



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 | | WBS Opere generali | | | | | |
| Dokumentenart Technischer Bericht | | Tipo Documento Relazione tecnica | | | | | |
| Titel Sicherheit gegen Feuereinwirkung | | Titolo Sicurezza nei riguardi dell'esposizione al fuoco | | | | | |
|  Raggruppamento Temporaneo di Imprese 4P <small>via Pio Iler S.r.l., Via G.B. Sammartini 5, 20125 Milano, Tel.: +39 026767911, Fax: +39 0287152612</small> | | Generalplaner / Responsabile integrazioni prestazioni specialistiche Ing. Enrico Maria Pizzarotti Ord. Ingg. Milano N° A 29470 | | | | | |
| Mandataria  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | Mandante  | Mandante  | Mandante  | | | | |
| 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 | | | | |
|  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 bis / a 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 | EG | 995 | KTB | D0700 | 15003 | 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 | Erstversion / Consegna preliminare | Rivoltini | 15.05.2014 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | EINFÜHRUNG | |
| 1 | INTRODUZIONE | 3 |
| 2 | METHODIK UND LEISTUNGSSTUFEN IM TUNNEL | |
| 2 | METODOLOGIA E LIVELLO DI PRESTAZIONE IN GALLERIA | 4 |
| 3 | EINWIRKUNG | |
| 3 | AZIONI | 4 |
| 3.1 | TEMPERATUR-ZEIT-KURVE BRANDLAST | |
| 3.1 | CURVA DELLA TEMPERATURA/TEMPO PER CARICO INCENDIO | 5 |
| 3.2 | BEIWERTE ZU ABBAUBEWERTUNG DER MATERIALWIDERSTANDSEIGENSCHAFTEN HINSICHTLICH DER TEMPERATUR | |
| 3.2 | COEFFICIENTI PER LA VALUTAZIONE DELLA DIMINUZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA | 6 |
| 3.3 | KOMBINATIONS- UND TEILSICHERHEITSBEIWERTE DER WIRKUNGEN | |
| 3.3 | COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE E PARZIALI DI SICUREZZA PER LE AZIONI..... | 8 |
| 3.4 | TEILSICHERHEITSBEIWERTE DER WIDERSTÄNDE | |
| 3.4 | COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA PER LE RESISTENZE..... | 8 |
| 4 | ÜBERPRÜFUNGSMETHODIK DER UNBEWEHRTEN ABSCHNITTE | |
| 4 | METODO DI VERIFICA DELLE SEZIONI NON ARMATE | 8 |
| 5 | ÜBERPRÜFUNGSMETHODE DER BEWEHRTEN ABSCHNITTE | |
| 5 | METODO DI VERIFICA DELLE SEZIONI ARMATE | 11 |
| 6 | SCHLUSSFOLGEN | |
| 6 | CONCLUSIONI | 11 |
| 7 | VERZEICHNISSE | |
| 7 | ELENCHI | 14 |
| 7.1 | ABBILDUNGSVERZEICHNIS | |
| 7.1 | ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI..... | 14 |
| 7.2 | REFERENZDOKUMENTE | |
| 7.2 | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO..... | 14 |
| 7.2.1 | Eingangsdokumente | |
| 7.2.1 | Documenti in ingresso..... | 14 |
| 7.2.2 | Normen und Richtlinien | |
| 7.2.2 | Normativa..... | 14 |

1 EINFÜHRUNG

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

Die Strecke, benannt TEN - Achse Nr. 1 Berlin - Verona/Mailand - Bologna - Neapel - Messina - Palermo, ist Teil des Nord-Süd Eisenbahnkorridors der vom Entschluss Nr. 884/2004/EG des Europäischen Parlaments und des Rats vom 29. April 2004 vorgesehen wurde.

In diesem Dokument werden die angewandten Kriterien zur Überprüfung des Feuerwiderstands (passive Brandverhütung) der Bauwerkschalen der Teile I der Baulose Mault 2 und 3 aufgezeigt. Insbesondere:

- Haupttunnel (GL) Ost (ungleich) von km 44.1+92 zum Mault Fenster (einschließend die Innenschale der Strecke des bestehenden im Baulos Mault 1 ausgehobenen Haupttunnels, zwischen km 47.2+59 ca. und der Kreuzung mit dem Mault Fenster an km 48.9+09 ca.);
- Haupttunnel (GL) West (gleich) von km 44.1+55 zum Mault Fenster (einschließend die Innenschale der Strecke des bestehenden im Baulos Mault 1 ausgehobenen Haupttunnels, zwischen km 47.2+22 ca. und der Kreuzung mit dem Mault Fenster an km 48.8+81 ca.);
- Innenschalen des bereits ausgehobenen (ca. 1'607 m Länge) Mault Fensterstollens (FdM), einschließend aller betreffenden Bauwerke: "Strecke A" (172 m ca.), "Strecke B" (176 m ca.), Logistik Kaverne (40 ca.), Zentrale Lüftungskaverne (67 m ca.) mit dazugehörigen Verbindungstunnels (212 m ca.) und Saugschacht (47 m ca.);
- Haupttunnel (GL) Ost (ungleich) von km 49.0+82 ca. bis km 54.0+15 ca.;
- Haupttunnel (GL) West (gleich) von km 49.0+57 ca. a km 54.0+02 circa;
- Haupttunnel (GL) Ost (ungleich) von km 44.1+92 ca. bis km 32.0+88 ca.;
- Haupttunnel (GL) West (gleich) von km 44.1+55 ca. bis km 32.0+47 ca.;
- Nothaltestell (FdE) mit anliegenden Lüftungsstollen, Verbindungsstollen sowie Zentralstollen;
- Zugangstunnel zur Nothaltestelle;
- Alle Haupttunnelverbindungen zu den Querstollen (CT), den bereits im Bereich Mault 1 ausgehobenen

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 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 i criteri adottati per le verifiche di resistenza al fuoco (protezione all'incendio passiva) dei rivestimenti delle opere della parte I dei lotti Mault 2 e 3. In particolare:

- Galleria di Linea (GL) est (dispari) da km 44.1+92 alla finestra di Mault (compreso il rivestimento definitivo della tratta della Galleria di Linea esistente, scavata nel lotto Mault 1, compresa tra km 47.2+59 circa e l'intersezione con la Finestra di Mault al km 48.9+09 circa);
- Galleria di Linea (GL) ovest (pari) da km 44.1+55 alla finestra di Mault (compreso il rivestimento definitivo della tratta della Galleria di linea esistente, scavata nel lotto Mault 1, compresa tra km 47.2+22 circa e l'intersezione con la Finestra di Mault al km 48.8+81 circa);
- Rivestimenti definitivi della Finestra di Mault (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 circa), Caverna Centrale di Ventilazione (67 m circa) con relative Gallerie di Collegamento (212 m circa) e Pozzo di Aspirazione (47 m circa);
- Galleria di Linea (GL) est (dispari) da km 49.0+82 circa a km 54.0+15 circa;
- Galleria di Linea (GL) ovest (pari) da km 49.0+57 circa a km 54.0+02 circa;
- Galleria di Linea (GL) est (dispari) da km 44.1+92 circa a km 32.0+88 circa;
- Galleria di Linea (GL) ovest (pari) da km 44.1+55 circa a km 32.0+47 circa;
- La Fermata di Emergenza (FdE) con gli annessi cunicoli di ventilazione, di collegamento e il cunicolo centrale;
- La galleria di accesso alla fermata di emergenza;
- Tutti gli innesti delle gallerie di linea con i cunicoli trasversali (CT) già scavati nell'ambito del Mault 1 e di

und den neu zu realisierenden, bis zu den Schutztoren der Brandabschnitte.

