



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

D0700: Baulos Mauls 2-3	D0700: Lotto Mules 2-3
Projekteinheit Gesamtbauwerke Teil 1	WBS Opere generali Parte 1
Dokumentenart Technischer Bericht	Tipo Documento Relazione tecnica
Titel Bericht Baumaterialien	Titolo Relazione sui materiali

 RTI 4P Raggruppamento Temporaneo di Imprese 4P <small>via Pio Ilir S.r.l., Via G.B. Sammartini 5, 20125 Milano, Tel. +39 028787911, Fax +39 0287152612</small>	Generalplaner / Responsabile integrazioni prestazioni specialistiche Ing. Enrico Maria Pizzarotti Ord. Ingg. Milano N° A 29470
--	--

Mandataria  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	Mandante  PÖYRY	Mandante  pini swiss engineers	Mandante  PASQUALI-RAUSA ENGINEERING S.r.l./G.m.b.H.
Fachplaner / il progettista specialista Ing. Enrico Maria Pizzarotti Ord. Ingg. Milano N° A 29470	Fachplaner / il progettista specialista	Fachplaner / il progettista specialista	Fachplaner / il progettista specialista

	Datum / Data	Name / Nome	Gesellschaft / Società
Bearbeitet / Elaborato	30.01.2015	Moja	Pro Iter
Geprüft / Verificato	30.01.2015	Rivoltini	Pro Iter

 BBT Galleria di Base del Brennero Brenner Basistunnel BBT SE	Name / Nome R. Zurlo	Name / Nome K. Bergmeister
--	-------------------------	-------------------------------

Projekt-kilometer / Chilometro progetto	von / da 32.0+88 bis / a 54.0+15 bei / al	Projekt-kilometer / Chilometro opera	von / da 46.7+69 bis / a 54.0+15 bei / al	Status Dokument / Stato documento	Massstab / Scala	-
---	---	--------------------------------------	---	-----------------------------------	------------------	---

Staat Stato	Los Lotto	Einheit Unità	Nummer Numero	Dokumentenart Tipo Documento	Vertrag Contratto	Nummer Codice	Revision Revisione
02	H61	OP	090	KTB	D0700	21044	21

Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Modifiche	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
21	Abgabe für Ausschreibung / Emissione per appalto	Rivoltini	30.01.2015
20	Überarbeitung infolge Dienstanweisung Nr. 1 vom 17.10.2014 / Revisione a seguito ODS n°1 del 17.10.14	Rivoltini	04.12.2014
11	Projektvervollständigung und Umsetzung der Verbesserungen aus dem Prüfverfahren / Completamento progetto e recepimento istruttoria	Rivoltini	09.10.2014
10	Endabgabe / Consegna definitiva	Rivoltini	31.07.2014
00	Consegna preliminare	Rivoltini	15.05.2014

1	EINLEITUNG	
1	INTRODUZIONE	3
2	RECHTSGRUNDLAGEN	
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	MATERIALEIGENSCHAFTEN	
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	5
3.1	AUSSENSCHALE	
3.1	RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE	5
3.1.1	Spritzeton C30/37:	
3.1.1	Betoncino proiettato C30/37	5
3.1.2	Anker	
3.1.2	Chiodature.....	5
3.1.3	Baustahl	
3.1.3	Acciaio da carpenteria	6
3.1.4	Bewehrungsstahl	
3.1.4	Acciaio per armature	7
3.2	INNENSCHALE	
3.2	RIVESTIMENTO DEFINITIVO	7
3.2.1	Beton C30/37	
3.2.1	Calcestruzzo C30/37	7
3.2.2	Beton für Tübbinge C40/50	
3.2.2	Calcestruzzo per conci prefabbricati C40/50	8
3.2.3	Bewehrungsstahl	
3.2.3	Acciaio per armature	9
4	DAUERHAFTIGKEIT UND NENNLEBENSDAUER DES BAUWERKS	
4	DURABILITA' E VITA NOMINALE DELL'OPERA	9
5	VERZEICHNISSE	
5	ELENCHI	11
5.1	REFERENZDOKUMENTE	
5.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	11
5.1.1	Eingangsdokumente	
5.1.1	Documenti in ingresso	11
5.1.2	Normen und Richtlinien	
5.1.2	Normative e linee guida.....	11

1 EINLEITUNG

Der Brenner Basistunnel (BBT) ist mit einer Länge von knapp über 55 km das Kernelement des Eisenbahnkorridors München-Verona. Der BBT bildet das Herzstück des Skandinavisch-Mediterranen Korridors von Helsinki nach La Valletta, auf der Maltainsel.

