

**ANLAGE A**  
**ÜBERSICHTSKARTE**



## **ANLAGHE B**

LAGEPLAN MIT HYDROGEOLOGISCHEN SCHUTZZONEN



## ANLAGE C

### GEOLOGISCHE KARTE

# CARTA GEOLOGICA / GEOLOGISCHE KARTE



## Legenda/Legend

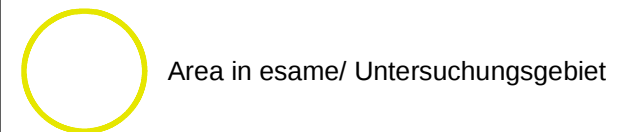
### Depositi quaternari/Quartärablagerungen

-  Depositi glaciali/glaziale Ablagerungen
-  Depositi fluvioglaciali/  
fluvioglaziale Ablagerungen

### Substrato roccioso/ Felsuntergrund

-  Calcare del castello di Brunico /  
Kalkstein Schloss Bruneck
-  Filladi quarzifere / Quarzphyllit

-  idrogeologia/Hydrogeologie

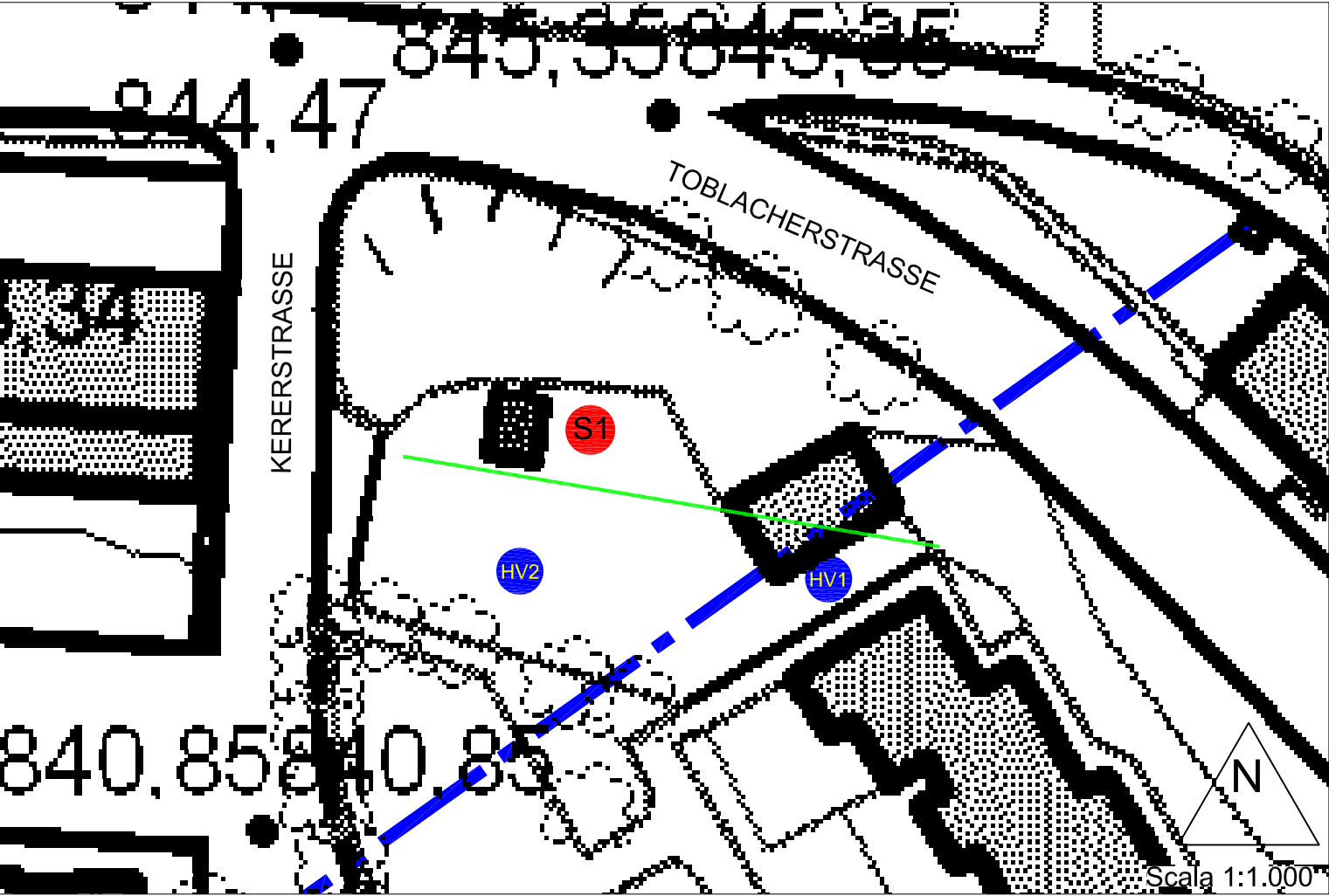


Scala 1:5.000

## ANLAGE D

### LAGEPLAN MIT FELDUNTERSUCHUNGEN UND STRATIGRAPHISCHER SCHNITT

LAGEPLAN MIT FELDUNTERSUCHUNGEN



Legende

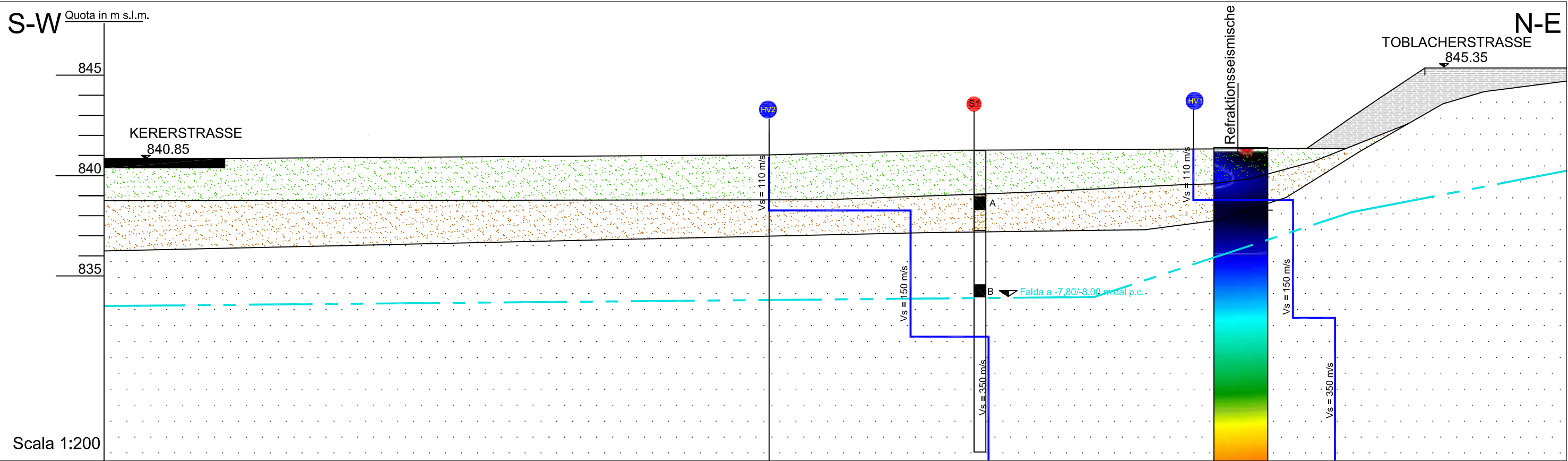
Untersuchungen

- S2 Bohrung
- HV2 Bericht seismik
- Refraktionsseismische
- A Probe
- Stratigraphische Profile

stratigraphischeEinheiten

- Kiesiger, brauner Sand mito organischem Anteil
- Sand und Kies
- schwache schluffiger Kies und Sand
- anthropischer Ablagerungen
- Grundwasserspiegel

