delle onde p negli strati di terreni presenti in profondità. Da considerare le limitazioni esaurientemente esposte nelle note tecniche riportate in seguito.

L'elaborazione dell'indagine con tecnica tomografica consente di individuare anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, ottenendo profili sismici decisamente più accurati rispetto alle tradizionali tecniche interpretative della sismica a rifrazione. Per questo tipo di elaborazione è necessario un maggior numero di coppie sorgenti/ricevitori, sono quindi stati incrementati i punti di energizzazione.

Questa tecnica consente, tramite l'individuazione dei tempi di primo arrivo e sulla base della geometria di acquisizione (come nella sismica a rifrazione classica), di ricostruire un modello di velocità ottenuto per successive interazioni, sino alla migliore sovrapposizione tra tempi di primo arrivo del modello e tempi di primo arrivo misurati.

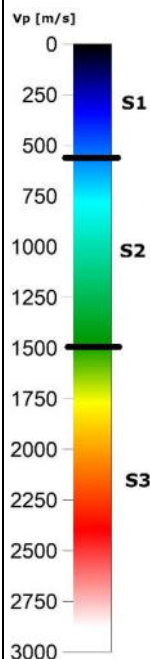
Es ist anzumerken, dass die zur Verfügung stehenden Daten an den Enden der Geophonauslagen spärlich sind und somit die Interpretation der Tiefe in diesen Zonen Unsicherheiten aufweist.

Die Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe der Software RAYFRACT (Intelligent Resources Inc.), mit tomographischer Inversion vom Typ WET (Wavepath Eikonal Traveltime), also Berechnung der Wellenverläufe mittels Finites Differenzen Methode. Die Software RAYFRACT erlaubt auch die Auswertung leicht geknickter Geophonauslagen (mit mäßigem Winkel). Die ausgearbeiteten Schnitte folgen solchen Knicken.

2.1 Ergebnisse der Untersuchungen

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in den Schnitten in Anlage 2 angegeben. Die Untersuchungen zeigten die Präsenz von drei seismischen Schichten im Untergrund, charakterisiert durch die signifikante Ausbreitungsgeschwindigkeit der p-Wellen.

- seismische Schicht 1:
mit Wellenausbreitungsgeschwindigkeiten V_p von <600 m/s: oberflächliche Schuttböden mittlerer Verdichtung;
- seismische Schicht 2:
in unterschiedlichen Tiefen (siehe seismischer Schnitt in Anlage 2), mit Wellenausbreitungsgeschwindigkeiten V_p von $600 - 1.500$ m/s: vermutliche Verwitterungskruste und/oder geklüfteter Felsuntergrund und/oder stark verdichtete Schuttböden;
- seismische Schicht 3:
in weiterer Tiefe (siehe seismischer Schnitt, Anlage 2), mit Wellenausbreitungsgeschwindigkeiten V_p von >1.500 m/s: vermutlich Felsuntergrund mittlerer - guter Kompaktheit (der mit zunehmender Tiefe besser wird).



Da considerare che presso i limiti esterni degli stendimenti i dati a disposizione per l'elaborazione sono decisamente ridotti, e quindi l'interpretazione in profondità in queste zone presenta maggiori incertezze.

Il processing dei dati è stato eseguito utilizzando il programma RAYFRACT (Intelligent Resources Inc.), con inversione tomografica tipo WET (Wavepath Eikonal Traveltime) con calcolo delle traiettorie d'onda alle differenze finite. Il software RAYFRACT consente l'elaborazione anche lungo stendimenti con leggere linee spezzate (con modesti angoli), le sezioni elaborate sono relative allo sviluppo lungo queste spezzate.

2.1 Risultati di sintesi

I risultati di sintesi sono esposti nelle sezioni in Allegato 2. Le indagini hanno consentito di rilevare tre sismostrati principali presenti nel sottosuolo investigato, caratterizzati da significative differenze della velocità di propagazione delle onde p.

- sismostrato 1:
con velocità di propagazione delle onde sismiche V_p <600 m/s: presenza di terreni detritici di medio addensamento;
- sismostrato 2:
In approfondimento (vedasi sezioni sismiche in allegato 2), con velocità di propagazione delle onde sismiche V_p $600 - 1.500$ m/s: è presumibile la presenza del cappellaccio del substrato roccioso e/o substrato roccioso molto disaggregato e/o terreni detritici molto addensati;
- sismostrato 3:
In ulteriore approfondimento (vedasi sezioni sismiche in allegato 2), con velocità di propagazione delle onde sismiche V_p >1.500 m/s: presumibile presenza del substrato roccioso di medio - buona compattezza (che migliora con la profondità).

In der Folge wird eine Tabelle aus der Literatur, die die Übereinstimmung Vp - lithologische Unterteilung (wie oben erwähnt) zeigt, wiedergegeben. Es ist zu berücksichtigen, dass die verwendeten Methoden schnelle und effiziente Systeme darstellen, um innerhalb von großräumigen Flächen die Interessenszonen zerstörungsfrei zu erkunden.

Es wird allerdings auch die Wichtigkeit aufgezeigt, direkte Untersuchungsmethoden im Untersuchungsgebiet durchzuführen, um die erhaltenen Ergebnisse besser interpretieren zu können.

A seguire si riportano tabelle da bibliografia che confermano gli accoppiamenti Vp - suddivisioni litologiche sopra esposti. Da considerare che le metodologie utilizzate costituiscono sistemi rapidi ed efficaci per individuare, in aree estese, le zone di interesse attraverso un'analisi non distruttiva.

Da sottolineare altresì l'importanza di procedere all'esecuzione di verifiche dirette al fine di meglio tarare le indicazioni ottenute dalle presenti analisi.

Type of formation	P wave velocity (m/s)	S wave velocity (m/s)	Density (g/cm ³)	Density of constituent crystal (g/cm ³)
Scree, vegetal soil	300-700	100-300	1.7-2.4	-
Dry sands	400-1200	100-500	1.5-1.7	2.65 quartz
Wet sands	1500-2000	400-600	1.9-2.1	2.65 quartz
Saturated shales and clays	1100-2500	200-800	2.0-2.4	-
Marls	2000-3000	750-1500	2.1-2.6	-
Saturated shale and sand sections	1500-2200	500-750	2.1-2.4	-
Porous and saturated sandstones	2000-3500	800-1800	2.1-2.4	2.65 quartz
Limestones	3500-6000	2000-3300	2.4-2.7	2.71 calcite
Chalk	2300-2600	1100-1300	1.8-3.1	2.71 calcite
Salt	4500-5500	2500-3100	2.1-2.3	2.1 halite
Anhydrite	4000-5500	2200-3100	2.9-3.0	-
Dolomite	3500-6500	1900-3600	2.5-2.9	(Ca, Mg) CO ₃ 2.8-2.9
Granite	4500-6000	2500-3300	2.5-2.7	-
Basalt	5000-6000	2800-3400	2.7-3.1	-
Gneiss	4400-5200	2700-3200	2.5-2.7	-
Coal	2200-2700	1000-1400	1.3-1.8	-
Water	1450-1500	-	1.0	-
Ice	3400-3800	1700-1900	0.9	-
Oil	1200-1250	-	0.6-0.9	-

(Stanford Rock Physics Laboratory, n.d.)

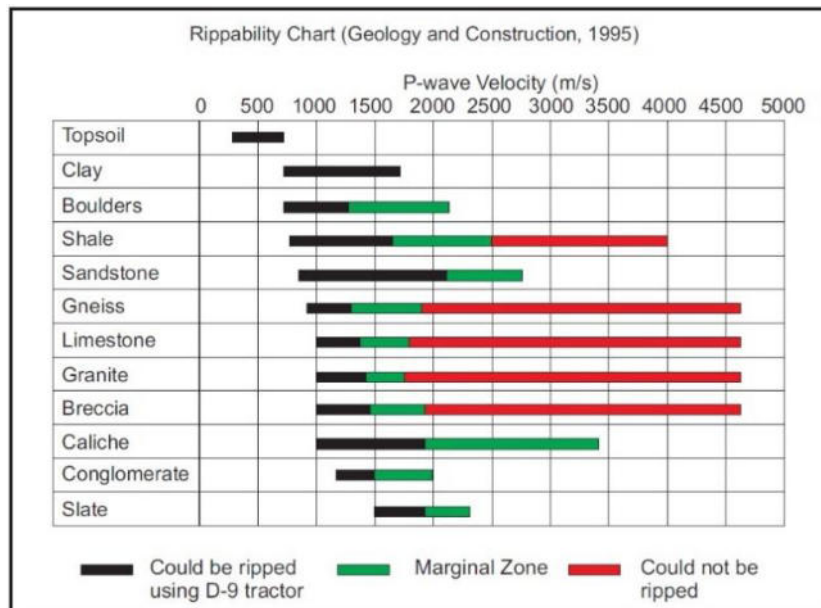
"Conceptual Overview of Rock and Fluid Factors that Impact Seismic Velocity and Impedance

2.1.1 Reißbarkeit des Untergrundes

Die folgenden Grafiken, aus der Literatur zeigen die Reißbarkeit des Untergrundes in Abhängigkeit der Vp.

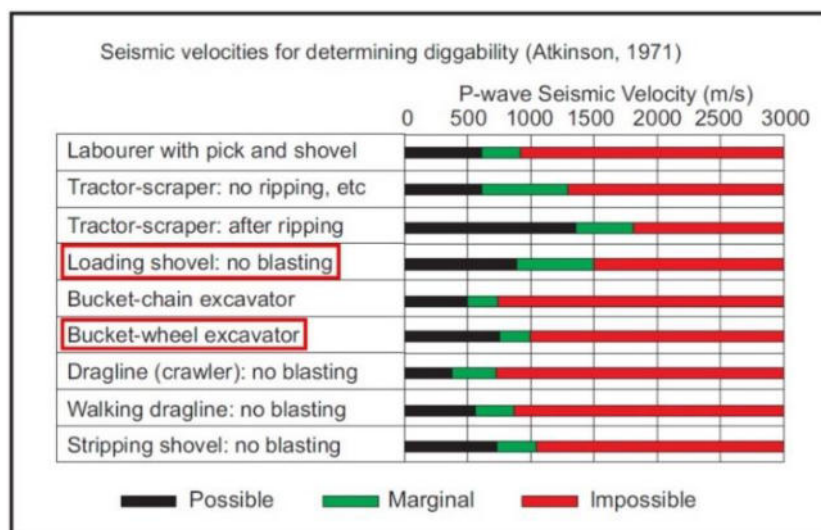
2.1.1 Escavabilità del terreno

A seguire correlazioni da bibliografia sulla escavabilità dei terreni in funzione delle Vp.



Die Grafik "Rippability Chart" ermöglicht die Abschätzung der Reißbarkeit (Rippability) verschiedener Felstypen durch einen Reißzahn unter der Annahme der Benützung der Planiererraupen Caterpillar D-9.

Nel grafico "Rippability Chart" è riportato il grafico per stimare l'escavabilità tramite ripper (rippability) per diversi litotipi rocciosi ipotizzando l'uso del ripper Caterpillar D-9 tractor.



Die Grafik „Seismic velocities for determining diggability“ ermöglicht die Abschätzung des Abbaus (diggability) mittels verschiedener Baumaschinen. Die oben angegebenen Maschinen (Loading shovel / Bucket-wheel excavator) gleichen am ehesten einem klassischen Raupenbagger und/oder einem Radlader. Mit solchen Baggern ist es im Allgemeinen möglich Böden/Fels mit V_p bis zu ca. 750 - 1.500 m/s abzutragen.

Nel grafico „Seismic velocities for determining diggability“ è riportato il grafico per stimare l'escavabilità (diggability) con diversi macchinari. Da questo risulta che con i mezzi ivi indicati (Loading shovel / Bucket-wheel excavator) più simili ad un classico escavatore cingolato e/o pala gommata. Con questi è in genere possibile l'escavazione di terreni/rocce dotate di V_p sino a circa 750 - 1.500 m/s.

SEISMISCHE UNTERSUCHUNG ZUR BEWERTUNG DES PROFILS DER SCHERWELLENGESCHWINDIGKEIT – V_s / V_{s30}

3 BEWERTUNG DES PARAMETERS V_s / V_{s30} UND DER HAUPTSCHWINGFREQUENZEN

3.1 Parameter V_s / V_{s30}

Die Studie erfolgte zudem um die Ausbreitungsgeschwindigkeit V_s bzw. das Profil der Ausbreitungsgeschwindigkeiten der Transversalwellen in der Tiefe unterhalb der geplanten Gründungsfläche zu bestimmen.

Bezüglich der Untersuchungen wird unterstrichen, dass die aktive MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) und die passive ReMi (Refraction Microtremor) Untersuchung vorwiegend zur Bestimmung der V_s in den ersten Metern des Untergrundes verwendet wurde. Die HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) Untersuchung wurde vorwiegend zur Abschätzung der Präsenz von steifen Böden im Untergrund verwendet und in weiterer Folge auch zur Ermittlung des Verlaufs der V_s im Untergrund.

Bei der Erstellung des Modells wurden zudem regionale stratigraphische Kenntnisse berücksichtigt. Die Ausarbeitung der durchgeführten Untersuchungen ist im Detail in den Tabellen der Anlage 3 wiedergegeben.

Für das Untersuchungsgebiet ergibt sich für eine Gründungsfläche in einer mittleren Tiefe von 3,5 m ein Wert von 800 m/s für die V_s .

Nachdem steife Böden beobachtet wurden, liefern die Untersuchungen i.Allg. Sicherheitswerte. Durch die Korrelation der V_p Daten aus der Refraktionsseismik kann man einen Wert für die **V_{s30} von > 800 m/s** abschätzen.

INDAGINE SISMICA PER LA VALUTAZIONE DEL PROFILO DELLA VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO – V_s / V_{s30}

3 VALUTAZIONE DEL PARAMETRO V_s / V_{s30} E FREQUENZE PRINCIPALI DI VIBRAZIONE

3.1 Parametro V_s / V_{s30}

La perizia è stata inoltre elaborata per la definizione della velocità di propagazione V_s , ovvero il profilo di velocità di propagazione delle onde di taglio in approfondimento al di sotto della prevista fondazione.

Per quanto riguarda l'analisi si evidenzia che l'indagine attiva MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) e l'indagine passiva ReMi (Refraction Microtremor) sono state prevalentemente utilizzate per definire le V_s nei primi metri in approfondimento. L'indagine HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è stata prevalentemente utilizzata per valutare la presenza di substrati rigidi in profondità e di conseguenza per stimare l'andamento delle V_s in approfondimento.

Nella definizione del modello si sono inoltre considerate le conoscenze stratigrafiche regionali. Le elaborazioni delle indagini eseguite sono dettagliatamente riportate nei tabulati in Allegato 3.

Per il sito in esame, considerando un piano di posa medio a circa 3,5 m di profondità, risulta un valore delle V_s ca. 800 m/s.

Vista la presenza di substrati rigidi queste indagini forniscono in genere valori cautelativi. Per correlazione con i dati delle V_p da sismica a rifrazione risulta anche in questo caso una stima di **$V_{s30} > 800$ m/s**.

3.2 Hauptschwingfrequenzen des Bodens

Mithilfe der HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) Untersuchung war es außerdem möglich, die Hauptschwingfrequenzen des Bodens, Funktion der Tiefe von steifen Böden die Verstärkungsphänomene hervorrufen können (NTC: 7.11.2), zu bestimmen.

Alle Versuche ergaben vergleichbare H/V Kurven, die ein ziemlich homogenes seismisches Verhalten ergaben.

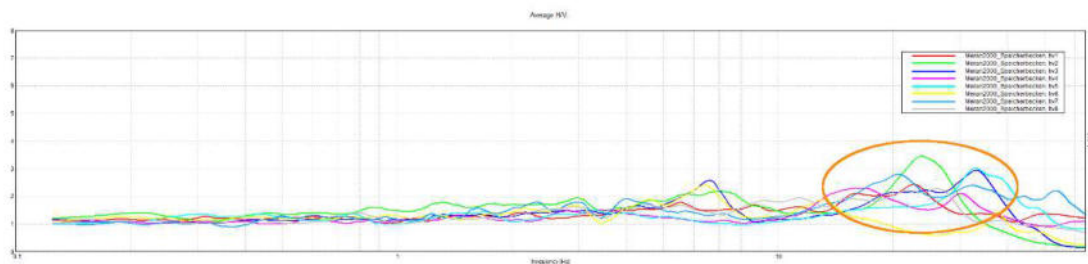
Wie aus der nachfolgenden Grafik ersichtlich, ergeben sich Hauptschwingfrequenzen für den Boden (mögliche Interaktion mit Gebäuden / Strukturen) von **>11 Hz**. Es handelt sich um Peaks der H/V Kurve mit mittlerer - hoher Amplitude (≤ 4) und mittlerer Wellenlänge.

3.2 Frequenze principali di vibrazione del terreno

Tramite l'indagine HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è stato inoltre possibile definire le frequenze principali di vibrazione del terreno, funzione della profondità dei substrati rigidi, e che possono generare fenomeni amplificativi (NTC: 7.11.2).

Si rilevano in tutte le indagini curve H/V simili, a evidenziare un comportamento sismico abbastanza omogeneo.

Nel sottosuolo in oggetto, come visibile nel grafico H/V a seguire, le frequenze principali di vibrazione del terreno (di possibile interazione con strutture) sono risultate: **>11 Hz** (ellipse), picco con ampiezza medio - alta (≤ 4) e media lunghezza d'onda.



