



Bauherr		Committente					
Grandi Funivie Alta Badia AG Col Alt Strasse 40 I-39033 Corvara (BZ)		Grandi Funivie Alta Badia Spa Via Col Alt, 40 I-39033 Corvara (BZ)					
Bauvorhaben		Progetto					
Errichtung des Speicherbeckens "CODES" Gemeinde Abtei		Costruzione del bacino di raccolta "CODES" Comune di Badia					
Inhalt		Contenuto					
Ausführungsprojekt  Seismischer Bericht		Progetto esecutivo  Relazione sismica					
Dr.Ing. Johann Röck							
<p>Dr. Ing. Johann Röck Dr. Ing. Hansjörg Weger Dr. Arch. Raimund Hofer Dr. Ing. Ivan Stuflesser</p>  <p style="text-align: right;"><b>plan team</b> </p> <p>Plan Team GmbH/S.r.l. - Giottostraße 19/Via Giotto 19 - I-39100 Bozen/Bolzano Tel. +39 0471 543 200 - Fax +39 0471 543 230 - info@pps-group.it - www.planteam.it</p>							
Projekt Nr. Progetto n°	Projektleiter Incaricato di progetto	Sachbearbeiter Redattore	Prüfer Controllore	File/s	Dokument Documento	Version Versione	
17127PT	M. Berger	M. Berger	J. Röck	17127PT_AP_00_Titel.dwg 17127PT_AP_D_SeisB.docx 17127PT_AP_D_SeisB.pdf	<b>D</b>	<b>-</b>	
Version/e	Datum/Data	Beschreibung/Descrizione					
-	10/2018	elta	Erstversion/Prima versione				
a	-	-					
b	-	-					
c	-	-					



# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1.</b>	<b>ALLGEMEINES</b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>ALLGEMEINE ANGABEN ZUR BERECHNUNG</b> .....	<b>2</b>
2.1.	Normensituation - Sicherheitskonzept .....	2
2.2.	Lastfallübersicht .....	2
2.3.	Lastfallkombinationen .....	2
<b>3.</b>	<b>EINWIRKUNGEN</b> .....	<b>4</b>
3.1.	Verkehrslast .....	4
3.2.	Erdbeben .....	4
3.2.1.	Ermittlung der Erdbebenbeiwerte.....	4
3.2.2.	Erdbebennachweis .....	7
<b>4.</b>	<b>NORMEN, SOFTWARE</b> .....	<b>8</b>
4.1.	Normen und Dekrete.....	8
4.2.	Software .....	8



## 1. ALLGEMEINES

Wie aus der Übersichtskarte Plan 1.1 hervorgeht, befindet sich das geplante Speicherbecken 350 m nordöstlich des des 2.000 m hohen Piz Sorega, im Bereich der bestehenden Piste „Codes“ in der Gemeinde Abtei.

Das Speicherbecken wird auf einer Höhe von 1.955 m ü.d.M. errichtet und soll ein Speichervolumen von 78.160 m<sup>3</sup> haben.

Allgemeine Informationen zum Bauwerk und sämtlichen damit verbundenen Eingriffen können dem Dokument „A - Technischer Bericht“ entnommen werden.