Die Überprüfungen des Feuerwiderstands werden nicht für die Schalen des Erkundungsstollen und der Querstollen durchgeführt, mit Ausnahme derer welche innerhalb der Notfallhaltestelle fallen. In der Tat wird unterstrichen, dass die angewandte Kurve Temperatur/Zeit (Abs. 3.1) einem Brand entspricht welcher eine thermische Stärke von einigen Hunderten MW erreicht, und dies wird nur in den Haupttunnels für möglich gehalten.

Für den Erkundungsstollen und den Querstollen, obwohl keine ausdrückliche Überprüfung der Schalen bzgl. Brandverhalten vorgesehen ist, wird jedenfalls eine Mindestbetondeckung zur Gewährleistung der Sicherheit vorgesehen, gemäß den tabellarischen Methoden des M.D. 16.02.2007: $c_{min} > 35\text{mm}$.

2 METHODIK UND LEISTUNGSSTUFEN IM TUNNEL

Die Tunnels die den Brenner Basistunnel bilden werden vom Standpunkt des Feuerwiderstands der Schalen analysiert.

Die Feuerwirkung wird durch einen Umrisszustands von sich in der Zeit variierende Temperatur an der Innenoberfläche des Tunnels schematisiert.

Es wird das Übertragungsmodell der Wärme bei instationärem Betrieb innerhalb der Tunnelschale gelöst. Daraus wird entnommen, dass die strukturelle Abschnittstärke nicht gleichmäßig und auf Dauer auch unbeständig erwärmt wird.

Die Überprüfungen des Feuerwiderstands der beulgespannten Abschnitte werden in zeitlich unterschiedlichen Momenten durchgeführt in Bezug auf die veränderten punktuellen Widerstandseigenschaften aufgrund der vom Material erreichten Temperatur.

Die Feuerwiderstandsanforderungen gebieten die Sicherheitsbedingungen der Brandgefahr ausgesetzten Tunnel zu überprüfen.

Insbesondere wird der Sicherheitsfaktor des Brandverhaltens bei eine Dauer von 120 Minuten geprüft, gemäß M.D. des 28. Oktober 2005 und in der Norm UNI 11706 des 1. Juli 2003 verordnet.

3 EINWIRKUNG

Gemäß den Vorschriften des MD 28/10/2005 "Sicherheit Eisenbahntunnels" wird die Festigkeit aller Bauwerke unter Berücksichtigung einer Temperatur-Zeit Kurve RWS gesichert.

nuova realizzazione, fino ai portoni di compartimentazione.

Le verifiche al fuoco non vengono effettuate per i rivestimenti del Cunicolo Esplorativo e dei cunicoli trasversali, ad eccezione di quelli che ricadono all'interno della Fermata di Emergenza. Si sottolinea, infatti, che la curva Temperatura/Tempo adottata (paragrafo 3.1) è relativa ad un incendio che sviluppa un potenza termica dell'ordine di alcune centinaia di MW e si ritiene che ciò possa essere possibile solo nelle Gallerie di Linea.

Per il Cunicolo Esplorativo ed i cunicoli trasversali, seppur non si preveda una verifica esplicita dei rivestimenti nei confronti dell'esposizione al fuoco, si prevede comunque un copriferro minimo tale da garantirne la sicurezza secondo i metodi tabellari riportati nel D.M. 16.02.2007: $c_{min} > 35\text{mm}$.

2 METODOLOGIA E LIVELLO DI PRESTAZIONE IN GALLERIA

Le gallerie che compongono il Tunnel di Base del Brennero vengono analizzate dal punto di vista della resistenza al fuoco del rivestimento.

L'azione del fuoco viene schematizzata attraverso una condizione al contorno di temperatura variabile nel tempo in corrispondenza della superficie interna della galleria.

Viene risolto il modello di trasmissione del calore in regime non stazionario all'interno del rivestimento della galleria. Da esso si evince che la sezione strutturale, nel suo spessore, è riscaldata in maniera non uniforme, oltre che variabile nel tempo.

Le verifiche di resistenza delle sezioni pressoinflesse verranno svolte in diversi istanti temporali, con riferimento alle caratteristiche di resistenza puntuali modificate in funzione della temperatura raggiunta dal materiale.

Le esigenze di resistenza al fuoco impongono di verificare le condizioni di sicurezza delle gallerie esposte al rischio d'incendio.

In particolare si esamina il fattore di sicurezza per un'esposizione al fuoco della durata di 120 minuti, secondo quanto richiesto dal D.M. del 28 ottobre 2005 e specificato nella norma UNI 11706 del 1 luglio 2003.

3 AZIONI

In accordo con le prescrizioni del DM 28/10/2005 "Sicurezza gallerie ferroviarie" viene garantita la stabilità di tutte le opere in considerazione della curva temperatura-tempo RWS.

3.1 TEMPERATUR-ZEIT-KURVE BRANDLAST

Das Brandverhalten wird mit einer in Folge aufgezeigten Kurve der RWS Temperatur/Zeit der Regelung UNI 11706 beschrieben:

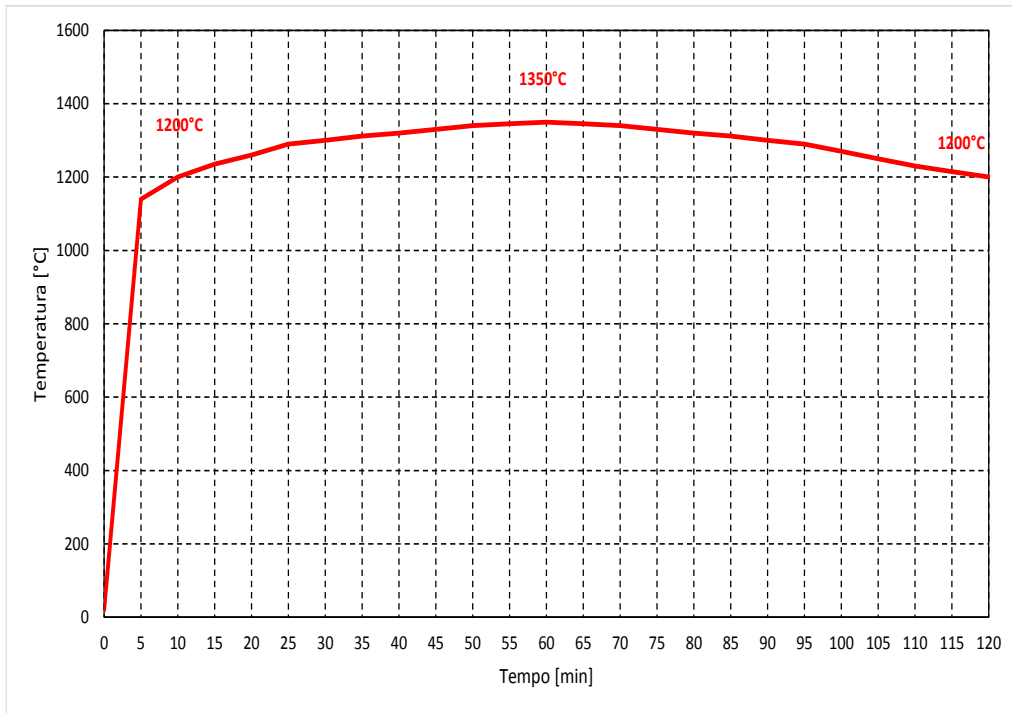


Abbildung 1: RWS Brandlastkurve

Es wird festgestellt, dass ingenieurwissenschaftlich die aus der Anwendung der RWS-Kurve entnommenen Temperaturkarten gleich mit denen sind welche unter Berücksichtigung der RABT-Kurve der STI [10] entnommen wurden, die vollständigshalber in folgender Abbildung aufgezeigt ist:

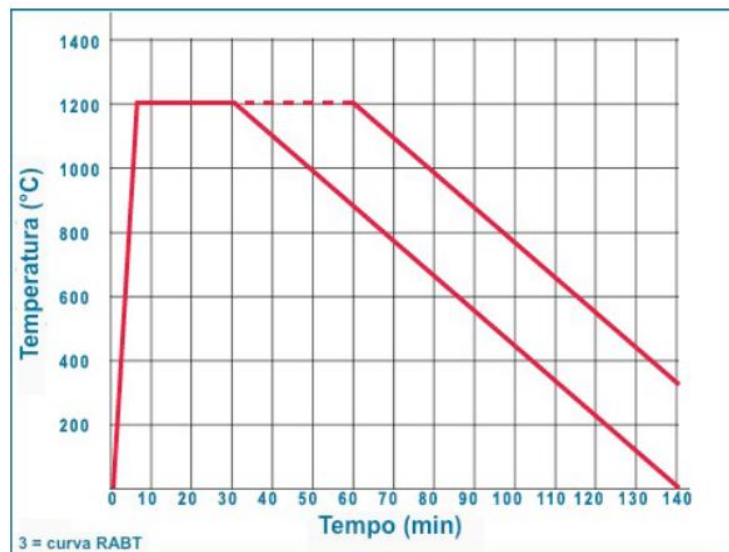


Abbildung 2: RABT Brandlastkurve

3.1 CURVA DELLA TEMPERATURA/TEMPO PER CARICO INCENDIO

L'esposizione al fuoco viene descritta dalla curva della temperatura/tempo RWS della normativa UNI 11076, di seguito riportata:

| Tempo (min) | Temperatura (°C) |
|-------------|------------------|
| 0 | 20 |
| 5 | 1140 |
| 10 | 1200 |
| 15 | 1235 |
| 20 | 1260 |
| 25 | 1290 |
| 30 | 1300 |
| 35 | 1312 |
| 40 | 1320 |
| 45 | 1330 |
| 50 | 1340 |
| 55 | 1345 |
| 60 | 1350 |
| 65 | 1345 |
| 70 | 1340 |
| 75 | 1330 |
| 80 | 1320 |
| 85 | 1312 |
| 90 | 1300 |
| 95 | 1290 |
| 100 | 1270 |
| 105 | 1250 |
| 110 | 1230 |
| 115 | 1215 |
| 120 | 1200 |

Figura 1: Curva della temperatura/tempo RWS

Si precisa che le mappe di temperatura ricavate dall'applicazione delle curva RWS sono ingegneristicamente uguali a quelle ricavate considerando la curva RABT delle STI [10], riportata per completezza nella seguente figura:

Figura 2: Curva della temperatura/tempo RABT

Hingegen die aus der Anwendung der Software CPI Win REI entnommenen Temperaturkarten zeigen eine niedrigere Diffusion der Temperatur innerhalb des Abschnitts im Vergleich zu den Temperaturkarten aus differenzierteren Modellen [1]. Um diese Diskrepanz zu beheben wird bei den strukturellen Überprüfungen auf die vorsichtigeren Abbaukurven der Widerstandsparameter des EC2 Bezug genommen, wie in Absatz 3.2 dargestellt.

3.2 BEIWERTE ZU ABBAUBEWERTUNG DER MATERIALWIDERSTANDSEIGENSCHAFTEN HINSICHTLICH DER TEMPERATUR

Gemäß UNI EN 1992-1-2 reduziert sich der Materialwiderstand bei Erhöhung der Temperatur, wie in folgenden Abbildungen aufgezeigt:

Viceversa, le mappe di temperatura ricavate mediante il software CPI Win REI mostrano una diffusione della temperatura all'interno della sezione minore rispetto alle mappe di temperatura ricavate con modelli più sofisticati [1]. Per ovviare a tale discrepanza, nelle verifiche strutturali si fa riferimento alle curve di abbattimento dei parametri di resistenza dell'EC2 più cautelative, come illustrato nel paragrafo 3.2.

3.2 COEFFICIENTI PER LA VALUTAZIONE DELLA DIMINUZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA

In conformità alla UNI EN 1992-1-2 la resistenza dei materiali si riduce con l'aumento della temperatura, come rappresentato nelle seguenti figure:

- 1 Curva 1: calcestruzzo ordinario con aggregati silicei
- 2 Curva 2: calcestruzzo ordinario con aggregati calcarei

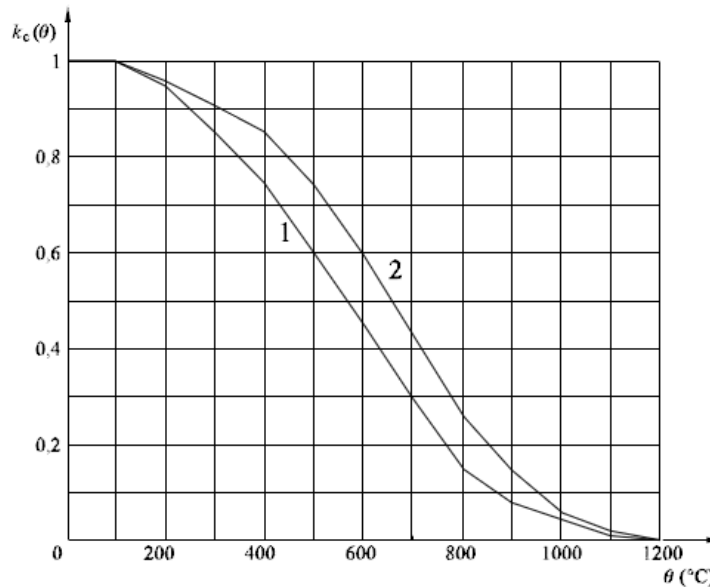


Abbildung 3: Beiwert $k_c(\theta)$ für den Druckwiderstandabbau (f_{ck}) des Betons bei hoher Temperatur

Figura 3: Coefficiente $k_c(\theta)$ per la riduzione della resistenza a compressione (f_{ck}) del calcestruzzo a elevata temperatura

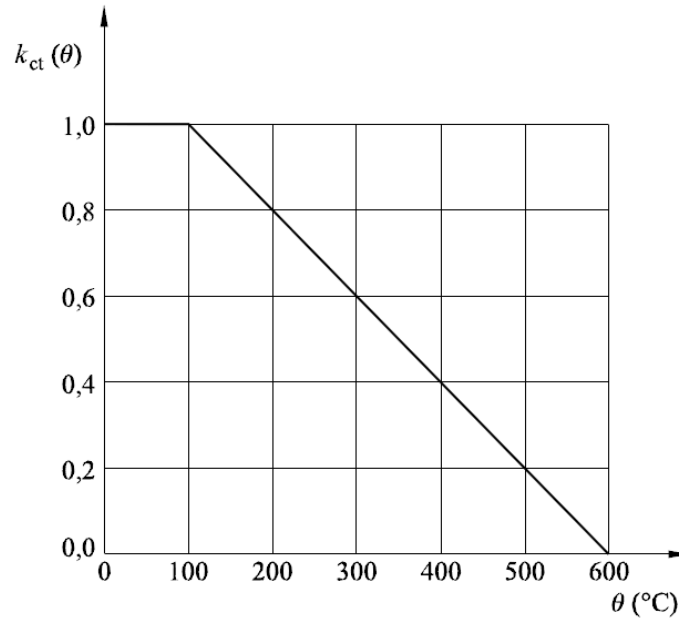


Abbildung 4: Beiwert $k_c(\theta)$ für den Zugwiderstandabbau (f_{ctk}) des Betons bei hoher Temperatur