STRATIGRAPHISCHE PROFILE



## ANLAGE E

### STRATIGRAPHIE BOHRUNG

SUPERVISORE: DR. S. VALLE

SONDATORE: SIG. R. GASPERETTI

TIPO DI SONDA: NENZI GELMINA

| Tipo di carot. e $\phi$ mm       | Rivestimento e $\phi$ mm | Spessore strato m | Profondità m                                                                                         | Legenda        | DESCRIZIONE LITOLOGICA                                                                                 | Perc. carotaggio | R.Q.D. % | Campioni | PROVE IN SITU             |           |          |          |          |   |  |               |                 |               | NOTE ED OSSERVAZIONI |                                                                                                                      |            |
|----------------------------------|--------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------|----------|---------------------------|-----------|----------|----------|----------|---|--|---------------|-----------------|---------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|                                  |                          |                   |                                                                                                      |                |                                                                                                        |                  |          |          | Standard Penetration Test |           |          |          |          |   |  | Tipo di punta | Pocket Pen. MPa | Vane Test MPa |                      | Quota falda m                                                                                                        | Piezometro |
|                                  |                          |                   |                                                                                                      |                |                                                                                                        |                  |          |          | Profondità                | Nr. Colpi |          |          | N.S.P.T. |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          |                   |                                                                                                      |                |                                                                                                        |                  |          |          |                           | 0-15 cm   | 15-30 cm | 30-45 cm |          |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          |                   |                                                                                                      |                |                                                                                                        |                  |          |          |                           |           |          |          |          |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
| Carotiere semplice $\phi$ 101 mm | $\phi$ 127 mm            |                   |                                                                                                      | 1              | Sabbie ghiaiose a contenuto organico, di colore bruno marrone, clasti centimetrici subangolosi.        | 100              |          |          |                           |           |          |          |          |   |  |               |                 |               |                      | Installato piezometro $\phi$ 2", con chiusino car-<br>rabile;<br>cieco m. 0.00 ÷ 9.00,<br>fessurato m. 9.00 ÷ 15.00. |            |
|                                  |                          |                   |                                                                                                      | 2              |                                                                                                        | 1.50             |          |          | 1.50                      | 4         | 7        | 5        | 12       | C |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          | 2.20              | 2.20                                                                                                 |                |                                                                                                        | 100              | 2.30     |          |                           |           |          |          |          |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          |                   |                                                                                                      | 3              | Alternanze decimetriche di sabbie e ghiaie poligeniche.                                                | 3.00             | A        |          |                           |           |          |          |          |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          |                   |                                                                                                      | 4              |                                                                                                        | 100              | 2.60     | 3.00     | 10                        | 18        | 30       | 48       | C        |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          | 1.80              |                                                                                                      |                |                                                                                                        | 100              |          |          |                           |           |          |          |          |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          |                   |                                                                                                      | 5              | Ghiaie medie sabbiose con locali ciottoli granitici ( $\phi$ max = 10 cm).                             | 4.50             |          | 4.50     | 30                        | R         | -        | -        | C        |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          | 1.00              |                                                                                                      |                |                                                                                                        | 100              |          |          |                           |           |          |          |          |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          |                   |                                                                                                      | 6              | Ghiaie sabbiose poligeniche, clasti poligenici da subangolosi a subarrotondati ( $\phi$ max = 1-2 cm). | 6.00             |          | 6.00     | 23                        | 29        | R        | -        | C        |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          |                   |                                                                                                      | 7              |                                                                                                        | 100              |          |          |                           |           |          |          |          |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          | 2.00              |                                                                                                      |                |                                                                                                        | 100              | 7.00     |          |                           |           |          |          |          |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          |                   |                                                                                                      |                |                                                                                                        | 7.50             | B        | 7.50     | 20                        | 23        | R        | -        | C        |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          |                   |                                                                                                      | 8              |                                                                                                        | 100              | 7.40     |          |                           |           |          |          |          |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          |                   |                                                                                                      | 9              |                                                                                                        | 9.00             |          | 9.00     | 18                        | 20        | 23       | 43       | C        |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          |                   |                                                                                                      | 10             |                                                                                                        | 100              |          |          |                           |           |          |          |          |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          | 11                | Sabbie e ghiaie fini poligeniche, con clasti da subangolosi a subarrotondati ( $\phi$ max = 1-3 cm). | 10.50          |                                                                                                        |                  |          |          |                           |           |          |          |          |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          | 12                |                                                                                                      | 100            |                                                                                                        |                  |          |          |                           |           |          |          |          |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          | 13                |                                                                                                      | 12.00          |                                                                                                        |                  |          |          |                           |           |          |          |          |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          | 14                |                                                                                                      | 100            |                                                                                                        |                  |          |          |                           |           |          |          |          |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          | 15                |                                                                                                      | 13.50          |                                                                                                        |                  |          |          |                           |           |          |          |          |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
|                                  |                          |                   |                                                                                                      | 100            |                                                                                                        |                  |          |          |                           |           |          |          |          |   |  |               |                 |               |                      |                                                                                                                      |            |
| 15.00                            | 15.00                    | 8.00              | 15                                                                                                   | F.F. m. 15.00. | 15.00                                                                                                  |                  |          |          |                           |           |          |          |          |   |  |               |                 |               | 15.00                |                                                                                                                      |            |

**ANLAGE F**  
**BERICHT SEISMIK**

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

**GEMEINDE BRUNECK  
COMUNE DI BRUNICO**

**ERGÄNZENDE SEISMISCHE  
UNTERSUCHUNGEN ZUR  
REALISIERUNG EINES  
GEBÄUDES MIT 15  
WOHNUNGEN IN BRUNECK,  
KERERSTRAßE, EX ANAS-  
GELÄNDE, G.P. 368/2**

**INDAGINI SISMICHE  
SUPPLEMENTARI PER LA  
REALIZZAZIONE DI UN  
EDIFICIO DI 15 ALLOGGI A  
BRUNICO, VIA KERER,  
AREA EX-ANAS, P.F. 368/2**



AUFTRAGGEBER:  
Institut für den sozialen Wohnbau des  
Landes Südtirol

## **ERGÄNZENDE SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUR REALISIERUNG EINES GEBÄUDES MIT 15 WOHNUNGEN IN BRUNECK, KERERSTRASSE, EX ANAS- GELÄNDE, G.P. 368/2**

### **1 EINLEITUNG UND ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE**

Die Untersuchung wurde in Hinblick auf die Bestimmung der seismischen Eigenschaften des Untergrundes in der Tiefe durchgeführt, um stratigraphisch relevante Informationen für das Projekt im Untersuchungsgebiet zu erhalten.

Die durchgeführten Untersuchungen sind:

- 1 seismisches Profile für refraktionsseismische Untersuchungen;
- Auswertung der Refraktionsseismik mittels tomographischer Technik;
- Durchführung von seismischen Untersuchungen vom Typ MASW und REMI entlang desselben Profils;
- Nr. 2 passive seismische punktuelle Untersuchung HVSr.

Die Lage der durchgeführten Untersuchungen ist in der Anlage 1 dargestellt.

Im Kapitel 2 am Ende des Textes ist die Durchführungsart 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. Nachfolgend sind die erhaltenen Daten der Untersuchungen dargestellt:

## **INDAGINI SISMICHE SUPPLEMENTARI PER LA REALIZZAZIONE DI UN EDIFICIO DI 15 ALLOGGI A BRUNICO, VIA KERER, AREA EX-ANAS, P.F. 368/2**

### **1 PREMESSA E RISULTATI DI SINTESI**

L'indagine in oggetto si prefigge di definire le caratteristiche sismiche dei terreni in approfondimento al fine di poter fornire indicazioni stratigrafiche di interesse per quanto in progetto sull'area in esame.

L'indagine in oggetto è consistita nell'esecuzione di:

- N. 1 stendimento sismico per indagini sismiche a rifrazione;
- Elaborazione della sismica a rifrazione con tecnica tomografica;
- Esecuzione di indagini sismiche tipo MASW e REMI lungo lo stesso profilo;
- N. 2 indagini sismiche passive a stazione singola tipo HVSr.

La localizzazione delle indagini eseguite è riportata in allegato 1.

Nel paragrafo 2 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. Direttamente a seguire sono riportati i risultati di sintesi delle indagini.

## **1.1 REFRAKTIONSSSEISMISCHE UNTERSUCHUNG**

Die refraktionsseismischen Untersuchungen wurde längs der in Anlage 1 dargestellten Linien durchgeführt. Die erhaltenen seismischen Profile sind in Anlage 2. Es wird darauf hingewiesen, dass mit dieser Technik die erreichbaren Tiefen in einer ersten Abschätzung mit ca.  $1/3 - 1/4$  der Gesamtlänge des seismischen Linie angegeben werden können. Mit dem realisierten seismischen Profil konnte der Untergrund bis in eine Tiefe von ca. 12 m unter GOK untersucht werden.

Mit der Refraktionsseismik kann die Ausbreitungsgeschwindigkeit der P-Wellen der in der Tiefe vorhandenen Schichten bestimmt werden. Zu beachten sind dabei die in Kapitel 2 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 mehr Anregungspunkte benutzt wurden.

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

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

## **1.1 INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE**

L'indagine sismica a rifrazione è stata effettuata lungo il profilo/stendimento riportato in allegato 1. Il profilo sismico ottenuto è riportato 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 lo stendimento realizzato è stato possibile esplorare il sottosuolo sino a profondità di ca. 12 metri.

Con la sismica a rifrazione è possibile definire le velocità di propagazione delle onde P degli strati di terreni presenti in profondità. Da considerare le limitazioni esaurientemente esposte nel Capitolo 2.

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.

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

Wellenverläufe mittels Finiter Differenzen Methode. Schlussendlich wurde die Ausgabegrafik realisiert, dargestellt in den Schnitten in Anlage 2.

Innerhalb der untersuchten Tiefen konnte eine erste seismische Schicht mit niedrigen Vp- Werten festgestellt werden, interpretierbar als wenig verdichtete Schuttböden.

In einer Tiefe von ca. 3 – 4 m unter GOK tritt ein Übergang zu mittleren Vp – Werten auf, klassisch für stärker verdichtete Schuttböden. Einen sehr scharfen und deutlichen Übergang gibt es ca. 8 – 9 m unter GOK. Wahrscheinlich handelt es sich dabei um den Grundwasserspiegel innerhalb der Schuttböden. Hier konnten klassische Vp – Werte für wassergesättigte Schuttböden festgestellt werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass sich auch innerhalb der im Untersuchungsgebiet durchgeführten Bohrung der Grundwasserspiegel in einer Tiefe von 8 – 9 m unter GOK befindet.

Der Felsuntergrund wurde mit der refraktionsseismischen Untersuchung nicht erfasst. Wie sich aus den HVSR- Untersuchungen ergibt, befindet sich dieser in sehr viel größeren Tiefen.

Es wird auch auf eine gute Homogenität der oben beschriebenen seismischen Schichten für die gesamte Länge des Profils (40 m) hingewiesen.

Wie nachfolgend aus der Gegenüberstellung der HVSR- Untersuchungen 1 und 2 aufgezeigt wird, tritt der Übergang bei ca. 3 m deutlicher in HVSR1 auf, d.h. im nördlichen Bereich, wo auch die Untersuchung durchgeführt wurde.

d'onda alle differenze finite. E' stato infine realizzato l'output grafico, come riportato nella sezione in Allegato 2.

Entro le profondità investigate si è rilevato in approfondimento un primo sismostrato caratterizzato da bassi valori di Vp tali da essere interpretati come terreno detritico poco addensato.

Alla profondità di ca. 3 – 4 m sotto il p.c. è presente un passaggio a valori di Vp medi, classici per terreni detritici più addensati.

Un passaggio molto netto e evidente è presente ad una profondità di ca. 8-9 m sotto il p.c. Presumibilmente si tratta della falda presente entro i terreni detritici. Qui si riscontrano infatti valori di Vp classici per terreni detritici saturi d'acqua.

Si evidenzia che anche entro il sondaggio eseguito nell'area in esame, la falda è risultata attestata a profondità di ca. 8 – 9 m sotto il p.c.

Non si è rilevata la presenza del substrato roccioso con la sismica a rifrazione. Quello è presente a profondità molto più elevate, come risulta dalle indagini HVSR.

Si evidenzia altresì una generale buona omogeneità dei sismostrati sopra descritti per la totalità della lunghezza dello stendimento eseguito (40 metri).

Come riportato a seguire, dal confronto dei risultati delle indagini HVSR1 e HVSR2 è possibile constatare che il passaggio sismostratigrafico rilevato a circa 3 metri è più evidente in HVSR1, ovvero nella parte verso Nord, ove è stato eseguito anche lo stendimento.

## 1.2 BESTIMMUNG DER Vs30 UND DER VIBRATIONS- PERIODEN – ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

### Vs 30

Die Ausarbeitung der durchgeführten Untersuchungen sind im Detail in den Tabellen der Anlage wiedergegeben. Bezüglich der Analysen wird hervorgehoben, dass die REMI- und MASW- Untersuchungen vorwiegend zur Bestimmung von Vs in den ersten Metern benutzt wurden, während die HVSR- Untersuchung vorwiegend zur Erkundung von steifen Untergründen und in der Folge zur Ermittlung des Verlaufs von Vs im Untergrund verwendet wurden.