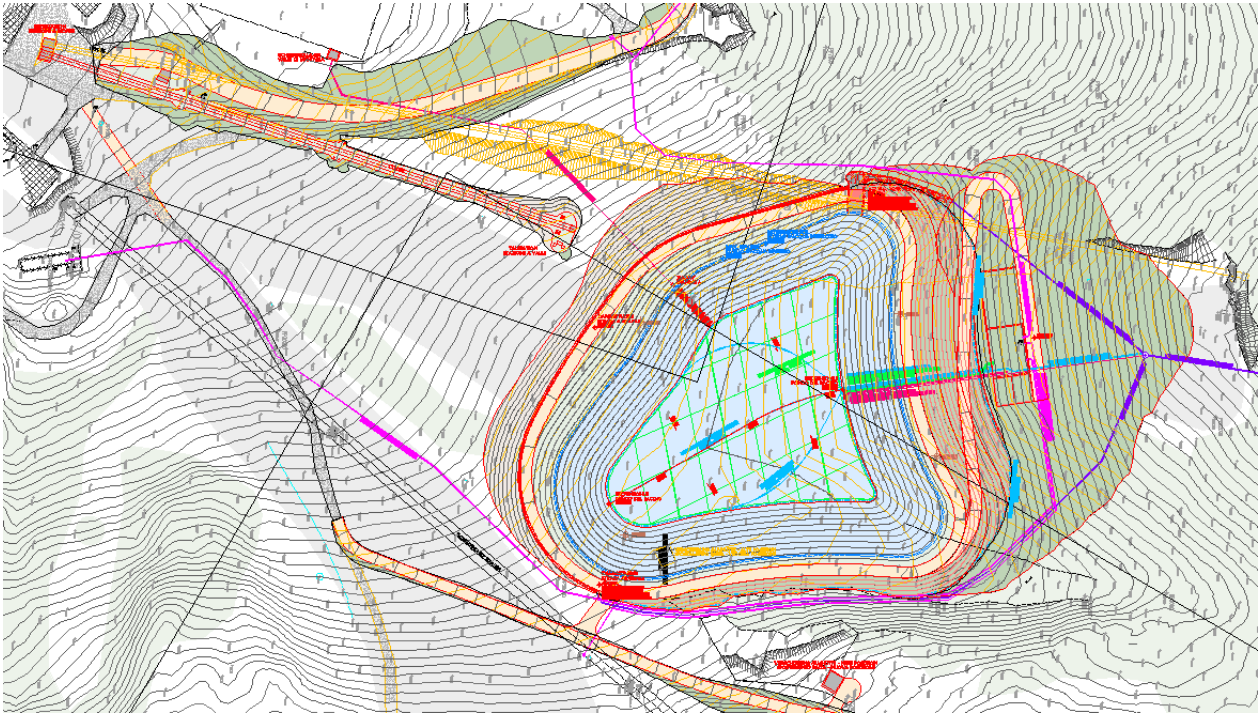


Abb. 1.1: Lageplan Projekt für die Errichtung des Speicherbeckens „Codes“ – Gemeinde Abtei

## 2. ALLGEMEINE ANGABEN ZUR BERECHNUNG

### 2.1. Normensituation - Sicherheitskonzept

Die Standsicherheit des Dammes und die Bemessung des Einschnittes in den Hang werden nach **M.D. vom 17.01.2018 „Norme Tecniche per le Costruzioni“ (NTC 18)**, Kapitel **6.8 OPERE DI MATERIALI SCIOLTI E FRONTI DI SCAVO**, nach **M.D. vom 26.06.2014 „Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta“**, sowie den Abschnitten aus Kapitel 3 und 7 der NTC für die Erdbebenbemessung nachgewiesen.

Die Stabilitätsnachweise werden dabei mit getrennten Sicherheitsbeiwerten auf der Einwirkungs- und auf der Widerstandsseite (Teilsicherheitskonzept) geführt.

### 2.2. Lastfallübersicht

Laut bereits genanntem **M.D. vom 26.06.2014** müssen für die geotechnischen Nachweise folgende Lastfälle untersucht werden:

- **Lastfall 1 - „a termine costruzione e a serbatoio vuoto“**  
Nach Fertigstellung der Arbeiten: Erddamm geschüttet, Becken leer, Verkehrslast auf Dammkrone/-straße, Dammkörper drainiert.
- **Lastfall 2 - „a serbatoio pieno con il livello al massimo invaso“**  
Vollaufstau bis zum maximalen Stauziel, Verkehrslast auf Dammkrone/-straße, Dammkörper wassergesättigt.  
Bei diesem Lastfall wird davon ausgegangen, dass die Abdichtung beschädigt und der Dammkörper somit wasserdurchströmt ist.
- **Lastfall 3 - „a seguito di rapida vuotatura del serbatoio dal livello massimo di regolazione al livello di minimo invaso“**  
Schnelle Absenkung des Wasserspiegels von maximaler Stauhöhe auf komplette Entleerung, Verkehrslast auf Dammkrone.  
Mit diesem Lastfall wird der Porenwasserüberdruck durch die schnelle Wasserabsenkung simuliert. Die Zeitspanne für die Absenkung wird laut hydrologischem Bericht (Textdokument „B“) mit 44,5 h angesetzt. Dies entspricht der minimalen Zeit, in welcher der Damm über den Grundablass entleert werden kann.
- **Lastfall 4 – „in presenza di sisma, con il livello a quota massima di regolazione, nonché a serbatoio vuoto“**  
Becken komplett mit Wasser gefüllt bzw. leer, Verkehrslast auf Dammkrone/-straße, Erdbebenbeschleunigung.  
Bei diesem Lastfall wird angenommen, dass die Abdichtung intakt ist, da das Eintreten eines Erdbebens kurz nach der Beschädigung der Abdichtung unwahrscheinlich ist.

