

TNO-rapport

2002-CVB-R06136

Brandwerendheid van Geïntegreerde Liggers

Datum	november 2002
Auteur(s)	Ir. A. Breunese Ir. J.H.H. Fellingner
Aantal pagina's	23
Aantal bijlagen	2
Opdrachtgever	Bouwen met Staal Postbus 29075 3001 GB ROTTERDAM
Projectnaam	Brandwerendheid van geïntegreerde liggers
Projectnummer	006.25142/01.01

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoekopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

Inhoudsopgave

1	Probleemstelling	3
2	Onderzoek	4
3	Opdrachtgever	5
4	Toepassingsgebied	6
4.1	Profielen	6
4.2	Brandomstandigheden	6
4.3	Statisch schema	6
4.4	Materialen	6
5	Uitgangspunten van de berekening	7
5.1	Geometrie van de doorsnede	7
5.2	Materiaaleigenschappen	8
6	Karakteristieke temperaturen	10
7	Rekenregels	12
7.1	Controle van de draagkracht in dwarsrichting	12
7.1.1	IFB	13
7.1.2	SFB	13
7.1.3	THQ	14
7.2	Doorsnedereductie t.b.v. axiaal moment	15
7.2.1	IFB	16
7.2.2	SFB	16
7.2.3	THQ	17
7.3	Plastisch moment	17
7.3.1	Vereenvoudigde bepaling m.b.v. tabel	17
7.3.2	Doorsnedebeschouwing	18
8	Rekenvoorbeeld	19
8.1	Basisgegevens	19
8.2	Controle draagkracht in dwarsrichting	19
8.2.1	Plaat	19
8.2.2	Onderflens	20
8.3	Axiaal moment	20
8.3.1	Vereenvoudigde methode	20
8.3.2	Handmatige berekening met temperatuurtabellen	21
8.3.3	Alternatieve constructie	22
9	Referenties	23
	Bijlage(n)	
	A Tabellen met karakteristieke temperaturen	1
	B Tabellen met plastische weerstandsmomenten	1

1 Probleemstelling

De laatste jaren worden geïntegreerde stalen liggers steeds meer toegepast, met name in de verdiepingsbouw. De liggers worden in de vloer geïntegreerd zodat een bijna vlakke vloerplaat ontstaat. De voordelen van dit vloersysteem ten opzichte van traditionele vloersystemen met de liggers onder de betonvloer zijn

- een dun vloerpakket waardoor op de kosten van de gevel kan worden bespaard;
- een eenvoudige plaatsing van leidingen onder het vloerpakket;
- verhoogde brandwerendheid door de thermische bescherming die de betonnen vloer aan de ligger biedt. Tevens is het isoleren van de ligger (bij hogere brandwerendheden) goedkoper, doordat alleen de onderplaat bekleed hoeft te worden;
- lage kosten voor de duurzame bescherming van het staal. Dit aspect is minder relevant doordat dit vloersysteem normaliter in een binnensituatie wordt toegepast.

Echter de Nederlandse regelgeving voorziet niet in goede rekenregels om de brandwerendheid van geïntegreerde liggers te bepalen. Door de thermische bescherming die de vloer aan de ligger geeft, ontstaat een sterke niet-uniforme temperatuursverdeling in de ligger, terwijl NEN 6072, de Nederlandse norm voor de bepaling van de brandwerendheid van stalen bouwdelen, uitgaat van uniforme temperatuursverdeling in het staal.

Voor een alternatieve bepaling van de brandwerendheid van geïntegreerde liggers heeft de constructeur slechts de beschikking over een beperkt arsenaal van eenvoudige rekenregels. Zo zijn in de uitgave “Verdiepingbouw in staal en beton” matig gedocumenteerde rekenregels gegeven voor de bepaling van de temperatuurontwikkeling in verschillende typen doorsneden. Met behulp van de met deze rekenregels gevonden temperatuurverdeling kan in een plastische doorsnede berekening de draagkracht bij brand worden gecontroleerd. Ook in de ECCS model code zijn (bewerkelijke) rekenregels voor SFB-liggers opgenomen.

Doel van het onderzoek is het opstellen van eenvoudige rekenregels voor de bepaling van de brandwerendheid van geïntegreerde liggers van de typen THQ, SFB en IFB.

Deze rekenregels zullen worden ondersteund met eindige elementen simulaties in DIANA, waarin het temperatuurverloop in de doorsneden afhankelijk van de tijd gesimuleerd wordt, uitgaande van standaard brandomstandigheden. Deze simulaties leiden tot tabellen met karakteristieke temperaturen, die gebruikt zullen worden in de berekening van het buigend moment. Bovendien worden de karakteristieke temperaturen gegeven om de draagkracht te toetsen in de dwarsrichting: de afdracht van de oplegreactie van de vloer naar het liggerlijf via de onderflens van de ligger.

2 Onderzoek

Doel van het onderzoek is het opstellen van eenvoudige rekenregels voor de bepaling van de brandwerendheid van geïntegreerde liggers van de typen THQ, SFB en IFB. Deze rekenregels zullen worden ondersteund met eindige elementen simulaties in DIANA, waarin het temperatuurverloop in de doorsneden afhankelijk van de tijd gesimuleerd wordt, uitgaande van standaard brandomstandigheden. Deze simulaties leiden tot tabellen met karakteristieke temperaturen, die gebruikt zullen worden in de berekening van het buigend moment. Bovendien worden de karakteristieke temperaturen gegeven om de draagkracht te toetsen in de dwarsrichting: de afdracht van de oplegreactie van de vloer naar het liggerlijf via de onderflens van de ligger.

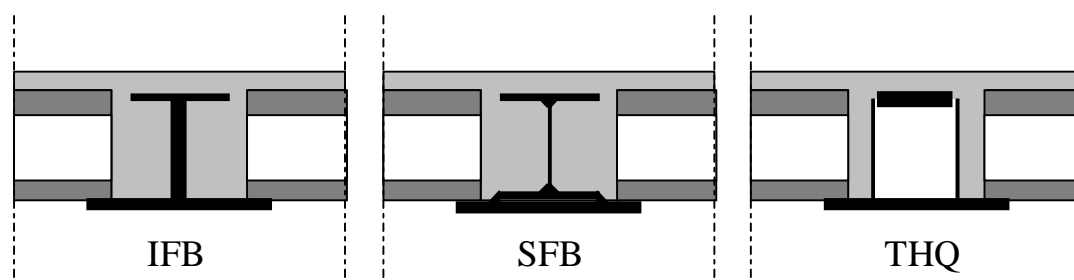
3 Opdrachtgever

Bouwen met Staal
Dr.ir. A.F. (Ralph) Hamerlinck
Groothandelsgebouw A-4.194
Stationsplein 45
Postbus 29075
3001 GB ROTTERDAM

4 Toepassingsgebied

4.1 Profielen

Het project is beperkt tot de in Nederland meest gangbare typen, te weten IFB, SFB en THQ. Zie figuur 4.1. Van deze liggertypen zullen alle gebruikelijke afmetingen, zoals opgenomen in de database van het programma 'brawesta' worden gesimuleerd. GL-liggers zijn qua brandwerendheid slechts een kleine modificatie van THQ-liggers en kunnen op analoge wijze berekend worden. In dit rapport zijn echter geen tabellen met karakteristieke temperaturen voor GL-liggers opgenomen.



Figuur 4.1 Doorsnedeschetsen van liggertypen die in het onderzoek zullen worden beschouwd.

4.2 Brandomstandigheden

De temperaturen in de tabellen, opgenomen als bijlage, zijn bepaald voor de 30, 60, 90 en 120 minuten blootstelling aan de standaardbrandkromme.

4.3 Statisch schema

De rekenregels zijn geldig voor statisch bepaalde liggers. Getoetst wordt het buigend moment in het veld en de krachtsafdracht in de dwarsrichting. Steunpuntsmomenten worden niet getoetst, in verband met gebrek aan kennis omtrent plooi bij het steunpunt in combinatie met verhoogde temperaturen. De verwachting is dat bij hogere temperaturen de gevoeligheid voor plooi toeneemt. Daar staat tegenover dat bij het steunpunt de temperaturen in de ligger vaak lager zijn dan in het veld. Aanwijzingen met betrekking tot het omgaan met plooi bij hoge temperaturen zijn te vinden in de NEN en prEN.

Dwarskracht wordt niet getoetst omdat dit normaliter niet maatgevend is.

4.4 Materialen

De berekeningen van de temperaturen zijn gebaseerd op veilige waarden van de thermische eigenschappen van normaal beton, zie hoofdstuk 5. Voor liggers die zijn omstort met beton met lichte toeslag, zijn de resultaten niet geldig.

5 Uitgangspunten van de berekening

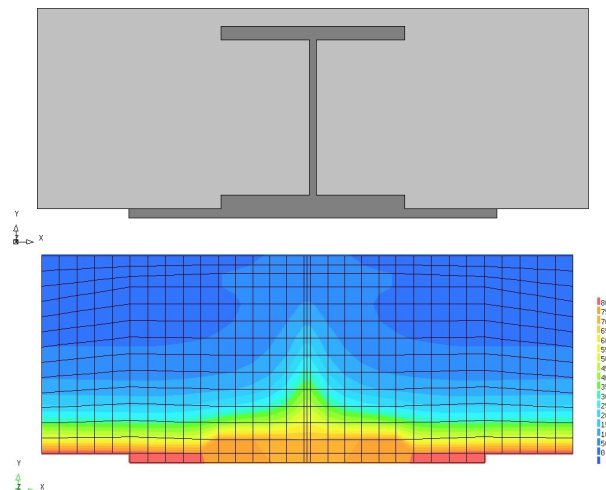
5.1 Geometrie van de doorsnede

De *oplegging van de vloerplaat* op de staalplaat zal zonder tussenlaag zijn. In de praktijk kan hier een oplegvilt aanwezig zijn, maar dit wordt dichtgedrukt door het gewicht van de vloerplaat. Mocht er een opening blijven tussen vloerplaat en staalplaat dan is de verwachting dat dit de warmte-indringing vertraagt. Daardoor is het een veilige aanname om er vanuit te gaan dat de vloerplaat direct op de staalplaat rust.

Bij de SFB-ligger wordt er vanuit gegaan dat er *geen opening is tussen de onderflens en de staalplaat*. In werkelijkheid zal vaak een warmteweerstand tussen de staalplaat en de onderflens aanwezig zijn. Onderzoek [Fellinger: 1994] heeft aangetoond dat het verwaarlozen van deze warmteweerstand een veilige aanname is.

Aangenomen wordt, dat de *gehele ligger in beton wordt ingestort*, aangezien dit noodzakelijk is voor de structurele integriteit. Tevens wordt de berekening in zoverre vereenvoudigd, dat het gebied ter plaatse van de vloerplaat wordt gesimuleerd als massief beton. Indien de ligger een niet massieve vloer draagt zoals bijvoorbeeld een kanaalplaat zal de temperatuurverdeling over de ligger anders zijn. De verwachting is echter dat dit verschil zeer gering zal zijn.

Het *uitstekende plaatdeel zal doorbuigen*, waardoor de oplegreactie van de vloer verschuift naar het einde van de vloerplaat waardoor schade kan optreden aan de betonnen vloerplaat. Deze doorbuiging dient in dat geval dus beperkt te worden. Dit kan bereikt worden door ophangwapening toe te passen of door de ligger te isoleren. Maatregelen om bezwijken van de vloer te voorkomen zijn beschreven in CUR-BmS rapport 2001-2 [Brekelmans: 2001].



Figuur 5.1: Geometrie van de doorsnede (voorbeeld SFB type HE200B400X10) en elementennet met temperatuurcontouren na 60 minuten.

5.2 Materiaaleigenschappen

Staal

- Thermische geleiding (*prEN 1993-1-2; NEN 6072 geeft geen waarden*)
 $\lambda = 54 - 0.0333 \cdot T$ ($T < 800 \text{ }^\circ\text{C}$)
 $\lambda = 27.3$ ($T \geq 800 \text{ }^\circ\text{C}$)
- Specifieke warmte (*NEN 6072 = prEN 1993-1-2*)
 $c_a = 425 + 7.73 \cdot 10^{-1} \cdot T_a - 1.69 \cdot 10^{-3} \cdot T_a^2 + 2.22 \cdot 10^{-6} \cdot T_a^3$ ($20 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_a \leq 600 \text{ }^\circ\text{C}$)
 $c_a = 666 - 13003 / (T_a - 738)$ ($600 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_a \leq 735 \text{ }^\circ\text{C}$)
 $c_a = 545 - 17822 / (T_a - 731)$ ($735 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_a \leq 900 \text{ }^\circ\text{C}$)
 $c_a = 650$ ($900 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_a \leq 1200 \text{ }^\circ\text{C}$)
- Dichtheid (*NEN 6072*)
 $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$
- Emissiecoëfficiënt (*prEN 1993-1-2 & prEN 1994-1-2*)
 $\varepsilon = 0.7$

Beton

- Thermische geleiding (*ENV 1992-1-2 waarden voor grindbeton*)
 $\lambda = 2 - 0.24 \cdot (T_a/120) + 0.012 \cdot (T_a/120)^2$ ($20 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_a \leq 1200 \text{ }^\circ\text{C}$)
- Soortelijke warmte (*ENV 1992-1-2 waarden voor grindbeton*)
 $c_c = 900 + 80 \cdot (T_a/120) - 4 \cdot (T_a/120)^2$ ($20 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_a \leq 1200 \text{ }^\circ\text{C}$)
- Dichtheid (*ENV 1992-1-2 voor grindbeton*)
 $\rho = 2300 \text{ kg/m}^3$
- Vochtgehalte (*NEN 6072*)
 $7 \text{ } \%$ (V/V) = $3 \text{ } \%$ (m/m)
- Emissiecoëfficiënt (*prEN 1992-1-2*)
 $\varepsilon = 0.56$

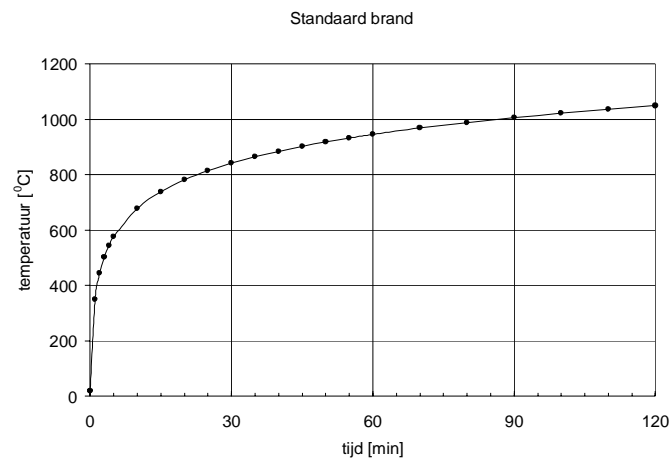
Voor de thermische geleiding en soortelijke warmte wordt gebruik gemaakt van de ENV, omdat deze bewezen heeft een betrouwbare voorspelling voor de warmte-indringing te geven voor Nederlandse betonsoorten [Both: 1998].

