



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**  
Ausführungsplanung

Potenziamento asse ferroviario Monaco-Verona  
**GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO**  
Progettazione esecutiva

<b>D0700: Baulos Mauts 2-3</b>		<b>D0700: Lotto Mules 2-3</b>	
<b>Projekteinheit</b> Tunnelabwasserbehandlungsanlage		<b>WBS</b> Impianti di trattamento acque	
<b>Dokumentenart</b> Statische Berechnung		<b>Tipo Documento</b> Calcolo statico	
<b>Titel</b> Statische Berechnung TABA		<b>Titolo</b> Relazione di calcolo opere strutturali	
 <b>Raggruppamento Temporaneo di Imprese 4P</b> <small>cto Pro.Rer.S.11., Via G.B. Sammartini 5, 20125 Milano, Tel.: +39 026787911, Fax: +39 0267152612</small>		<i>Generalplaner / Responsabile integrazioni prestazioni specialistiche</i> Ing. Enrico Maria Pizzarotti Ord. Ingg. Milano N° A 29470	
<i>Mandataria</i>	<i>Mandante</i>	<i>Mandante</i>	<i>Mandante</i>
 <b>PRO ITER</b> <small>Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.</small>			 <b>PASQUALI-RAUSA</b> <small>ENGINEERING s.r.l./G.m.b.H.</small>
<i>Fachplaner / il progettista specialista</i>	<i>Fachplaner / il progettista specialista</i> Ing. Rodrigo Correa	<i>Fachplaner / il progettista specialista</i>	<i>Fachplaner / il progettista specialista</i>
	<b>Datum / Data</b>	<b>Name / Nome</b>	<b>Gesellschaft / Società</b>
<b>Bearbeitet / Elaborato</b>	30.01.2015	Rupp	Pöyry
<b>Geprüft / Verificato</b>	30.01.2015	Bourgeois	Pöyry
 <b>Galleria di Base del Brennero Brenner Basistunnel BBT SE</b>		<b>Name / Nome</b> R. Zurlo	<b>Name / Nome</b> K. Bergmeister
<b>Projekt-kilometer / Chilometro progetto</b>	von / da 32.0+88 bis / a 54.0+15 bei / al	<b>Bau-kilometer / Chilometro opera</b>	von / da bis / a bei / al
		<b>Status Dokument / Stato documento</b>	<b>Massstab / Scala</b> -
<b>Staat</b> Stato	<b>Los</b> Lotto	<b>Einheit</b> Unità	<b>Nummer</b> Numero
02	H61	IA	500
		<b>Dokumentenart</b> Tipo Documento	<b>Vertrag</b> Contratto
		UTB	D0700
		<b>Nummer</b> Codice	<b>Revision</b> Revisione
		34006	21

## Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
21	Abgabe für die Ausschreibung / Emissione per Appalto	Correa	30.01.2015
20	Überarbeitung infolge Dienstanweisung Nr. 1 vom 17.10.2014 / Revisione a seguito ODS n°1 del 17.10.14	Correa	04.12.2014
11	Projektvervollständigung und Umsetzung der Verbesserungen aus dem Prüfverfahren / Completamento progetto e recepimento istruttoria	Bourgeois	09.10.2014
10	Endabgabe / Consegna Definitiva	Bourgeois	31.07.2014
00	Erstversion / Prima Versione	Bourgeois	22.05.2014

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>6</b>
1.1	AUFGABENSTELLUNG	
1.1	COMPITO .....	6
<b>2</b>	<b>NORMEN UND RICHTLINIEN</b>	
<b>2</b>	<b>NORME E DIRETTIVE</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>GEOMETRIE</b>	
<b>3</b>	<b>GEOMETRIA</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>BAUSTOFFE</b>	
<b>4</b>	<b>MATERIALI DI COSTRUZIONE</b> .....	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>GEOLOGIE UND GEOTECHNIK</b>	
<b>5</b>	<b>GEOLOGIA E GEOTECNICA</b> .....	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>BERECHNUNGEN</b>	
<b>6</b>	<b>CALCOLAZIONE</b> .....	<b>7</b>
<b>7</b>	<b>LASTANNAHMEN</b>	
<b>7</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI</b> .....	<b>7</b>
7.1	EIGENGEWICHT	
7.1	PESO PROPRIO.....	7
7.2	ERDDRUCK	
7.3	PRESSIONE LATERALE DEL SUOLO	
7.4	GERÄTELASTEN	
7.2	CARICHI ATTREZZAGGIO.....	7
7.5	VERKEHRSLASTEN	
7.3	CARICHI MOBILI.....	7
7.6	SCHNEE	
7.4	CARICO NEVE.....	7
7.7	WIND	
7.5	VENTO .....	8
7.8	TEMPERATUR	
7.6	TEMPERATURA .....	8
7.9	SCHWINDEN	
7.7	RITIRO DEL CALCESTRUZZO.....	8
7.10	AUSSERGEWÖHNLICHE LASTEN	
7.8	CARICHI STRAORDINARI .....	8
<b>8</b>	<b>NACHWEISE</b>	
<b>8</b>	<b>VERIFICHE</b> .....	<b>8</b>
8.1	SICHERHEITSKONZEPT: EINWIRKUNGSKOMBINATIONEN UND NACHWEISE	
8.1	COMBINAZIONI DI CARICHI E CRITERI DI VERIFICA.....	8
<b>9</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	
<b>9</b>	<b>RISULTATI</b> .....	<b>9</b>
9.1	PRIMÄRBEHANDLUNG	
9.1	TRATTAMENTO PRIMARIO.....	9
9.1.1	Betonkonstruktion	
9.1.1	Costruzioni in calcestruzzo .....	9
9.1.1.1	Aussenwände mit Erddruck	
9.1.1.1	Pareti esterne con pressione laterale del suolo.....	9