### 2.3. Lastfallkombinationen

Laut **M.D. vom 26.06.2014** sind für die Nachweise der Grenzzustände der Tragfähigkeit SLU für die ersten 3 zu untersuchenden Lastfälle die „*Grundkombination*“ maßgebend:

$$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q1} * Q_{K1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{K2} + \dots$$

Das Ministerialdekret sieht zwar für den Lastfall 2 „massimo invaso“ die „*außergewöhnliche Kombination*“ vor, diese wird aber nicht maßgebend.

Für den Lastfall 4 ist die „Erdbebenkombination“ vorgesehen (für SLU und SLE):

$$E + G_1 + G_2 + \psi_{21} * Q_{K1} + \psi_{22} * Q_{K2} + \dots$$

Für die Nachweise der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit SLE sind folgende Lastkombinationen anzuwenden:

→ *Seltene Kombination* (SLE irreversibel):

$$G_1 + G_2 + Q_{K1} + \psi_{02} * Q_{K2} + \dots$$

→ *Häufige Kombination* (SLE reversibel):

$$G_1 + G_2 + \psi_{11} * Q_{K1} + \psi_{22} * Q_{K2} + \dots$$

→ *Quasi ständige Kombination* (SLE langfristige Auswirkungen):

$$G_1 + G_2 + \psi_{21} * Q_{K1} + \psi_{22} * Q_{K2} + \dots$$

### 3. EINWIRKUNGEN

#### 3.1. Verkehrslast

Als Verkehrslast auf der Dammstraße wird ein 40t Schwerlastwagen simuliert. Als Vergleichslast wird eine Verkehrslast von  $q_{1k} = 20,0 \text{ kN/m}^2$  auf der Dammstraße angenommen. Die Verdichtungswalzen für die Dammschüttung besitzen eine Last von 8÷10 t, und sind deshalb nicht maßgebend.

Bei Lastfall 2 und Lastfall 3 wird bei Volleinstau von einer beschädigten Abdichtung ausgegangen. Damit ist der Dammkörper gesättigt und erhält dadurch einen hydrostatischen Druck. Jener ist über eine Berechnung der Sickerwasserlinie und deren Strömungsrichtungen in der Berechnungssoftware berücksichtigt.

Der Wasserdruck bei intakter Abdichtung (Lastfall 4) wird durch Ersatztrapezlasten in horizontaler und vertikaler Richtung simuliert, die dem rechtwinklig auf die Oberfläche treffenden Druck entsprechen (Vektoraddition).

#### 3.2. Erdbeben

Der Erdbebennachweis beruht auf den Vorgaben des DM vom 26.06.2014 „Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)“ und des M.D. vom 17.01.2018 „Norme tecniche per le costruzioni (NTC)“.

##### 3.2.1. Ermittlung der Erdbebenbeiwerte

Laut Ordinanza del Presidente del Consiglio die Ministri (O.P.C.M.) Nr. 3274 vom 20.03.2003 befindet sich das Speicherbecken in der Erdbebengefahrenezone 4 des Staatsgebietes.

Die Kategorisierung des Untergrundes und der Erdbeschleunigung ist in den *NTC 2018, Kapitel 3.2* angegeben.

Einstufung des Untergrundes und topografische Bedingungen aufgrund der *Standard Penetration Tests*  $N_{SPT}$  in den 4 Bohrlöchern und der Berechnung von  $V_{s,30}$  und  $N_{SPT,30}$  laut *NTC 2018, Kapitel 3.2.2*:

$V_{s,30}$  im Mittel =  $360 \text{ m/s} \leq 386 \text{ m/s} \leq 800 \text{ m/s}$ , bzw.  $N_{SPT,30}$  im Mittel =  $71 > 50$ : → **Kategorie B** „rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti“ (*NTC 2018, Kapitel 3.2.2; Tabelle 3.2.II*).

Laut nationaler Norm fällt das Projektgebiet in die **topografische Kategorie T2**: „Pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$ “ (*NTC 2018, Kapitel 3.2.2; Tabelle 3.2.III*).