Die MASW- und REMI- Untersuchungen haben mäßige Anstiege der Geschwindigkeit der Vs-Wellen in geringen Tiefen aufgezeigt.

In größeren Tiefen, ca. 30 m und ca. 100 m unter GOK, treten weitere deutliche Anstiege der Vs- Geschwindigkeiten auf.

Der letzte Anstieg, der sich aus den HVSR- Untersuchungen hervorhebt, kann als Übergang zum steifen Untergrund oder Ähnlichem gedeutet werden, mit Vs- Werten von ca. 1.300 m/sec. Wahrscheinlich handelt es sich um den kompakten Felsuntergrund.

Das geschätzte Modell der Vs30 ergibt folgendes Tiefenprofil:

## 1.2 INDAGINE SISMICA – DEFINIZIONE DELLE Vs30 E PERIODI DI VIBRAZIONE – RISULTATI DI SINTESI

### Vs 30

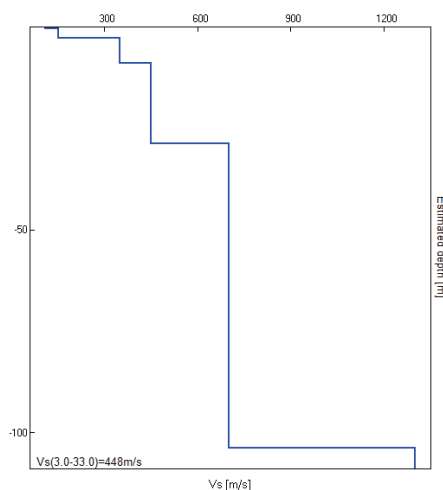
Le elaborazioni delle indagini eseguite sono dettagliatamente riportate nei tabulati in Allegato. Per quanto riguarda l'analisi si evidenzia che l'indagine REMI e MASW sono state prevalentemente utilizzate per valutare le Vs nei primi metri in approfondimento mentre le indagini HVSR sono state prevalentemente utilizzate per valutare la presenza di substrati rigidi in profondità e di conseguenza l'andamento delle Vs in approfondimento.

Le indagini MASW e REMI hanno evidenziato incrementi contenuti della velocità delle onde Vs a profondità modeste.

Più in profondità, a ca. 30 m e ca. 100 m dal p.c., sono presenti ulteriori incrementi significativi delle velocità Vs.

L'ultimo incremento, evidenziato dalle indagini HVSR, può essere interpretato come passaggio al substrato rigido o assimilabile, con valori di Vs di circa 1.300 m/sec. Presumibilmente si tratta del substrato roccioso compatto.

Il modello di stima delle Vs30 è risultato con il seguente profilo in approfondimento:



Für das Untersuchungsgebiet ergibt sich somit ein Wert für die Vs30 von ca. **450 m/sec**, bei einer Tiefe der Gründungsfläche von 3 Metern unter GOK.

Basierend auf der Tabelle 3.2.II der NTC und unter Berücksichtigung des erhaltenen Parameters Vs30, entfällt der untersuchte Untergrund in die **Kategorie B** (360m/sec<Vs<800m/sec).

Per il sito in esame si è quindi definito un valore delle Vs30 pari a ca. **450 m/sec**, con una profondità del piano di posa a 3 metri sotto il p.c.

Sulla base della Tabella 3.2.II delle NTC e considerando il parametro Vs30 ottenuto la categoria di sottosuolo a cui ascrivere il terreno in oggetto risulta la **categoria B** (360m/sec<Vs<800m/sec).

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

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

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

| Categoria | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| S1        | Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche. |
| S2        | Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.                                                                                                                          |

## SCHWINGZEIT

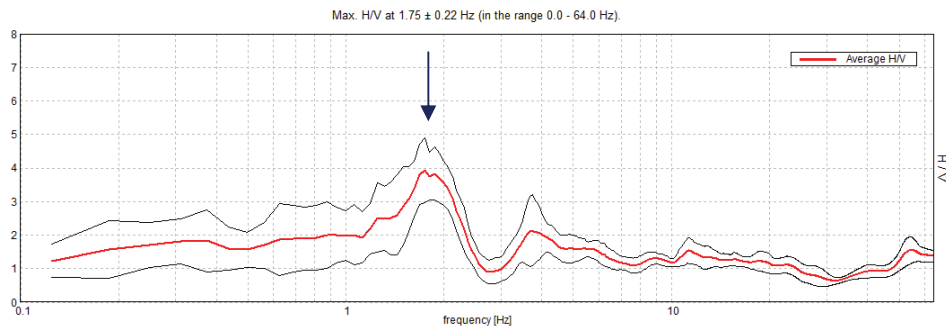
Mithilfe der HVSR - Untersuchung war es außerdem möglich, die Hauptschwingfrequenzen des Bodens zu bestimmen. Um eine doppelte Resonanz zu vermeiden, die die Bebenauswirkungen verstärken könnten, ist ein Vergleich der Bodenschwingungen mit den Schwingungen der geplanten Struktur geeignet.

Aus der Untersuchung HVSR2 ergeben sich für den untersuchten Untergrund Resonanzfrequenzen von ca. **1,5 - 2Hz**.

## PERIODO DI VIBRAZIONE

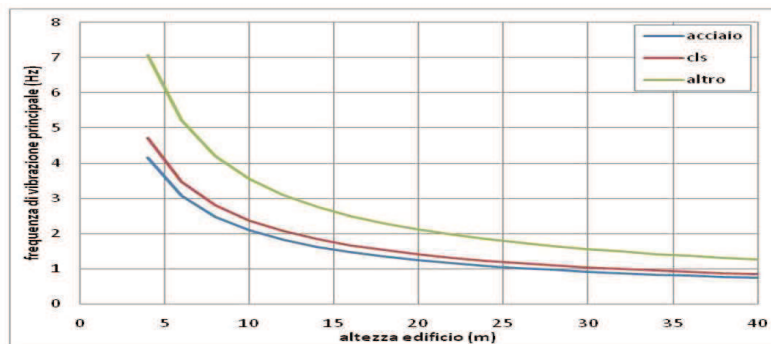
Tramite l'indagine HVSR è stato inoltre possibile definire le principali frequenze di vibrazione del terreno. Al fine di evitare fenomeni di doppia risonanza in grado di amplificare gli effetti del sisma è infatti opportuno confrontare le frequenze di vibrazione del terreno con quelle previste per la struttura in progetto.

Dall'indagine HVSR2 risultano per il sottosuolo in oggetto principali frequenze di vibrazione del terreno di ca. **1,5 - 2Hz**.



In der nachfolgenden Grafik ist die vorläufige Auswertung der Hauptvibrationsfrequenz für Gebäude dargestellt. Die Schätzung basiert auf den Angaben der NTC (MD 14.01.2008), Absatz 7.3.3.2, wo es heißt "per costruzioni civili o industriali che non superino i 40 m di altezza e la cui massa sia approssimativamente uniformemente distribuita lungo l'altezza T1 può essere stimato, in assenza di calcoli più dettagliati, utilizzando la formula seguente:  $T = C \times H^{3/4}$ , wobei gilt: H entspricht der Gebäudehöhe in Metern von der Gründungsfläche, C ist ein Parameter, der vom Material der Struktur abhängt.

Si riporta a seguito nel grafico la preliminare valutazione della frequenza di vibrazione principale per edifici stimata sulla base di quanto indicato nelle NTC (DM 14.01.2008) paragrafo 7.3.3.2 ovvero, "per costruzioni civili o industriali che non superino i 40 m di altezza e la cui massa sia approssimativamente uniformemente distribuita lungo l'altezza T1 può essere stimato, in assenza di calcoli più dettagliati, utilizzando la formula seguente:  $T = C \times H^{3/4}$ , dove: H è l'altezza della costruzione, in metri dal piano di fondazione, C parametro dipendente dal materiale della struttura.



Es obliegt dem Projektanten eine eventuelle Resonanz zwischen der Eigenfrequenz des Gebäudes und der Frequenz des Untergrundes auszuwerten.

A cura della Progettazione la valutazione se vi può essere interferenza tra la frequenza propria dell'edificio e quella del sottosuolo.

## Stratigraphische Informationen

Mit Hilfe der HVSr-, MASW- und REMI-Untersuchungen war es möglich zusätzliche stratigraphische Informationen über den Untergrund zu erhalten.

Die Untersuchungen haben einen ersten

## Informazioni stratigrafiche

Tramite le indagini HVSr, MASW e REMI è stato inoltre possibile di ottenere informazioni stratigrafiche aggiuntive del sottosuolo.

Le indagini hanno evidenziato un primo

deutlichen Anstieg der Geschwindigkeit der Vs-Wellen in einer Tiefe von ca. 3 m unter GOK aufgezeigt. Dieser Anstieg konnte auch durch die Refraktionsseismik festgestellt werden und stellt den Übergang zu stärker verdichteten Schuttböden dar.

Aus der Gegenüberstellung von HVS1 und HVS2 geht hervor, dass der oben erwähnte seismische Übergang deutlicher in HVS1 auftritt.

Darunter nehmen die Vs- Geschwindigkeiten stufenweise mit der Tiefe zu.

Die HVS- Geschwindigkeiten haben dann in einer Tiefe von ca. 30 m unter GOK den Übergang zu stark verdichteten Schuttböden aufgezeigt, mit Vs- Werten von ca. 700 m/s.

Wie auch oben beschrieben, ergaben die HVS- Untersuchungen einen Frequenzpeak von ca. 1,5 – 2 Hz, welcher auf die Präsenz des steifen Untergrundes oder ähnlichem zurückzuführen ist. Wahrscheinlich handelt es sich um den Felsuntergrund, welcher in einer Tiefe von ca. 100 m unter GOK auftritt und durch Vs- Werte von ca. 1.300 m/s charakterisiert ist

## **2 TECHNISCHE ANGABEN UND EIGENSCHAFTEN DER GERÄTE**

### **2.1 REFRAKTIONSESEMIK**

Refraktionsseismische Untersuchungen nutzen das Prinzip, nach welchem eine Welle, die unter 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 Totalreflexion 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

incremento significativo delle velocità delle onde Vs ad una profondità di ca. 3 m sotto il p.c. Questo incremento si è rilevato anche tramite la sismica a rifrazione e presenta il passaggio a terreni detritici più addensati.

