

Tabel 4. Brandwerendheidseisen met betrekking tot bezwijken (zie Bouwbesluit tabel I en V).

bouwconstructie	brandwerendheidseis (min.)
bouwconstructie waarvan het bezwijken leidt tot het onbruikbaar worden van een vluchtmogelijkheid	30
1. hoofddraagconstructie van een niet in een woongebouw gelegen woning 2. hoofddraagconstructie van een slaapgebouw (hotels en ziekenhuizen), waarin geen vloer van een verblijfsgebied hoger is gelegen dan 5 m boven het aansluitende terrein	60
hoofddraagconstructie van een gebouw, waarin de vloer van het hoogst gelegen verblijfsgebied is gelegen tussen 5 m en 13 m boven het aansluitende terrein	90
hoofddraagconstructie van een gebouw, waarin een vloer van een verblijfsgebied hoger is gelegen dan 13 m boven het aansluitende terrein	120

De brandwerendheid met betrekking tot de scheidende functie is 0, 20, 30 of 60 minuten afhankelijk van het gebouwtype, de hoogte van de hoogstgelegen vloer van een verblijfsgebied in het gebouw en de functie en grootte van de te scheiden compartimenten. Zie hiervoor het Bouwbesluit, artikel 14 en 15 voor woningen, artikel 232 voor kantoren en artikel 257 voor logiesgebouwen.

7.3 Grenstoestand met betrekking tot de dragende functie

7.3.1 Kanaalplaatvloeren

Buiging

Op basis van tientallen brandproeven op star ondersteunde kanaalplaten zijn ontwerpregels ontwikkeld voor de brandwerendheid met betrekking tot bezwijken op buiging (en m.b.t. de scheidende functie, zie 7.4). De belangrijkste parameters zijn de dikte van de kanaalplaat, inclusief eventuele druklaag, en de wapeningsafstand, zijnde de afstand van het hart van de voorspanstrengen tot de onderkant van de plaat (de verhitte zijde).

De minimale afmetingen, om bezwijken op buiging binnen de gestelde brandwerendheidseis te voorkomen, zijn gepresenteerd in tabel 5, ontleend aan prEN 1168-1 [16]. Indien de voorspanning in meerdere lagen is geplaatst, moet het gewogen gemiddelde van de wapeningsafstand worden getoetst.

Tabel 5. Minimale afmetingen voor de brandwerendheid met betrekking tot bezwijken op buiging.

brandwerendheidseis (min.)	30	60	90	120
minimale vloerdikte (mm)	100	120	140	160
nominale wapeningsafstand (mm)	20	30	40	50

Dwarskracht

Een beperkt aantal brandproeven is uitgevoerd op kanaalplaten met een hoogte variërend van 160 - 200 mm, opgelegd op geïntegreerde stalen liggers en in sommige gevallen voorzien van

een constructieve druklaag. Uit deze proeven is gebleken dat voor kanaalplaten in sommige gevallen de dwarskracht maatgevend kan zijn onder brandomstandigheden.

Het dwarskrachtdraagvermogen van de kanaalplaat onder brandomstandigheden hangt onder meer af van:

- de dikte van de kanaalplaat en de wapeningsafstand (zie tabel 5);
- de thermische spanningen;
- de afnemende materiaaleigenschappen bij verhoogde temperatuur (zie NEN 6071 [1], hoofdstuk 8);
- de stijfheid van de liggers waarop de kanaalplaten zijn opgelegd (zie ook hoofdstuk 6);
- de temperatuur van de flens van de stalen ligger waarop de kanaalplaat is opgelegd. Op de eerste plaats biedt de flens thermische bescherming aan de oplegzone van de kanaalplaat en daarmee aan de eindverankering van de voorspanstrengen. Daarnaast hangt de stijfheid van de flens af van de temperatuur en daarmee heeft de temperatuur een belangrijke invloed op het oplegpunt van de kanaalplaat. Indien de stijfheid van de flens bij verhoogde temperatuur vermindert, verschuift het oplegpunt van de kanaalplaat richting het einde van de plaat hetgeen het dwarskrachtdraagvermogen vermindert;
- aanvullende maatregelen met betrekking tot de detaillering van de oplegging om het dwarskrachtdraagvermogen te vergroten onder normale omstandigheden en bij brand.

Op basis van deze overwegingen, de bovengenoemde brandproeven en de brandproeven op star ondersteunde platen zijn de onderstaande ontwerprichtlijnen ontwikkeld.

30 of 60 minuten brandwerendheid

Geen maatregelen met betrekking tot de detaillering zijn vereist, anders dan de koppelwapening voor de overdracht van horizontale krachten en voor de verzekering van de samenhang van de vloer. De koppelwapening is ook vereist onder normale omstandigheden en is reeds gespecificeerd in hoofdstuk 3 (zie ook NEN 6720 [5], artikel 9.12.4).