Dieser ist, gemäß Entscheidung Nr. 884/2004/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 mit TEN – Achse Nummer 1 Berlin-Verona / Mailand-Bologna-Neapel-Messina-Palermo benannt, Bestandteil der Nord- Süd Eisenbahnkorridors.

In diesem Dokument werden die strukturellen Eigenschaften der für den Aushub und den Bauwerkschalen benutzten Baumaterialien des Teils I der Baulose Muls 2 und 3 aufgezeigt. Insbesondere:

- Haupttunnel (GL) Ost (ungleich) von km 46.7+69 bis zum Muls Fenster (einschließlich der Innenschale der im Baulos Muls 1 ausgehobenen Strecke des bestehenden Haupttunnels, zwischen km 47.2+59 ca. und der Schnittstelle mit dem Muls Fenster an km 48.9+09 ca.);
- Haupttunnel (GL) West (gleich) von km 46.7+32 bis zum Muls Fenster (einschließlich der Innenschale der im Baulos Muls 1 ausgehobenen Strecke des bestehenden Haupttunnels, zwischen km 47.2+22 ca. und der Schnittstelle mit dem Muls Fenster an km 48.8+81 ca.);
- Innenschalen des bereits ausgehobenen (1.607 m ca. Länge) Muls Fensterstollen (FdM), einschließlich alle dessen betroffenen Bauwerke: "Strecke A" (172 m ca.), "Strecke B" (176 m ca.), Logistik Kaverne (40 m ca.), Zentrale Lüftungskaverne (67 m ca.) mit dazugehörigen Verbindungstunnels (212 m ca.) sowie Absaugschacht (47 m ca.);
- Innenschalen des bereits im Rahmen des, im Rahmen des Baulos Muls 1, bereits vorgetriebenen Erkundungsstollens (CE) von km 12.4+59 ca. bis zum Fensterstollen Muls (km 10.4+19 ca.), einschließlich der TBM Demontagekaverne;
- Konventionell vorgetriebener Erkundungsstollen von km 12.4+59 bis km 13+290 und dazugehörige logistische Ausweichen, einschließlich der TBM Montage Kaverne zwischen den Kilometrierungen km 13.2+30 e km 13.2+90;
- Haupttunnel (GL) Ost (ungleich) von km 49.0+82 ca. bis km 54.0+15 ca.;

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. La Galleria di Base del Brennero è la parte centrale del corridoio Scandinavo-Mediterraneo da Helsinki a La Valletta, sull'isola di Malta

La tratta costituisce una parte del corridoio ferroviario Nord-Sud denominato TEN – Asse n. 1 Berlino - Verona / Milano - Bologna - Napoli - Messina - Palermo, previsto dalla decisione n. 884/2004/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 29 aprile 2004.

Nel presente documento si riportano le caratteristiche strutturali dei materiali da costruzione utilizzati per lo scavo ed i rivestimenti delle opere della parte I dei lotti Muls 2 e 3. In particolare:

- Galleria di Linea (GL) est (dispari) da km 46.7+69 alla finestra di Muls (compreso il rivestimento definitivo della tratta della Galleria di Linea esistente, scavata nel lotto Muls 1, compresa tra km 47.2+59 circa e l'intersezione con la Finestra di Muls al km 48.9+09 circa);
- Galleria di Linea (GL) ovest (pari) da km 46.7+32 alla finestra di Muls (compreso il rivestimento definitivo della tratta della Galleria di linea esistente, scavata nel lotto Muls 1, compresa tra km 47.2+22 circa e l'intersezione con la Finestra di Muls al km 48.8+81 circa);
- Rivestimenti definitivi della Finestra di Muls (FdM) già scavata (lunghezza m 1'607 circa), comprese tutte le opere afferenti alla stessa: "Ramo A" (172 m circa), "Ramo B" (176 m circa), Camerone logistico (40 m circa), Caverna Centrale di Ventilazione (67 m circa) con relative Gallerie di Collegamento (212 m circa) e Pozzo di Aspirazione (47 m circa);
- Rivestimenti definitivi del Cunicolo Esplorativo (CE), già scavato nell'ambito del Muls 1, dal km 12.4+59 circa alla finestra di Muls (km 10.4+19 circa), compreso il camerone di smontaggio TBM.
- Cunicolo esplorativo scavato in tradizionale dal km 12.4+59 al km 13+290 e relative piazzole logistiche, compreso camerone di montaggio TBM tra le progressive km 13.2+30 e km 13.2+90.
- Galleria di Linea (GL) est (dispari) da km 49.0+82 circa a km 54.0+15 circa;

- Haupttunnel (GL) West (gleich) von km 49.0+57 ca. bis km 54.0+02 ca.;
- Sämtliche der bereits im Rahmen des Muls 1 (Innenschalen) ausgehobenen, sowie der neu ausgehobenen (Aushub und Schalen) Querstellen (CT), einschließlich der Nischen und Verbindungsschächte mit dem Erkundungsstellen.
- Galleria di Linea (GL) ovest (pari) da km 49.0+57 circa a km 54.0+02 circa;
- Tutti i cunicoli trasversali (CT) già scavati nell'ambito del Muls 1 (rivestimenti definitivi) e di nuova realizzazione (scavo e rivestimenti), comprese le nicchie e i pozzi di collegamento con il cunicolo esplorativo.

2 RECHTSGRUNDLAGEN

Die Eigenschaften der für die konstruktiven Bauten verwendeten Materialien müssen den Ausführungen des neuen Ministerialdekrets „D.M. 2008“ sowie den Europäischen „Eurocode 2“-Normen unterliegen.

Insbesondere werden unter Kap.11 des M.D. die Koeffizienten sowie die Berechnungsmodalitäten zur Bestimmung der Festigkeitsparameter angeführt, auf die Bezug zu nehmen ist.

Das genannte Dekret liefert darüber hinaus genaue Angaben betreffend die Modalitäten zur strukturellen Überprüfung der Bauwerke. In Anlehnung an diese Modalitäten wurden die Mindestmerkmale festgelegt, denen sämtliche Baumaterialien entsprechen müssen. Im nachfolgenden Kapitel werden diese Merkmale bzw. Werte konkret angeführt.

Weitere Bezugsnormen:

- UNI 11104 aus 2004
- UNI EN 206-1 aus 2001

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le caratteristiche dei materiali utilizzati nelle opere strutturali devono sottostare alle indicazioni contenute nel nuovo decreto ministeriale “D.M. 2008” e alle norme europee “Eurocode 2”.

In particolare, all'interno del Cap.11 del D.M. vengono riportati i valori dei coefficienti ed indicate le modalità di calcolo per la determinazione dei parametri di resistenza di riferimento.

Il Decreto citato, fornisce inoltre precise indicazioni circa le modalità di verifica strutturale delle opere.

Seguendo tali modalità, si sono determinate le caratteristiche minime che tutti i materiali di costruzione devono garantire. Nel capitolo successivo si riportano, nello specifico, tali caratteristiche.

