



Mit Beteiligung der Europäischen Union aus dem Haushalt der Transeuropäischen Verkehrsnetze finanziertes Vorhaben

Opera finanziata con la partecipazione dell'Unione Europea attraverso il bilancio delle reti di trasporto transeuropee



Ausbau Eisenbahnachse München-Verona

# BRENNER BASISTUNNEL

Ausführungsprojekt

Potenziamiento Asse Ferroviario Monaco-Verona

## GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO

Progetto Esecutivo

### Sub-Baulos Hauptbauwerke Eisackunterquerung Sublotto di costruzione Opere principali Sottoattraversamento Isarco

<b>Fachbereich</b>	<b>Settore</b>
	03 – Geologia, geotecnica, idrologia
<b>Dokumentenart</b>	<b>Tema</b>
	Documenti generali
<b>Dokumentenart</b>	<b>Tipo documento</b>
	Relazione geologica
<b>Titel</b>	<b>Titolo</b>
	Relazione sismica



Ausführende Unternehmen / Imprese esecutrici 	Beauftragte / Mandataria:   Auftraggeber / Mandanti: 	Bearbeitung des Dokuments / Elaborazione del documento		Datum/Data	Name/Nome
				16.11.2015	S. Piazzoli
Koordinierende Planung / Coordinamento progettazione 	Beauftragte / Mandataria:     	Geprüft / Verificato	16.11.2015	D. Bonadies	
		Freigegeben / Autorizzato	16.11.2015	N. Meistro	
GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO – BRENNER BASISTUNNEL BBT SE		Gesehen BBT / Visto BBT_RUP		A. Lombardi	
		Masstab / Scala		-	

Projekt-kilometer von / da				Bau-kilometer von / da			Status			
/ Progressiva di				/ Chilometro			Dokument /			
progetto				opera			Stato			
							documento			
Staat	Los	Einheit	Nummer	Fachbereich	Thema	ID Numm.	Vertrag	Nummer	Dok.art	Revision
Stato	Lotto	Unità	Numero	Settore	Tema	Num. ID	Contratto	Codice	Tipo doc.	Revisione
02	H71	AF	002	03	01	003.00	B0115	00620	RT5	01

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione sismica

## Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
02			
01	Anmerkungen BBT Osservazioni BB	S. Piazzoli	16.11.2015
00	Prima Versione	S. Piazzoli	06.08.2015

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>ALLGEMEINE EINORDNUNG</b>	
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GENERALE</b> .....	<b>7</b>
2.1	DAS BAULOS "EISACKUNTERQUERUNG"	
2.1	IL LOTTO DI COSTRUZIONE "SOTTOATTRA-VERSAMENTO ISARCO" .....	7
2.1.1	BAUWERKE ZUM SUB-BAULOS "VORBEREITUNGS-MAßNAHMEN EISACKUNTERQUERUNG"	
2.1.1	OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PROPEDEUTICHE SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO" .....	7
2.2	BAUWERKE DES SUB-BAULOSES "HAUPTWERKE EISACKUNTERQUERUNG"	
2.2	OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PRINCIPALI SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO" .....	7
2.3	BAUWERKE DES SUB-BAULOSES „HAUPTWERKE EISACKUNTERQUERUNG“, DIE NICHT BESTANDTEIL DER PLANUNG SIND	
2.3	OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PRINCIPALI SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO" NON OGGETTO DI PROGETTAZIONE .....	11
<b>3</b>	<b>KURZFASSUNG</b>	
<b>3</b>	<b>RELAZIONE DI SINTESI</b> .....	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG</b>	
<b>4</b>	<b>OBIETTIVI DELLO STUDIO</b> .....	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>UNTERLAGEN UND GRUNDLAGEN</b>	
<b>5</b>	<b>DATI DI BASE E RIFERIMENTI</b> .....	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>UNTERSUCHUNGSRAUM</b>	
<b>6</b>	<b>AREA DI STUDIO</b> .....	<b>16</b>
6.1	GEOGRAPHISCHER RAHMEN	
6.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	16
6.2	GEOLOGISCHER RAHMEN	
6.2	CONTESTO GEOLOGICO .....	17
<b>7</b>	<b>SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN</b>	
<b>7</b>	<b>INDAGINI SISMICHE</b> .....	<b>19</b>
7.1	ALLGEMEINES	
7.1	GENERALITA' .....	19
7.2	BESTIMMUNG VON VS30	
7.2	DETERMINAZIONE DI VS30 .....	19
7.3	SCHWINGFREQUENZEN	
7.3	FREQUENZE DI VIBRAZIONE .....	20

Fachbereich:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Thema:

Tema: Documenti generali

Dokumenteninhalt:

Contenuto documento: Relazione sismica

7.4	
7.4	INDAGINI SISMICHE ..... 20
7.5	
7.4.1	Sismiche 2012..... 20
7.5.2	
7.4.2	Sismica 2015..... 21
<b>8</b>	<b>SEISMIZITÄT</b>
<b>8</b>	<b>SISMICITA' ..... 24</b>
8.1	ALLGEMEINES
8.1	GENERALITA' ..... 24
8.2	KLASSIFIZIERUNG DES BAUWERKS
8.2	CLASSIFICAZIONE DELL'OPERA ..... 25
8.3	ANZUSETZENDE WIEDERKEHRZEIT
8.3	PERIODI DI RIFERIMENTO ..... 26
<b>9</b>	<b>SEISMISCHE EINWIRKUNG</b>
<b>9</b>	<b>AZIONE SISMICA..... 27</b>
9.1	ANZUSETZENDE WIEDERKEHRZEIT
9.1	PERIODI DI RIFERIMENTO ..... 27
9.2	
9.2	CATEGORIE DI SOTTOSUOLO..... 27
9.2.1	RISIKO BODENVERFLÜSSIGUNG
9.2.1	RISCHIO LIQUEFAZIONE DEI TERRENI..... 28
9.3	STRATIGRAPHISCHER KORREKTURFAKTOR
9.3	AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA ..... 29
9.4	TOPOGRAPHISCHER KORREKTURFAKTOR
9.4	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA ..... 29
9.5	
9.5	CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA ..... 31
9.6	PARAMETER SEISMISCHE GEFÄHRDUNG
9.6	PARAMETRI DI PERICOLOSITA' SISMICA ..... 32
<b>10</b>	<b>SEISMISCHE BEMESSUNG VON TUNNELN</b>
<b>10</b>	<b>DIMENSIONAMENTO SISMICO DI GALLERIE..... 33</b>
10.1	ALLGEMEINES
10.1	GENERALITA' ..... 33
10.2	METHODIK

Fachbereich:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Thema:

Tema: Documenti generali

Dokumenteninhalt:

Contenuto documento: Relazione sismica

10.2	METHODICA .....	33
10.3	EINGANGSGRÖßEN	
10.3	PARAMETRI D'INGRESSO .....	34
10.4	DEFORMATIONSANALYSE	
10.4	ANALISI DELLA DEFORMAZIONE .....	36
10.4.1	ALLGEMEINES	
10.4.1	GENERALITA' .....	36
10.4.2	DEFORMATION IN LÄNGSRICHTUNG	
10.4.2	DEFORMAZIONI LONGITUDINALI.....	36
10.4.3	OVALISIERUNG FÜR GEWÖLBEQUERSCHNITTE	
10.4.3	OVALIZZAZIONE DI SEZIONI CIRCOLARI.....	36
10.4.4	VERFORMUNGEN VON RECKTECKQUERSCHNITTEN	
10.4.4	DEFORMAZIONI DI SEZIONI SCATOLARI.....	40
10.5		
10.5	DIMENSIONAMENTO DI SEZIONI SCATOLARI.....	45
<b>11</b>		
<b>11</b>	<b>ELENCHI .....</b>	<b>47</b>
11.1		
11.1	BIBLIOGRAFIA E FONTI.....	47
11.1.1		
11.1.1	BIBLIOGRAFIA .....	47
11.1.2		
11.1.2	FONTI.....	47
11.2		
11.2	ELENCO DELLE ABBREVIAZIONI .....	48
11.2.1		
11.2.1	DOCUMENTAZIONE CORRELATE.....	50

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia  
Tema: Documenti generali  
Contenuto documento: Relazione sismica

## 1 EINLEITUNG

Das Baulos "Eisackunterquerung" bildet den südlichsten Teil des Brenner Basistunnels vor der Einfahrt in den Bahnhof Franzensfeste und liegt ca. 1 km nördlich von Franzensfeste, in der Ortschaft Oberau in der Provinz Bozen.

Das Baulos umfasst im Wesentlichen die unterirdischen Rohbauarbeiten und die Außenarbeiten, welche im Arbeitsplan 2010 und nachfolgenden Aktualisierungen des Brenner Basistunnels angegeben sind.

Die geplanten Arbeiten bilden daher "ein nicht funktionstechnisches Baulos", das zum Gesamtprojekt Brenner-Basistunnel angehört.

Die Projekt- und funktionalen Anforderungen der geplanten Bauwerke entsprechen jenen des Einreichprojektes des Brenner Basistunnels, das von den zuständigen Behörden genehmigt worden ist.

Die geplanten Bauwerke umfassen ferner die im Zuge der diversen Genehmigungsverfahren erteilten Auflagen, die Optimierungen, die detaillierte Beschreibung der im Rahmen der grenzüberschreitenden Regelplanung erarbeiteten Standards sowie die Ergebnisse der im Zeitraum 2010-2011 durchgeführten zusätzlichen Bohrkampagnen und danach im Jahr 2015 der vorbereitenden Maßnahme zur Erstellung des Ausführungsprojekts, mit besonderer Bezugnahme auf die Aktualisierung des hydrogeologischen Modells.

Festgelegte Schnittstellen und Baustandards erlauben die Einbindung von Infrastrukturen und Anlagen der unterschiedlichen Baulose nach dem Brenner-Basistunnel-Arbeitsplan, zu dem das Baulos "Eisackunterquerung" gehört.

Das Baulos "Eisackunterquerung" ist wiederum in die 2 folgenden Sub-Baulose unterteilt:

- Sub-Baulos "Vorbereitungsmaßnahmen Eisack-Unterquerung", wozu der Ausführungsplan erarbeitet worden ist

## 1 INTRODUZIONE

Il lotto di costruzione "Sottoattraversamento Isarco", costituisce la parte estrema meridionale della Galleria di Base del Brennero prima dell'accesso nella stazione di Fortezza, ed è ubicato ca. 1 Km a nord dell'abitato di Fortezza, in località Prà di Sopra, in Provincia di Bolzano.

Il lotto di costruzione comprende essenzialmente le opere civili grezze in sotterraneo e le opere esterne individuate dal programma lavori 2010 e successivi aggiornamenti della Galleria di Base del Brennero.

Le opere progettate costituiscono pertanto un "lotto costruttivo non funzionale" facente parte del progetto complessivo della Galleria di Base del Brennero.

I requisiti di progetto e funzionali delle opere progettate rispondono a quelli del progetto definitivo della Galleria di Base del Brennero che ha ottenuto l'approvazione da parte delle autorità competenti.

Le opere progettate inoltre recepiscono le prescrizioni impartite nel corso dei diversi iter autorizzativi, le ottimizzazioni e le specificazioni di standard elaborati nell'ambito della progettazione guida transfrontaliera, nonché i risultati delle campagne geognostiche integrative effettuate negli anni 2010-2011, e successivamente nel 2015 propedeutica alla predisposizione del progetto esecutivo, con particolare riferimento all'aggiornamento del modello idrogeologico.

Le interfacce e gli standard di costruzione definiti consentono l'integrazione delle infrastrutture e delle dotazioni impiantistiche dei diversi lotti di costruzione previsti dal programma lavori della Galleria di base del Brennero, tra i quali è compreso il lotto di costruzione "Sottoattraversamento Isarco".

Il lotto di costruzione "Sottoattraversamento Isarco" è suddiviso a sua volta nei 2 seguenti sublotti:

- sottolotto di costruzione "Opere propedeutiche Sottoattraversamento Isarco", del quale è stato elaborato il progetto esecutivo;

Fachbereich:

Thema:

**Dokumenteninhalt:**

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

**Contenuto documento: Relazione sismica**

- Sub-Baulos "Hauptbauwerke Eisackunterquerung", das Gegenstand des vorliegenden Ausführungsplans ist.
- subplotto "Opere principali Sottoattraversamento Isarco" oggetto del presente progetto esecutivo.

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia  
Tema: Documenti generali  
Contenuto documento: **Relazione sismica**

## **2 ALLGEMEINE EINORDNUNG**

### **2.1 DAS BAULOS “EISACKUNTERQUERUNG”**

Die Lage der durch die Arbeiten betroffenen Bereiche sowie die Baulosabgrenzungen können den Projektplänen entnommen werden, auf die hiermit verwiesen wird.

Zur Standortermittlung wird festgehalten, dass die in den Planungsunterlagen verwendete Haupttunnelkilometrierung mit der der Gesamtwerke übereinstimmt, wobei für den Ost-Tunnel (Gleis 1) der Innsbrucker Bahnhof maßgebend ist, während sich die Verbindungstunnelkilometrierungen auf die jeweiligen Entzweigungspunkte der Verbindungstunneltrassen der Haupttunnel beziehen.

#### **2.1.1 BAUWERKE ZUM SUB-BAULOS “VORBEREITUNGS-MAßNAHMEN EISACKUNTERQUERUNG“**

Die Bauwerke des Sub-Bauloses “Vorbereitende Bauwerke Eisackunterquerung”, die kein Bestandteil des betreffenden Ausführungsprojektes sind, umfassen im Wesentlichen:

- Variante zur Brenner Staatsstraße Nr. 12 von km 490 + 500 bis km 491 + 500, einschl. einer neuen Brücke über dem Weißenbach, wobei die überschrittenen Unterdienststellen verlegt und eine Zufahrt zum Baustellenbereich fertiggestellt werden müssen
- Eisackbrücke
- Brennereisenbahnunterquerung bei km 200 + 400
- Verkehrswege innerhalb der Baustelle

#### **2.2 BAUWERKE DES SUB-BAULOS “HAUPTWERKE EISACKUNTERQUERUNG“**

Die Arbeiten zum Sub-Baulos “Hauptbauwerke Eisackunterquerung”, welche zum Einreichprojekt gehören, bestehen im Wesentlichen aus:

## **2 INQUADRAMENTO GENERALE**

### **2.1 IL LOTTO DI COSTRUZIONE “SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO”**

L'ubicazione delle aree interessate dai lavori ed i limiti del lotto di costruzione sono rilevabili negli elaborati progettuali ai quali si rimanda.