Indien een constructieve druklaag wordt toegepast, kan de koppelwapening achterwege blijven. De constructieve druklaag moet een nominale dikte van 50 mm met inachtneming van de zeeg bezitten met een wapeningsnet van ten minste $98 \text{ mm}^2/\text{m}$ of zoveel meer als noodzakelijk is voor de scheurbeperving.

90 minuten brandwerendheid

Naast de vereiste koppelwapening moet één van de volgende twee maatregelen worden getroffen:

1. De eerste maatregel betreft de thermische isolatie van de geïntegreerde stalen ligger. De ligger moet zodanig zijn geïsoleerd dat de flens waarop de kanaalplaat is opgelegd na 90 minuten geen hogere temperatuur heeft dan $650 \text{ }^\circ\text{C}$.
2. Indien de ligger niet wordt geïsoleerd, moet de belastinggraad met betrekking tot dwarskracht worden gecontroleerd. De belastinggraad wordt gedefinieerd als:

$$\eta = \frac{V_{\theta,d}}{V_{u,s}} \quad (7.1)$$

waarin:

- η is de belastinggraad met betrekking tot de dwarskracht;
- $V_{0;d}$ is de rekenwaarde van de optredende dwarskracht bij brand door de belasting volgens 7.1;
- $V_{u;s}$ is de representatieve waarde van de weerstand tegen dwarskracht in normale omstandigheden op een starre ondersteuning. Deze kan woren bepaald volgens tabel 4.

In de meeste gebouwen ligt de belastinggraad bij brand tussen 0,4 - 0,7. Indien het effect van de flexibele ondersteuning in rekening is gebracht volgens punt 1 van 6.3.2 op de controle van het dwarskrachtdraagvermogen van de kanaalplaat onder normale omstandigheden, dan zal de belastinggraad met betrekking tot dwarskracht voor de kanaalplaat bij brand nog lager liggen.

Kanaalplaten bezitten ten minste 90 minuten brandwerendheid met betrekking tot bezwijken op dwarskracht indien geldt voor de belastinggraad met betrekking tot de dwarskracht: $\eta \leq 0,2$. Bij deze oplossing moet de koppelwapening in de met beton gevulde kanalen (sleufsparingen) worden geplaatst in plaats van in de langsvoegen. De verankeringslengte bedraagt 600 mm.

Als een constructieve druklaag is toegepast, kan de koppelwapening achterwege blijven.

120 minuten brandwerendheid

Een constructieve druklaag en koppelwapening geplaatst in ten minste twee kanalen per kanaalplaat zijn noodzakelijk. Voor de koppelwapening moet betonstaal met een diameter van ten minste 10 mm zijn toegepast, die wordt ingestort over ten minste 600 mm. Daarnaast moet de ligger thermisch worden beschermd, indien de belastinggraad met betrekking tot de dwarskracht van de kanaalplaten groter is dan 0,2. De isolatie moet zodanig zijn dat de flens, waarop de kanaalplaten zijn opgelegd, niet heter wordt dan 650 °C.

7.3.2 Geïntegreerde stalen liggers

Geïntegreerde stalen liggers worden tijdens brand slechts aan één zijde verhit. Bovendien kan de ligger de warmte van de brand aan drie zijden afstaan aan de betonnen vloer waarin de ligger is opgenomen. Hierdoor loopt de temperatuur aanzienlijk langzamer op dan in gewone stalen liggers, waardoor aanzienlijk hogere brandwerendheden mogelijk zijn zonder thermische isolatie. Daarnaast ontstaat in tegenstelling tot normale stalen liggers een niet-uniforme temperatuurverdeling over de doorsnede. Een bepaling van de brandwerendheid volgens NEN 6072 [2] op basis van de uniforme temperatuurverdeling is daardoor niet goed mogelijk. Niettemin is met een conservatieve beschouwing van de profielfactor van de onderplaat volgens NEN 6072 [2] de brandwerendheid te bepalen.

Uit brandproeven en computersimulaties van de opwarming van de ligger is gebleken dat door goede thermische bescherming van de vloer voor geïntegreerde stalen liggers geen aanvullende maatregelen noodzakelijk zijn om 30 minuten brandwerendheid te bereiken.

Indien de belastinggraad met betrekking tot bezwijken op buiging lager is dan 0,35, heeft de ligger zonder verdere maatregelen 60 minuten brandwerendheid.

Indien de belastinggraad hoger is of een hogere brandwerendheid wordt vereist, kan een vereenvoudigde berekening van de brandwerendheid worden gemaakt volgens NEN 6072 [2]. Hierbij moet conservatief voor de bepaling van de profielfactor van de ligger worden uitgegaan van de profielfactor van de aan brand blootgestelde onderflens en moet de correctiefactor worden toegepast voor driezijdig verhitte liggers (NEN 6072 [2], artikel 10.3.3):

$$P_{\text{gsI}} = \frac{b_{\text{of}} + 2d_{\text{of}}}{b_{\text{of}}d_{\text{of}}} \quad (7.2)$$

waarin:

- P_{gsI} is de profielfactor van de geïntegreerde stalen ligger;
- b_{of} is de breedte van de aan brand blootgestelde onderflens;
- d_{of} is de dikte van de aan brand blootgestelde onderflens.

Met deze aanpak kan ook eenvoudig de benodigde isolatie worden berekend.

Een andere aanpak is het versterken van de ligger door de toepassing van langswapening in het om de ligger gestorte beton. De wapening moet wel dusdanig met de ligger zijn verbonden dat constructieve samenwerking ontstaat (zie 4.2). Voor de berekening van de bijdrage van wapening aan de brandwerendheid en voor de berekening van staalbeton liggers kan op basis van het gelijkwaardigheidsbeginsel worden verwezen naar [19] en naar Eurocode 4 [14].

7.4 Grenstoestand met betrekking tot de scheidende functie

De scheidende functie bestaat uit een eis aan de thermische isolatie en een eis aan de integriteit van de constructie.

7.4.1 Thermische isolatie

De temperatuur aan de niet-verhitte zijde van de vloer mag gemiddeld niet meer dan 140 °C en lokaal niet meer dan maximaal 180 °C stijgen binnen de gestelde brandwerendheid. De vloerconstructie voldoet aan de brandwerendheidseisen met betrekking tot de scheidende functie indien de vloerdikte voldoet aan het gestelde in tabel 5.

7.4.2 Integriteit

Om de integriteit van de constructie voor 30, 60, 90 of 120 minuten brandduur te waarborgen moet:

- afspatten van de betondekking op de wapening worden voorkomen volgens artikel 6.1.2 van NEN 6071 [1];
- de voegconstructies tussen de kanaalplaten worden uitgevoerd volgens artikel 12.4 van NEN 6071 [1];
- de detaillering van de oplegging van de kanaalplaten op de liggers voldoen aan het gestelde in 7.3.

8. DETAILLERING

In dit hoofdstuk worden details gegeven van de verbinding tussen kanaalplaten onderling en kanaalplaten en verticale stabiliteitsvoorzieningen. De details zijn ontleend aan [19]. De verbinding tussen de kanaalplaat en de ligger is behandeld in hoofdstuk 3.

In figuur 20 is een voorbeeld gegeven van een plattegrond van een vloerconstructie die ook een horizontale stabiliteitsfunctie vervult.

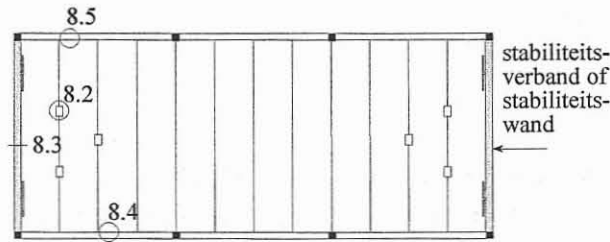


Fig. 20. Plattegrond van een vloerconstructie bestaande uit kanaalplaten met geïntegreerde liggers die ook als horizontale schijf fungeert.

8.1 Verbinding tussen kanaalplaten en stabiliteitsvoorzieningen

Indien de schuifkracht, die de langsvoeg tussen de kanaalplaten moet overdragen, moet worden verhoogd vanwege bijvoorbeeld de afdracht van de schuifkracht door de schijfwerking van de vloer, kan een versterking van de voeg noodzakelijk zijn. Deze verbinding tussen de kanaalplaten onderling is in detail weergegeven in figuur 21.

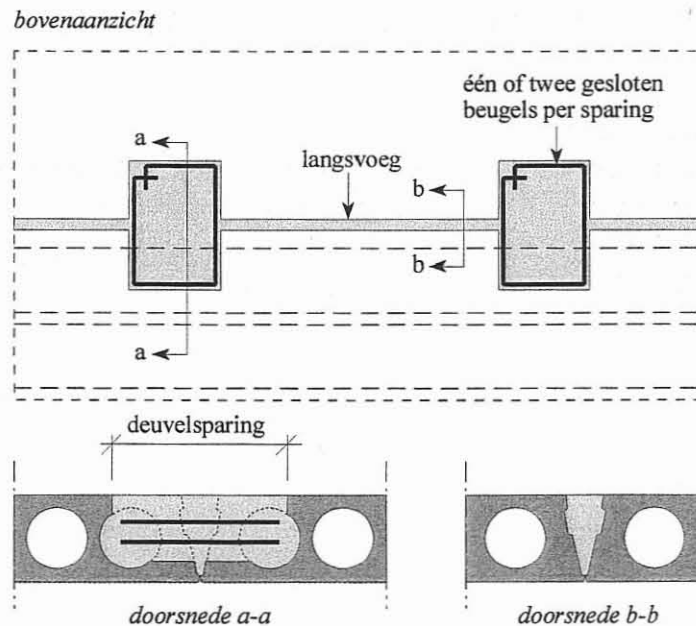


Fig. 21. Voorbeeld van versterking van de schuifweerstand van de langsvoeg ten behoeve van de schijfwerking van de vloerconstructie.