Die Bezugsperiode für die Erdbebenbeanspruchung  $V_R$  wird laut den folgenden Formeln aus dem Kapitel 2.4.3 des M.D. vom 17.01.2018 für die untersuchte Struktur ermittelt:

$$V_R = V_N \times C_U$$

wobei:

$V_N \geq 50$  Jahre      Nutzungsdauer – „costruzioni con livelli di prestazioni ordinari“

$C_U = 1,5$       Nutzungsklasse III laut Tab. 2.4.2 - „dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso“

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1,5 = 75$$



Man erhält so die Wiederkehrzeiten  $T_R$  mit den jeweils dazugehörigen Grenzzuständen und die entsprechenden Parameter  $a_g$ ,  $F_0$  und  $T_C^*$  (Programm "Spettri-NTCver.1.0.3.xlsx"):

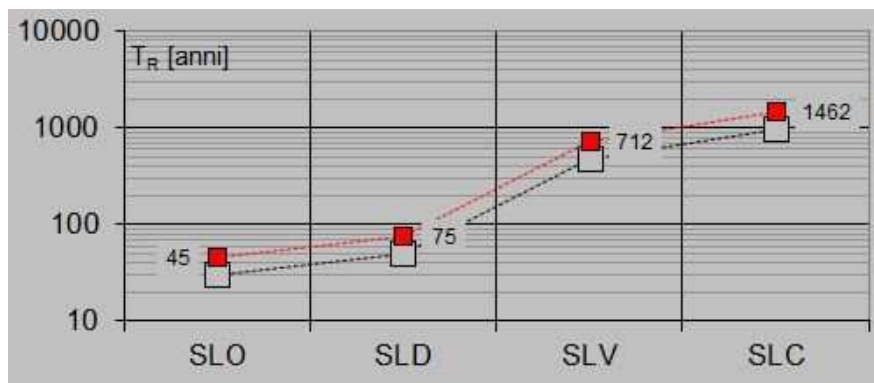


Abb. 3.1: Wiederkehrzeiten der Erdbebenwirkung  $T_R$  (Jahre)

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

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	0	0,000	#DIV/0!	#DIV/0!
SLD	75	0,034	2,535	0,241
SLV	712	0,074	2,610	0,401
SLC	1462	0,092	2,663	0,436

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Abb. 3.2: Parameter bezogen auf Wiederkehrzeit  $T_R$  und Grenzzustand – stato limite „SL“

Im Kapitel 7.11.1 der NTC 2018 sind die zu untersuchenden Grenzzustände für geotechnische Bauwerke definiert:

- SLV... stato limite di salvaguardia della vita      Grenzzustand der Tragfähigkeit SLU
- SLD... stato limite di danno                              Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit SLE

Laut Kapitel 7.11.4. der NTC 2018 „fronti di scavo e rilevati“ wird die Erdbebenkomponente nach der pseudostatischen Methode durch eine äquivalente statische Kraft dargestellt. Diese ist räumlich und zeitlich konstant und proportional zum Volumen des potenziell instabilen Untergrundes.

Die horizontale und vertikale Komponente dieser Kraft werden wie folgt berechnet:

$$F_h = k_h * W$$

$$F_v = k_v * W$$

Die seismischen Koeffizienten  $k_h$  und  $k_v$  werden dabei laut § 7.11.3.5.2 der NTC mit folgenden Abminderungsfaktoren für die am Standort maximal zu erwartende Beschleunigung multipliziert:

$$\beta_s = 0,38 \text{ für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (SLU, SLV)}$$

$$\beta_s = 0,47 \text{ für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLE, SLD)}$$

1) Grenzzustand der Tragfähigkeit SLU: *stato limite di salvaguardia della vita SLV*

$$a_g/g = 0,074 \text{ m/s}^2 \rightarrow \beta_s = 0,38$$

$$k_h = \beta_s \cdot a_{\max} / g$$

$$k_v = +/- 0,5 k_h$$

$$a_{\max}/g = S \cdot (a_g/g) = S_s \cdot S_T \cdot (a_g/g)$$

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

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

Abb. 3.3: (Norme Tecniche per le Costruzioni, 2018) Tabelle 3.2.IV

Einstufung des Untergrunds B / categoria di sottosuolo B  $\rightarrow S_s = 1,20$