Dal confronto tra HVS1 e HVS2 è possibile constatare che il passaggio sismostratigrafico sopra indicato è più evidente in HVS1.

In approfondimento si ha poi un circa graduale incremento delle Vs con la profondità.

Le indagini HVS hanno poi evidenziato a ca. 30 m sotto il p.c. il passaggio a terreni detritici fortemente addensati, con valori Vs di circa 700 m/s

Come descritto anche sopra, le indagini HVS hanno evidenziato un picco in frequenza a circa 1,5 - 2 Hz che è dovuto alla presenza di un substrato rigido o assimilabile. Presumibilmente si tratta del substrato roccioso che è presente a profondità di ca. 100 m sotto il p.c. ed è caratterizzato da valori di Vs di circa 1.300 m/s.

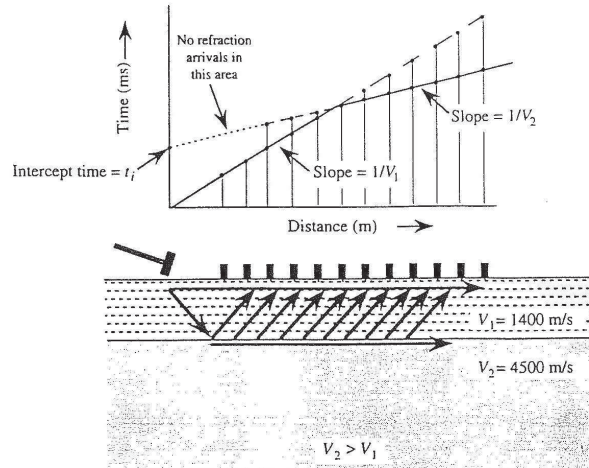
## **2 NOTE TECNICHE E CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE**

### **2.1 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).

vor den direkten Wellen an. Die untenstehende Grafik zeigt die Ankunftszeiten in verschiedenen Abständen von seismischen Quelle (Burger & Burger, 1992).



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

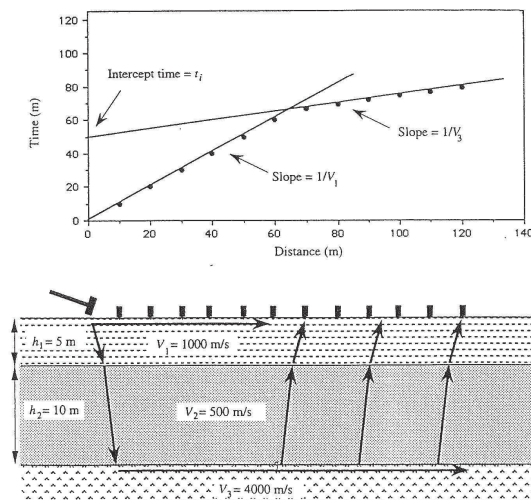
Durch refraktionsseismische Untersuchungen ist es daher möglich, das Vorhandensein von verschiedenen Böden oder Fels, sowie deren Mächtigkeiten abzuleiten, wenn sie durch unterschiedliche Ausbreitungsgeschwindigkeiten der seismischen Wellen charakterisiert sind.

Wenn jedoch das tiefere Medium eine geringere Ausbreitungsgeschwindigkeit aufweist als das höhere 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).

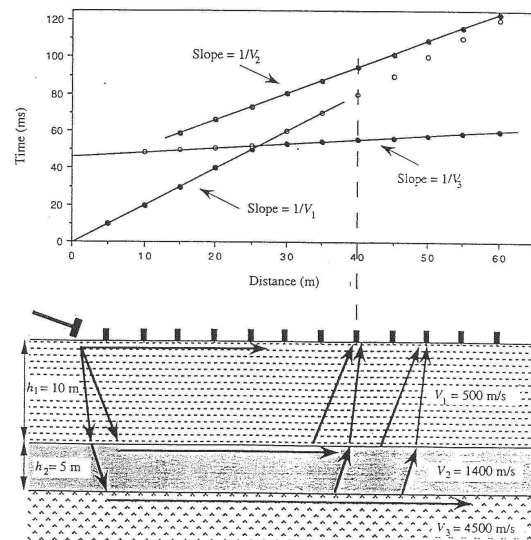


Weiters ist es nicht möglich, Schichten mit geringen Mächtigkeiten zu ermitteln, da die Wellen, welche sich nach der Ausbreitungsgeschwindigkeit dieser Schichten fortpflanzen, im Seismogramm nicht dargestellt sind. Dies ist darauf

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

zurückzuführen, dass die ihre Ankunftszeiten höher sein können als jene der darunterliegenden Schicht.  
Die untenstehende Grafik zeigt die Ankunftszeiten für einen Fall, in welchem eine mittlere, geringmächtige Schicht vorhanden ist (Burger & Burger, 1992).

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).



#### Technische Eigenschaften des verwendeten Geräts und der durchgeführten Untersuchungen:

Verwendetes Gerät: Digitaler Seismograph Soilsy Rosina

Anzahl der Geophone: 17 zu 4,5 Hz

Abstand Geophone: 2,5 m

Länge der Versuchsanordnung: 40 m

Versuchsfrequenz: 1028 Hz

Aufnahmezeit: bis zu 3 sec

Für die Ausarbeitung wurde die Software RayFract verwendet.

Die detaillierten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen sind in der folgenden Anlage wiedergegeben.

#### Caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata e dell'indagine eseguita:

Strumento utilizzato: Sismografo digitale Soilsy Rosina

Geofoni: 17 da 4,5 Hz

Interdistanza geofoni: 2,5 m

Lunghezza stendimento: 40 m

Frequenza di campionamento: 1028 Hz

Durata acquisizione: sino a 3 secondi

Per l'elaborazione si è fatto uso del software RayFract. I

risultati dettagliati dell'indagine eseguita sono riportati nell'Allegato a seguire.

## 2.2 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 keine +Verstärkungen beim Übergang vom Felsuntergrund an die Oberfläche 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 30m unter GOK zu rekonstruieren, indem die Kurve H/V am ersten bekannten stratigraphischen Übergang oder am bekannten Vs-Wert der ersten Schicht (z.B.

## 2.2 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.

durch die MASW – Untersuchungen) geeicht wird.

Für die Ausarbeitung der Daten wird die in den Richtlinien SESAME (Site Effects assessment using Ambient Excitations) empfohlene Vorgehensweise befolgt. Es handelt sich dabei um ein europäisches Forschungsprojekt der Jahre 2003-2005, mit dem Ziel die seismischen Mikrozonierungstechniken mittels Umweltschall 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 stabilen 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 Geräts und der durchgeführten Untersuchungen:**

Empfänger: Tromino Engy

Versuchsfrequenz: 128 Hz

Aufnahmezeit: 6 Minuten

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

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

Es handelt sich dabei um eine eher rezente Untersuchungsmethode, die vor allem von den 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 den Versuchs- und theoretischen Daten erhält, ebenso wird der Vs30 für jede Schicht im Untergrund ermittelt.

**Technische Eigenschaften des verwendeten Geräts und der durchgeführten Untersuchungen:**

Verwendetes Gerät: Digitaler Seismograph Soilsy Rosina

Anzahl der Geophone: 17 zu 4,5 Hz

Abstand Geophone: 2,5 m

Länge der Versuchsanordnung: 40 m

Versuchsfrequenz: 1028 Hz

Aufnahmezeit: bis zu 3 sec

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

## **2.4 PASSIVE SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN – REMI (REFRACTION MICROTREMOR)**

Das Verfahren zur Analyse des Untergrundes mittel Mikrobeben hat ihren Ursprung in den von J.Louie an der Nevada University durchgeführten Untersuchungen und Experimenten. Die Analyse der Mikrobeben erlaubt die Bestimmung der Ausbreitungsgeschwindigkeit der S- Wellen

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 acquirente: Tromino Engy

Frequenza di campionamenti: 128 Hz

Tempo di acquisizione: 6 minuti

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

## **2.3 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 sismiche 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 Soilsy Rosina

Geofoni: 17 da 4,5 Hz

Interdistanza geofoni: 2,5 m

Lunghezza stendimento: 40 m

Frequenza di campionamento: 1028 Hz

Durata acquisizione: sino a 3 secondi

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

## **2.4 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

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, sind die Benutzung von Geophonen mit einer niedrigen Frequenz (4-14 Hz) und lange Aufnahmezeiten empfohlen. Die Benutzung eines digitalen Seismographen mit hoher Dynamik 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 Soilsy Rosina  
Anzahl der Geophone: 17 zu 4,5 Hz  
Abstand Geophone: 2,5 m  
Länge der Versuchsanordnung: 40 m  
Versuchsfrequenz: 1024 Hz  
Aufnahmezeit: bis zu 5 min  
Fenster für die Ausarbeitung: 10 sek  
Für die Ausarbeitung wurde die Software Soilsy und Grilla verwendet. Die detaillierten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen sind in der folgenden Anlage wiedergegeben.

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 termine 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 .

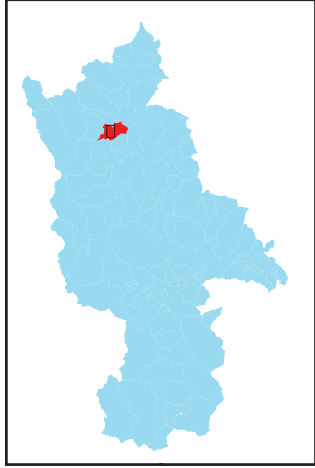
Caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata e dell'indagine eseguita:

Strumento utilizzato: Sismografo digitale Soilsy Rosina  
Geofoni: 17 da 4,5 Hz  
Interdistanza geofoni: 2,5 m  
Lunghezza stendimento: 40 m  
Frequenza di campionamento: 1024 Hz  
Durata acquisizione: sino a 5 min  
Finestre di elaborazione: 10 sec  
Per l'elaborazione si è fatto uso dei software Soilsy e Grilla. I risultati dettagliati dell'indagine eseguita sono riportati nell'Allegato a seguire.