Altre norme di riferimento:

- UNI 11104 del 2004
- UNI EN 206-1 del 2006

3 MATERIALEIGENSCHAFTEN

3.1 AUSSENSCHALE

3.1.1 Spritzeton C30/37:

- Charakteristischer Wert der Würfeldruckfestigkeit:

$$R_{ck} \geq 37MPa$$

- Charakteristischer Wert der Zylinderdruckfestigkeit:

$$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 30.7MPa$$

- Charakteristischer Wert der Betonzugfestigkeit:

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.06MPa$$

- Elastizitätsmodul:

$$E_{cm} = 32000MPa$$

- Querdehnungszahl:

$$\nu = 0.2$$

- Teilsicherheitsbeiwert:

$$\gamma_c = 1.5$$

- Minderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung der Betondruckfestigkeit:

$$\alpha_{cc} = 0.85$$

- Bemessungswert der Druckfestigkeit:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 17.4MPa$$

3.1.2 Anker

- Charakteristische Streckgrenze:

$$N_{yk} = 140kN \text{ Superswellex Pm16}$$

$$N_{yk} = 200kN \text{ Superswellex Pm24}$$

$$N_{yk} = 413kN \text{ Dywidag SN28}$$

$$N_{yk} = 400kN \text{ Selbstbohranker R38N}$$

$$N_{yk} = 630kN \text{ Selbstbohranker R51N}$$

- Elastizitätsmodul:

$$E = 210000MPa$$

- Teilsicherheitsbeiwert:

$$\gamma_s = 1.15$$

- Bemessungswert der Streckgrenze:

$$N_{yd} = 122kN \text{ Superswellex Pm16}$$

$$N_{yd} = 174kN \text{ Superswellex Pm24}$$

$$N_{yd} = 359kN \text{ Dywidag SN28}$$

$$N_{yd} = 348kN \text{ Selbstbohranker R38N}$$

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE

3.1.1 Betoncino proiettato C30/37

- Resistenza caratteristica cubica:

$$R_{ck} \geq 37MPa$$

- Resistenza caratteristica cilindrica:

$$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 30.7MPa$$

- Resistenza caratteristica media a trazione:

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.06MPa$$

- Modulo di elasticità:

$$E_{cm} = 32000MPa$$

- Coefficiente di Poisson:

$$\nu = 0.2$$

- Coefficiente parziale di sicurezza

$$\gamma_c = 1.5$$

- Coefficiente riduttivo della resistenza a compressione di lunga durata:

$$\alpha_{cc} = 0.85$$

- Resistenza a compressione di progetto:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 17.4MPa$$

3.1.2 Chiodature

- Resistenza a trazione caratteristica:

$$N_{yk} = 140kN \text{ Superswellex Pm16}$$

$$N_{yk} = 200kN \text{ Superswellex Pm24}$$

$$N_{yk} = 413kN \text{ Barre SN28}$$

$$N_{yk} = 400kN \text{ Autoperforanti R38N}$$

$$N_{yk} = 630kN \text{ Autoperforanti R51N}$$

- Modulo di elasticità:

$$E = 210000MPa$$

- Coefficiente parziale di sicurezza

$$\gamma_s = 1.15$$

- Resistenza a trazione di progetto:

$$N_{yd} = 122kN \text{ Superswellex Pm16}$$

$$N_{yd} = 174kN \text{ Superswellex Pm24}$$

$$N_{yd} = 359kN \text{ Barre SN28}$$

$$N_{yd} = 348kN \text{ Autoperforanti R38N}$$

$$N_{yd} = 548kN \text{ Selbstbohranker R51N}$$

Die Bohrschrauben und die Stäbe SN28 sind mit Baumörtel mit $R_{ck} \geq 25MPa$, $R_{cm} \geq 10MPa$ a 24h zementiert.

3.1.3 Baustahl

Es wird die Anwendung von Stahlprofile aus S355J0 vorgesehen.

- Charakteristische Fließgrenze für Stärken unter 40 mm:

$$f_{tk} = 510MPa$$

- Charakteristische Streckgrenze für Stärken unter 40 mm:

$$f_{yk} = 355MPa$$

- Elastizitätsmodul:

$$E = 210000MPa$$

- Querdehnungszahl:

$$\nu = 0.3$$

- Teilsicherheitsbeiwert:

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

- Bemessungswert der Streckgrenze:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 338MPa$$

Kopfplatten $\geq S275$

Schraubenklasse ≥ 8.8

Verbindungselemente aus B450C

Es wird die Anwendung von verformbare Lehrgerüste aus Vergütungsstahl 31Mn4 vorgesehen.