9.1.1.2	Innenwände mit Wasserdruck	
9.1.1.2	Pareti interne con la pressione dell'acqua.....	9
9.1.2	Stahlkonstruktion	
9.1.2	Carpenteria metallica .....	10
9.1.2.1	Dach-Sandwichplatten	
9.1.2.1	Tetto sandwich pannelli .....	10
9.1.2.2	Pfetten HEA 200	
9.1.2.2	Arcareccio HEA 200 .....	10
9.1.2.3	Hauptträger HEA 220	
9.1.2.3	Travi portanti HEA 220 .....	10
9.1.2.4	Stabilisierungen	
9.1.2.4	Stabilizzazioni .....	10
9.2	SEKUNDÄR- UND SCHLAMMBEHANDLUNG	
9.2	TRATTAMENTO SECONDARIO E FANGHI.....	10
9.2.1	Betonkonstruktion	
9.2.1	Costruzioni in calcestruzzo .....	10
9.2.1.1	Bodenplatte	
9.2.1.1	Piani di fondazione .....	10
9.2.1.2	Innenwände	
9.2.1.2	Pareti interne.....	10
9.2.2	Stahlkonstruktion	
9.2.2	Carpenteria metallica .....	11
9.2.2.1	Dach-Sandwichplatten	
9.2.2.1	Tetto sandwich pannelli .....	11
9.2.2.2	Pfetten HEA 100	
9.2.2.2	Arcareccio HEA 100 .....	11
9.2.2.3	Querträger Dach HEA 160	
9.2.2.3	Traverse HEA 160.....	11
9.2.2.4	Längsträger Gitterrost HEA 100	
9.2.2.4	Travi grigliati HEA 100.....	11
9.2.2.5	Abfangträger Fassade IPE 300	
9.2.2.5	Travi di supporto facciata IPE 300.....	11
9.2.2.6	Querträger Gitterrost HEA 140	
9.2.2.6	Traverse grigliati HEA 140 .....	11
9.2.2.7	Stützen HEA 160	
9.2.2.7	Puntelli HEA 160 .....	11
9.2.2.8	Stabilisierungen	
9.2.2.8	Stabilizzazioni .....	12
9.3	RÜCKKÜHLUNG	
9.3	RAFFREDDAMENTO .....	12
9.3.1	Betonkonstruktion	
9.3.1	Costruzioni in calcestruzzo .....	12
9.3.1.1	Bodenplatte	
9.3.1.1	Piani di fondazione .....	12
9.4	SCHLAMMLAGERPLATZ	
9.4	DEPOSITO FANGHI.....	12
9.4.1	Betonkonstruktion	
9.4.1	Costruzioni in calcestruzzo .....	12
9.4.2	Stahlkonstruktion	
9.4.2	Carpenteria metallica .....	12

9.4.2.1	Dachblech	
9.4.2.1	Lamiera per tettoia .....	12
9.4.2.2	Pfetten HEA 160	
9.4.2.2	Arcareccio HEA 160 .....	12
9.4.2.3	Hauptträger Dach HEA 400	
9.4.2.3	Travi portanti HEA 400 .....	12
9.4.2.4	Stützen HEA 300	
9.4.2.4	Puntelli HEA 300 .....	12
9.4.2.5	Stabilisierungen	
9.4.2.5	Stabilizzazioni .....	12
9.5	CHEMIKALIENDOSIERUNG	
9.5	DOSAGGI CHIMICI .....	13
9.5.1	Betonkonstruktion	
9.5.1	Costruzioni in calcestruzzo .....	13
9.5.1.1	Bodenplatte mit Brüstungen	
9.5.1.1	Piani di fondazione con balaustre .....	13
9.5.2	Stahlkonstruktion	
9.5.2	Carpenteria metallica .....	13
9.5.2.1	Dachblech	
9.5.2.1	Lamiera per tettoia .....	13
9.5.2.2	Längsträger HEA 140	
9.5.2.2	Travi HEA 140 .....	13
9.5.2.3	Querträger HEA 180	
9.5.2.3	Traverse HEA 180 .....	13
9.5.2.4	Stützen HEA 180	
9.5.2.4	Puntelli HEA 180 .....	13
9.5.2.5	Stabilisierungen	
9.5.2.5	Stabilizzazioni .....	13
<b>10</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	
<b>10</b>	<b>SOMMARIO</b> .....	<b>13</b>
<b>11</b>	<b>VERZEICHNISSE</b>	
<b>11</b>	<b>ELENCHI</b> .....	<b>14</b>
11.1	REFERENKDOKUMENTE	
11.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	14
11.1.1	Eingangsdokumente	
11.1.1	Documenti in ingresso .....	14
11.1.1.1	Ausführungsprojekt Erkundungsstollen Aicha - Mauls	
11.1.1.1	Progetto costruttivo Cunicolo esplorativo Aica - Mules .....	14
11.1.2	Normen und Richtlinien	
11.1.2	Normative e Linee Guida .....	14
11.1.3	Ausgangsdokumente	
11.1.3	Documenti in uscita .....	14
11.1.3.1	Abwasserbehandlungsanlage	
11.1.3.1	Impianti trattamento acque .....	14
<b>12</b>	<b>ANHANG</b>	
<b>12</b>	<b>ALLEGATO</b> .....	<b>15</b>
12.1	VERKEHRSLASTEN	
12.1	CARICHI MOBILI .....	15

12.2 SCHNEE	
12.2 CARICO NEVE.....	15
12.3 WIND	
12.3 VENTO .....	16

## 1 EINLEITUNG

Der Brenner Basistunnel ist mit einer Länge von knapp über 55 km das Kernelement des Eisenbahnkorridors München-Verona.

Das Baulos Muls 2-3 ist auf italienischer Seite der Hauptteil der BBT Streckenführung; insbesondere erstreckt es sich von der Staatsgrenze im Norden (km 32.0+88 Oströhre) und bis zum angrenzenden Baulos "Eisack Unterführung" im Süden (km 54.1+00 Oströhre).

Der vorliegende Bericht behandelt insbesondere die Reinigung der anfallenden Abwässer der Bauarbeiten am Brenner Basistunnel am Südportal Aicha.

### 1.1 AUFGABENSTELLUNG

Diese statische Bemessung stellt einen Bericht dar und behandelt die statische Bemessung der Tunnelabwasserbehandlungsanlage (TABA).

Der vorliegende Bericht behandelt die statische Bemessung der Tunnelabwasser bestehend aus folgenden Teilen:

- Primärbehandlung
- Sekundär- und Schlammbehandlung
- Rückkühlung
- Schlammagerplatz
- Chemikaliendosierung

## 2 NORMEN UND RICHTLINIEN

[2] [NTC 2008] Ministerialverordnung D.M. 14.01.2008, Technische Bestimmungen für das Bauwesen (NTC 2008)

## 3 GEOMETRIE

Die Abmessungen sind in den Schalungs- und Stahlkonstruktionsplänen ersichtlich. Die Planliste ist im Kapitel 11.1.3 Ausgangsdokumente zu finden.