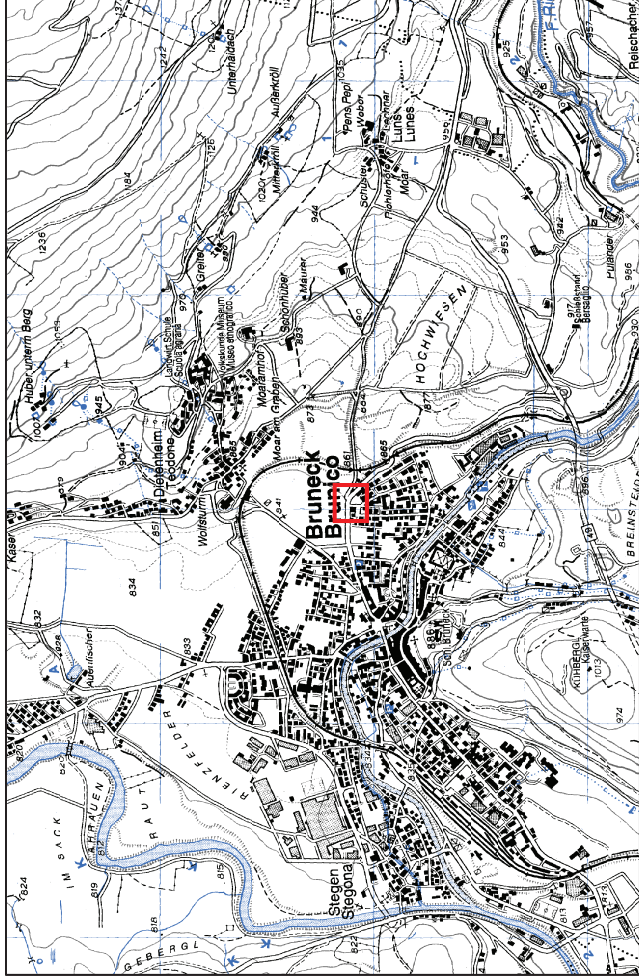
Bressanone, 18/04/2011

ERGÄNZENDE SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUR  
REALISIERUNG EINES GEBÄUDES MIT 15 WOHNUNGEN IN  
BRUNECK, KERERSTRASSE, EX ANAS-GELÄNDE, G.P. 368/2  
INDAGINI SISMICHE SUPPLEMENTARI PER LA  
REALIZZAZIONE DI UN EDIFICIO DI 15 ALLOGGI A BRUNICO,  
VIA KERER, AREA EX-ANAS, P.F. 368/2

Chorographie  
Corografia



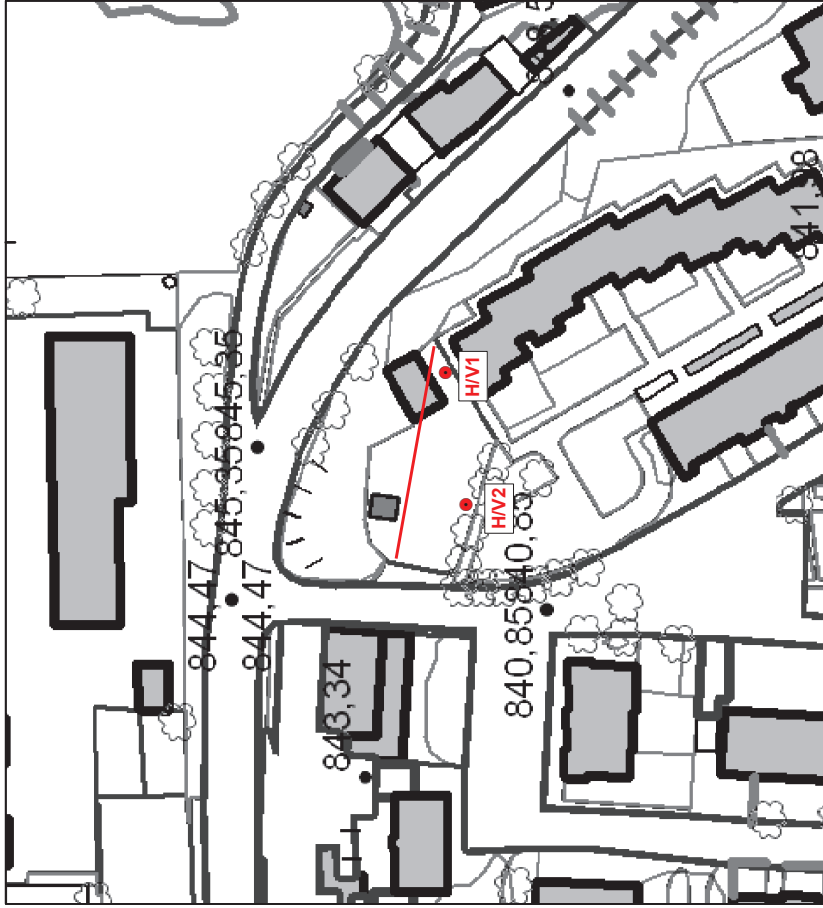
Maßstab / Scala 1:25.000



Auszug aus der topographischen Karte der Provinz im Maßstab 1:25.000. Blätter 4A-II-NE und 4B-II-NW  
stralido da carta topografica della provincia in scala 1:25.000. Fogli 4A-II-NE e 4B-II-NW

Lokalisierung der durchgeführten Untersuchungen  
Localizzazione degli indagini eseguite

Maßstab / Scala 1:1.000



Auszug aus der technischen Grundkarte der Provinz im Maßstab 1:5.000, Blatt 1219 I  
Stralido dalla carta tecnica della Provincia in scala 1:5.000, Foglio 1219 I

Legende / Legenda

- punktuelle seismische Untersuchung HVSR  
indagine sismica a stazione singola HVSR
- seismische Profil  
stendimento sismico

GEMEINDE BRUNECK  
COMUNE DI BRUNICO

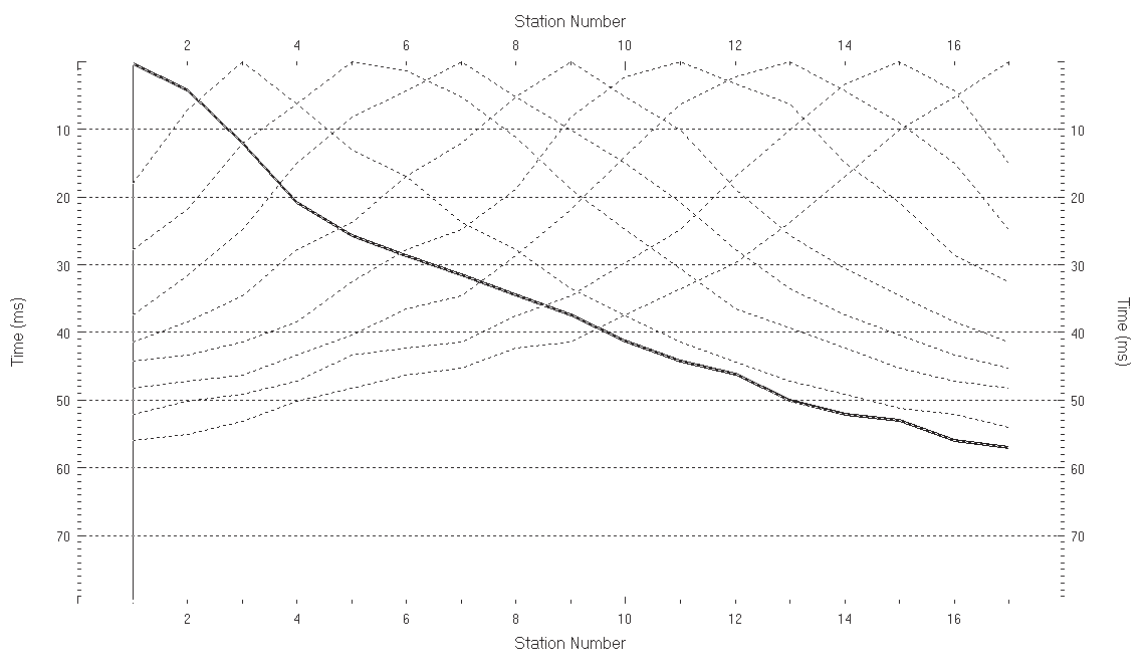
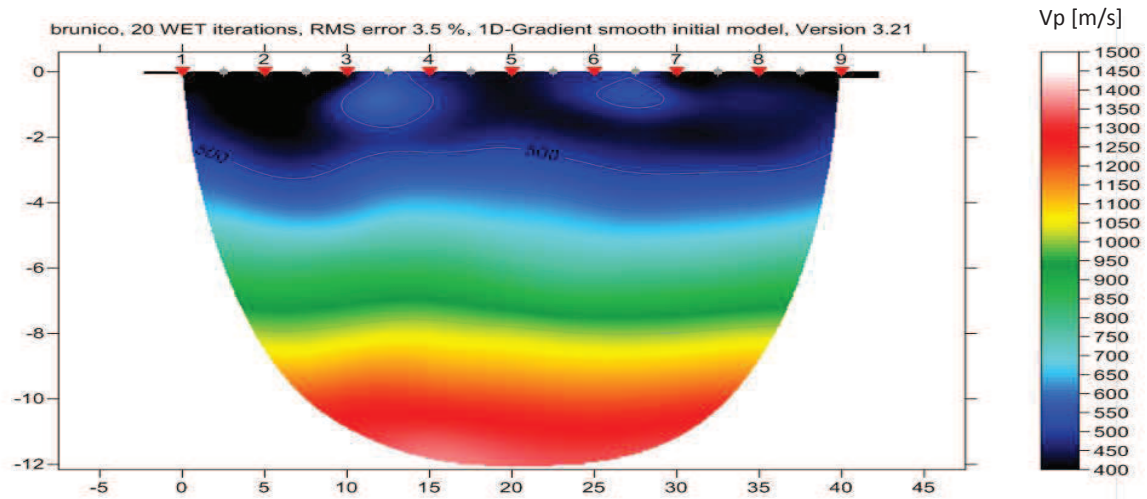
AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL  
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE

## REFRAKTIONSSEISMISCHE UNTERSUCHUNG

## INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

17 Geofone zu je 2,5 m; Länge des seismischen Profils=40 m

17 geofoni a 2,5 m; lunghezza dello stendimento sismico=40 m



GEMEINDE BRUNECK  
COMUNE DI BRUNICO

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

**HVSR - UNTERSUCHUNGEN**

**INDAGINI SISMICHE HVSR**

## BRUNECK\_ANAS, HVSR 1

Instrument: TEP-0050/01-09

Start recording: 03/04/12 15:31:01

End recording: 03/04/12 15:37:02

Trace length: 0h06'00". Analyzed 44% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