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

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

Abb. 3.4: (Norme Tecniche per le Costruzioni, 2018) Tabelle 3.2.V

topografische Kategorie T2 / categoria topografica T2  $\rightarrow S_T = 1,2$

$$a_{\max}/g = S_s \cdot S_T \cdot (a_g/g) = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 0,074 = 0,1066 \text{ m/s}$$

$$k_h = \beta_s \cdot a_{\max}/g = 0,38 \cdot 0,1066 = \mathbf{0,0405}$$

horizontaler Beiwert / coefficiente orizzontale

$$k_v = +/- 0,5 k_h = +/- \mathbf{0,0203}$$

vertikaler Beiwert / coefficiente verticale

Die Bemessung erfolgt mit charakteristischen Einwirkungen, den Bemessungswerten der Bodenparameter, und einer Widerstandsabminderung  $R_2$ :  $\gamma_R = 1,2$  (siehe NTC 2018 Kapitel 7.11.4.). Die Kombination für den Standsicherheitsnachweis bei Erdbebenbeanspruchung entspricht somit:

$$\mathbf{A2 + M2 + R2}$$

Dieses Nachweisverfahren gilt für den Lastfall 4 – SLU.

2) Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit SLE: *stato limite di danno SLD*

$$a_g/g = 0,034 \text{ m/s}^2 \rightarrow \beta_s = 0,47$$

$$k_h = \beta_s \cdot a_{\max} / g$$

$$k_v = +/- 0,5 k_h$$

$$a_{\max}/g = S \cdot (a_g/g) = S_s \cdot S_T \cdot (a_g/g) = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 0,034 = 0,049 \text{ m/s}$$

$$k_h = \beta_s * a_{max}/g = 0,47 * 0,049 = \mathbf{0,023}$$

horizontaler Beiwert / coefficiente orizzontale

$$k_v = +/- 0,5 k_h = +/- \mathbf{0,0115}$$

vertikaler Beiwert / coefficiente verticale

Die Bemessung erfolgt mit charakteristischen Einwirkungen, den Bemessungswerten der Bodenparameter, jedoch ohne Widerstandsabminderung R1:  $\gamma_R = 1,0$ . Die Kombination für den Gebrauchtauglichkeitsnachweis bei Erdbebenbeanspruchung entspricht somit:

### **A2 + M2 + R1**

Dieses Nachweisverfahren gilt für den Lastfall 4 – SLE.

#### **3.2.2. Erdbebennachweis**

Die Erdbebennachweisführung erfolgt nach den bereits genannten *NTC 2018*. Bei Eingabe der Erdbebenbeiwerte für die Lastfälle 4–SLU und 4-SLE werden diese von der Software automatisch berücksichtigt. Die vertikalen Lastanteile (Eigengewicht (unter Wasser), Lasten) werden mit dem Faktor (1+ vertikaler Beiwert), die horizontalen Lastanteile (Lasten, Wasserdruck) mit dem Faktor (1+ horizontaler Beiwert) multipliziert. Das Bodeneigengewicht in z - Richtung bewirkt noch einen horizontalen Anteil (Gewicht Z x horizontaler Beiwert).

Grenzzustand der Tragfähigkeit Lastfall 4 SLU (SLV):

Die verwendeten Beiwerte  $k_h = \mathbf{0,0405}$  und  $k_v = \mathbf{0,0203}$  sind in den Berechnungsausdrücken angeführt.

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit Lastfall 4 SLE (SLD):

Die verwendeten Beiwerte  $k_h = \mathbf{0,023}$  und  $k_v = \mathbf{0,0115}$  sind in den Berechnungsausdrücken angeführt.

## 4. NORMEN, SOFTWARE

### 4.1. Normen und Dekrete

- M.D. 26.06.2014: *Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)*.
- Norme Tecniche per le Costruzioni. (2018). *D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018* .
- EN 1997-1 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik

### 4.2. Software

- FIDES-Geo Stability – Version 2018.291

Programm zur Modellierung von Boden-Bauwerksystemen zur Stabilitätsberechnung mit der Kinematischen Element Methode (KEM) und Standsicherheitsnachweise nach Krey-Bishop

Kontakt: [www.fides-dvp.de](http://www.fides-dvp.de)

- FIDES-Flow – Version 2017.040

Programm für Berechnungen an durchströmten Bauwerken – stationäre Zustände und instationäre Zeitschritt Berechnungen nach dem Gesetz von Darcy

Kontakt: [www.fides-dvp.de](http://www.fides-dvp.de)