

Grafieken en tabellen voor staal en staalconstructies voor gebouwen
gebaseerd op Eurocode 0, 1 en 3

GTS 2013

B. Potjes
H.H. Snijder
H.M.G.M. Steenbergen

Colofon

samenstelling ir. B. Potjes (hoofdstuk 1, 3 t/m 6)
prof.ir. H.H. Snijder (hoofdstuk 2)
ir. H.M.G.M. Steenbergen (hoofdstuk 4)
eindredactie ir. C.H. van Eldik / Bouwen met Staal
vormgeving Karel Ley / Fig.84-Reclamestudio

uitgave Bouwen met Staal
ISBN 978-90-72830-91-3

Correcties en aanvullingen op deze publicatie zijn gratis te downloaden via www.bouwenmetstaal.nl onder 'publicaties' en 'correcties (errata)'.



Bouwen met Staal
Boerhaavelaan 40, 2713 HX Zoetermeer
tel. (079) 3531277
info@bouwenmetstaal.nl
www.bouwenmetstaal.nl

© Bouwen met Staal 2013

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt – in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier – zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Aan de totstandkoming van deze publicatie is de uiterste zorg besteed. Desondanks zijn eventuele (druk)fouten en onvolkomenheden niet uit te sluiten. De uitgever sluit – mede ten behoeve van al degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt – elke aansprakelijkheid uit voor directe en indirecte schade, ontstaan door of verband houdende met de toepassing van deze publicatie.

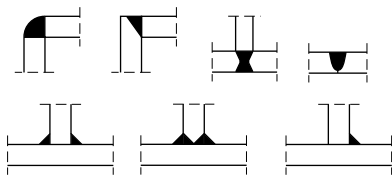
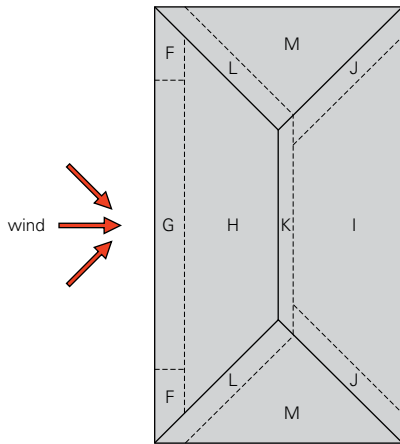
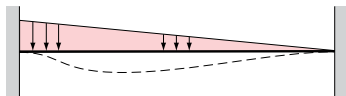
Voorwoord

De *GTS 2013* (Grafieken en tabellen voor staal en staalconstructies voor gebouwen gebaseerd op Eurocode 0, 1 en 3) komt voort uit de eerste druk uit 1998 van het boek *Staalprofielen*, dat geheel aansloot op de normenserie NEN-67xx (TGB 1990). Met de invoering van de Eurocodes was het noodzakelijk dit boek te herzien: de tweede druk van *Staalprofielen* (zie blz. 7) beperkt zich uitsluitend tot de profielgegevens van de meest gangbare staalprofielen voor constructies in de bouw.

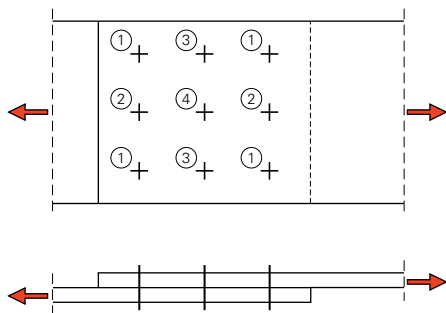
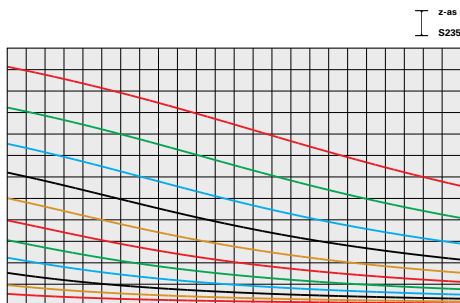
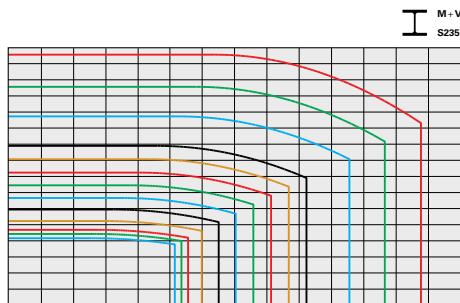
Alle praktische tabellen, grafieken en ontwerpinformatie uit *Staalprofielen* zijn in uitgebreide vorm ondergebracht in de *GTS 2013*, aangepast aan de wensen van de gebruikers en aangevuld met interactiegrafieken voor de weerstand van doorsneden en ontwerpgrafieken voor de kipstabiliteit. De grafieken en tabellen zijn gebaseerd op de uitgangspunten, tabellen, figuren en formules in NEN-EN 1990 (Eurocode 0), NEN-EN 1991 (Eurocode 1) en NEN-EN 1993 (Eurocode 3) in combinatie met de Nationale Bijlagen uit 2011.

Met de *GTS 2013* is een groot aantal veelvoorkomende onderdelen van een staalconstructie gemakkelijk vooraf te ontwerpen en te controleren of aan de Eurocode wordt voldaan. Voor walsprofielen zijn grafieken opgesteld voor de staalsoorten S235 en S355 en voor buisprofielen voor de staalsoorten S235 t/m S460. De tabellen voor bouten zijn gemaakt voor sterkteklassen 4.6, 8.8 en 10.9.

Inhoud



1	Algemeen	8
1.1	Grootheden en eenheden	8
1.2	Wiskunde	11
1.3	Doorsnedegrootheden	12
1.4	Mechanica	16
2	Belastingen en belastingcombinaties	20
2.1	Blijvende belasting	20
2.1.1	Eigen gewicht	21
2.1.2	Volumiek gewicht van bouwmaterialen en opgeslagen materialen	21
2.1.3	Gewicht per oppervlakte van materialen en constructies	25
2.2	Veranderlijke belasting	25
2.2.1	Opgelegde belasting	26
2.2.2	Sneeuwbelasting	29
2.2.3	Belasting door regenwater	32
2.2.4	Windbelasting	34
2.3	Buitengewone belasting	47
2.4	Belastingcombinaties	47
2.4.1	Uiterste grenstoestand	48
2.4.2	Bruikbaarheidsgrenstoestand	51
2.4.3	Overzicht partiële belastingfactoren	54
3	Materiaal	56
3.1	Normering	56
3.2	Mechanische eigenschappen	57
3.3	Keuze staalkwaliteit	58
3.3.1	Breuktaaiheid	58
3.3.2	Eigenschappen in de dikterichting	60
3.4	Verschillen koud- en warmgevormde buizen	62
4	Weerstand van doorsneden	64
4.1	Buiging en dwarskracht	64
4.2	Buiging en normaalkracht	74
4.2.1	Buiging en druk	74
4.2.2	Buiging en trek	84



