

De Eurocodes: brandweerstand van draagstructuren

Kennisbank Bouwfysica

Auteur: ir. Emmy Streuve, Universiteit van Gent © 2003

1 Inleiding

In het grootste deel van de Europese landen is de berekeningsmethode voor brand van structuren gebaseerd op proefresultaten volgens genormaliseerde methodes. De wetgeving die de weerstand tegen brand voorschrijft, houdt rekening met de onzekerheden ten aanzien van de bereikte temperaturen bij een werkelijke brand. De beperkingen van de proefmethoden in acht genomen, zijn specifieke proeven - gecombineerd met beoordelingsmethodes - vereist. De genormaliseerde proefresultaten maken de basis uit van de berekeningsmethodes, die door Eurocodes zijn vastgelegd.

De Eurocodes bestaan uit een geïntegreerd geheel van Europese normen voor de conceptie en dimensionering van gebouwen en structuren in de burgerlijke bouwkunde, inclusief funderingen en seismische weerstand.

Er zijn tien Eurocodes (elk onderverdeeld in verschillende onderdelen):

De eerste Eurocode geeft een algemeen beeld weer van het ontwerp van draagstructuren. Ze bestaat uit twee delen "Eurocode 0" en "Eurocode 1", die samen gepubliceerd worden onder de naam "Eurocode 1":

"Eurocode 0" bevat de algemene regels voor de berekening volgens de methode van de grenstoestanden (dit is de filosofie van de Eurocodes).

"Eurocode 1" geeft de rekenwaarden voor belastingen, zoals eigen gewicht en andere vaste belastingen, overbelastingen, belasting ten gevolge van brand, sneeuw, wind, temperatuur, verkeer. Vervolgens bestaan er Eurocodes voor de verschillende constructiematerialen:

voor beton	Eurocode 2
voor staal	Eurocode 3
voor gemengde (staal- en beton-) structuren	Eurocode 4
voor hout	Eurocode 5
voor metselwerk	Eurocode 6
voor aluminium	Eurocode 9

De delen 1-2 van de voorgaande Eurocodes betreffen de berekening van specifieke structuren die aan brand worden blootgesteld. Zij omvatten de bijlagen bij de delen 1-1, die de berekening van die structuren bij omgevingstemperaturen betreffen.

Er bestaat een speciale Eurocode voor geotechniek (*Eurocode 7*) en voor de conceptie en dimensionering van structuren onderhevig aan aardbevingen (*Eurocode 8*) — ook seismische belastingen genoemd.

2 Eurocodes versus brandbelasting: berekeningen bij brand

Om te vermijden dat voor elk constructieproduct een afzonderlijke brandweerstandtest noodzakelijk zou zijn, heeft het Technisch Comité CEN TC250 (het Comité dat verantwoordelijk is voor het ontstaan van de Eurocodes) berekeningsmethodes ontwikkeld om de brandweerstand van constructies in beton, staal, gemengde (staal- en beton-) structuren, hout, metselwerk en aluminium te berekenen. Deze berekeningsmethodes zijn terug te vinden in de Eurocodes deel 1-2: "Berekening bij brand".

De volgende Eurocodes zijn opgesteld en aangenomen onder de vorm van voornormen ENV (Europese voornormen):

EC1, part 2.2	ENV 1991-2-2	actions on exposed to fire (<i>berekening bij brand</i>)
EC2, part 1.2	ENV 1992-1-2	structural fire design of concrete structures (<i>berekening bij brand van betonnen structuren</i>)
EC3, part 1.2	ENV 1993-1-2	structural fire design of steel structures (<i>berekening bij brand van stalen structuren</i>)
EC4, part 1.2	ENV 1991-2-2	structural fire design of composite steel concrete structures (<i>berekening bij brand van gemengde (staal- en beton-) structuren</i>)
EC5, part 1.2	ENV 1995-1-2	structural fire design of timber structures (<i>berekening bij brand van houten structuren</i>)
EC6, part 1.2	ENV 1996-1-2	structural fire design of masonry structures (<i>berekening bij brand van structuren uit metselwerk</i>)
EC9, part 1.2	ENV 1999-1-2	structural fire design of aluminium structures (<i>berekening bij brand van aluminiumstructuren</i>)

3 Nazicht van de brandweerstand

De brandweerstand van een constructie kan nagezien worden volgens een van volgende analyses:

- **Globale structurele analyse**
 Voor de globale structurele analyse moet nagegaan worden dat $E_{d,fi} < R_{d,fi}$ met $E_{d,fi}$ is de rekenwaarde van het beschouwde belastingeffect (meestal een snedekracht, op het tijdstip t inclusief indirecte acties). $R_{d,fi}$ is de rekenwaarde van de corresponderende weerstand in de brandsituatie op tijdstip t . t is de beschouwde tijdsduur sinds de aanvang van de brand. Het gebruikte constructief model moet het verwachte gedrag van de constructie tijdens de brand weergeven. Dit betekent dat rekening moet gehouden worden met de relevante bezwijkmethodes bij brand, met temperatuursafhankelijke materiaaleigenschappen met inbegrip van stijfheid en effecten thermische uitzettingen en vervormingen.
- **Analyse van deelsystemen**
 Als alternatief voor de globale structurele analyse van de volledige constructie voor verschillende brandsituaties kan een structurele analyse van gedeelten van de constructie of deelsystemen uitgevoerd worden, waarbij de deelsystemen blootgesteld worden aan een brand en geanalyseerd worden. Deelsystemen moeten gespecificeerd worden op basis van de mogelijke thermische uitzettingen en vervormingen zodanig dat de interactie met andere

delen van het systeem kan benaderd worden door tijdsonafhankelijke opleggings- en randvoorwaarden gedurende de blootstelling aan brand. Effecten van permanente en veranderlijke belasting aan de opleggingen en de randen worden verondersteld in overeenstemming te zijn met deze berekend volgens ENV 1992-1-1.

De combinatieregel $\Sigma Y_{GAj} + Y_{PA}P_k + A_d + \psi_{1,1}Q_{k1} + \Sigma \psi_{2i}Q_{ki}$ is van toepassing.

(G_k = permanente belasting, Q_k = veranderlijke belasting P_k = eventuele voorspanning en A_d = rekenwaarde van de accidentele belasting)

- Analyse van elementen.

De opleggings- en randvoorwaarden van elementen corresponderend met deze vermeld in ENV 1992-1-1 mogen gebruikt worden. Waar andere voorwaarden van toepassing zijn, worden ze gedefinieerd in de desbetreffende bepalingen.

Volgens ENV 1992-1-2 is het gebruik van $\eta_{fi} = E_{fi,d}/E_d$ ⁽¹⁾ ook hier van toepassing. De effecten van thermische uitzetting dienen over het algemeen niet in aanmerking genomen te worden met uitzondering van deze resulterend uit thermische gradiënten.

Voor het nazicht van standaard brandweerstandseisen is, over het algemeen, een analyse van elementen voldoende. Echter, er moet worden nagegaan of het werkelijk constructief gedrag niet te veel afwijkt van de vereenvoudigde analyse. Immers, thermische acties kunnen belangrijke gevolgen hebben voor ingeklemde elementen waarbij bijkomende snedekrachten ontstaan in niet-geschoorde raamwerken waar bijkomende tweede-orde effecten optreden. Deze effecten mogen met vereenvoudigde rekenmethodes begroot worden waar mogelijk, of anders met algemene rekenmethodes.

Getabelleerde waarden, vereenvoudigde en algemene methodes vermeld in lid 4.2, 4.3 en 4.4 van ENV 1992-1-2 zijn geschikt om elementen te verifiëren in een brandsituatie. De methode met getabelleerde gegevens bestaat uit een eenvoudig nazicht van de afmetingen van de dwarsdoorsnede en van de afstand van de as van de wapening tot het meest dichtbij gelegen blootgesteld oppervlak. In sommige gevallen zijn een eenvoudig nazicht van het belastingsniveau en aanvullende constructieve schikkingen eveneens vereist.

Wanneer de werkelijke staalspanning en temperatuur nauwkeuriger gekend zijn, mogen de waarden in de tabellen aangepast worden.

4 Berekeningsmodellen

De Eurocodes laten een evaluatie van de weerstand tegen brand toe volgens drie berekeningsmodellen, waarbij de eenvoudigste modellen in principe meer naar de veilige kant zijn dan de meer ingewikkelde:

De drie evaluatiemethodes zijn:

$$^{(1)} \eta_{fi} = (Y_{GA}G + \psi_{1,1}Q) / (Y_GG + Y_QQ) = (G + \psi_{1,1}Q) / (1,35G + 1,5Q)$$

1. de weerstand van bouwelementen is gegeven in tabellen;
2. de weerstand van de bouwelementen of delen van structuren is bepaald door een vereenvoudigde rekenmethode;
3. het brandgedrag van een bouwelement, structuuronderdeel of een gehele structuur is bepaald door meer ingewikkelde algemene berekeningsmethodes.

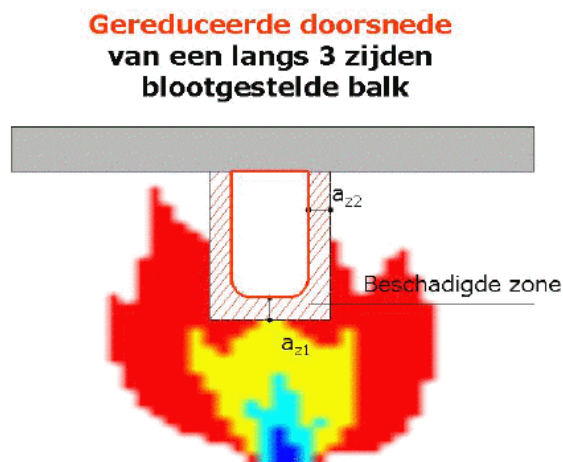
5 Nazicht van de brandweerstand aan de hand van tabellen

Deze methode is toepasselijk op het nazicht van afzonderlijke elementen. De tabellen zijn empirisch opgesteld en gebaseerd op proefresultaten. Meestal werd vertrokken van eerder

conservatieve aannamen. De gegeven waarden zijn gebaseerd op de standaardbrandvoorwaarden en standaardbrandcurve.

5.1 Vereenvoudigde rekenmethodes

Deze vereenvoudigde rekenmethodes zijn gebaseerd op conventionele modellen en gebruiken van de standaardbrandcurve. Aan de hand van opgestelde temperatuurprofielen opgenomen in annex B van ENV 1992-1-2 wordt een gereduceerde dwarsdoorsnede voorgesteld. Deze wordt verkregen door van de dwarsdoorsnede de beschadigde zone met dikte a_z weg te laten langsheen de oppervlakken aan brand blootgesteld.



figuur 1. de beschadigde zone van een aan brand blootgestelde balk reduceert de effectieve doorsnede van de balk

- basismethode

in punt $M < 500^\circ\text{C}$: gereduceerde rekenwaarde van de druksterkte is $f_{cd}(\theta_M) = k_c(\theta_M) f_{ck}(20^\circ\text{C})$

in punt $M \geq 500^\circ\text{C}$ $f_{ck} = 0$

alternatieve methode uit Nationaal Toepassingsdocument (NTD):

$k_c(\theta_M) = 1$ voor $\theta_M < 500^\circ\text{C}$

$k_c(\theta_M) = 0$ voor $\theta_M \geq 500^\circ\text{C}$

- algemene berekeningsmethodes

Algemene berekeningsmethodes mogen gebruikt worden voor individuele elementen, voor deelsystemen en voor volledige systemen en voor elk type van dwarsdoorsnede. Ze zijn gebaseerd op fundamentele fysische wetmatigheden, leidend tot een betrouwbare benadering voor het verwachte gedrag van het relevante constructie-element ingeval van brand.

Algemene berekeningsmethodes mogen afzonderlijke submodellen omvatten voor de bepaling van:

- de ontwikkeling en verdeling van de thermische belasting (model voor het brandscenario);
- de ontwikkeling en verdeling van de temperatuur binnen het constructie-element (model voor het thermisch gedrag);
- het mechanisch gedrag voor het systeem of voor om het even welk deel ervan (model voor het mechanisch gedrag).

Deze methode dus laat een complete thermische en mechanische analyse van de structuur toe. De continue veranderingen van de thermische en mechanische eigenschappen van de materialen en hun effecten op de volledige structuur worden in rekening gebracht. Elke mogelijke wijze van bezwijken die niet bestreken wordt door de algemene berekeningsmethode zal uitgesloten worden door passende constructieve schikkingen (bij voorbeeld onvoldoende rotatiecapaciteit, afspringen van de betondekking, lokaal uitknikken van de gedrukte wapening, dwarskrachtbreuk en hechtingsbreuk, schade aan verankering). Deze vooruitstrevende methode laat toe om bijkomende randvoorwaarden en niet-homogene verdeling van de temperatuur aan de binnenzijde van de elementen in rekening te brengen. Het is noodzakelijk om zeer gesofisticeerde rekenprogramma's te gebruiken die veel kennis en ook tijd vergen.