HVSR Kurven aller Messpunkte / Curve HVSR di tutti i punti misurati

In der Anlage 3 ist die detaillierte Ausarbeitung der H/V2 wiedergegeben, als Ausarbeitung von MASW1 + ReMi1 entlang der Geophonauslage I.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die Ergebnisse der oben angeführten HVSR- Untersuchungen gut mit dem erhaltenen tomographischen Profil (siehe Kap. 2 und Anlage 2) übereinstimmt und das stratigraphische Modell des Untergrundes bestätigt.

In allegato 3 è riportata l'elaborazione dettagliata della HV2, con elaborazione combinata con MASW1 + ReMi1, in quanto questa è quella eseguita lungo lo stesso stendimento I.

Si può evidenziare che i risultati delle indagini HVSR sopra riportate sono coerenti con il profilo tomografico (vedasi cap. 2 e Allegato 2) e confermano il modello stratigrafico del sottosuolo.

4 STRATIGRAFISCHE MODELLIERUNG

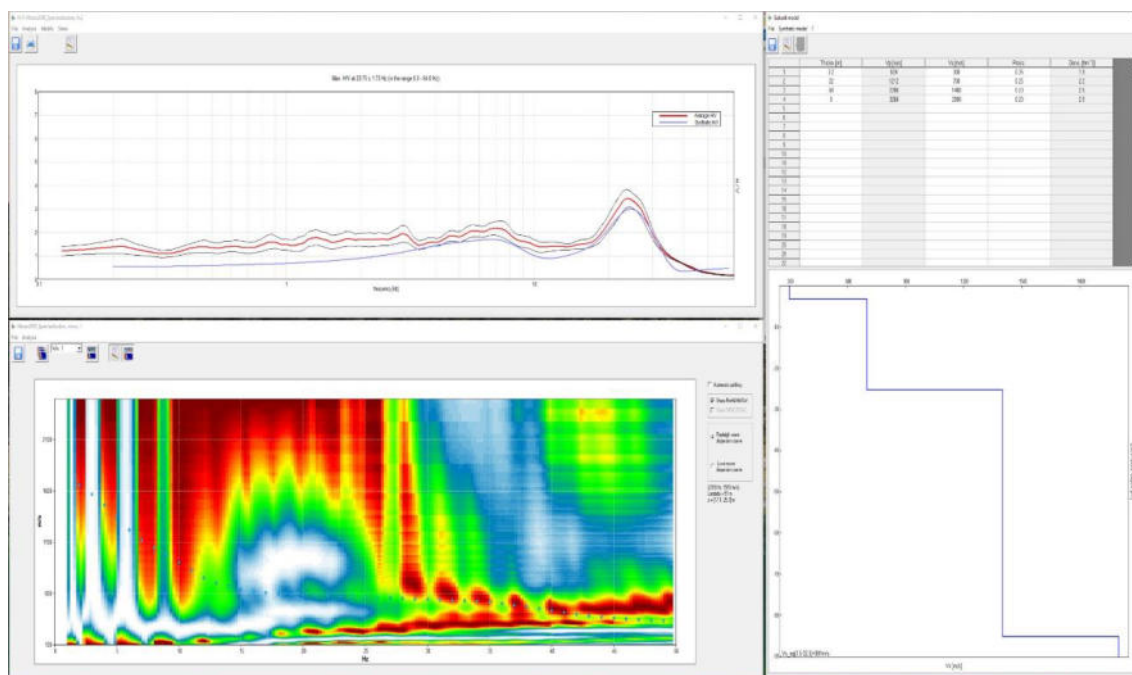
Die Kombination MASW / ReMi - Untersuchungen mit HVSR Untersuchungen ermöglicht die Abschätzung des Verlaufs der Vs mit der Tiefe. Ein Peak mit hoher Amplitude und geringer Wellenlänge zeigt einen deutlichen Steifigkeitsunterschied. Auf Basis der Ermittlung der Vs (durch MASW und / oder ReMi) und der

4 MODELLAZIONE SISMICA

La combinazione delle indagini MASW / ReMi con l'indagine HVSR consente di valutare l'andamento delle Vs con la profondità. Un picco con ampiezza alta e lunghezza d'onda ristretta evidenzia la presenza di una marcata differenza della rigidità del substrato. Inoltre sulla base della stima delle Vs (tramite

Form des Peaks kann zudem ein stratigrafisches Modell erstellt werden.

MASW e / o ReMi) si può eseguire un modello stratigrafico.



hinsichtlich der Vs.

Im Untersuchungsgebiet kommen Schuttböden guter Verdichtung bis in die Tiefe von wenigen Metern vor. Bei einer Gründung in einer mittleren Tiefe von ca. 3,5 m und somit nahe am Fels / Verwitterungskruste gilt für den Untergrund die **Kategorie A**.

Basierend auf der Tabelle 3.2.II der NTC und unter Berücksichtigung der oben genannten Anmerkung, fällt der untersuchte Untergrund in die **Kategorie A**.

Nell'area in esame vi è la presenza di terreni detritici di buono addensamento sino a pochi metri di profondità, nel caso di piano di posa medio a circa 3,5 metri questo si troverà quindi molto vicino alla roccia / sul cappellaccio roccioso, la **categoria** di suolo è la **A**.

Sulla base della Tabella 3.2.II delle NTC e considerando quanto sopra indicato, la categoria di sottosuolo risulta la: **categoria A**.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabelle 3.2.II NTC 2018 / Tabella 3.2.II delle NTC 2018

5 WEITERE MÖGLICHE VERSTÄRKUNGEN DER SEISMISCHEN ERSCHÜTTERUNGEN IM UNTERSUCHUNGSGBEIT

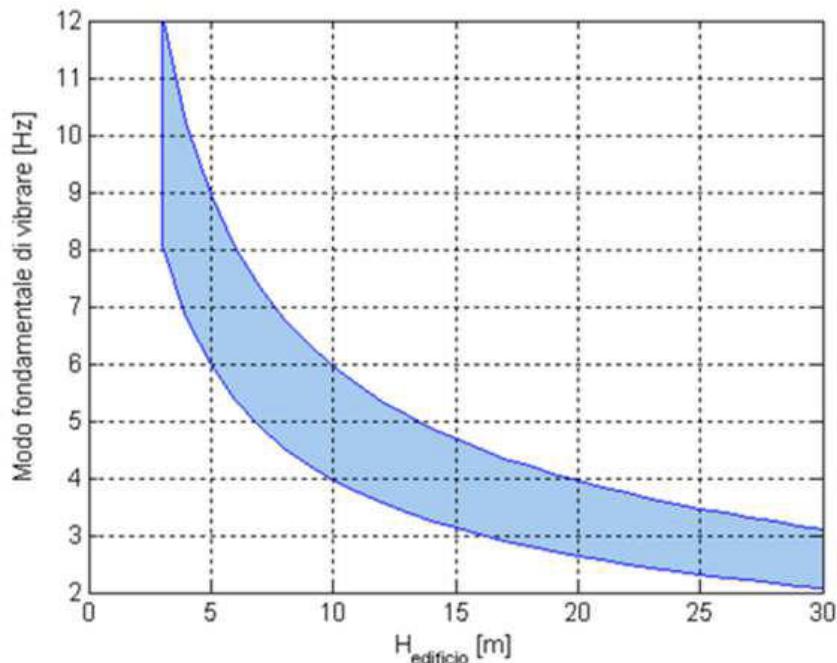
5.1 Hauptschwingfrequenzen von Gebäuden

Eine vorläufige Auswertung der Hauptschwingfrequenzen von Gebäuden „Standardbauwerke aus Stahlbeton“ kann aus dem folgenden Diagramm (Benutzerhandbuch Tromino®, 2010) abgeschätzt werden. Das Diagramm bezieht sich auf die Bauhöhe und die Eigenfrequenz des Gebäudes.

5 ULTERIORI POSSIBILI AMPLIFICAZIONI DEL MOTO SISMICO NEL SITO IN ESAME

5.1 Frequenze principali di vibrazione per edifici

La preliminare valutazione della frequenza principale di vibrazione per edifici "standard in c.a." può essere stimata tramite il seguente grafico da bibliografia (stralcio da: guida all'uso Tromino®, 2010) che mette in relazione altezza dell'edificio e frequenza del primo modo flessionale dell'edificio.



Zusammenhang zwischen der Höhe einer Struktur in Stahlbeton und die Frequenz des ersten Biegemodus
Relazione tipica tra l'altezza di una struttura in c.a. e la frequenza del primo modo flessionale

In Bezug auf die Verstärkung, verursacht durch die stratigrafische Situation, wird auf den Peak in der H/V Kurve bei >11 Hz hingewiesen.

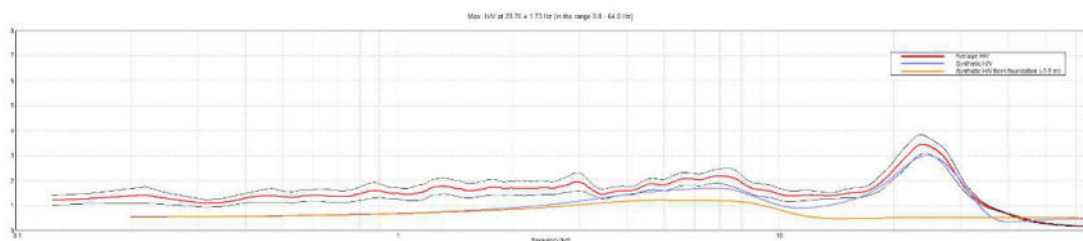
Bei einer Gründungskote $\geq 3,5$ m unter GOK werden die oberflächlichen Schuttböden bis zum Felsuntergrund abgetragen. Damit verschwindet dieser Steifigkeitsübergang bei den genannten Frequenzen.

Infolgedessen verschiebt sich der Peak der Hauptschwingfrequenz des Bodens auf sehr hohe Frequenzen (siehe folgende Grafik - orange Linie).

In riferimento alle amplificazioni dovute alla situazione stratigrafica si ribadisce la presenza di picchi del rapporto H/V a frequenze >11 Hz.

Da considerare che con il previsto piano di posa $\geq 3,5$ m sotto il p.c. vengono asportati i terreni detritici superficiali, fino al substrato roccioso. Quindi viene eliminato il passaggio di rigidità responsabile delle frequenze sopra indicate.

Di conseguenza si sposta il picco della frequenza principale di vibrazione del terreno (vedi grafico seguente - linea arancione).



Vergleich gemessene H/V Kurve (rote Linie - H/V1) mit modellierter H/V Kurve (blaue Linie) und modellierter H/V Kurve bei einer Gründungskote von ca. -3,5 m (orange Linie)

Confronto curva H/V misurata (linea rossa - H/V1) con curva H/V modellata (linea blu) e curva H/V modellata con il piano di posa a circa -3,5 m (linea arancione)

Um i. Allg. Resonanzphänomene zu vermeiden, die die Bebenauswirkungen verstärken könnten, sollten die Hauptschwingfrequenzen, die für das Bauvorhaben vorherzusehen sind, mit jenen des Bodens nicht übereinstimmen.

In generale al fine di evitare fenomeni di doppia risonanza in grado di amplificare gli effetti del sisma è opportuno evitare che le frequenze principali di vibrazione previste per le strutture in progetto siano analoghe a quelle del terreno.

Eine detaillierte Abschätzung obliegt dem Projektanten.

Im konkreten Fall, bei tieferliegender Gründungskote, gibt es keine Hauptschwingfrequenzen (ausgelöst durch oberflächliche Schuttböden auf Felsuntergrund) und dementsprechend keine Resonanzphänomene innerhalb des Bodens.

5.2 Topografische Kategorie

Für das Untersuchungsgebiet zeigt, laut Neigungskarte des GeoBrowsers, eine mittlere Hanglage ($>15^\circ$) auf. Dadurch ergibt sich aus der Tabelle NTC 3.2.III die **Kategorie T2**, wodurch Verstärkungen durch die Topographie zu erwarten sind.

La valutazione dettagliata sarà a cura della Progettazione.

Nello specifico caso, con piano di posa approfondito, non vi saranno più frequenze dei terreni (generate da terreni detritici superficiali sul bedrock), e non saranno possibili fenomeni di risonanza con le frequenze dei terreni.

5.2 Categoria topografica

L'area in esame, sulla base della carta delle pendenze del GeoBrowser, risulta entro il pendio caratterizzato da pendenze medie ($>15^\circ$). Sulla base della tabella NTC 3.2.III risulta in **categoria T2**, per cui si prevedono amplificazioni dovute alla topografia.

6 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die vorliegende seismische Studie erfolgte im Bereich des geplanten Speicherbeckens „Wallpach“ im Skigebiet Meran 2000, in der Gemeinde Habfling (BZ).

Es erfolgte eine vorläufige Bewertung des Untergrundes mittels Lokalausgleichs und seismischer Untersuchungen.

Die refraktionsseismischen Untersuchungen ergaben die Präsenz von drei seismischen Schichten im Untergrund. Der Übergang in der Tiefe der jeweiligen Schichten ist in den jeweiligen Schnitten, in der Anlage 2 ersichtlich. Es zeigt sich, dass alle Schnitte ähnliche Ergebnisse brachten und der vermutliche alterierte Felsuntergrund innerhalb weniger/einiger Meter Tiefe anzutreffen ist. Mit zunehmender Tiefe nimmt die Steifigkeit des Bodens (Kompaktheit) weiter zu.

Weiters ergaben die Untersuchungen folgende Parameter:

- *Parameter Vs30: ≥ 800 m/s*
- *Hauptschwingfrequenz des Bodens bei aktueller GOK: >11 Hz*
- *Hauptschwingfrequenz des Bodens bei geplanter Gründungskote: keine*
- *Baugrundklasse: A*
- *Topografische Kategorie: T2*

6 CONCLUSIONI

Il presente studio sismico è stato elaborato presso il bacino artificiale previsto nella zona sciistica Merano 2000, nel Comune di Avelengo (BZ).

È stata effettuata una valutazione preliminare del terreno di fondazione tramite sopralluogo e indagini sismiche.

Le indagini sismiche a rifrazione hanno consentito di rilevare tre sismostrati presenti nel sottosuolo investigato. Per la localizzazione in profondità di questi si rimanda alle relative sezioni in Allegato 2. Si evidenzia che in tutte le sezioni i risultati sono abbastanza simili, e si individua la presenza del presumibile substrato roccioso alterato entro pochi/alcuni metri di profondità. Con la profondità migliora poi la rigidità del terreno (compattezza).

Le indagini hanno inoltre consentito di valutare i seguenti parametri:

- *Parametro Vs30: ≥ 800 m/s*
- *Frequenze principali di vibrazione del terreno all'attuale p.c.: >11 Hz*
- *Frequenze principali di vibrazione del terreno previste al piano di posa: nessuna*
- *Categoria di sottosuolo: A*
- *Categoria topografica: T2*

Brixen / Bressanone, 12/11/2019



TECHNISCHE ANGABEN EIGENSCHAFTEN DER GERÄTE

NOTE TECNICHE E CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE

REFRAKTIONSSEISMIK

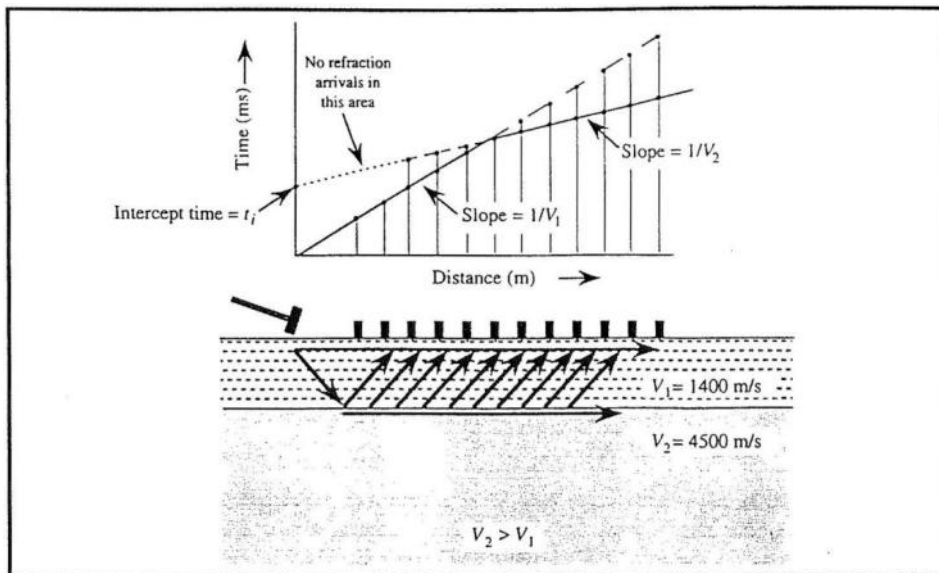
Refraktionsseismische Untersuchungen nutzen das Prinzip, dass eine Welle, die in einem bestimmten Winkel (kritischer Winkel) auf eine Grenzfläche trifft, einen gebrochenen Strahl erzeugt. Dieser Strahl verläuft entlang der Grenzfläche mit einer, für das Ausbreitungsmedium charakteristischen Geschwindigkeit. Nach dem Huygens'schen Prinzip ist jeder Punkt der Trennfläche ein Ausgangspunkt für eine neue Welle, wodurch ein Teil der Welle sofort wieder unter Totalrefraktion zur Oberfläche zurückkehrt. Die Welle bildet mit der Senkrechten der Grenzfläche einen Winkel, welcher dem Grenzwinkel entspricht.

Nach dem Snellius'schen Brechungsgesetz tritt dieses Phänomen jedoch nur auf, wenn das tiefere Medium eine höhere Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wellen aufweist, als das höhere Medium. Weiters kommen ab einer bestimmten Distanz von der seismischen Quelle, die refraktierten Wellen vor den direkten Wellen an. Die untenstehende Grafik zeigt die Ankunftszeiten in verschiedenen Abständen von seismischen Quelle (Burger & Burger, 1992).