Ai fini della localizzazione delle opere, si stabilisce che la progressivazione delle gallerie principali utilizzata nei documenti delle progettazioni è quella generale dell'Opera, riferita per la galleria Est (binario dispari) alla stazione di Innsbruck, mentre la progressivazione delle interconnessioni sono riferite al loro punto di sfocco dei tracciati delle interconnessioni da quelle delle gallerie principali.

#### **2.1.1 OPERE DEL SUBLOTTO “OPERE PROPEDEUTICHE SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO”**

Le opere del sublotto “Opere propedeutiche Sottoattraversamento Isarco”, le quali non fanno parte del progetto esecutivo in oggetto, consistono essenzialmente in:

- Variante alla S.S.12 del Brennero dal km 490 + 500 al km 491 + 500, compreso un nuovo ponte sul Rio Bianco, con spostamento dei sottoservizi interferiti e realizzazione di un accesso all'area di cantiere;
- Ponte sull'Isarco;
- Sottopasso alla linea ferroviaria del Brennero, al km 200 + 400;
- Viabilità interna di cantiere.

#### **2.2 OPERE DEL SUBLOTTO “OPERE PRINCIPALI SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO”**

Le opere del sublotto “Opere principali Sottoattraversamento Isarco”, che fanno parte del progetto esecutivo, consistono essenzialmente in:



## Haupttunnel

### 1. Abschnitt

- Ost-Haupttunnel – Gleis 1 – (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)  
von km 54+015.00 (Los-Anfang) bis km 54+600.67 wovon:
  - von km 54+015.00 bis km 54+465.00 in zweigleisiger bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
  - von km 54+465.00 bis km 54+600.67 in zweigleisigem Abzweigtunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
- West-Haupttunnel – Gleis 2 - (Abschnitt in bergmännischer Bauweise) von km 54+042.00 (Los-Anfang) bis km 54+598.85 wovon:
  - von km 54+042.00 bis km 54+440.00 im zweigleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
  - von km 54+440.00 bis km 54+598.85 im zweigleisigen Abzweigtunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

### 2. Abschnitt (Eisackunterquerung)

- Ost-Haupttunnel – Gleis 1 – (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)  
von km 54+600.67 bis km 54+700.77 (einschl. Tunnelzutrittschächte) im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
- West-Haupttunnel– Gleis 2 – (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)  
von km 54+598.85 bis km 54+711.07 (einschl. Tunnelzutrittschächte) im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

### 3. Abschnitt

- Ost-Haupttunnel – Gleis 1 - (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)  
von km 54+700.77 bis km 54+968.00 im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
- West-Haupttunnel- Gleis 2 – (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)

## Gallerie principali

### 1° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria naturale)  
da pk 54+015.00 (inizio lotto) a pk 54+600.67 di cui:
  - da pk 54+015.00 a pk 54+465.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)
  - da pk 54+465.00 a pk 54+600.67 in galleria naturale di diramazione a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)
- Galleria principale ovest – binario pari - (tratto in galleria naturale) da pk 54+042.00 (inizio lotto) a pk 54+598.85 di cui:
  - da pk 54+042.00 a pk 54+440.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)
  - da pk 54+440.00 a pk 54+598.85 in galleria naturale di diramazione a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)

### 2° tratto (Attraversamento Fiume Isarco)

- Galleria principale est – binario dispari – (tratto galleria naturale)  
da pk 54+600.67 a pk 54+700.77 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
- Galleria principale ovest – binario pari – (tratto galleria naturale)  
da pk 54+598.85 a pk 54+711.07 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)

### 3° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria naturale)  
da pk 54+700.77 a pk 54+968.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
- Galleria principale ovest - binario pari – (tratto in galleria naturale)

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione sismica

von km 54+711.07 bis km 54+889.00 im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

da pk 54+711.07 a pk 54+889.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)

#### 4. Abschnitt

- Ost-Haupttunnel – Gleis 1 - (Abschnitt in offener Bauweise)  
von km 54+968.00 bis km 55+060.00 im eingleisigen Tunnel in offener Bauweise (Vortrieb und Rohbau)
- West-Haupttunnel- Gleis 2 – (Abschnitt in offener Bauweise)  
von km 54+889.00 bis km 55+018.00 im eingleisigen Tunnel in offener Bauweise (Vortrieb und Rohbau)

#### 4° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria artificiale)  
da pk 54+968.00 a pk 55+060.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza)
- Galleria principale ovest - binario pari – (tratto in galleria artificiale)  
da pk 54+889.00 a pk 55+018.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza)

#### 5. Abschnitt

- Ost-Haupttunnel – Gleis 1 - (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)  
von km 55+060.00 bis km 56+100.00 (Los-Ende) wovon:
  - von km 55+060.00 bis km 55+485.00 im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
  - von km 55+485.00 bis km 56+100.00 im zweigleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

*Hinweis: Der Tunnelvortrieb endet im Fels. Portalbauwerke sind nicht Gegenstand dieses Loses.*

- West-Haupttunnel – Gleis 2 - (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)  
von km 55+018.00 bis km 56+190.00 (Los-Ende), davon:
  - von km 55+018.00 bis km 55+549.00 im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
  - von km 55+549.00 bis km 56+190.00 im zweigleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

*Hinweis: Der Tunnelvortrieb endet im Fels. Die Portalbauwerke sind nicht Gegenstand dieses Loses.*

#### 5° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria naturale)  
da pk 55+060.00 a pk 56+100.00 (fine lotto) di cui:
  - da pk 55+060.00 a pk 55+485.00 in galleria naturale a singolo binario(scavo e rivestimento definitivo)
  - da pk 55+485.00 a pk 56+100.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)

*Avvertenza: Lo scavo della galleria termina in roccia; le opere di portale non sono oggetto del lotto.*

- Galleria principale ovest – binario pari - (tratto in galleria naturale)  
da pk 55+018.00 a pk 56+190.00 (fine lotto) di cui:
  - da pk 55+018.00 a pk 55+549.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
  - da pk 55+549.00 a pk 56+190.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)

*Avvertenza: Lo scavo della galleria termina in roccia; le opere di portale non sono oggetto del lotto.*

#### Verbindungstunnel

#### Interconnessioni

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione sismica

- Verbindungstunnel Ost – Gleis 1  
“Abzweigabschnitt vom Haupttunnel zum Losende”  
von km 1+971.44 (km 54+600.67 Ost-Haupttunnel – Gleis 1) bis km 2+684.41 wovon:
  - von km 1+971.44 bis km 2+069.97 (einschl. Tunnelzutrittschächte) in bergmännischer Bauweise eingleisige Eisackunterquerung (Vortrieb und Innenschale)
  - von km 2+069.97 bis km 2+270.00 im eingleisigen Tunnel in offener Bauweise (Vortrieb und Rohbau)
  - von km 2+270.00 bis km 2+525.00 Eingleisiger Bahnkörper in Wannengebäude (Vortrieb und Bauarbeiten)
  - von km 2+525.00 bis km 2+684.41 Bahnkörper in Dammlage / im Einschnitt (Vortrieb und Bauarbeiten)
- West-Verbindungstunnel– Gleis 2  
“Abzweigabschnitt vom Haupttunnel zum Los-Ende”  
von km 1+693.13 (km 54+598.85 West-Haupttunnel– Gleis 2) bis km 2+550.00 wovon:
  - von km 1+693.13 bis km 1+795.86 (einschl. Tunnelzutrittschächte) in bergmännischer Bauweise eingleisige Eisackunterquerung (Vortrieb und Innenschale)
  - von km 1+795.86 bis km 2+550.00 im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
- Interconnessione est – binario dispari  
“tratto di diramazione dalla galleria principale fine lotto”  
da pk 1+971.44 (pk 54+600.67 Galleria principale est – binario dispari) a pk 2+684.41 di cui:
  - da pk 1+971.44 a pk 2+069.97 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale attraversamento Isarco a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
  - da pk 2+069.97 a pk 2+270.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza)
  - da pk 2+270.00 a pk 2+525.00 Corpo stradale ferroviario a binario singolo con scavo “a vascone” (scavo e opere civili)
  - da pk 2+525.00 a pk 2+684.41 Corpo stradale ferroviario in rilevato/trincea (scavo e opere civili)
- Interconnessione ovest – binario pari  
“tratto di diramazione dalla galleria principale – fine lotto”  
da pk 1+693.13 (pk 54+598.85 Galleria principale ovest – binario pari) a pk 2+550.00 di cui:
  - da pk 1+693.13 a pk 1+795.86 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale attraversamento Isarco a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
  - da pk 1+795.86 a pk 2+550.00 in galleria naturale a binario singolo (scavo e rivestimento definitivo)

Hinweis: Der Tunnelvortrieb endet in Fels. Die Portalwerke sind nicht Gegenstand dieses Loses.

Avvertenza: Lo scavo della galleria termina in roccia; le opere di portale non sono oggetto del lotto.

### Verlagerung der historischen FS-Eisenbahntrasse

- von km 199+935 ca. bis km 200+900 ca. (Gleis 2) der vorhandenen Eisenbahntrasse Verona Brenner über eine Länge von m 965 ca. (Fertigstellung der neuen Fahrbahnbreite und Rüstung, Inbetriebnahme).

### Spostamento linea storica FS

- da pk 199+935 ca. a pk 200+900 ca. (binario pari) della linea ferroviaria esistente Verona Brennero, per una lunghezza di m 965 ca. (realizzazione della nuova sede ferroviaria e attrezzaggio, messa in esercizio).

### Klein- und Nebenbauwerke

Dieses Baulos umfaßt die folgenden Kleinbauwerke:

- Schächte und Notausgänge (Vortrieb und Innenschale).
- Querverbindungsgänge (Vortrieb und Innenschale)

### Opere minori e accessorie

Sono comprese nel lotto di costruzione le seguenti opere minori:

- pozzi e uscite di emergenza (scavo e rivestimento definitivo)
- cunicoli trasversali di collegamento (scavo e rivestimento definitivo)

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione sismica

- zusätzliche Bauwerke am Abschnitt der verlagerten FS-Eisenbahnstrecke
- Sicherheitsmaßnahmen gegen Steinschlag über der historischen Eisenbahntrasse von ca. km 199+000 bis ca. km 200+265
- Umwelt-Instandsetzungsmaßnahmen und endgültige Bereinigung des Eisack-Flusses sowie der durch die Arbeiten betroffenen Bereiche.
- Zufahrtsstraßen zum Rettungsplatz beim Verbindungsportal 2 bis km 0+275 ca.
- opere complementari in corrispondenza del tratto di linea FS spostata
- interventi di messa in sicurezza contro la caduta massi sopra la linea storica da ca. km 199+000 a ca. km 200+265
- interventi di ripristino ambientale e sistemazione finale del fiume Isarco e delle aree interessate dai lavori
- viabilità di accesso alla zona di soccorso presso il portale interconnessione pari fino alla pk 0+275 ca.

Weiterer Bestandteil des Sub-Bauprojektes ist die Fertigstellung aller Nebenarbeiten bzw. solcher von kleinem Umfang, welche im betreffenden Bereich der Maßnahmen liegen, deren Ausführung sich zur vollständigen Werkfertigstellung als erforderlich und/oder zweckmäßig erweist.

Costituiscono inoltre parte integrante del progetto del sublotto di costruzione, la realizzazione di tutte le opere accessorie e di piccole dimensioni che ricadono nel tratto oggetto dell'intervento, la cui realizzazione risulta necessaria e/o funzionale alla compiuta esecuzione delle opere.

### 2.3 BAUWERKE DES SUB-BAULOSES „HAUPTWERKE EISACKUNTERQUERUNG“, DIE NICHT BESTANDTEIL DER PLANUNG SIND

### 2.3 OPERE DEL SUBLOTTO “OPERE PRINCIPALI SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO” NON OGGETTO DI PROGETTAZIONE

Die folgenden Bauwerke und Anlagen sind in vorliegender Planung nicht enthalten:

Le seguenti opere ed impianti sono escluse dalla presente progettazione:

- **Bahnanlagen** zur Versorgung der Haupttunnel und der Verbindungstunnel, im Wesentlichen bestehend aus:
  - Fahrbahn
  - Erschütterungsschutzmaßnahmen
  - Anlagen für das Bahnstromsystem und die Energieversorgung
  - Fernmelde- und Überwachungssysteme
  - Steuerungs- und Sicherungssysteme
  - Maschinentechnische Anlagen (wie im Einreichprojekt 2008 angegeben)
  - Anlage zur Überwachung der Baustelle und der Positionierung der Personen.
- **Portalbauwerke der beiden Haupttunnel Ost und West** (Gleis 1 und 2) und die ersten Strecken dieser Tunnel laut den zuvor festgelegten Los-Begrenzungen.
- **Portalbauwerke des Verbindungstunnels Gleis 2** und der erste Abschnitt dieses Tunnels laut zuvor festgelegter Los-Begrenzung.
- **Impianti ferroviari** a servizio delle gallerie principali e delle interconnessioni costituiti essenzialmente da:
  - sovrastruttura
  - interventi per la mitigazione dalle vibrazioni
  - impianti di trazione elettrica e approvvigionamento energetico
  - sistemi di telecomunicazione e sorveglianza
  - sistemi di comando/controllo
  - impianti meccanici (come definiti nel progetto definitivo 2008)
  - impianto di sorveglianza cantiere e localizzazione delle persone.
- **Opere di portale delle due gallerie principali est ed ovest** (binari dispari e pari) e i tratti iniziali delle medesime gallerie, secondo i limiti di lotto precedentemente definiti.
- **Opere di portale della galleria d'interconnessione pari** ed il tratto iniziale della medesima galleria, secondo il limite di lotto precedente-

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: **Relazione sismica**

mente definito.

- **Bauwerke am Verbindungsportal Gleis 1** und die zugehörigen Zufahrtsstraßen von km 0+275 ca. bis km 0+400 ca. und am Rückhaltebecken Holer Graben.
- Bauwerke in bezug auf den **Bahnhofsbereich von Franzensfeste**.
- **Rückhaltebecken Holer Graben und Hohewand** mit zugehörigen Zufahrtsstraßen.
- **Opere presso il portale d'interconnessione pari** e la relativa viabilità di accesso dalla pk 0+275 ca. alla pk 0+400 ca. ed al Bacino di ritenuta Holer Graben.
- Opere riferite all'ambito della **stazione di Fortezza**.
- **Bacini di ritenuta Holer Graben e Hohewand** e la relativa viabilità di accesso.