Figura 4: Coefficiente $k_{ct}(\theta)$ per la riduzione della resistenza a trazione (f_{ctk}) del calcestruzzo a elevata temperatura

- Curva 1 Armatura tesa (laminata a caldo) per deformazioni $\epsilon_{s,fi} \geq 2\%$
- Curva 2 Armatura tesa (trafilata a freddo) per deformazioni $\epsilon_{s,fi} \geq 2\%$
- Curva 3 Armatura compressa e tesa per deformazioni $\epsilon_{s,fi} < 2\%$

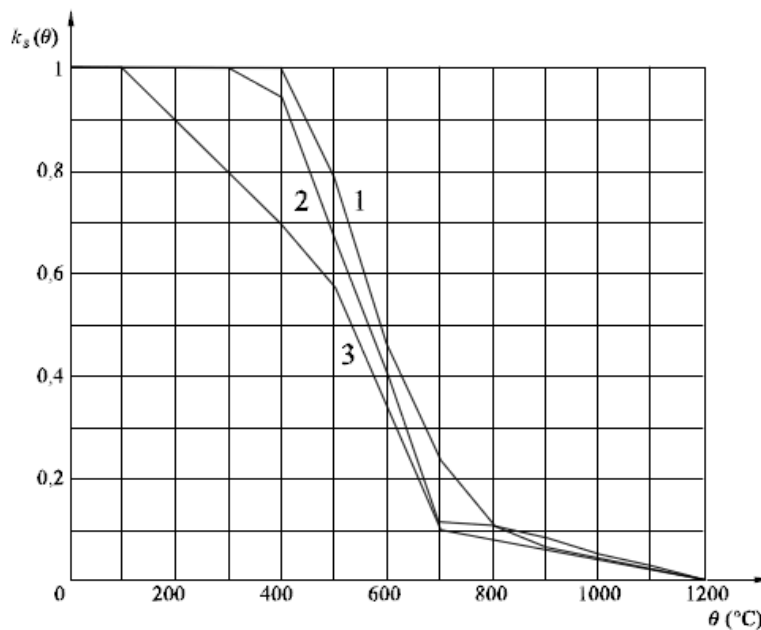


Abbildung 5: Beiwert $k_c(\theta)$ zur Berücksichtigung des Abbaus des charakteristischen Zugwiderstands (f_{ctk}) der Bewehrung Klasse N

Figura 5: Coefficiente $k_s(\theta)$ per tener conto della diminuzione della resistenza caratteristica (f_{yk}) a trazione dell'armatura classe N.

Wie zuvor angedeutet, um der höheren Temperatur entgegenzutreten welche aus der tiefgehenden Analyse [1] hervorgeht im Vergleich zu der welche von RTI 4P mit dem Programm "CPI win REI Calcolo" durchgeführt wurde, ist bei den Überprüfungen auf die Abbaukurve 1 (kieselartige Aggregate) des Betons Bezug genommen worden sowie auf die Abbaukurve 3 des Stahls.

Come precedentemente accennato, al fine di ovviare alla maggiore temperatura risultante dall'analisi approfondita [1] rispetto a quella svolta da RTI 4P con l'utilizzo del programma "CPI win REI Calcolo", nelle verifiche si fa riferimento alla curva di abbattimento 1 (aggregati silicei) del cls e alla curva di abbattimento 3 dell'acciaio.

3.3 KOMBINATIONS- UND TEILSICHERHEITSBEIWERTE DER WIRKUNGEN

Die zu analysierenden Wirkungskombinationen müssen, gemäß NTC 2008, mit den relativen Kombinationsbeiwerten ψ berücksichtigt werden. Bei diesem Fall werden folgende Werte angewandt:

| Lastfall / Caso di carico | ständig / permanenti | | | | | | | vorübergehend / variabili | | | außergewöhnlich / eccezionali | | | | |
|---------------------------------------|----------------------|-------------|---------------------------------------|------------------|---|------------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|---------|-------|----------------------------------|------------------------------------|
| | Eigengewicht | Oberleitung | Sohibeton | Wasserdruck | Gebirgslast ohne Auftrieb | Kriechen und Schwinden | Quell-druck | Temperatur (Sommer) | Temperatur (Winter) | Verkehrslast (Zugfahrt) | Erdbeben | Anprall | Brand | Druck infolge Zugfahrt | Sog infolge Zugfahrt |
| | Peso proprio | Catenaria | Carichi permanenti sull'arco rovescio | Carico idraulico | Carichi della roccia in condizioni asciutte | Ritiro e rilassamento | Swelling-Squeezing | Temperatura (Estate) | Temperatura (inverno) | Carico ferroviario | Sisma | Impatto | Fuoco | Carico aereodinamico (pressione) | Carico aereodinamico (aspirazione) |
| Einwirkungskombination / Combinazioni | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 | G7 | Q1 | Q1 | Q2 | E1 | A2 | A3 | A1 | A1 |
| 21 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | 0.60 | | | | | 1.00 | | |
| 22 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | 1.00 | | |
| 23 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | 1.00 | 0.60 | | | | | 1.00 | | |
| 24 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | | | | 1.00 | | |

Abbildung 6: Kombinations- und Teilsicherheitsbeiwerte der Wirkungen

3.3 COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE E PARZIALI DI SICUREZZA PER LE AZIONI

Le combinazioni delle azioni da analizzare devono essere considerate, in conformità alle NTC 2008, con i relativi coefficienti di combinazione ψ , nel caso in esame si adottano i seguenti valori:

Figura 6: Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza per le azioni

Es wird festgestellt, dass die Brandwirkung bei der Abschnittsüberprüfungen berücksichtigt wurde, wie in Kapitel 44 beschrieben, dass aber bei den Berechnungsmodellen die von den Brandtemperaturgradienten induzierten Spannungswirkungen nicht erfasst wurden.

Si precisa che l'azione del fuoco è stata considerata nelle verifiche delle sezioni, come descritto nel capitolo 44, ma nei modelli di calcolo non sono stati considerati gli effetti tensionali indotti dal gradiente di temperatura incendio.

3.4 TEILSICHERHEITSBEIWERTE DER WIDERSTÄNDE

Die benutzten Sicherheitsbeiwerte zur Überprüfung des Feuerwiderstands, wie für alle in den Schalenüberprüfungen aufgezeigten außergewöhnlichen Lastenkombinationen, wurden berücksichtigt mit:

$$\gamma_c=1.2 \text{ e } \gamma_s=1.0$$

Diese Beiwerte sind vorsichtiger als die gemäß UNI EN 1992-1-1 angeordneten einheitlichen Beiwerte.

3.4 COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA PER LE RESISTENZE

I coefficienti di sicurezza utilizzati per le verifiche al fuoco sono stati considerati, come per tutte le combinazioni di carico eccezionali riportate nelle verifiche dei rivestimenti, pari a:

$$\gamma_c=1.2 \text{ e } \gamma_s=1.0$$

Tali coefficienti sono più cautelativi rispetto ai coefficienti unitari imposti dalla UNI EN 1992-1-1.

4 ÜBERPRÜFUNGMETHODIK DER UNBEWEHRTEN ABSCHNITTE

Die in diesem Dokument ausgelegten Bemerkungen, und insbesondere die Temperaturkarten, sind auf ein 30 cm starken Abschnitt ausgewertet worden. Die Ergebnisse sind allerdings auch für dickere Abschnitte gültig, weil die Temperaturerhöhung sich innerhalb der ersten oberflächlicheren 10-15 cm erschöpft.