## 4 BAUSTOFFE

Folgende Baustoffe werden verwendet:

- Beton C25/30 XC3 XD2 XF3 XA3
- Betonstahl B500B
- Baustahl S235JR

## 1 INTRODUZIONE

La Galleria di base del Brennero (BBT) si sviluppa per una lunghezza poco superiore ai 55 Km e costituisce la parte centrale del corridoio ferroviario Monaco di Baviera-Verona.

Il lotto costruttivo Muls 2 - 3 costituisce la principale parte del tracciato BBT sul versante italiano; in particolare è compreso tra il confine di Stato, a nord (km 32.0+88 canna est) e il lotto adiacente "Sottoattraversamento dell'Isarco", a sud (km 54.1+00 canna est).

La presente relazione tratterà in particolare il trattamento delle acque di scarico che si accumulano durante i lavori di costruzione della Galleria di Base del Brennero presso il portale sud di Aicha.

### 1.1 COMPITO

La seguente relazione di calcolo si occupa del dimensionamento statico dell'impianto di trattamento delle acque (ITAG).

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento statico dell'impianto di trattamento, composto da:

- Trattamento primario
- Trattamento secondario e fanghi
- Raffreddamento
- Deposito Fanghi
- Dosaggi chimici

## 2 NORME E DIRETTIVE

[2] [NTC 2008] Decreto ministeriale D.M. 14.01.2008, Nuove norme tecniche sulle costruzioni (NTC 2008)

## 3 GEOMETRIA

Le dimensioni sono rappresentate nella piani di costruzione carpenteria e carpenteria metallica. La lista dei piani è reperibile nel capitolo 11.1.3 Documenti in uscita.

## 4 MATERIALI DI COSTRUZIONE

Vengono impiegati i seguenti materiali:

- Calcestruzzo C25/30 XC3 XD2 XF3 XA3
- Acciaio per c.a B500B
- Acciaio per carpenteria metallica S235JR

## 5 GEOLOGIE UND GEOTECHNIK

Der Baugrund besteht aus einer tragfähigen Kiesaufschüttung.

Aus dem Bericht [1] *B0021-I4800-IM-IA-AT001-05PRCL-0D - Ausführungsprojekt: Erkundungstollen Aicha-Mauls - Technischer Bericht und statische Berechnung*) wird ein Bettungsmodul von  $20 \text{ MN/m}^3$  entnommen.

Für die neuen Bodenplatten der einzelnen Bauteile wurde deshalb mit einem Bettungsmodul von  $20 \text{ MN/m}^3$  gerechnet.

## 6 BERECHNUNGEN

Die Berechnung der Bodenplatten erfolgte an einem elastisch gebetteten Modell.

Die Wände der Primärbehandlung wurden als in der Bodenplatte eingespannte Stäbe berechnet.

Die Berechnung der Stahltragwerke erfolgte an ebenen Schnitten.

Die Berechnungen erfolgten entweder mit den Programmen STATIK-6 und CEDRUS-6 der Firma Cubus und von Hand.

## 7 LASTANNAHMEN

### 7.1 EIGENGEWICHT

Das Eigengewicht des Stahlbetons wird mit  $g = 25 \text{ kN/m}^3$  und das des Baustahls mit  $78,5 \text{ kN/m}^3$  berücksichtigt.

### 7.2 ERDDRUCK

Für die Beckenwand bei der Primärbehandlung wurde aktiver Erddruck berücksichtigt. Die Nutzlast auf der Geländeoberfläche wurde mit  $10 \text{ kN/m}^2$  angenommen.

### 7.4 GERÄTELASTEN

Die Gerätelasten (Pumpen und Filterpresse) werden mit einer Belastung von  $20 \text{ kN/m}^2$  angenommen.

### 7.5 VERKEHRSLASTEN

Im vorderen Teil der Bodenplatte vor der Schlammbehandlung ist die Bodenplatte befahrbar.

Für die Berechnung wird das Lastmodell 1 herangezogen.

### 7.6 SCHNEE

Entsprechend NTC 2008 wird eine Schneelast auf den Dächern von  $2,03 \text{ kN/m}^2$  berücksichtigt.

Die detaillierte Ermittlung ist im Berechnungsanhang

## 5 GEOLOGIA E GEOTECNICA

Il sottosuolo è costituito da ghiaia compatta.

Dalla relazione [1] *B0021-I4800-IM-IA-AT001-05PRCL-0D (Progetto costruttivo: Cunicolo esplorativo Aica-Mules - Relazione tecnica di calcolo statico)* è stato dedotto un valore di  $20 \text{ MN/m}^3$  per quanto riguarda il modulo di reazione.

Per i nuovi piani di fondazione delle singole componenti è stato dunque utilizzato un modulo di reazione del terreno di  $20 \text{ MN/m}^3$ .

## 6 CALCOLAZIONE

Il calcolo del piano di fondazione è stato eseguito come per una piastra su suolo elastico.

Le pareti del trattamento primario sono state assunte come aste fissate nei piani di fondazione.

Il calcolo delle strutture portanti in acciaio è stato condotto su una sezione piana.

I calcoli sono stati eseguiti sia con i programmi STATIK-6 e CEDRUS-6 della ditta Cubus che a mano.

## 7 ANALISI DEI CARICHI

### 7.1 PESO PROPRIO

Per il cemento armato, viene considerato un peso proprio di  $g = 25 \text{ kN/m}^3$ , per l'acciaio per costruzioni, il peso proprio di  $78,5 \text{ kN/m}^3$ .

### 7.3 PRESSIONE LATERALE DEL SUOLO

Per la parete del contenitore del trattamento primario è stata considerata la pressione laterale del suolo. È stato ipotizzato un carico della superficie del terreno di  $10 \text{ kN/m}^2$ .

### 7.2 CARICHI ATTREZZAGGIO

Per il carichi di attrezzaggio (pompa e filtropressa) viene assunto un carico di  $20 \text{ kN/m}^2$ .

### 7.3 CARICHI MOBILI

La parte antistante all'impianto per il trattamento fanghi del piano di fondazione è carrabile.

Per il calcolo, viene impiegato il modello di carico 1.

### 7.4 CARICO NEVE

Come dalle NTC 2008, si considera un carico neve sulle coperture di  $2,03 \text{ kN/m}^2$ .