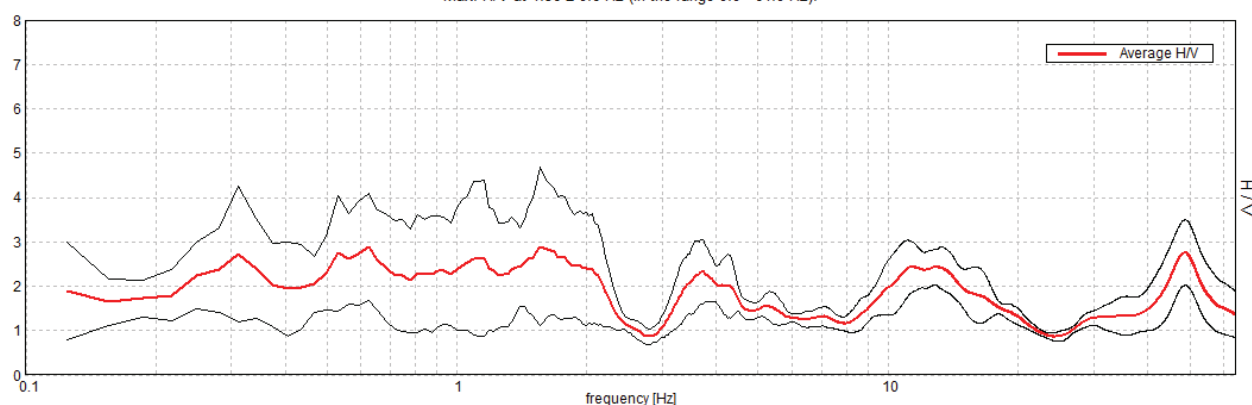
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

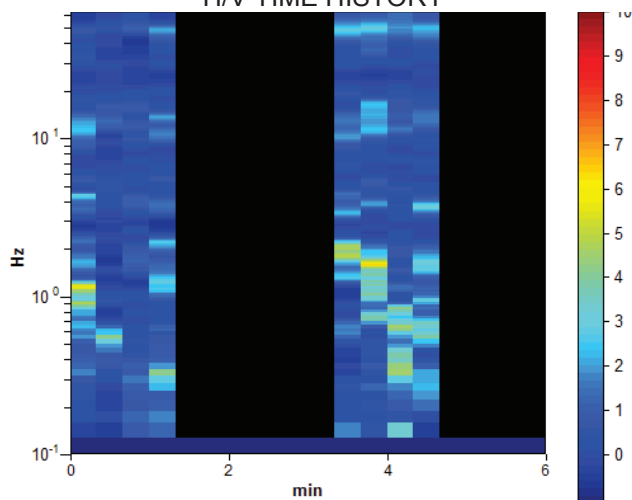
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

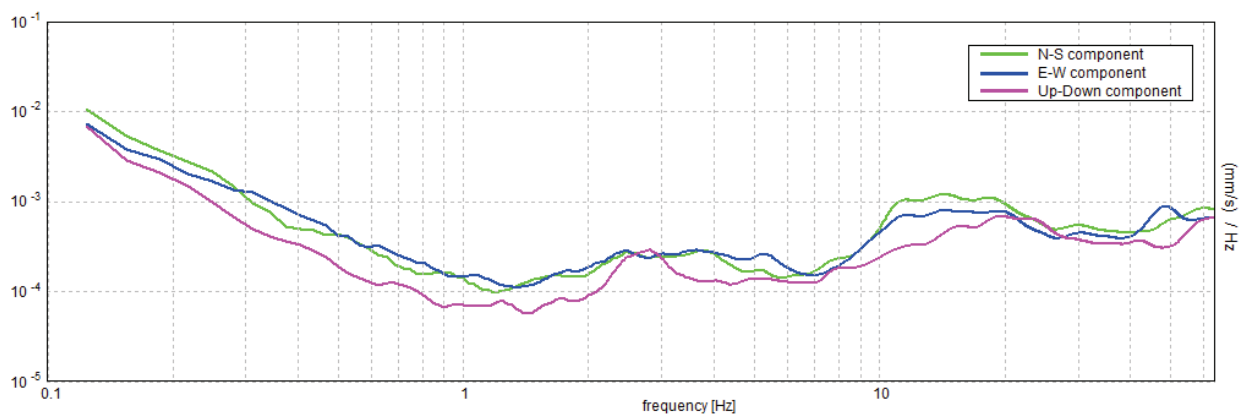
Max. H/V at  $1.56 \pm 0.6$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



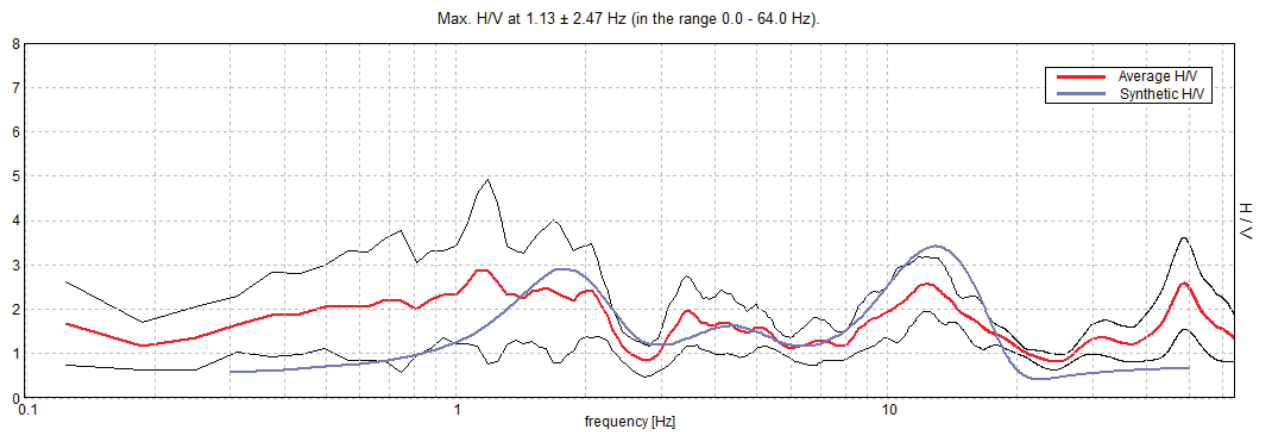
### H/V TIME HISTORY



### SINGLE COMPONENT SPECTRA

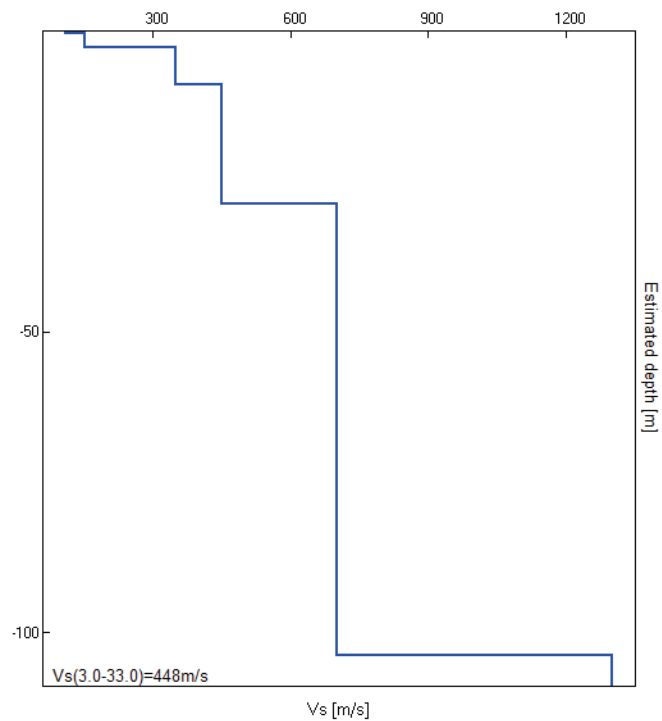


## EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|--------------------------------------|---------------|----------|---------------|
| 0.30                                 | 0.30          | 110      | 0.35          |
| 2.80                                 | 2.50          | 150      | 0.35          |
| 8.80                                 | 6.00          | 350      | 0.35          |
| 28.80                                | 20.00         | 450      | 0.35          |
| 103.80                               | 75.00         | 700      | 0.35          |
| inf.                                 | inf.          | 1300     | 0.35          |

$V_s(3.0-33.0)=448\text{m/s}$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $1.56 \pm 0.6$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

|                                                                                                                                        |                            |    |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$                                                                                                                       | $1.56 > 0.50$              | OK |  |
| $n_c(f_0) > 200$                                                                                                                       | $250.0 > 200$              | OK |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 76 times | OK |  |

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

|                                                             |                     |    |  |
|-------------------------------------------------------------|---------------------|----|--|
| Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$   |                     |    |  |
| Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$    | 2.344 Hz            | OK |  |
| $A_0 > 2$                                                   | $2.90 > 2$          | OK |  |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.15182  < 0.05$  |    |  |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                               | $0.23722 < 0.15625$ |    |  |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                               | $0.7038 < 1.78$     | 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                                                                                                                    |
| $\sigma_f$             | 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  $\sigma_f$  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       |