Um die Temperaturverteilung im Abschnitt zu finden ist der Kodex "CPI win REI Calcolo" benutzt worden, mit Anwendung der von UNI EN 1992-1-2 bestimmten Leitfähigkeitsparameter.

Zur Auswertung der Reduktion des widerstandsfähigen Schnitts im Brandfall sind 3 Methoden verglichen worden:

4 METODO DI VERIFICA DELLE SEZIONI NON ARMATE

Le considerazioni espone nel presente documento, ed in particolare le mappe di temperatura, sono state valutate su una sezione di spessore 30 cm. I risultati, tuttavia, hanno validità anche per sezioni di spessore maggiore perchè l'incremento delle temperature si esaurisce nei primi 10-15 cm più superficiali.

Per trovare la distribuzione della temperatura nella sezione è stato utilizzato il codice "CPI win REI Calcolo" adottando come parametri di conducibilità del calcestruzzo quelli definiti dalla UNI EN 1992-1-2.

Per stimare la riduzione di sezione resistente in condizioni di incendio sono stati confrontati 3 metodi:

- 1) Isothermie Methode der 500°C (Anhang B.1 des EC2)
- 2) Zonen Methode (Anhang B.2 des EC2)
- 3) Äquivalenzhypothese der von der Betonschädigungskurve eingeschlossenen Flächen 1-kc und 1-kct, jeweils auf Druck und auf Zug, mit der im Brandfall nicht reagierenden Abschnittsfläche.

- 1) Metodo dell'isoterma dei 500°C (Appendice B.1 dell'EC2)
- 2) Metodo a zona (Appendice B.2 dell'EC2)
- 3) Ipotesi di equivalenza delle aree sottese dalla curva di danneggiamento del calcestruzzo 1-kc e 1-kct, rispettivamente a compressione e a trazione, con l'area della porzione di sezione non reagente in condizioni d'incendio.