Il calcolo dettagliato è contenuto nell'allegato di calcolo.



enthalten.

### 7.7 WIND

Wind wird entsprechend NTC 2008 berücksichtigt, 0,91 kN/m<sup>2</sup>. Die detaillierte Ermittlung ist im Berechnungsanhang enthalten.

### 7.8 TEMPERATUR

Der Lastfall Temperatur wird in der Vorbemessung konstruktiv berücksichtigt.

### 7.9 SCHWINDEN

Der Lastfall Schwinden wird nicht gesondert untersucht. Er wird konstruktiv berücksichtigt.

### 7.10 AUSSERGEWÖHNLICHE LASTEN

Beim Schlammagerplatz wurde für die Stahlstützen der Halle Anpralllasten von je 180 kN berücksichtigt.

## 8 NACHWEISE

### 8.1 SICHERHEITSKONZEPT: EINWIRKUNGSKOMBINATIONEN UND NACHWEISE

Bei der Bemessung der Stahlbetonquerschnitte wird das Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte nach NTC 2008, Kap. 2 angewandt.

Die Bemessung der Standsicherheit des Querschnitts erfolgt im Grenzzustand der Tragfähigkeit.

Es werden die Bemessungskombinationen nach NTC 2008, 2.5.3 berücksichtigt:

Grundkombination nach NTC 2008, Kapitel 2.5.3, Formel 2.5.1

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Ausserordentliche Kombination, nach NTC 2008, Kapitel. 2.5.3, Formel 2.5.6.

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

### 7.5 VENTO

Per quanto riguarda il vento viene considerato in riferimento alle NTC 2008, un valore di 0,91 kN/m<sup>2</sup>. Il calcolo dettagliato è contenuto nell'allegato di calcolo.

### 7.6 TEMPERATURA

Nel dimensionamento, l'azione della temperatura viene considerata sul piano costruttivo.

### 7.7 RITIRO DEL CALCESTRUZZO

L'azione dovuta al ritiro del calcestruzzo non viene analizzata separatamente, bensì considerata dal punto di vista costruttivo.

### 7.8 CARICHI STRAORDINARI

Per le colonne d'acciaio del deposito fanghi sono stati considerati dei carichi d'urto di 180 kN.

## 8 VERIFICHE

### 8.1 COMBINAZIONI DI CARICHI E CRITERI DI VERIFICA

Nel dimensionamento delle sezioni in cemento armato, viene applicato il concetto dei coefficienti parziali di sicurezza, secondo le NTC 2008, vedasi cap. 2.

Il dimensionamento della sicurezza della sezione trasversale avviene nei confronti dello stato limite ultimo.

Si considerano le combinazioni di carico secondo le NTC 2008, par.. 2.5.3:

Combinazione fondamentale, secondo NTC 2008, par. 2.5.3, tab. 2.5.1.

Combinazione eccezionale, secondo NTC 2008, par. 2.5.3, Formel. 2.5.6.

Dabei gelten die folgenden Teilsicherheitsbeiwerte:

Valgono i seguenti coefficienti parziali di sicurezza:

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

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

Il significato dei simboli è il seguente:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua, quando pertinenti;
- $\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- $\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili.

Für Materialien/ Widerstände werden die folgenden Teilsicherheitsbeiwerte berücksichtigt:

Für Beton  $g = 1,50$

Für Betonstahl  $g = 1,15$

## 9 ERGEBNISSE

### 9.1 PRIMÄRBEHANDLUNG

#### 9.1.1 Betonkonstruktion

##### 9.1.1.1 Aussenwände mit Erddruck

Bemessungsmoment Einspannung: 67 kNm/m

Maximale Bemessungsquerkraft: 60 kN/m

Gewählte Bewehrung Einspannung: Ø 14/15 cm

Keine Schubbewehrung notwendig

##### 9.1.1.2 Innenwände mit Wasserdruck

Bemessungsmoment Einspannung: 75 kNm/m

Maximale Bemessungsquerkraft: 67 kN/m

Gewählte Bewehrung Einspannung: Ø 14/15 cm

Keine Schubbewehrung notwendig

Per materiali / resistenze, vengono considerati i seguenti coefficienti parziali di sicurezza:

Per il calcestruzzo  $g = 1,50$

Per l'acciaio d'armatura  $g = 1,15$

## 9 RISULTATI

### 9.1 TRATTAMENTO PRIMARIO

#### 9.1.1 Costruzioni in calcestruzzo

##### 9.1.1.1 Pareti esterne con pressione laterale del suolo

Momento di calcolo incastro: 67 kNm/m

Forza trasversale di calcolo massima: 60 kN/m

Armatura scelta incastro: Ø14/15 cm

Armatura a taglio non necessaria

##### 9.1.1.2 Pareti interne con la pressione dell'acqua

Momento di calcolo incastro: 75 kNm/m

Forza trasversale di calcolo massima: 67 kN/m

Armatura scelta incastro: Ø14/15 cm

Armatura a taglio non necessaria

## 9.1.2 Stahlkonstruktion

### 9.1.2.1 Dach-Sandwichplatten

Spannweite  $l = 1,90 \text{ m}$

Vorhandene Schneelast =  $2,03 \text{ kN/m}^2$

Wahl: Montanatherm MTD 105

Zulässige Schneelast =  $3,25 \text{ kN/m}^2$

### 9.1.2.2 Pfetten HEA 200

Bemessungsmoment:  $52 \text{ kNm/m}$

Bemessungsquerkraft:  $27 \text{ kN/m}$

Ausnutzung:  $0,54 < 1,00$

Durchbiegung:  $24 \text{ mm} < 31 \text{ mm}$

### 9.1.2.3 Hauptträger HEA 220

Bemessungsmoment:  $105 \text{ kNm/m}$

Bemessungsquerkraft:  $42 \text{ kN/m}$

Ausnutzung:  $0,82 < 1,00$

Durchbiegung:  $29 \text{ mm} < 30 \text{ mm}$

### 9.1.2.4 Stabilisierungen

Die Stabilisierungen erfolgen über die Profilverbindungen. Windverbände sind nicht vorgesehen. Die Kräfte sind sehr klein.