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia  
Tema: Documenti generali  
Contenuto documento: Relazione sismica

### 3 KURZFASSUNG

Der vorliegende Bericht stellt die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse im Projektabschnitt Franzensfeste dar, welcher sich vom Weißenbach bis nahe dem Bahnhof Franzensfeste erstreckt.

Die gegenständlichen Ausführungen beruhen weitgehend auf den Ergebnissen der 2005/2006 bzw. 2009/2010 durchgeführten Erkundungen, bei denen zahlreiche Erkundungsbohrungen sowie Grundwassererkundungsbohrungen und Brunnen abgeteuft wurden. Daneben wurden mehrere Seismikprofile gemessen sowie ein umfangreiches In-situ- und Laborversuchsprogramm ausgeführt. Des Weiteren basiert der Bericht auf den Kartierungen und den Studien im Projektabschnitt.

2012 wurden dann eigens für die seismische Charakterisierung des Untergrundes Untersuchungen vom Typ MASW, REMI und HVSR durchgeführt.

Daneben werden auch die Ansätze in der seismischen Bemessung der Tunnel dargelegt

### 3 RELAZIONE DI SINTESI

La presente relazione tratta le condizioni inerenti la caratterizzazione sismica dei terreni interagenti con le opere in progetto nell'area di Fortezza, che si estende dal Rio Bianco fino quasi alla stazione di Fortezza.

Le seguenti elaborazioni si basano principalmente sui risultati delle fasi di indagine eseguite negli anni 2005/2006 e negli anni 2009/2010, nel corso delle quali sono stati eseguiti numerosi sondaggi geognostici ed anche perforazioni per piezometri e pozzi. Sono stati condotti 12 profili sismici e un esteso programma di prove in situ e in laboratorio. Le presenti relazioni si basano inoltre sui rilevamenti e sugli studi effettuati nell'area di progetto.

Nel 2012 sono poi state eseguite ulteriori indagini (MASW, REMI, HVSR) per la caratterizzazione sismica del sottosuolo.

Nel 2015 è stata eseguita dal R.T.I. una campagna di indagine integrativa che, oltre ai sondaggi geognostici, ha comportato l'esecuzione di:

- 1) n. 1 indagine sismica a rifrazione, rappresentata da uno stendimento di lunghezza 70 m, realizzato in prossimità del sondaggio sub-orizzontale BH-09/14. L'esecuzione della prova ha previsto anche il rilievo delle  $V_p$ ;
- 2) n. 1 indagine sismica di tipo Multichannel Analysis of Surface Waves – MASW nel tratto pianeggiante, in coincidenza dello stesso profilo.

Per il dimensionamento sismico delle gallerie, sono stati invece eseguiti procedimenti di calcolo specifici, illustrati nel capitolo 10.

Fachbereich:

Thema:

**Dokumenteninhalt:**

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

**Contenuto documento: Relazione sismica**

#### 4 AUFGABENSTELLUNG

Im Rahmen der Erstellung des Einreichprojektes für den Südbereich des Brenner Basistunnels sind umfangreiche geologische und hydrogeologische Untersuchungen durchgeführt worden.

In den Jahren 2009-2010 wurden für die Verfeinerung des geologischen und hydrogeologischen Modells zusätzliche Erkundungen und Versuche, vor allem hydrogeologischer Natur, durchgeführt.

Ziel der gegenständlichen Arbeit ist es, aufbauend auf die erwähnten Untersuchungen, den betroffenen Untergrund seismisch zu charakterisieren (im Sinne des MD vom 14.01.2008 - NTC).

#### 4 OBIETTIVI DELLO STUDIO

Nell'ambito della realizzazione del progetto definitivo per il settore sud del tunnel di base del Brennero, sono state eseguite vaste indagini geologiche e idrogeologiche.

Per affinare il modello geologico ed idrogeologico, negli anni 2009-2010 sono stati eseguiti delle indagini e prove aggiuntive, prevalentemente di natura idrogeologica.

Nel 2015 è stata inoltre eseguita dal R.T.I. una campagna di indagine integrativa, per ulteriori conferme e approfondimenti.

Lo scopo del presente lavoro è, in base alle suddette indagini, di fornire le caratteristiche sismiche dei terreni interessati (ai sensi del D.M. del 14.01.2008 - NTC).

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia  
Tema: Documenti generali  
Contenuto documento: Relazione sismica

## 5 UNTERLAGEN UND GRUNDLAGEN

Für den gegenständlichen Bericht wurden folgende Grundlagen verwendet:

Bericht D0150-00670: Technischer Bericht Eisackquerung – Bahnhof Franzensfeste, Geologie, Hydrogeologie, Geotechnik; ITE 2008;

Konsultation der verfügbaren geografischen Informationen, Auton. Provinz Bozen, Stand August 2012;

Dekret LH Nr. 33 vom 21.07.2009 „Bestimmungen über erdbebensicheres Bauen“;

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE: Decreto 14 gennaio 2008, (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - S. O. n. 30) Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008) e Circolare 2 febbraio 2009, n. 617: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;

## 5 DATI DI BASE E RIFERIMENTI

Per la redazione della presente relazione sono stati utilizzati i seguenti dati di base:

- Relazione: Relazione tecnica attraversamento Isarco – Staz. Fortezza, Geologia, Idrogeologia, Geotecnica; ITE 2008;
- Consultazione delle informazioni geografiche disponibili della Prov. Auton. di Bolzano, stato agosto 2012;
- Decreto P.G.P. n. 33 del 21.07.2009 „Disposizioni per le opere edili antisismiche“.
- Ministero delle Infrastrutture: Decreto 14 gennaio 2008, (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - S. O. n. 30) Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008) e Circolare 2 febbraio 2009, n. 617: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;



Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia  
Tema: Documenti generali  
Contenuto documento: Relazione sismica

## 6 UNTERSUCHUNGSRAUM

### 6.1 GEOGRAPHISCHER RAHMEN

Das Projektgebiet liegt im Eisacktal in der Gemeinde Franzensfeste, zwischen den Ortschaften Franzensfeste und Mittewald, zwischen ca. 750 und 850 m Mh.

Der von ITE geologisch bearbeitete Bereich bildet den südlichsten Abschnitt des BBT und erstreckt sich vom Weißenbach im Norden bis Franzensfeste im Süden. Der Trassenkorridor wird durch den NW-SE verlaufenden Eisack in zwei Teile gegliedert.

Quer zur Richtung des Haupttales verlaufen die Täler des Weißenbachs, des Flaggerbachs und des Riolbachs. Daneben werden die steilen Talflanken noch von zahlreichen N-S bis NE-SW verlaufenden Gräben und Rinnen zerschnitten.

Die höchste Erhebung im unmittelbaren Projektgebiet ist der Riol (1547 m) mit seiner, als Hohe Wand bezeichneten, steil nach S bis SE abfallenden Flanke.

Die größten Ansiedlungen im Eisacktal, zwischen Franzensfeste und Weißenbach, sind der Weiler Oberau sowie die Ortschaft Franzensfeste selbst. Daneben finden sich noch einzelne Gehöfte, Gebäude über das Projektgebiet verteilt.

## 6 AREA DI STUDIO

### 6.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di progetto si trova in Val d'Isarco nel comune di Fortezza, tre gli abitati di Fortezza e Mezzaselva, a quote comprese tra 750 e 850 m slm.

Il settore elaborato dal punto di vista geologico da ITE costituisce l'estremo settore meridionale del BBT e si estende dal Rio Bianco a nord fino a Fortezza a sud. Il corridoio del tracciato è suddiviso in due settori dal fiume Isarco con andamento NW-SE.

Trasversalmente rispetto alla direzione della valle principale si dipartono le valli del Rio Bianco, del Rio Vallaga e del Rio Riol. I fianchi ripidi della valle sono solcati inoltre da numerose altre incisioni e canali con andamento da N-S a NE-SW.

Il rilievo più pronunciato situato direttamente nell'ambito dell'area di progetto è il Monte Riol (1547 m), con il suo fianco ripido rivolto verso sud e SE noto come "Hohe Wand".

I principali abitati nella Val d'Isarco tra Fortezza e Rio Bianco sono il paese di Pra di Sopra e Fortezza stesso. Oltre a questi centri abitati si trovano, distribuiti nell'area di progetto ancora alcuni masi e edifici.

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia  
Tema: Documenti generali  
Contenuto documento: Relazione sismica

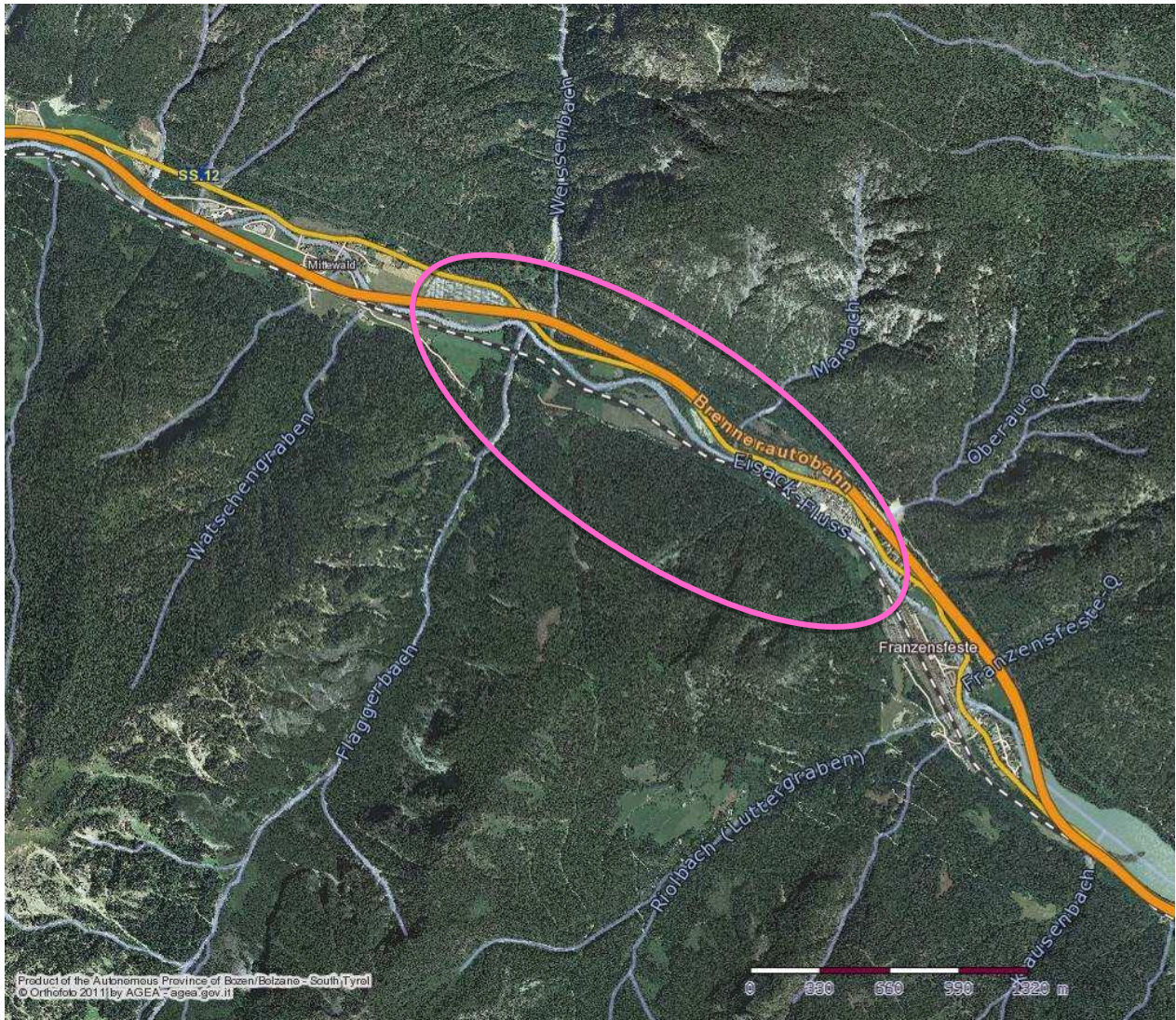


Abbildung 1: Auszug Geobrowser, Aut. Prov. Bozen, mit hervorgehobenem Projektgebiet

Illustrazione 1: Estratto Geobrowser, Prov. Aut. Bolzano, con evidenziata l'area di progetto

## 6.2 GEOLOGISCHER RAHMEN

Der betrachtete Abschnitt des BBT wird aus geologischer Sicht dem Südalpin zugerechnet.

Südlich der Periadriatischen Linie tritt der Trassenkorridor in das südalpine Grundgebirge ein, bestehend aus dem granitisch-granodioritischen Pluton von Brixen, dem Gabbro des Scheibenbergs und den umhüllenden Metamorphiten (Phyllite, granatführende Glimmerschiefer) der Brixner Quarzphyllit Einheit.

Der Brixner Granit ist flächenmäßig das verbreitetste Festgestein des Projektgebietes. Gegen Süden erfolgt der Übergang zum Brixner Quarzphyllit

## 6.2 CONTESTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico, il settore qui considerato del BBT è da ascrivere al Sudalpino

A sud del Lineamento Periadriatico il tracciato entra nel basamento cristallino sudalpino, costituito dal Plutone granitico-granodioritico di Bressanone, dal Gabbro del Monte del Bersaglio e dalle metamorfite incassanti (filladi, micascisti granatiferi) dell'unità della Fillade quarzifera di Bressanone.

Il Granito di Bressanone è la roccia arealmente più diffusa nell'area di progetto. Più a sud si trova la zona di passaggio verso la Fillade quarzifera di Bressanone.

Fachbereich:

Thema:

**Dokumenteninhalt:**

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

**Contenuto documento: Relazione sismica**

Der Brixner Pluton (Perm) ist ein in Ost-West- Richtung gestreckter, linsenförmiger Körper, der in ziemlich oberflächennahes Krustenniveau am nördlichen Rand des südalpinen Grundgebirges intrudiert ist. Sein Nordrand ist eindeutig tektonischer Natur (nördliche Judikarienlinie und Pustertal Linie – Periadriatische Linie), sein Südrand ist von intrusiver Natur mit kontaktmetamorpher Überprägung auf den umgebenden Phylliten und Glimmerschiefern (Brixner Quarzphyllit).