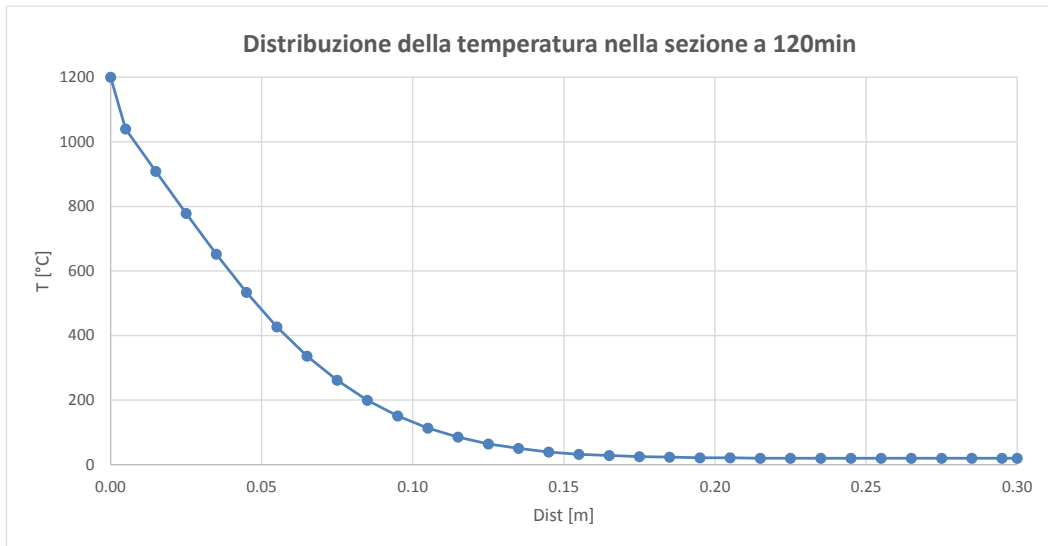


Abbildung 7: Temperaturverteilung auf 120min

Figura 7: Distribuzione della temperatura a 120min

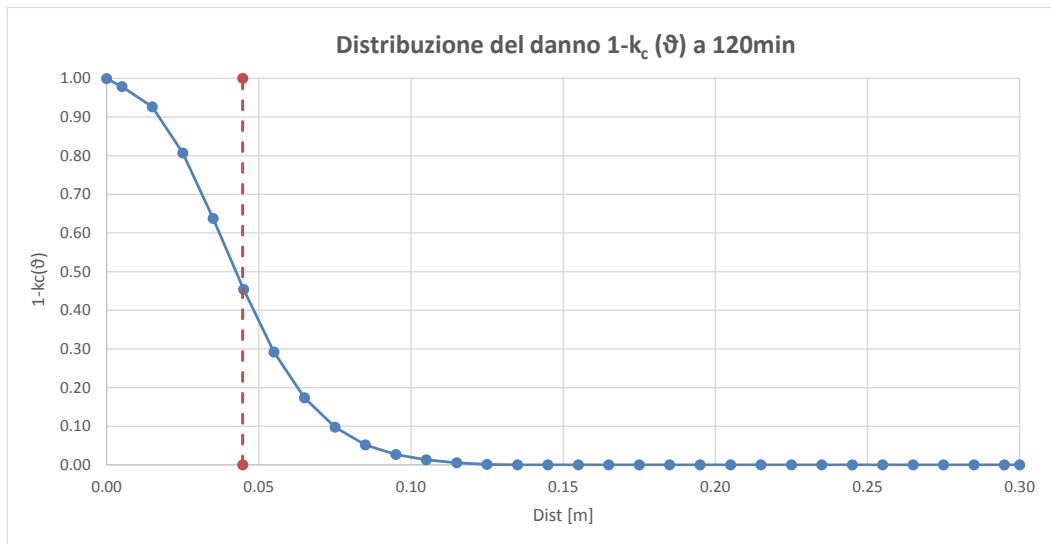


Abbildung 8: Schädigungsverteilung 1-kc(θ) auf 120min

Figura 8: Distribuzione del danno 1-kc(θ) a 120min

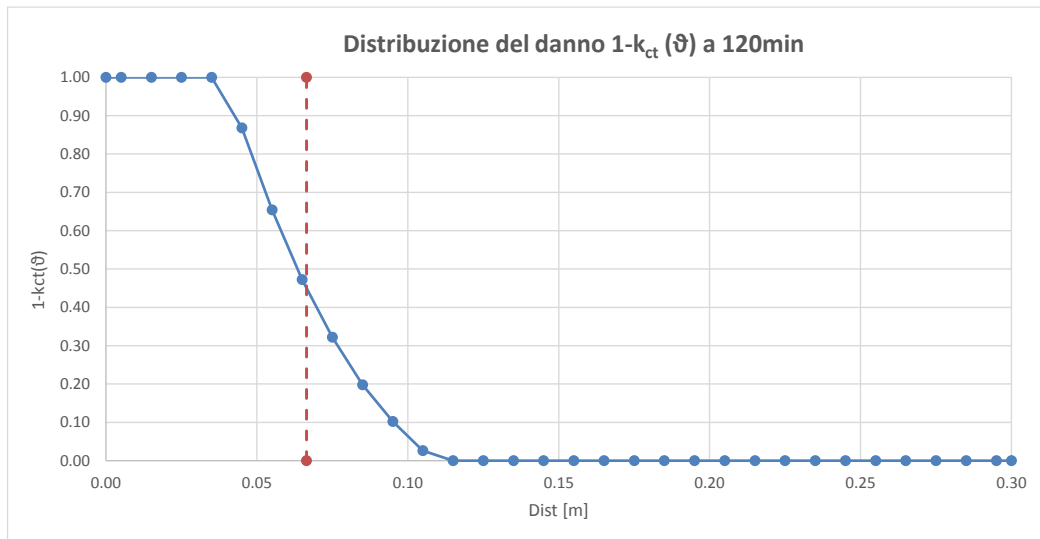


Abbildung 9: Schädigungsverteilung $1-k_{ct}(\vartheta)$ auf 120min

Figura 9: Distribuzione del danno $1-k_{ct}(\vartheta)$ a 120min

| Determinazione della sezione ridotta a 120min - COMPRESSIONE | | | | | |
|--|-------|--------------------------|-------|---|-------|
| Metodo EC2 Appendice B.1 | | Metodo EC2 Appendice B.2 | | Equivalenza della area sottese dalla curva di danno | |
| w [m] | 0.30 | w [m] | 0.30 | w [m] | 0.30 |
| $S_{T>500^\circ}$ [m] | 0.050 | $k_c(\vartheta_M)$ [-] | 1.00 | S_{damm} [m] | 0.045 |
| | | $k_{c,m}$ [-] | 0.845 | | |
| | | a_z [m] | 0.046 | | |
| w_{rid} [m] | 0.250 | w_{rid} [m] | 0.254 | w_{rid} [m] | 0.255 |
| f_{ck} [MPa] | 30.71 | f_{ck} [MPa] | 30.71 | f_{ck} [MPa] | 30.71 |

Abbildung 10: Auf Druck reduzierter Schnitt - Vergleich der 3 Methoden

Figura 10: Sezione ridotta a compressione - confronto dei 3 metodi

| Determinazione della sezione ridotta a 120min - TRAZIONE | | | | | |
|--|-------|---------------------------|-------|---|-------|
| Metodo EC2 Appendice B.1 | | Metodo EC2 Appendice B.2 | | Equivalenza della area sottese dalla curva di danno | |
| w [m] | 0.30 | w [m] | 0.30 | w [m] | 0.30 |
| $S_{T>500^\circ}$ [m] | 0.050 | $k_{ct}(\vartheta_M)$ [-] | 1.00 | S_{damm} [m] | 0.066 |
| | | $k_{ct,m}$ [-] | 0.773 | | |
| | | a_z [m] | 0.068 | | |
| w_{rid} [m] | 0.250 | w_{rid} [m] | 0.232 | w_{rid} [m] | 0.234 |
| f_{ctk} [MPa] | 2.06 | f_{ctk} [MPa] | 2.06 | f_{ctk} [MPa] | 2.06 |

Abbildung 11: Auf Zug reduzierter Schnitt - Vergleich der 3 Methoden

Figura 11: Sezione ridotta a trazione - confronto dei 3 metodi

Auf Druck haben die 3 Methoden ganz und gar vergleichbare Werte mit der Abschnittsstärke die ihre Funktionalität in einer Größenordnung von 5cm im Brandfall verliert.

A compressione, i tre metodi hanno fornito valori del tutto paragonabili con spessore della sezione che perde la sua funzionalità in caso d'incendio dell'ordine dei 5cm.

Auf Zug wird die Isothermie Methode der 500°C, da sie nicht zwischen Beton unter Druck oder Zug unterscheidet, als für wenig zuverlässig gehalten. Die anderen beiden Methoden führen zu einer Reduktion des widerstandsfähigen Schnitts von 7cm.

A trazione, il metodo dell'isoterma dei 500°C, non distinguendo tra cls in compressione e in trazione, si ritiene poco affidabile. I restanti due metodi portano ad una riduzione della sezione resistente dell'ordine dei 7cm.

Abschließend, der bei den Widerstandsüberprüfungen nicht mitarbeitender Abschnitt ist größer wenn die dem Feuer ausgesetzte Seite einem Zugspannungszustand eher als einem Druckzustand unterzogen ist. Angesichts dieser Bemerkungen ist die bei den nichtbewehrten Abschnittsüberprüfungen im Brandfall übergangene Abschnittsstärke von 5cm und 7cm jeweils in der Druckzone und in der Spannzone.

5 ÜBERPRÜFUNGMETHODE DER BEWEHRTEN ABSCHNITTE

Für die Überprüfung der bewehrten Abschnitte, analog zu den unbewehrten, werden zwei Fälle unterschieden:

- 4) die dem Feuer ausgesetzte Seite ist einem Zugspannungszustand unterzogen;
- 5) die dem Feuer ausgesetzte Seite ist einem Druckzustand unterzogen.

Im ersten Fall, wird die Widerstandsreduktion des Betons in der Druckzone mit der Verkleinerung des Berechnungsabschnitts um 5cm simuliert, analog zu dem was bei den unbewehrten Abschnitten vorgesehen ist.

Im zweiten Fall, wenn der Betonzugwiderstand in der Spannzone nicht berücksichtigt würde, hätte es kein Sinn den Schnitt wie bei den unbewehrten Abschnitten zu reduzieren. Die Überprüfung wird aber unter Berücksichtigung des ganzen Schnitts durchgeführt und durch Reduzierung des Bewehrungswiderstands in der Spannzone um den Beiwert k_s , welcher in Figura 5 aufgezeigt ist, abhängig von der erreichten Temperatur an den Stäben.

Der Temperaturverlauf im Abschnitt, Figura 7, zeigt, dass auf 6.8cm vom Rücken, Achsenposition der Bewehrung, die Temperatur 320°C erreicht. Auf Höhe dieser Bewehrung reduziert sich der Widerstand der Stäbe um 20%, d.h. $k_s=0.8$ (Kurve 3 von Figura 5).

6 SCHLUSSFOLGEN

Die aufgezeigten Überprüfungen der einzelnen Berechnungsverhältnissen der Innenschalen, in den Brandkombinationen (GZT21-22-23-24), werden durchgeführt:

- Im Fall, dass der dem Feuer ausgesetzte Rand einem Druckkraftzustand unterzogen wird, indem der Schnitt um 5 cm reduziert wird;
- Im Fall, dass der dem Feuer ausgesetzte Rand einem Zugkraftzustand unterzogen wird:
 - Durch Reduzierung, bei unbewehrtem Abschnitt, des Schnitts um 7 cm;
 - Durch Reduzierung, bei bewehrtem Abschnitt, des Bewehrungswiderstands in der Spannzone um 20%.

Concludendo, la porzione di sezione che non collabora nelle verifiche di resistenza è maggiore quando il lato esposto al fuoco è soggetto ad uno stato tensionale di trazione piuttosto che di compressione. Alla luce di queste considerazioni, lo spessore di sezione trascurato nelle verifiche delle sezioni non armate in condizioni d'incendio è di 5cm e di 7cm rispettivamente in zona compressa ed in zona tesa.

5 METODO DI VERIFICA DELLE SEZIONI ARMATE

Per le verifiche delle sezioni armate, in analogia a quelle non armate, si distinguono due casi:

- 4) lato esposto al fuoco soggetto ad uno stato tensionale di compressione;
- 5) lato esposto al fuoco soggetto ad uno stato tensionale di trazione.

Nel primo caso, la riduzione di resistenza del calcestruzzo in zona compressa viene simulata riducendo la sezione di calcolo di 5cm in analogia a quanto previsto nelle sezioni non armate.

Nel secondo caso, non considerando la resistenza a trazione del calcestruzzo in zona tesa, non avrebbe alcun senso ridurre la sezione come per le sezioni non armate, ma la verifica viene effettuata considerando l'intera sezione e riducendo la resistenza dell'armatura in zona tesa secondo il coefficiente k_s , riportato in Figura 5, in funzione della temperatura raggiunta nelle barre.