4.3	Buiging, dwarskracht en normaalkracht	93
4.4	Stabiliteitsverbanden	94
4.4.1	Verbanden met hoekprofielen	94
4.4.2	Verbanden met strippen	94
4.4.3	Ontwerptabellen voor hoekprofielen en strippen	95

5 Knik- en kipstabiliteit 106

5.1	Knikstabiliteit	106
5.1.1	Knikreductiefactor	106
5.1.2	Ontwerpgrafieken	108
5.2	Kipstabiliteit	126
5.2.1	Kipreductiefactor	126
5.2.2	Kritieke elastische kipmoment	129
5.2.3	Ontwerpgrafieken	138

6 Verbindingen 150

6.1	Boutverbindingen	150
6.1.1	Bouten en sluitringen	150
6.1.2	Grensweerstanden enkele bout	151
6.1.3	Uitscheuren boutgroep	152
6.1.4	Grensweerstanden bout in boutgroep	153
6.2	Lasverbindingen	164
6.2.1	Berekening hoeklas	164
6.2.2	Basisbelastinggevallen	166
6.2.3	Lassymbolen	167
6.3	Kolomvoetplaatverbindingen	168
6.3.1	Trekweerstand anker	168
6.3.2	Afschuifweerstand	168
6.3.3	Verankeringslengte	169
6.3.4	Stuiksterkte beton	170

7 Literatuur 172

Studieboeken Eurocodes

Te bestellen via www.bouwenmetstaal.nl of de boekhandel.



Brand

Brand behandelt het onderwerp brandveiligheid en de berekening van de brandwerendheid van staalconstructies. Aan de orde komen de doelstellingen van brandveiligheid, de maatregelen om te voldoen aan de eisen voor brandveiligheid, het berekenen van de brandwerendheid en fire safety engineering, aangevuld met ontwerptabellen voor onder meer de reductiefactor op de sterkte, de doorsnedeklasse en de kritieke staaltemperatuur.

- A.F. Hamerlinck, *Brand. Brandveiligheid en berekening van de brandwerendheid van staalconstructies voor gebouwen volgens Eurocode 3*, Bouwen met Staal, Zoetermeer 2010, ISBN 978-90-72830-85-2, formaat 23x25 cm, 148 p.



Krachtswerking

Krachtswerking behandelt de achtergronden van NEN-EN 1990 voor wat betreft veiligheid en betrouwbaarheid. Verder komen de belastingen en vervormingen volgens NEN-EN 1991 aan bod. Vervolgens wordt aandacht besteed aan het modelleren, de eigenschappen van de doorsnede, de classificatie van (on)geschoorde raamwerken, het toetsen van staalconstructies volgens NEN-EN 1993-1-1 én de weerstand van doorsneden.

- H.H. Snijder en H.M.G.M. Steenberg, *Krachtswerking. Grondslagen voor het berekenen en toetsen van staalconstructies voor gebouwen volgens Eurocode 3*, Bouwen met Staal, Zoetermeer 2011, ISBN 978-90-72830-87-6, formaat 23x25 cm, 284 p.



Staal-beton

Staal-beton geeft een overzicht van de kenmerken, de ontwerp- en uitvoeringsaspecten en toepassingsmogelijkheden van staal-beton liggers, staalplaat-betonvloeren en staal-beton kolommen. In detail worden de rekenmethoden en toetsingsregels besproken volgens NEN-EN 1994; zowel bij normale temperatuur als bij brand. Het boek sluit af met een berekening van een bioscoopzaal in staal-beton bestaande uit hoofd- en raveelligers en kolommen.

- J.W.B. Stark en R.J. Stark, *Staal-beton. Toepassing en berekening van staal-beton constructies voor gebouwen volgens Eurocode 4*, Bouwen met Staal, Zoetermeer 2009, ISBN 978-90-72830-83-8, formaat 23x25 cm, 228 p.



Verbinden

Verbinden geeft een overzicht van geboute en gelaste verbindingen en bespreekt de aspecten die bij het ontwerp en de detaillering een rol spelen. Daarna wordt ingegaan op het berekenen van mechanische verbindingsmiddelen (bouten in gaten met speling, voorspanbouten, pasbouten, injectiebouten, klinknagels en pennen) én van lassen volgens NEN-EN 1993. Het laatste hoofdstuk gaat over het berekenen van complete verbindingen.

- J.W.B. Stark, *Verbinden. Kenmerken van verbindingen in staalconstructies en het berekenen van mechanische verbindingsmiddelen volgens Eurocode 3*, Bouwen met Staal, Zoetermeer 2012, ISBN 978-90-72830-89-0, formaat 23x25 cm, 208 p.



Staalprofielen

Staalprofielen bevat technische gegevens, weerstanden en brandwerendheid volgens Eurocode 3 van de meest gangbare profielen voor constructies: balkstaal, geïntegreerde liggers, stafstaal, stripstaal en buis. De tabellen bij de profielen geven informatie over: geometrie, doorsnedegrootheden, doorsnedeklasse (bij normale temperatuur en brand), profielweerstand (voor normaaldrukkracht, dwarskracht en buiging, zowel elastisch als plastisch voor de staalsoorten S235 t/m S460) en de brandwerendheid (profielfactor).

- *Staalprofielen. Technische gegevens, weerstanden en brandwerendheid volgens Eurocode 3 van de meest gangbare profielen*, Bouwen met Staal, Zoetermeer 2012 (2e druk), ISBN 978-90-72830-90-6, formaat 16x22 cm (in wire-o), 238 p.

1.2 Wiskunde

$$a^0 = 1 \quad (\text{voor } a \neq 0) \quad \frac{1}{a^n} = a^{-n} \quad a^m \cdot a^n = a^{m+n} \quad (a^m)^n = a^{m \cdot n} \quad a^n \cdot b^n = (ab)^n$$

$$\left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n} = a^n \cdot b^{-n} \quad \sqrt[m]{a^n} = a^{\frac{n}{m}} \quad \sqrt[m]{\sqrt[n]{a}} = a^{\frac{1}{m \cdot n}} \quad \sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}$$

Voor natuurlijke getallen $(\mathbb{N})$ $n > 0$ en $n > k$ geldt:

$$(a \pm b)^n = a^n \pm \binom{n}{1} a^{n-1} b^1 + \binom{n}{2} a^{n-2} b^2 \pm \binom{n}{3} a^{n-3} b^3 + \dots + (\pm 1)^{n-1} \binom{n}{n-1} a^1 b^{n-1} + (\pm 1)^n b^n$$

met

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!} \quad \text{en} \quad n! = 1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot (n-1) \cdot n$$

1.8 Machten en wortels.

eerstegraads: $y = ax + b$ voor $x = 0 \Rightarrow y = b$
 $y = 0 \Rightarrow x = \frac{-b}{a}$

tweedegraads: $y = ax^2 + bx + c$ (grafisch een parabool)
 $y = 0 \Rightarrow x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

lineaire interpolatie: $\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{y_a - y_1}{x_a - x_1} = \frac{y_2 - y_a}{x_2 - x_a}$