## 9.2 SEKUNDÄR- UND SCHLAMMBEHANDLUNG

### 9.2.1 Betonkonstruktion

#### 9.2.1.1 Bodenplatte

Obere Bewehrung:

Maximales Bemessungsmoment  $m_x$ :  $67 \text{ kNm/m}$

Gewählte Bewehrung:  $\emptyset 12/15 \text{ cm}$

Maximales Bemessungsmoment  $m_y$ :  $66 \text{ kNm/m}$

Gewählte Bewehrung:  $\emptyset 12/15 \text{ cm}$

Untere Bewehrung:

Maximales Bemessungsmoment  $m_x$ :  $88 \text{ kNm/m}$

Gewählte Bewehrung:  $\emptyset 14/15 \text{ cm}$

Maximales Bemessungsmoment  $m_y$ :  $126 \text{ kNm/m}$

Gewählte Bewehrung:  $\emptyset 16/15 \text{ cm}$

Keine Schubbewehrung notwendig

#### 9.2.1.2 Innenwände

Beanspruchungen sehr klein

Gewählte Bewehrung:  $\emptyset 12/15 \text{ cm}$

## 9.1.2 Carpenteria metallica

### 9.1.2.1 Tetto sandwich pannelli

Campata  $l = 1,90 \text{ m}$

Carico di neve presente =  $2,03 \text{ kN/m}^2$

Scelta: Montanatherm MTD 105

Carico di neve consentito =  $3,25 \text{ kN/m}^2$

### 9.1.2.2 Arcareccio HEA 200

Momento di calcolo:  $52 \text{ kNm/m}$

Forza trasversale di calcolo:  $27 \text{ kN/m}$

Utilizzazione:  $0,54 < 1,00$

Inflessione:  $24 \text{ mm} < 31 \text{ mm}$

### 9.1.2.3 Travi portanti HEA 220

Momento di calcolo:  $105 \text{ kNm/m}$

Forza trasversale di calcolo:  $42 \text{ kN/m}$

Utilizzazione:  $0,82 < 1,00$

Inflessione:  $29 \text{ mm} < 30 \text{ mm}$

### 9.1.2.4 Stabilizzazioni

Le stabilizzazioni vengono effettuate tramite le connessioni del profilo. Non sono previste strutture contro-vento. Le forze sono molto deboli.

## 9.2 TRATTAMENTO SECONDARIO E FANGHI

### 9.2.1 Costruzioni in calcestruzzo

#### 9.2.1.1 Piani di fondazione

Armatura superiore:

Momento di calcolo  $m_x$ :  $67 \text{ kNm/m}$

Armatura scelta:  $\emptyset 12/15 \text{ cm}$

Momento di calcolo  $m_y$ :  $66 \text{ kNm/m}$

Armatura scelta:  $\emptyset 12/15 \text{ cm}$

Armatura inferiore:

Momento di calcolo  $m_x$ :  $88 \text{ kNm/m}$

Armatura scelta:  $\emptyset 14/15 \text{ cm}$

Momento di calcolo  $m_y$ :  $126 \text{ kNm/m}$

Armatura scelta:  $\emptyset 16/15 \text{ cm}$

Armatura a taglio non necessaria

#### 9.2.1.2 Pareti interne

Sollecitazione molto piccola

Armatura scelta:  $\emptyset 12/15 \text{ cm}$

## 9.2.2 Stahlkonstruktion

### 9.2.2.1 Dach-Sandwichplatten

Spannweite  $l = 2,22$  m

Vorhandene Schneelast =  $2,03$  kN/m<sup>2</sup>

Wahl: Montanatherm MTD 105

Zulässige Schneelast =  $2,47$  kN/m<sup>2</sup> i.O.

### 9.2.2.2 Pfetten HEA 100

Bemessungsmoment:  $12$  kNm/m

Bemessungsquerkraft:  $19$  kN/m

Ausnutzung:  $0,62 < 1,00$

Durchbiegung:  $7$  mm  $< 14$  mm

### 9.2.2.3 Querträger Dach HEA 160

Bemessungsmoment:  $40$  kNm/m

Bemessungsquerkraft:  $18$  kN/m

Ausnutzung:  $0,73 < 1,00$

Durchbiegung:  $10$  mm  $< 15$  mm

### 9.2.2.4 Längsträger Gitterrost HEA 100

Bemessungsmoment:  $9$  kNm/m

Bemessungsquerkraft:  $11$  kN/m

Ausnutzung:  $0,50 < 1,00$

Durchbiegung:  $10$  mm  $< 11$  mm

### 9.2.2.5 Abfangträger Fassade IPE 300

Bemessungsmoment:  $23$  kNm/m

Bemessungsquerkraft:  $13$  kN/m

Ausnutzung:  $0,16 < 1,00$

Durchbiegung:  $2$  mm  $< 17$  mm

### 9.2.2.6 Querträger Gitterrost HEA 140

Bemessungsmoment:  $30$  kNm/m

Bemessungsquerkraft:  $27$  kN/m

Ausnutzung:  $0,77 < 1,00$

Durchbiegung:  $15$  mm  $\leq 15$  mm

### 9.2.2.7 Stützen HEA 160

Bemessungsmoment:  $8$  kNm/m

Bemessungsnormalkraft:  $55$  kN/m

Ausnutzung:  $0,29 < 1,00$

## 9.2.2 Carpenteria metallica

### 9.2.2.1 Tetto sandwich pannelli

Campata  $l = 2,22$  m

Carico di neve presente =  $2,03$  kN/m<sup>2</sup>

Scelta: Montanatherm MTD 105

Carico di neve consentito =  $2,47$  kN/m<sup>2</sup>

### 9.2.2.2 Arcareccio HEA 100

Momento di calcolo:  $12$  kNm/m

Forza trasversale di calcolo:  $19$  kN/m

Utilizzazione:  $0,62 < 1,00$

Inflessione:  $7$  mm  $< 14$  mm

### 9.2.2.3 Traverse HEA 160

Momento di calcolo:  $40$  kNm/m

Forza trasversale di calcolo:  $18$  kN/m

Utilizzazione:  $0,73 < 1,00$

Inflessione:  $10$  mm  $< 15$  mm

### 9.2.2.4 Travi grigliati HEA 100

Momento di calcolo:  $9$  kNm/m

Forza trasversale di calcolo:  $11$  kN/m

Utilizzazione:  $0,50 < 1,00$

Inflessione:  $10$  mm  $< 11$  mm

### 9.2.2.5 Travi di supporto facciata IPE 300

Momento di calcolo:  $23$  kNm/m

Forza trasversale di calcolo:  $13$  kN/m

Utilizzazione:  $0,16 < 1,00$

Inflessione:  $2$  mm  $< 17$  mm

### 9.2.2.6 Traverse grigliati HEA 140

Momento di calcolo:  $30$  kNm/m

Forza trasversale di calcolo:  $27$  kN/m

Utilizzazione:  $0,77 < 1,00$

Inflessione:  $15$  mm  $< 15$  mm

### 9.2.2.7 Puntelli HEA 160

Momento di calcolo:  $8$  kNm/m

Forza trasversale di calcolo:  $55$  kN/m

Utilizzazione:  $0,29 < 1,00$

#### 9.2.2.8 Stabilisierungen

Die Stabilisierungen erfolgen über Windverbände. In den Plänen sind jeweils die Kräfte angegeben: Die Dimensionierung erfolgt durch den Unternehmer.

### 9.3 RÜCKKÜHLUNG

#### 9.3.1 Betonkonstruktion

##### 9.3.1.1 Bodenplatte

Beanspruchungen sehr klein

Gewählte Bewehrung:  $\varnothing$  12/15 cm

(Minimalbewehrung)

### 9.4 SCHLAMMLAGERPLATZ

#### 9.4.1 Betonkonstruktion

Die Bodenplatte und die Brüstungen sind schon vorhanden.

#### 9.4.2 Stahlkonstruktion

##### 9.4.2.1 Dachblech

Spannweite  $l = 2,50$  m

Vorhandene Schneelast =  $2,03$  kN/m<sup>2</sup>

Wahl: Montana Swiss Panel SP59

Zulässige Schneelast =  $2,26$  kN/m<sup>2</sup>

##### 9.4.2.2 Pfetten HEA 160

Bemessungsmoment:  $26$  kNm/m

Bemessungsquerkraft:  $21$  kN/m

Ausnutzung:  $0,47 < 1,00$

Durchbiegung:  $12$  mm  $< 20$  mm

##### 9.4.2.3 Hauptträger Dach HEA 400

Bemessungsmoment:  $501$  kNm/m

Bemessungsquerkraft:  $116$  kN/m

Ausnutzung:  $0,87 < 1,00$

Durchbiegung:  $66$  mm  $\leq 66$  mm

##### 9.4.2.4 Stützen HEA 300

Bemessungsmoment:  $112$  kNm/m (Anprall)

Bemessungsnormalkraft:  $38$  kN/m

Ausnutzung:  $0,80 < 1,00$

##### 9.4.2.5 Stabilisierungen

Die Stabilisierungen erfolgen über Windverbände. In den Plänen sind jeweils die Kräfte angegeben: Die Dimensionierung erfolgt durch den Unternehmer.

#### 9.2.2.8 Stabilizzazioni

Le stabilizzazioni vengono effettuate tramite strutture contro-vento. Nei piani sono sempre date le forze: Il dimensionamento viene effettuato dall'imprenditore.

### 9.3 RAFFREDDAMENTO

#### 9.3.1 Costruzioni in calcestruzzo

##### 9.3.1.1 Piani di fondazione

Sollecitazione molto piccola

Armatura scelta:  $\varnothing$ 12/15 cm

(Armatura minimale)

### 9.4 DEPOSITO FANGHI

#### 9.4.1 Costruzioni in calcestruzzo

I piani di fondazione e le balaustre sono già presenti.

#### 9.4.2 Carpenteria metallica

##### 9.4.2.1 Lamiera per tettoia

Campata  $l = 2,50$  m

Carico di neve presente =  $2,03$  kN/m<sup>2</sup>

Scelta: Montana Swiss Panel SP59

Carico di neve consentito =  $2,26$  kN/m<sup>2</sup>

##### 9.4.2.2 Arcareccio HEA 160

Momento di calcolo:  $26$  kNm/m

Forza trasversale di calcolo:  $21$  kN/m

Utilizzazione:  $0,47 < 1,00$

Inflessione:  $12$  mm  $< 20$  mm

##### 9.4.2.3 Travi portanti HEA 400

Momento di calcolo:  $501$  kNm/m

Forza trasversale di calcolo:  $116$  kN/m

Utilizzazione:  $0,87 < 1,00$

Inflessione:  $66$  mm  $\leq 66$  mm

##### 9.4.2.4 Puntelli HEA 300

Momento di calcolo:  $112$  kNm/m (urto)

Forza trasversale di calcolo:  $38$  kN/m

Utilizzazione:  $0,80 < 1,00$

##### 9.4.2.5 Stabilizzazioni

Le stabilizzazioni vengono effettuate strutture contro-vento. Nei piani sono sempre date le forze: Il dimensionamento viene effettuato dall'imprenditore.

## 9.5 CHEMIKALIENDOSIERUNG

### 9.5.1 Betonkonstruktion

#### 9.5.1.1 Bodenplatte mit Brüstungen

Beanspruchungen sehr klein

Gewählte Bewehrung:  $\varnothing$  12/15 cm

(Minimalbewehrung)

### 9.5.2 Stahlkonstruktion

#### 9.5.2.1 Dachblech

Spannweite  $l = 2,26$  m

Vorhandene Schneelast =  $2,03 \text{ kN/m}^2$

Wahl: Montana Swiss Panel SP45/150  $t = 1,00$  mm

Zulässige Schneelast =  $2,40 \text{ kN/m}^2$

#### 9.5.2.2 Längsträger HEA 140

Bemessungsmoment:  $20 \text{ kNm/m}$

Bemessungsquerkraft:  $15 \text{ kN/m}$

Ausnutzung:  $0,52 < 1,00$

Durchbiegung:  $15 \text{ mm} < 22 \text{ mm}$

#### 9.5.2.3 Querträger HEA 180

Bemessungsmoment:  $19 \text{ kNm/m}$

Bemessungsquerkraft:  $20 \text{ kN/m}$

Ausnutzung:  $0,26 < 1,00$

Durchbiegung:  $13 \text{ mm} < 15 \text{ mm}$

#### 9.5.2.4 Stützen HEA 180

Bemessungsmoment:  $14 \text{ kNm/m}$

Bemessungsnormalkraft:  $30 \text{ kN/m}$

Ausnutzung:  $0,26 < 1,00$

#### 9.5.2.5 Stabilisierungen

Die Stabilisierungen erfolgen über die Profilverbindungen. Windverbände sind nicht vorgesehen. Die Kräfte sind sehr klein.

## 10 ZUSAMMENFASSUNG

Mit den gewählten Bauteilabmessungen und den angegebenen Belastungen konnte die Tragsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit der Bauwerke nachgewiesen werden. Die ermittelten Bewehrungsmengen können in den vorhandenen Bauteilquerschnitt eingebaut werden.

## 9.5 DOSAGGI CHIMICI

### 9.5.1 Costruzioni in calcestruzzo

#### 9.5.1.1 Piani di fondazione con balaustre

Sollecitazione molto piccola

Armatura scelta:  $\varnothing$ 12/15 cm

(Armatura minimale)

### 9.5.2 Carpenteria metallica

#### 9.5.2.1 Lamiera per tettoia

Campata  $l = 2,26$  m

Carico di neve presente =  $2,03 \text{ kN/m}^2$

Scelta: Montana Swiss Panel SP45/150  $t = 1,00$  mm

Carico di neve consentito =  $2,40 \text{ kN/m}^2$

#### 9.5.2.2 Travi HEA 140

Momento di calcolo:  $20 \text{ kNm/m}$

Forza trasversale di calcolo:  $15 \text{ kN/m}$

Utilizzazione:  $0,52 < 1,00$

Inflessione:  $15 \text{ mm} < 22 \text{ mm}$

#### 9.5.2.3 Traverse HEA 180

Momento di calcolo:  $19 \text{ kNm/m}$

Forza trasversale di calcolo:  $20 \text{ kN/m}$

Utilizzazione:  $0,26 < 1,00$

Inflessione:  $13 \text{ mm} < 15 \text{ mm}$

#### 9.5.2.4 Puntelli HEA 180

Momento di calcolo:  $14 \text{ kNm/m}$

Forza trasversale di calcolo:  $30 \text{ kN/m}$

Utilizzazione:  $0,26 < 1,00$

#### 9.5.2.5 Stabilizzazioni

Le stabilizzazioni vengono effettuate tramite le connessioni del profilo. Non sono previste strutture contro-vento. Le forze sono molto deboli.

## 10 SOMMARIO

Con le dimensioni degli elementi strutturali scelti e i carichi indicati è stato possibile effettuare la verifica delle opere allo stato limite ultimo e quella allo stato limite di esercizio. Le quantità di armatura calcolate possono essere posate nella sezione dell'elemento strutturale esistente.

## 11 VERZEICHNISSE

### 11.1 REFERENKDOKUMENTE

#### 11.1.1 Eingangsdokumente

11.1.1.1 Ausführungsprojekt Erkundungsstollen Aicha  
- Mauls

- [1] B0021-I4800-IM-IA-AT001-05PRCL-0D -  
Ausführungsprojekt: Erkundungsstollen Aicha-Mauls  
- Technischer Bericht und statische Berechnung)

#### 11.1.2 Normen und Richtlinien

- [2] [NTC 2008] Ministerialverordnung D.M. 14.01.2008,  
Technische Bestimmungen für das Bauwesen (NTC  
2008)

#### 11.1.3 Ausgangsdokumente

11.1.3.1 Abwasserbehandlungsanlage

- [3] 02-H61-IA-500-USC-D0700-34100 & 34101 -  
Schalungsplan - Primärbehandlung - Blatt 1/2 & 2/2
- [4] 02-H61-IA-500-USC-D0700-34102 - Schalungsplan  
- Sekundärbehandlung und Schlamm
- [5] 02-H61-IA-500-USC-D0700-34103 - Schalungsplan  
- Rückkühlung
- [6] 02-H61-IA-500-USC-D0700-34104 - Schalungsplan  
- Chemikaliendosierung
- [7] 02-H61-IA-500-UBW-D0700-34200 & 34201 -  
Bewehrung TABA - Primärbehandlung - Blatt 1/2 &  
2/2
- [8] 02-H61-IA-500-UBW-D0700-34202 & 34203 -  
Bewehrung TABA - Sekundär- und  
Schlammbehandlung - Blatt 1/2 & 2/2
- [9] 02-H61-IA-500-UBW-D0700-34204 - Bewehrung  
TABA - Rückkühlung
- [10] 02-H61-IA-500-UBW-D0700-34205 - Bewehrung  
TABA - Chemikaliendosierung
- [11] 02-H61-IA-500-UCM-D0700-34300 -  
Stahlkonstruktion - Primärbehandlung
- [12] 02-H61-IA-500-UCM-D0700-34301 & 34302 -  
Stahlkonstruktion - Sekundär- und  
Schlammbehandlung - Blatt 1/2 & 2/2
- [13] 02-H61-IA-500-UCM-D0700-34303 -  
Stahlkonstruktion - Schlamm lagerplatz
- [14] 02-H61-IA-500-UCM-D0700-34304 -  
Stahlkonstruktion - Chemikaliendosierung

## 11 ELENCHI

### 11.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

#### 11.1.1 Documenti in ingresso

11.1.1.1 Progetto costruttivo Cunicolo esplorativo  
Aica - Mules

- [1] B0021-I4800-IM-IA-AT001-05PRCL-0D (Progetto  
costruttivo: Cunicolo esplorativo Aica-Mules -  
Relazione tecnica di calcolo statico

#### 11.1.2 Normative e Linee Guida

- [2] [NTC 2008] Decreto ministeriale D.M. 14.01.2008,  
Nuove norme tecniche sulle costruzioni (NTC 2008)

#### 11.1.3 Documenti in uscita

11.1.3.1 Impianti trattamento acque

- [3] 02-H61-IA-500-USC-D0700-34100 & 34101 -  
Carpenteria - Trattamento primario - Tav. 1/2 & 2/2
- [4] 02-H61-IA-500-USC-D0700-34102 - Carpenteria -  
Trattamento secondario e fanghi
- [5] 02-H61-IA-500-USC-D0700-34103 - Carpenteria -  
Raffreddamento
- [6] 02-H61-IA-500-USC-D0700-34104 - Carpenteria -  
Dosaggi chimici
- [7] 02-H61-IA-500-UBW-D0700-34200 & 34201 -  
Armatura - Trattamento primario - Tav. 1/2 & 2/2
- [8] 02-H61-IA-500-UBW-D0700-34202 & 34203 -  
Armatura - Trattamento secondario e fanghi - Tav.  
1/2 & 2/2
- [9] 02-H61-IA-500-UBW-D0700-34204 - Armatura -  
Raffreddamento
- [10] 02-H61-IA-500-UBW-D0700-34205 - Armatura -  
Dosaggi chimici
- [11] 02-H61-IA-500-UCM-D0700-34300 - Carpenteria  
metallica - Trattamento primario
- [12] 02-H61-IA-500-UCM-D0700-34301 & 34302 -  
Carpenteria metallica - Trattamento secondario e  
fanghi - Tav. 1/2 & 2/2
- [13] 02-H61-IA-500-UCM-D0700-34303 - Carpenteria  
metallica - Deposito fanghi
- [14] 02-H61-IA-500-UCM-D0700-34304 - Carpenteria  
metallica - Dosaggi chimici