L'andamento della temperatura nella sezione, Figura 7, mostra che a 6.8cm dall'estradosso, posizione dell'asse dell'armatura, la temperatura raggiunta è pari a 320°C. In corrispondenza di tale armatura la riduzione di resistenza delle barre è pari al 20%, vale a dire $k_s=0.8$ (curva 3 di Figura 5).

6 CONCLUSIONI

Le verifiche riportate nelle singole relazioni di calcolo dei rivestimenti definitivi, nelle combinazioni d'incendio (SLU21-22-23-24), vengono condotte:

- Nel caso in cui il lembo esposto al fuoco sia soggetto ad uno stato di sforzo di compressione, riducendo la sezione di 5 cm;
- Nel caso in cui il lembo esposto al fuoco sia soggetto ad uno stato di trazione:
 - Riducendo la sezione di 7 cm nel caso di sezione non armata;
 - Riducendo la resistenza dell'armatura in zona tesa del 20% nel caso di sezione armata.

Falls die so durchgeführten Überprüfungen nicht befriedigen sollten wird mit Erhöhung der Abschnittstärke und/oder mit Erhöhung der Bewehrung weiterverfahren.

Deswegen, ist für alle Strukturen die Leistungsstufe III gesichert (Erhaltung der Feuerwiderstandsanforderungen der Strukturen für eine zur Notfallabwicklung angemessene Dauer). Dies durch das oben ausgelegte Überprüfungsverfahren mit Bezug auf die angenommene Brandlast, auf die berücksichtigte Feueraussetzungszeit (die Dauer von 120 Minuten, bezieht sich auf die höchstmögliche Strukturschädigung, ist daher der Notfallabwicklung angemessen und liegt über den zur Sicherung der Insassenevakuierung nötigen Zeitraum) sowie auf die Anordnung des Absatzes 3.6.1 von [3].

Es ist bekannt, dass die strukturelle Analyse auf probabilistischen Kriterien gründet durch denen das Restrisiko des Vorfalls $E > R$ als Probabilität definiert werden kann, dass ein bestimmter Grenzzustand (mit bestimmter Schadenintensität) erreicht werden könnte. Die angenommene Probabilität muss ihrerseits mit dem Kriterium ALARP (as low as reasonably possible) korreliert werden, d. h. dem Verhältnis zwischen Reparaturkosten und denen die aus der Akzeptierung einer höheren Leistungsstufe entstehen.

Für einige Bauwerkteile ist daher die Opportunität eine höhere Leistungsstufe zu erreichen, entsprechend der Leistungsstufe IV des Absatzes 3.6.1 von [3] (Feuerwiderstandserfordernisse der Strukturen um nach dem Brand einen begrenzten Schaden der Strukturen selbst zu gewährleisten) berücksichtigt worden. Dies um letztendlich die Reparaturkosten der möglichen Schäden zu reduzieren. Diese Teile sind:

1 - Notfallhaltestelle, mit angrenzenden Verbindungs- und Lüftungsstollen, Zentralstollen bis zur Überwindung der Weströhre sowie unterliegend Erkundungsstollen. Dieser Teil des Bauwerks ist tatsächlich der Notfallabwicklung bei Brandfall zugeordnet worden und daher ist vorgesehen, dass ein defekter Zug dort untergebracht wird, wobei deutlich höhere Möglichkeit der Brandexposition sowie des daraus hervorgehenden Rauchs entstehen.

2 - Verbindungen zwischen Haupttunnels und Querstollen. Die komplexe strukturelle Geometrie bringt mit sich solche Belastungen auf den Schalen, dass dadurch eine höhere Schadensprobabilität bei Brandfall verursacht wird.

3 - Haupttunnelstrecken in Verwerfungsbereich oder die Gebirge von geringer geomechanischer Qualität durchqueren oder mit kritischem geomechanischem Verhalten. Auch bei diesen Strecken können die Belastungen auf den Schalen eine höhere Schadensprobabilität bei Brandfall verursacht wird.

Bei diesen Bauwerkteilen kann die Erhöhung der Leistungsstufe durch Maßnahmen zur Begrenzung des Abplatzungsphänomens erreicht werden. Dies könnte die

Nel caso le verifiche così effettuate non risultassero soddisfatte si procede all'aumento dello spessore della sezione e/o all'aumento dell'armatura.

Pertanto, attraverso la procedura di verifica sopra esposta, con riferimento al carico d'incendio assunto, al tempo di esposizione al fuoco considerato (della durata di 120 minuti, che è riferibile al massimo danneggiamento possibile delle strutture e quindi congruo con la gestione dell'emergenza e superiore a quello sufficiente a garantire l'evacuazione degli occupanti) e alle indicazioni del paragrafo 3.6.1 di [3], è garantito per tutte le strutture il Livello di prestazione III (mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco delle strutture per un periodo congruo con la gestione dell'emergenza).

E' noto che l'analisi strutturale si basa su criteri probabilistici attraverso i quali il rischio residuo dell'evento $E > R$ può essere definito come la probabilità che un determinato stato limite (con determinate intensità in termini di danno) venga raggiunto. La probabilità accettata è da correlare a sua volta al criterio ALARP (as low as reasonably possible) cioè al rapporto tra i costi di riparazione dei danni e quelli derivanti dall'accettazione di un Livello di prestazione superiore.

Per alcune parti dell'opera si è quindi considerata l'opportunità di raggiungere un Livello di prestazione superiore, pari al Livello IV definito nel paragrafo 3.6.1 di [3] (requisiti di resistenza al fuoco delle strutture per garantire, dopo la fine dell'incendio, un limitato danneggiamento delle strutture stesse). Ciò al fine di ridurre i costi di riparazione dei potenziali danni. Tali parti sono:

1 - Fermata di Emergenza, con annessi cunicoli di collegamento e di ventilazione, cunicolo centrale fino allo scavalco della canna ovest e Cunicolo Esplorativo sottostante. Questa parte d'opera infatti è deputata alla gestione dell'emergenza in caso di incendio e quindi si prevede che un convoglio in avaria venga ivi ricoverato, con evidente maggiore probabilità di esposizione all'incendio e ai fumi da esso derivanti.

2 - Innessi tra Gallerie di Linea e Cunicoli Trasversali. La complessa geometria strutturale comporta sollecitazioni nel rivestimento tali da determinare una maggiore probabilità di danno in caso di incendio.

3 - Tratte delle Gallerie di Linea in zone di faglia o attraversanti zone di ammasso di scarsa qualità geomeccanica o a comportamento geomeccanico critico. Anche in tali tratte le sollecitazioni nel rivestimento possono determinare una maggiore probabilità di danno in caso di incendio.

In queste parti d'opera, l'innalzamento del Livello di prestazione può essere ottenuto attraverso provvedimenti atti a limitare il fenomeno dello spalling. Esso potrebbe comportare la completa

gesamte Aussetzung der Bewehrungen infolge der Betondeckungsausstoßung mit sich führen mit folgende:

- Erhöhung der Stahltemperatur und Unzuverlässigkeit der berücksichtigten Abbaukurven;
- Fehlen der Zusammenarbeit Stahl-Beton und daher Unzuverlässigkeit der Widerstandsüberprüfungen welche diese Zusammenarbeit berücksichtigen.

Im Bauwerkteil, das in Punkt 1 der vorhergehenden Liste angezeigt ist, sind deswegen weitere Sicherheitsmaßnahmen vorgesehen worden die in der beigefügten Tafel [2] aufgezeigt werden:

- 1) Nutzung von Polypropylen-Fasern in den Innenschalen im Maße von 1,5 - 2, 0 kg/m³;
- 2) Schutz der oberen Mittelsohlenoberfläche des Lüftungskanal mittels Isoliermaterial (Typ Promatec oder MasterRoc FP 1350 von BASF)

In den Bauwerkteilen, welche in den Punkten 2 und 3 der vorhergehenden Liste angezeigt sind, wird die Nutzung der Polypropylen-Fasern in den Innenschalen im Maße von 1,5 - 2, 0 kg/m³ vorgesehen. In der beigefügten Tafel [2] sind, hinsichtlich der derzeitigen geomechanischen Kenntnisse, vorsehbare minimale und maximale Entwicklungen der Strecken ermittelt worden, welche Gegenstand dieser Maßnahmen sein können.