Neben den genannten Festgesteinen treten vor allem entlang der Eisacktal-Furche quartäre Lockergesteine mit unterschiedlicher Mächtigkeit auf, deren Bedeutung insbesondere für den Abschnitt „Unterquerung Eisack“ groß ist

Il plutone di Bressanone (Permiano) è un corpo lentiforme con andamento est-ovest intruso a livelli crostali relativamente superficiali del margine settentrionale del basamento cristallino sudalpino. Il suo limite settentrionale ha chiaramente carattere tettonico (Linea delle Giudicarie Nord e Linea della Pusteria – Lineamento Periadriatico) mentre il suo limite meridionale è di natura intrusiva con impronta metamorfica di contatto sulle filladi e micascisti incassanti (Fillade quarzifera di Bressanone).

Oltre alle rocce menzionate, nel solco della Val d'Isarco affiorano rocce sciolte quaternarie con spessori variabili e di particolare importanza per il settore del "Sottoattraversamento Isarco".

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia  
Tema: Documenti generali  
Contenuto documento: Relazione sismica

## 7 SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN

### 7.1 ALLGEMEINES

Am 08.11.2012 wurden im Talboden des Projektgebietes oberflächige seismische Untersuchungen zur Bestimmung der Vs30 und die Hauptschwingfrequenz des Bodens durchgeführt.

### 7.2 BESTIMMUNG VON VS30

Die Vs30, bzw. die mittlere Geschwindigkeit der S-Wellen in den obersten 30 Metern wurden aus der Kombination aller drei Messmethoden ermittelt (MASW und REMI für die oberflächigen Bereiche, HSR für die tiefer gelegenen Bereiche), wobei der Ausgangspunkt immer mit der heutigen Geländeoberfläche übereinstimmt.

## 7 INDAGINI SISMICHE

### 7.1 GENERALITA'

In data 08.11.2012 sono state effettuate delle indagini sismiche superficiali nel fondovalle dell'area di progetto con lo scopo di determinare la Vs30 e le principali frequenze di vibrazione dei terreni

Complessivamente sono stati eseguiti:

- n. 5 stendimenti nel fondovalle all'altezza del previsto sottoattraversamento dell'Isarco con delle indagini di sismica attiva (MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves)
- n. 5 indagini sismiche passive di tipo REMI - Refraction microtremor
- n. 10 indagini sismiche passive a stazione singola HVSR - horizontal to vertical spectral ratio

Nel 2015 è stata eseguita dal R.T.I. una campagna di indagine integrativa che, oltre ai sondaggi geognostici, ha comportato l'esecuzione di:

- 1) n. 1 indagine sismica a rifrazione, rappresentata da uno stendimento di lunghezza 70 m, realizzato in prossimità del sondaggio sub-orizzontale BH-09/14. L'esecuzione della prova ha previsto anche il rilievo delle Vp;
- 2) n. 1 indagine sismica di tipo MASW nel tratto pianeggiante, in coincidenza dello stesso profilo.

L'ubicazione delle indagini sismiche è rappresentata nelle Planimetrie delle indagini geognostiche. I risultati sono riportati in dettaglio nell'elaborato 02-H71-AF-002-03-01-001-04-B0115-00762-RT9-00.

### 7.2 DETERMINAZIONE DI VS30

Le Vs30, ovvero le velocità media delle onde S nei primi 30 metri, sono state determinate dalla combinazione di tutti e tre i metodi (MASW e REMI per la porzione più superficiale del sottosuolo, HVSR per la porzione più profonda), partendo dal piano di campagna attuale.

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione sismica

Die Untersuchungen MASW und REMI lieferten deckungsgleiche Ergebnisse für jede Linie. Auch die Ergebnisse der HVSR an den gegenüberliegenden Endpunkten der Linien zeigten eine gute Übereinstimmung.

Le indagini MASW e REMI hanno fornito per ciascun stendimento risultati analoghi. Anche i risultati delle HVSR ai vertici opposti di ciascun stendimento hanno dato una buona corrispondenza.

Im Untersuchungsgebiet schwankte der ermittelte Vs30-Wert zwischen 380 und 440 m/s.

Nell'area di studio il valore Vs30 determinato oscilla tra 380 e 440 m/s.

Dies entspricht durchgehend der Baugrundklasse

Ciò corrisponde ad una categoria di sottosuolo

B – 360 m/s < Vs < 800 m/s

B – 360 m/s < Vs < 800 m/s sec. tabella 3.2.II (NTC).

gem. Tabelle 3.2.II (NTC).

Zu erwähnen ist noch, dass in der Untersuchungslinie nördlich der Autobahn ein Ansprung der Vs-Geschwindigkeiten auf 900 m/s knapp unterhalb der 30 m Tiefe verzeichnet wurde (seichtere Felslinie?), der in den anderen Linien nicht beobachtet wurde.

E' da notare che lo stendimento a nord dell'autostrada ha registrato un brusco salto delle velocità Vs fino a 900 m/s poco al di sotto della profondità di 30 m (linea delle roccia meno profonda?) che non è stato osservato nelle altre linee sismiche.

### 7.3 SCHWINGFREQUENZEN

### 7.3 FREQUENZE DI VIBRAZIONE

Die Eigenfrequenz des Bodens wurde anhand der HVSR-Untersuchungen bestimmt.

Le frequenze proprie dei terreni indagati sono state determinate con l'indagine HVSR.

Im Frequenzbereich zwischen 0,3 – 10 Hz wurden folgende Eigenfrequenzen gemessen:

Per quanto riguarda il campo di 0,3 – 10 Hz sono state misurate le seguenti frequenze proprie:

ca. 4-5 Hz nördlich der Autobahn

- ca. 4-5 Hz a nord dell'autostrada

ca. 1,5-2,5 Hz in den restlichen Bereichen zusätzlich noch ca. 7-8 Hz im Untersuchungsbereich südlich der Eisenbahnlinie

- ca. 1,5-2,5 Hz negli altri settori in aggiunta ca. 7-8 Hz nello stendimento a sud della linea ferroviaria.

### 7.4

### 7.4 INDAGINI SISMICHE

### 7.5

#### 7.4.1 Sismiche 2012

Nelle precedenti fasi progettuali, sono stati eseguiti 12 profili sismici distribuiti nell'area di progetto. I profili sono stati stesi principalmente ai margini della valle per ottenere informazioni sull'andamento del livello del substrato in quest'area.

Sono stati utilizzati i seguenti metodi:

- Tomografia sismica
- Sismica a riflessione

Nella Tabella seguente sono riassunte le indagini sismiche eseguite nelle precedenti fasi progettuali.

Denominazione	Zona	Tipo	Lungh. [m]
Profil/o 3	Margine valle nord stazione Fortezza	tomografia	350
Profil/o 4	Margine valle nord stazione Fortezza	tomografia	200
Profil/o 5	Margine valle nord stazione Fortezza	tomografia	200
Profil/o 6	Fondovalle/Margine valle sud Isarco	tomografia	200
Profil/o 7	Margine valle sud Isarco	tomografia	210
Profil/o 8	Fondovalle/Margine valle nord Isarco	tomografia	260
Profil/o 10	Margine valle sud Isarco	Sismica a riflessione	95
Profil/o 11	Margine valle sud Isarco	Sismica a riflessione	95
Profil/o 12	Margine valle sud Isarco	Sismica a riflessione	105
Profil/o 13	Margine valle sud Isarco	Sismica a riflessione	95
Profil/o 14	Fondovalle sud della A12	Sismica a riflessione	95
Profil/o 15	Margine valle nord della A12	Sismica a riflessione	100

Tabella 1 Elenco delle indagini sismiche relative alle precedenti fasi progettuali

## 7.5.2

## 7.4.2 Sismica 2015

La campagna di indagine integrativa del 2015, oltre ai sondaggi geognostici, ha comportato l'esecuzione di una indagine sismica a rifrazione con rilievo delle Vp in prossimità del sondaggio sub-orizzontale BH-09/14, rappresentata da un profilo sismico della lunghezza di 70 m, e da una MASW nel tratto pianeggiante dello stesso profilo.

L'indagine sismica a rifrazione è rappresentata da un profilo sismico a rifrazione dello sviluppo di 70 m eseguito circa parallelamente e nelle vicinanze del cunicolo di soccorso in progetto. Il profilo ha origine in pianura, nei pressi de

I sondaggio FO-B-21/090, quindi con orientamento NNE-SSE procede verso il pendio percorrendo su di esso circa 30 m fino a quota 789 m slm circa. L'indagine ha restituito una sezione sismostratigrafica con una ricostruzione del sottosuolo di profondità compresa fra 10 e 20 m circa dalla superficie (vedasi figura seguente).

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia  
Tema: Documenti generali  
Contenuto documento: **Relazione sismica**

La modellazione sismica indica che nel tratto di valle, fino all'affioramento roccioso a monte strada, è presente una copertura sciolta con probabili blocchi ( $V_p=600\text{m/s}$ ). Il suo spessore cresce verso nordovest e più in profondità oltre 5-7m; le  $V_p$  aumentano verso la valle testimoniando un aumento di addensamento o la presenza di una falda a pelo libero.

A monte strada la roccia subaffiorante, in cui è stato anche impostato il sondaggio geognostico orizzontale, mostra valori di velocità  $V_p$  che in superficie varia da 1000m/s a 2000m/s.

Nella porzione sommitale (geofoni 21-24) si nota un ispessimento della copertura (3-4 m circa) mentre tra i geofoni 1 e 14 si segue bene l'immersione a relativamente debole pendenza del substrato roccioso: essa mostrerebbe una sorta di risalita intorno ai geofoni 2-4.

Non è escluso che tale risalita sia in realtà associabile alla presenza di grandi masse litoidi non radicati capaci comunque di sostenere il segnale sismico.

La roccia integra ( $V_p \gg 2200\text{m/s}$ ) ha un comportamento molto più omogeneo e tende a risalire addentrandosi verso il versante.

Dall'andamento dei valori di  $V_p$  si evince un detensionamento del versante. Il detensionamento non appare condizionato solo dalle strutture subverticali parallele al versante e che condizionano la morfologia dei luoghi (a monte della linea entro il bosco si notano numerose balze rocciose) ma anche da piani di discontinuità che le collegano e che appaiono in contropendenza, almeno per come la sezione taglia queste strutture.

La destrutturazione del materiale lapideo, oltre che essere visibile in affioramento lungo il versante, interesserebbe quindi i primi 15 m di profondità, determinando un abbassamento delle caratteristiche meccaniche globali dell'Ammasso roccioso per i primi 30-40m di inizio cunicolo.

Nel tratto sub-pianeggiante si è analizzato anche il treno d'onda di superficie per la prima energizzazione esterna (2m oltre gh1) ed è stata ricavata la verticale del profilo di velocità delle onde di taglio.

Analogamente a quanto anticipato dalla sismica a rifrazione si notano una decina di m di suoli di copertura non lapidei con  $200 < V_s < 450 \text{ m/s}$  appoggiati sopra a materiali più rigidi (roccia fratturata?  $550 < V_s < 750 \text{ m/s}$ ). Oltre 20m di profondità si raggiungono velocità tipiche di un bedrock sano  $V_s > 800 \text{ m/s}$ .

Nel tratto sub-pianeggiante si è analizzato anche il treno d'onda di superficie per la prima energizzazione esterna

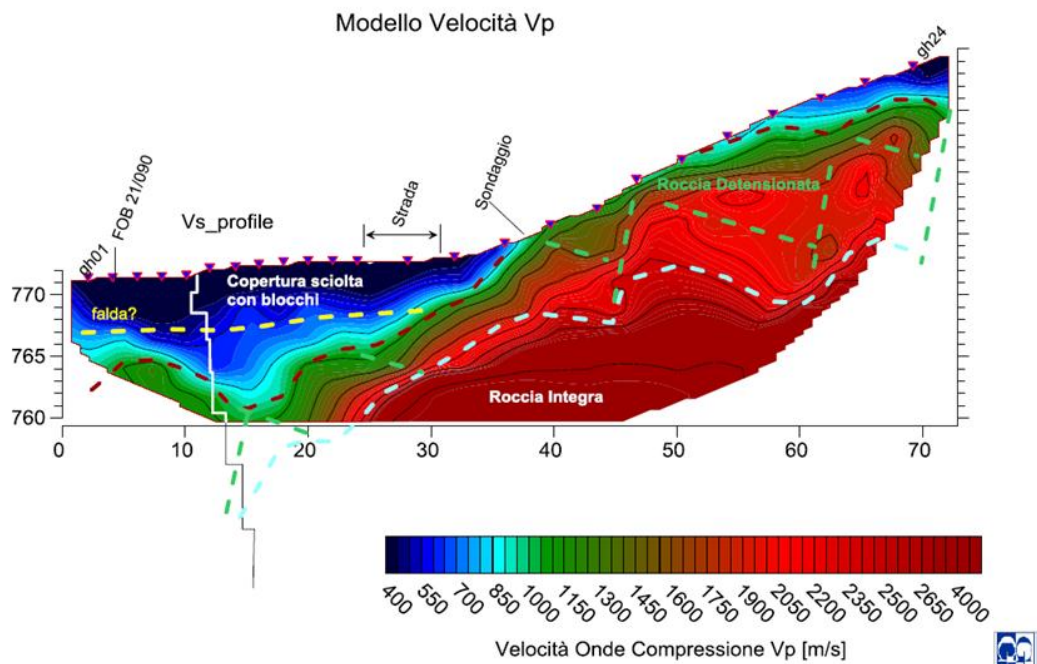


Figura 2 Modello velocità Vp sismica SR1 - 2015



Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia  
Tema: Documenti generali  
Contenuto documento: Relazione sismica

## 8 SEISMIZITÄT

### 8.1 ALLGEMEINES

Südtirol ist durch geringe Seismizität gekennzeichnet, mit seltenen Ereignissen von eher geringer Intensität. Die aktivste Zone liegt im Umkreis des Ortler Massivs; weiter nach Osten wird die Seismizität sporadischer. In Tabelle 4 sind die Erdbeben aufgezeichnet, die im Katalog CPTI04 für Südtirol angeführt sind. Diese sind generell durch niedrige Energie gekennzeichnet. Das stärkste in Südtirol registrierte Erdbeben war jenes von Meran am 17.07.2001 mit einer Magnitude von 5,2.

Neben der lokalen Seismizität erfährt das Gebiet auch Erdbeben, die ihren Ursprung in den angrenzenden Zonen haben, im Besonderen im Engadin, im Veltlin, in der Zone des Comer See und in den Venetischen Voralpen.