## 12 ANHANG

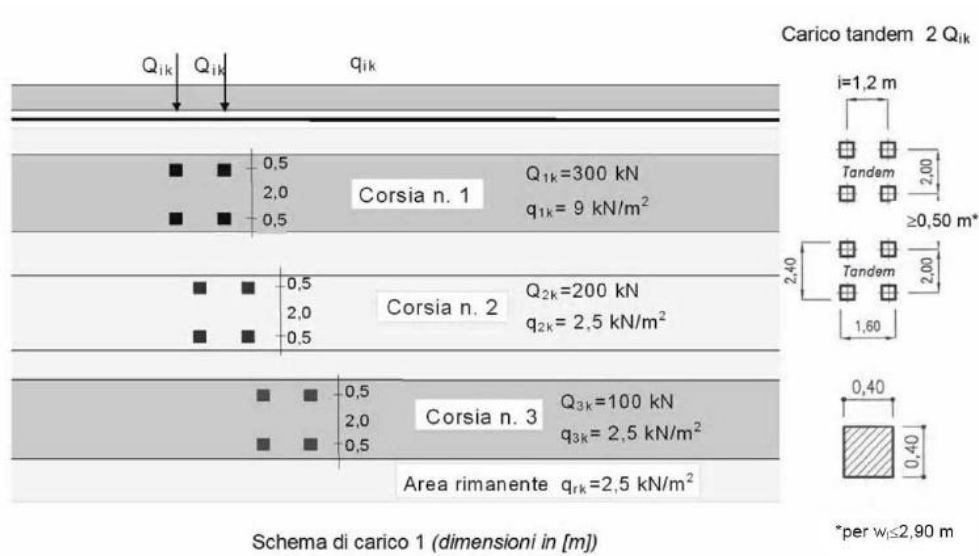
### 12.1 VERKEHRSLASTEN

Lastmodell 1

## 12 ALLEGATO

### 12.1 CARICHI MOBILI

Modello di carico 1.



## 12.2 SCHNEE

## 12.2 CARICO NEVE

### 3.4.1 CARICO NEVE

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t \quad (3.3.7)$$

dove:

$q_s$  è il carico neve sulla copertura;

$\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura, fornito al successivo § 3.4.5;

$q_{sk}$  è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m<sup>2</sup>], fornito al successivo § 3.4.2 per un periodo di ritorno di 50 anni;

$C_E$  è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.4.3;

$C_t$  è il coefficiente termico di cui al § 3.4.4.

Altezza = 660 m

$q_{sk} = 2.53 \text{ kN/m}^2$

$q_s = 2.03 \text{ kN/m}^2$



### 3.3.2 VELOCITÀ DI RIFERIMENTO

La velocità di riferimento  $v_b$  è il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni.

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche  $v_b$  è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m} \quad (3.3.1)$$

dove:

$v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_a$  sono parametri forniti nella Tab. 3.3.I e legati alla regione in cui sorge la costruzione in esame, in funzione delle zone definite in Fig. 3.3.1;

$a_s$  è l'altitudine sul livello del mare (in m) del sito ove sorge la costruzione.

**Tabella 3.3.I - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_a$**

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_a$ [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

### 3.3.6 PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO.

La pressione cinetica di riferimento  $q_b$  (in N/m<sup>2</sup>) è data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

dove

$v_b$  è la velocità di riferimento del vento (in m/s);

$\rho$  è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m<sup>3</sup>.

### 3.3.7 COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE

Il coefficiente di esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di  $z = 200$  m, esso è dato dalla formula:

$$\begin{aligned} c_e(z) &= k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] && \text{per } z \geq z_{\min} \\ c_e(z) &= c_e(z_{\min}) && \text{per } z < z_{\min} \end{aligned} \quad (3.3.5)$$

dove

$k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{\min}$  sono assegnati in Tab. 3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;

$c_t$  è il coefficiente di topografia.

Tabella 3.3.II – Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{\min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Tabella 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

ZONE 1,2,3,4,5					
	2 km	10 km	30 km	500m	750m
	costa				
	mare				
A	--	IV	IV	V	V
B	--	III	III	IV	IV
C	--	*	III	III	IV
D	I	II	II	II	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5					
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1					

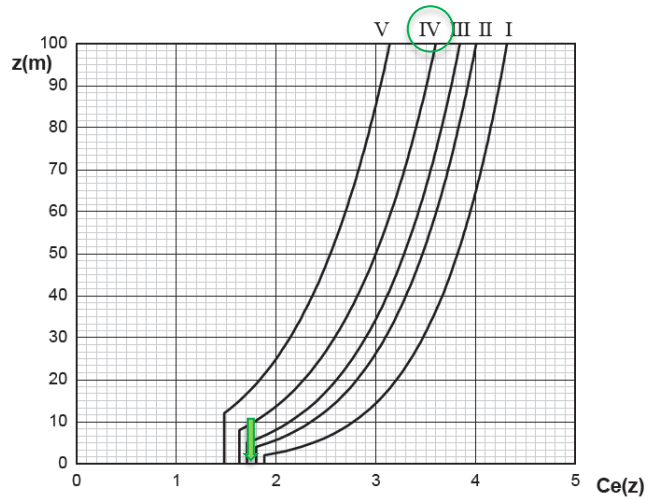


Figura 3.3.3 - Andamento del coefficiente di esposizione  $c_e$  con la quota (per  $c_t = 1$ )

$$a_s = 660 \text{ m}$$

Zone: 1

Categoria: IV

Classe di rugosità del terreno: C

$$c_e(z) = 1.78$$

$$P = q_b \times c_e \times c_p \times c_d = 0.91 \text{ kN/m}^2$$