GEMEINDE BRUNECK  
COMUNE DI BRUNICO

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

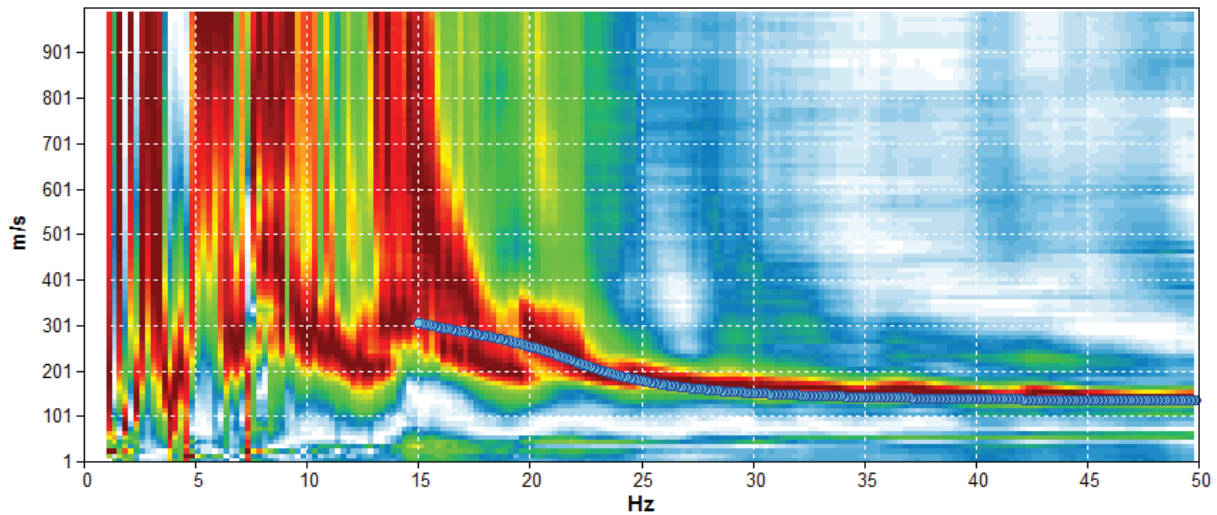
**MASW- UND REMI UNTERSUCHUNGEN**

**INDAGINI SISMICHE MASW E REMI**

## BRUNECK\_ANAS, MASW

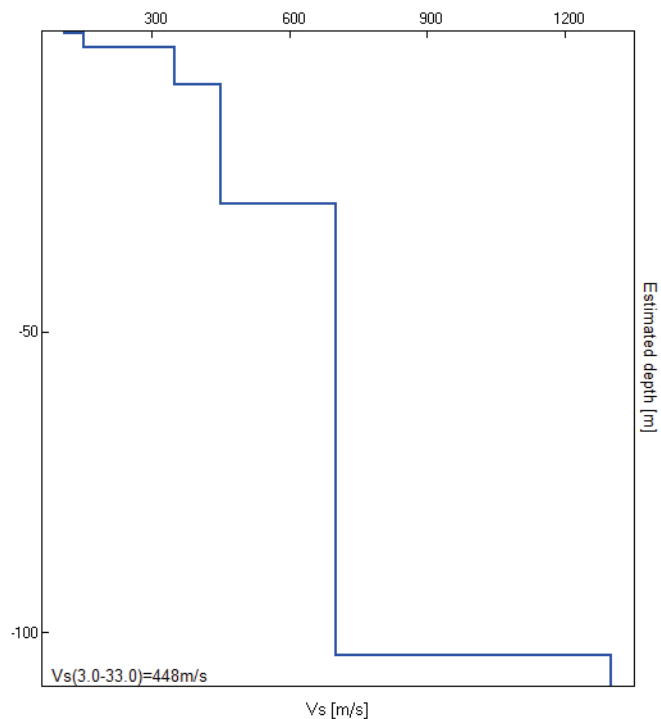
Sampling rate: 128 Hz

### MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|--------------------------------------|---------------|----------|---------------|
| 0.30                                 | 0.30          | 110      | 0.35          |
| 2.80                                 | 2.50          | 150      | 0.35          |
| 8.80                                 | 6.00          | 350      | 0.35          |
| 28.80                                | 20.00         | 450      | 0.35          |
| 103.80                               | 75.00         | 700      | 0.35          |
| inf.                                 | inf.          | 1300     | 0.35          |

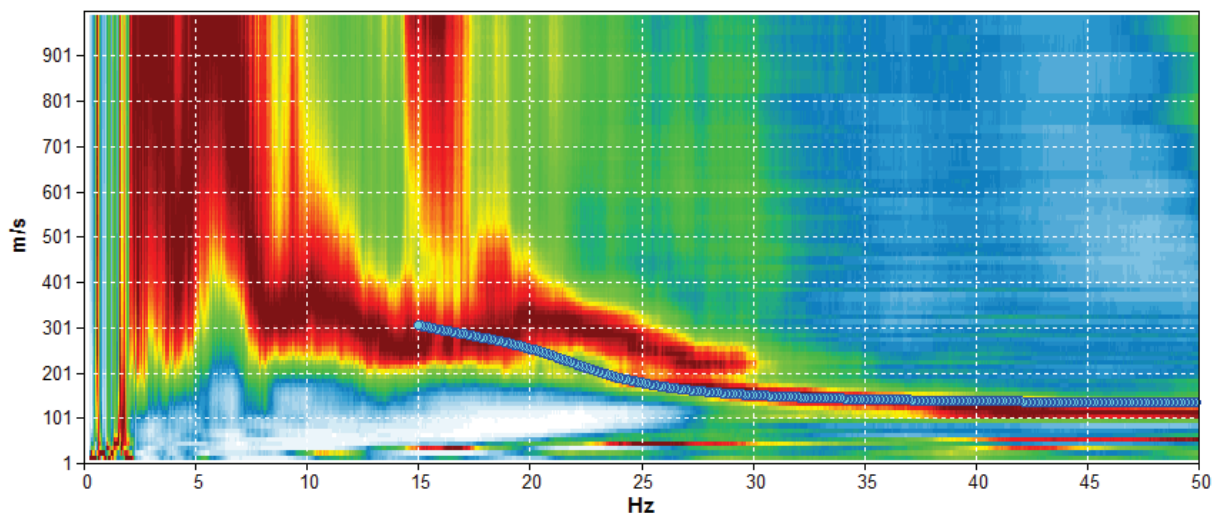
$V_s(0.0-30.0)=448\text{m/s}$



## BRUNECK\_ANAS, REMI

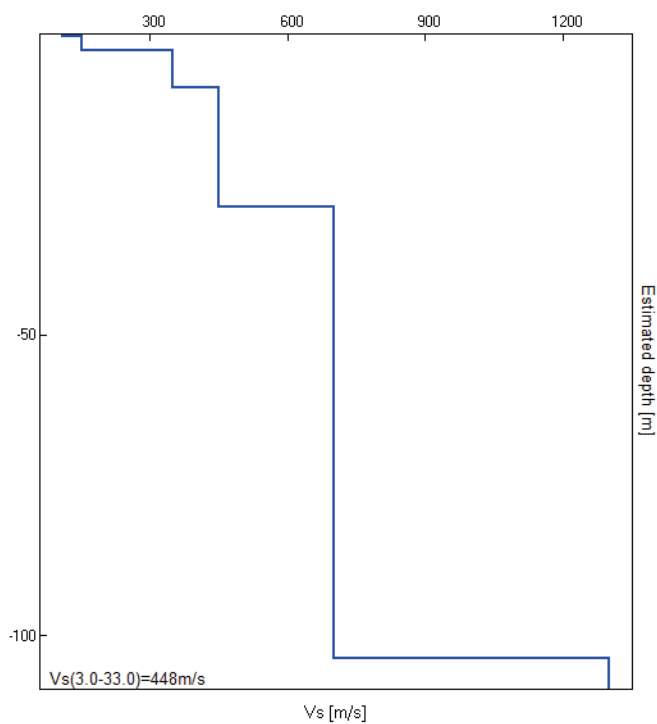
Start recording: 15:28:26      End recording: 15:33:34  
Trace length: 0h05'09".  
Sampling rate: 1024 Hz

### MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



| Depth at the bottom of the layer [m] | Thickness [m] | Vs [m/s] | Poisson ratio |
|--------------------------------------|---------------|----------|---------------|
| 0.30                                 | 0.30          | 110      | 0.35          |
| 2.80                                 | 2.50          | 150      | 0.35          |
| 8.80                                 | 6.00          | 350      | 0.35          |
| 28.80                                | 20.00         | 450      | 0.35          |
| 103.80                               | 75.00         | 700      | 0.35          |
| inf.                                 | inf.          | 1300     | 0.35          |

Vs(0.0-30.0)=448m/s



## ANLAGHE G

### LABORUNTERSUCHUNGEN

AUTONOME PROVINZ BOZEN  
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO



**GEO-LABOR s.a.s.**

Prove di laboratorio; Geotecnica  
Stradale e verifiche in sito  
Via Matteotti, 38—38065 Mori (TN)  
Tel. & Fax 0464 913102  
P.IVA 01747970224



Cert n° 104034-2011  
AQ-ITA-Accredia

**Der Bauherr/Committente:**

**LANDSERVICE S.r.l.**

Via Vittorio Veneto, 26  
39100 Bolzano

**Bezug/Riferimento:**

**Dr. Geol. G. Piffer**

**Projekt/Progetto:**

**Ipes**

**PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE  
SUI CAMPIONI RIMANEGGIATI  
PROVENIENTI DA BRUNICO (BZ)**  
(data ritiro 03.04.2012)

**Certificato: V. A. 46/2012**

**Geo-Labor s.a.s.**

dr. geol. Farhad Shams

Mori (TN), aprile 2012

### **Premessa**

Su incarico di Land Service S.r.l con riferimento al Dr. Geol. G. Piffer, sono state eseguite delle prove geotecniche in laboratorio sui campioni rimaneggiati, ritirati in data 03.04.12, inerenti il progetto Ipes località Brunico (BZ).

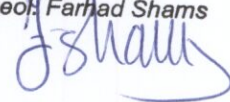
### **Elenco campioni e prove richieste**

| <b>sondaggio</b> | <b>campione</b> | <b>profondità<br/>(m)</b> | <b>prove eseguite</b>                                 |
|------------------|-----------------|---------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>S1</b>        | <b>C1</b>       | <b>2,3 – 2,6</b>          | ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA<br>VIA UMIDA; |
| <b>S1</b>        | <b>C2</b>       | <b>7,0 – 7,4</b>          | ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA<br>VIA UMIDA; |

In allegato i certificati delle prove eseguite.