- Charakteristische Fließgrenze für Stärke kleiner als 40 mm:

$$f_{tk} = 650MPa$$

- Charakteristische Streckgrenze für Stärke kleiner als 40 mm:

$$f_{yk} = 520Pa$$

- Elastizitätsmodul:

$$E = 205'000MPa$$

- Querdehnungszahl:

$$\nu = 0.3$$

- Teilsicherheitsbeiwert:

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

$$N_{yd} = 548kN \text{ Autoperforanti R51N}$$

Gli autoperforanti e le barre SN28 sono cementate con malte cementizie aventi $R_{ck} \geq 25MPa$, $R_{cm} \geq 10MPa$ a 24h.

3.1.3 Acciaio da carpenteria

E' previsto l'utilizzo di carpenterie d'acciaio S355J0.

- Tensione caratteristica di rottura per spessori inferiori a 40 mm:

$$f_{tk} = 510MPa$$

- Tensione caratteristica di snervamento per spessori inferiori a 40 mm:

$$f_{yk} = 355MPa$$

- Modulo di elasticità:

$$E = 210000MPa$$

- Coefficiente di Poisson:

$$\nu = 0.3$$

- Coefficiente parziale di sicurezza

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

- Resistenza a trazione di progetto:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 338MPa$$

Piastre in acciaio di qualità $\geq S275$

Bullonatura classe ≥ 8.8

Catene in B450C

E' previsto inoltre l'utilizzo di centine deformabili in acciaio 31Mn4 bonificato.

- Tensione caratteristica di rottura per spessori inferiori a 40 mm:

$$f_{tk} = 650Pa$$

- Tensione caratteristica di snervamento per spessori inferiori a 40 mm:

$$f_{yk} = 520MPa$$

- Modulo di elasticità:

$$E = 205'000MPa$$

- Coefficiente di Poisson:

$$\nu = 0.3$$

- Coefficiente parziale di sicurezza

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

- Bemessungswert der Streckgrenze:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 495MPa$$

Kopfplatten \geq S275

Schraubenklasse \geq 8.8

Verbindungsseisen aus B450C

3.1.4 Bewehrungsstahl

Stahlnetz des Typs B450C mit verbessertem Verbund:

- Charakteristische Fließgrenze:

$$f_{tk} = 540MPa$$

- Charakteristische Streckgrenze:

$$f_{yk} = 450MPa$$

- Verhältnis Fließgrenze / Streckgrenze:

$$1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$$

- Elastizitätsmodul:

$$E = 210000MPa$$

- Querdehnungszahl:

$$\nu = 0.3$$

- Teilsicherheitsbeiwert:

$$\gamma_{M0} = 1.15$$

- Bemessungswert der Streckgrenze:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 391MPa$$

3.2 INNENSCHALE

3.2.1 Beton C30/37

- Charakteristischer Wert der Würfeldruckfestigkeit:

$$R_{ck} \geq 37MPa$$

- Charakteristischer Wert der Zylinderdruckfestigkeit:

$$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 30.7MPa$$

- Charakteristischer Wert der Betonzugfestigkeit:

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.06MPa$$

- Elastizitätsmodul:

$$E_{cm} = 32000MPa$$

- Querdehnungszahl:

$$\nu = 0.2$$

- Temperatureausdehnungskoeffizient:

- Resistenza a trazione di progetto:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 495MPa$$

Piastre in acciaio di qualità \geq S275

Bullonatura classe \geq 8.8

Catene in B450C

3.1.4 Acciaio per armature

Rete in acciaio tipo B450C ad aderenza migliorata:

- Tensione caratteristica di rottura:

$$f_{tk} = 540MPa$$

- Tensione caratteristica di snervamento:

$$f_{yk} = 450MPa$$

- Rapporto tensione di rottura / tensione di snervamento:

$$1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$$

- Modulo di elasticità:

$$E = 210000MPa$$

- Coefficiente di Poisson:

$$\nu = 0.3$$

- Coefficiente parziale di sicurezza

$$\gamma_s = 1.15$$

- Resistenza a trazione di progetto:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 391MPa$$

3.2 RIVESTIMENTO DEFINITIVO

3.2.1 Calcestruzzo C30/37

- Resistenza caratteristica cubica:

$$R_{ck} \geq 37MPa$$

- Resistenza caratteristica cilindrica:

$$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 30.7MPa$$

- Resistenza caratteristica media a trazione:

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.06MPa$$

- Modulo di elasticità:

$$E_{cm} = 32000MPa$$

- Coefficiente di Poisson:

$$\nu = 0.2$$

- Coefficiente di espansione termica lineare:

$$\alpha = 10 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^{\circ}C}$$

- Teilsicherheitsbeiwert:

$$\gamma_c = 1.6$$
- Minderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung der Betondruckfestigkeit und -zugfestigkeit:
 - Stahlbeton

$$\alpha_{cc} = 0.85$$
 - Unbewehrter Beton

$$\alpha_{cc} = 0.80$$
- Bemessungswert der Druckfestigkeit:
 - Stahlbeton

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 16.31MPa$$
 - Unbewehrter Beton

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 15.36MPa$$
- Bemessungswert der Zugfestigkeit:
 - Stahlbeton

$$f_{ctd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 0.00MPa$$
 - Unbewehrter Beton

$$f_{ctd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 1.03MPa$$

$$\alpha = 10 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^{\circ}C}$$

- Coefficiente parziale di sicurezza

$$\gamma_c = 1.6$$
- Coefficiente riduttivo della resistenza a compressione e a trazione di lunga durata:
 - Calcestruzzo armato

$$\alpha_{cc} = 0.85$$
 - Calcestruzzo non armato

$$\alpha_{cc} = 0.80$$
- Resistenza a compressione di progetto:
 - Calcestruzzo armato

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 16.31MPa$$
 - Calcestruzzo non armato

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 15.36MPa$$
- Resistenza a trazione di progetto:
 - Calcestruzzo armato

$$f_{ctd} = 0.00MPa$$
 - Calcestruzzo non armato

$$f_{ctd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 1.03MPa$$

3.2.2 Beton für Tübinge C40/50

- Charakteristischer Wert der Würfeldruckfestigkeit:

$$R_{ck} \geq 50MPa$$
- Charakteristischer Wert der Zylinderdruckfestigkeit:

$$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 41.5MPa$$
- Charakteristischer Wert der Betonzugfestigkeit:

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.52MPa$$
- Elastizitätsmodul:

$$E_{cm} = 32000MPa$$
- Querdehnungszahl:

$$\nu = 0.2$$
- Temperaturausdehnungskoeffizient:

$$\alpha = 10 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^{\circ}C}$$
- Teilsicherheitsbeiwert:

$$\gamma_c = 1.6$$

3.2.2 Calcestruzzo per conci prefabbricati C40/50

- Resistenza caratteristica cubica:

$$R_{ck} \geq 50MPa$$
- Resistenza caratteristica cilindrica:

$$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 41.5MPa$$
- Resistenza caratteristica media a trazione:

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.52MPa$$
- Modulo di elasticità:

$$E_{cm} = 32000MPa$$
- Coefficiente di Poisson:

$$\nu = 0.2$$
- Coefficiente di espansione termica lineare:

$$\alpha = 10 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^{\circ}C}$$
- Coefficiente parziale di sicurezza

$$\gamma_c = 1.6$$
- Coefficiente riduttivo della resistenza a compressione e a trazione di lunga durata:

- Minderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Langzeitwirkung der Betondruckfestigkeit und -zugfestigkeit:

$$\alpha_{cc} = 0.85$$

- Bemessungswert der Druckfestigkeit:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 22.05 \text{ MPa}$$