Basierend auf die Karte der nationalen seismischen Gefährdung (Verordnung PCM vom 28. April 2006, Nr. 3519, Anh. 1b), wird für das Projektgebiet eine maximale Bodenbeschleunigungen  $a_{max}$  mit 10% Überschreitungswahrscheinlichkeiten in 50 Jahren zwischen 0,025 und 0.050 g angegeben.

Auf Basis dieser Werte fällt das Projektgebiet in die sogenannte seismische Zone 4.

## 8 SISMICITA'

### 8.1 GENERALITA'

L'Alto Adige è caratterizzato da una bassa sismicità, con eventi rari e di debole intensità. La zona più attiva è situata nell'area del Massiccio dell'Ortles; più a est la sismicità diviene sporadica. Nella tabella 4 sono elencati i sismi inseriti nel catalogo CPTI04 dell'Alto Adige. Si tratta generalmente di sismi a bassa energia. Il sisma più forte registrato in Alto Adige è stato quello di Merano del 17.07.2001 con una magnitudo pari a 5,2.

Oltre alla sismicità locale l'area risente anche di sismi che hanno origine in aree limitrofe, in particolare in Engadina, in Valtellina, nella zona del Lago di Como e nelle Prealpi Venete.

Basandosi sulla Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale (Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b), per l'area di progetto viene indicata un'accelerazione del terreno con probabilità di superamento  $a_{max}$  10% in 50 anni tra 0,025 e 0,050 g

In base a questi valori, l'area di progetto ricade nella cosiddetta zona sismica 4.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ $a_g/g$ ]
1	> 0.25
2	0.15-0.25
3	0.05-0.15
4	<0.05

Tabelle 1: Bestimmung der seismischen Zonen auf Basis der Werte der horizontalen Beschleunigung des Untergrundes mit Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10 % in 50 Jahren (Anhang 1 der Verordnung PCM n. 3274 vom 20.03.03)

Tabella 1: Determinazione delle zone sismiche sulla base dei valori dell'accelerazione orizzontale del sottosuolo con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (Allegato 1 dell'Ordinanza PCM n. 3274 del 20.03.03)

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia  
Tema: Documenti generali  
Contenuto documento: Relazione sismica

In nachfolgender Tabelle sind alle Erdbeben angeführt, die sich im Nahbereich des Projektgebietes seit 1700 ereignet haben und deren Magnitude größer gleich 3,5 war (Auskunft ZAMG, Stand Juli 2001, sowie CPTI-Katalog, 2011).

Nella Tabella seguente sono riportati tutti i sismi che sono avvenuti nel settore settentrionale dell'area di progetto dal 1700, con magnitudo maggiore o uguale a 3,5 (informazioni ZAMG, situazione luglio 2001, e catalogo CPTI, 2011).

Data	HH:MM	latitudine	longitudine	magnitudo	$I_0$	epicentro
01.09.1850	09:45	46,80	11,95	4,3	6,0	Dietenheim
27.05.1862	01:20	46,74	12,39	4,8	6,0	Sillian
19.06.1902	09:23	46,90	11,30	4,3	6,0	Ridnaun / Ridanna
14.09.1905	05:00	47,00	11,50	4,0	5,5	Brenner Bad / Terme di Brennero
20.09.1913	03:46	47,10	11,30	3,5	4,5	Neustift / Novacella
26.03.1924	17:09	46,90	11,40	5,0	7-8	Sterzing / Vipiteno
15.03.1961	01:50	46,70	10,80	4,1	6,0	Östl. von Brixen / E di Bressanone
17.07.2001	15:06	46,80	11,10	5,2	6-7	Passeiertal, nördl. von Meran / Val Passiria, a N di Merano

Tabelle 2: Erdbeben mit einer Magnitude  $\geq 3,5$  im Projektgebiet seit 1700

Tabella 2: Sismi con magnitudo  $\geq 3,5$  nell'area di progetto dal 1700

## 8.2 KLASSIFIZIERUNG DES BAUWERKS

Laut NTC2008 Kapitel 2.4 muss das Bauwerk klassifiziert werden und eine entsprechende Lebensdauer („vita nominale“ – Kap. 2.4.1) sowie eine Gebrauchsklasse („classe d'uso“ – Kap. 2.4.2) festgelegt werden.

Nachdem das Bauwerk in die Klasse 3 (wichtige Bauwerke - grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica) fällt, kommt laut NTC eine Lebensdauer von  $V_N \geq 100$  Jahren zur Anwendung

Vom Auftraggeber wurde darüber hinaus folgende Lebensdauer angegeben

200 Jahre für die Hauptbauwerke (Tunnel)

100 Jahre für die Nebenbauwerke

## 8.2 CLASSIFICAZIONE DELL'OPERA

Secondo NTC par. 2.4 un'opera deve essere classificata definendone una Vita nominale (secondo NTC, tabella 2.4.1) ed una Classe d'uso (secondo NTC, par. 2.4.2)

Essendo il Tipo di costruzione di classe 3 (grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica) si applica secondo NTC una Vita nominale:  $V_N \geq 100$  anni.

Dal committente è stata indicata la seguente entità della Vita nominale:

- 200 anni per le opere principali (gallerie)
- 100 anni per opere accessorie

Fachbereich:

Thema:

**Dokumenteninhalt:**

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

**Contenuto documento: Relazione sismica**

Bei der Gebrauchsklasse kommt die höchste Klasse IV zur Anwendung, da es sich um Öffentliche oder strategisch wichtige Bauwerke handelt.

Nella classe d'uso si applica la più alta Classe IV in quanto si tratta di costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti.

### **8.3 ANZUSETZENDE WIEDERKEHRZEIT**

### **8.3 PERIODI DI RIFERIMENTO**

Aus der Kombination von Lebensdauer (200 Jahre) und dem Koeffizienten für die Gebrauchsklasse ( $C_U = 2$  für Klasse IV) ergibt sich für die gegenständlichen Hauptbauwerke eine anzusetzende Wiederkehrzeit der seismischen Einwirkung von  $V_R = 400$  Jahre.

Dalla combinazione di vita nominale (200 anni) ed il coefficiente per la classe d'uso ( $C_U = 2$  per la classe IV) segue per le presenti opere principali un tempo di ritorno per l'azione sismica di  $V_R = 400$  anni.

## 9 SEISMISCHE EINWIRKUNG

### 9.1 ANZUSETZENDE WIEDERKEHRZEIT

Die neuen technischen Bauwerksnormen (NTC 2008) sehen eine Definition der seismischen Gefährdung (pericolosità sismica di base) des Bauareals vor, um die seismische Einwirkung auf ein spezifisches Projekt zu bestimmen.

Zu diesem Grund müssen folgende Parameter definiert werden:

$a_g$  – maximale Horizontalbeschleunigung

$F_o$  – maximaler Wert des Verstärkungsfaktors für das Spektrum der horizontalen Beschleunigung

$T^*_c$  – Periode des Anfangsabschnittes mit konstanter Geschwindigkeit des Spektrums der horizontalen Beschleunigung;

### 9.2

Laut den spezifischen Untersuchungen und der Bodenansprache aufgrund der durchgeführten Erkundungen ergeben sich folgende Bodenkategorien gemäß nachfolgender Tabelle (Tabelle 3.2.II aus NTC).

## 9 AZIONE SISMICA

### 9.1 PERIODI DI RIFERIMENTO

Le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008) prevedono la definizione della “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione ai fini di determinare le azioni sismiche di progetto.

A tale riguardo si devono definire i seguenti parametri:

$a_g$  – accelerazione orizzontale massima

$F_o$  – valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

$T^*_c$  – periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

### 9.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

In base alle specifiche analisi ed alla caratterizzazione del suolo attraverso le indagini geognostiche si indicano le categorie di sottosuolo come indicate qui di seguito (Tabella 3.2.II – NTC).

I risultati delle indagini sismiche effettuate, hanno sempre fornito valori di  $V_{s30}$  associabili alla categoria di sottosuolo *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.*

Per la progettazione delle opere, è stato scelto comunque in favore di sicurezza, l'utilizzo della categoria di sottosuolo C. Nelle trattazioni seguenti si farà pertanto riferimento a tale categoria.

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 $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositati 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 $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositati 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 $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} < 70$ 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).

Tabelle 3: Baugrundklassen gem. Tabelle 3.2.II (NTC) mit hervorgehobenen Klassen im betreffenden Areal

Tabella 3: Categorie di sottosuolo sec. Tabella 3.2.II (NTC)

### 9.2.1 RISIKO BODENVERFLÜSSIGUNG

### 9.2.1 RISCHIO LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Das Untersuchungsgebiet liegt in einer gering seismischen Zone mit erwarteten Beschleunigungen unterhalb der Werte, die laut NTC Abs. 7.11.3.4.2 notwendig sind, damit sich eine Bodenverflüssigung ereignen kann.

Il settore di studio ricade in un'area poco sismica con accelerazioni attese inferiori a quanto stabilito dalle NTC par. 7.11.3.4.2 come condizione per il verificarsi di fenomeni di liquefazione dei terreni.

Daneben wurden im untersuchten Bereich keine Böden angetroffen, die anfällig für eine Verflüssigung sind (wassergesättigte locker gelagerte, enggestufte Sande).

Inoltre, nell'area indagata non sono stati riscontrati terreni suscettibili a liquefazione (sabbie sciolte sature ed equigranulari).

Die durchgeführten Korngrößenanalysen ergaben Körnungsbänder, die außerhalb der Felder liegen, die laut Abb. 7.11.1 NTC ein Bodenverflüssigungsrisiko bergen.

Le analisi granulometriche effettuate mostrano un fuso che non ricade all'interno dei campi con rischio di liquefazione sec. Fig. 7.11.1 NTC.

### 9.3 STRATIGRAPHISCHER KORREKTURFAKTOR

Für Untergrund der Kategorie A haben die Koeffizienten Ss und Cc den Wert 1, während für die Kategorien B, C, D und E die Koeffizienten Ss und Cc in Abhängigkeit der Werte von F<sub>0</sub> und T<sub>c</sub>\* ermittelt werden – gemäß Ableitung in der nachfolgenden Tabelle (Tab. 3.1.V – NTC), wobei g der Erdbeschleunigung entspricht und die Zeit in Sekunden anzugeben ist.

### 9.3 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Per il sottosuolo di categoria A i coefficienti Ss e Cc valgono 1, mentre per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti Ss e Cc possono essere calcolati, in funzione dei valori di F<sub>0</sub> e T<sub>c</sub>\* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella tabella qui di seguito (Tab. 3.1.V – NTC), nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Kategorie / Categoria	Ss	Cc
A	1.0	1.0
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_c^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_c^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_c^*)^{-0.5}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

$$T_{max} = \pm \frac{1}{6} K_1 \frac{E_m}{(1 + \nu_m)} R \gamma_{max} \geq \pm K_2 \frac{E_m}{2(1 + \nu_m)} R \gamma_{max} \quad T_{max} = \pm \frac{1}{6} K_1 \frac{E_m}{(1 + \nu_m)} R \gamma_{max} \geq \pm K_2 \frac{E_m}{2(1 + \nu_m)} R \gamma_{max}$$

TaTabelle 4: Ermittlung der Koeffizienten Ss und Cc gem. Tabelle 3.1.V (NTC)

Tabella 4: Espressioni di Ss e Cc sec. Tabella 3.1.V (NTC)

### 9.4 TOPOGRAPHISCHER KORREKTURFAKTOR

### 9.4 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Für die Berücksichtigung der topographischen Verhältnisse werden die in der nachfolgenden Tabelle angeführten topographischen Korrekturwerte S<sub>T</sub> verwendet (Tab. 3.2.VI, NTC).

Per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico S<sub>T</sub> riportati nella tabella qui di seguito (Tab. 3.2.VI – NTC) in funzione delle categorie topografiche.

Le opere in progetto ricadono nel fondovalle pianeggiante, per cui la categoria topografica risulta essere T1 – superfici pianeggianti.

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione sismica

<b>Categoria</b>	<b>Ubicazione</b>	<b>S<sub>T</sub></b>
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con incl. media $i < 15^\circ$	1.0
<b>T2</b>	Sommità del pendio con $i > 15^\circ$	1.2
<b>T3</b>	Cresta del rilievo con $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.3
<b>T4</b>	Cresta del rilievo con $i > 30^\circ$	1.4

Tabella 5: Espressioni di ST sec. tabella 3.2.VI (NTC)

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia  
Tema: Documenti generali  
Contenuto documento: Relazione sismica

9.5

9.5 CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA

### Cerca Posizione

Via  n°

Comune  Cap

Provincia

---

Coordinate WGS84

Latitudine  °

Longitudine  °

Isole

### Determinazione dei parametri sismici

(1)\* Coordinate WGS84

Lat.  Long.

(1)\* Coordinate ED50

Lat.  Long.

Classe dell'edificio

IV. Funzioni pubbliche o strategiche importanti...

Vita nominale

(Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)

Interpolazione

Kartendaten ©2013 Google - [Nutzungsbedingungen](#)  
46.801939, 11.589202

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

### Calcolo dei coefficienti sismici

Muri di sostegno  Paratie

Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m)

us (m)

Categoria sottosuolo

Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss* Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
Cc* Coeff. funz categoria	1,56	1,50	1,41	1,41
St* Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,011	0,013	0,021	0,021
kv	0,006	0,006	0,011	0,011
Amax [m/s²]	0,543	0,636	1,030	1,030
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

(1)\* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati è comunque possibile inserire direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.

(2)\* Il file creato con "Salva file" può essere importato automaticamente negli applicativi GeoStru.

Abbildung 2: Lokale seismische Parameter, die mit der freien Software GeoStru ermittelt wurden

Illustrazione 2: Parametri sismici sito-specifici determinati mediante il software libero GeoStru



## 9.6 PARAMETER SEISMISCHE GEFÄHRDUNG

## 9.6 PARAMETRI DI PERICOLOSITA' SISMICA

Nachfolgend eine Zusammenstellung der Eckdaten zur seismischen Bewertung.