Mori (TN), aprile 2012

**Geo-Labor s.a.s.**  
dr. geol. Farhad Shams



| Classificazione |  |
|-----------------|--|
|                 |  |

**KORNGROSSENANALYSE** (GEMÄß: UNI CEN ISO/TS 17892-4)  
**ANALISI GRANULOMETRICA** (NORME: UNI CEN ISO/TS 17892-4)

**AUFTRAGGEBER/COMMITT.:** Land Service S.r.l.

**BEZUG/RIFERIMENTO:** Dr. Geol. G. Piffer

**ORT/LOCALITA':** Brunico (BZ)

**PROJEKT/PROG.:** Ipes

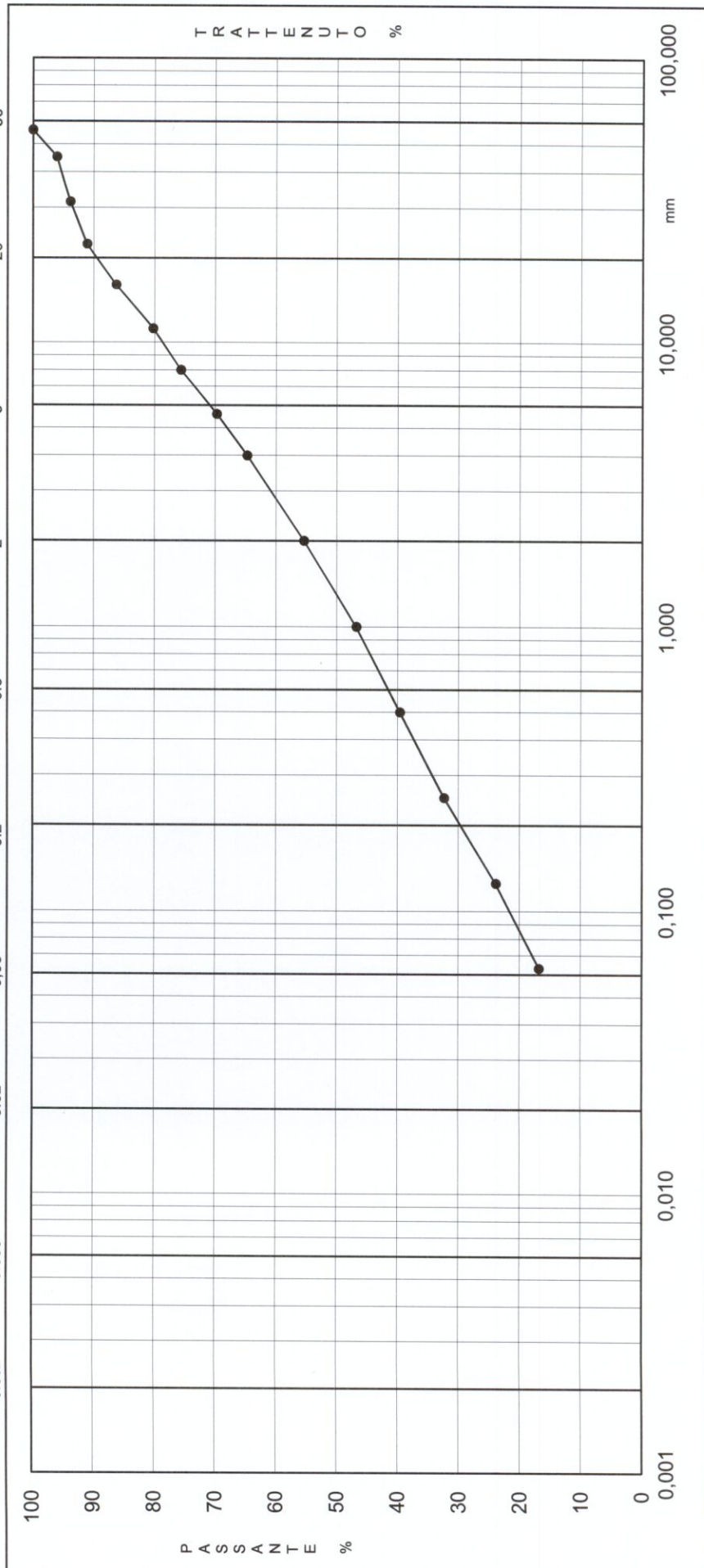
**BOHRUNG/SONDAGGIO:** S1

**PROBE/CAMP.:** C1

**TIEFE/PROF. m:** 2,3 - 2,6

**BESCHREIBUNG/DESCRIZIONE:** ghiaia arrotondata poligenica in matrice sabbia limosa color marrone

| ARGILLA | LIMO |       |      | SABBIA |      |     | GHIAIA |       |        | CIOTTOLI |
|---------|------|-------|------|--------|------|-----|--------|-------|--------|----------|
|         | Fine | 0.006 | 0.02 | Grosso | 0.06 | 0.2 | Fine   | Medio | Grosso |          |



BESCHEINIGUNG/CERTIFICAZIONE NR:

ANNAHMEDATUM/DATA ACCETTAZIONE:

VERSUCH DATUM/DATA PROVA:

46/520

03/04/12

04/04/12

SPERIMENTATORE

R. Matuzzi

*R. Matuzzi*

DIRETTORE LABORATORIO

dr. F. Siliams

*F. Siliams*

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

38065 - Mori (TN)

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

**TABELLA RIASSUNTIVA**

**Classificazione**

**AUFTRAGGEBER/COMMITT.:** Land Service S.r.l.  
**BEZUG/RIFERIMENTO:** Dr. Geol. G. Piffer  
**ORT/LOCALITA':** Brunico (BZ)  
**PROJEKT/PROG.:** lpes  
**BOHRUNG/SONDAGGIO:** S1  
**PROBE/CAMP.:** C1  
**TIEFE/PROF. m:** 2,3 - 2,6  
**BESCHREIBUNG/DESCRIZIONE:** ghiaia arrotondata poligenica in matrice sabbia limosa  
color marrone

| Sieb<br>Setaccio | Durchmesser<br>Diametro (mm) | Rückstand<br>Trattenuto (g) | Rückstand<br>Trattenuto (%) | Durchgang<br>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                       | 136,0                       | 3,9                         | 96,1                      |
| 1. 1/4"          | 31,500                       | 76,7                        | 6,2                         | 93,8                      |
| 7/8"             | 22,400                       | 94,5                        | 8,9                         | 91,1                      |
| 5/8"             | 16,000                       | 165,6                       | 13,7                        | 86,3                      |
| 7/16"            | 11,200                       | 210,1                       | 19,8                        | 80,2                      |
| 5/16"            | 8,000                        | 158,1                       | 24,4                        | 75,6                      |
| 3,5              | 5,600                        | 203,5                       | 30,3                        | 69,7                      |
| 5                | 4,000                        | 172,8                       | 35,3                        | 64,7                      |
| 10               | 2,000                        | 322,7                       | 44,6                        | 55,4                      |
| 18               | 1,000                        | 296,3                       | 53,2                        | 46,8                      |
| 35               | 0,500                        | 247,6                       | 60,4                        | 39,6                      |
| 60               | 0,250                        | 250,6                       | 67,7                        | 32,3                      |
| 120              | 0,125                        | 292,7                       | 76,2                        | 23,8                      |
| 230              | 0,063                        | 244,2                       | 83,2                        | 16,8                      |
|                  | < 0.063                      | 578,6                       | passante al 230             | 16,8                      |
| Trockenmasse (g) |                              | <b>3450,0</b>               | Peso secco iniziale (g)     |                           |
| Steine/Ciottoli  | 0,0                          | %                           | D10 mm =                    |                           |
| Kies/Ghiaia      | 44,6                         | %                           | D30 mm = 0,20               |                           |
| Sand/Sabbia      | 38,6                         | %                           | D60 mm = 2,900              |                           |
| Schluff/Limo+Ton | 16,8                         | %                           | U coeff. uniformità         |                           |
|                  |                              |                             | C coeff. curvatura          |                           |

BESCHEINIGUNG/CERTIFICAZIONE NR: 46/520  
ANNAHMEDATUM/DATE ACCETTAZIONE: 03/04/12  
VERSUCH DATUM/DATE PROVA: 04/04/12

SPERIMENTATORE

R. Mattuzzi

*R. Mattuzzi*

DIRETTORE LABORATORIO

dr. F. Shams

*F. Shams*



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

38065 - Mori (TN)

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

**TABELLA RIASSUNTIVA**

**Classificazione**

**AUFTRAGGEBER/COMMITT.:** Land Service S.r.l.  
**BEZUG/RIFERIMENTO:** Dr. Geol. G. Piffer  
**ORT/LOCALITA':** Brunico (BZ)  
**PROJEKT/PROG.:** Ipes  
**BOHRUNG/SONDAGGIO:** S1  
**PROBE/CAMP.:** C2  
**TIEFE/PROF. m:** 7,0 - 7,4  
**BESCHREIBUNG/DESCRIZIONE:** ghiaia arrotondata poligenica in matrice sabbiosa  
color marrone

| Sieb<br>Setaccio | Durchmesser<br>Diametro (mm) | Rückstand<br>Trattenuto (g) | Rückstand<br>Trattenuto (%) | Durchgang<br>Passante (%) |
|------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 3. 1/2"          | 90,000                       |                             |                             |                           |
| 2. 1/2"          | 63,000                       |                             |                             |                           |
| 2. 1/4"          | 56,000                       |                             |                             |                           |
| 1. 3/4"          | 45,000                       |                             |                             |                           |
| 1. 1/4"          | 31,500                       | 0,0                         | 0,0                         | 100,0                     |
| 7/8"             | 22,400                       | 133,3                       | 3,6                         | 96,4                      |
| 5/8"             | 16,000                       | 131,8                       | 7,1                         | 92,9                      |
| 7/16"            | 11,200                       | 296,6                       | 15,0                        | 85,0                      |
| 5/16"            | 8,000                        | 300,9                       | 23,1                        | 76,9                      |
| 3,5              | 5,600                        | 343,0                       | 32,3                        | 67,7                      |
| 5                | 4,000                        | 304,8                       | 40,5                        | 59,5                      |
| 10               | 2,000                        | 586,8                       | 56,2                        | 43,8                      |
| 18               | 1,000                        | 529,5                       | 70,4                        | 29,6                      |
| 35               | 0,500                        | 356,1                       | 79,9                        | 20,1                      |
| 60               | 0,250                        | 233,0                       | 86,2                        | 13,8                      |
| 120              | 0,125                        | 135,5                       | 89,8                        | 10,2                      |
| 230              | 0,063                        | 109,7                       | 92,7                        | 7,3                       |
|                  | < 0.063                      | 271,5                       | passante al 230             | 7,3                       |
| Trockenmasse (g) |                              | <b>3732,5</b>               | Peso secco iniziale (g)     |                           |
| Steine/Ciottoli  | 0,0                          | %                           | D10 mm =                    | 0,130                     |
| Kies/Ghiaia      | 56,2                         | %                           | D30 mm =                    | 1,00                      |
| Sand/Sabbia      | 36,5                         | %                           | D60 mm =                    | 4,000                     |
| Schluff/Limo+Ton | 7,3                          | %                           | U coeff. uniformità         | 30,77                     |
|                  |                              |                             | C coeff. curvatura          | 1,923                     |

**BESCHEINIGUNG/CERTIFICAZIONE NR:** 46/521  
**ANNAHMEDATUM/DATE ACCETTAZIONE:** 03/04/12  
**VERSUCH DATUM/DATE PROVA:** 04/04/12

SPERIMENTATORE

R. Mattuzzi

*R. Mattuzzi*

DIRETTORE LABORATORIO

dr. F. Shams

*F. Shams*

# ANLAGHE H

## FOTODOKUMENTATION



FOTO 1: Übersicht des Projektareals.



FOTO 2: Übersicht des Projektareals.



FOTO 3: Bohrung S1.



FOTO 4.