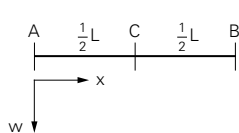
1.9 Eerste- en tweedegraadsfuncties.

$${}^b\log a = c \Rightarrow b^c = a \quad {}^b\log a = \frac{{}^{10}\log a}{{}^{10}\log b} = \frac{\log a}{\log b} = c \quad \text{voor } a > 0 \text{ en } b > 0 \text{ en } b \neq 1$$

$${}^e\log a = \ln a \quad \text{met} \quad e = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n \approx 2,7182818$$

$$\ln(a \cdot b) = \ln a + \ln b \quad \ln\left(\frac{a}{b}\right) = \ln a - \ln b \quad \ln(a^n) = n \cdot \ln a$$

1.10 Logaritmen.



belastinggeval	oplegreactie	liggermoment	hoekverdraaiing	doorbuiging
	$R_A = \frac{M}{L}$ $R_B = -\frac{M}{L}$	$M_B = M$ $M_C = \frac{1}{2}M$	$\phi_A = \frac{-ML}{6EI}$ $\phi_B = \frac{ML}{3EI}$	$w_C = \frac{ML^2}{16EI}$ $w_{\max} = \frac{ML^2}{15,6EI}$ bij $x = 0,577L$
	$R_A = \frac{1}{2}F$ $R_B = \frac{1}{2}F$	$M_C = \frac{1}{4}FL$	$\phi_A = \frac{-FL^2}{16EI}$ $\phi_B = \frac{FL^2}{16EI}$	$w_C = w_{\max} = \frac{FL^3}{48EI}$
	$R_A = \frac{Fb}{L}$ $R_B = \frac{Fa}{L}$	$M_F = \frac{Fab}{L}$	$\phi_A = \frac{-Fab(L+b)}{6EI \cdot L}$ $\phi_B = \frac{Fab(L+a)}{6EI \cdot L}$	$w_F = \frac{Fa^2b^2}{3EI \cdot L}$ $w_{\max} = \frac{Fa \sqrt{(L^2 - a^2)^3}}{15,6EI \cdot L}$ bij $x = L - \sqrt{\frac{1}{3}(L^2 - a^2)}$
	$R_A = \frac{1}{2}qL$ $R_B = \frac{1}{2}qL$	$M_C = \frac{1}{8}qL^2$	$\phi_A = \frac{-qL^3}{24EI}$ $\phi_B = \frac{qL^3}{24EI}$	$w_C = w_{\max} = \frac{5qL^4}{384EI}$
	$R_A = \frac{1}{3}qL$ $R_B = \frac{1}{6}qL$	$M_{\max} = 0,0642qL^2$ bij $x = 0,577L$	$\phi_A = \frac{-qL^3}{45EI}$ $\phi_B = \frac{7qL^3}{360EI}$	$w_{\max} = 0,00652 \frac{qL^4}{EI}$ bij $x = 0,481L$
	$R_A = \frac{1}{4}qL$ $R_B = \frac{1}{4}qL$	$M_C = \frac{1}{12}qL^2$	$\phi_A = \frac{-5qL^3}{192EI}$ $\phi_B = \frac{5qL^3}{192EI}$	$w_C = w_{\max} = \frac{qL^4}{120EI}$

1.24 Tweezijdig scharnierend opgelegde ligger.

materiaal		volumiek gewicht γ (kN/m ³)
metselstenen	aardewerk	21,0
	baksteen ^[1] , geperforeerd	10,0-14,0
	baksteen ^[1] , massief	17,0-19,0
	betonsteen ^[1]	18,0-22,0
	cellenbetonsteen ^[1]	7,0-12,0
	gipsblokken	11,0
	holle glazen steen ^[1]	10,0-14,0
	kalkzandsteen ^[1]	17,0-19,0
	klinker	20,0
	kunststeen ^[1,2]	18,0-22,0
	verblendsteen (20% perforatie)	18,0
natuursteen (zie prEN 771-6)	basalt, dioriet, gabbro	27,0-31,0
	basaltlava	24,0
	gneiss	30,0
	graniet, syeniet, porfier	27,0-30,0
	kalksteen, dicht	20,0-29,0
	kalksteen, anders	20,0
	leiste	28,0
	marmer	27,0
	tachylit	26,0
	vulkanische tufsteen	20,0
	wacke, zandsteen	21,0-27,0
tegels	poreus	19,0
	dicht	23,0

1. NEN-EN 1991-1-1 verwijst hiervoor naar respectievelijk NEN-EN 771-1, NEN-EN 771-2, NEN-EN 771-3, NEN-EN 771-4, NEN-EN 771-5 en NEN-EN 1051-1. In deze normen staan echter geen volumieke gewichten. De in tabel 2.3 gegeven waarden zijn richtwaarden.
2. Namaak natuursteen is vaak van beton.

2.3 Bouwmaterialen: metselwerk, natuursteen en tegels.

materiaal		volumiek gewicht γ (kN/m ³)
hout ^[1,2,3]	sterkteklasse C24 (Amerikaans vuren, den, grenen, lariks)	4,2
	sterkteklasse C30 (Europees vuren, den, grenen, lariks)	4,6
	sterkteklasse C35 (Duits douglas grenen)	4,8
	sterkteklasse D30 (eik)	6,4
	sterkteklasse D40 (iroko, teak, beuk)	7,0
	sterkteklasse D50 (merbau)	7,8
	sterkteklasse D70 (azobé)	10,8
gelamineerd hout ^[2,4,5]	gelaagd en gelijmd Amerikaans vuren, den, grenen, lariks	4,2
	gelaagd en gelijmd Europees vuren, den, grenen, lariks	4,6
multiplex	multiplex van zacht hout	5,0
	berken multiplex	7,0
	laminaat en meubelplaat	4,5
spaanplaat	spaanplaat	7,0-8,0
	cementgebonden spaanplaat	12,0
	houtschilferplaat, OSB, wafer board	7,0
vezelplaat	hardboard, standaard en gehard	10,0
	houtwolmagnesiet	4,5
	vezelplaat met gemiddelde dichtheid (MDF)	8,0
	zachtboard	4,0

1. Zie NEN-EN 338 voor houtsterkteklassen.
2. Zie NEN-EN 1991-1-1, tabel A3 voor meer sterkteklassen en bijbehorende volumieke gewichten.
3. Zie NEN-EN 1912 + A1 voor de toedeling aan houtsterkteklassen van een groot aantal houtsoorten, afhankelijk van herkomst en sortering. De hier gegeven indeling geeft een veilige waarde voor het volumiek gewicht.
4. Zie NEN-EN 1194 voor houtsterkteklassen.
5. De hier gegeven indeling geeft een veilige waarde voor het volumiek gewicht.

2.4 Bouwmaterialen: hout.

Hierbij is uitsluitend ongunstig werkende blijvende belasting beschouwd (bij een gunstig werkende blijvende belasting geldt $\gamma_G = 0,9$).

- Belastingcombinaties voor de uiterste grenstoestand groep B (STR/GEO):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad \text{NEN-EN 1990, formule (6.10a)}$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad \text{NEN-EN 1990, formule (6.10b)}$$

Hierin is ξ een reductiefactor voor een ongunstig werkende blijvende belasting G , met volgens de Nationale Bijlage $\xi = 1,2/1,35 = 0,89$.

In de Nationale Bijlage bij NEN-EN 1990 zijn deze algemene formules onder weglating van P voor de verschillende gevolklassen als volgt uitgewerkt:

$$\begin{aligned} \text{gevolgklasse CC3} \quad & 1,5G + \sum_{i \geq 1} 1,65 \psi_{0,i} Q_{k,i} \\ & 1,3G + 1,65 Q_{k,1} + \sum_{i > 1} 1,65 \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{gevolgklasse CC2} \quad & 1,35G + \sum_{i \geq 1} 1,5 \psi_{0,i} Q_{k,i} \\ & 1,2G + 1,5 Q_{k,1} + \sum_{i > 1} 1,5 \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{gevolgklasse CC1} \quad & 1,2G + \sum_{i \geq 1} 1,35 \psi_{0,i} Q_{k,i} \\ & 1,1G + 1,35 Q_{k,1} + \sum_{i > 1} 1,35 \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{aligned}$$

Hierbij is uitsluitend een ongunstig werkende blijvende belasting beschouwd (bij een gunstig werkende blijvende belasting geldt $\gamma_G = 0,9$).

De drie gevolklassen CC ('consequence class' = gevolgklasse) zijn gedefinieerd in tabel 2.42.

Tabel 2.43 geeft voorbeelden van de toepassingen voor elk van de drie gevolklassen.

- Belastingcombinaties voor de uiterste grenstoestand groep C (STR/GEO):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad \text{NEN-EN 1990, formule (6.10)}$$

In de Nationale Bijlage bij NEN-EN 1990 is deze formule onder weglating van P als volgt uitgewerkt:

$$1,0G + 1,3Q_{k,1} + \sum_{i > 1} 1,3 \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

3.3.2 Eigenschappen in de dikterichting

Wanneer staal in de dikterichting op trek wordt belast kunnen zogenaamde lamellaire scheuren ontstaan. Een trekbelasting in de dikterichting kan bijvoorbeeld ook optreden door laskrimp tijdens het afkoelen van de lassen in de werkplaats (dus bij afwezigheid van een uitwendige trekbelasting). De scheuren lopen evenwijdig aan de oppervlakte. Lamellaire scheuren zijn te vermijden door bij de staalproductie het vormveranderingsvermogen in de dikterichting aanzienlijk te verbeteren. Een dergelijke verbeterde staalkwaliteit wordt geleverd volgens NEN-EN 10164. Er worden – naast een onbenoemde basisklasse – drie kwaliteitsklassen (zogenaamde Z-kwaliteiten) onderscheiden voor gebouwen en bruggen (tabel 3.5). Lamellaire scheurvorming mag worden verwaarloosd wanneer geldt:

$Z_{Ed} \geq Z_{Rd}$

Hierin is:
 Z_{Ed} minimaal vereiste waarde van Z als functie van de optredende verhinderde laskrimp volgens:

$Z_{Ed} = Z_a + Z_b + Z_c + Z_d + Z_e$

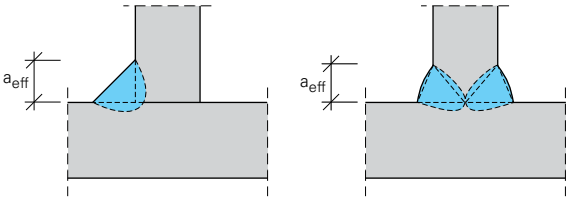
De waarden Z_a t/m Z_e volgen uit de tabellen 3.6 tot en met 3.10.
 Z_{Rd} gewaarborgde waarde volgens NEN-EN 10164.

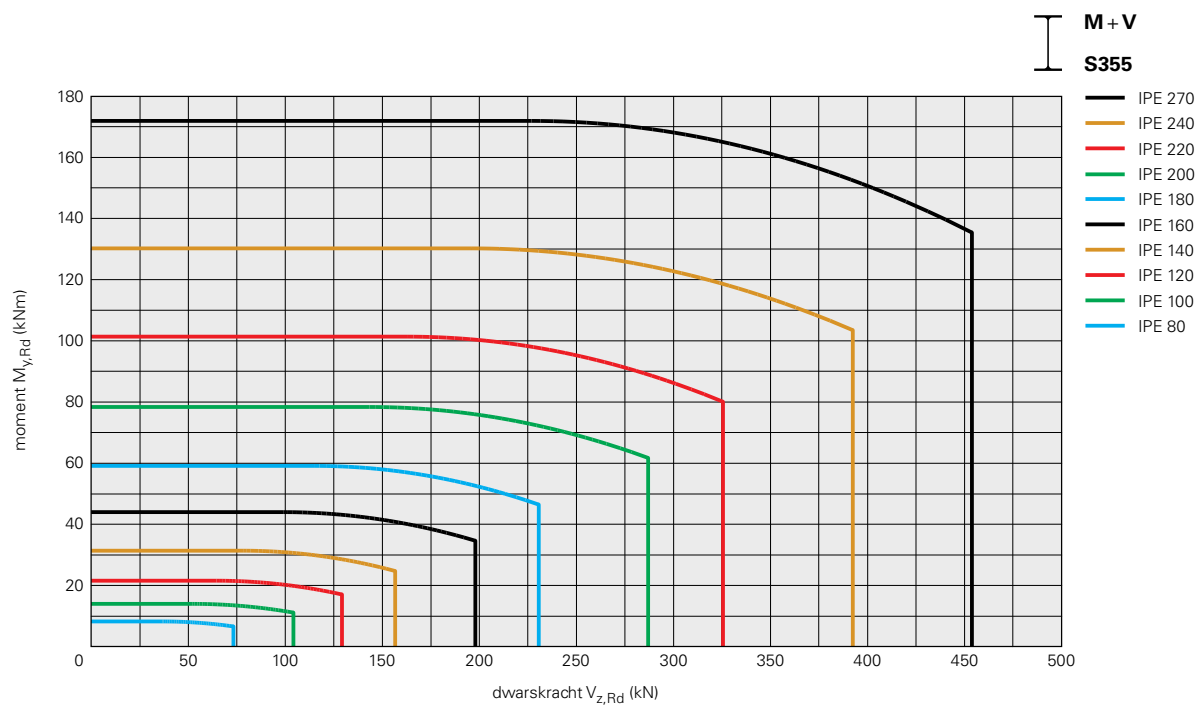
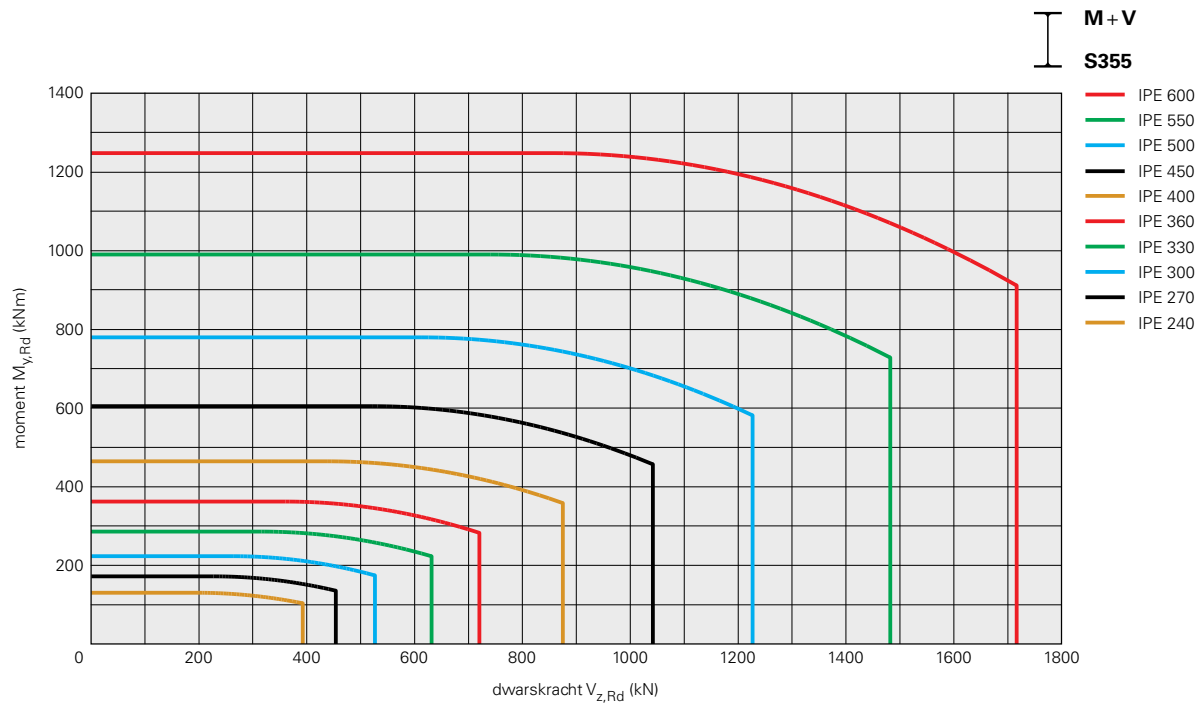
3.5 Kwaliteitsklassen volgens NEN-EN 10164 met de bijbehorende rekenwaarde Z_{Ed} volgens NEN-EN 1993-1-10 voor gebouwen en bruggen.

kwaliteitsklasse Z_{Rd}	rekenwaarde Z_{Ed}
–	≤ 10
Z15	10-20
Z25	20-30
Z35	> 30

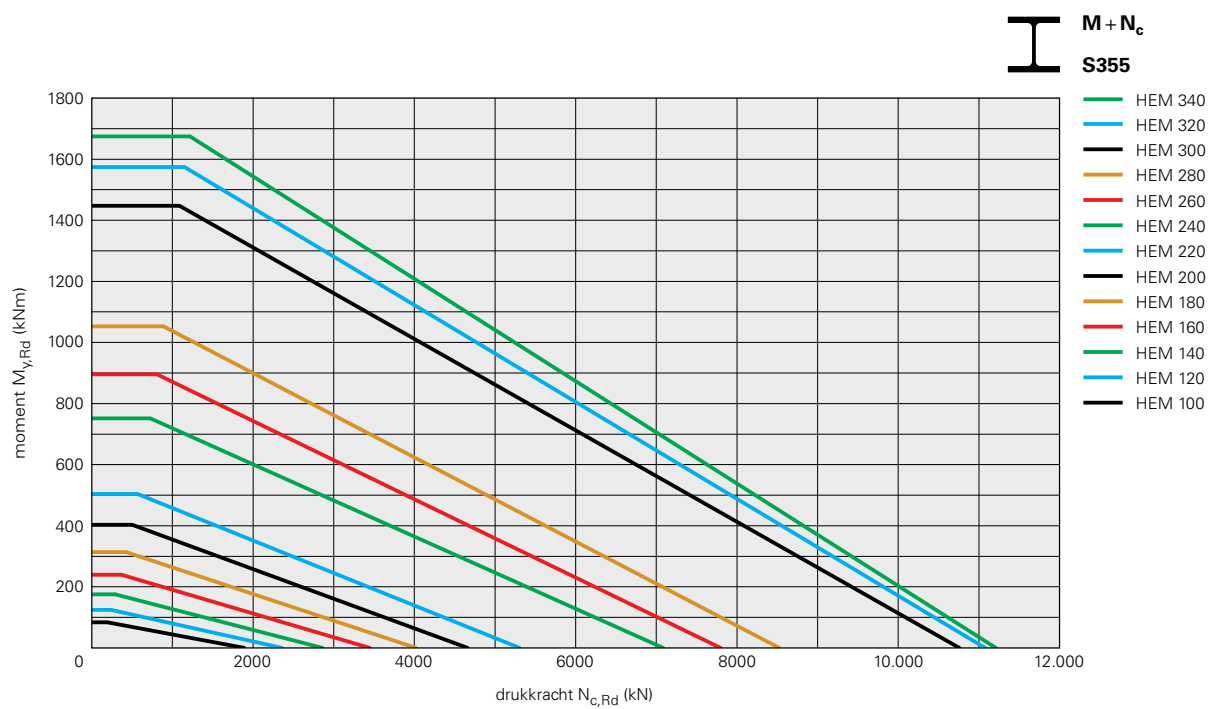
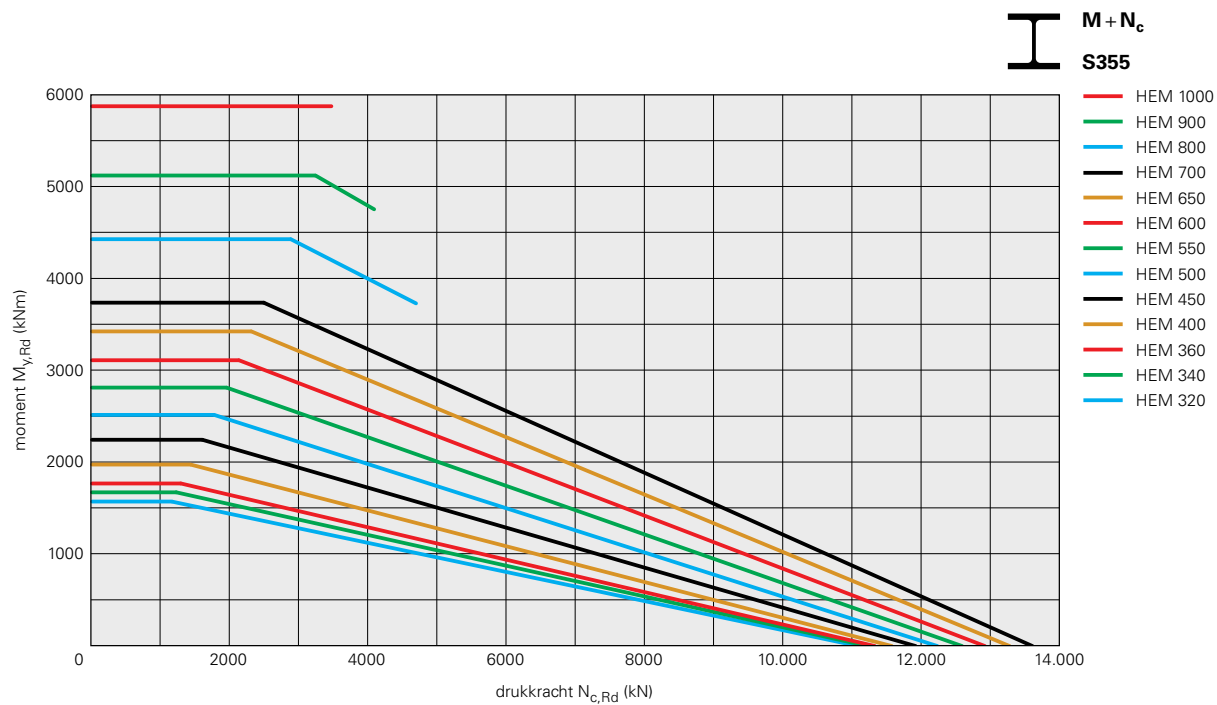
3.6 Waarde van Z_a (lashoogte relevant voor rek door laskrimp) volgens NEN-EN 1993-1-10.

effectieve lashoogte a_{eff} (mm)	keel-doorsnede hoeklas a (mm)	Z_a
≤ 7	5	0
7-10	7	3
10-20	14	6
20-30	21	9
30-40	28	12
> 40	> 35	15





4.3 Interactiegrafieken voor buiging en dwarskracht van IPE-profielen in S355 van doorsnedeklasse 1 en 2.



4.19 Interactiegrafieken voor buiging en druk van HEM-profielen in S355 van doorsnedeklasse 1 en 2.

strip S235	aantal bouten (boutklasse 10.9)																	
	M12			M16			M20			M24			M30			M36		
	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
50 x 6	57,5	57,5	57,5	49,8	49,8	49,8												
60 x 6	66,5	73,1	73,1	65,3	65,3	65,3												
70 x 8	67,4	101	118	108	108	108	100	100										
80 x 8	67,4	101	135	126	129	129	120	120		112								
80 x 10	67,4	101	135	126	161	161	150	150	150	140								
90 x 10	67,4	101	135	126	187	187	176	176	176	166								
100 x 10	67,4	101	135	126	188	213	196	202	202	192	192							
100 x 12	67,4	101	135	126	188	251	196	243	243	230	230							
100 x 15	67,4	101	135	126	188	251	196	294	303	282	288	288						
110 x 10	67,4	101	135	126	188	238	196	228	228	218	218							
120 x 10	67,4	101	135	126	188	251	196	254	254	222	244	244	226					
120 x 12	67,4	101	135	126	188	251	196	294	305	266	292	292	271					
120 x 15	67,4	101	135	126	188	251	196	294	381	282	365	365	338					
130 x 15	67,4	101	135	126	188	251	196	294	392	282	404	404	377			354		
140 x 15	67,4	101	135	126	188	251	196	294	392	282	424	443	416	416		393		
150 x 15	67,4	101	135	126	188	251	196	294	392	282	424	482	425	455		432		
150 x 20	67,4	101	135	126	188	251	196	294	392	282	424	565	449	607	607	575	575	

4.39 Trekweerstand $N_{t,Rd}$ (kN) van een strip in S235 en boutklasse 10.9.

Tabel 5.5 geeft aan welke knikkromme bij de verschillende wals- en buisprofielen moet worden toegepast.

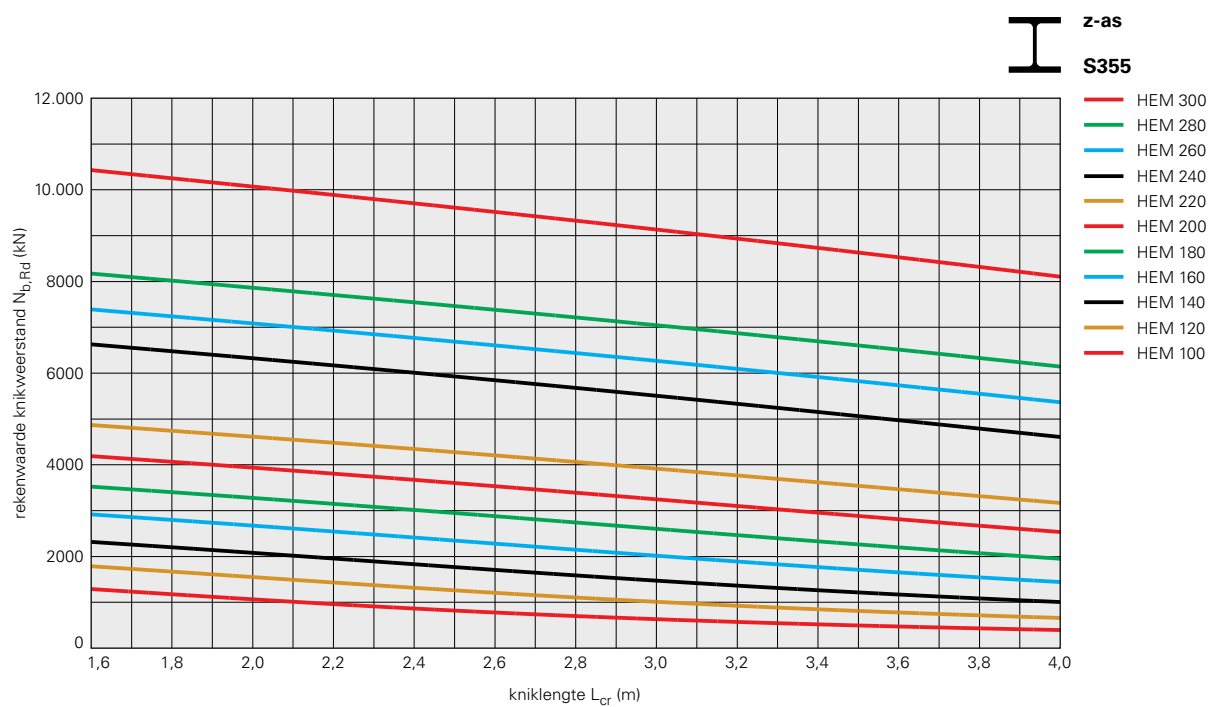
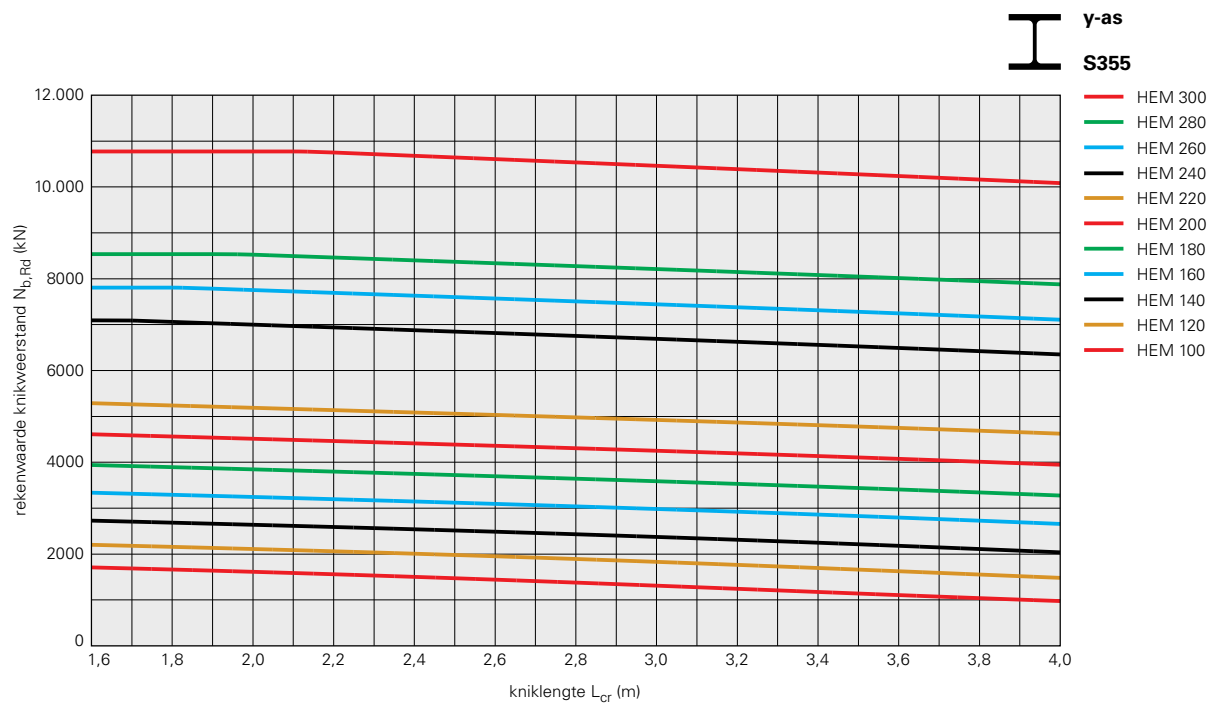
profiel		knik om sterke as (y-as)		knik om zwakke as (z-as)	
		t/m S420	S460	t/m S420	S460
IPE		a	a ₀	b	a ₀
HEA	300-360	b	a	c	a
	400-1000	a	a ₀	b	a ₀
HEB	100-360	b	a	c	a
	400-1000	a	a ₀	b	a ₀
HEM	100-320	b	a	c	a
	340-1000	a	a ₀	b	a ₀
buis	warmgevormd	a	a ₀	a	a ₀
	koudgevormd	c	c	c	c

5.5 Te hanteren knikkromme voor verschillende profielen.

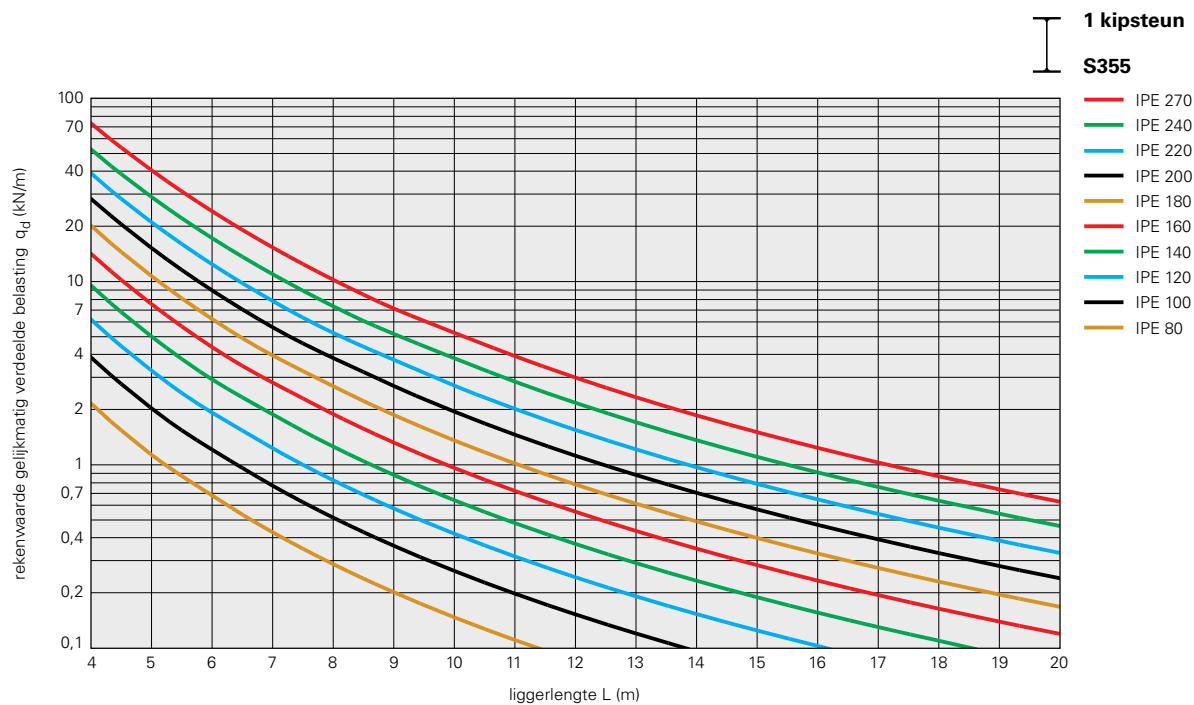
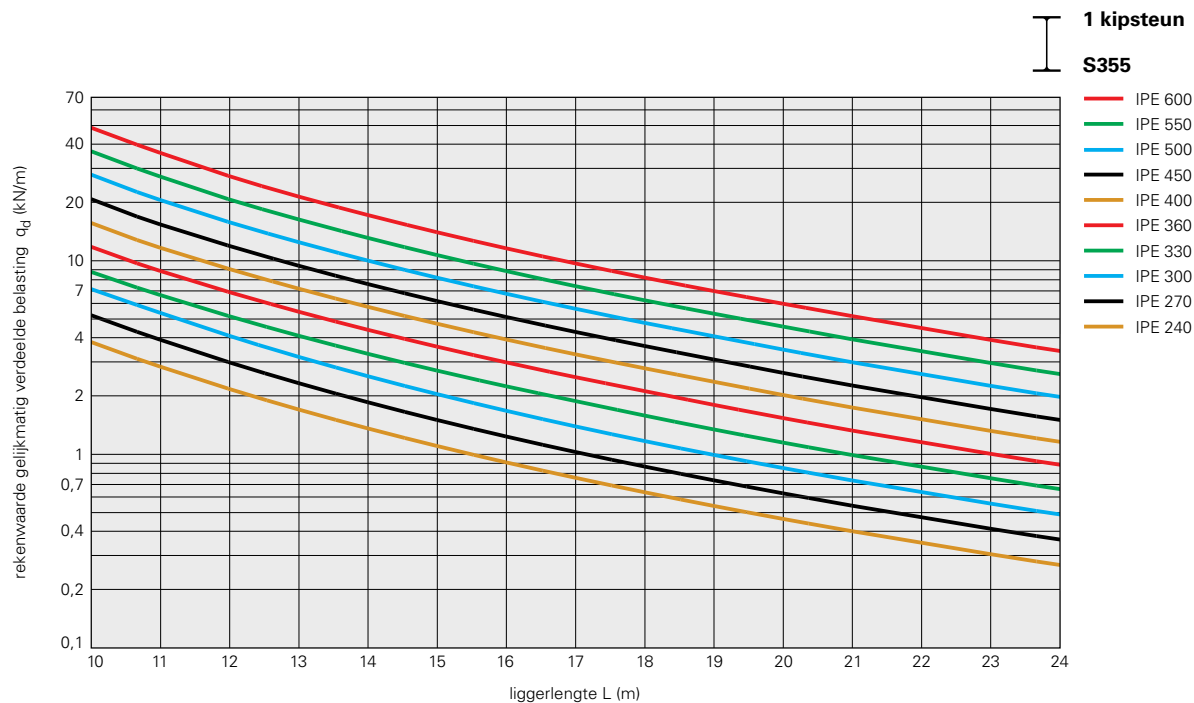
5.1.2 Ontwerpgrafieken

De afbeeldingen 5.6 t/m 5.22 bevatten ontwerpgrafieken voor centrisch op druk belaste profielen, zowel voor knik om de sterke as (y-as) als voor knik om de zwakke as (z-as). In elke grafiek is de knikweerstand $N_{b,Rd}$ af te lezen voor een gegeven kniklengte L_{cr} . Voor walsprofielen zijn grafieken opgenomen voor S235 en S355 en voor buisprofielen voor S235, S275, S355 en S460:

profiel	type	S235	S275	S355	S460
walsprofiel	IPE / HEA / HEB / HEM	x		x	
buisprofiel	rond, koudgevormd	x		x	x
	rond, warmgevormd	x		x	x
	vierkant, koudgevormd	x	x	x	x
	vierkant, warmgevormd			x	x



5.13 Nikgrafieken voor HEM-profielen in S355.



5.37 IPE-liggers in S355 op twee steunpunten met één kipsteun.

maatgevende bout

+

 bouten 10.9
minimale rand- en steekafstanden S355

bout	F _{t,Rd} (kN)	F _{v,Rd} ^[1] (kN)		e ₁ ^[2] (mm) ≈2d ₀	p ₁ ^[2] (mm) ≈3d ₀	e ₂ (mm) 1,2d ₀	p ₂ (mm) 2,4d ₀	F _{b,Rd} ^[3] (kN) bij een gegeven plaatdikte (mm)							
		enkel- snedig	dubbel- snedig					t	5	8	10	12	15	20	25
M12	60,7	33,7	67,4	25	40	16	31	4,94t	24,7	39,5	49,4	59,3			
M16	113	62,8	126	35	55	22	43	6,68t	33,4	53,5	66,8	80,2	100		
M20	176	98,0	196	45	65	26	53	8,60t	43,0	68,8	86,0	103	129	172	
M24	254	141	282	55	80	31	62	10,9t	54,3	87,0	109	130	163	217	272
M27	330	184	367	60	90	36	72	11,7t	58,6	93,7	117	141	176	234	293
M30	404	224	449	65	100	40	79	12,8t	63,8	102	128	153	191	255	327
M36	588	327	654	75	120	47	94	15,1t	75,7	121	151	182	227	303	379
M42	806	448	896	90	135	54	108	18,2t	91,1	146	182	219	273	364	456
M48	1058	588	1176	100	155	61	122	20,3t	101	162	203	243	304	406	507
M56	1462	812	1624	120	175	71	142	24,8t	124	199	248	298	373	497	621

maatgevende bout

+

 bouten 10.9
rand- en steekafstanden voor k₁ = 2,5 S355

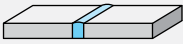
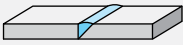
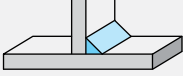
bout	F _{t,Rd} (kN)	F _{v,Rd} ^[1] (kN)		e ₁ ^[2] (mm) ≈2d ₀	p ₁ ^[2] (mm) ≈3d ₀	e ₂ (mm) 1,5d ₀	p ₂ (mm) 3,0d ₀	F _{b,Rd} ^[3] (kN) bij een gegeven plaatdikte (mm)							
		enkel- snedig	dubbel- snedig												
								t	5	8	10	12	15	20	25
M12	60,7	33,7	67,4	25	40	20	39	7,54t	37,7	60,3					
M16	113	62,8	126	35	55	27	54	10,2t	50,8	81,3	102	122			
M20	176	98,0	196	45	65	33	66	13,4t	66,8	107	134	160			
M24	254	141	282	55	80	39	78	16,6t	82,9	133	166	199	249		
M27	330	184	367	60	90	45	90	17,6t	88,2	141	176	212	265	353	
M30	404	224	449	65	100	50	99	19,3t	96,5	154	193	232	290	386	
M36	588	327	654	75	120	59	117	22,6t	113	181	226	271	339	452	565
M42	806	448	896	90	135	68	135	27,4t	137	220	274	329	412	549	686
M48	1058	588	1176	100	155	77	153	30,7t	154	246	307	369	461	615	769
M56	1462	812	1624	120	175	89	177	37,2t	186	298	372	446	558	744	930

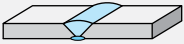
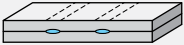
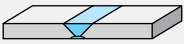
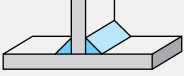
1. F_{v,Rd} is bepaald voor bouten in gaten met normale speling met een gerolde draad en het afschuifvlak door de draad van de bout.
2. Praktische combinatie van eind- en steekmaten in de krachtsrichting.
3. Voor de rode waarden geldt: F_{v,Rd,enkel-snedig} ≤ F_{b,Rd} ≤ F_{v,Rd,dubbelsnedig}

Tabel 6.13 Grensweerstand voor bouten 10.9 en moedermateriaal S355.

6.2.3 Lassymbolen

Afbeelding 6.18 toont een aantal veelgebruikte lassymbolen.

type las		symbool
I-las		
V-las		∨
halve V-las		∨
Y-las		Y
halve Y-las		Y
U-las		U
J-las of halve U-las		J
hoeklas		△

type las		symbool
tegenlas		—
proplas (gatlas)		⌋
puntlas		○
rollas		⊗
X-las met staande kant, beide zijden bol		X
V-las met tegenflens, vlak nabewerkt		∇
K-las (dubbele halve V-las)		K
dubbele hoeklas		▷

6.18 Lassymbolen.