SISMICA A RIFRAZIONE

La prospezione sismica a rifrazione sfrutta il principio secondo il quale un'onda incidente su un'interfaccia con un angolo particolare, denominato angolo limite, produce un raggio rifratto che si propaga lungo l'interfaccia con velocità che è caratteristica del mezzo inferiore. Per il principio di Huygens, inoltre, ogni punto dell'interfaccia è una sorgente di onde, per cui una parte dell'onda che ha subito una rifrazione totale ritorna in superficie formando un'angolo con la normale all'interfaccia pari all'angolo limite.

Tale fenomeno, per la legge di Snell, avviene solamente se il mezzo inferiore ha una velocità di propagazione delle onde sismiche più elevata del mezzo superiore. Si avrà inoltre che ad una certa distanza dall'origine delle onde sismiche le onde rifratte arriveranno prima delle onde dirette. Il grafico riportato sotto fa vedere i tempi di risposta a diverse distanze dalla sorgente di onde sismiche (Burger & Burger, 1992).



Basierend auf einer Analyse der Ankunftszeiten der Wellen in verschiedenen Distanzen von der seismischen Quellen, kann die Anzahl der refraktierenden Flächen, welche die Welle angetroffen hat, bestimmt und deren Distanz von der Geländeoberkante ermittelt werden.

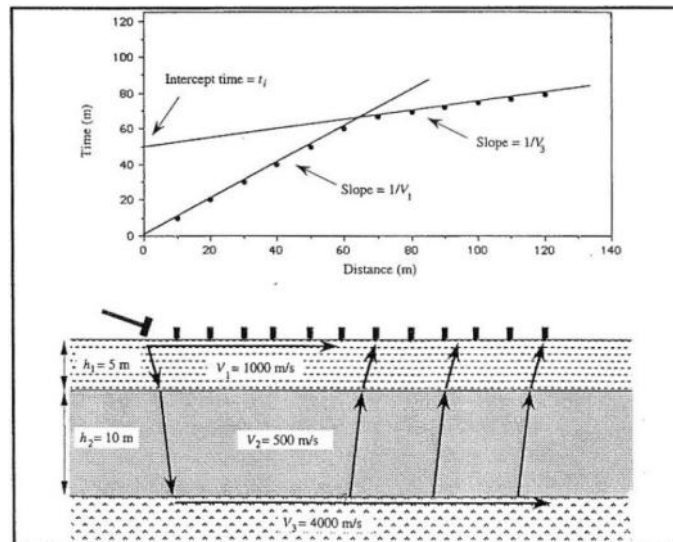
Durch refraktionsseismische Untersuchungen ist es daher möglich, das Vorhandensein von verschiedenen Böden oder Fels, sowie deren Mächtigkeiten abzuleiten, wenn sie durch unterschiedliche Ausbreitungsgeschwindigkeiten der seismischen Wellen charakterisiert sind.

Wenn jedoch das tiefere Medium eine geringere Ausbreitungsgeschwindigkeit aufweist als das höher Medium, tritt nach dem Snellius'schen Brechungsgesetz keine Totalrefraktion auf, wodurch sich keine Welle entlang der Grenzfläche ausbreitet. Aus der Analyse des Seismogramms ist es somit nicht möglich jene Schicht (mit der geringeren Ausbreitungsgeschwindigkeit) zu ermitteln. Diese Situation ist in der untenstehenden Grafik dargestellt (Burger & Burger, 1992).

In base ad una analisi dei tempi di arrivo delle onde a distanze diverse dalla sorgente sismica è possibile stabilire il numero di superfici rifrangenti che l'onda ha incontrato e determinare le distanze di queste ultime dal piano campagna.

Per mezzo di una prospezione sismica a rifrazione è quindi possibile dedurre la presenza e quantificare lo spessore di terreni o di rocce che presentano diverse velocità di propagazione delle onde sismiche.

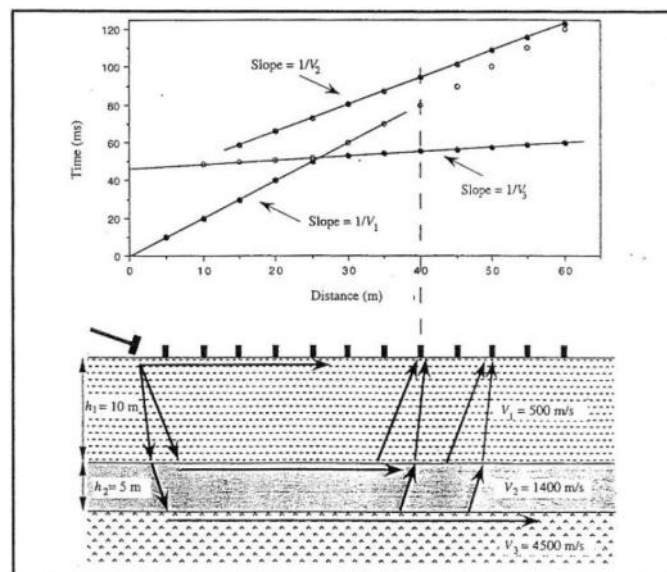
Da evidenziare che se il mezzo inferiore presenta una velocità di propagazione più bassa di quella del mezzo superiore, le onde che incidono sulla superficie di separazione tra i due mezzi, per la legge di Snell, non sono in grado di produrre una rifrazione totale e, non si forma così nessun'onda che si propaga all'interfaccia. Dall'analisi del sismogramma non sarà quindi possibile individuare tale strato (con velocità di propagazione inferiore). Tale situazione è riportata nel grafico sotto (Burger & Burger, 1992).



Weiters ist es nicht möglich, Schichten mit geringen Mächtigkeiten zu ermitteln, da die Wellen, welche sich nach der Ausbreitungsgeschwindigkeit dieser Schichten fortpflanzen, im Seismogramm nicht dargestellt werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass ihre Ankunftszeiten höher sein können als jene der darunterliegenden Schicht. Die untenstehende Grafik zeigt die Ankunftszeiten für jenen Fall, bei dem eine geringmächtige Zwischenschicht vorhanden ist (Burger & Burger, 1992).

Non è inoltre possibile rilevare la presenza di strati con spessori ridotti, le onde che viaggiano infatti alla velocità imposta da questo strato possono non risultare nel sismogramma in quanto i tempi di arrivo possono essere superiori a quelli fatti registrare per lo strato sottostante.

Il grafico sotto fa vedere i tempi di risposta nel caso vi sia la presenza di uno strato intermedio a spessore ridotto (Burger & Burger, 1992).



Es ist weiters zu berücksichtigen, dass sich die P-Wellen auch im Wasser ausbreiten. Wo ein Grundwasserspiegel vorhanden ist, zeigen die von der Refraktionsseismik ermittelten Vp, die des Wassers (Vp ca. 1500m/s, wie auch in der Tabelle in Kapitel 2 angegeben), wenn der Boden, der den Grundwasserleiter beherbergt, geringere Vp aufweist als das Wasser.

Da tenere inoltre in considerazione che le onde p si propagano anche in acqua. Ove vi è la presenza di una falda le Vp rilevate con la sismica a rifrazione sono quindi relative all'acqua (Vp circa 1500m/sec, come anche da tabella al Capitolo 2) se il terreno che funge da acquifero ha Vp inferiori a quelle dell'acqua.

Technische Eigenschaften des verwendeten Geräts und der durchgeführten Untersuchungen:

Verwendetes Gerät: Digitaler Seismograph Soilsy Rosina
Versuchsfrequenz: 2048 Hz
Aufnahmezeit: bis zu 2 sec
Anregungsquelle: Seismic Gun, Modell Isotta, Platte und Hammer

Für die tomographische Ausarbeitung wurde die Software Rayfract 3.35 (Intelligent Resources Inc.-Lizenz 2017) verwendet.

Caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata e dell'indagine eseguita:

Strumento utilizzato: Sismografo digitale Soilsy Rosina
Frequenza di campionamento: 2048 Hz
Durata acquisizione: sino a 2 secondi
Sistema energizzante: fucile sismico, modello Isotta, mazza e piastra

Per l'elaborazione tomografica si è fatto uso del software Rayfract 3.35 (Intelligent Resources Inc.-licenza 2017).

AKTIVE SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN – MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVE)

Es handelt sich dabei um eine sehr rezente Untersuchungsmethode, die vor allem von Forschern des Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) vorangetrieben worden ist, und die die Bestimmung des detaillierten Verlaufs der seismischen Scherwellen (Vs) in der Tiefe mithilfe der Analyse der Ausbreitung der Oberflächenwellen (Rayleigh) erlaubt.

Durch diese Methode erhält man die Verteilungskurve der Oberflächenwellen. Aus dieser wird im Anschluss eine Inversion des Steifemodells des Untergrunds durchgeführt bis man die beste Übereinstimmung zwischen Versuchs- und theoretischen Daten erhält, ebenso wird die Vs30 für jede Schicht im Untergrund ermittelt.

Technische Eigenschaften des verwendeten Geräts und der durchgeführten Untersuchungen:

Verwendetes Gerät: Digitaler Seismograph Soilspy Rosina

Anzahl der Geophone: zu 4,5 Hz

Versuchsfrequenz: 2048 Hz

Aufnahmezeit: bis zu 2 s

Für die Ausarbeitung wurde die Software Soilspy und Grilla verwendet. Die detaillierten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen sind in der folgenden Anlage wiedergegeben.

PASSIVE SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN – ReMi (REFRACTION MICROTREMOR)

Das Verfahren zur Analyse des Untergrundes mittels Mikroben hat ihren Ursprung in den von J. Louie an der Nevada University durchgeführten Untersuchungen und Experimenten. Die Analyse der Mikroben erlaubt die Bestimmung der Ausbreitungsgeschwindigkeit der S-Wellen auch in dicht bebauten Gebieten, wo dies mit anderen Methoden sehr schwierig wäre.

Für die Untersuchung wird die klassische Geräteanordnung der Refraktionsseismik verwendet, eine lineare- oder L-Anordnung direkt auf dem Boden. Um eine gute Auflösung in Hinblick auf die Frequenz zu erhalten, wird die Einsatz von Geophonen mit niedriger Frequenz (4- 14 Hz) und langen Aufnahmezeiten empfohlen. Die Benutzung eines digitalen Seismographen mit hohem Dynamikbereich erlaubt es, die notwendige Untersuchungsfrequenz bezüglich der Nominalfrequenz der verwendeten Geophone zu halbieren. Dadurch können Oberflächenwellen registriert werden, deren Frequenzen einen wesentlich größeren Bereich abdecken und eine detaillierte Rekonstruktion des Verlaufs der Vs-Wellen ermöglichen.

Die Auswertung des Signals besteht in einer zweidimensionalen „slowness- frequency“ (p- f) Transformation, welche die Ausbreitungsenergien des Lärms in beiden Richtungen der seismischen Linien analysiert. Weiters wird das Leistungsspektrum in einer p-f Grafik dargestellt.

Technische Eigenschaften des verwendeten Geräts und der durchgeführten Untersuchungen:

Verwendetes Gerät: Digitaler Seismograph Soilspy Rosina

Geophone: zu 4,5 Hz

Versuchsfrequenz: 512 Hz

Aufnahmezeit: 5 min

Fenster für die Ausarbeitung: 3-10 s

Für die Ausarbeitung wurde die Software Soilspy und Grilla verwendet. Die detaillierten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen sind in der folgenden Anlage wiedergegeben.

INDAGINE SISMICA ATTIVA – MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave)

Si tratta di una metodologia di indagine assai recente, messa a punto dai ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999), e che permette, dall'analisi della propagazione delle onde superficiali (Rayleigh), di determinare accuratamente l'andamento della velocità delle onde di taglio (Vs) con la profondità.

Per mezzo di questo metodo si ottiene la curva di dispersione delle onde superficiali. Da questa viene poi effettuata una inversione del modello di rigidità del sottosuolo fino ad ottenere la miglior corrispondenza tra dati sperimentali e dati teorici, nonché la relativa definizione della Vs30 per ogni singolo strato individuato nel sottosuolo.

Caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata e dell'indagine eseguita:

Strumento utilizzato: Sismografo digitale Soilspy Rosina

Geofoni: da 4,5 Hz

Frequenza di campionamento: 2048 Hz

Durata acquisizione: sino a 2 secondi

Per l'elaborazione si è fatto uso del software Soilspy e Grilla. I risultati dettagliati dell'indagine eseguita sono riportati nell'Allegato a seguire.

INDAGINE SISMICA PASSIVA – ReMi (REFRACTION MICROTREMOR)

La tecnica di analisi del sottosuolo mediante l'uso dei microtremori prende origine dagli studi e dalle sperimentazioni condotte da J. Louie presso la Nevada University. L'analisi dei microtremori consente di determinare la velocità di propagazione delle onde S anche in aree urbane ove risulterebbe difficoltosa con altre metodologie.

Viene effettuata utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno con array lineare o ad elle. Al fine di ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza è da privilegiare l'uso di geofoni con bassa frequenza di risonanza (4- 14 Hz raccomandati) e sono da raccomandare tempi lunghi di registrazione. L'uso di un sismografo digitale con elevata dinamica consente di dimezzare la frequenza utile campionabile rispetto a quella nominale dei geofoni impiegati. Si possono così registrare onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range molto elevato che offre una dettagliata ricostruzione dell'andamento delle Vs.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare una trasformata bidimensionale „slowness- frequency“ (p- f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentarne lo spettro di potenza su un grafico p-f.

Caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata e dell'indagine eseguita:

Strumento utilizzato: Sismografo digitale Soilspy Rosina

Geofoni: da 4,5 Hz

Frequenza di campionamento: 512 Hz

Durata acquisizione: 5 min

Finestre di elaborazione: 3-10 s

Per l'elaborazione si è fatto uso dei software Soilspy e Grilla. I risultati dettagliati dell'indagine eseguita sono riportati nell'Allegato a seguire.

PASSIVE SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN – HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

Die HVSR-Technik hat ihre jüngste Entwicklung in Japan erfahren (Nakamura 1989, 2001) und besteht in der Auswertung von aufgezeichneten Mikrobeben (passive Seismik), wobei das Spektrumverhältnis zwischen horizontalen und vertikalen Komponenten der Bewegung (Verhältnis H/V) ausgewertet wird. Die Hauptannahme, die dieser Methode zugrunde liegt ist, dass Mikrobeben sowohl von vertikalen Raumwellen als auch von Oberflächenwellen (vorwiegend Rayleigh-Wellen) stammen und dass die Vertikalkomponente (V) des Bebens beim Übergang vom Felsuntergrund an die Oberfläche keine Verstärkungen erfährt. Das für diese Analyse verwendete Gerät registriert die Mikrobeben auf drei Hauptachsen: Z, N-S und E-W.

Die Ausarbeitung der Daten erfolgt mit Spektraltechniken FFT auf den drei Bodenbewegungskomponenten, wodurch sich das Verhältnis H/V zur Bewertung der Frequenz des Untersuchungsgebietes ergibt. Dieses stellt den grundlegenden Parameter zur Bestimmung von eventuellen seismischen Verstärkungseffekten dar. Ausgehend von diesem ist es möglich, die Geschwindigkeitsentwicklung der Scherwellen Vs bis in eine Tiefe von über 30 m unter Geländeoberfläche zu rekonstruieren, indem die H/V-Kurve am ersten stratigraphischen Übergang oder am bekannten Vs-Wert der ersten Schicht (z.B. durch die MASW-Untersuchungen ermittelt) geeicht wird.

Die Ausarbeitung der Daten erfolgt auf Grund der empfohlenen Richtlinien SESAME (Site Effects assessment using Ambient Excitations). Es handelt sich dabei um ein europäisches Forschungsprojekt der Jahre 2003- 2005, mit dem Ziel die seismischen Mikrozonierungstechniken mittels Umgebungslärm / Umweltlärm zu standardisieren und zu verbessern. Vor Durchführung der Spektrumverhältnisanalyse werden die registrierten, seismischen Spuren überprüft, wobei zunächst Störungssignale und Aufnahmesignale eliminiert werden, die für eine Analyse nicht geeignet sind. Sobald der Anteil an sicheren Signalen ausgewählt worden ist, werden für alle drei Bewegungskomponenten die Spektralamplitude und das Schallstärkespektrum berechnet. Anschließend wird für den natürlichen Schall mit der Bewertung der Energieverteilung in Funktion der Frequenz fortgefahren.

Technische Eigenschaften des verwendeten Gerätes und der durchgeführten Untersuchungen:

Empfänger: Tromino

Versuchsfrequenz: 128 Hz

Aufnahmezeit: 10-20 Minuten

Für die Auswertung wurde die Software Grilla verwendet. Die detaillierten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen sind in der folgenden Anlage wiedergegeben.

INDAGINE SISMICA PASSIVA – HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

La tecnica HVSR ha avuto recente sviluppo principalmente in Giappone (Nakamura 1989, 2001) e consiste nell'elaborazione delle registrazioni di microtremori (sismica passiva) valutando il rapporto spettrale tra le componenti orizzontali e verticali del moto (rapporto H/V). Le principali assunzioni che stanno alla base di questa metodologia sono che i microtremori derivano sia da onde di volume incidenti verticalmente e sia da onde superficiali (prevalentemente di Rayleigh) e che la componente verticale (V) del rumore nel passare dal bedrock alla superficie non subisce amplificazioni. Lo strumento utilizzato per questa analisi registra i microtremori sui tre assi principali, Z; N-S ed E-W.

L'elaborazione dei dati avviene con tecniche spettrali FFT sulle tre componenti del moto del suolo tali da restituire il rapporto H/V per la valutazione delle frequenze del sito, parametro fondamentale per valutare eventuali effetti di amplificazione sismica. A partire da questo, vincolando la curva H/V al primo limite stratigrafico noto o al valore noto delle Vs del primo strato (ad esempio definito tramite la tecnica MASW) è possibile ricostruire l'andamento delle velocità delle onde di taglio VS sino a profondità ben superiori ai 30 metri dal piano campagna.

Per l'elaborazione dei dati viene seguita la procedura consigliata nelle linee guida SESAME (Site Effects assessment using Ambient Excitations), un progetto di ricerca europeo condotto nel triennio 2003- 2005 al fine di standardizzare e migliorare le tecniche di microzonazione sismica attraverso le misure del rumore ambientale. Preliminarmente alla procedura di analisi dei rapporti spettrali, le tracce sismiche registrate sono verificate eliminando i disturbi transienti e quelle parti di registrazioni non adatte all'analisi. Una volta selezionata la parte di segnale stabile si calcolano, per ognuna delle tre componenti del moto, le ampiezze spettrali e gli spettri di potenza del rumore, procedendo successivamente, per il rumore naturale, alla valutazione della distribuzione energetica in frequenza.

Caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata e dell'indagine eseguita:

Strumento acquisitore: Tromino

Frequenza di campionamenti: 128 Hz

Tempo di acquisizione: 10-20 minuti

Per l'elaborazione si è fatto uso del software Grilla, i risultati dettagliati dell'indagine eseguita sono riportati nell'Allegato a seguire.

GEMEINDE HAFLING
COMUNE DI AVELENGO

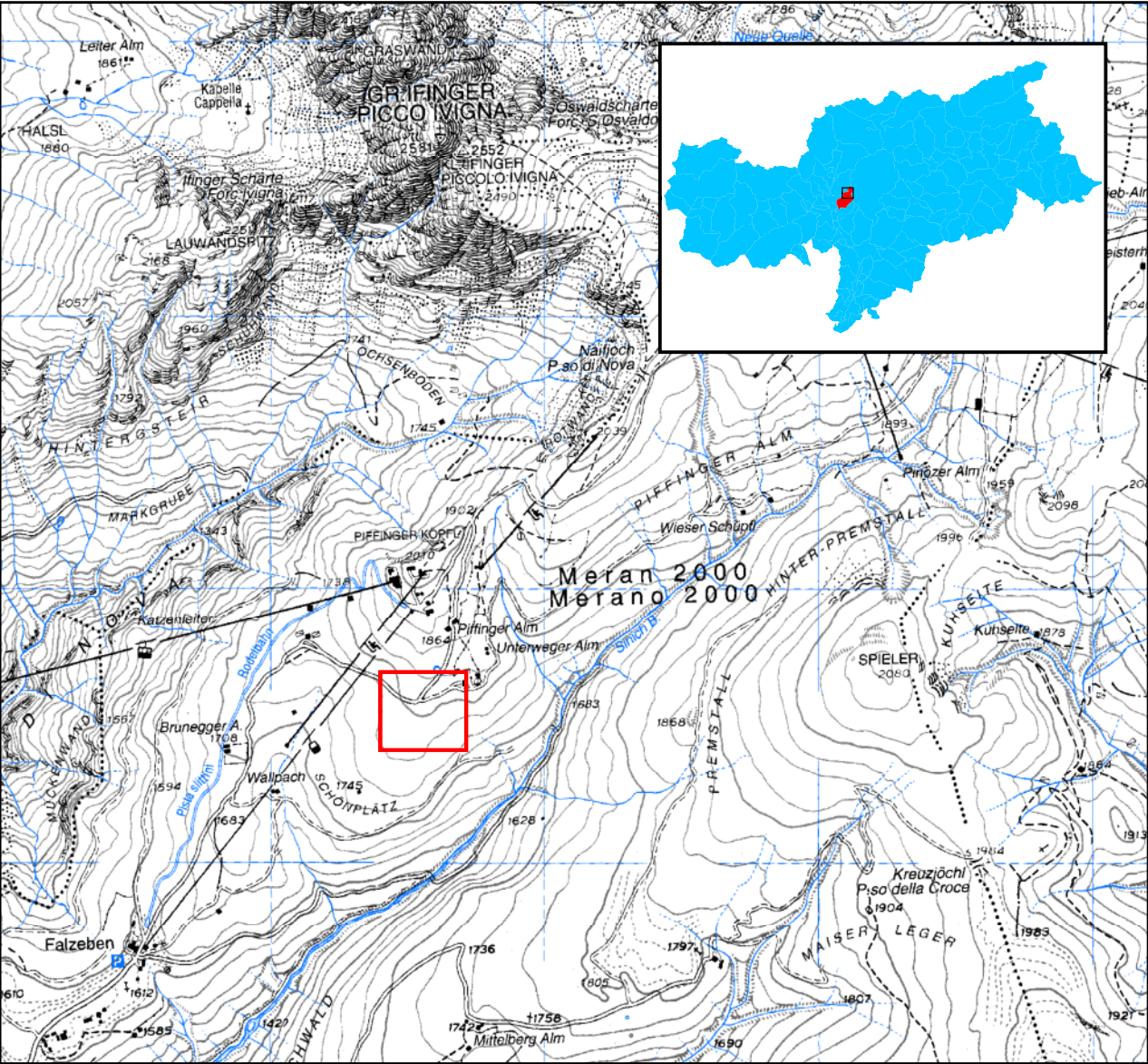
AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE

SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN
Errichtung des Speicherbeckens "Wallpach"

INDAGINI SISMICHE
Costruzione del bacino artificiale "Wallpach"

Lageplan
Planimetria

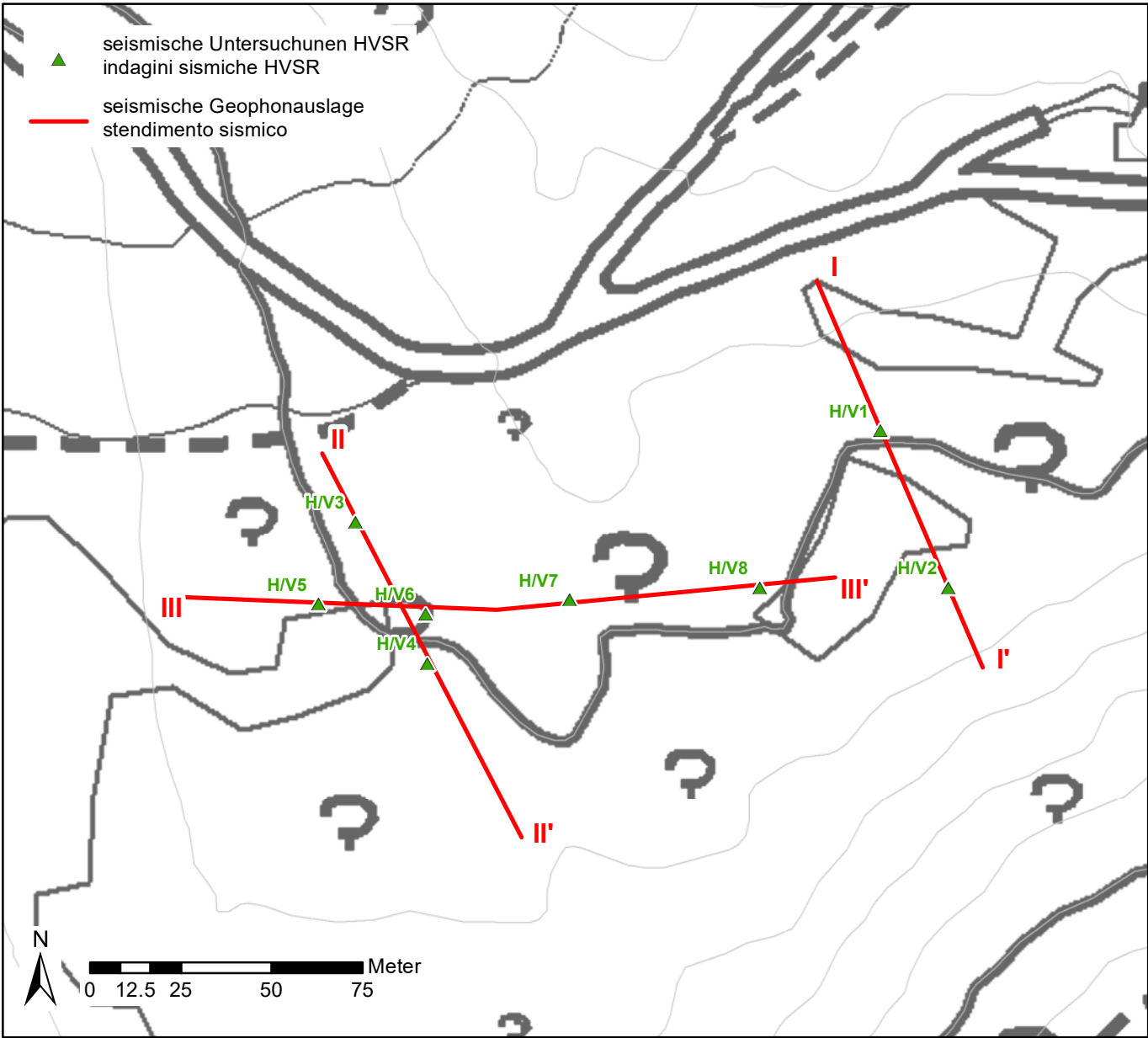
Maßstab / Scala
1:25 000



Auszug aus der topographischen Karte der Provinz im Maßstab 1:25.000. Blatt 4-II-SW und 10-I-NW
stralcio da carta topografica della provincia in scala 1:25.000. Foglio 4-II-SW e 10-I-NW

Lokalisierung
localizzazione

Maßstab / Scala
1:1 750



Auszug aus der technischen Grundkarte der Provinz im Maßstab 1:10.000. Blatt 10110
stralcio da carta tecnica della provincia in scala 1:10.000. Foglio 10110

GEMEINDE HAFLING
COMUNE DI AVELENGO

AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE

REFRAKTIONSSEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE

Seismische Profile
Profili sismici

Geophonauslage I
stendimento sismico I

- Baggerschurf (Bez. / Tiefe Felsuntergrund)
Scavo geognostico (nome / prof. substrato roccioso)

Bohrung / Sondaggio

Lockermaterial
Materiale detritico

aufgelockerter und geklüfteter Felsuntergrund
Substrato roccioso alterato e fratturato

kompakter Felsuntergrund
Substrato roccioso compatto

Interpretation Steifigkeitsunterschied aus H/V Untersuchung
Interpretazione cambio rigidità da indagine H/V

Interpretation Steifigkeitsunterschied aus H/V Untersuchung und Refraktionsseismik
Interpretazione cambio rigidità da indagine H/V e indagine sismica a rifrazione

ungewisse Interpretation, aufgrund der Grenzen an der Geophonauslage
Interpretazione incerta presso i limiti esterni

Seismische Schicht / Sismostrato

oberflächliche Schuttböden [Vp < 600 m/s]
terreni detritici di superficie [Vp < 600 m/s]

vermutliche Verwitterungskruste und/oder geklüfteter Felsuntergrund
und/oder stark verdichtete Schuttböden [600 m/s < Vp 1.500 m/s]
possibile cappellaccio del substrato roccioso e/o substrato roccioso fratturato
e/o terreni detritici molto addensati [600 m/s < Vp 1.500 m/s]

vermutlich kompakter Felsuntergrund [Vp > 1.500 m/s]
presumibile substrato roccioso compatto [Vp > 1.500 m/s]

[m] ü.M.
[m] s.l.m

1815
1810
1805
1800
1795
1790
1785
1780
1775
1770
1765
1760
1755

[m] 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

Vp [m/s]
3000
2750
2500
2250
2000
1750
1500
1250
1000
750
500
250
0

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Sc3 / 1,9 m

H/V1

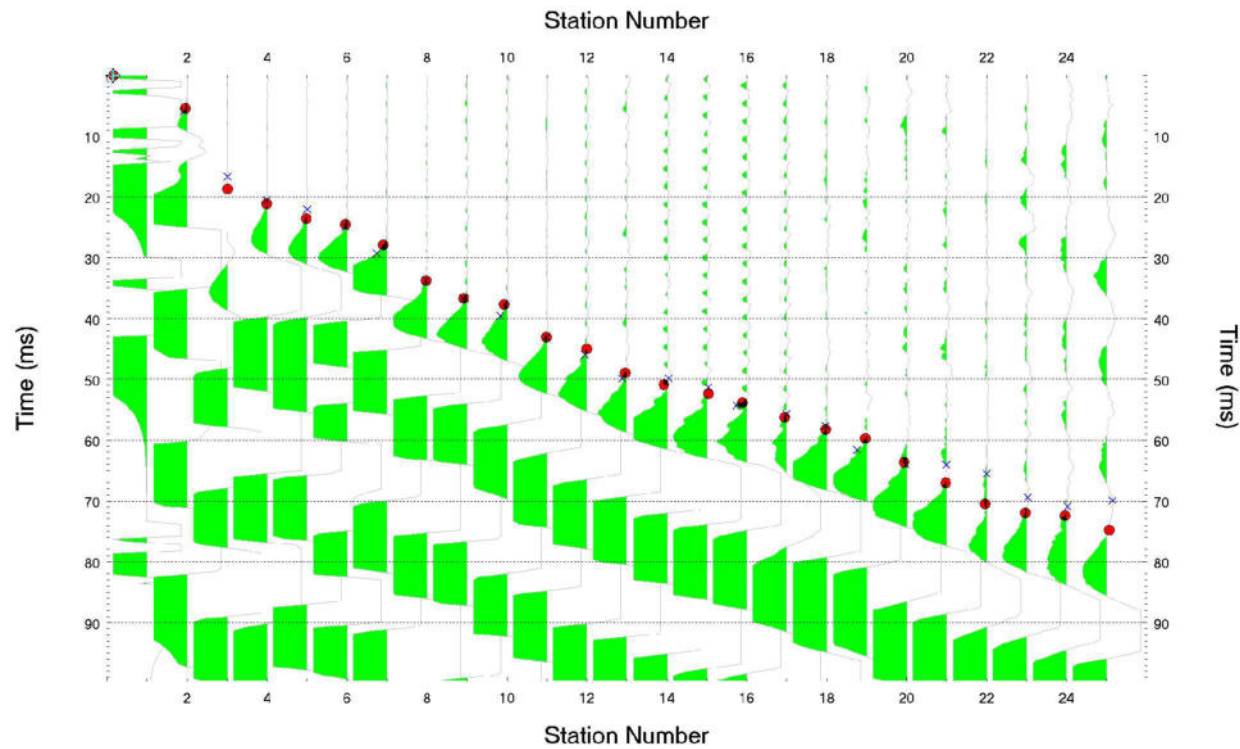
H/V2

S1

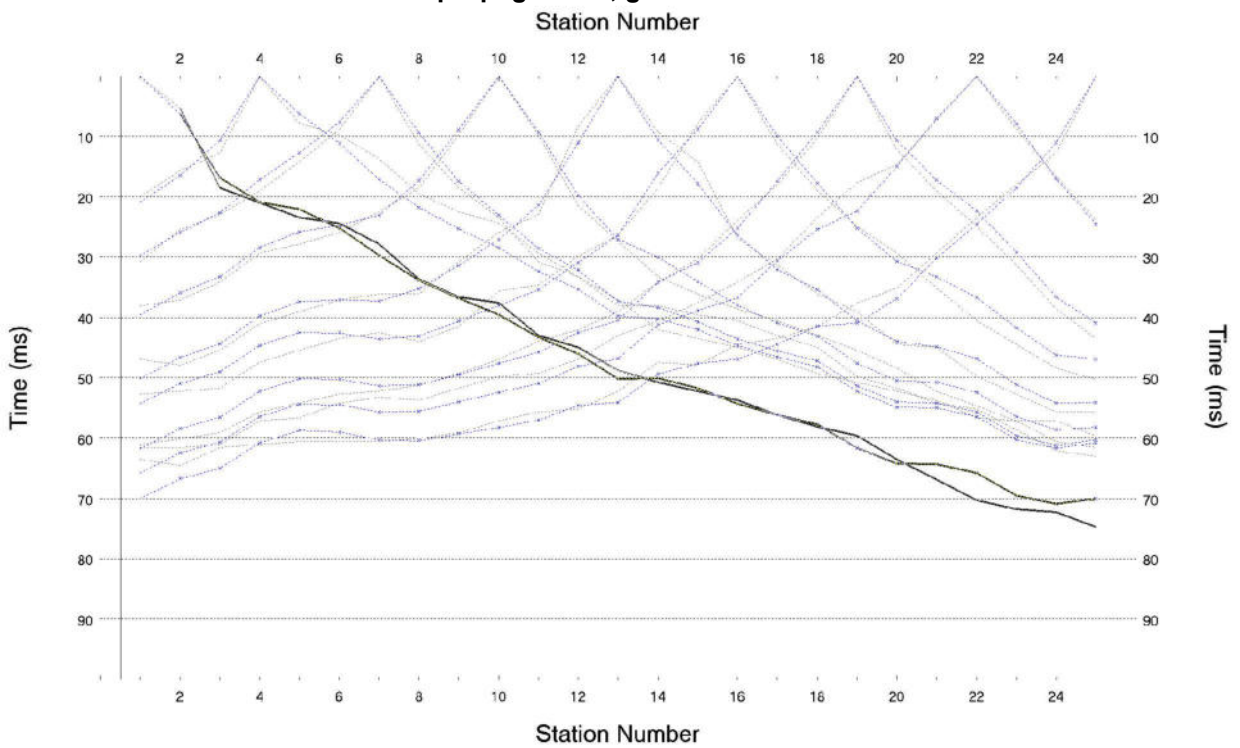
1000
1500
2000
2500
3000
3500
4000

Tomo_1 RMS error 2.6%=1.93ms 20 WET iters. 50Hz Width 4.0% initial GRADIENT.GRD Vers. 3.35

Geophonauslage I: refraktierte Wellen, Anregungsquelle an Geophon 1
Stendimento sismico I: onda di rifrazione, sorgente energizzante sul geofono 1

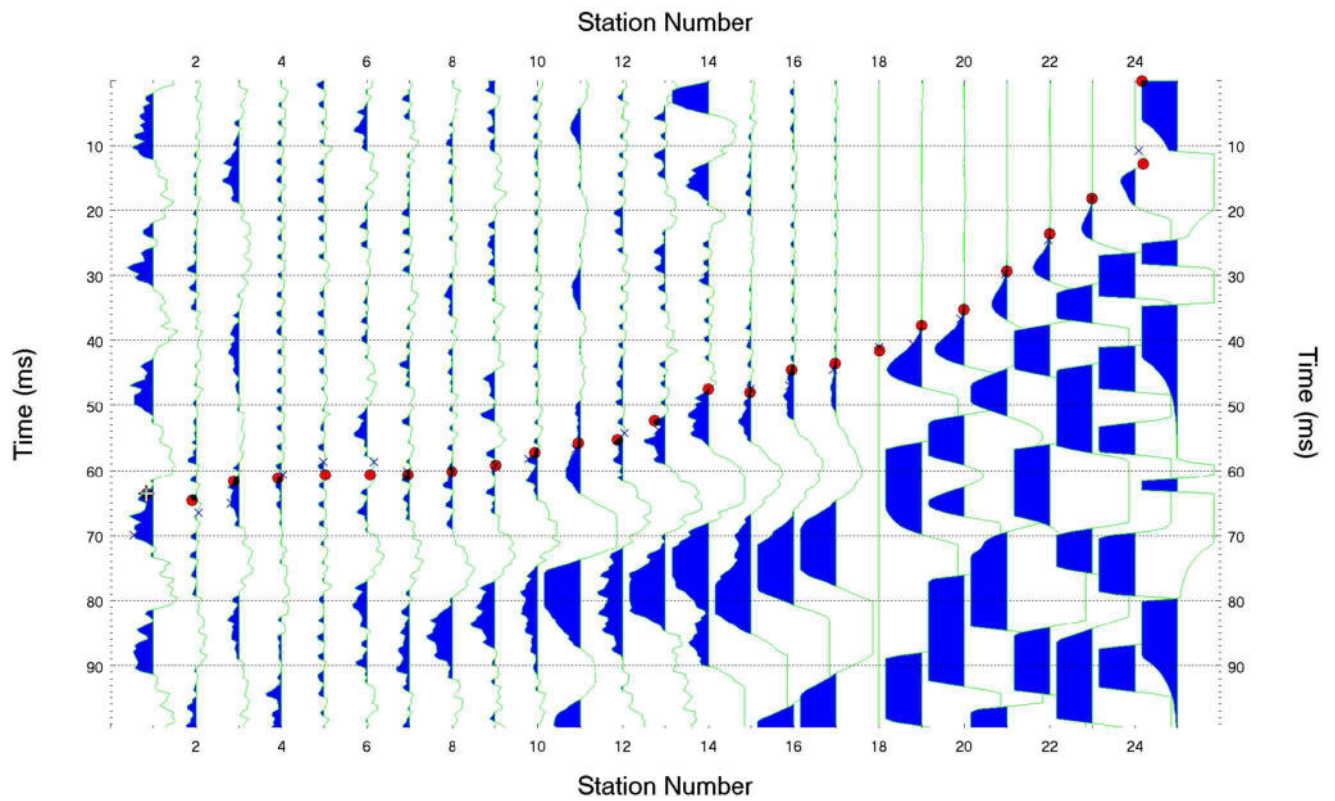


Geophonauslage I: Ausbreitungsgeschwindigkeit, Geophon 1
Stendimento sismico I: velocità di propagazione, geofono 1

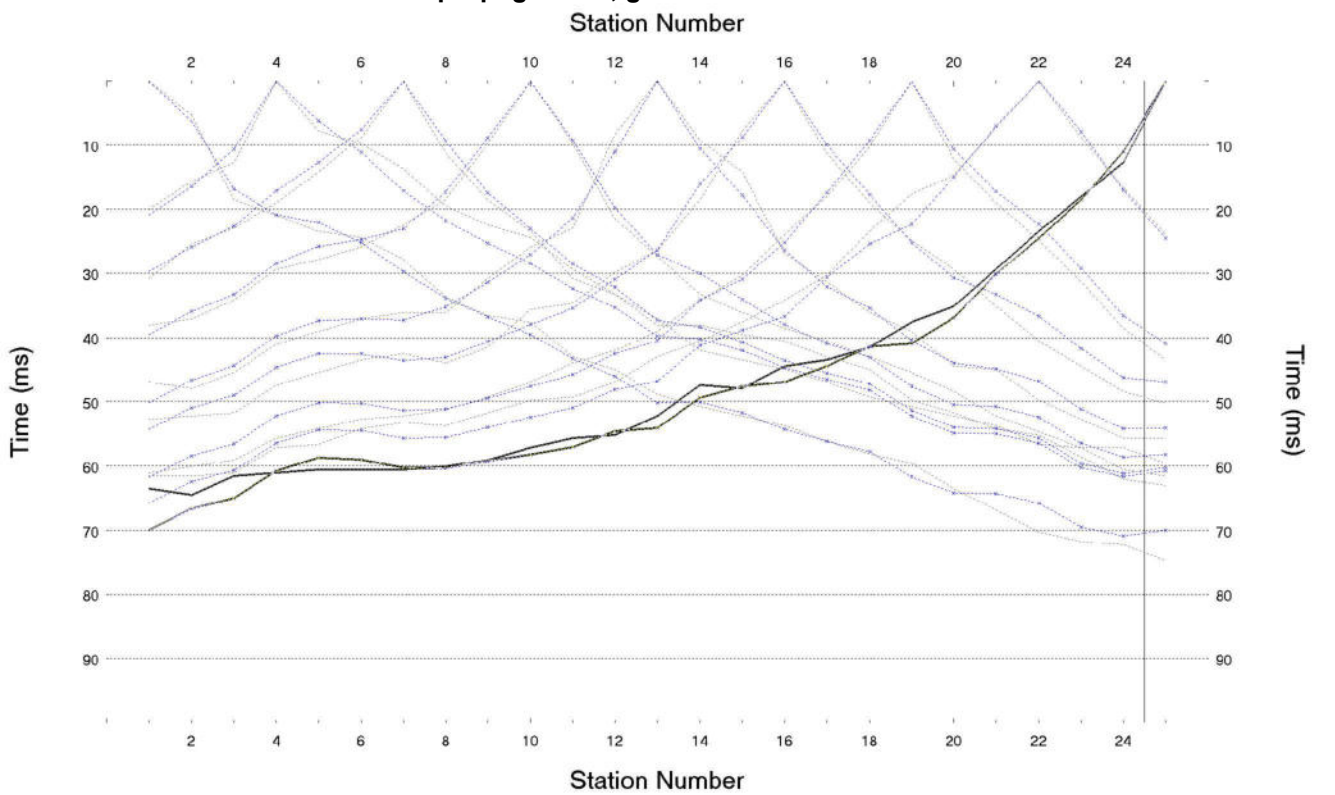


Refraktionsseismische Untersuchungen
Indagini sismiche a rifrazione

Geophonauslage I: refraktierte Wellen, Anregungsquelle an Geophon 25
Stendimento sismico I: onda di rifrazione, sorgente energizzante sul geofono 25



Geophonauslage I: Ausbreitungsgeschwindigkeit, Geophon 25
Stendimento sismico I: velocità di propagazione, geofono 25



Seismische Profile
Profili sismici

Geophonauslage II
stendimento sismico II

- Baggerschurf (Bez. / Tiefe Felsuntergrund)

Scavo geognostico (nome / prof. substrato roccioso)

Bohrung / Sondaggio

Lockermaterial

Materiale detritico

aufgelockerter und geklüfteter Felsuntergrund

Substrato roccioso alterato e fratturato

kompakter Felsuntergrund

Substrato roccioso compatto
- X

Interpretation Steifigkeitsunterschied aus H/V Untersuchung

Interpretazione cambio rigidità da indagine H/V

XXXX

Interpretation Steifigkeitsunterschied aus H/V Untersuchung und Refraktionsseismik

Interpretazione cambio rigidità da indagine H/V e indagine sismica a rifrazione

[]

ungewisse Interpretation, aufgrund der Grenzen an der Geophonauslage

Interpretazione incerta presso i limiti esterni

Seismische Schicht / Sismostrato

—

oberflächliche Schuttböden [Vp < 600 m/s]

terreni detritici di superficie [Vp < 600 m/s]

•••

vermutliche Verwitterungskruste und/oder geklüfteter Felsuntergrund

und/oder stark verdichtete Schuttböden [600 m/s < Vp 1.500 m/s]

•••

possible cappellaccio del substrato roccioso e/o substrato roccioso fratturato

e/o terreni detritici molto addensati [600 m/s < Vp 1.500 m/s]

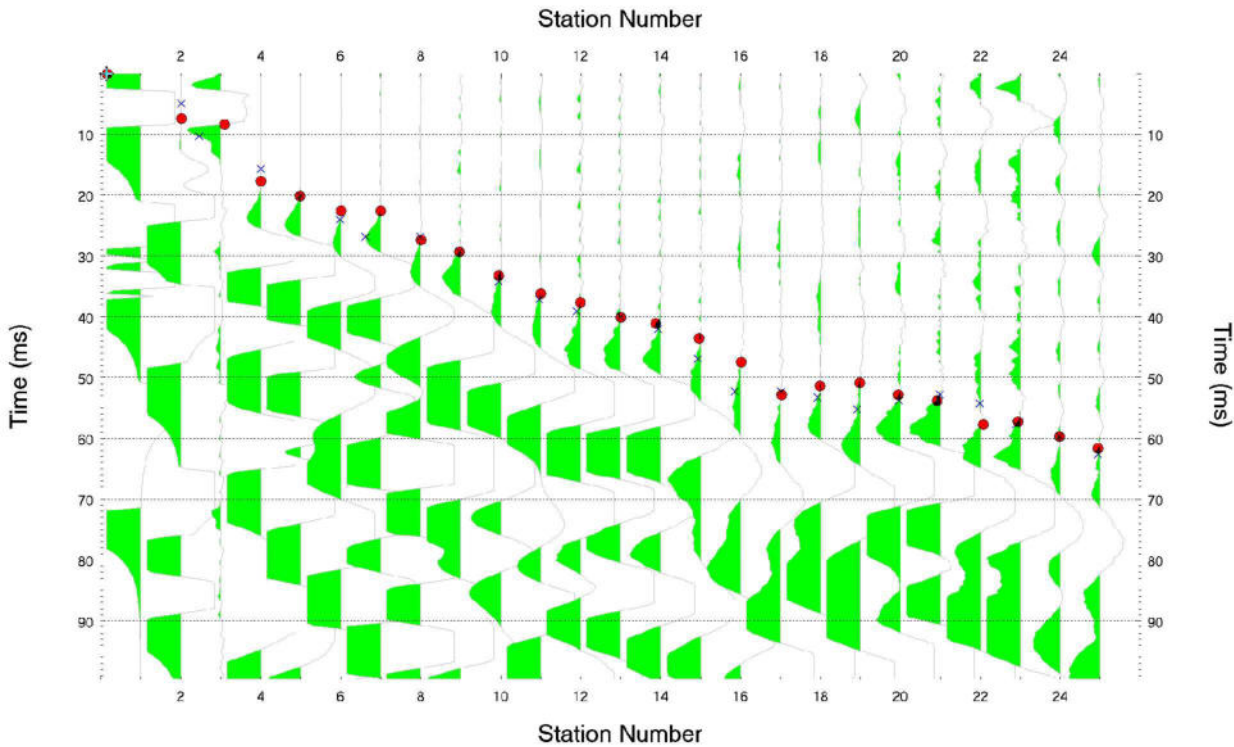
XX

vermutlich kompakter Felsuntergrund [Vp > 1.500 m/s]

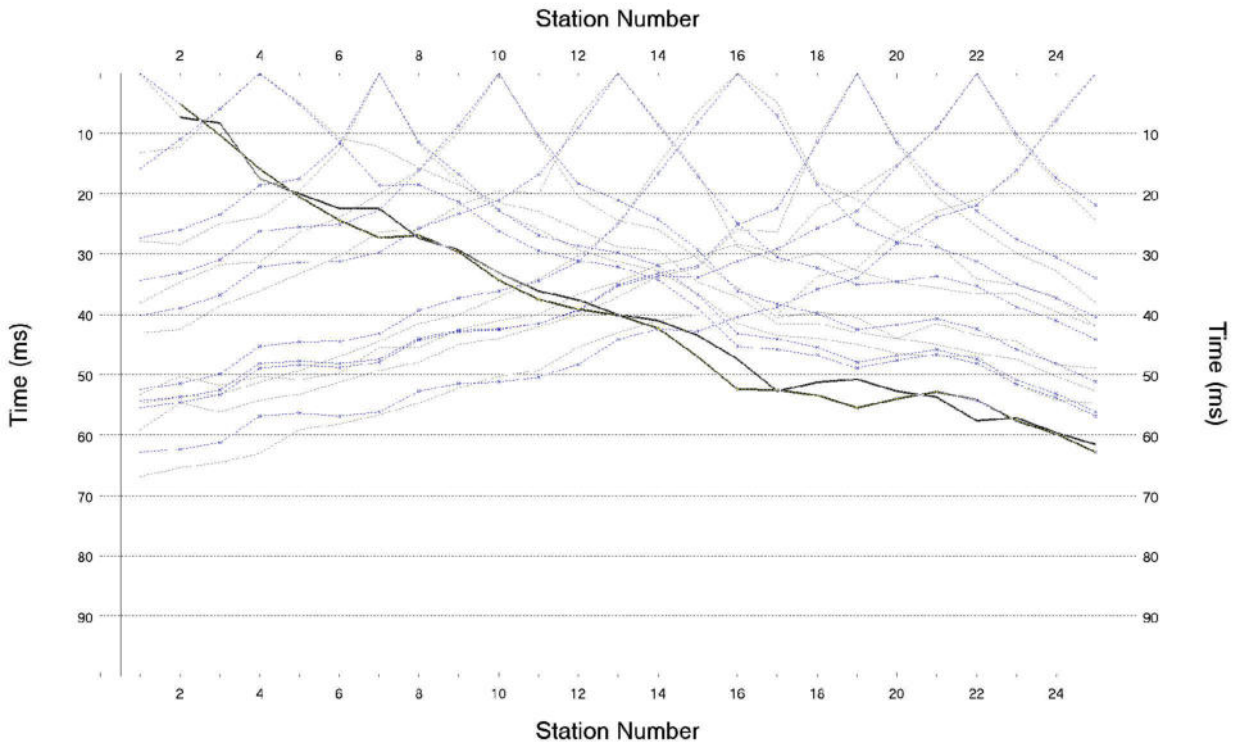
presumibile substrato roccioso compatto [Vp > 1.500 m/s]

Tomo_2 RMS error 3.8%=2.51ms 20 WET iters. 50Hz Width 4.0% initial GRADIENT.GRD Vers. 3.35

Geophonauslage II: refraktierte Wellen, Anregungsquelle an Geophon 1
Stendimento sismico II: onda di rifrazione, sorgente energizzante sul geofono 1

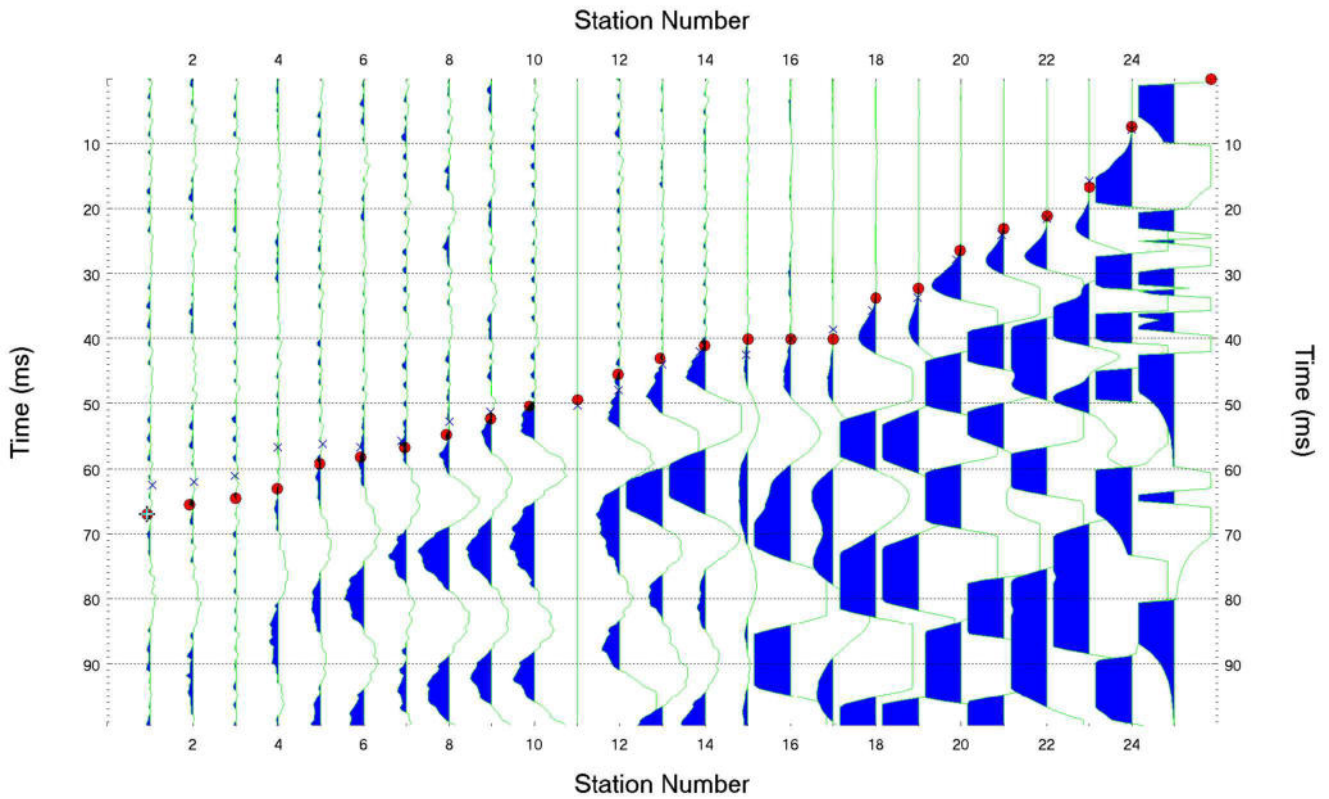


Geophonauslage II: Ausbreitungsgeschwindigkeit, Geophon 1
Stendimento sismico II: velocità di propagazione, geofono 1