Die tatsächliche Anwendung dieser muss während der Bauphase bestimmt werden abhängig vom reellen Gebirgsverhalten sowie von der glaubhafteren Vorhersagen über die erwarteten Schalenbelastungen.

esposizione delle armature a seguito dell'espulsione del copriferro con conseguente:

- innalzamento della temperatura dell'acciaio e non affidabilità delle curve di abbattimento considerate;
- mancanza di collaborazione acciaio-calcestruzzo e quindi non affidabilità delle verifiche di resistenza che considerano tale collaborazione.

Nella parte d'opera indicata al punto 1 dell'elenco precedente sono state pertanto previste le ulteriori misure di sicurezza riportate nella tavola allegata [2]:

- 1) Utilizzo di fibre in polipropilene nei rivestimenti definitivi, in misura di 1,5 - 2, 0 kg/m³;
- 2) Protezione della superficie superiore della soletta intermedia del canale di ventilazione mediante materiale isolante (tipo Promatec o MasterRoc FP 1350 della BASF)

Nelle parti d'opera indicate ai punti 2 e 3 dell'elenco precedente, si prevede l'utilizzo di fibre in polipropilene nei rivestimenti definitivi, in misura di 1,5 - 2, 0 kg/m³. Nella tavola allegata [2] sono individuati sviluppi previsionali minimi e massimi, in funzione delle attuali conoscenze geomeccaniche, delle tratte che possono essere oggetto di tale provvedimento.

L'effettiva applicazione degli stessi dovrà essere definita in fase di costruzione in funzione del reale comportamento dell'ammasso e di previsioni più attendibili sulle sollecitazioni attese nei rivestimenti.

7 VERZEICHNISSE

7.1 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: RWS Brandlastkurve | 5 |
| Abbildung 2: RABT Brandlastkurve | 5 |
| Abbildung 3: Beiwert k_c (ϑ) für den Druckwiderstandabbau (f_{ck}) des Betons bei hoher Temperatur | 6 |
| Abbildung 4: Beiwert k_c (ϑ) für den Zugwiderstandabbau (f_{ctk}) des Betons bei hoher Temperatur | 7 |
| Abbildung 5: Beiwert k_c (ϑ) zur Berücksichtigung des Abbaus des charakteristischen Zugwiderstands (f_{ctk}) der Bewehrung Klasse N | 7 |
| Abbildung 6: Kombinations- und Teilsicherheitsbeiwerte der Wirkungen | 8 |
| Abbildung 7: Temperaturverteilung auf 120min | 9 |
| Abbildung 8: Schädigungsverteilung 1- k_c (ϑ) auf 120min | 9 |
| Abbildung 9: Schädigungsverteilung 1- k_c (ϑ) auf 120min ... | 10 |
| Abbildung 10: Auf Druck reduzierter Schnitt - Vergleich der 3 Methoden | 10 |
| Abbildung 11: Auf Zug reduzierter Schnitt - Vergleich der 3 Methoden | 10 |

7.2 REFERENZDOKUMENTE

7.2.1 Eingangsdokumente

- [1] "Bewertung der Brandauswirkung im Brenner Basistunnel" – F.Pesavento – B.A. Schrefler (CISM Srl - 20.03.2014).
- [2] 02_H61_EG_995_KTB_D0700_15004: Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Grundangaben für die projektierung - Sicherheit gegen Feuereinwirkung - Lageplan

7.2.2 Normen und Richtlinien

- [3] NTC 2008 des 14. Januar 2008, " Technische Konstruktionsnormen Min.D. Infrastrukturen 2008;
- [4] Leitfaden Nr. 617, Vorgehensweise zur Anwendung der "Neue technische Konstruktionsnormen" laut MD des 14. Januar 2008
- [5] DM Infr. Und Transp. 28/10/2005, "Sicherheit in Bahntunnels. Risikoanalyse - Vorbeugung- und Schutzmaßnahmen - Plangenehmigung".

7 ELENCHI

7.1 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

| | |
|--|----|
| Figura 1: Curva della temperatura/tempo RWS..... | 5 |
| Figura 2: Curva della temperatura/tempo RABT..... | 5 |
| Figura 3: Coefficiente k_c (ϑ) per la riduzione della resistenza a compressione (f_{ck}) del calcestruzzo a elevata temperatura . | 6 |
| Figura 4: Coefficiente k_{ct} (ϑ) per la riduzione della resistenza a trazione (f_{ctk}) del calcestruzzo a elevata temperatura | 7 |
| Figura 5: Coefficiente k_s (ϑ) per tener conto della diminuzione della resistenza caratteristica (f_{yk}) a trazione dell'armatura classe N. | 7 |
| Figura 6: Coefficienti di combinazione e parziali di sicurezza per le azioni | 8 |
| Figura 7: Distribuzione della temperatura a 120min | 9 |
| Figura 8: Distribuzione del danno 1- k_c (ϑ) a 120min..... | 9 |
| Figura 9: Distribuzione del danno 1- k_{ct} (ϑ) a 120min..... | 10 |
| Figura 10: Sezione ridotta a compressione - confronto dei 3 metodi | 10 |
| Figura 11: Sezione ridotta a trazione - confronto dei 3 metodi | 10 |

7.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

7.2.1 Documenti in ingresso

- [1] "Valutazione dell'impatto da incendio nel Brenner Basistunnel" – F.Pesavento – B.A. Schrefler (CISM Srl - 20.03.2014).
- [2] 02_H61_EG_995_KLP_D0700_15004 - Galleria Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Dati di base per la progettazione - Sicurezza nei riguardi dell'esposizione al fuoco - Planimetria

7.2.2 Normativa

- [3] NTC 2008 del 14 gennaio 2008, "Norme tecniche delle Costruzioni D. Min. Infrastrutture".
- [4] Circolare n.617, Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008
- [5] D.M. Infr. e Trasp. 28 ottobre 2005, "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie. Analisi dei rischi - Misure di prevenzione e protezione - Approvazione dei progetti".

- [6] UNI EN 1992-1-1:2005 "Planung der Betonstrukturen Teil 1-1: Allgemeinregeln und Gebäuderegeln";
- [7] UNI EN 1992-1-2:2005 „Planung der Betonstrukturen Teil 1-2: Allgemeinregeln – Brandschutz Strukturplanung“
- [8] UNI 11076: vom 1. Juli 2003, "Testmodalitäten zur Verhaltensbewertung der an Untertagebauten Decken angebrachten Schutzmaßnahmen in Brandfall".
- [9] D.M. 16.02.2007 "Feuerwiderstandsklassifizierung von Erzeugnisse und Bauelemente für Bauwerke"
- [10] 2008/163/CE "Sicherheit in Eisenbahntunnels im transeuropäischen konventionellen und Hochgeschwindigkeitseisenbahnsystem"
- [6] UNI EN 1992-1-1:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici"
- [7] UNI EN 1992-1-2:2005 "Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"
- [8] UNI 11076 del 1 luglio 2003, "Modalità di prova per la valutazione del comportamento di protettivi applicati a soffitti di opere sotterranee, in condizioni di incendi".
- [9] D.M. 16.02.2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione"
- [10] 2008/163/CE "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità"