

## Nietverbindingen.

(Staples(E), Klammern(D), agrafes(F))

Door Ir. J.G.M. Raadschelders c.i.

Raadschelders Bouwadvies b.v. te Spaarndam.

### Inleiding.

Nietverbindingen zijn verbindingen, welke tot stand worden gebracht door middel van rechthoekige U-vormige stalen verbindingsmiddelen. Het verbindingsmiddel bestaat uit zeer dun draad met een hoge treksterkte. Het kan alleen worden aangebracht door middel van mechanisch gereedschap, de niet machine oftewel tacker. Het is niet mogelijk om met bijvoorbeeld een hamer de nieten aan te brengen. Een tacker is in het algemeen een machine, welke met luchtdruk de niet in het hout schiet. Er zijn ook elektrische tackers. De nieten worden in pakketjes in de tacker ingebracht. De pakketjes zijn aan elkaar gelijmd.

Krammen zijn gebogen U-vormige stalen verbindingsmiddelen en dienen in hoofdzaak voor het bevestigen van draad of gaas tegen een onderliggende constructie. Deze kunnen wel met een hamer worden aangebracht. Echter voor constructieve doeleinden zijn krammen ongeschikt.



Nieten zijn beschikbaar in verschillende soorten en maten. Er zijn zware en lichte nieten. Ook zijn ze beschikbaar in verschillende materialen. De lichte nieten, met vaak korte poten, worden voor niet constructieve doeleinden gebruikt. Denk aan het bevestigen van folies. De zwaardere nieten worden gebruikt voor constructieve doeleinden. Bijvoorbeeld voor het bevestigen van plaatmaterialen op een onderliggende houtconstructie. Dit kan zijn bij de wand- en vloerelementen van houtskeletbouwoningen. Of bij de knoopplaten van spanten. Ook het verbinden van hout op hout komt voor. Denk aan het bevestigen van tengels en panlatten op geprefabriceerde dakelementen. Maar vanwege de afmetingen zijn de nieten alleen geschikt voor lichte constructies. Omdat de nieten worden aangebracht met tackers leent dit systeem zich uitstekend voor fabrieksmatige productie. De tackers in productiestraten worden aangestuurd door een computer, zodat variatie in plaats en afstand eenvoudig zijn te realiseren.

Beschikbare merken zijn o.a. Bostich, Kyocera-Senco, Duo-Fast. Vanwege het grote beschikbare assortiment is het niet mogelijk om een overzicht van de afmetingen te geven. Beter is om contact op te nemen met de leverancier.

### Uitgangspunten.

De constructieve nieten moeten worden berekend volgens de navolgende normen en documentatie. Opgemerkt moet worden dat deze niet altijd eensluidend en inzichtelijk zijn.

1. Eurocode 5. NEN-EN 1995-1-1:2005. Artikel 8.4.

Dit artikel geeft eisen aan de verbinding aan en verwijst voor de berekening naar de

- berekening van draadnagels in artikel 8.3.
2. DIN 1052:2008-12. Artikel 12.7 en 12.8.3.  
Dit voorschrift is gebaseerd op de Eurocode 5. Maar omdat de Eurocode te summier is, zijn in dit voorschrift uitgebreidere bepalingen opgenomen. Verwezen wordt naar artikel 12.2 (Algemeen) en 12.5 (draadnagels).
  3. De Houtconstructeur 09-1. Hierin staat een artikel over de beproeving van nieten. Dit artikel geeft een goed inzicht in het gedrag van nieten en is de basis voor een documentatieblad van het Centrum Hout.
  4. Hout-OSB verbinding met nieten (25.4-94-01/NT-03). TU Delft, januari 1994. Dit rapport geeft de resultaten weer van de beproeving op sterkte van nieten 1,7\*11,4\*56. De verbinding bestaat uit een OSB-plaat, dik 10 mm, tegen een houten stijl. Een veel voorkomende verbinding in de houtskeletbouw.
  5. Bautabellen. 20. Auflage. 9 Holzbau. 13 Klammern. Beperkte informatie.

## Materiaal van de niet.

- 1) artikel 8.4 (6)
- 2) artikel 12.7 (1)

Minimale treksterkte:  $f_{u,k} > 800 \text{ N/mm}^2$ . In verband met mogelijke roestvorming worden de nieten beschermd of uitgevoerd in roestvast materiaal. Dit is vooral van belang in de spouw van een spouwmuur. In deze vochtige omgeving kunnen nieten gaan roesten.

## Nietafmeting.

- 1) artikel 8.4 (3)
- 2) artikel 12.7 (1, 7) 12.8.3 (1)

Aan de afmetingen van nieten worden eisen gesteld. Dit geldt eveneens voor de onderlinge afstanden en de randafstanden. De achtergrond is dat door het stellen van eisen een aantal bezwijkmechanismen niet meer maatgevend kunnen zijn. Daardoor wordt de berekening eenvoudiger.

Minimale kroon(rug)breedte:	$b > 6 * d$ resp. $5,8 * d$
Maximale kroon(rug)breedte:	$b < 10 * d$ anders beschouwen als draadnagel
Maximale pootlengte:	$l < 60 * d$ resp. $65 * d$
Minimale hechtlengte bij afschuiving:	$l_2 > 14 * d$ resp. $8 * d$
Minimale hechtlengte bij trek:	$l_2 > 12 * d$
Maximale hechtlengte bij trek:	$l_2 > 20 * d$ resp. geharste lengte
Harslengte:	$> \text{halve pootlengte } l$
Doorsnede:	$1,7 < A < 3,5 \text{ mm}^2$
Bijbehorende diameters:	$1,47 < d < 2,11 \text{ mm}$

Nieten hebben in het algemeen een rechthoekige doorsnede. Op basis van de doorsnede wordt de diameter bepaald. De verschillen in het voorgaande komen voort uit de verschillen in de voorschriften.

De keuze van nieten gaat als volgt:

- Bepaal het type niet, dus licht, middel of zwaar. Dit is afhankelijk van het constructieve doel. Daarmee is de diameter vastgelegd.
- Bepaal de benodigde kroonbreedte oftewel rugbreedte. Dit is van belang voor de tacker.
- Bepaal de benodigde pootlengte. Dit is afhankelijk van de plaatdikte.
- Bepaal het benodigde materiaal en afwerking. Gecoat of roestvrij.
- Bepaal de puntsoort. Spreidpunt.

In het algemeen blijkt dat veelal slechts 1 type niet wordt gebruikt nl.  $1,7 * 11,4 * 56$ . Zie ook 4).

## Afstanden.

- 1) *artikel 8.4 (8), tabel 8.3*
- 2) *artikel 12.7 (8, 9), Tabelle 13*

De nieten moeten onder een hoek  $\beta > 30^\circ$  met de vezelrichting van het hout worden ingeslagen. Anders beïnvloeden de poten elkaar. Bij een kleinere hoek moet de sterkte worden gereduceerd met 0,7.

In principe is de sterkte van de niet onafhankelijk van de krachtrichting  $\alpha$  met de vezelrichting. Echter deze hoek is wel van belang voor de onderlinge afstand evenwijdig aan de vezelrichting. In het algemeen zal de hoek  $\alpha$  gelijk aan 0 zijn. Denk aan stabiliteitswanden.

Minimale afstanden.

Evenwijdig vezel:	$a_1 > 15 * d$	Maatgevend.
Loodrecht vezel:	$a_2 > 15 * d$	Deze maat komt nauwelijks voor en is daarom niet relevant.
Belaste rand:	$a_{4,t} > 15 * d$	Deze maat komt nauwelijks voor en is daarom niet relevant.
Onbelast rand:	$a_{4,c} > 10 * d$	Maatgevend.
Maximale afstand:	$a_1 < 80 * d$	Vaak worden grotere afstanden gekozen.

Voorbeeld.

Uitgaande van nietafmeting  $1,7 * 11,4 * 56$  wordt de maximale afstand  $80 * 1,7 = 136$  mm.

De vraag is of dit in de praktijk voorkomt. Waarschijnlijk zijn de aangehouden afstanden groter.

## Afmeting constructie.

- 1)
- 2) *7.7; 7.8; 7.9; 7.10; 7.11; 7.12; 12.8.3 (4)*

De minimale plaatdikte geldt voor alle constructieve platen. Minimale plaatdikte op basis van nietafmeting:  $t > 7*d$ . Dit is de dikte van de te bevestigen platen. Deze dikte moet met 2 mm inslagdiepte worden verhoogd, indien de nieten worden ingeslagen dus niet op de plaat aansluiten. Bij trekbelasting zijn aanvullende eisen gesteld. Multiplex en spaanplaat minimum dikte  $t_1 = 6$  mm, OSB-plaat minimum dikte  $t_1 = 8$  mm. Deze waarde eveneens nog verhogen met de inslagdiepte van 2 mm.

## Nietsterkte.

- 1) *8.3.1.1 (Algemeen) en 8.3.1.3 (Plaat op hout)*
- 2) *12.2.1 (Algemeen), 12.2.2 (Mechanismen), 12.5.1 (Algemeen), 12.5.3 (Plaat op hout)*

De nieten worden belast op afschuiving en op trek. De afschuiving komt voor indien de beplating dient als schijf voor stabiliteitswanden. De uittrekking komt voor bij alle wanden omdat de beplating dient als afsluitend element en er altijd zuigkrachten optreden ten gevolge van de windbelasting. Voor deze windbelasting moet de waarde van  $C_{pe,1}$  worden aangehouden. Deze waarde geldt voor onderdelen, waarbij de belaste oppervlakte gelijk of kleiner is dan  $1,0 \text{ m}^2$ . Indien groter dan  $10,0 \text{ m}^2$ , dan geldt  $C_{pe,10}$ . Deze waarde is kleiner dan  $C_{pe,1}$ . Voor tussenliggende waarden mag worden geïnterpoleerd.

De berekening van de afschuifsterkte van nieten is gelijk aan de berekening van de afschuifsterkte van draadnagels. De formules voor draadnagels zijn niet altijd geschikt voor nieten. Omdat nieten in verhouding tot draadnagels dun zijn, kloppen een aantal formules niet. Bij nieten zijn altijd 2 poten aanwezig, dus de berekende sterkte geldt per poot. De nietsterkte is dus 2-maal de pootsterkte.

- 1) *8.4 (5)*
- 2) *12.7 (6)*

De nietsterkte moet worden gereduceerd met 0,7 indien de nieten onder een kleinere hoek  $\alpha$

dan  $30^\circ$  met de vezelrichting staan.

1) 8.1.2 (Meerdere verbindingsmiddelen) 8.4 (7) en 8.3.1 (8)

2)

Indien meerdere nieten op rij evenwijdig aan de vezelrichting staan, dan is het aantal meewerkende bevestigingsmiddelen gelijk aan  $n_{ef} = n^{k_{ef}}$ . De waarde  $k_{ef}$  is afhankelijk van de afstand  $a_1$ . Voor niet voorgeboorde nieten geldt:

$a_1 > 14 * d$	$k_{ef} = 1,00$
$a_1 = 10 * d$	$k_{ef} = 0,85$
$a_1 = 7 * d$	$k_{ef} = 0,70$
$a_1 = 4 * d$	$k_{ef} = 0$

Voorbeeld.

Uitgaande van nietafmeting  $1,7 * 11,4 * 56$  wordt  $a_1 = 14 * 1,7 = 23,8$  mm. Dan is  $k_{ef} = 1,00$ . Daarmee wordt  $n_{ef} = n^{1,0} = n$  onafhankelijk van het aantal nieten op rij. Een kleinere nietafstand dan 23,8 mm zal bij nieten niet voorkomen. Dus dit artikel is volstrekt overbodig bij nieten en alleen van toepassing op draadnagels.

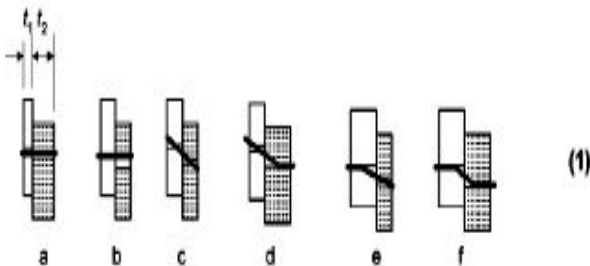
## Bezwijkmechanismen.

1) 8.2.1 (Algemeen) en 8.2.2 (Plaat op houtverbindingen)

2) 12.1 (Algemeen) 12.2.1 (Algemeen) en 12.2.2 (Plaat op houtverbindingen)

De navolgende bezwijkmechanismen kunnen worden onderscheiden:

1. afschuiving van de nietpoot
2. stuik in het plaatmateriaal (a)
3. stuik in het hout (b)
4. rotatie van de nietpoot in de materialen (c)
5. plastisch moment van de nietpoot in het plaatmateriaal (e)
6. plastisch moment van de nietpoot in het hout (d)
7. plastisch moment van de nietpoot in zowel het plaatmateriaal als in het hout (f)
8. uittrekken van de niet uit het plaatmateriaal, dus het er doorheen trekken van de nietrug
9. uittrekken van de niet uit het hout



— Voor verbindingsmiddelen die enkelsnedig werken:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,1k} t_1 d & \text{(a)} \\ f_{h,2k} t_2 d & \text{(b)} \\ \frac{f_{h,1k} t_1 d}{1 + \beta} \left[ \sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[ 1 + \frac{t_2}{t_1} + \left( \frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left( \frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left( 1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(c)} \\ 1,05 \frac{f_{h,1k} t_1 d}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{v,Rk}}{f_{h,1k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(d)} \\ 1,05 \frac{f_{h,1k} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[ \sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{v,Rk}}{f_{h,1k} d t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(e)} \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{v,Rk} f_{h,1k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{(f)} \end{cases} \quad (8.6)$$

Bij elk bezwijkmechanisme behoort een mechanica-schema, op basis waarvan de bezwijksterkte wordt berekend. De formules van deze bezwijksterkte zijn gegeven in de voorschriften. Deze formules zijn voor het eerst afgeleid door Johansen. De laagste waarde voor de sterkte is maatgevend. Zoals reeds is aangegeven, zijn, door het stellen van randvoorwaarden, een aantal van deze mechanismen niet meer maatgevend. Deze mechanismen kunnen niet meer optreden. Op grond hiervan is in de DIN 1052 slechts 1 formule gegeven. Deze geldt, indien aan de randvoorwaarden is voldoen, voor alle nieten.

In de formules voor draadnagels wordt gerekend met een verhoging van de afschuifsterkte door de koordwerking. Dit is een trekkracht in de nietpoot, welke wordt geactiveerd bij grote vervormingen. Deze trekkracht kan alleen ontstaan bij voldoende aanhechting van de niet in het plaatmateriaal of in het hout. In het plaatmateriaal wordt de niet als het ware verankerd door de nietrug. De nietrug moet door de plaat worden heen getrokken. Ter voorkoming hiervan worden eisen gesteld aan de minimale plaatdikte, zodat het verschijnsel doortrekken niet kan optreden. In het hout wordt de niet verbonden door de harslaag op de nietpoot. Echter, uit proeven is gebleken, dat de niet toch uit het hout wordt getrokken. Zie hiervoor het artikel in “De Houtconstructeur”. Dus in feite mag de koordwerking, dus de trekkracht in de niet, niet worden meegerekend. Het enige bezwijkmechanisme dat dan nog relevant is, is het plastisch moment in de nietpoot in zowel het hout als het plaatmateriaal. De afleiding wordt dan vrij eenvoudig en is als volgt:

$$\text{stuiklengte: } l = \frac{F}{f * d}$$

$$\text{momentevenwicht: } M = \frac{F * l}{2} = \frac{F}{2} * \frac{F}{f * d} = \frac{F^2}{2 * f * d}$$

$$\text{afschuifkracht: } F^2 = 2 * M * f * d$$

$$\text{afschuifkracht: } F = \sqrt{2 * M * f * d}$$

Hierin zijn:

- M vloeimoment van de nietpoot in N.mm
- f stuiksterkte van het materiaal in N/mm<sup>2</sup>
- d diameter van de nietpoot in mm

Deze formule is gegeven in alle voorschriften. Maatgevend is het materiaal met de laagste stuiksterkte, veelal is dit het hout.

Om deze formule te kunnen berekenen zijn nodig het vloeimoment van de nietpoot, de stuiksterkte in het plaatmateriaal en/of het hout en de diameter van de nietpoot.

## Koordwerking.

- 1) 8.2.2(2)
- 2) 12.5.3 (9) en Anhang G(normatief)

Volgens 1) mag de berekende schuifsterkte worden verhoogd met een deel van de berekende treksterkte. Dit deel is gelijk aan  $F_{ax,Rk}/4$ . Echter voor de verschillende verbindingsmiddelen worden verschillende maximale waarden voor de bijdrage van dit koordeffect aangehouden, gebaseerd op de berekende schuifsterkte. In deze lijst komen nieten niet voor. Dus dit effect mag voor nieten niet in rekening worden gebracht.

Stiften:	0 %
Ronde nagels:	15 %
Vierkante en geprofileerde nagels:	25 %
Andere nagels:	50 %
Schroeven:	100 %

Voorbeeld.

Voor ronde nagels, waarbij de schuifsterkte  $F_{v,Rk}$  is berekend, mag voor de koordwerking  $F_{ax,Rk}/4$  maximaal  $0,15 * F_{v,Rk}$  in rekening worden gebracht.

Volgens 2) mag de berekende schuifsterkte worden verhoogd met een deel van de berekende treksterkte. Dit deel is gelijk aan  $F_{ax,Rk}/4$ . Hierbij geldt voor bijzondere nagels dat deze bijdrage niet meer mag zijn dan 50 % van de berekende schuifsterkte. Vergelijk andere nagels.

### Plastisch weerstandsmoment van de nietpoot.

- 1) 8.4 (6)
- 2) 12.7 (4)

Voor nieten moet het plastisch weerstandsmoment van gladde draadnagels worden aangehouden. Het in rekening te brengen plastisch weerstandsmoment voor gladde draadnagels is gelijk aan:

$$W_{pl} = 0,3 * d^{2,6}$$

Bij deze dikte ontwikkelt zich bijna nooit het volledige plastisch weerstandsmoment van de doorsnede omdat de diameter van de draadnagel relatief groot is ten opzichte van de afmetingen van de verbinding. De minimale diameter van gladde draadnagels is  $d = 2,7$  mm. De maximale is 8,0 mm. De vraag is of dit ook opgaat voor de relatief dunne nieten.

Het plastisch weerstandsmoment van ronde doorsneden is:

$$W_{pl} = \frac{1}{6} * d^3 = 0,1667 * d^3$$

Indien beide formules aan elkaar gelijk worden gesteld, dan volgt daaruit de diameter, waarbij de ene formule overgaat in de andere. Deze diameter is  $d = 4,35$  mm. Bij kleinere diameters geeft het volplastisch weerstandsmoment de kleinste waarde en is dus maatgevend. Deze waarde is voor nieten altijd maatgevend, omdat de diameter kleiner is dan 4,35 mm. Daarboven geldt de formule uit de Eurocode. Volgens de Eurocode wordt voor nieten een te groot plastisch weerstandsmoment aangehouden. Dit is fysisch niet mogelijk. Daarom voor nieten, in afwijking van de voorschriften, altijd aanhouden;

$$W_{pl} = \frac{1}{6} * d^3 = 0,1667 * d^3$$

Voorbeeld.

d (mm)	$0,3 * d^{2,6}$ (mm <sup>3</sup> )	$0,1667 * d^3$ (mm <sup>3</sup> )
1,5	0,8609	0,5625
2,0	1,8189	1,3333
3,0	5,2196	4,5000
4,0	11,0275	10,6667
6,0	31,6457	36,0000

## Vloeimoment.

- 1) 8.4 (6)
- 2) 12.7 (4)

Als vloeimoment wordt aangehouden het plastisch weerstandsmoment vermenigvuldigd met de treksterkte  $f_{u,k}$ . Deze treksterkte is gelijk aan of groter dan  $800 \text{ N/mm}^2$ . Echter normaal is de vloeispanning ca. 90 % van de treksterkte. Hiermee wordt verder geen rekening gehouden.

## Stuiksterkte.

- 1) 8.3.1.3 (3) (Stuiksterkten)
- 2) 12.5.3 (3)--(7) (Stuiksterkten)(Lochleibungsfestigkeit)

In het navolgende worden de stuiksterkten voor de verschillende materialen verder uitgewerkt.

## Volhout.

Voor volhout geldt de formule van nagels in niet voorgeboorde gaten. Deze formule gaat ervan uit dat de ingeslagen draadnagels de houtstructuur beschadigen. Bij voorboren is dit minder het geval. Daarom mag daar een hogere stuiksterkte worden aangehouden. De vraag is of nieten beschadigingen veroorzaken, waardoor een lagere stuiksterkte zou moeten worden aangehouden.

Voorgeboord met  $0,9*d$  (dikke nagels):

$$f_{hk} = 0,082 * t_k * d^{-0,3}$$

Niet voorgeboord (dunne nagels):

$$f_{hk} = 0,082 * (1 - 0,01d) * t_k$$

Voorbeeld. Houtkwaliteit C18.  $\rho_k = 320 \text{ kg/m}^3$

D (mm)	$0,082 * \rho_k * d^{(-0,3)}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k$ (N/mm <sup>2</sup> )
1,5	23,23	25,85
2,0	21,31	25,72
3,0	18,87	25,45
4,0	17,31	25,19
6,0	15,33	24,67

Uit de voorbeeldberekening blijkt dat het voor nieten geen groot verschil geeft ,welke formule wordt aangehouden. De stuiksterkte  $f_{h,k}$  bedraagt praktisch altijd ongeveer  $25,7 \text{ N/mm}^2$ .

## Plaatmateriaal.

Voor plaatmateriaal zijn aparte formules gegeven.

## Multiplex (Sperrholz, Furnierschichtholz)

Dit is een plaatmateriaal, waarbij fineerlagen kruiselings op elkaar zijn gelijmd. De fineerlagen zijn 1-3 mm dik. De deklagen lopen altijd in dezelfde richting, waardoor het aantal lagen oneven is. Bekend zijn de underlayment platen. Omdat de lagen in 2 richtingen lopen, waardoor stuik zowel parallel als loodrecht op de vezels in de fineerlagen optreedt, is de stuiksterkte hoger dan bij volhout.

Minimum plaatdikte 6 mm.

Niet voorgeboord:

$$f_{hk} = 0,11 * t_k * d^{-0,3}$$

Vorgeboord:

$$f_{hk} = 0.11 * (1 - 0.01 * d) * t_k$$

Voorbeeld.

De eigenschappen worden ontleend aan de tabellen F.11 en F.12 uit DIN 1052.

Nietdikte  $d = 1,7$  mm

Klasse F20/10 E40/20

Volumieke massa:  $\rho_k = 350$  kg/m<sup>3</sup> (okoume)

Niet vorgeboord:  $f_{hk} = 0,11 * 350 * 1,7^{-0,3} = 32,83$  N/mm<sup>2</sup>

Vorgeboord:  $f_{hk} = 0,11 * (1 - 0,01 * 1,7) * 350 = 37,85$  N/mm<sup>2</sup>

Klasse F40/30 E60/40

Volumieke massa:  $\rho_k = 600$  kg/m<sup>3</sup> (betonplex)

Niet vorgeboord:  $f_{hk} = 0,11 * 600 * 1,7^{-0,3} = 56,29$  N/mm<sup>2</sup>

Vorgeboord:  $f_{hk} = 0,11 * (1 - 0,01 * 1,7) * 600 = 64,88$  N/mm<sup>2</sup>

In principe worden nieten niet vorgeboord. Echter het verschil wordt verklaard doordat niet vorgeboorde nagels de houtstructuur beschadigen. Daarom een lagere waarde. De vraag is of deze beschadigingen ook bij nieten optreden. Indien dit niet het geval is, dan zou voor nieten de waarde van vorgeboorde gaten kunnen worden aangehouden.