Overgangsweerstand van het oppervlak

- Convectie aan verhitte zijde: $25 \text{ W/m}^2\text{K}$ (*prEN 1991-1-2, NEN 6071, NEN 6072*)
- Convectie aan onverhitte zijde: $8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (*prEN 1991-1-2, NEN 6071, NEN 6072*)
- Emissiecoëfficiënt van de brand: 1.0 (*prEN 1991-1-2*)

Omgeving

- Temperatuurverloop: standaardbrand

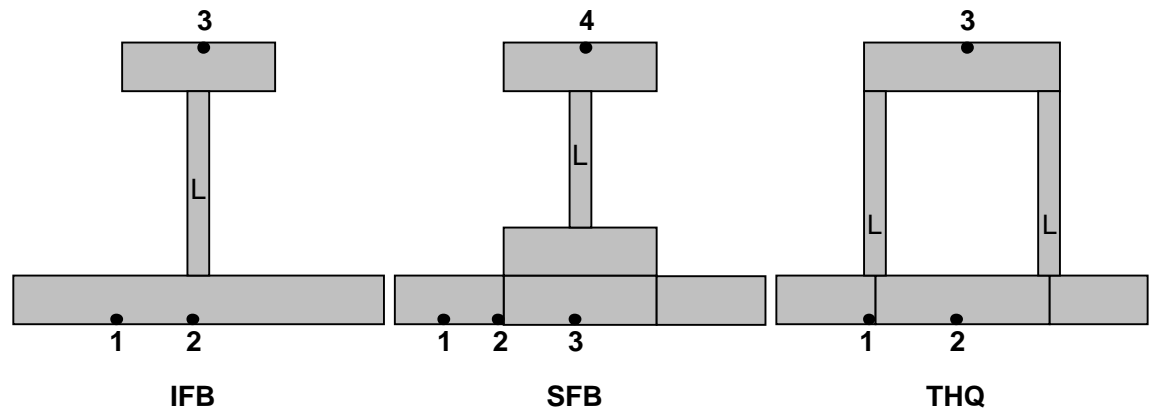


Figuur 5.2: Temperatuurverloop standaardbrand

6 Karakteristieke temperaturen

Als invoer voor de rekenregels dienen karakteristieke temperaturen die verkregen zijn uit de eindige elementen simulaties. Deze temperaturen zijn gerelateerd aan bepaalde maatgevende punten in de doorsnede.

De ligging van deze punten in de doorsneden is als volgt:



Figuur 6.1: Nummering van karakteristieke punten

Deze punten worden in de rekenregels als volgt gebruikt (zie ook de uitleg in hoofdstuk 8):

		IFB	SFB	THQ
UP	Controle dwarsbuiging plaat	2	2	1
(N)UP	Doorsnede reductie t.b.v. axiaal moment	2	2	1
UP	Bijdrage aan axiaal moment	1	1	1
NUP	Bijdrage aan axiaal moment	-	3	2
OF	Controle dwarsbuiging onderflens (temperatuur lineair interpoleren)	-	3-4	-
OF	Doorsnedereductie t.b.v. axiaal moment onderflens (temperatuur lineair interpoleren)	-	3-4	-
L	Lijf (temperatuur lineair interpoleren)	2-3	3-4	2-3
BF	Bovenflens	3	4	3

Tabel 6.1: Gebruik van karakteristieke temperaturen

De resultaten van de simulaties zijn in tabelvorm weergegeven als bijlage.

In het boek “Verdiepingbouw in staal en beton” [Van Eldik: 1995] worden voor IFB-liggers matig gedocumenteerde rekenregels gegeven voor de bepaling van de temperatuur in de onderflens als functie van de flensdikte op de tijdstippen 30, 60, 90 en 120 minuten. Een vergelijking van deze rekenregels met de berekende temperaturen voor IFB-liggers leert dat deze beide methoden onderling weinig verschillen. Vergeleken worden de gemiddelde temperatuur in de onderflens volgens de rekenregel met de berekende temperatuur in punt 1 in de simulatie. Voor $t=30$ minuten resulteert de simulatie in een gemiddeld 42 graden hogere temperatuur. Voor $t \geq 60$ minuten is dit verschil nooit groter dan 38 graden, en gemiddeld slechts 17 graden (dit komt overeen met een temperatuur die gemiddeld 2.0% hoger is). De verschillen kunnen verklaard worden door kleine verschillen in de aangenomen materiaaleigenschappen.

De voorspelling voor T_2 uit de simulatie is gemiddeld over alle profielen 0.9% hoger (30 minuten) tot 1.5% lager (120 minuten) dan volgens de rekenregel.

Borgogno en Fontana [Borgogno: 1995] hebben proeven uitgevoerd op IFB-liggers type $\frac{1}{2}$ IPE400–400x12. Dit type ligger komt in dit rapport niet voor. Wel komen enkele vergelijkbare typen voor, te weten typen $\frac{1}{2}$ IPE400–380x10 en $\frac{1}{2}$ IPE500–400x12. Een vergelijking van de temperaturen levert het volgende beeld:

IFB	t = 30 min.			t = 60 min.			t = 120 min.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Doorsnede type									
$\frac{1}{2}$ IPE400 380X10 simulatie TNO	579	484	38	811	715	94	993	864	203
$\frac{1}{2}$ IPE500 400X12 simulatie TNO	554	456	30	796	695	70	987	854	162
$\frac{1}{2}$ IPE400 400X10 proeven Borgogno	454	407	27	766	746	74	963	946	116

Tabel 6.2: *vergelijking simulatie resultaten met proeven Borgogno*

Ook hier blijkt dat bij 30 minuten brandwerendheid de temperaturen in de simulaties hoger uitkomen dan gemeten in de proef. Bij 60 minuten is de overeenkomst zeer goed te noemen.

Tot slot is er een vergelijking gemaakt met resultaten van proeven, uitgevoerd bij TNO [Fellinger, 1994]. Deze proeven zijn uitgevoerd op liggers van het type SFB HE180M-400x15. Deze proeven zijn uitgevoerd voor 3 verschillende diktes van de luchtlaag tussen onderflens en aangelaste plaat. In de simulaties in dit rapport is de HE180M-390x15 beschouwd. In onderstaande tabel worden de gemeten en berekende temperaturen vergeleken.

SFB	t = 30 min.				t = 60 min.				t = 120 min.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Doorsnede type												
HE180M390X15 simulatie TNO	517	459	405	38	777	730	680	102	996	967	907	240
HE180M400X15, luchtlaag 3 mm, proef TNO	530	420	480	-	820	760	760	-	1010	1000	990	-
HE180M400X15, luchtlaag 2.2 mm, proef TNO	520	420	490	-	820	760	760	-	1010	1000	990	-
HE180M400X15, luchtlaag 4.1 mm, proef TNO	510	470	530	-	810	760	780	-	1010	990	980	-

Tabel 6.3: *vergelijking simulatie resultaten met proeven TNO*

Deze vergelijking laat zien, dat voor 30 en 60 minuten de temperaturen eerder onderschat dan overschat worden. De verschillen zijn echter klein.

De verschillende vergelijkingen optellend, kan geconcludeerd worden dat de gemeten en de berekende temperaturen goed overeenkomen. Doordat meetresultaten variëren kan de voorspelde temperatuur soms hoger of lager liggen, maar over het algemeen blijken de aangenomen thermische eigenschappen een goed beeld van de warmte-indringing te geven.

7 Rekenregels

De rekenmethode voor de bepaling van de draagkracht van geïntegreerde liggers onder brandomstandigheden maakt gebruik van de karakteristieke temperaturen om het plastisch moment te berekenen. Ook de zo berekende plastische momenten zijn in tabelvorm gegeven in de bijlagen. Deze plastische momenten kunnen worden gebruikt als voldaan is aan het criterium voor dwarsbuiging, zie formule 7.2. Hieronder volgt de afleiding van de plastische momenten in de tabellen en de toetsing op de dwarsbuiging. Het verloop van de vloeigrens van de stalen ligger bepaald volgens NEN6072:

$$f_{y;d}(T) = \psi(T) \cdot f_{y;d}(20\text{ }^{\circ}\text{C}) \quad (7.1)$$

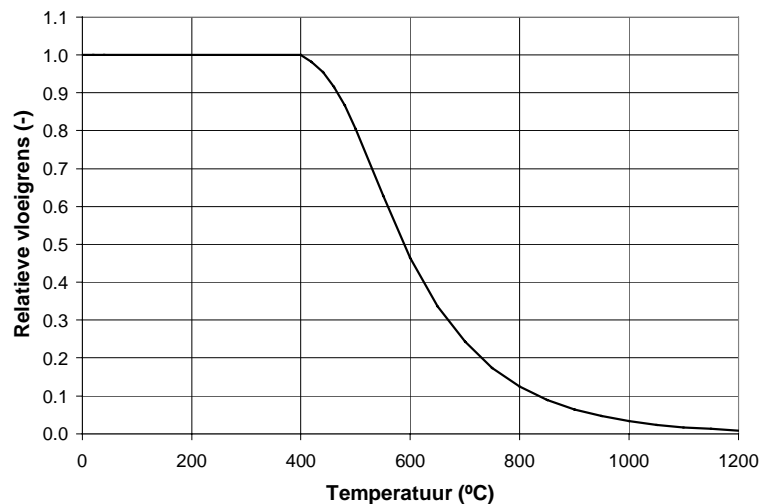
waarbij:

$$\psi(T) = 1 \quad \text{voor } T_a \leq 400\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\psi(T) = 1,03 / (e^{\beta} + 1)^{0,26} \quad \text{voor } 400\text{ }^{\circ}\text{C} < T_a \leq 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\beta = (T_a - 482) / 39,2$$

T_a = staaltemperatuur



Figuur 7.1: Afname van de vloeigrens van staal bij hoge temperaturen volgens NEN6072

7.1 Controle van de draagkracht in dwarsrichting

Doel van deze controle is om te bepalen of de plaat (en bij een SFB-ligger ook de onderflens) voldoende sterk is om de spanningen op te nemen die ontstaan uit buiging en afschuiving in dwarsrichting in de plaat (en bij een SFB-ligger ook de onderflens) ten gevolge van de oplegging van de vloerplaat. Deze controle gebeurt door bij de karakteristieke temperatuur in het maatgevende punt de vloeigrens van het staal te bepalen en te toetsen of de constructie genoeg sterkte heeft.

Dit gebeurt volgens de algemene formule:

$$C = 3 \cdot \left(\frac{q_{\max}}{f_y(T_n) \cdot t_u} \right)^2 + 2 \cdot \frac{(e_1 - e_2)}{t_u} \cdot \frac{q_{\max}}{f_y(T_n) \cdot t_u} \leq 1 \quad (7.2)$$

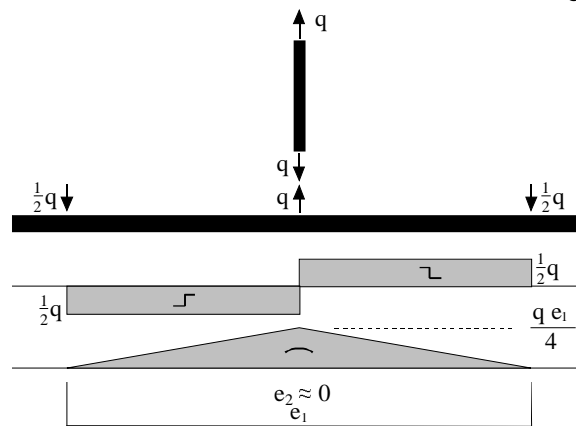
waarin:

- q_{\max} is de grootste waarde van de dwarskracht van de twee oplegzijden. Bij gelijke oplegreacties aan weerszijden van de ligger is dit dus gelijk aan $\frac{1}{2}q$, de helft van de totale dwarskracht.
- e_1, e_2 volgen uit figuren 7.2, 7.3 en 7.4.
- $f_y(T_n)$ vloeigrens bij de karakteristieke temperatuur in punt n volgens formule 7.1
- t_u dikte van de onderflens of plaat

Hieronder wordt de toepassing van deze formule voor de specifieke liggertypen toegelicht.

7.1.1 IFB

De krachtsafdracht in de onderflens van de IFB-ligger is als volgt:



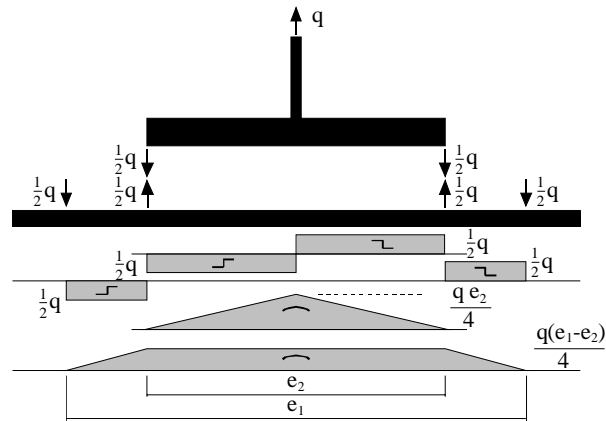
Figuur 7.2: Krachtsafdracht onderflens IFB-ligger

Het maatgevende punt is voor IFB-liggers punt 2 (zie tabel 6.1). Met deze temperatuur wordt de vloeigrens van het staal $f_y(T_2)$ bepaald.

Formule 7.2 kan gehanteerd worden met $e_2 = 0$. Verder geldt $q_{\max} = \frac{1}{2}q$.

7.1.2 SFB

De krachtsafdracht in onderflens en plaat van de SFB-ligger is als volgt:



Figuur 7.3: Krachtsafdracht in onderflens en plaat SFB-ligger

Bij de SFB-ligger dienen zowel de onderflens als de plaat gecontroleerd te worden volgens formule 7.2.

Het karakteristieke punt voor de plaat is punt 2, voor de onderflens kan de temperatuur bepaald worden door lineaire interpolatie tussen de punten 3 en 4 (zie tabel 6.1). Als vloeigrens dient dus voor de controle van de plaat $f_y(T_2)$ genomen te worden, voor de onderflens kan $f_y(T_{OF})$ genomen worden, of als veilige waarde $f_y(T_3)$.

De temperatuur van de onderflens wordt als volgt geïnterpoleerd:

$$T_{OF} = T_3 - \frac{1}{2} \frac{t_{OF} + t_P}{h_{tot}} \cdot (T_3 - T_4)$$

waarin:

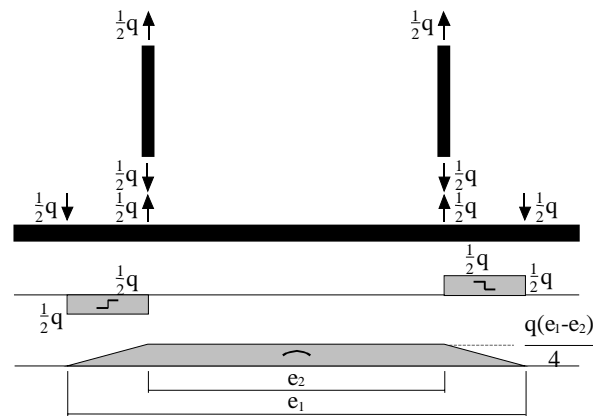
T_{OF}	temperatuur in het hart van de onderflens
T_3, T_4	temperatuur in punten 3 en 4
t_{OF}	dikte van de onderflens
t_P	dikte van de plaat
h_{tot}	totale hoogte van de doorsnede

Voor zowel de plaat als de onderflens geldt $q_{max} = 1/2 \cdot q$.

Uit de geometrie volgt, dat voor de onderflens in formule 7.2 de term $(e_1 - e_2)$ vervangen dient te worden door (e_2) .

7.1.3 THQ

De krachtsafdracht in de onderflens van de THQ-ligger is als volgt:



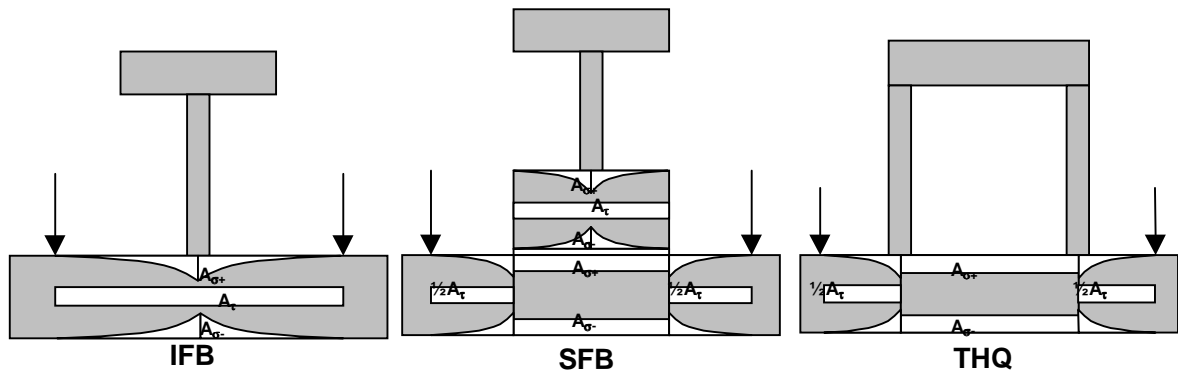
Figuur 7.4: Krachtsafdracht in onderflens THQ-ligger

Bij de THQ-ligger is punt 1 maatgevend voor de karakteristieke temperatuur (zie tabel 6.1). Daarmee wordt de vloeigrens $f_y(T_1)$ bepaald. De doorsnedecontrole wordt gedaan met formule 7.2, waarbij geldt $q_{\max} = 1/2q$.

7.2 Doorsnedereductie t.b.v. axiaal moment

De bijdrage van de onderflens aan de momentcapaciteit van de ligger moet worden gereduceerd vanwege de spanningen in dwarsrichting. De spanningsverdeling in de onderflens door buiging en afschuiving in dwarsrichting moet worden bepaald door de flens als een uitkragende ligger te beschouwen met de aansluiting op het lijf als oplegpunt, zie figuren 7.2, 7.3 en 7.4.

Voor de beoordeling van de positieve momentcapaciteit (in het veld) mag worden uitgegaan van de plastische spanningsverdeling in de onderflens omdat deze in axiale richting onder trek staat.



Figuur 7.5: Doorsnedereductie door buiging en afschuiving in dwarsrichting

Zonder het Huber-Hencky vloeicriterium te overschrijden kan in gebied $A_{\sigma+}$ de volledige vloeigrens in axiale richting worden toegelaten, zie figuur 7.5. De doorsnede van de onderflens moet worden gereduceerd met $A_{\sigma-}$ en A_{τ} . In het overige gebied kan de volledige vloeigrens in axiale richting worden toegelaten. De doorsnede wordt opgedeeld in stukken met ieder een karakteristieke temperatuur. Deze opdeling is te vinden in hoofdstuk 6, de bijbehorende temperaturen zijn in tabelvorm opgenomen als bijlage.

Voor de bepaling van de doorsnede reductie wordt aangenomen dat de doorsnedereductie door dwarskracht verwaarloosbaar klein is. De doorsnedereductie in het verlopende deel (UP) kan bepaald worden door het oppervlak onder de wortelfunctie te bepalen. In het constante deel (NUP) kan de doorsnedereductie worden bepaald door het oppervlak onder de rechthoek te nemen.

Voor de toetsing van het negatieve steunpuntsmoment moet rekening worden gehouden met de doorsnedeklasse in verband met plooi. Vanwege gebrek aan inzicht over het plooi fenomeen bij hoge temperaturen worden de rekenregels beperkt tot statisch bepaalde liggers. Aanwijzingen voor het omgaan met plooi worden gegeven in NEN en prEN. Aangezien de temperatuur in het lijf langzamer toeneemt dan in de onderflens, loopt de momentcapaciteit bij brand sneller terug dan de dwarskrachtcapaciteit. Daarom lijkt een toetsing uitsluitend op buigend moment voldoende, mits de momentcapaciteit bij kamertemperatuur maatgevend was en niet de dwarskrachtcapaciteit.

7.2.1 *IFB*

De werkzame doorsnede in de axiale richting mag worden bepaald volgens:

$$A_{UP;ef} = \left(1 - C \cdot \left(\frac{1}{6} - \frac{10}{b_P} \right) \right) \cdot t_P \cdot b_P \quad (7.3)$$

waarin (indices volgen uit figuur 6.1):

C	volgt uit formule 7.2
b_P	de totale breedte van de plaat in mm
t_P	de dikte van de plaat in mm

7.2.2 *SFB*

Indien een ligger wordt toegepast bestaande uit een walsprofiel waaronder een uitkragende plaat is gelast, moet zowel de doorsnede van de aangelaste plaat worden gereduceerd als de doorsnede van de onderflens van het walsprofiel.

Voor de plaat geldt:

$$A_{UP;ef} = \left(1 - C_P \cdot \left(\frac{1}{6} - \frac{10}{(b_P - e_2)} \right) \right) \cdot t_P \cdot (b_P - e_2) \quad (7.4a)$$

$$A_{NUP;ef} = \left(1 - \frac{C_P}{2} \right) \cdot t_P \cdot e_2 \quad (7.4b)$$

waarin (indices volgen uit figuur 6.1):

C_P	volgt uit formule 7.2
b_P	de totale breedte van de plaat in mm
e_2	de totale breedte van de onderflens in mm
t_P	de dikte van de plaat in mm

Voor de onderflens geldt:

$$A_{OF:ef} = \left(1 - \frac{C_{OF}}{6}\right) \cdot t_{OF} \cdot e_2 \quad (7.4c)$$

waarin (indices volgen uit figuur 6.1):

C_{OF}	volgt uit formule 7.2
e_2	de totale breedte van de onderflens in mm
t_{OF}	de dikte van de onderflens in mm

7.2.3 THQ

De werkzame doorsnede in de axiale richting mag worden bepaald volgens:

$$A_{UP:ef} = \left(1 - C \cdot \left(\frac{1}{6} - \frac{10}{(b_P - e_2)}\right)\right) \cdot t_P \cdot (b_P - e_2) \quad (7.5a)$$

$$A_{NUP:ef} = \left(1 - \frac{C}{2}\right) \cdot t_P \cdot e_2 \quad (7.5b)$$

waarin (indices volgen uit figuur 6.1):

C	volgt uit formule 7.2
b_P	de totale breedte van de plaat in mm
e_2	volgt uit figuur 7.4 in mm
t_P	de dikte van de plaat in mm

7.3 Plastisch moment

Voor de bepaling van het plastisch moment zijn twee methoden mogelijk:

- Vereenvoudigde bepaling m.b.v. tabel
- Doorsnedebeschouwing

7.3.1 Vereenvoudigde bepaling m.b.v. tabel

In de tabellen (zie bijlage) zijn plastische weerstandsmomenten (in verticale richting) gegeven voor $C = 0.0$ en $C = 1.0$. Deze weerstandsmomenten zijn weergegeven als percentage van het plastische weerstandsmoment bij kamertemperatuur. De plastische momenten voor $C = 0.0$ en $C = 1.0$ kunnen als volgt bepaald worden:

$$M_{pl} = \text{tabelwaarde} \cdot W_{pl;20} \cdot f_y \quad (7.6)$$

Als M_{pl} voor $C = 0.0$ en $C = 1.0$ bekend zijn, kan door lineaire interpolatie de waarde van M_{pl} bij de werkelijke waarde van C bepaald worden.

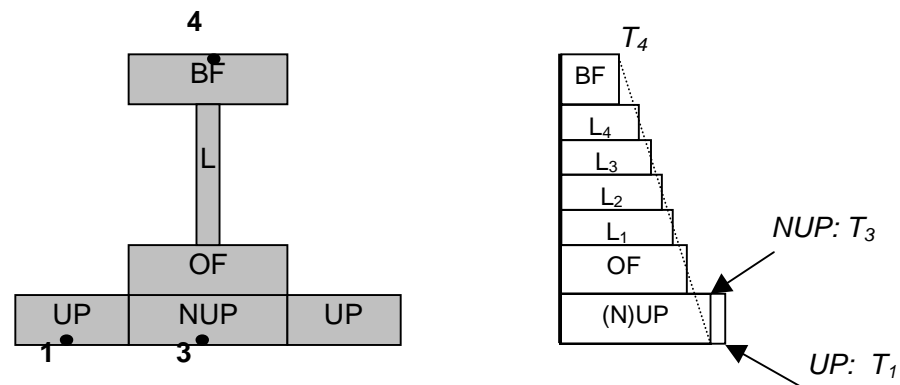
In het geval van SFB liggers zijn er twee waarden voor C , namelijk C_P en C_{OF} . In dit geval is het een veilige benadering om van deze twee waarden de grootste te nemen, en daarmee te interpoleren.

Tevens geldt voor alle liggertypen, dat bepaling van M_{pl} bij $C = 1.0$ een veilige waarde oplevert.

7.3.2 Doorsnedebeschouwing

Nadat A_{ef} bepaald is (gereduceerde doorsnede), kan het plastisch moment worden berekend.

Het plastisch moment wordt bepaald door de doorsnede op te delen in de bovenflens, het lijf (in 4 gelijke lagen), de onderflens (in het geval van de SFB ligger), en de plaat. Omdat de temperatuur van de plaat over de breedte varieert is deze opgedeeld in een uitstekend plaatdeel (UP) en een niet-uitstekend plaatdeel (NUP). Elk oppervlak heeft een uniforme temperatuur. De vloeigrens in de vlakken in het lijf en in de onderflens wordt vereenvoudigd bepaald door de temperaturen in deze vlakken lineair over de hoogte te interpoleren tussen punt 3 en punt 4.



Figuur 7.6: Bepaling vloeigrens in opgedeelde doorsnede, voorbeeld SFB-ligger

De waarden van $f_y(T)$ worden bepaald volgens formule 7.1.

Met de gereduceerde oppervlaktes kan nu de ligging van de neutrale lijn in de doorsnede worden berekend voor bepaling van het plastisch moment.

De kracht per gedeelte van het oppervlak is:

$$N = A_{ef} \cdot f_y$$

waarin

N	resultante kracht voor een gedeelte van de doorsnede
A_{ef}	effectieve oppervlakte van een gedeelte van de doorsnede
f_y	vloeigrens in het gedeelte van de doorsnede

De hoogte van de neutrale lijn is zodanig dat de resultante kracht boven deze lijn (druk) en onder deze lijn (trek) even groot zijn, waardoor de totale normaalkracht gelijk aan nul is.

$$\sum N = 0$$

Als de ligging van de neutrale lijn bekend is wordt het plastisch moment M_{pl} bepaald als som van de bijdragen aan het moment door de verschillende krachten in de doorsnede.

8 Rekenvoorbeeld

8.1 Basisgegevens

Gegeven een kantoorgebouw:

- Geïntegreerde liggers type SFB HE200B-400x10, gewicht 0.9 kN/m.
- Liggers h.o.h.-afstand 7.2 m, overspanning 4.6 m.
- Eigen gewicht kanaalplaatvloer 5.5 kN/m².
- Momentane variabele belasting van 0.5·2.5 = 1.25 kN/m².
- Staalkwaliteit S355.
- Eis: 60 min brandwerendheid.

Uit de bovenstaande gegevens volgt, dat de belasting op de ligger bij brand $q_d = 49.5$ kN/m en het moment $M_d = 130.9$ kNm.

Het gewicht van de vloer op de liggers is $q_{\max} = 48.6$ kN/m.

Totale hoogte	210 mm
b_{BF}	200 mm
t_{BF}	15 mm
h_L	170 mm
t_L	9 mm
B_{OF}	200 mm
t_{OF}	15 mm
b_P	400 mm
t_P	10 mm
e_1	300 mm
e_2	200 mm

Tabel 8.1: Geometrische eigenschappen van ligger type SFB HE200B-400x10

Voor 60 minuten brandwerendheid kunnen de temperaturen van de karakteristieke punten uit de tabel (zie bijlage) worden afgelezen. Met behulp van formule 7.1 wordt hiermee voor elk van deze punten de vloeigrens bepaald. De resultaten staan in onderstaande tabel.

Punt		1	2	3	4
T_{punt} (60 min) (°C)		820	784	732	70
$f_y(T)$ (N/mm ²)		38.9	49.3	69.6	355.0

Tabel 8.2: Temperatuur en vloeigrens in de karakteristieke punten

8.2 Controle draagkracht in dwarsrichting

8.2.1 Plaat

Punt 2: $f_y = 49.3$ N/mm²

$$C_P = 3 \cdot \left(\frac{\frac{1}{2} \cdot 48.6}{49.3 \cdot 10} \right)^2 + 2 \cdot \frac{(300 - 200)}{10} \cdot \frac{\frac{1}{2} \cdot 48.6}{49.3 \cdot 10} \leq 1 \quad (\text{volgens formule 7.2})$$

$$C_P = 0.993 \leq 1 \quad (\text{conclusie: voldoet})$$

8.2.2 *Onderflens*

Voor de onderflens dient de temperatuur bepaald te worden middels lineaire interpolatie tussen de punten 3 en 4. Als de controle met de temperatuur in punt 3 reeds voldoet is deze interpolatie overbodig.

8.2.2.1 *Zonder temperatuur interpolatie*

Punt 3: $f_y = 69.6 \text{ N/mm}^2$

$$C_{OF} = 3 \cdot \left(\frac{\frac{1}{2} \cdot 48.6}{69.6 \cdot 15} \right)^2 + 2 \cdot \frac{200}{15} \cdot \frac{\frac{1}{2} \cdot 48.6}{69.6 \cdot 15} \leq 1 \quad (\text{volgens formule 7.2})$$

$$C_{OF} = 0.622 \leq 1 \quad (\text{conclusie: voldoet})$$

8.2.2.2 *Met temperatuur interpolatie*

$$T_{OF} = 732 - \frac{\frac{1}{2} \cdot 15 + 10}{210} \cdot (732 - 70) = 677^\circ\text{C}$$

Onderflens: $f_y = 100.1 \text{ N/mm}^2$

$$C_{OF} = 3 \cdot \left(\frac{\frac{1}{2} \cdot 48.6}{100.1 \cdot 15} \right)^2 + 2 \cdot \frac{200}{15} \cdot \frac{\frac{1}{2} \cdot 48.6}{100.1 \cdot 15} \leq 1 \quad (\text{volgens formule 7.2})$$

$$C_{OF} = 0.432 \leq 1 \quad (\text{conclusie: voldoet})$$

8.3 **Axiaal moment**

8.3.1 *Vereenvoudigde methode*

In de bijlagen zijn plastische weerstandsmomenten gegeven voor $C = 0$ en $C = 1$. Een veilige benadering is het weerstandsmoment voor $C=0.993$ (de grootste waarde van C_P en C_{OF}) te bepalen middels lineaire interpolatie. Uit de tabel volgt dan:

$C = 0.0$:

$$M_{pl} = W_{pl} \cdot f_y = 0.512 \cdot W_{pl;20} \cdot f_y$$

Voor $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$ en $W_{pl;20} = 7.616 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ leidt dit tot $M_{pl} = 138.4 \text{ kNm}$.

$C = 1.0$:

$$M_{pl} = W_{pl} \cdot f_y = 0.423 \cdot W_{pl;20} \cdot f_y = 114.4 \text{ kNm.}$$

Voor $C = 0.993$ kan dan door interpolatie gevonden worden, dat $M_{pl} = 114.5 \text{ kNm}$ ($< M_d = 130.9 \text{ kNm}$)

Omdat de C waarde voor de plaat duidelijk hoger ligt dan die van de onderflens, is de interpolatie erg veilig en kan in dit geval winst worden gehaald met een handmatige berekening.

8.3.2 *Handmatige berekening met temperatuurtabellen*

8.3.2.1 *Doorsnede reductie* (volgens formules 7.4)

$$A_{UP;ef} = \left(1 - 0.993 \cdot \left(\frac{1}{6} - \frac{10}{(400 - 200)} \right) \right) \cdot 10 \cdot (400 - 200) = 1768 \text{ mm}^2$$

$$A_{NUP;ef} = \left(1 - \frac{0.993}{2} \right) \cdot 10 \cdot 200 = 1007 \text{ mm}^2$$

$$A_{OF;ef} = \left(1 - \frac{0.622}{6} \right) \cdot 15 \cdot 200 = 2689 \text{ mm}^2$$

8.3.2.2 *Doorsnede beschouwing*

Per gedeelte van het oppervlak kan de plastische normaalkracht worden bepaald, zie onderstaande tabel.

	$A_{ef}(\text{mm}^2)$	$T(^{\circ}\text{C})$	$f_y(\text{N/mm}^2)$	$N_{pl}(\text{kN})$
BF	3000	70	355.0	1065.0
L ₁	382.5	184	355.0	135.8
L ₂	382.5	318	355.0	135.8
L ₃	382.5	452	330.9	126.6
L ₄	382.5	586	180.0	68.8
OF	2689	677	100.1	269.6
NUP	1007	732	69.6	70.1
UP	1768	820	38.9	68.7

Tabel 8.3: *Bepaling plastische normaalkracht per deel van oppervlakte.*

De totale plastische doorsnede kracht is de som van de plastische normaalkrachten in de afzonderlijke vlakjes, en bedraagt 1940.4 kN. Omdat meer dan de helft van deze kracht wordt geleverd door de bovenflens, ligt de neutrale lijn dus in de bovenflens:

$$z = 210 - 15 \cdot \frac{0.5 \cdot 1940.4}{1065} = 196.4 \text{ mm}$$

Een sommering van de bijdragen van de normaalkrachten aan het plastisch moment (waarbij de bovenflens deels in het trek-, deels in het drukgebied ligt) resulteert in $M_{pl} = 117.3 \text{ kNm}$ ($< M_d$).

Beide methoden leveren een moment M_{pl} op die kleiner is dan M_d . In dit geval wordt dus geconcludeerd dat de gekozen ligger niet voldoet voor een brandwerendheid van 60 minuten.

8.3.3 *Alternatieve constructie*

Een mogelijke oplossing is de keuze voor een stalen plaat van 15 mm dikte in plaats van 10 mm. Het plastisch weerstandsmoment van dit type ligger bij kamertemperatuur is $W_{pl;20} = 7.949 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$.

$$M_d = \frac{1}{8} \cdot 49.6 \cdot 4.6^2 = 131.2 \text{ kNm}$$

Controle draagkracht in dwarsrichting:

$$\text{Punt 2: } T = 768 \text{ }^\circ\text{C}, f_y = 54.8 \text{ N/mm}^2 \rightarrow C_p = 0.397 \leq 1 \text{ (conclusie: voldoet)}$$

$$\text{Punt 3: } T = 721 \text{ }^\circ\text{C}, f_y = 74.9 \text{ N/mm}^2 \rightarrow C_{OF} = 0.578 \leq 1 \text{ (conclusie: voldoet)}$$

Controle plastisch moment:

Voor $C = 1.0$ geldt (bij $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$)

$$M_{pl} = W_{pl} \cdot f_y = 0.501 \cdot W_{pl;20} \cdot f_y = 141.4 \text{ kNm} > M_d \text{ (conclusie: voldoet)}$$

Deze ligger, type SFB HE200B-400x15, voldoet dus wel voor de vereiste brandwerendheid.



Ir. A. Breunese



Ir. J.H.H. Fellingner

9 Referenties

- Borgogno, W. & Fontana, M.:** Brandversuch an einer Slim Floor Decke, ETH Zürich, 1995
- Both, C.:** The fire resistance of composite steel-concrete slabs, TNO-TU Delft, 1998
- Brekelmans, J.W.P.M. e.a.:** CUR-BmS rapport 2001-2, Vloeren van kanaalplaten met geïntegreerde stalen liggers, ontwerp vervaardiging en toetsing, 2001
- ECCS Technical Committee 3,** Model Code on Fire Engineering
- Eldik, C.H. van e.a.:** Verdiepingbouw in staal en beton, Staalbouw Instituut, Rotterdam 1995
- ENV 1992-1-2:1995,** Design of concrete structures, General rules – Structural fire design
- ENV 1994-1-2:1995,** Design of composite steel and concrete structures, General rules – Structural fire design
- Fellinger, J.H.H.:** Brandwerendheid van geïntegreerde liggers, 1994, Delft
- NEN 6071,** Rekenkundige bepaling van de brandwerendheid van bouwdelen, Betonconstructies, 1^e druk, december 1991, inclusief wijzigingsblad NEN 6071/A1, mei 1997, NEN, Delft
- NEN 6072,** Rekenkundige bepaling van de brandwerendheid van bouwdelen, Staalconstructies, 1^e druk, december 1991, inclusief wijzigingsblad NEN 6072/A1, mei 1997, NEN, Delft
- prEN 1993-1-2: 2001,** Design of steel structures, General rules –Structural fire design
- prEN 1994-1-2: 2001,** Design of composite steel and concrete structures, General rules, Structural fire design
- Verburg, W.H.:** ‘Geïntegreerde liggers. Rekenmodel voor de doorsnedecontrole volgens NEN 6770’, *Bouwen met Staal* 107 (1992), p. 7-12.

A Tabellen met karakteristieke temperaturen

- IFB(1)
- IFB(2)
- SFB
- THQ(1)
- THQ(2)
- THQ(3)

IFB (1)	t = 30 min.			t = 60 min.			t = 90 min.			t = 120 min.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1/2 HE220M 430X15	524	413	110	768	646	259	889	771	408	979	837	516
1/2 HE240M 450X20	487	391	92	740	632	228	868	763	367	963	833	478
1/2 HE260B 460X12	565	455	86	803	687	201	921	794	310	993	849	404
1/2 HE260M 470X20	488	391	82	743	632	206	870	761	330	964	828	437
1/2 HE280M 490X20	490	390	74	746	632	187	874	760	299	966	825	400
1/2 HE280M 490X25	462	383	71	726	634	183	863	770	296	958	838	398
1/2 HE300B 500X15	541	441	69	791	683	170	915	796	265	989	851	346
1/2 HE300M 510X25	458	371	64	720	618	167	856	753	272	952	822	370
1/2 HE320B 500X15	538	433	65	788	674	160	912	789	251	987	844	330
1/2 HE320M 510X25	456	367	60	718	614	159	854	749	261	950	819	356
1/2 HE320M 510X30	433	361	58	700	614	155	843	756	257	943	829	353
1/2 HE340B 500X15	538	433	58	788	675	145	912	789	229	987	844	303
1/2 HE340M 510X25	456	367	56	718	615	149	854	750	245	950	820	336
1/2 HE340M 510X30	432	361	54	700	615	145	844	757	241	943	830	334
1/2 HE360B 500X15	535	426	55	785	666	139	909	783	220	986	838	293
1/2 HE360M 510X20	483	372	54	739	612	143	866	741	234	959	808	319
1/2 HE360M 510X25	455	367	52	719	616	139	855	751	231	951	820	318
1/2 HE360M 510X30	432	361	50	701	616	136	844	758	227	944	830	315
1/2 HE400B 500X20	497	411	46	760	663	119	892	790	195	977	849	263
1/2 HE400M 510X25	454	367	45	719	617	122	856	753	204	951	821	283
1/2 HE400M 510X30	431	361	44	701	617	118	845	759	200	944	831	281
1/2 HE450B 500X20	494	404	39	757	657	100	889	785	168	975	844	229
1/2 HE450M 510X25	454	367	39	719	618	103	857	755	176	952	823	246
1/2 HE450M 510X30	431	360	38	701	617	100	846	761	173	945	833	244
1/2 HE500A 500X20	497	415	32	762	670	78	897	798	134	979	857	184
1/2 HE500B 500X20	490	399	34	754	650	85	886	780	145	973	840	201
1/2 HE500M 510X25	453	366	34	719	618	87	857	756	152	953	824	215
1/2 HE500M 510X30	430	360	33	701	618	85	847	762	150	946	834	213
1/2 HE550A 500X20	493	408	29	759	664	68	894	792	118	978	852	164
1/2 HE550B 500X20	489	397	30	754	650	70	886	780	122	974	840	171
1/2 HE550B 500X25	461	389	29	733	650	68	875	788	120	967	853	169
1/2 HE550M 510X25	452	365	30	719	618	74	858	757	131	954	825	187
1/2 HE550M 510X30	429	359	29	701	618	72	847	763	129	947	835	185
1/2 HE550M 510X30	429	359	29	701	618	72	847	763	129	947	835	185
1/2 HE600A 500X20	492	407	26	759	663	56	894	793	98	978	852	139
1/2 HE600B 500X20	486	392	27	751	644	61	883	775	107	972	836	152
1/2 HE600B 500X25	458	384	27	730	644	59	872	783	105	965	848	150
1/2 HE600M 510X30	428	358	27	700	618	61	847	763	112	947	836	162
1/2 HE600M 510X35	408	351	26	684	615	60	837	765	109	940	843	160
1/2 HE650A 500X20	488	400	25	756	656	50	890	787	87	976	847	125
1/2 HE650B 500X25	457	382	25	729	644	50	872	783	89	965	848	130
1/2 HE650M 510X25	449	363	25	718	618	54	858	758	98	954	827	143
1/2 HE650M 510X30	426	357	25	700	617	53	847	763	96	947	836	142
1/2 HE650M 510X35	407	350	25	684	615	52	837	766	94	941	844	140

Karakteristieke temperaturen: IFB (1)

IFB (2)	t = 30 min.			t = 60 min.			t = 90 min.			t = 120 min.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Doorsnede type												
1/2 IPE400 380X10	579	484	38	811	715	94	924	812	151	993	864	203
1/2 IPE400 O390X12	560	469	40	799	707	100	917	809	161	988	863	218
1/2 IPE450 390X12	558	468	34	799	707	80	917	810	134	989	863	180
1/2 IPE450 O400X12	555	458	34	796	695	84	914	801	139	987	854	189
1/2 IPE500 400X12	554	456	30	796	695	70	914	801	118	987	854	162
1/2 IPE500 O410X15	529	443	30	782	689	72	904	803	122	982	858	168
1/2 IPE550 410X15	531	450	26	786	699	55	909	811	94	984	866	132
1/2 IPE550 O420X15	526	434	28	779	680	62	901	796	107	981	851	149
1/2 IPE600 420X15	527	440	25	783	689	49	906	803	84	983	858	120
1/2 IPE600 O430X15	519	418	26	773	663	56	895	782	98	977	838	139
1/2 IPE600 O430X20	488	411	26	752	667	55	884	794	97	970	854	139

Karakteristieke temperaturen: IFB (2)

SFB	t = 30 min.				t = 60 min.				t = 90 min.				t = 120 min.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
HE140B340X10	586	540	499	51	825	792	756	131	943	917	869	210	1004	985	939	294
HE140M350X10	557	486	438	58	800	745	700	152	930	876	833	253	1000	965	910	354
HE140M350X15	523	468	425	55	780	735	694	148	919	873	835	248	995	963	914	350
HE140M350X20	497	451	412	53	762	723	687	144	908	869	834	243	990	961	917	345
HE160B360X10	581	531	480	46	821	785	739	119	942	914	858	191	1004	984	926	263
HE160M370X10	553	479	425	49	798	741	690	132	929	874	826	217	1000	965	902	306
HE160M370X15	519	462	413	47	777	730	684	128	917	871	827	213	995	964	906	302
HE160M370X20	493	445	400	46	758	718	676	124	905	865	826	208	990	961	910	298
HE160M370X25	471	429	389	44	741	706	668	121	893	859	823	204	985	959	912	294
HE180B380X10	578	527	472	36	821	785	736	91	943	917	858	151	1004	987	928	204
HE180B380X15	543	501	454	35	801	770	726	88	935	910	860	148	1001	984	933	201
HE180M390X10	551	477	418	40	798	741	687	105	930	878	827	175	1001	969	903	243
HE180M390X15	517	459	405	38	777	730	680	102	918	874	827	171	996	967	907	240
HE180M390X20	490	442	393	37	758	717	672	99	906	867	825	168	991	965	910	236
HE180M390X25	468	426	381	36	740	705	663	96	894	860	821	164	987	962	912	233
HE200B400X10	575	522	464	30	820	784	732	70	943	918	859	121	1005	988	929	164
HE200B400X15	540	497	445	29	800	768	721	68	936	912	860	118	1001	985	934	162
HE200M410X10	549	473	411	33	798	741	683	84	931	881	828	143	1002	972	905	198
HE200M410X15	514	456	398	32	776	729	676	81	919	876	826	141	997	970	909	196
HE200M410X20	488	439	386	32	756	716	667	78	906	868	823	138	992	967	911	193
HE200M410X25	466	423	374	31	739	703	658	76	894	860	818	135	988	964	912	190
HE200M410X30	447	409	364	30	723	691	649	74	882	852	813	132	984	961	913	187
HE220B420X10	572	517	456	26	819	782	728	56	944	919	859	96	1005	989	931	135
HE220B420X15	537	493	438	26	799	766	716	54	936	912	859	94	1002	987	935	133
HE220B420X20	508	470	421	25	779	750	704	52	927	904	857	92	998	984	938	131
HE220M430X10	546	470	404	29	797	739	679	67	932	883	827	118	1003	974	907	165
HE220M430X15	512	452	391	28	775	728	671	65	919	876	825	116	998	972	910	163
HE220M430X20	485	435	379	28	755	714	662	63	906	869	821	113	993	969	912	161
HE220M430X25	463	420	367	27	737	701	653	61	893	860	815	111	989	966	913	158
HE220M430X30	445	406	357	27	721	689	644	60	881	851	809	108	984	963	913	156
HE240B440X10	567	510	441	26	816	776	713	53	943	916	849	92	1005	988	921	130
HE240B440X15	532	486	424	25	795	761	703	52	934	908	849	90	1002	986	926	128
HE240B440X20	504	464	408	25	775	744	691	50	925	899	846	88	998	983	929	126
HE240M450X10	532	446	375	27	786	718	653	60	923	863	807	107	1001	967	895	153
HE240M450X15	498	432	365	26	762	708	646	58	907	857	803	105	995	965	897	151
HE240M450X20	472	418	355	26	742	696	638	56	892	850	798	102	990	962	898	149
HE240M450X25	451	404	345	26	724	685	629	55	879	842	793	100	984	958	898	147
HE240M450X30	434	392	337	25	709	673	621	54	867	834	786	98	979	954	897	144
HE240M450X35	420	381	329	25	695	663	612	52	856	825	780	96	974	950	895	142
HE240M450X40	407	372	322	25	683	653	605	51	846	817	773	94	969	945	892	140

Karakteristieke temperaturen: SFB

THQ (1) Doorsnede type	t = 30 min.			t = 60 min.			t = 90 min.			t = 120 min.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
THQ150*5-190*12-400*8	636	645	147	837	793	418	945	881	616	1007	941	725
THQ150*5-190*15-400*10	624	633	133	830	788	387	940	878	594	1004	939	708
THQ150*5-190*15-400*8	636	645	140	836	791	395	944	878	598	1007	938	711
THQ150*5-190*20-400*10	624	633	125	829	787	361	939	874	567	1003	935	687
THQ150*5-190*20-400*12	612	620	119	824	784	353	936	873	562	1001	936	684
THQ150*5-190*20-400*8	636	645	131	835	789	369	943	874	571	1006	935	690
THQ150*5-190*25-400*10	624	633	118	828	785	338	937	870	542	1002	932	668
THQ150*5-190*25-400*12	612	620	112	823	782	328	934	870	536	1000	932	664
THQ150*5-190*25-400*15	594	601	105	814	777	317	929	869	529	997	933	660
THQ150*5-190*25-400*8	636	645	124	834	787	347	941	871	547	1005	931	671
THQ150*5-190*30-400*12	612	620	107	822	781	311	933	867	515	999	930	646
THQ150*5-190*30-400*15	594	601	99	814	776	300	928	866	508	996	930	641
THQ150*5-190*35-400*15	594	601	95	813	774	283	926	864	487	994	927	624
THQ150*5-190*35-400*20	565	567	84	799	765	266	919	862	474	990	928	615
THQ150*5-190*40-400*20	565	567	81	798	764	255	918	860	457	989	926	599
THQ150*5-240*12-450*8	640	654	159	841	796	444	947	884	641	1009	944	749
THQ150*5-240*15-450*10	628	643	143	834	791	413	943	880	618	1006	942	730
THQ150*5-240*15-450*8	640	654	150	840	794	422	946	881	623	1008	941	734
THQ150*5-240*20-450*10	628	643	132	833	788	379	941	875	587	1005	937	706
THQ150*5-240*20-450*12	616	631	125	827	785	370	938	875	582	1003	937	703
THQ150*5-240*25-450*12	616	631	118	826	783	344	936	871	555	1002	934	681
THQ150*5-240*25-450*15	598	611	109	818	778	328	932	869	546	999	934	675
THQ150*5-240*30-450*15	598	611	103	817	777	310	930	866	522	997	930	656
THQ150*5-240*35-450*20	569	578	85	802	766	271	922	861	484	992	928	627
THQ150*5-240*40-450*20	569	578	81	801	765	259	920	859	465	990	925	609
THQ150*5-290*12-500*8	642	659	169	843	798	464	949	887	660	1010	948	767
THQ150*5-290*15-500*10	630	649	151	837	793	432	945	883	635	1007	945	747
THQ150*5-290*15-500*8	642	659	160	842	796	440	948	884	639	1009	945	751
THQ150*5-290*20-500*10	630	649	139	835	790	393	943	877	603	1006	939	721
THQ150*5-290*20-500*12	618	637	132	830	787	384	940	876	598	1004	939	717
THQ150*5-290*25-500*12	618	637	122	829	785	357	938	872	569	1003	935	693
THQ150*5-290*25-500*15	600	619	113	821	779	339	934	870	558	1000	935	687
THQ150*5-290*30-500*15	600	619	106	820	778	318	932	866	532	999	931	666
THQ150*5-290*30-500*20	571	585	92	806	768	294	926	863	516	995	931	656
THQ150*5-290*35-500*20	571	585	87	805	766	276	924	860	492	993	927	635
THQ150*5-290*40-500*25	544	552	73	790	754	242	916	855	454	988	924	605

Karakteristieke temperaturen: THQ (1)

THQ (2)	t = 30 min.			t = 60 min.			t = 90 min.			t = 120 min.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Doorsnede type												
THQ180*5-190*12-400*8	635	643	132	835	787	366	942	871	567	1005	931	684
THQ180*5-190*15-400*10	623	631	120	828	783	336	938	868	543	1002	930	667
THQ180*5-190*15-400*8	635	643	126	834	786	348	941	869	549	1005	929	670
THQ180*5-190*20-400*10	623	631	111	828	782	313	936	865	516	1001	927	646
THQ180*5-190*20-400*12	611	618	106	822	779	305	933	865	512	999	927	643
THQ180*5-190*20-400*8	635	643	117	834	784	320	940	866	521	1004	926	648
THQ180*5-190*25-400*10	623	631	105	827	781	293	935	863	492	1000	924	625
THQ180*5-190*25-400*12	611	618	99	822	778	282	932	862	486	998	924	622
THQ180*5-190*25-400*15	594	599	91	813	773	271	927	862	478	995	925	617
THQ180*5-190*30-400*12	611	619	93	821	777	267	931	860	465	997	921	603
THQ180*5-190*30-400*15	593	599	86	813	773	257	926	860	457	994	922	598
THQ180*5-190*35-400*15	594	599	81	813	772	242	925	858	437	993	920	579
THQ180*5-190*35-400*20	565	566	72	799	762	227	918	857	424	988	921	570
THQ180*5-190*40-400*20	565	566	69	799	762	217	917	856	407	987	919	552
THQ180*5-240*12-450*8	639	652	146	839	789	400	945	875	601	1007	935	713
THQ180*5-240*15-450*10	627	641	131	832	785	370	941	871	577	1004	933	695
THQ180*5-240*15-450*8	639	651	138	838	788	377	944	872	581	1007	933	698
THQ180*5-240*20-450*10	627	640	121	831	783	338	939	867	545	1003	929	672
THQ180*5-240*20-450*12	615	629	114	826	781	328	936	867	540	1001	929	668
THQ180*5-240*25-450*12	615	629	107	825	780	307	935	863	513	1000	926	646
THQ180*5-240*25-450*15	597	610	98	817	775	291	930	862	504	997	926	641
THQ180*5-240*30-450*15	597	610	91	816	774	272	929	860	478	996	923	619
THQ180*5-240*35-450*15	597	610	86	816	773	258	928	858	457	995	920	600
THQ180*5-240*35-450*20	568	576	75	802	764	238	921	856	442	990	920	589
THQ180*5-240*40-450*20	568	576	72	802	763	227	920	854	423	989	918	570
THQ180*5-240*40-450*25	542	544	64	788	752	210	913	852	408	985	918	559
THQ180*5-290*12-500*8	641	657	157	842	792	429	947	878	627	1009	939	737
THQ180*5-290*15-500*10	629	647	140	835	787	392	943	874	600	1006	936	716
THQ180*5-290*15-500*8	641	657	148	841	790	405	946	875	606	1008	936	720
THQ180*5-290*20-500*10	629	647	129	834	785	360	941	869	568	1005	932	691
THQ180*5-290*20-500*12	618	635	122	829	782	350	938	868	562	1003	932	687
THQ180*5-290*25-500*12	618	635	113	828	780	322	937	864	532	1002	928	664
THQ180*5-290*25-500*15	600	617	104	820	776	310	933	863	523	999	928	658
THQ180*5-290*30-500*15	600	617	96	819	774	285	931	860	495	997	924	635
THQ180*5-290*30-500*20	571	584	84	806	765	265	925	858	480	993	924	625
THQ180*5-290*35-500*20	571	584	78	805	764	249	923	855	456	992	921	604
THQ180*5-290*40-500*20	571	584	74	805	764	234	922	853	435	991	918	583
THQ180*5-290*40-500*25	544	550	66	791	752	218	916	851	419	987	917	572

Karakteristieke temperaturen: THQ (2)

THQ (3)	t = 30 min.			t = 60 min.			t = 90 min.			t = 120 min.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Doorsnede type												
THQ200*5-190*20-400*10	623	630	104	827	779	285	935	861	484	1000	921	618
THQ200*5-190*20-400*12	611	617	98	821	776	276	931	860	479	997	922	615
THQ200*5-190*25-400*10	623	630	97	826	779	266	934	858	460	999	918	597
THQ200*5-190*25-400*12	611	617	91	821	776	259	930	858	456	997	919	594
THQ200*5-240*20-450*12	614	627	109	825	778	307	935	862	514	1000	925	646
THQ200*5-240*25-450*12	614	628	100	824	777	282	933	859	485	999	921	623
THQ200*5-240*25-450*15	597	609	92	816	773	270	929	858	477	996	922	617
THQ200*5-240*30-450*15	597	609	85	816	772	252	928	856	452	995	918	596
THQ200*5-290*30-500*15	599	616	91	819	773	268	931	856	473	997	920	616
THQ200*5-290*30-500*20	570	583	79	805	763	248	924	854	457	992	920	605
THQ200*5-290*35-500*20	571	583	74	805	763	232	923	852	434	991	917	583
THQ265*6-190*20-400*10	616	624	85	820	771	221	928	849	398	995	907	534
THQ265*6-190*20-400*12	603	611	80	814	769	215	924	849	393	992	907	531
THQ265*6-190*25-400*10	616	624	79	820	771	205	927	848	376	994	905	514
THQ265*6-190*25-400*12	603	611	74	814	768	200	923	848	372	991	905	510
THQ265*6-240*20-450*12	607	622	92	818	771	246	928	850	437	995	910	576
THQ265*6-240*25-450*12	607	622	84	818	770	229	927	849	413	994	908	553
THQ265*6-240*25-450*15	590	603	77	810	766	219	922	848	404	991	908	547
THQ265*6-240*30-450*15	590	603	72	810	766	203	921	847	382	990	906	526
THQ265*6-290*30-500*15	593	612	79	813	767	224	925	847	411	992	908	555
THQ265*6-290*30-500*20	564	578	69	800	758	206	917	846	395	988	908	544
THQ265*6-290*35-500*20	564	579	64	800	757	195	917	845	375	987	906	523
THQ320*8-190*20-400*12	592	603	70	805	761	182	914	842	334	986	898	468
THQ320*8-190*25-400*12	592	603	65	805	761	172	913	841	316	985	897	449
THQ320*8-190*25-400*15	575	583	60	797	756	167	907	841	309	981	898	444
THQ320*8-190*30-400*12	592	603	61	805	761	164	913	841	300	985	896	432
THQ320*8-240*25-450*12	596	617	74	809	764	196	918	842	359	988	899	498
THQ320*8-240*25-450*15	579	597	68	801	760	189	912	842	352	984	900	493
THQ320*8-240*30-450*15	579	597	64	801	759	179	912	841	333	984	898	473
THQ320*8-240*30-450*15	579	597	64	801	759	179	912	841	333	984	898	473
THQ320*8-290*30-500*15	581	607	70	804	761	196	916	841	365	986	900	508
THQ320*8-290*30-500*20	554	573	62	790	752	183	908	840	350	981	900	497
THQ320*8-290*35-500*20	555	574	58	790	752	174	907	839	331	981	898	477

Karakteristieke temperaturen: THQ (3)

B Tabellen met plastische weerstandsmomenten

- IFB(1)
- IFB(2)
- SFB
- THQ(1)
- THQ(2)
- THQ(3)

IFB (1)	t = 30 min.			t = 60 min.			t = 90 min.			t = 120 min.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Doorsnede type												
1/2 HE220M 430X15	524	413	110	768	646	259	889	771	408	979	837	516
1/2 HE240M 450X20	487	391	92	740	632	228	868	763	367	963	833	478
1/2 HE260B 460X12	565	455	86	803	687	201	921	794	310	993	849	404
1/2 HE260M 470X20	488	391	82	743	632	206	870	761	330	964	828	437
1/2 HE280M 490X20	490	390	74	746	632	187	874	760	299	966	825	400
1/2 HE280M 490X25	462	383	71	726	634	183	863	770	296	958	838	398
1/2 HE300B 500X15	541	441	69	791	683	170	915	796	265	989	851	346
1/2 HE300M 510X25	458	371	64	720	618	167	856	753	272	952	822	370
1/2 HE320B 500X15	538	433	65	788	674	160	912	789	251	987	844	330
1/2 HE320M 510X25	456	367	60	718	614	159	854	749	261	950	819	356
1/2 HE320M 510X30	433	361	58	700	614	155	843	756	257	943	829	353
1/2 HE340B 500X15	538	433	58	788	675	145	912	789	229	987	844	303
1/2 HE340M 510X25	456	367	56	718	615	149	854	750	245	950	820	336
1/2 HE340M 510X30	432	361	54	700	615	145	844	757	241	943	830	334
1/2 HE360B 500X15	535	426	55	785	666	139	909	783	220	986	838	293
1/2 HE360M 510X20	483	372	54	739	612	143	866	741	234	959	808	319
1/2 HE360M 510X25	455	367	52	719	616	139	855	751	231	951	820	318
1/2 HE360M 510X30	432	361	50	701	616	136	844	758	227	944	830	315
1/2 HE400B 500X20	497	411	46	760	663	119	892	790	195	977	849	263
1/2 HE400M 510X25	454	367	45	719	617	122	856	753	204	951	821	283
1/2 HE400M 510X30	431	361	44	701	617	118	845	759	200	944	831	281
1/2 HE450B 500X20	494	404	39	757	657	100	889	785	168	975	844	229
1/2 HE450M 510X25	454	367	39	719	618	103	857	755	176	952	823	246
1/2 HE450M 510X30	431	360	38	701	617	100	846	761	173	945	833	244
1/2 HE500A 500X20	497	415	32	762	670	78	897	798	134	979	857	184
1/2 HE500B 500X20	490	399	34	754	650	85	886	780	145	973	840	201
1/2 HE500M 510X25	453	366	34	719	618	87	857	756	152	953	824	215
1/2 HE500M 510X30	430	360	33	701	618	85	847	762	150	946	834	213
1/2 HE550A 500X20	493	408	29	759	664	68	894	792	118	978	852	164
1/2 HE550B 500X20	489	397	30	754	650	70	886	780	122	974	840	171
1/2 HE550B 500X25	461	389	29	733	650	68	875	788	120	967	853	169
1/2 HE550M 510X25	452	365	30	719	618	74	858	757	131	954	825	187
1/2 HE550M 510X30	429	359	29	701	618	72	847	763	129	947	835	185
1/2 HE550M 510X30	429	359	29	701	618	72	847	763	129	947	835	185
1/2 HE600A 500X20	492	407	26	759	663	56	894	793	98	978	852	139
1/2 HE600B 500X20	486	392	27	751	644	61	883	775	107	972	836	152
1/2 HE600B 500X25	458	384	27	730	644	59	872	783	105	965	848	150
1/2 HE600M 510X30	428	358	27	700	618	61	847	763	112	947	836	162
1/2 HE600M 510X35	408	351	26	684	615	60	837	765	109	940	843	160
1/2 HE650A 500X20	488	400	25	756	656	50	890	787	87	976	847	125
1/2 HE650B 500X25	457	382	25	729	644	50	872	783	89	965	848	130
1/2 HE650M 510X25	449	363	25	718	618	54	858	758	98	954	827	143
1/2 HE650M 510X30	426	357	25	700	617	53	847	763	96	947	836	142
1/2 HE650M 510X35	407	350	25	684	615	52	837	766	94	941	844	140

Karakteristieke temperaturen: IFB (1)

IFB (2)	t = 30 min.			t = 60 min.			t = 90 min.			t = 120 min.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Doorsnede type												
1/2 IPE400 380X10	579	484	38	811	715	94	924	812	151	993	864	203
1/2 IPE400 O390X12	560	469	40	799	707	100	917	809	161	988	863	218
1/2 IPE450 390X12	558	468	34	799	707	80	917	810	134	989	863	180
1/2 IPE450 O400X12	555	458	34	796	695	84	914	801	139	987	854	189
1/2 IPE500 400X12	554	456	30	796	695	70	914	801	118	987	854	162
1/2 IPE500 O410X15	529	443	30	782	689	72	904	803	122	982	858	168
1/2 IPE550 410X15	531	450	26	786	699	55	909	811	94	984	866	132
1/2 IPE550 O420X15	526	434	28	779	680	62	901	796	107	981	851	149
1/2 IPE600 420X15	527	440	25	783	689	49	906	803	84	983	858	120
1/2 IPE600 O430X15	519	418	26	773	663	56	895	782	98	977	838	139
1/2 IPE600 O430X20	488	411	26	752	667	55	884	794	97	970	854	139

Karakteristieke temperaturen: IFB (2)

SFB	t = 30 min.				t = 60 min.				t = 90 min.				t = 120 min.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
HE140B340X10	586	540	499	51	825	792	756	131	943	917	869	210	1004	985	939	294
HE140M350X10	557	486	438	58	800	745	700	152	930	876	833	253	1000	965	910	354
HE140M350X15	523	468	425	55	780	735	694	148	919	873	835	248	995	963	914	350
HE140M350X20	497	451	412	53	762	723	687	144	908	869	834	243	990	961	917	345
HE160B360X10	581	531	480	46	821	785	739	119	942	914	858	191	1004	984	926	263
HE160M370X10	553	479	425	49	798	741	690	132	929	874	826	217	1000	965	902	306
HE160M370X15	519	462	413	47	777	730	684	128	917	871	827	213	995	964	906	302
HE160M370X20	493	445	400	46	758	718	676	124	905	865	826	208	990	961	910	298
HE160M370X25	471	429	389	44	741	706	668	121	893	859	823	204	985	959	912	294
HE180B380X10	578	527	472	36	821	785	736	91	943	917	858	151	1004	987	928	204
HE180B380X15	543	501	454	35	801	770	726	88	935	910	860	148	1001	984	933	201
HE180M390X10	551	477	418	40	798	741	687	105	930	878	827	175	1001	969	903	243
HE180M390X15	517	459	405	38	777	730	680	102	918	874	827	171	996	967	907	240
HE180M390X20	490	442	393	37	758	717	672	99	906	867	825	168	991	965	910	236
HE180M390X25	468	426	381	36	740	705	663	96	894	860	821	164	987	962	912	233
HE200B400X10	575	522	464	30	820	784	732	70	943	918	859	121	1005	988	929	164
HE200B400X15	540	497	445	29	800	768	721	68	936	912	860	118	1001	985	934	162
HE200M410X10	549	473	411	33	798	741	683	84	931	881	828	143	1002	972	905	198
HE200M410X15	514	456	398	32	776	729	676	81	919	876	826	141	997	970	909	196
HE200M410X20	488	439	386	32	756	716	667	78	906	868	823	138	992	967	911	193
HE200M410X25	466	423	374	31	739	703	658	76	894	860	818	135	988	964	912	190
HE200M410X30	447	409	364	30	723	691	649	74	882	852	813	132	984	961	913	187
HE220B420X10	572	517	456	26	819	782	728	56	944	919	859	96	1005	989	931	135
HE220B420X15	537	493	438	26	799	766	716	54	936	912	859	94	1002	987	935	133
HE220B420X20	508	470	421	25	779	750	704	52	927	904	857	92	998	984	938	131
HE220M430X10	546	470	404	29	797	739	679	67	932	883	827	118	1003	974	907	165
HE220M430X15	512	452	391	28	775	728	671	65	919	876	825	116	998	972	910	163
HE220M430X20	485	435	379	28	755	714	662	63	906	869	821	113	993	969	912	161
HE220M430X25	463	420	367	27	737	701	653	61	893	860	815	111	989	966	913	158
HE220M430X30	445	406	357	27	721	689	644	60	881	851	809	108	984	963	913	156
HE240B440X10	567	510	441	26	816	776	713	53	943	916	849	92	1005	988	921	130
HE240B440X15	532	486	424	25	795	761	703	52	934	908	849	90	1002	986	926	128
HE240B440X20	504	464	408	25	775	744	691	50	925	899	846	88	998	983	929	126
HE240M450X10	532	446	375	27	786	718	653	60	923	863	807	107	1001	967	895	153
HE240M450X15	498	432	365	26	762	708	646	58	907	857	803	105	995	965	897	151
HE240M450X20	472	418	355	26	742	696	638	56	892	850	798	102	990	962	898	149
HE240M450X25	451	404	345	26	724	685	629	55	879	842	793	100	984	958	898	147
HE240M450X30	434	392	337	25	709	673	621	54	867	834	786	98	979	954	897	144
HE240M450X35	420	381	329	25	695	663	612	52	856	825	780	96	974	950	895	142
HE240M450X40	407	372	322	25	683	653	605	51	846	817	773	94	969	945	892	140

Karakteristieke temperaturen: SFB

THQ (1) Doorsnede type	t = 30 min.			t = 60 min.			t = 90 min.			t = 120 min.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
THQ150*5-190*12-400*8	636	645	147	837	793	418	945	881	616	1007	941	725
THQ150*5-190*15-400*10	624	633	133	830	788	387	940	878	594	1004	939	708
THQ150*5-190*15-400*8	636	645	140	836	791	395	944	878	598	1007	938	711
THQ150*5-190*20-400*10	624	633	125	829	787	361	939	874	567	1003	935	687
THQ150*5-190*20-400*12	612	620	119	824	784	353	936	873	562	1001	936	684
THQ150*5-190*20-400*8	636	645	131	835	789	369	943	874	571	1006	935	690
THQ150*5-190*25-400*10	624	633	118	828	785	338	937	870	542	1002	932	668
THQ150*5-190*25-400*12	612	620	112	823	782	328	934	870	536	1000	932	664
THQ150*5-190*25-400*15	594	601	105	814	777	317	929	869	529	997	933	660
THQ150*5-190*25-400*8	636	645	124	834	787	347	941	871	547	1005	931	671
THQ150*5-190*30-400*12	612	620	107	822	781	311	933	867	515	999	930	646
THQ150*5-190*30-400*15	594	601	99	814	776	300	928	866	508	996	930	641
THQ150*5-190*35-400*15	594	601	95	813	774	283	926	864	487	994	927	624
THQ150*5-190*35-400*20	565	567	84	799	765	266	919	862	474	990	928	615
THQ150*5-190*40-400*20	565	567	81	798	764	255	918	860	457	989	926	599
THQ150*5-240*12-450*8	640	654	159	841	796	444	947	884	641	1009	944	749
THQ150*5-240*15-450*10	628	643	143	834	791	413	943	880	618	1006	942	730
THQ150*5-240*15-450*8	640	654	150	840	794	422	946	881	623	1008	941	734
THQ150*5-240*20-450*10	628	643	132	833	788	379	941	875	587	1005	937	706
THQ150*5-240*20-450*12	616	631	125	827	785	370	938	875	582	1003	937	703
THQ150*5-240*25-450*12	616	631	118	826	783	344	936	871	555	1002	934	681
THQ150*5-240*25-450*15	598	611	109	818	778	328	932	869	546	999	934	675
THQ150*5-240*30-450*15	598	611	103	817	777	310	930	866	522	997	930	656
THQ150*5-240*35-450*20	569	578	85	802	766	271	922	861	484	992	928	627
THQ150*5-240*40-450*20	569	578	81	801	765	259	920	859	465	990	925	609
THQ150*5-290*12-500*8	642	659	169	843	798	464	949	887	660	1010	948	767
THQ150*5-290*15-500*10	630	649	151	837	793	432	945	883	635	1007	945	747
THQ150*5-290*15-500*8	642	659	160	842	796	440	948	884	639	1009	945	751
THQ150*5-290*20-500*10	630	649	139	835	790	393	943	877	603	1006	939	721
THQ150*5-290*20-500*12	618	637	132	830	787	384	940	876	598	1004	939	717
THQ150*5-290*25-500*12	618	637	122	829	785	357	938	872	569	1003	935	693
THQ150*5-290*25-500*15	600	619	113	821	779	339	934	870	558	1000	935	687
THQ150*5-290*30-500*15	600	619	106	820	778	318	932	866	532	999	931	666
THQ150*5-290*30-500*20	571	585	92	806	768	294	926	863	516	995	931	656
THQ150*5-290*35-500*20	571	585	87	805	766	276	924	860	492	993	927	635
THQ150*5-290*40-500*25	544	552	73	790	754	242	916	855	454	988	924	605

Karakteristieke temperaturen: THQ (1)

THQ (2)	t = 30 min.			t = 60 min.			t = 90 min.			t = 120 min.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Doorsnede type												
THQ180*5-190*12-400*8	635	643	132	835	787	366	942	871	567	1005	931	684
THQ180*5-190*15-400*10	623	631	120	828	783	336	938	868	543	1002	930	667
THQ180*5-190*15-400*8	635	643	126	834	786	348	941	869	549	1005	929	670
THQ180*5-190*20-400*10	623	631	111	828	782	313	936	865	516	1001	927	646
THQ180*5-190*20-400*12	611	618	106	822	779	305	933	865	512	999	927	643
THQ180*5-190*20-400*8	635	643	117	834	784	320	940	866	521	1004	926	648
THQ180*5-190*25-400*10	623	631	105	827	781	293	935	863	492	1000	924	625
THQ180*5-190*25-400*12	611	618	99	822	778	282	932	862	486	998	924	622
THQ180*5-190*25-400*15	594	599	91	813	773	271	927	862	478	995	925	617
THQ180*5-190*30-400*12	611	619	93	821	777	267	931	860	465	997	921	603
THQ180*5-190*30-400*15	593	599	86	813	773	257	926	860	457	994	922	598
THQ180*5-190*35-400*15	594	599	81	813	772	242	925	858	437	993	920	579
THQ180*5-190*35-400*20	565	566	72	799	762	227	918	857	424	988	921	570
THQ180*5-190*40-400*20	565	566	69	799	762	217	917	856	407	987	919	552
THQ180*5-240*12-450*8	639	652	146	839	789	400	945	875	601	1007	935	713
THQ180*5-240*15-450*10	627	641	131	832	785	370	941	871	577	1004	933	695
THQ180*5-240*15-450*8	639	651	138	838	788	377	944	872	581	1007	933	698
THQ180*5-240*20-450*10	627	640	121	831	783	338	939	867	545	1003	929	672
THQ180*5-240*20-450*12	615	629	114	826	781	328	936	867	540	1001	929	668
THQ180*5-240*25-450*12	615	629	107	825	780	307	935	863	513	1000	926	646
THQ180*5-240*25-450*15	597	610	98	817	775	291	930	862	504	997	926	641
THQ180*5-240*30-450*15	597	610	91	816	774	272	929	860	478	996	923	619
THQ180*5-240*35-450*15	597	610	86	816	773	258	928	858	457	995	920	600
THQ180*5-240*35-450*20	568	576	75	802	764	238	921	856	442	990	920	589
THQ180*5-240*40-450*20	568	576	72	802	763	227	920	854	423	989	918	570
THQ180*5-240*40-450*25	542	544	64	788	752	210	913	852	408	985	918	559
THQ180*5-290*12-500*8	641	657	157	842	792	429	947	878	627	1009	939	737
THQ180*5-290*15-500*10	629	647	140	835	787	392	943	874	600	1006	936	716
THQ180*5-290*15-500*8	641	657	148	841	790	405	946	875	606	1008	936	720
THQ180*5-290*20-500*10	629	647	129	834	785	360	941	869	568	1005	932	691
THQ180*5-290*20-500*12	618	635	122	829	782	350	938	868	562	1003	932	687
THQ180*5-290*25-500*12	618	635	113	828	780	322	937	864	532	1002	928	664
THQ180*5-290*25-500*15	600	617	104	820	776	310	933	863	523	999	928	658
THQ180*5-290*30-500*15	600	617	96	819	774	285	931	860	495	997	924	635
THQ180*5-290*30-500*20	571	584	84	806	765	265	925	858	480	993	924	625
THQ180*5-290*35-500*20	571	584	78	805	764	249	923	855	456	992	921	604
THQ180*5-290*40-500*20	571	584	74	805	764	234	922	853	435	991	918	583
THQ180*5-290*40-500*25	544	550	66	791	752	218	916	851	419	987	917	572

Karakteristieke temperaturen: THQ (2)

THQ (3)	t = 30 min.			t = 60 min.			t = 90 min.			t = 120 min.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Doorsnede type												
THQ200*5-190*20-400*10	623	630	104	827	779	285	935	861	484	1000	921	618
THQ200*5-190*20-400*12	611	617	98	821	776	276	931	860	479	997	922	615
THQ200*5-190*25-400*10	623	630	97	826	779	266	934	858	460	999	918	597
THQ200*5-190*25-400*12	611	617	91	821	776	259	930	858	456	997	919	594
THQ200*5-240*20-450*12	614	627	109	825	778	307	935	862	514	1000	925	646
THQ200*5-240*25-450*12	614	628	100	824	777	282	933	859	485	999	921	623
THQ200*5-240*25-450*15	597	609	92	816	773	270	929	858	477	996	922	617
THQ200*5-240*30-450*15	597	609	85	816	772	252	928	856	452	995	918	596
THQ200*5-290*30-500*15	599	616	91	819	773	268	931	856	473	997	920	616
THQ200*5-290*30-500*20	570	583	79	805	763	248	924	854	457	992	920	605
THQ200*5-290*35-500*20	571	583	74	805	763	232	923	852	434	991	917	583
THQ265*6-190*20-400*10	616	624	85	820	771	221	928	849	398	995	907	534
THQ265*6-190*20-400*12	603	611	80	814	769	215	924	849	393	992	907	531
THQ265*6-190*25-400*10	616	624	79	820	771	205	927	848	376	994	905	514
THQ265*6-190*25-400*12	603	611	74	814	768	200	923	848	372	991	905	510
THQ265*6-240*20-450*12	607	622	92	818	771	246	928	850	437	995	910	576
THQ265*6-240*25-450*12	607	622	84	818	770	229	927	849	413	994	908	553
THQ265*6-240*25-450*15	590	603	77	810	766	219	922	848	404	991	908	547
THQ265*6-240*30-450*15	590	603	72	810	766	203	921	847	382	990	906	526
THQ265*6-290*30-500*15	593	612	79	813	767	224	925	847	411	992	908	555
THQ265*6-290*30-500*20	564	578	69	800	758	206	917	846	395	988	908	544
THQ265*6-290*35-500*20	564	579	64	800	757	195	917	845	375	987	906	523
THQ320*8-190*20-400*12	592	603	70	805	761	182	914	842	334	986	898	468
THQ320*8-190*25-400*12	592	603	65	805	761	172	913	841	316	985	897	449
THQ320*8-190*25-400*15	575	583	60	797	756	167	907	841	309	981	898	444
THQ320*8-190*30-400*12	592	603	61	805	761	164	913	841	300	985	896	432
THQ320*8-240*25-450*12	596	617	74	809	764	196	918	842	359	988	899	498
THQ320*8-240*25-450*15	579	597	68	801	760	189	912	842	352	984	900	493
THQ320*8-240*30-450*15	579	597	64	801	759	179	912	841	333	984	898	473
THQ320*8-240*30-450*15	579	597	64	801	759	179	912	841	333	984	898	473
THQ320*8-290*30-500*15	581	607	70	804	761	196	916	841	365	986	900	508
THQ320*8-290*30-500*20	554	573	62	790	752	183	908	840	350	981	900	497
THQ320*8-290*35-500*20	555	574	58	790	752	174	907	839	331	981	898	477

Karakteristieke temperaturen: THQ (3)

IFB (1) Doorsnede type	C=1.0				C=0.0			
	30	60	90	120	30	60	90	120
1/2 HE220M430X15	75.0%	26.9%	15.7%	9.9%	84.1%	29.1%	16.7%	10.4%
1/2 HE240M450X20	85.2%	30.4%	17.6%	11.6%	93.6%	33.1%	18.7%	12.2%
1/2 HE260B460X12	65.7%	22.2%	13.4%	9.8%	74.2%	24.1%	14.3%	10.3%
1/2 HE260M470X20	83.1%	29.6%	17.5%	12.1%	92.3%	32.1%	18.6%	12.7%
1/2 HE280M490X20	81.2%	29.1%	17.5%	12.5%	91.0%	31.5%	18.5%	13.1%
1/2 HE280M490X25	93.7%	33.3%	18.5%	12.8%	98.9%	36.5%	19.9%	13.5%
1/2 HE300B500X15	77.2%	24.2%	14.3%	10.5%	86.6%	26.4%	15.2%	11.1%
1/2 HE300M510X25	87.6%	32.3%	18.9%	13.5%	96.4%	35.2%	20.1%	14.1%
1/2 HE320B500X15	74.2%	24.1%	14.4%	10.7%	83.7%	26.2%	15.4%	11.3%
1/2 HE320M510X25	87.5%	32.6%	19.2%	13.7%	96.4%	35.6%	20.4%	14.4%
1/2 HE320M510X30	94.7%	36.7%	20.2%	13.9%	99.5%	40.5%	21.7%	14.7%
1/2 HE340B500X15	72.4%	24.2%	14.7%	11.1%	81.8%	26.2%	15.6%	11.7%
1/2 HE340M510X25	87.6%	32.9%	19.4%	13.9%	96.4%	35.8%	20.6%	14.5%
1/2 HE340M510X30	94.6%	36.9%	20.3%	14.0%	99.5%	40.6%	21.8%	14.8%
1/2 HE360B500X15	72.1%	24.8%	15.2%	11.5%	81.3%	26.8%	16.1%	12.0%
1/2 HE360M510X25	88.0%	33.1%	19.6%	14.1%	96.6%	36.0%	20.8%	14.7%
1/2 HE360M510X30	94.5%	37.0%	20.5%	14.2%	99.4%	40.7%	21.9%	15.0%
1/2 HE400B500X20	90.5%	30.2%	17.4%	12.7%	96.6%	32.9%	18.6%	13.4%
1/2 HE400M510X25	88.4%	33.7%	20.0%	14.5%	96.7%	36.6%	21.2%	15.2%
1/2 HE400M510X30	94.3%	37.5%	20.9%	14.6%	99.4%	41.2%	22.3%	15.4%
1/2 HE450B500X20	87.7%	30.2%	17.9%	13.3%	94.6%	32.8%	19.0%	13.9%
1/2 HE450M510X25	88.7%	34.6%	20.7%	15.2%	96.7%	37.4%	21.8%	15.8%
1/2 HE450M510X30	94.0%	38.2%	21.4%	15.1%	99.3%	41.8%	22.8%	15.9%
1/2 HE500A500X20	91.4%	31.2%	18.2%	13.7%	97.0%	34.0%	19.3%	14.3%
1/2 HE500B500X20	86.2%	30.7%	18.6%	14.0%	93.6%	33.2%	19.6%	14.6%
1/2 HE500M510X25	89.1%	35.5%	21.4%	15.8%	96.9%	38.3%	22.6%	16.5%
1/2 HE500M510X30	93.9%	39.0%	22.0%	15.7%	99.2%	42.6%	23.4%	16.4%
1/2 HE550A500X20	89.9%	31.9%	18.9%	14.3%	95.9%	34.6%	20.0%	15.0%
1/2 HE550B500X20	85.7%	31.5%	19.4%	14.9%	93.1%	33.9%	20.4%	15.4%
1/2 HE550B500X25	94.8%	36.1%	20.5%	15.1%	99.0%	39.3%	21.8%	15.8%
1/2 HE550M510X25	89.4%	36.5%	22.2%	16.6%	97.0%	39.3%	23.3%	17.2%
1/2 HE550M510X30	93.7%	39.8%	22.7%	16.4%	99.2%	43.3%	24.0%	17.1%
1/2 HE550M510X30	93.7%	39.8%	22.7%	16.4%	99.2%	43.3%	24.0%	17.1%
1/2 HE600A500X20	88.6%	32.3%	19.5%	15.1%	94.8%	34.9%	20.6%	15.7%
1/2 HE600B500X20	85.9%	32.9%	20.6%	15.9%	93.2%	35.3%	21.6%	16.4%
1/2 HE600B500X25	93.6%	36.8%	21.3%	15.8%	98.5%	40.0%	22.5%	16.5%
1/2 HE600M510X30	93.7%	40.8%	23.4%	17.1%	99.2%	44.4%	24.8%	17.8%
1/2 HE600M510X35	97.0%	45.8%	24.8%	17.5%	99.9%	50.2%	26.4%	18.3%
1/2 HE650A500X20	88.1%	33.4%	20.6%	16.0%	94.5%	35.9%	21.6%	16.5%
1/2 HE650B500X25	92.7%	37.4%	21.9%	16.5%	98.0%	40.5%	23.1%	17.2%
1/2 HE650M510X25	90.1%	38.6%	23.8%	18.1%	97.3%	41.4%	25.0%	18.7%
1/2 HE650M510X30	93.7%	41.7%	24.2%	17.8%	99.2%	45.2%	25.5%	18.5%
1/2 HE650M510X35	96.6%	46.4%	25.4%	18.0%	99.9%	50.8%	27.0%	18.9%

Plastische weerstandsmomenten: IFB (1)

IFB (2) Doorsnede type	C=1.0				C=0.0			
	30	60	90	120	30	60	90	120
1/2 IPE400-380X10	74.3%	30.4%	20.2%	15.9%	80.1%	32.3%	21.1%	16.5%
1/2 IPE400-O390X12	80.7%	32.2%	20.7%	16.0%	86.6%	34.4%	21.7%	16.6%
1/2 IPE450390X12	81.1%	33.4%	21.8%	17.1%	86.8%	35.6%	22.8%	17.8%
1/2 IPE450-O400X12	77.4%	32.5%	21.5%	17.0%	83.3%	34.4%	22.4%	17.5%
1/2 IPE500400X12	78.7%	33.8%	22.5%	17.9%	84.4%	35.7%	23.4%	18.5%
1/2 IPE500-O410X15	85.3%	35.7%	23.0%	18.0%	90.8%	38.0%	24.1%	18.6%
1/2 IPE550410X15	86.0%	36.4%	23.7%	18.8%	91.3%	38.7%	24.7%	19.5%
1/2 IPE550-O420X15	83.8%	36.3%	23.8%	18.9%	89.5%	38.5%	24.8%	19.4%
1/2 IPE600420X15	84.0%	36.4%	24.2%	19.4%	89.6%	38.6%	25.1%	20.0%
1/2 IPE600-O430X15	82.5%	37.8%	25.5%	20.4%	88.5%	39.7%	26.3%	20.9%
1/2 IPE600-O430X20	91.1%	40.7%	25.5%	19.7%	96.0%	43.5%	26.6%	20.3%

Plastische weerstandsmomenten: IFB (2)

SFB	C=1.0				C=0.0			
	30	60	90	120	30	60	90	120
Doorsnede type								
HE140B340X10	92.4%	41.7%	23.6%	16.4%	95.8%	50.8%	28.0%	19.1%
HE140M350X10	92.5%	47.2%	25.2%	16.7%	97.0%	56.2%	29.1%	19.1%
HE140M350X15	92.5%	53.1%	26.9%	17.6%	97.5%	63.9%	31.7%	20.4%
HE140M350X20	93.0%	59.1%	29.0%	18.5%	98.4%	70.4%	34.7%	21.8%
HE160B360X10	93.4%	43.1%	24.2%	17.2%	96.7%	52.4%	28.6%	20.0%
HE160M370X10	92.9%	48.7%	26.2%	17.9%	97.6%	57.9%	30.1%	20.3%
HE160M370X15	93.3%	54.5%	27.9%	18.7%	98.0%	65.4%	32.8%	21.6%
HE160M370X20	93.4%	60.5%	30.0%	19.4%	98.7%	72.0%	35.8%	22.8%
HE160M370X25	93.7%	65.7%	32.4%	20.3%	99.2%	76.8%	39.2%	24.2%
HE180B380X10	94.2%	42.6%	24.2%	17.6%	97.3%	51.6%	28.3%	20.2%
HE180B380X15	93.9%	50.6%	26.6%	18.9%	97.8%	62.6%	31.9%	22.2%
HE180M390X10	93.1%	48.9%	26.4%	18.7%	98.1%	58.2%	30.3%	21.0%
HE180M390X15	93.9%	54.8%	28.2%	19.4%	98.4%	65.9%	33.0%	22.3%
HE180M390X20	93.8%	60.7%	30.3%	20.2%	98.9%	72.5%	36.1%	23.6%
HE180M390X25	93.9%	66.2%	32.7%	21.1%	99.3%	77.7%	39.5%	24.9%
HE200B400X10	94.6%	42.3%	23.9%	17.7%	97.7%	51.2%	27.9%	20.2%
HE200B400X15	94.4%	50.1%	26.2%	18.9%	98.1%	62.1%	31.3%	22.1%
HE200M410X10	93.1%	49.3%	26.5%	19.0%	98.4%	58.6%	30.2%	21.3%
HE200M410X15	94.4%	55.1%	28.4%	19.7%	98.7%	66.3%	33.1%	22.5%
HE200M410X20	94.2%	61.2%	30.5%	20.6%	99.0%	73.2%	36.2%	23.8%
HE200M410X25	94.2%	66.6%	32.9%	21.5%	99.4%	78.5%	39.7%	25.2%
HE200M410X30	94.2%	71.1%	35.4%	22.3%	99.6%	82.0%	43.3%	26.5%
HE220B420X10	94.8%	42.1%	23.8%	17.6%	98.1%	50.9%	27.6%	20.0%
HE220B420X15	94.9%	49.7%	26.0%	18.8%	98.4%	61.7%	30.9%	21.8%
HE220B420X20	94.8%	58.0%	28.4%	19.9%	98.9%	71.3%	34.5%	23.5%
HE220M430X10	93.1%	49.7%	26.6%	19.1%	98.7%	59.0%	30.3%	21.4%
HE220M430X15	94.8%	55.5%	28.4%	19.9%	98.9%	66.8%	33.1%	22.6%
HE220M430X20	94.6%	61.6%	30.6%	20.7%	99.2%	73.8%	36.3%	23.9%
HE220M430X25	94.4%	67.0%	33.1%	21.6%	99.5%	79.3%	39.8%	25.2%
HE220M430X30	94.3%	71.6%	35.7%	22.5%	99.7%	82.9%	43.6%	26.6%
HE240B440X10	95.1%	43.8%	24.2%	18.0%	98.5%	53.0%	28.1%	20.4%
HE240B440X15	95.3%	51.0%	26.3%	19.0%	98.7%	63.3%	31.3%	22.0%
HE240B440X20	95.2%	59.1%	28.8%	20.0%	99.1%	72.9%	35.0%	23.7%
HE240M450X10	92.4%	54.2%	28.4%	19.9%	99.1%	64.2%	32.4%	22.2%
HE240M450X15	94.7%	59.6%	30.4%	20.7%	99.2%	71.2%	35.3%	23.4%
HE240M450X20	94.9%	64.9%	32.6%	21.4%	99.4%	77.2%	38.5%	24.6%
HE240M450X25	94.6%	69.9%	34.9%	22.2%	99.6%	82.1%	41.8%	25.8%
HE240M450X30	94.3%	73.8%	37.5%	23.2%	99.8%	85.2%	45.6%	27.2%
HE240M450X35	94.1%	77.1%	40.1%	24.1%	99.9%	86.4%	49.3%	28.6%
HE240M450X40	93.9%	79.0%	42.9%	25.2%	100.0%	86.2%	53.3%	30.2%

Plastische weerstandsmomenten: SFB

THQ (1) Doorsnede type	C=1.0				C=0.0			
	30	60	90	120	30	60	90	120
THQ150*5-190*12-400*8	47.3%	18.3%	8.5%	5.2%	58.4%	22.3%	10.6%	6.7%
THQ150*5-190*15-400*10	48.3%	18.6%	8.7%	5.3%	60.8%	23.0%	11.0%	6.8%
THQ150*5-190*15-400*8	42.3%	17.3%	8.1%	4.9%	52.1%	20.9%	10.0%	6.2%
THQ150*5-190*20-400*10	41.6%	17.2%	8.4%	4.9%	52.0%	20.8%	10.4%	6.3%
THQ150*5-190*20-400*12	46.9%	18.2%	8.9%	5.2%	59.8%	22.4%	11.2%	6.7%
THQ150*5-190*20-400*8	38.7%	17.1%	8.4%	4.9%	47.4%	20.3%	10.2%	6.1%
THQ150*5-190*25-400*10	39.5%	17.6%	9.3%	5.2%	49.0%	21.0%	11.2%	6.4%
THQ150*5-190*25-400*12	42.3%	17.6%	9.2%	5.2%	53.5%	21.3%	11.3%	6.5%
THQ150*5-190*25-400*15	50.4%	19.1%	9.9%	5.6%	65.0%	23.7%	12.3%	7.2%
THQ150*5-190*25-400*8	39.0%	18.6%	9.8%	5.5%	47.3%	21.8%	11.6%	6.7%
THQ150*5-190*30-400*12	41.1%	18.3%	10.4%	5.7%	51.6%	21.8%	12.3%	7.0%
THQ150*5-190*30-400*15	45.7%	18.4%	10.3%	5.7%	58.6%	22.4%	12.5%	7.1%
THQ150*5-190*35-400*15	44.3%	19.0%	11.5%	6.3%	56.3%	22.8%	13.6%	7.6%
THQ150*5-190*35-400*20	55.9%	20.6%	12.0%	6.6%	73.2%	25.5%	14.6%	8.2%
THQ150*5-190*40-400*20	52.1%	20.3%	12.7%	7.0%	67.6%	24.7%	15.0%	8.5%
THQ150*5-240*12-450*8	40.9%	15.7%	7.3%	4.5%	51.7%	19.8%	9.5%	6.0%
THQ150*5-240*15-450*10	41.6%	16.1%	7.5%	4.5%	53.4%	20.4%	9.8%	6.1%
THQ150*5-240*15-450*8	37.0%	15.2%	7.0%	4.3%	46.6%	18.8%	9.0%	5.6%
THQ150*5-240*20-450*10	36.8%	15.7%	7.5%	4.4%	47.0%	19.4%	9.6%	5.8%
THQ150*5-240*20-450*12	40.6%	16.2%	7.8%	4.6%	52.7%	20.5%	10.1%	6.1%
THQ150*5-240*25-450*12	37.9%	16.4%	8.4%	4.7%	48.8%	20.2%	10.6%	6.1%
THQ150*5-240*25-450*15	43.5%	17.1%	8.8%	4.9%	57.4%	21.6%	11.2%	6.5%
THQ150*5-240*30-450*15	41.0%	17.2%	9.6%	5.2%	53.6%	21.3%	11.9%	6.7%
THQ150*5-240*35-450*20	48.7%	18.7%	11.1%	6.0%	64.9%	23.5%	13.6%	7.6%
THQ150*5-240*40-450*20	47.1%	19.3%	12.3%	6.7%	62.3%	23.8%	14.8%	8.2%
THQ150*5-290*12-500*8	36.7%	14.0%	6.5%	4.0%	47.4%	18.1%	8.7%	5.5%
THQ150*5-290*15-500*10	37.2%	14.5%	6.7%	4.1%	48.8%	18.8%	9.0%	5.6%
THQ150*5-290*15-500*8	33.8%	13.9%	6.4%	3.9%	43.3%	17.6%	8.4%	5.2%
THQ150*5-290*20-500*10	34.1%	14.8%	7.0%	4.1%	44.2%	18.6%	9.1%	5.5%
THQ150*5-290*20-500*12	36.7%	14.9%	7.1%	4.2%	48.6%	19.2%	9.4%	5.7%
THQ150*5-290*25-500*12	35.7%	15.8%	8.0%	4.5%	46.7%	19.8%	10.2%	6.0%
THQ150*5-290*25-500*15	39.3%	15.9%	8.1%	4.5%	52.7%	20.4%	10.5%	6.1%
THQ150*5-290*30-500*15	38.5%	16.7%	9.3%	5.0%	51.1%	21.0%	11.7%	6.6%
THQ150*5-290*30-500*20	47.9%	17.8%	9.8%	5.3%	65.5%	23.1%	12.6%	7.1%
THQ150*5-290*35-500*20	44.7%	17.8%	10.7%	5.7%	60.6%	22.7%	13.3%	7.3%
THQ150*5-290*40-500*25	52.9%	19.6%	12.3%	6.6%	72.9%	25.2%	15.1%	8.4%

Plastische weerstandsmomenten: THQ (1)

THQ (2)	C=1.0				C=0.0			
	30	60	90	120	30	60	90	120
Doorsnede type								
THQ180*5-190*12-400*8	49.7%	20.9%	10.0%	6.0%	60.1%	24.9%	12.2%	7.5%
THQ180*5-190*15-400*10	50.1%	20.6%	10.1%	6.0%	62.3%	24.9%	12.5%	7.5%
THQ180*5-190*15-400*8	44.7%	19.5%	9.6%	5.7%	54.4%	23.1%	11.6%	7.0%
THQ180*5-190*20-400*10	43.5%	18.8%	9.9%	5.6%	53.9%	22.5%	12.0%	7.0%
THQ180*5-190*20-400*12	48.5%	19.7%	10.2%	5.9%	61.2%	24.0%	12.6%	7.4%
THQ180*5-190*20-400*8	40.6%	18.8%	9.9%	5.7%	49.2%	22.1%	11.7%	6.9%
THQ180*5-190*25-400*10	40.9%	18.7%	10.5%	5.9%	50.4%	22.1%	12.5%	7.2%
THQ180*5-190*25-400*12	43.7%	18.7%	10.5%	5.9%	54.9%	22.5%	12.6%	7.3%
THQ180*5-190*25-400*15	51.3%	20.1%	11.0%	6.2%	65.8%	24.6%	13.5%	7.8%
THQ180*5-190*30-400*12	42.0%	18.9%	11.4%	6.4%	52.4%	22.5%	13.4%	7.7%
THQ180*5-190*30-400*15	46.8%	19.1%	11.2%	6.4%	59.8%	23.1%	13.5%	7.8%
THQ180*5-190*35-400*15	44.8%	19.2%	12.1%	7.0%	56.9%	23.0%	14.2%	8.4%
THQ180*5-190*35-400*20	56.1%	20.8%	12.4%	7.3%	73.4%	25.6%	15.0%	9.0%
THQ180*5-190*40-400*20	52.3%	20.2%	12.8%	7.8%	68.0%	24.6%	15.1%	9.4%
THQ180*5-240*12-450*8	43.1%	17.8%	8.4%	5.1%	53.8%	21.9%	10.6%	6.6%
THQ180*5-240*15-450*10	43.3%	17.7%	8.5%	5.1%	55.1%	22.1%	10.9%	6.7%
THQ180*5-240*15-450*8	39.2%	17.0%	8.1%	4.9%	48.8%	20.7%	10.2%	6.2%
THQ180*5-240*20-450*10	38.4%	16.9%	8.6%	4.9%	48.6%	20.7%	10.7%	6.4%
THQ180*5-240*20-450*12	42.0%	17.3%	8.8%	5.1%	54.1%	21.6%	11.2%	6.7%
THQ180*5-240*25-450*12	38.9%	17.0%	9.4%	5.2%	49.9%	20.9%	11.6%	6.7%
THQ180*5-240*25-450*15	44.5%	17.7%	9.6%	5.4%	58.3%	22.3%	12.1%	7.0%
THQ180*5-240*30-450*15	41.7%	17.6%	10.3%	5.7%	54.3%	21.7%	12.6%	7.3%
THQ180*5-240*35-450*15	41.7%	18.5%	11.8%	6.6%	53.8%	22.6%	14.0%	8.1%
THQ180*5-240*35-450*20	49.2%	18.7%	11.4%	6.5%	65.6%	23.5%	14.0%	8.2%
THQ180*5-240*40-450*20	47.3%	18.9%	12.3%	7.2%	62.7%	23.5%	14.7%	8.8%
THQ180*5-240*40-450*25	58.5%	20.7%	12.7%	7.6%	79.4%	26.3%	15.6%	9.5%
THQ180*5-290*12-500*8	38.7%	15.6%	7.3%	4.5%	49.3%	19.8%	9.6%	6.0%
THQ180*5-290*15-500*10	38.8%	15.9%	7.5%	4.5%	50.4%	20.2%	9.9%	6.1%
THQ180*5-290*15-500*8	35.5%	15.2%	7.2%	4.3%	45.1%	19.0%	9.3%	5.8%
THQ180*5-290*20-500*10	35.2%	15.6%	7.8%	4.5%	45.4%	19.5%	10.0%	5.9%
THQ180*5-290*20-500*12	37.8%	15.8%	7.9%	4.6%	49.8%	20.1%	10.3%	6.1%
THQ180*5-290*25-500*12	36.2%	16.2%	8.7%	4.9%	47.2%	20.3%	11.0%	6.4%
THQ180*5-290*25-500*15	40.1%	16.3%	8.7%	4.9%	53.6%	20.9%	11.3%	6.5%
THQ180*5-290*30-500*15	38.8%	16.8%	9.8%	5.4%	51.4%	21.2%	12.3%	7.0%
THQ180*5-290*30-500*20	48.1%	17.9%	10.1%	5.6%	65.8%	23.2%	13.0%	7.5%
THQ180*5-290*35-500*20	44.8%	17.6%	10.8%	6.0%	60.9%	22.5%	13.5%	7.7%
THQ180*5-290*40-500*20	44.6%	18.5%	12.2%	7.0%	60.1%	23.2%	14.8%	8.6%
THQ180*5-290*40-500*25	52.9%	19.1%	12.0%	7.0%	73.1%	24.8%	14.9%	8.9%

Plastische weerstandsmomenten: THQ (2)

THQ (3)	C=1.0				C=0.0			
	30	60	90	120	30	60	90	120
Doorsnede type								
THQ200*5-190*20-400*10	44.7%	20.0%	10.9%	6.2%	55.0%	23.7%	13.0%	7.6%
THQ200*5-190*20-400*12	49.5%	20.8%	11.2%	6.4%	62.1%	25.1%	13.6%	8.0%
THQ200*5-190*25-400*10	41.8%	19.6%	11.4%	6.5%	51.3%	23.0%	13.4%	7.8%
THQ200*5-190*25-400*12	44.7%	19.5%	11.2%	6.5%	55.9%	23.3%	13.4%	7.9%
THQ200*5-240*20-450*12	43.1%	18.2%	9.5%	5.4%	55.3%	22.5%	11.9%	7.0%
THQ200*5-240*25-450*12	39.8%	17.7%	10.0%	5.6%	50.7%	21.6%	12.3%	7.1%
THQ200*5-240*25-450*15	45.2%	18.3%	10.2%	5.8%	59.0%	22.9%	12.8%	7.4%
THQ200*5-240*30-450*15	42.2%	17.9%	10.8%	6.1%	54.8%	22.1%	13.1%	7.7%
THQ200*5-290*30-500*15	39.2%	17.0%	10.2%	5.6%	51.8%	21.3%	12.6%	7.2%
THQ200*5-290*30-500*20	48.5%	18.1%	10.4%	5.9%	66.2%	23.5%	13.4%	7.8%
THQ200*5-290*35-500*20	45.1%	17.7%	10.9%	6.3%	61.2%	22.6%	13.6%	8.0%
THQ265*6-190*20-400*10	52.7%	26.3%	15.5%	9.2%	62.4%	29.9%	17.6%	10.7%
THQ265*6-190*20-400*12	56.6%	26.5%	15.5%	9.2%	67.5%	30.7%	17.9%	10.9%
THQ265*6-190*25-400*10	48.9%	24.9%	15.4%	9.4%	58.1%	28.3%	17.3%	10.8%
THQ265*6-190*25-400*12	51.8%	24.7%	15.0%	9.3%	62.9%	28.5%	17.2%	10.8%
THQ265*6-240*20-450*12	49.7%	23.0%	13.0%	7.5%	61.6%	27.3%	15.5%	9.2%
THQ265*6-240*25-450*12	45.7%	21.8%	13.0%	7.7%	56.6%	25.7%	15.2%	9.2%
THQ265*6-240*25-450*15	50.8%	22.2%	13.0%	7.7%	64.6%	26.7%	15.6%	9.4%
THQ265*6-240*30-450*15	47.3%	21.2%	13.0%	8.0%	60.0%	25.4%	15.4%	9.6%
THQ265*6-290*30-500*15	43.1%	19.5%	11.9%	7.1%	55.6%	23.9%	14.4%	8.7%
THQ265*6-290*30-500*20	52.3%	20.5%	12.0%	7.2%	70.1%	25.9%	15.0%	9.2%
THQ265*6-290*35-500*20	48.8%	19.7%	12.1%	7.6%	65.1%	24.7%	14.9%	9.4%
THQ320*8-190*20-400*12	63.6%	34.8%	21.7%	13.5%	72.4%	38.6%	24.0%	15.1%
THQ320*8-190*25-400*12	61.2%	32.3%	20.8%	13.3%	70.3%	36.0%	22.9%	14.8%
THQ320*8-190*25-400*15	65.2%	32.4%	20.5%	13.1%	75.7%	36.7%	22.9%	14.7%
THQ320*8-190*30-400*12	58.6%	30.8%	20.3%	13.4%	68.1%	34.1%	22.3%	14.8%
THQ320*8-240*25-450*12	54.8%	28.4%	17.6%	10.8%	65.0%	32.2%	19.8%	12.3%
THQ320*8-240*25-450*15	59.3%	28.3%	17.3%	10.6%	71.0%	32.8%	19.8%	12.3%
THQ320*8-240*30-450*15	55.6%	26.9%	17.0%	10.8%	67.9%	31.0%	19.3%	12.4%
THQ320*8-240*30-450*15	55.6%	26.9%	17.0%	10.8%	67.9%	31.0%	19.3%	12.4%
THQ320*8-290*30-500*15	50.4%	24.4%	15.1%	9.3%	62.6%	28.7%	17.6%	10.9%
THQ320*8-290*30-500*20	59.0%	25.1%	15.0%	9.3%	75.4%	30.4%	18.0%	11.2%
THQ320*8-290*35-500*20	55.1%	23.9%	14.9%	9.6%	71.2%	28.9%	17.6%	11.4%

Plastische weerstandsmomenten: THQ (3)