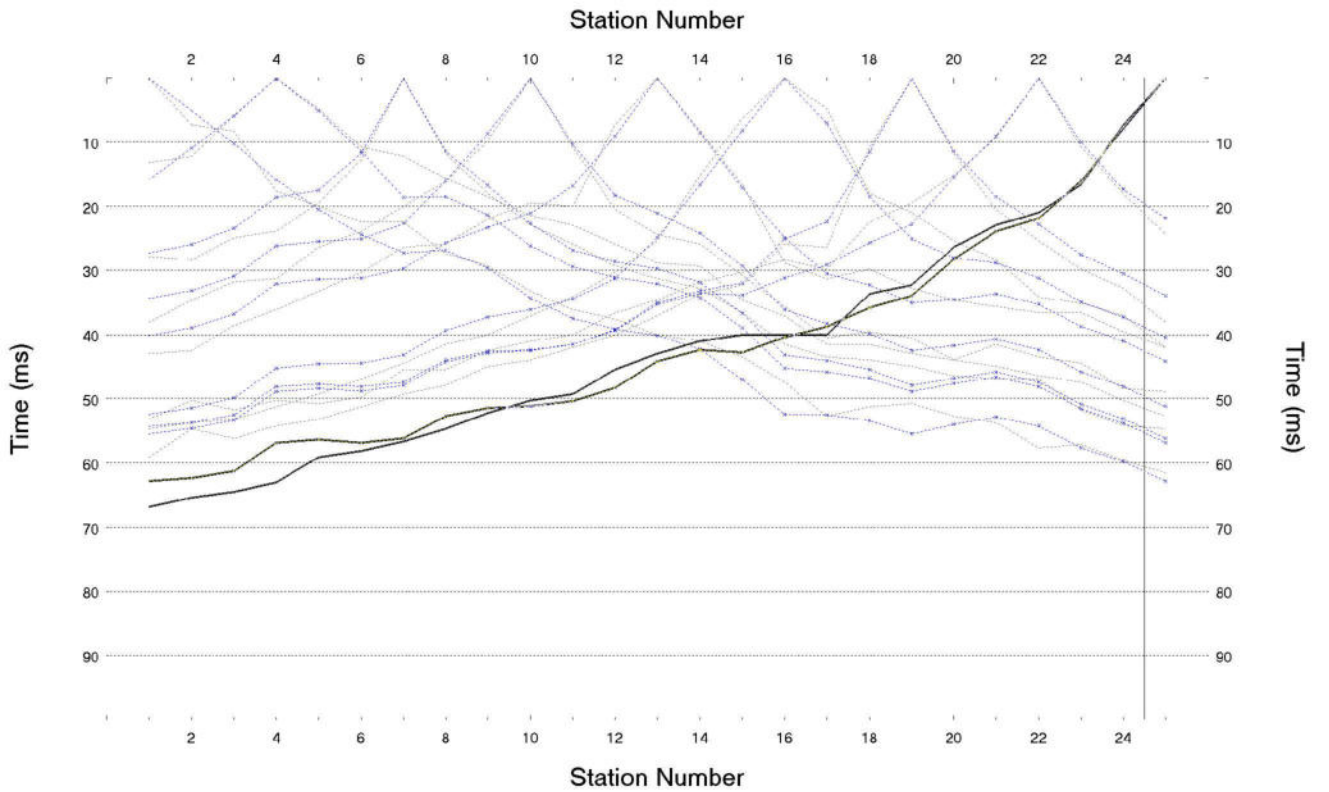


Refraktionsseismische Untersuchungen
Indagini sismiche a rifrazione

Geophonauslage II: refraktierte Wellen, Anregungsquelle an Geophon 25
Stendimento sismico II: onda di rifrazione, sorgente energizzante sul geofono 25



Geophonauslage II: Ausbreitungsgeschwindigkeit, Geophon 25
Stendimento sismico II: velocità di propagazione, geofono 25



Seismische Profile
Profili sismici

Geophonauslage III
stendimento sismico III

- Baggerschurf (Bez. / Tiefe Felsuntergrund)
Scavo geognostico (nome / prof. substrato roccioso)

Bohrung / Sondaggio

Lockermaterial
Materiale detritico

aufgelockerter und geklüfteter Felsuntergrund
Substrato roccioso alterato e fratturato

kompakter Felsuntergrund
Substrato roccioso compatto
- Interpretation Steifigkeitsunterschied aus H/V Untersuchung
Interpretazione cambio rigidità da indagine H/V

Interpretation Steifigkeitsunterschied aus H/V Untersuchung und Refraktionsseismik
Interpretazione cambio rigidità da indagine H/V e indagine sismica a rifrazione

ungewisse Interpretation, aufgrund der Grenzen an der Geophonauslage
Interpretazione incerta presso i limiti esterni

Seismische Schicht / Sismostrato

S1

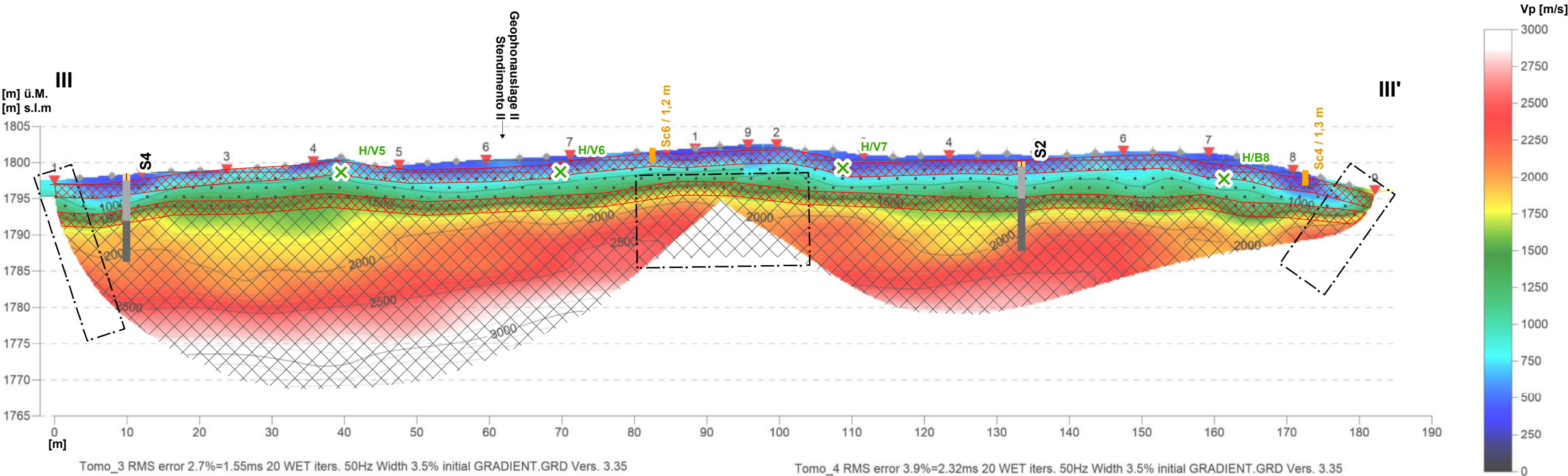
oberflächliche Schuttböden [Vp < 600 m/s]
terreni detritici di superficie [Vp < 600 m/s]

S2

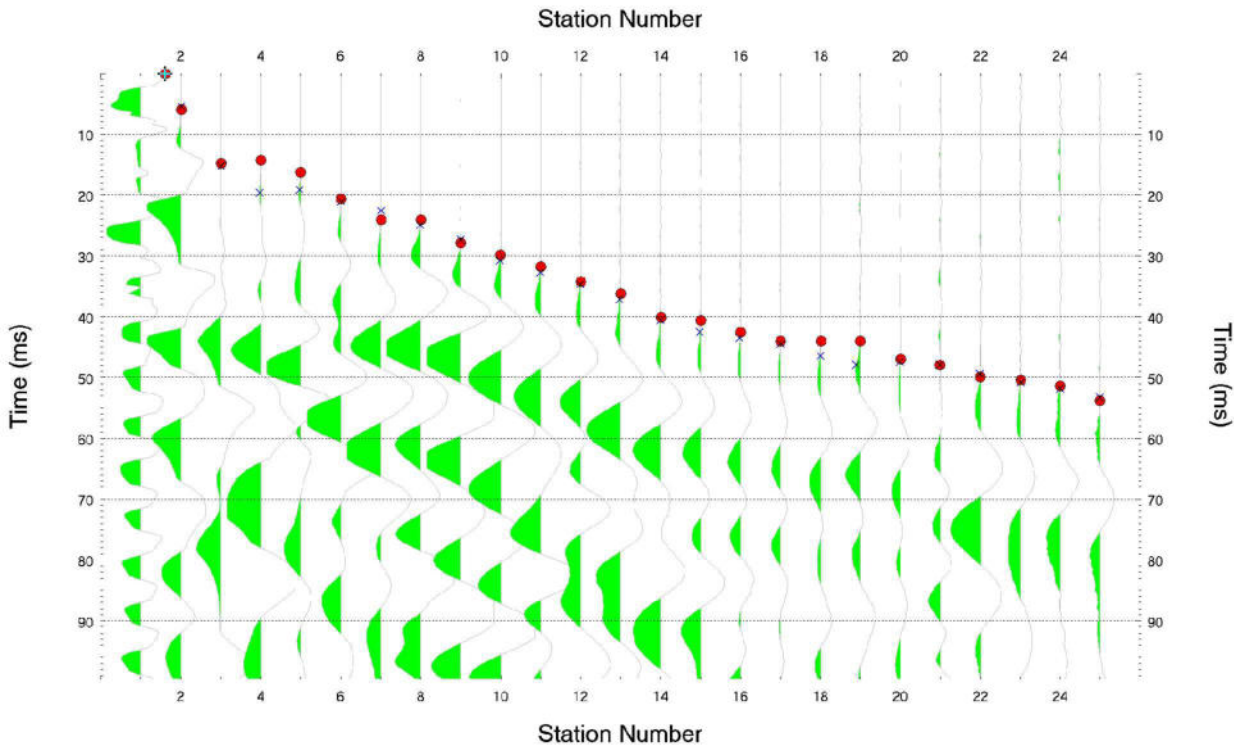
vermutliche Verwitterungskruste und/oder geklüfteter Felsuntergrund
und/oder stark verdichtete Schuttböden [600 m/s < Vp 1.500 m/s]
possibile cappellaccio del substrato roccioso e/o substrato roccioso fratturato
e/o terreni detritici molto addensati [600 m/s < Vp 1.500 m/s]

S3

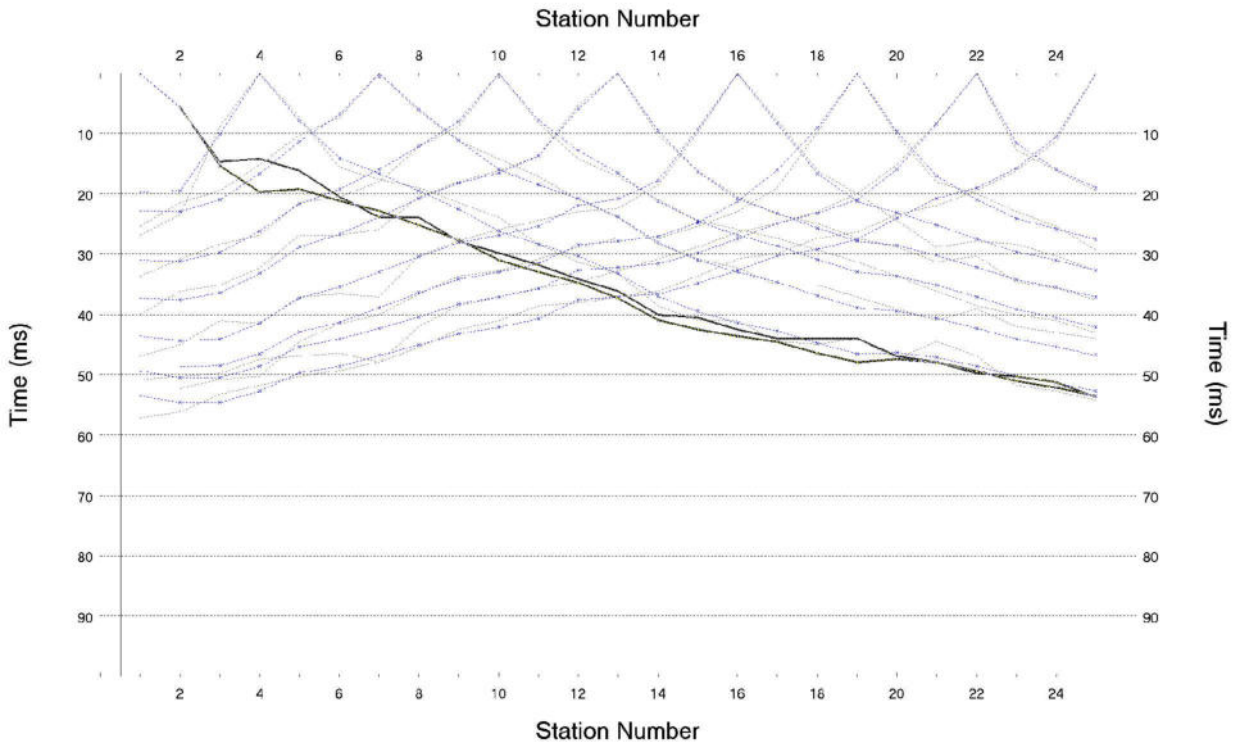
vermutlich kompakter Felsuntergrund [Vp > 1.500 m/s]
presumibile substrato roccioso compatto [Vp > 1.500 m/s]



Geophonauslage III: refraktierte Wellen, Anregungsquelle an Geophon 1
Stendimento sismico III: onda di rifrazione, sorgente energizzante sul geofono 1

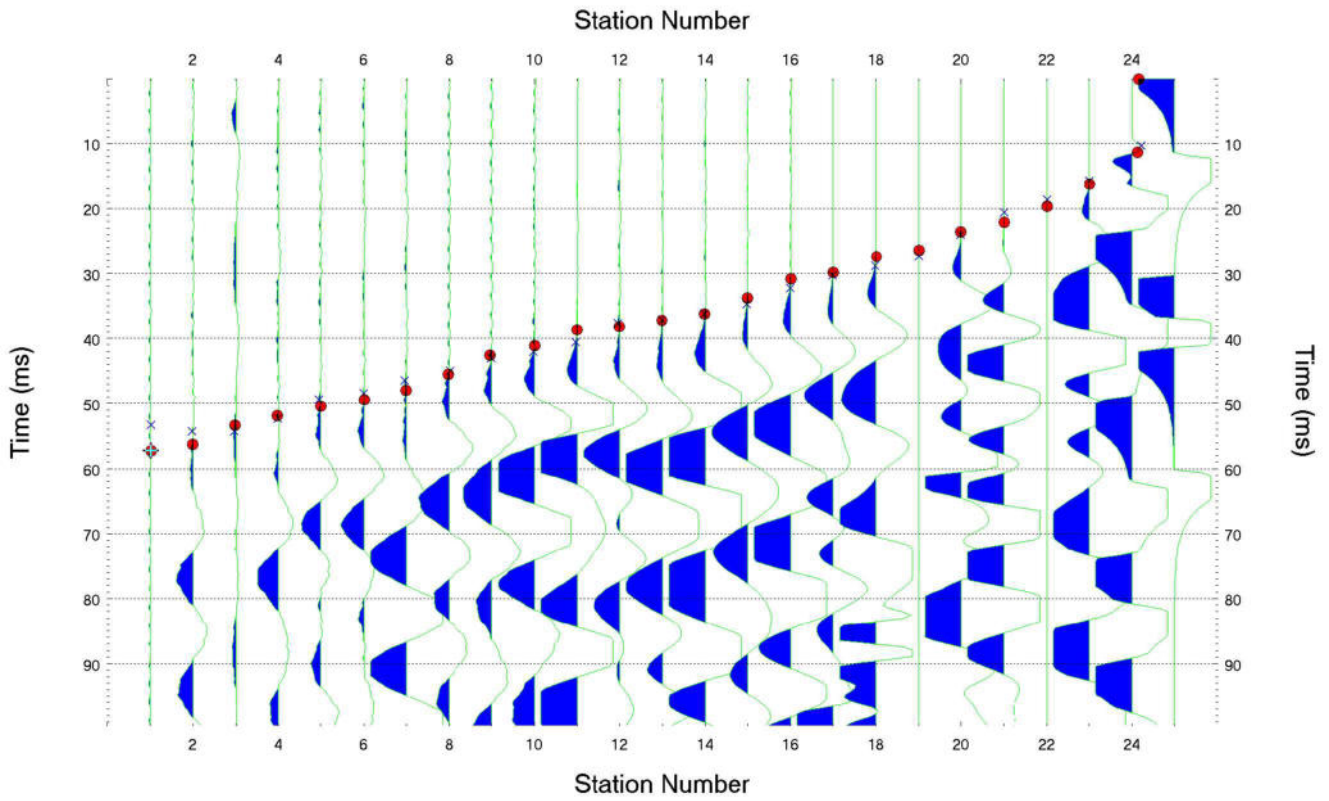


Geophonauslage III: Ausbreitungsgeschwindigkeit, Geophon 1
Stendimento sismico III: velocità di propagazione, geofono 1

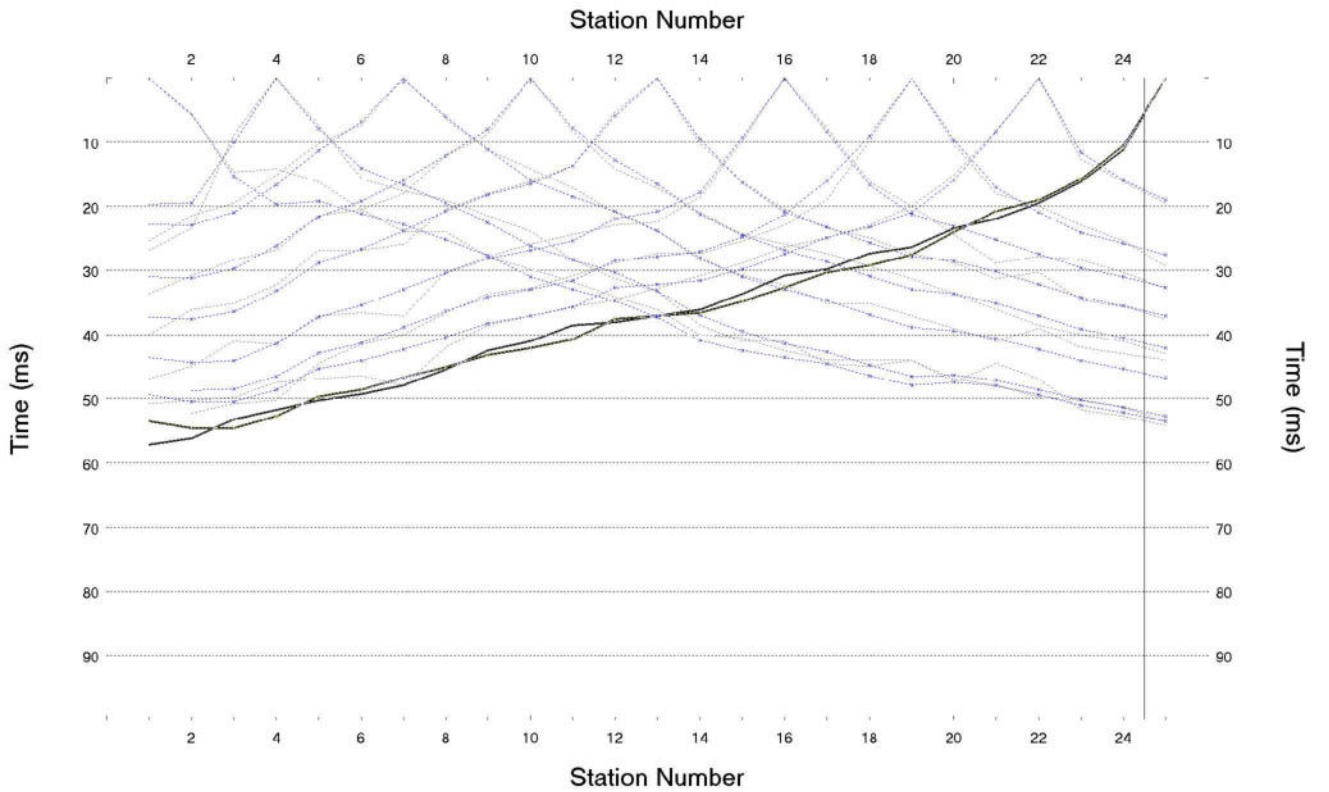


Refraktionsseismische Untersuchungen
Indagini sismiche a rifrazione

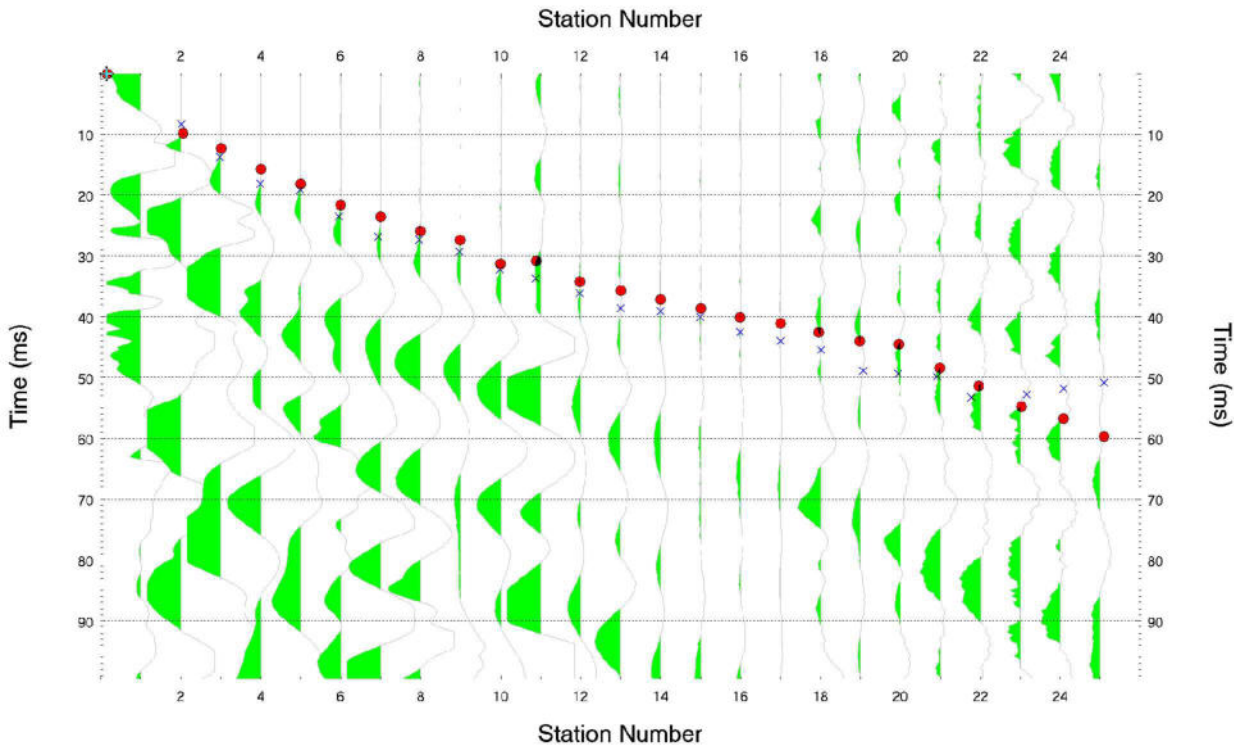
Geophonauslage III: refraktierte Wellen, Anregungsquelle an Geophon 25
Stendimento sismico III: onda di rifrazione, sorgente energizzante sul geofono 25



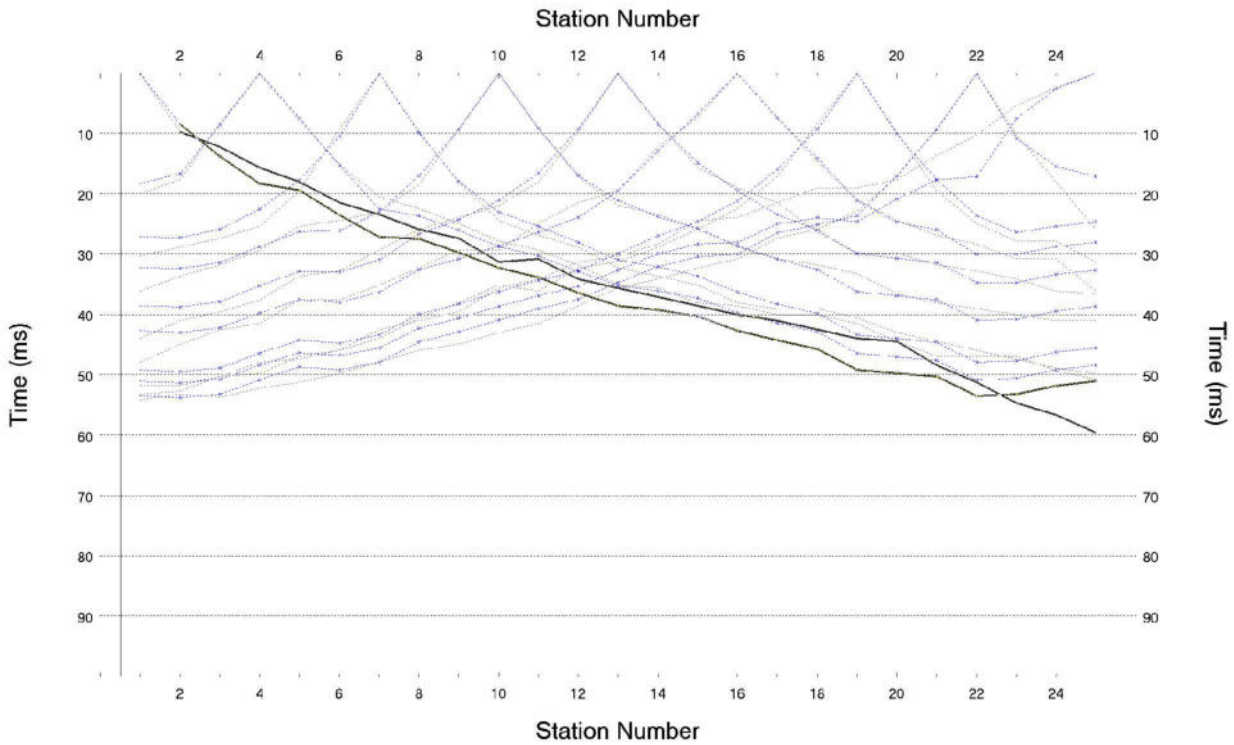
Geophonauslage III: Ausbreitungsgeschwindigkeit, Geophon 25
Stendimento sismico III: velocità di propagazione, geofono 25



Geophonauslage IV: refraktierte Wellen, Anregungsquelle an Geophon 1
Stendimento sismico IV: onda di rifrazione, sorgente energizzante sul geofono 1

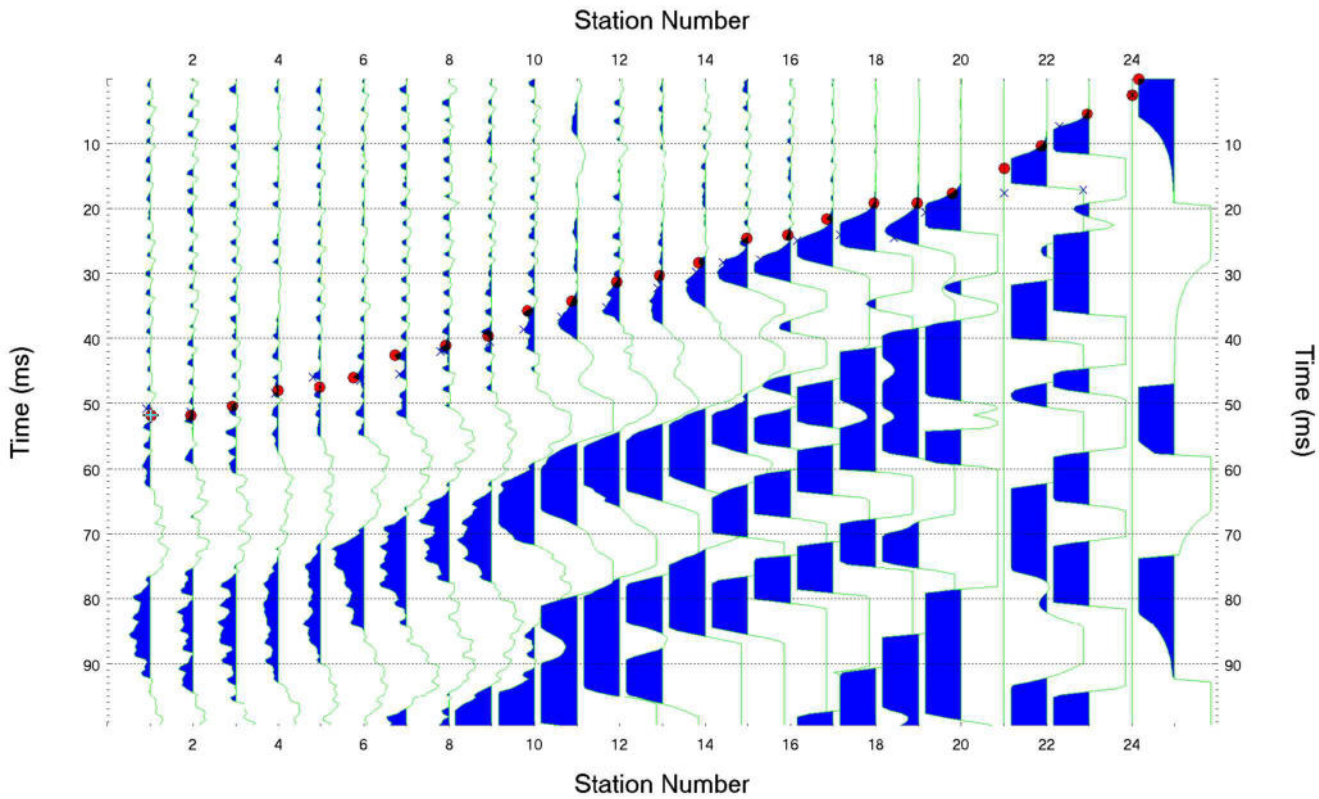


Geophonauslage IV: Ausbreitungsgeschwindigkeit, Geophon 1
Stendimento sismico IV: velocità di propagazione, geofono 1

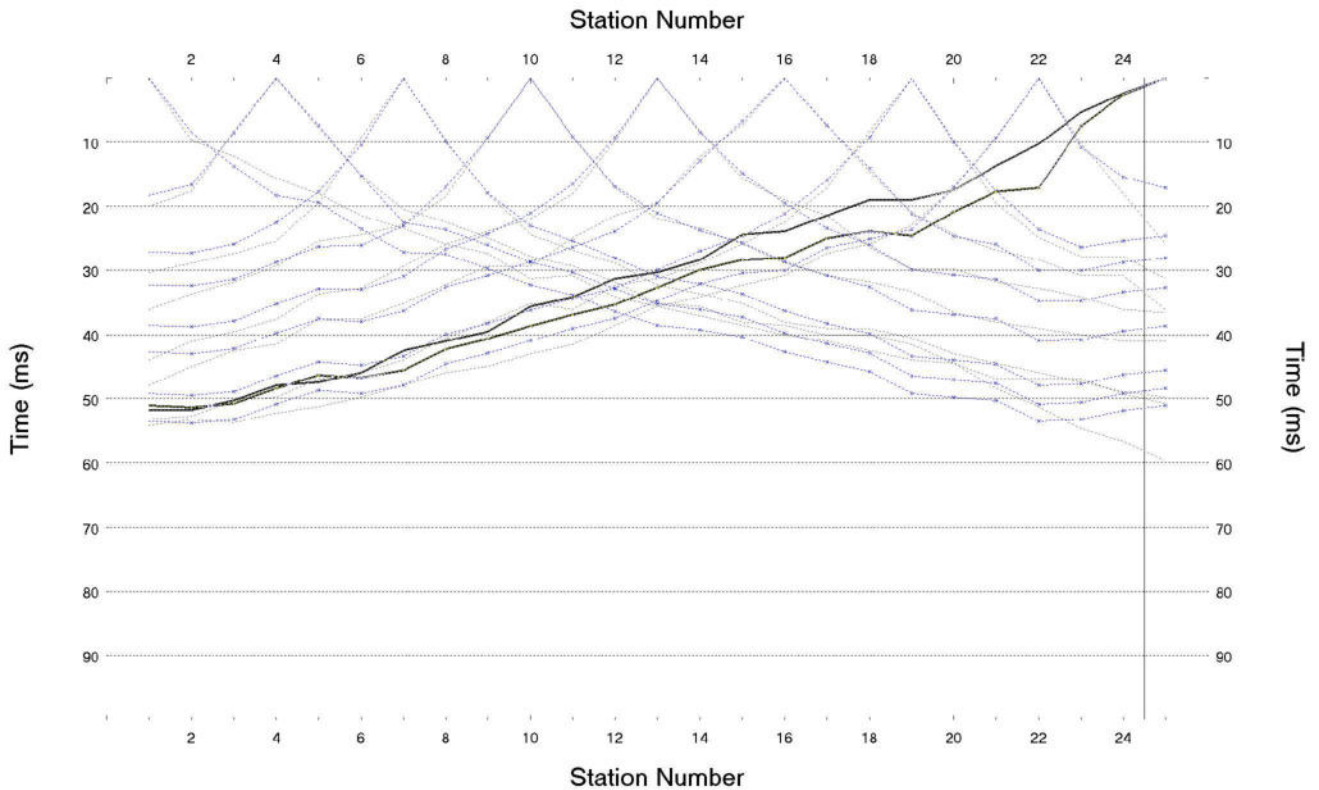


Refraktionsseismische Untersuchungen
Indagini sismiche a rifrazione

Geophonauslage IV: refraktierte Wellen, Anregungsquelle an Geophon 25
Stendimento sismico IV: onda di rifrazione, sorgente energizzante sul geofono 25



Geophonauslage IV: Ausbreitungsgeschwindigkeit, Geophon 25
Stendimento sismico IV: velocità di propagazione, geofono 25



GEMEINDE HAFLING
COMUNE DI AVELENGO

AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE

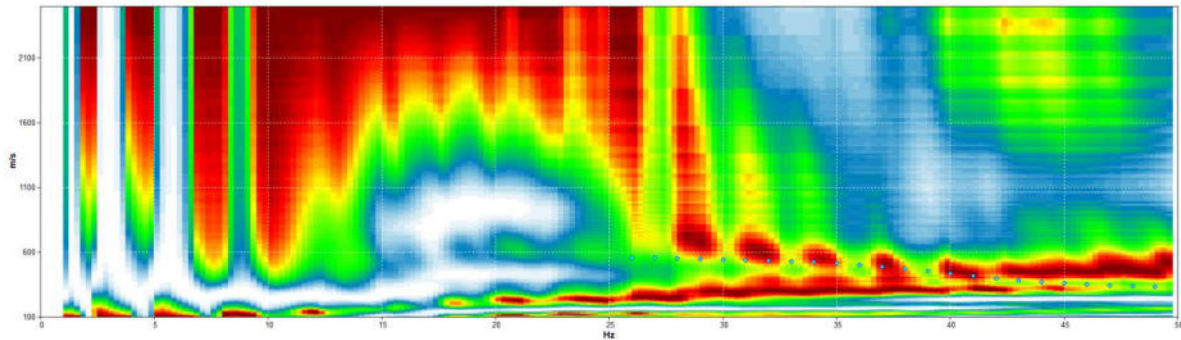
**SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN
MASW - REMI - HVSR**

**INDAGINI SISMICHE
MASW - REMI - HVSR**

MERAN 2000 – SPEICHERBECKEN – MASW-1

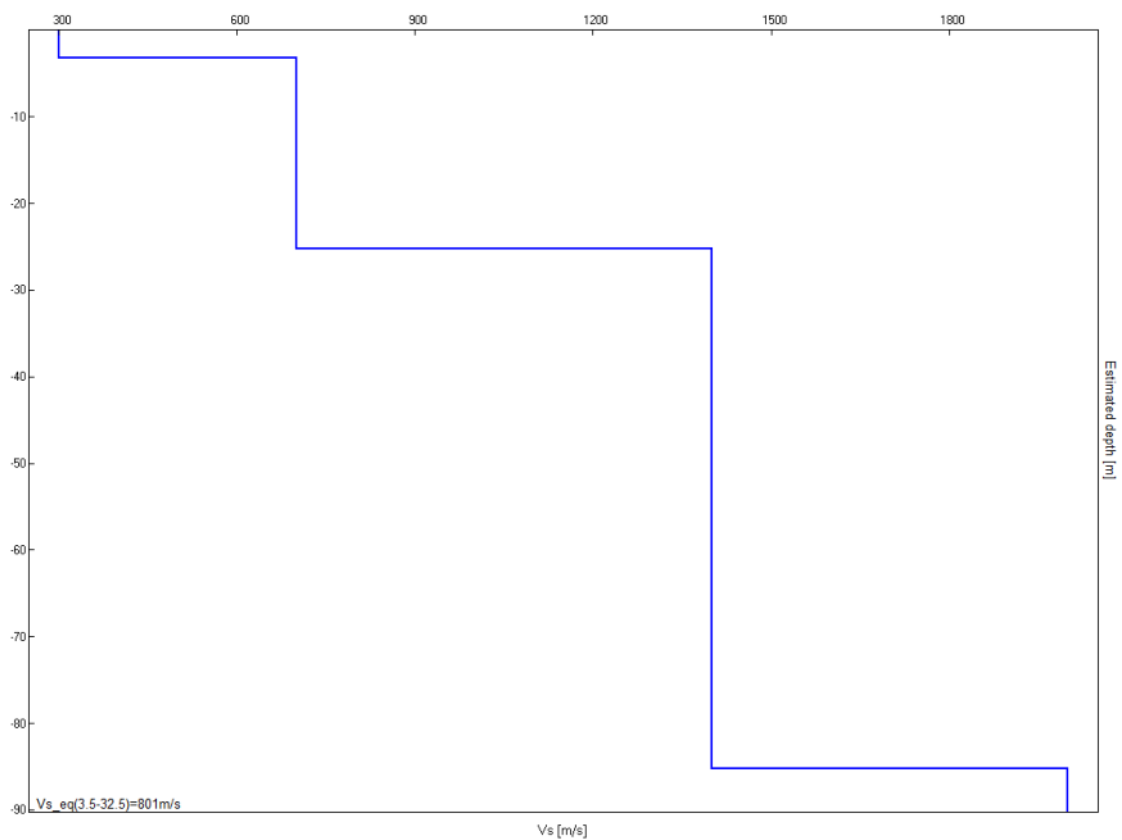
Array geometry (x): 0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35. m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.20	3.20	300	0.35
25.20	22.00	700	0.25
85.20	60.00	1400	0.20
inf.	inf.	2000	0.20

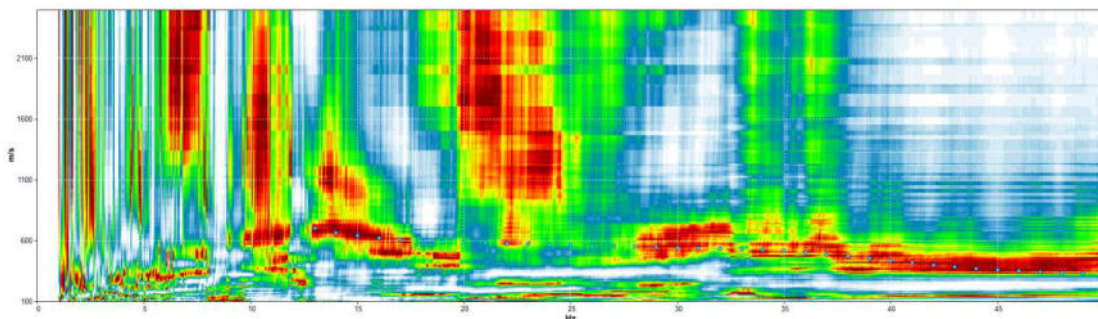
$V_{s_eq(3.5-32.5)}=801\text{m/s}$



MERAN 2000 – SPEICHERBECKEN – REMI-1

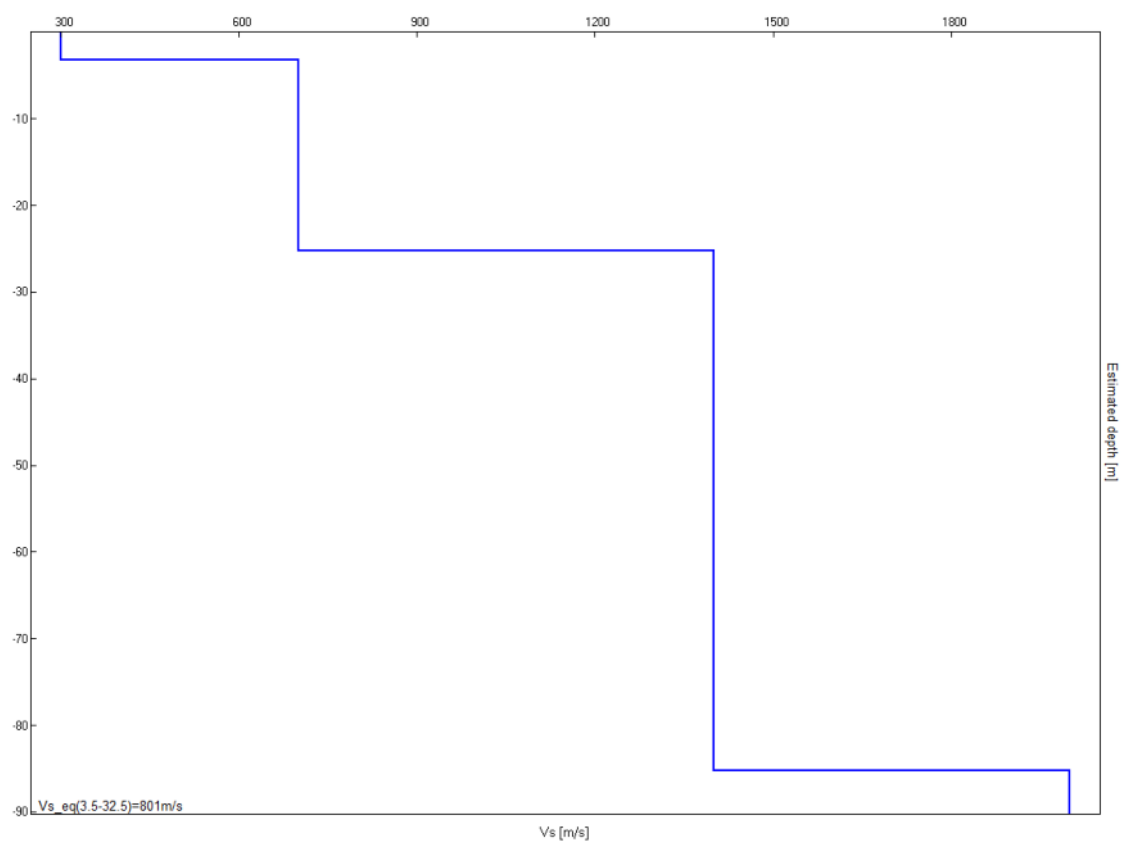
Array geometry (x): 0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.20	3.20	300	0.35
25.20	22.00	700	0.25
85.20	60.00	1400	0.20
inf.	inf.	2000	0.20

$$V_{s_eq(3.5-32.5)}=801\text{m/s}$$



MERAN 2000 – SPEICHERBECKEN – H/V2

Instrument: TRZ-0193/01-12

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 04/11/19 10:54:45 End recording: 04/11/19 11:10:46

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)

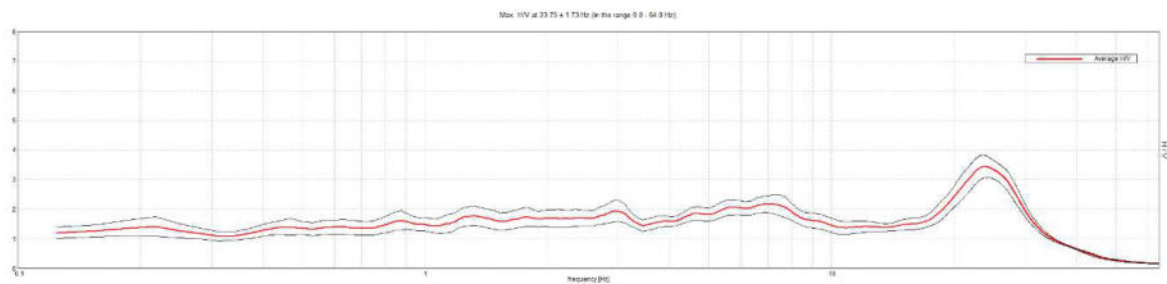
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

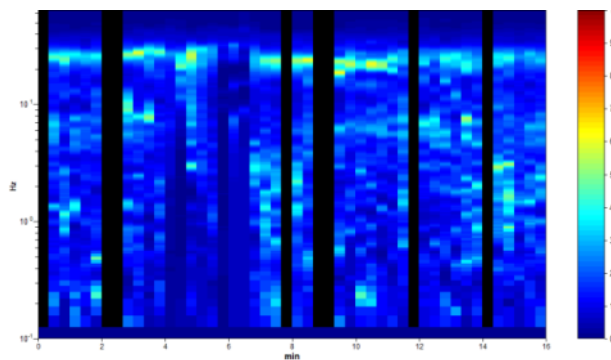
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

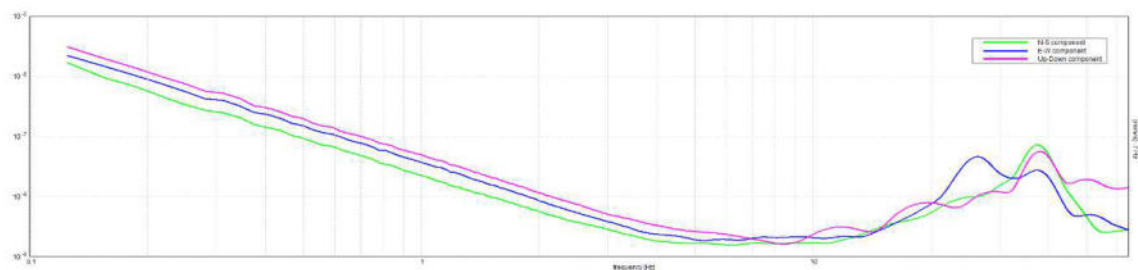
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



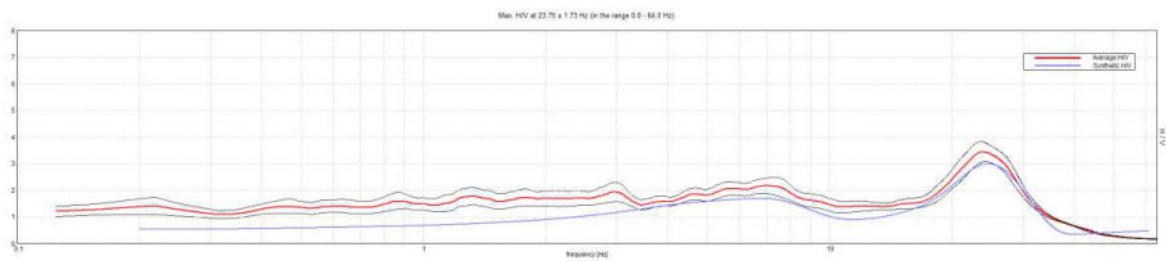
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

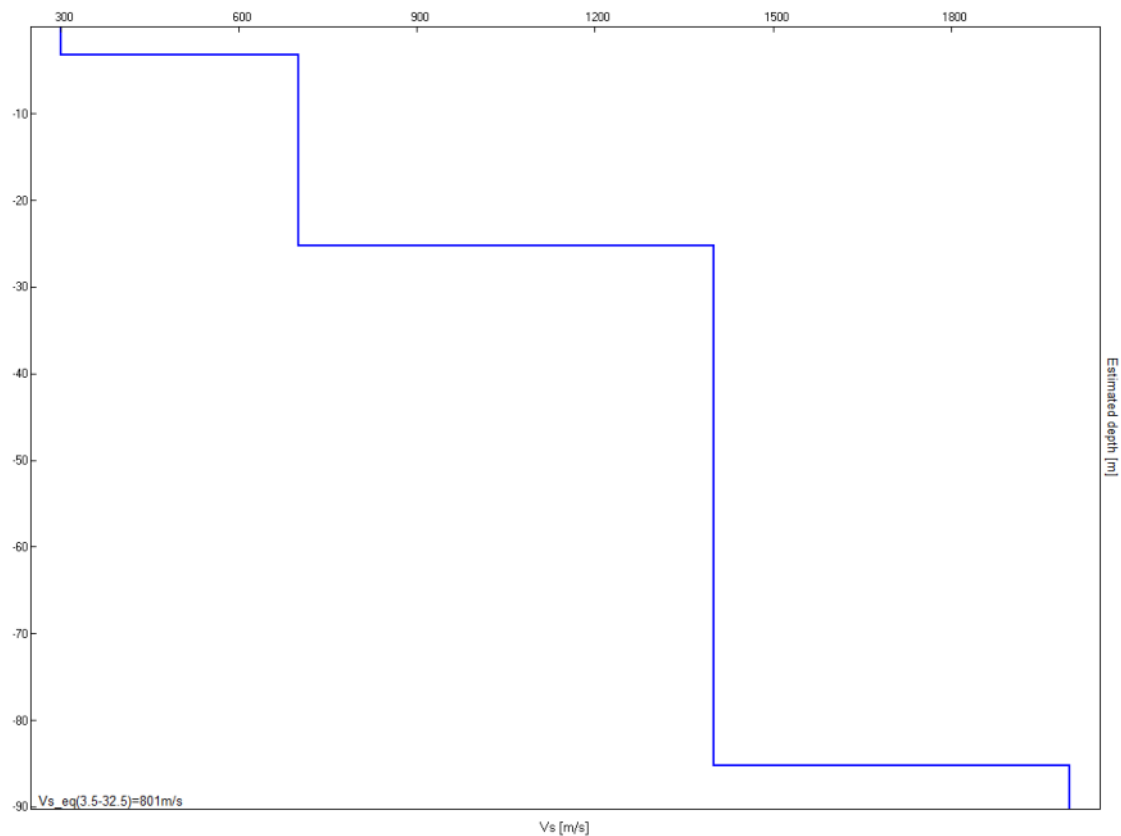


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.20	3.20	300	0.35
25.20	22.00	700	0.25
85.20	60.00	1400	0.20
inf.	inf.	2000	0.20

$Vs_{eq}(3.5-36.0)=801\text{m/s}$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 23.75 ± 1.73 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$23.75 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$19000.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1141 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	17.781 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	30.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.44 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.07264 < 0.05$		
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.72529 < 1.1875$		
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.381 < 1.58$	OK	

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

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

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