Di seguito un riassunto tabellare dei parametri per la valutazione sismica

<b>Categoria di sottosuolo</b>	Tipo 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 $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>Categoria topografica</b>	T1
<b>Amplificazione stratigrafica</b>	Ss e Cc relativi alle categoria C
<b>Amplificazione topografica</b>	ST = 1.0
<b>Tipo di costruzione</b>	3 – Opera strategica o rilevante
<b>Vita nominale</b>	$V_N = 200$ a
<b>Classe d'uso</b>	IV. – Funzioni pubbliche o strategiche importanti
<b>Periodo di ritorno</b>	$V_R = 400$ a
<b>Zona sismica</b>	4 - opere strategiche o rilevanti possono essere progettate allo SLV assumendo uno spettro di progetto costante $S_d(T1) = 0,07g$

## 10 SEISMISCHE BEMESSUNG VON TUNNELN

## 10 DIMENSIONAMENTO SISMICO DI GALLERIE

### 10.1 ALLGEMEINES

### 10.1 GENERALITA'

Nachfolgend wird die Herangehensweise für die Bemessung der Tunnel in Lockergestein hinsichtlich der Einwirkung von Erdbeben zusammengefasst.

Di seguito si riassume il procedimento per il dimensionamento di gallerie in terreni sciolti nei riguardi dell'azione sismica

### 10.2 METHODIK

### 10.2 METODICA

Für die Bemessung für den Lastfall Erdbeben werden in der Literatur die Kraft- und die Deformationsmethode aufgeführt. Für eingebettete Bauwerke wie Tunnels wird die Deformationsmethode angewendet. Diese ist nachfolgend beschrieben.

Per il calcolo dell'azione sismica si trovano in bibliografia gli approcci per forze e per deformazioni. Per strutture interrato come le gallerie si applica il metodo delle deformazioni descritto di seguito.

Bei der Deformationsmethode wird dem Bauwerk (Tunnel) infolge des Erdbebens eine Verformung aufgeprägt.

Nel metodo delle deformazioni si applica all'opera (galleria) una deformazione in seguito al terremoto.

Mittels einer vereinfachten Analyse wird die Bemessung für drei grundlegende Deformationsmodi des Tunnels durchgeführt:

Con un'analisi semplificata viene eseguita la verifica per tre situazioni di deformazione fondamentali della galleria.

Axiale Extension/Kompression infolge Schwingungsrichtung parallel zur Tunnelachse

Compressione/dilatazione assiale a seguito della direzione di oscillazione parallela all'asse galleria

Biegung bedingt durch Krümmung infolge Wellenkomponenten mit Partikelbewegung quer zur Tunnelachse

Flessione per via di componenti d'onda e movimento di particelle in direzione trasversale all'asse galleria

Verzerrung des kreisrunden oder rechteckigen Querschnitts bedingt durch vertikal propagierende Scherwellen in der Querschnittsebene

Deformazione della sezione circolare o rettangolare per via di onde di taglio a propagazione verticale sul piano di sezione

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia  
Tema: Documenti generali  
Contenuto documento: Relazione sismica

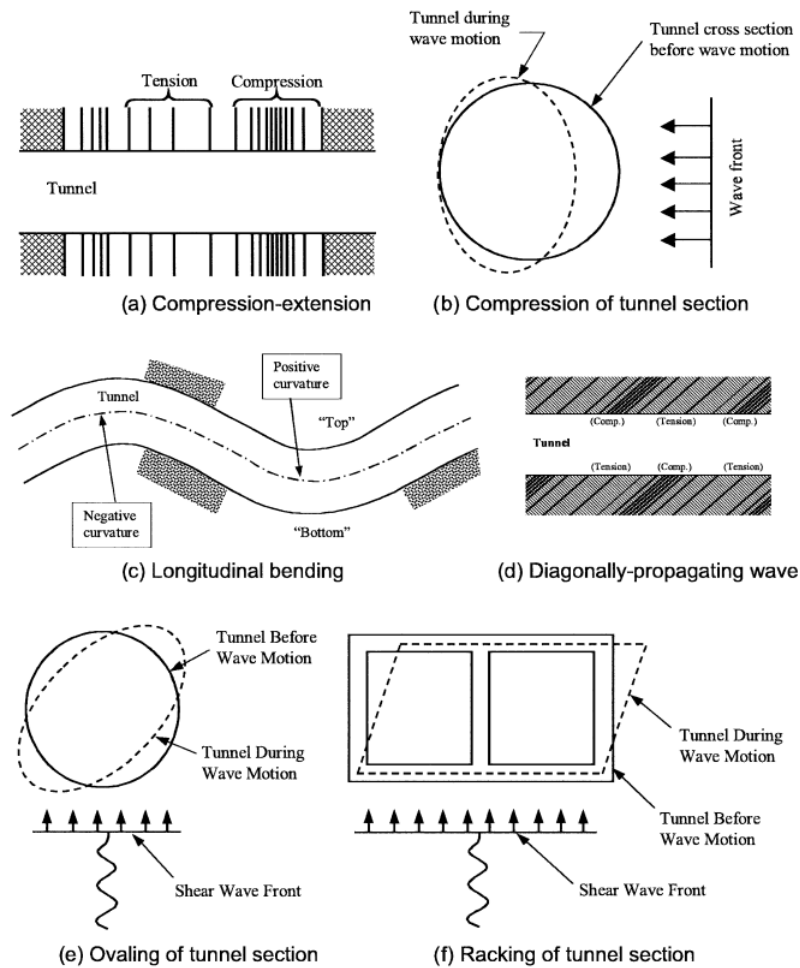


Abbildung 3: Deformationformen von Tunnels bei seismischer Belastung nach Youssef M.A. Hashash et.al.; 2001

Illustrazione 3: Meccanismi di deformazione di gallerie in presenza di sisma sec. Youssef M.A. Hashash et.al.; 2001

### 10.3 EINGANGSGRÖßEN

Die Werte der seismischen Einwirkungen (Beschleunigungen, Geschwindigkeiten des anzusetzenden Erdbebens) gemäß den Angaben in der italienischen Norm haben keinen direkten Einfluss in die Berechnung der vereinfachten Analyse.

Laut Jaw-Nan Wang (1993) sind für die Berechnungen MDE (Maximum Design Earthquake = Bemessungserdbeben) und OBE (Operating Basis Earthquake = Betriebserdbeben) zu berücksichtigen. Das Betriebserdbeben (OBE) wird sich im Laufe der Lebensdauer des Bauwerks mindestens einmal ereignen. Hinsichtlich der Bemessung sollen dabei keine, bzw. nur minimale Schäden entstehen. In Anlehnung an die italienische Norm entspricht dies dem SLO. Das Bemessungserdbeben (MDE) ist so

### 10.3 PARAMETRI D'INGRESSO

I valori dell'azione sismica (accelerazioni, velocità del terremoto da assumere) secondo le indicazioni della normativa italiana non hanno influenza diretta nel calcolo dell'analisi semplificata.

Secondo Jaw-Nan Wang (1993) per i calcoli sono da considerare MDE (Maximum Design Earthquake = terremoti di dimensionamento) und OBE (Operating Basis Earthquake = terremoti di esercizio). Il terremoto di esercizio avverrà almeno una volta durante la vita nominale dell'opera. Per quanto riguarda il dimensionamento, i danni provocati devono essere nulli o minimi. Nella normativa italiana ciò corrisponde allo SLO. Il terremoto di dimensionamento (MDE) è definito in maniera tale da avere una probabilità di accadimento

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione sismica

definiert, dass die Wahrscheinlichkeit eines Erdbebens dieser Stärke eine Eintretenswahrscheinlichkeit von 5% in Bezug auf die Lebensdauer des Bauwerks hat. In Anlehnung an die italienischen Normen entspricht dies dem SLC. Die öffentliche Sicherheit soll während und nach dem Erdbeben nicht gefährdet sein.

del 5% rispetto alla vita nominale dell'opera. Nella normativa italiana ciò corrisponde allo SLC. La pubblica sicurezza non deve essere a rischio durante e dopo l'evento tellurico.

Da in den italienischen Normen keine Werte bzw. Ermittlungsmethoden der Geschwindigkeiten (Maximale Geschwindigkeit eines Partikels in Lockermaterial) vorliegen, wird vorgeschlagen diese aus Angaben aus der Literatur abzuleiten. Ein Vorschlag für die Bandbreite des Zusammenhang zwischen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen ist in nachfolgender Tabelle dargestellt:

Siccome la normativa italiana non prevede valori o metodi di definizione per le velocità (velocità massima di una particella nel terreno sciolto), si propone di desumerla dalle indicazioni in letteratura. Una proposta per il range di valori della relazione tra velocità ed accelerazione è riportata nella seguente tabella.

Table 2  
Ratios of peak ground velocity to peak ground acceleration at surface in rock and soil (after Power et al., 1996)

Moment magnitude ( $M_w$ )	Ratio of peak ground velocity (cm/s) to peak ground acceleration (g)		
	Source-to-site distance (km)		
	0-20	20-50	50-100
<i>Rock<sup>a</sup></i>			
6.5	66	76	86
7.5	97	109	97
8.5	127	140	152
<i>Stiff soil<sup>a</sup></i>			
6.5	94	102	109
7.5	140	127	155
8.5	180	188	193
<i>Soft soil<sup>a</sup></i>			
6.5	140	132	142
7.5	208	165	201
8.5	269	244	251

Tabelle 6: Verhältnis der maximalen Bodengeschwindigkeit eines Partikels zur maximalen Bodenbeschleunigung nach Youssef M.A. Hashash et.al.; 2001

Tabella 6: Relazione tra massima velocità di una particella di terreno ed accelerazione massima al suolo sec. Youssef M.A. Hashash et.al.; 2001

Die Bodenbewegungen infolge seismischer Anregung nehmen mit zunehmender Tiefe ab. Ein Vorschlag für den Zusammenhang der Bodenbewegungen in der Tiefe im Verhältnis zur Bewegung der Oberfläche für einen homogenen Boden ist nachfolgend dargestellt:

I movimenti del terreno a seguito di un sisma diminuiscono con l'aumentare della profondità. Una proposta per la relazione tra movimenti del terreno in profondità ed in superficie per un terreno omogeneo è rappresentata di seguito

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia  
Tema: Documenti generali  
Contenuto documento: Relazione sismica

Table 4  
Ratios of ground motion at depth to motion at ground surface (after Power et al., 1996)

Tunnel depth (m)	Ratio of ground motion at tunnel depth to motion at ground surface
≤ 6	1.0
6–15	0.9
15–30	0.8
> 30	0.7

Tabelle 7: Abnahme der Bodenbewegungen über die Tiefe nach Youssef M.A. Hashash et.al.; 2001

Tabella 7: Diminuzione dei movimenti del terreno con la profondità sec. Youssef M.A. Hashash et.al.; 2001

## 10.4 DEFORMATIONSANALYSE

## 10.4 ANALISI DELLA DEFORMAZIONE

### 10.4.1 ALLGEMEINES

### 10.4.1 GENERALITA'

Bei der Deformationsmethode werden Deformationen in Tunnellängsrichtung, Krümmung und Ovalisierung des Tunnelquerschnittes berücksichtigt.

Nel metodo delle deformazioni si considerano le deformazioni in direzione longitudinale della galleria, flessione ed ovalizzazione della sezione della galleria.

Sofern nicht anders angeführt, erfolgt die Vorgehensweise nach Jaw-Nan Wang (1993).

Se non indicato diversamente si fa riferimento al procedimento sec. Jaw-Nan Wang (1993)

### 10.4.2 DEFORMATION IN LÄNGSRICHTUNG

### 10.4.2 DEFORMAZIONI LONGITUDINALI

Die Deformationen infolge Stauchung und Krümmung in Längsrichtung sind in den meisten Fällen nicht relevant. Nur im Bereich von hohen Steifigkeitsänderungen im angrenzenden Boden (Übergang Fels-Lockermaterial) und bei abrupten Querschnittsänderungen können diese maßgebend werden. Für diesen Fall wird vorgeschlagen eine konstruktive Längsbewehrung vorzusehen.

Le deformazioni a seguito di raccorciamento e flessione in direzione longitudinale non sono rilevanti nella maggior parte dei casi. Solo in corrispondenza di notevoli variazioni di rigidità tra i terreni (passaggio roccia-terreni sciolti) o in corrispondenza di brusche variazioni di sezione possono risultare determinanti. In questi casi si propone di prevedere un'armatura costruttiva longitudinale

### 10.4.3 OVALISIERUNG FÜR GEWÖLBEQUERSCHNITTE

### 10.4.3 OVALIZZAZIONE DI SEZIONI CIRCOLARI

Der Ovalisierung infolge Scherwellenausbreitung im Lockergestein kann mithilfe vereinfachter analytischer Methoden Rechnung getragen werden. Die vereinfachte Analyse geht von folgenden Annahmen aus:

L'ovalizzazione in seguito alla propagazione di onde di taglio nei terreni sciolti può essere considerata grazie a metodi analitici semplificati. L'analisi semplificata parte dai seguenti presupposti

Der Boden wird als infinites, elastisches, homogenes und isotropisches Kontinuum beschrieben.

Il terreno è descritto come un mezzo infinito, elastico, omogeneo ed isotropo

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione sismica

Der Ausbau wird als elastisches, dünnes Rohr mit einem ebenen Verzerrungszustand in Querschnittsebene angenommen.

Il rivestimento della galleria è considerato come un tubo sottile ed elastico con uno stato di deformazione piana sul piano di sezione.

Für das Modell, welches in diesem Konzept Anwendung findet, werden folgende beiden wesentliche Hauptannahmen definiert:

Per il modello applicato nelle presenti valutazioni si definiscono inoltre le seguenti ipotesi fondamentali:

Schubfrei oder schubfeste Bedingungen zwischen der Tunnelschale und dem Boden

Nessuno sforzo di taglio o condizioni di elevata resistenza al taglio tra il rivestimento della galleria ed il terreno

Die Gebirgslasten sind in Analogie zur Standardbemessung anzusetzen.

I carichi litostatici sono applicati in maniera analoga al dimensionamento classico.

Die Bemessungsschnittgrößen werden wie folgt berechnet:

Le sollecitazioni di calcolo sono determinate come segue:

Die unterschiedlichen Ansätze der Deformationsmethode unterscheiden sich vor allem hinsichtlich der Annahme des Kontakts der Tunnelschale mit dem Boden. Die Methoden unterscheiden zwischen einer schubfreien Zone und einem Zustand zwischen schubfreiem und festem Kontakt (zwischen der Tunnelschale und dem Boden); Taschenbuch für Tunnelbau 2009.

I diversi approcci del metodo delle deformazioni si distinguono soprattutto nelle ipotesi di interazione tra rivestimento della galleria e terreno. I metodi si distinguono tra quelli che considerano nessuno sforzo di taglio (tra rivestimento e terreno) e quelli che considerano uno stato tra assenza di sforzo di taglio e contatto rigido; *Taschenbuch für Tunnelbau* 2009.