- Bemessungswert der Zugfestigkeit:

$$f_{ctd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 1.34 \text{ MPa}$$

$$\alpha_{cc} = 0.85$$

- Resistenza a compressione di progetto:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 22.05 \text{ MPa}$$

- Resistenza a trazione di progetto:

$$f_{ctd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 1.34 \text{ MPa}$$

3.2.3 Bewehrungsstahl

- Charakteristische Fließgrenze:

$$f_{tk} = 540 \text{ MPa}$$

- Charakteristische Streckgrenze:

$$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$$

- Verhältnis Fließgrenze / Streckgrenze:

$$1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$$

- Elastizitätsmodul:

$$E = 210000 \text{ MPa}$$

- Querdehnungszahl:

$$\nu = 0.3$$

- Teilsicherheitsbeiwert:

$$\gamma_{M0} = 1.20$$

- Bemessungswert der Streckgrenze:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 375 \text{ MPa}$$

3.2.3 Acciaio per armature

Barre in acciaio tipo B450C ad aderenza migliorata:

- Tensione caratteristica di rottura:

$$f_{tk} = 540 \text{ MPa}$$

- Tensione caratteristica di snervamento:

$$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$$

- Rapporto tensione di rottura / tensione di snervamento:

$$1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} < 1.35$$

- Modulo di elasticità:

$$E = 210000 \text{ MPa}$$

- Coefficiente di Poisson:

$$\nu = 0.3$$

- Coefficiente parziale di sicurezza

$$\gamma_s = 1.2$$

- Resistenza a trazione di progetto:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 375 \text{ MPa}$$

4 DAUERHAFTIGKEIT UND NENNLEBENSDAUER DES BAUWERKS

Die charakteristischen Leistungskriterien der im vorherigen Kapitel benannten Materialien sind erforderlich, damit die strukturellen Nachweise erfüllt werden.

Mit Bezug auf EC2 und N.T.C. 2008 ist die Dauerhaftigkeit einer Konstruktion abhängig von der Konstruktionsart, der Betonexpositionsklasse und der Mindestbetonüberdeckung.

Damit die Dauerhaftigkeit der Konstruktion gewährleistet werden kann, werden die minimalen Leistungskriterien in Funktion der Expositionsklasse gemäß UNI11104:2004 und

4 DURABILITA' E VITA NOMINALE DELL'OPERA

Le caratteristiche di resistenza dei materiali riportate nel capitolo precedente sono le minime necessarie per soddisfare le verifiche strutturali.

Con riferimento a quanto riportato nell' EC2 e nelle N.T.C. 2008 la durabilità di un'opera strutturale è funzione del tipo di struttura, della classe di esposizione del calcestruzzo e del copriferro.

Al fine di garantire la durabilità delle strutture, la classe di resistenza minima in funzione della classe di esposizione è definita in accordo alle normative UNI11104:2004 e alle UNI EN

UNI EN 206-1:2006 definiert. Es wird angenommen, dass im Zweifelsfall immer die konservativste Variante gewählt wird:

- Expositionsklasse XC3/XA1 → C30/37
- Expositionsklasse XC4/XA2 → C32/40

Die Mindestbetondeckung, zur Gewährleistung einer **Lebensdauer > 100 Jahren**, ist gemäß N.T.C. 2008 definiert:

	XC3	XC4
Festigkeitsklasse UNI 11104	28/35	32/40
Festigkeitsklasse UNI EN206	30/37	30/37
Festigkeitsklasse	30/37	32/40
Umweltbedingungen	Normal	Aggressiv
C _{min} [mm]	20	30
Nutzbare Lebenszeit > 100 Jahre [mm]	+10	+10
Bauliche Toleranz [mm]	+10	+10
C _{nom} [mm]	40	50

Tabelle 1: Mindestbetondeckung

Zur Vereinheitlichung ist eine Betondeckung von 5 cm über die gesamte Länge des Tunnels vorgesehen.