Dieses, auf der Methode von Wang basierende, Konzept berücksichtigt beide Varianten. Um die konservativen Bemessungswerte zu erreichen, wird für die Querschnittsdehnung und das Biegemoment eine schubfreie Zone angenommen und für die Querkraft wird eine schubfeste Zone herangezogen

Il presente concetto si basa sul metodo di Wang e considera entrambe le varianti. Per arrivare ai valori di dimensionamento conservativi si presuppone per lo stiramento della sezione e per il momento flettente una zona senza sforzo di taglio e per le forze trasversali una zona ad alta resistenza al taglio

Maximale Querkraft  $T_{max}$ :

Massima forza trasversale  $T_{max}$ :

$$T_{max} = \pm \frac{1}{6} K_1 \frac{E_m}{(1 + \nu_m)} R \gamma_{max} \geq \pm K_2 \frac{E_m}{2(1 + \nu_m)} R \gamma_{max}$$

Mit:

Con:

K1 Ausbau-Antwort Koeffizient gem. Gl.

K1 coeff. di risposta del rivestimento sec. Gl.

K2 Ausbau-Antwort Koeffizient gem. Gl.

K2 coeff. di risposta del rivestimento sec. Gl.

$\gamma_{max}$  maximale Baugrundverzerrung/  
Freifeldscherdehnung

$\gamma_{max}$  rapporto tra distorsione massima del terreno e deformazione di taglio free-field

Fachbereich:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Thema:

Tema: Documenti generali

Dokumenteninhalt:

Contenuto documento: Relazione sismica

Em, vm Elastizitätsmodul und Querdehnzahl des Bodens

Em, vm modulo elastico e coefficiente di Poisson del terreno

R Radius des Tunnels

R raggio della galleria

Es ist der größere (konservativere) Wert heranzuziehen. Die Formel mit  $K_1$  entspricht einer schubfreien Verbindung zwischen Ausbau/Innenschale und Boden und die Formel mit  $K_2$  entspricht einem schubfesten Zustand zwischen Ausbau und Boden.

E' da utilizzare il valore maggiore (conservativo). La formula con  $K_1$  corrisponde ad un raccordo in assenza di sforzo di taglio tra rivestimento e terreno, la formula con  $K_2$  ad uno stato con alta resistenza tra rivestimento e terreno.

Maximales Moment  $M_{max}$ :

Momento massimo  $M_{max}$ :

$$M_{max} = \pm \frac{1}{6} K_1 \frac{E_m}{(1 + \nu_m)} R^2 \gamma_{max}$$

Für das maximale Moment wird ein schubfreier Zustand zwischen Ausbau und Boden angenommen.

Per il momento massimo si presume uno stato in assenza di sforzo di taglio tra rivestimento e terreno

Dem Durchmesser entsprechende Verschiebungen  $\Delta D/D$ :

Le deformazioni corrispondenti al diametro  $\Delta D/D$ :

$$\frac{\Delta D}{D} = \pm \frac{1}{3} K_1 F \gamma_{max}$$

wobei F dem Flexibilitätsmodul nach GI entspricht.

dove F rappresenta il modulo di flessibilità sec. GI.

Die Verformungskennzahl zwischen unbeeinflusstem und ausgebautem Zustand errechnet sich aus:

Il coefficiente di deformazione tra lo stato naturale e quello rivestito si calcola da:

$$\frac{\Delta D_{tining}}{D_{free-field}} = \frac{2}{3} K_1 F$$

Die maximale Baugrundverzerrung/  
Freifeldscherdehnung  $\gamma_{max}$  kann wie folgt angenommen werden:

Il rapporto massimo tra distorsione del terreno e deformazione di taglio free-field  $\gamma_{max}$  può essere assunto come segue:

$$\gamma_{max} = \frac{V_{s,0}}{C_s}$$

Vs,0 Spitzenwert der Partikel- Schwinggeschwindigkeit

Vs,0 valore massimo di oscillazione della particella

CS effektive Scherwellengeschwindigkeit

CS effettiva velocità delle onde di taglio

Das Verhältnis zwischen Schubmodul und Scherwellengeschwindigkeit kann auch wie folgt

Il rapporto tra modulo di taglio e velocità delle onde di

Fachbereich:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Thema:

Tema: Documenti generali

Dokumenteninhalt:

Contenuto documento: Relazione sismica

abgeschätzt werden:

taglio può essere stimato come segue:

Mit:

Con:

$\rho$  Dichte des Bodens

$\rho$  densità del terreno

$G_m$  effektiver Schubmodul

$G_m$  modulo di taglio effettivo

Ausbau-Antwort Koeffizient  $K_1$ :

Coefficiente di risposta del rivestimento  $K_1$ :

$$K_1 = \sqrt{\frac{G_m}{\rho}}$$

Mit:

Con:

$\rho$  Dichte des Bodens

$\rho$  densità del terreno

$G_m$  effektiver Schubmodu

$G_m$  modulo di taglio effettivo

Ausbau-Antwort Koeffizient  $K_1$ :

Coefficiente di risposta del rivestimento  $K_1$ :

$$K_1 = \frac{12(1 - \nu_m)}{2F + 5 - 6\nu_m}$$

Querkraft (Ausbau-Antwort-)Koeffizient  $K_2$ :

Coefficiente di risposta del rivestimento  $K_2$ :

$$K_2 = \frac{F[(1 + 2\nu_m) - (1 - 2\nu_m)C] - 0,5(1 - 2\nu_m)^2 + 2}{F[(3 - 2\nu_m) - (1 - 2\nu_m)C] + C 2,5 - 8\nu_m + 6\nu_m^2 + 6 - 8\nu_m}$$

Um die relative Steifigkeit zwischen kreisrundem Ausbau und dem Boden zu ermitteln werden die beiden folgenden Werte benötigt:

Per potere determinare la rigidità relativa tra il rivestimento circolare ed il terreno servono i seguenti due valori:

Kompressionsmodul  $C$ :

Modulo di compressione  $C$ :

$$C = \frac{E_m(1 - \nu_1^2)R}{E_1 t(1 + \nu_m)(1 - 2\nu_m)}$$

Kompressionsmodul  $F$ :

Modulo di compressione  $F$ :

$$F = \frac{E_m(1 - \nu_1^2)R^3}{6E_1 I(1 + \nu_m)}$$



Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione sismica

Mit:

$E_1$ ,  $\nu_1$  Elastizitätsmodul und Querdehnzahl der Innenschale

$t$  Dicke der Innenschale

$I$  Trägheitsmoment der Innenschale (pro Einheit Breite)

Für die analytische Methode der Ovalisierung sind folglich folgende Eingangsgrößen erforderlich:

Geotechnische Parameter:

- Effektive Scherwellengeschwindigkeit des den Tunnel umgebenden Bodens  $C_s$  [m/s]
- Wichte des Bodens  $\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>]
- Querdehnzahl des Bodens  $\nu$  [-]

Eigenschaften des Bauwerks:

- Innenschalenstärke  $t$  [m]
- Tunnelradius  $R$  [m]
- Trägheitsmoment Innenschale (halbe Schalenstärke zur Berücksichtigung von Auftreten von Risse während MDE)  $I$  [m<sup>4</sup>/m]
- Querschnittsfläche Innenschale  $A$  [m<sup>2</sup>]
- Elastizitätsmodul Beton  $E_1$  [MPa]
- Festigkeit Beton  $f_c$  [MPa]
- Querdehnzahl Beton  $\nu_1$  [-]

Erdbebeneinwirkungen:

- Maximale Beschleunigung eines Partikels in Lockermaterial  $A_s$  [m/s<sup>2</sup>]
- Maximale Geschwindigkeit eines Partikels in Lockermaterial  $V_{s,0}$  [m/s]

#### 10.4.4 VERFORMUNGEN VON RECKTECKQUERSCHNITTEN

Die im nachfolgenden beschriebene Vorgehensweise gilt für den Tunnel offene Bauweise (ein- und zweizelligen Rechteckquerschnitt) mit geringer bzw.

Con:

$E_1$ ,  $\nu_1$  modulo elastico e coeff. di Poisson del rivestimento

$t$  spessore del rivestimento interno

$I$  momento di inerzia del rivestimento interno (per unità di larghezza)

Per i metodi analitici dell'ovalizzazione servono i seguenti parametri d'ingresso:

Parametri geotecnici

- Velocità effettiva delle onde di taglio nel terreno attorno alla galleria  $C_s$  [m/s]
- Peso di volume del terreno  $\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>]
- Coeff. Poisson del terreno  $\nu$  [-]

Caratteristiche dell'opera:

- Spessore del rivestimento interno  $t$  [m]
- Raggio galleria  $R$  [m]
- Momento di inerzia del rivestimento interno (metà spessore per tenere conto di fratture durante MDE)  $I$  [m<sup>4</sup>/m]
- Superficie in sezione del riv. int.  $A$  [m<sup>2</sup>]
- Modulo elastico cls  $E_1$  [MPa]
- Resistenza cls  $f_c$  [MPa]
- Coeff. Poisson cls  $\nu_1$  [-]

Azione sismica:

- Accelerazione massima di una particella di terreno  $A_s$  [m/s<sup>2</sup>]
- Velocità massima di una particella di terreno  $V_{s,0}$  [m/s]

#### 10.4.4 DEFORMAZIONI DI SEZIONI SCATOLARI

Il procedimento descritto di seguito vale per la galleria artificiale (scatolare con eventuale setto centrale) con

hoher Überdeckung.

copertura da limitata ad elevata.

Daraus können auch die Vorgehensweise zur Berechnungen der Verformungen/ Verschiebungen abgeleitet werden, die für die Berechnung der Wannengültig sind.

Da questo si può desumere anche il procedimento per i calcoli delle deformazioni / spostamenti che hanno validità nel dimensionamento delle opere "a vasconi".

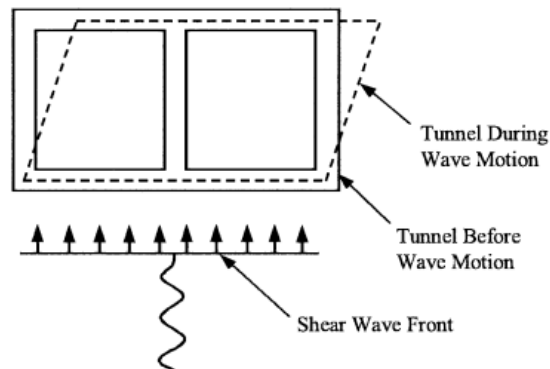


Abbildung 4: Deformationformen von Reckteckquerschnitten bei seismischer Belastung nach Youssef M.A. Hashash et.al.; 2001

Illustrazione 4: Deformazione di sezioni scatoari con sollecitazione sismica sec. Youssef M.A. Hashash et.al.; 2001

Unter Erdbebenbeanspruchung kommt es zu einer seitlichen Verformung des Tunnelquerschnitts, wobei Relativverformungen zwischen Decke und Sohle auftreten können. Die Verformungen/ Verschiebungen und die resultierenden Zwangsschnittgrößen sind ähnlich denen unter einseitiger horizontaler Verformung.

In caso di sollecitazione sismica si ha una deformazione laterale della sezione di galleria, con possibili spostamenti relativi tra soletta e platea. Le deformazioni / spostamenti e le risultanti sollecitazioni di dimensionamento sono simili a quelle di una deformazione orizzontale unilaterale.

Dabei wird angenommen, dass die Größe der Verformungen/ Verschiebungen des Tunnels denen des umgebenden Bodens entsprechen. Die Steifigkeit des Bauwerks gegen Querverformung wird dabei vernachlässigt.

Si suppone che l'entità delle deformazioni / spostamenti della galleria corrispondono a quelle nei terreni circostanti. La rigidità dell'opera rispetto alla deformazione trasversale viene trascurata.

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia  
Tema: Documenti generali  
Contenuto documento: Relazione sismica

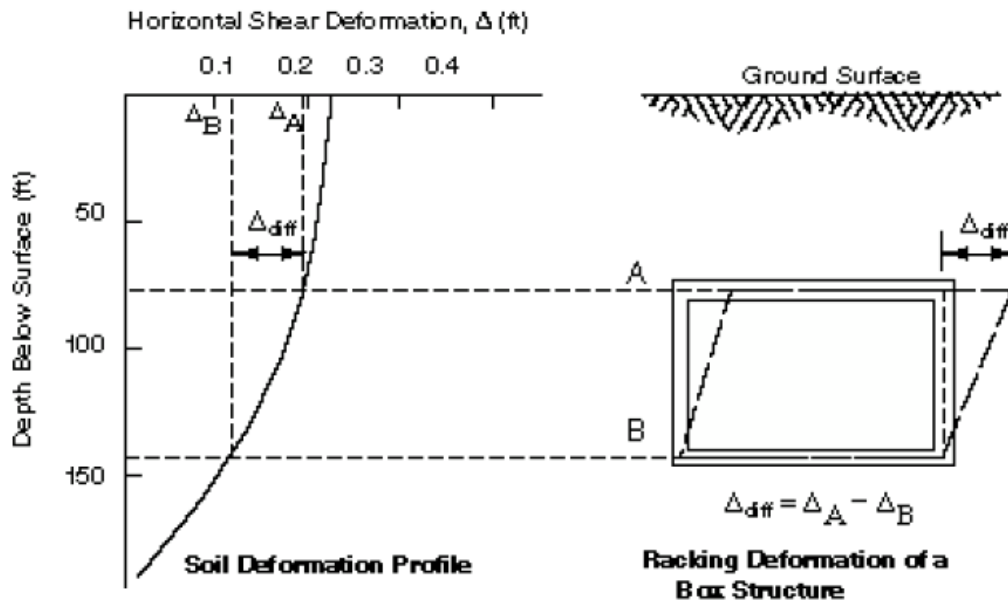


Abbildung 5: Deformationformen Boden zu Reckteckquerschnitten bei seismischer Belastung nach Wang, 1993

Illustrazione 5: Deformazione terreno verso sezioni scatolari in caso di sollecitazione sismica sec. Youssef M.A. Hashash et.al.; 2001

Dem vorangegangenen Bild kann eine typische Verformungsverteilung über die Tiefe entnommen werden. Dabei werden die gegenübergestellten Verformungen am Bauwerk verursacht

Nell'illustrazione precedente è rappresentata una tipica distribuzione delle deformazioni con la profondità, che comportano le deformazioni all'opera.

Für einen tiefliegenden Tunnel in homogenem Baugrund oder Fels kann die maximale Baugrundverzerrung/ Freifeldscherdehnung nach der Formel berechnet werden, mit:

Per gallerie profonde in un terreno omogeneo o in roccia si può calcolare il rapporto massimo tra distorsione del terreno e deformazione di taglio free-field con la seguente formula:

$$\gamma_{max} = \frac{V_{s,0}}{C_s}$$

$V_{s,0}$  Spitzenwert der Partikel- Schwinggeschwindigkeit

$V_{s,0}$  valore massimo di oscillazione della particella

$C_s$  effektive Scherwellengeschwindigkeit

$C_s$  effektiva velocità delle onde di taglio.

Dabei lässt sich die effektive Scherwellengeschwindigkeit  $C_s$  mittels insitu-Tests ermitteln oder aus dem Schubmodul  $G_m$  und der Rohwichte  $\rho$  abgeschätzt

La velocità effettiva delle onde di taglio  $C_s$  può essere determinata da prove in sito o dal modulo di taglio  $G_m$  e dalla densità  $\rho$

$$C_s = \sqrt{\frac{G_m}{\rho}}$$

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia  
Tema: Documenti generali  
Contenuto documento: Relazione sismica

Daraus lässt sich die horizontale Freifeldverformung des Bodens

Da qui si arriva alla deformazione orizzontale a campo libero del terreno

$$\Delta_{ff} = \frac{\gamma_{max} \cdot H}{T}$$

berechnen.  $H$  ist hierbei die Höhe des Tunneltragwerks. Je nach Steifigkeitsverhältnis zwischen Tunnel und umliegendem Boden ist  $\Delta_{ff}$  kleiner oder größer als  $\Delta_{Tunnel}$ .

$H$  rappresenta l'altezza della galleria. A seconda della situazione di rigidità tra struttura e terreno circostante  $\Delta_{ff}$  può essere minore o maggiore di  $\Delta_{Tunnel}$ .

$$R = \frac{\Delta_{Tunnel}}{\Delta_{ff}}$$

Für das Bauwerk ist das Verhältnis zwischen Baugrund- und Bauwerkssteifigkeiten  $F$  zu ermitteln:

Per l'opera è da determinare il rapporto tra rigidità di terreno e dell'opera  $F$ :

$$S = \frac{G_m \cdot B}{k_t \cdot H}$$

mit

con

$G_m$  Schubmodul des Bodens

$G_m$  modulo di taglio del terreno

$B$  Breite des Bauwerks

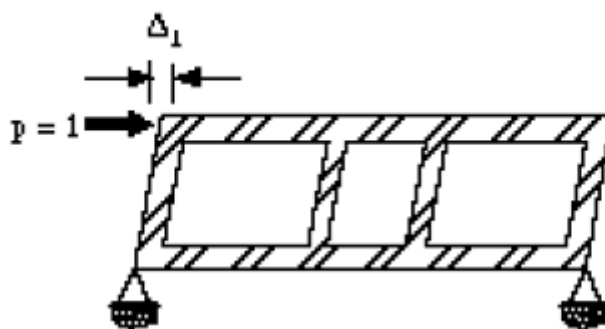
$B$  larghezza dell'opera

$H$  Höhe des Tragwerks

$H$  altezza della struttura

$k_t = 1/D \dots$  Kehrwert der Horizontalverformung  $DI$  bei Ansatz der Einheitslast  $\bar{p} = 1 \text{ MN}$

$k_t = 1/D \dots$  valore reciproco della deformazione orizzontale  $DI$  con un carico uniforme di  $\bar{p} = 1 \text{ MN}$



Für den einzelligen Querschnitt kann das o.a. Verhältnis

Per la sezione senza setto centrale si può considerare il rapporto sopra indicato

Fachbereich:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Thema:

Tema: Documenti generali

Dokumenteninhalt:

Contenuto documento: Relazione sismica

$$s = \frac{G}{24} \left( \frac{H^2 B}{EI_W} + \frac{B^2 H}{EI_R} \right)$$

mit

con

$I_W$  Flächenträgheitsmoment Tunnelwand

$I_W$  momento di inerzia della superficie della parete della galleria

$I_R$  Flächenträgheitsmoment Deckel und Sohle berechnet werden.

$I_R$  momento di inerzia della superficie di coperchio e soletta

Alternativ gilt:

In alternativa vale:

$$s = \frac{G}{12} \left( \frac{B^2 W}{EI_R} \psi \right)$$

mit

con

$$\psi = \frac{(1 + a_2)(a_1 + 3a_2)^2 + (a_1 + a_2)(3a_2 + 1)^2}{(1 + a_1 + 6a_2)^2}$$

$a_1 = I_R/I_I$

$a_1 = I_R/I_I$

$a_2 = (I_R/I_W) (H/B)$

$a_2 = (I_R/I_W) (H/B)$

$I_R$  Flächenträgheitsmoment Decke

$I_R$  momento di inerzia della superficie di coperchio

$I_I$  Flächenträgheitsmoment Sohle

Il momento di inerzia della superficie di soletta

Der Faktor  $R$  wird für tiefliegende Tunnel (d.h. Überdeckung  $h_{\bar{u}} \geq H$  in Anlehnung an Wang 1993, S.

Il fattore  $R$  viene determinato per gallerie profonde (con copertura  $h_{\bar{u}} \geq H$  sec. Wang 1993, S. 119) con la formula

119) nach der Formel

$$R = \frac{4(1 - \nu)}{1 + k_t \frac{(3 - 4\nu)}{k_s}}$$

unter Berücksichtigung der folgenden Werte ermittelt:

e considerando i seguenti valori:

$\nu$  Poissonzahl des umgebenden Bodens

$\nu$  coefficiente di Poisson del terreno adiacente

$k_s = \frac{G_m}{H}$  generalisierte Steifigkeit des Bodens; es ist der tiefenabhängige Schubmodul  $G_m$  des Baugrundes zu berücksichtigen

$k_s = \frac{G_m}{H}$  rigidità generalizzata del terreno; è da considerare il modulo di taglio  $G_m$  del terreno con un valore in dipendenza della profondità.

Für oberflächennahe Tunnel mit  $h_0 \leq H$  wird der Beiwert  $R$  um 20% erhöht.

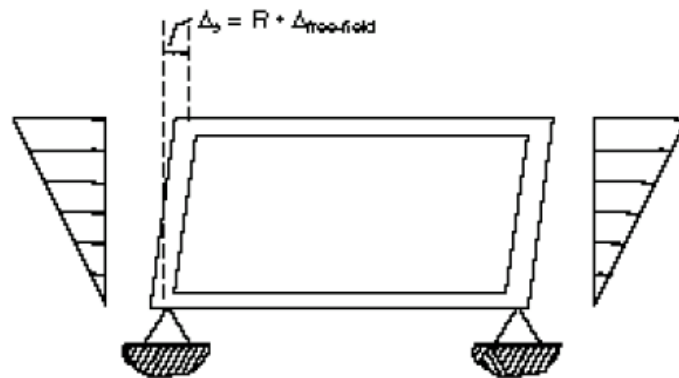
Per gallerie superficiali con  $h_0 \leq H$  si aumenta il coefficiente  $R$  del 20%.

Für geschlossene Rahmenquerschnitte wird eine differentielle Verformung zwischen Decke und Sohle in Größe von  $\Delta_{\text{Tunnel}} = R \cdot \Delta_{\text{ff}}$  zur Ermittlung der Zwangsschnittgrößen aufgebracht.

Für die U-förmigen Wannenquerschnitte wird eine dreiecksförmige Last von der Größe  $p$  aufgebracht;  $p$  ist dabei so zu wählen, dass die maximalen horizontalen Verformungen  $f = \Delta_{\text{Tunnel}} = R \cdot \Delta_{\text{ff}}$  entsprechen.

Per sezioni scatolari chiuse si applica una deformazione differenziale tra soletta e platea dell'entità di  $\Delta_{\text{Tunnel}} = R \cdot \Delta_{\text{ff}}$  per determinare le sollecitazioni di dimensionamento.

Per le sezioni "a vasconi" a forma di U si applica un carico a forma triangolare dell'entità  $p$ ;  $p$  è da scegliere in maniera tale da corrispondere alle massime deformazioni orizzontali  $f = \Delta_{\text{Tunnel}} = R \cdot \Delta_{\text{ff}}$



## 10.5

## 10.5 DIMENSIONAMENTO DI SEZIONI SCATOLARI

In un primo passo le sezioni vengono dimensionate con i carichi statici determinanti ed applicando i coefficienti di sicurezza previsti dalla normativa.

In un secondo passo è da valutare la portanza e la duttilità / robustezza della struttura in caso di sollecitazione sismica. A tale riguardo si considerano principalmente le deformazioni / spostamenti come da procedimento esposto in precedenza, che vengono applicate ad un'opera interrata. Attraverso l'entità della deformazione si determinano le sollecitazioni di dimensionamento interne per la struttura come descritto in precedenza.

E' da confrontare se la struttura è sufficientemente stabile con l'utilizzo dei coefficienti di sicurezza ridotti e la contemporanea applicazione di sollecitazione sismica.

A tale riguardo si fa riferimento alla combinazione di azioni per la sollecitazione sismica sec. NTC 2.5.3, espressione 2.5.5:

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione sismica

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

Per il metodo analitico delle deformazioni ai fini di dimensionare le sezioni sono necessari i seguenti parametri:

Parametri geotecnici:

- Peso di volume del terreno  $\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>]
- Coeff. Poisson del terreno  $\nu$  [-]
- $G_m$  modulo di taglio del terreno interessato compatibile con il livello di allungamento
- Velocità effettiva delle onde di taglio  $C_s = G_m/\rho$  [m/s]

Caratteristiche dell'opera:

- Parametri della sezione  $l_w, l_R, l_l, t_w, t_R, t$  [m]
- Dimensioni esterne della struttura H, B
- Modulo elastico cls  $E_1$  [MPa]
- Resistenza cls  $f_{ck}$  [MPa]

Azione sismica:

- Accelerazione massima di una particella di terreno  $A_s$  [m/s<sup>2</sup>]
- Velocità massima di una particella di terreno  $V_{s,0}$  [m/s]

Fachbereich:  
Thema:  
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia  
Tema: Documenti generali  
Contenuto documento: Relazione sismica

## 11

## 11 ELENCHI

### 11.1

### 11.1 BIBLIOGRAFIA E FONTI

#### 11.1.1

#### 11.1.1 BIBLIOGRAFIA

Gasperini P., Camassi R., Mirto C. & Stucchi M.:  
Catalogo parametrica die Terremoti Italiani. Istituto  
Nazionale de Geofisica.- online at:  
<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/presentazione.html>.  
2004

Software libero: Geostru PS Parametri sismici v.1.5,  
GeoStru software 2010,  
[http://www.geostru.com/geoapp/parametri\\_sismici.aspx](http://www.geostru.com/geoapp/parametri_sismici.aspx)

Seismic Design of Tunnels, A Simple State-of-the-Art  
Design Approach; Jaw-Nan Wang, Ph.D, P.E.;  
Professional Associate; Parsons Brinckerhoff Quade &  
Douglas, Inc. ; June 1993

Tunnelbauwerke unter Erdbebenbeanspruchung;  
Taschenbuch für den Tunnelbau 2009; Christos Vrettos

Seismische Deformationsmethode zur Bemessung  
eines Absenktunnels; Vrettos, Chr., Koliass, B.,  
Panagoitakos, T., Richter, Th.

Seismic design and analysis of underground structures;  
Youssef M.A. Hashash et.al.; Tunnelling and  
Underground Space Technology 16; 2001

#### 11.1.2

#### 11.1.2 FONTI

SET, srl (2006): Attraversamento Isarco - Indagine  
geotecnica e idrogeologica: Studio geologico,  
idrogeologico e geotecnico PD-1 00 000-AP000 000-  
PM-D0139- Fo-038-00



Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione sismica

## 11.2

## 11.2 ELENCO DELLE ABBREVIAZIONI

$a_{\max}$	accelerazione orizzontale massima [m/s <sup>2</sup> ]
$a_h$	accelerazione orizzontale [m/s <sup>2</sup> ]
BBT	Tunnel di Base del Brennero
Bhf	Stazione
CFR	Consorzio Ferrara Ricerche
CPTI	Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani
DSV	Jet grouting
h	Distanza tra il punto mediano del tunnel e il livello della falda [m]
E	Est
ENE	Est-Nord-Est
ESE	Est-Sud-Est
GBA	Servizio Geologico (Austria)
GOK	Piano di campagna
Kf	Permeabilità idraulica [m/s]
L	Lunghezza [m]
MPS	Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale
m Mh.	Altitudine sul livello del mare (Genova)
N	Nord
NE	Nord-est

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

**Contenuto documento: Relazione sismica**

NNE	Nord-nord-est
NNW	Nord-nord-ovest
NW	Nord-ovest
NATM	New Austrian Tunnelling Method
NBS	Tracciato nuovo
ÖGG	Società Austriaca di Geomeccanica
PCM	Presidente del Consiglio dei Ministri
ppm	parti per milione
Q	Afflusso [m <sup>3</sup> /s]
r	Raggio del tunnel [m]
RKB	Sondaggio a rotazione
RMR	Rock Mass Rating
S	Sud
SE	Sud-est
slm.	Metri sul livello del mare
SPT	Standard Penetration Test
SSE	Sud-sud-est
SSW	Sud-sud-ovest
SW	Sud-ovest
b/n	bianco/nero
UIBK	Università di Innsbruck

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione sismica

W Ovest

WNW Ovest-nord-ovest

WSW Ovest-sud-ovest

WWBS Monitoraggio idrogeologico

$\mu$ S/cm Microsiemens per centimetro

ZAMG Istituto Centrale di Meteorologia e Geodinamica

PIANTE ED ULTERIORE DOCUMENTAZIONE

PIANTE CORRELATE

Planimetria Prospetto indagini terreno (S 1:5.000),  
D0753-03-01-006.01-P5-00

Planimetria Geologia/Geomorfologia Geologia  
strutturale (S 1:2.000), D0753-03-01-007.01-G6-00

Planimetria Geologia strutturale e studio delle foto  
aeree (S 1:10.000), D0753-03-01-012.01-G4-00

11.2.1

11.2.1 DOCUMENTAZIONE CORRELATE

Relazione geologica,

Relazione idogeologica

Relazione geotecnica,