Für eine Lebensdauer von 200 Jahren wurden für die Nachweise der Innenschale (s. Absatz 3.2) erhöhte Teilsicherheitsbeiwerte Y_c und Y_s im Vergleich zu den entsprechenden Normen vorgesehen [2][7]. Insbesondere wurde für den Beton ein Sicherheitsbeiwert von 1.6 statt 1.5 angenommen, und für den Stahl ein Sicherheitsbeiwert von 1.2 statt 1.15 angenommen.

206-1:2006 assumendo, ove le due sono in contrasto, la più cautelativa:

- Classe di esposizione XC3/XA1 → C30/37
- Classe di esposizione XC4/XA2 → C32/40

Il copriferro minimo per garantire una **vita utile > 100anni** è definito in accordo alle N.T.C. 2008:

	XC3	XC4
Classe di resistenza min. UNI11104	28/35	32/40
Classe di resistenza min. UNI EN206	30/37	30/37
Classe di resistenza prevista	30/37	32/40
Cond. ambientali	Normali	Aggressive
C _{min} [mm]	20	30
Vita utile > 100anni [mm]	+10	+10
Tolleranza costruttiva [mm]	+10	+10
C _{nom} [mm]	40	50

Tabella 1: Copriferro minimo.

Per omogeneità si prevede un copriferro netto di 5 cm lungo tutto lo sviluppo delle gallerie.

Per considerare una **vita utile dell'opera pari a 200 anni [1]** si sono utilizzati nei calcoli dei rivestimenti definitivi (si veda paragrafo 3.2) coefficienti di sicurezza sulle resistenze Y_c e Y_s maggiorati rispetto a quelli imposti dalle Normative di riferimento [2][7]. In particolare si è assunto un fattore di sicurezza sul calcestruzzo di 1.6 contro 1.5 e un fattore di sicurezza sull'acciaio di 1.2 contro 1.15.

5 VERZEICHNISSE

5.1 REFERENZDOKUMENTE

5.1.1 Eingangsdokumente

- [1] Mail von K. Bergmeister del 22.11.2012 "Dokument Sicherheitskoeffizienten"

5.1.2 Normen und Richtlinien

- [2] Technische Konstruktionsnormen 2008 – NTC 2008;
- [3] Leitfaden N.617, Anordnung zur Anwendung der "Neue technische Konstruktionsnormen", des MD 14. Januar 2008
- [4] DM 28/10/2005 Sicherheit für Bahntunnel
- [5] UNI EN1990:2006 - Eurocodice 0 – Grundlage für Konstruktion und Dokumentation zur nationalen Umsetzung ;
- [6] UNI EN 1991-1; Eurocode 1 – Actions on structures – 2010/2011
- [7] UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 – Planung von Stahlbetonbauwerke und Dokumente zur nationalen Umsetzung;
- [8] UNI EN 1993:2002 - Eurocodice 3 Planung der Stahlstrukturen
- [9] UNI EN 1997:2005 - Eurocode 7 – Geotechnik und Dokumente zur nationalen Umsetzung
- [10] UNI EN 1998:2009 - Eurocode 8 - Planungsangaben zur seismischen Strukturfestigkeit
- [11] UNI 11104:2004
- [12] UNI EN 206-1:2006

5 ELENCHI

5.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

5.1.1 Documenti in ingresso

- [1] Mail di K. Bergmeister del 22.11.2012 "Documento coefficienti di sicurezza"

5.1.2 Normative e linee guida

- [2] Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 – NTC 2008;
- [3] Circolare n.617, Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008
- [4] DM 28/10/2005 , Sicurezza nelle gallerie ferroviarie.
- [5] UNI EN1990:2006 - Eurocodice 0 – Basi per la progettazione strutturale e documento di applicazione nazionale3
- [6] UNI EN 1991-1:2005; Eurocodice 1 – Actions on structures – 2010/2011
- [7] UNI EN 1992:2005 - Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo e documento di applicazione nazionale
- [8] UNI EN 1993:2002 - Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio
- [9] UNI EN 1997:2005 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica e documento di applicazione nazionale
- [10] UNI EN 1998:2009 - Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture
- [11] UNI 11104:2004
- [12] UNI EN 206-1:2006