## OSB-plaat (Oriented Strand Board)

Dit is een plaatmateriaal, waarbij houtfenters, dus grote schilfers, op elkaar worden geperst en gelijmd. De flenters worden door middel van een soort grote snijbonenmolen van de zijkant van stammen gesneden. De kern van de platen bestaat uit grove flenters. De toplagen zijn opgebouwd uit fijnere flenters, welke door middel van een soort borstelen gericht worden in de lengte van de plaat. Het fabricageproces is volcontinu op een lopende band. Op de band worden de flenters laagsgewijze aangebracht en besproeid met lijm. Vervolgens loopt de band onder een verhitte pers door. Daarna worden de platen op maat gezaagd. De pers breedte is groter dan de verkrijgbare plaatlengte. Omdat de platen worden gezaagd uit de continue lange plaat zijn diverse afmetingen op bestelling verkrijgbaar.

Minimum plaatdikte 8 mm.

Niet vorgeboord:

$$f_{hk} = 65 * d^{0,7} * t^{0,1}$$

Vorgeboord:

$$f_{hk} = 50 * d^{0,6} * t^{0,2}$$

Voorbeeld.

De eigenschappen worden ontleend aan de tabellen F.13 en F.14 uit DIN 1052.

Nietdikte:  $d = 1,7$  mm

Klasse OSB/2, OSB/3 en OSB/4

Plaatdikte:  $t = 12$  mm

Volumieke massa:  $\rho_k = 550$  kg/m<sup>3</sup>

Niet vorgeboord:  $f_{hk} = 65 * 1,7^{-0,7} * 12^{0,1} = 57,48$  N/mm<sup>2</sup>

Vorgeboord:  $f_{hk} = 50 * 1,7^{-0,6} * 12^{0,2} = 59,78$  N/mm<sup>2</sup>

Vorgeboord komt bij nieten niet voor.

## Hardboard (Faserplatten)

Dit is een plaatmateriaal, waarbij zeer fijne houtvezels zijn samen geperst. Het basismateriaal hout wordt door middel van een speciaal proces ontleed in zeer fijne houtvezels. Deze vezels worden gespreid op een dunne staalplaat, waarop een zeer fijn gaas ligt, vandaar het patroon op de achterzijde. Vervolgens worden de staalplaten, met daarop de laag vezels opgestapeld en in een pers gelegd. Bij een persgang wordt dus een hele stapel platen geperst. Na het persen en



uitharden worden de platen op maat gemaakt. Omdat de maat van de pers vastligt, zijn het aantal plaatafmetingen beperkt.

Minimum plaatdikte 4 mm.

$$f_{hk} = 30 * d^{-0.3} * t^{0.6}$$

Voorbeeld.

De eigenschappen worden ontleend aan tabel F.20 uit DIN 1052.

Nietdikte:  $d = 1,7$  mm

Hardboard klasse HB.HLA2 Plaatdikte < 5,5 mm

Volumieke massa:  $\rho_k = 850$  kg/m<sup>3</sup>

Plaatdikte:  $t = 5,0$  mm

Stuiksterkte:  $f_{h,k} = 30 * 1,7^{-0.3} * 5,0^{0.6} = 67,20$  N/mm<sup>2</sup>

Middelhardboard klasse MBH.LA2 Plaatdikte > 10 mm

Volumieke massa:  $\rho_k = 600$  kg/m<sup>3</sup>

Plaatdikte:  $t = 12$  mm

Stuiksterkte:  $f_{h,k} = 30 * 1,7^{-0.3} * 12,0^{0.6} = 113,63$  N/mm<sup>2</sup>

De laatste waarde is onwaarschijnlijk hoog voor een zachte plaat.

Feitelijk mag alleen de harde plaat worden gebruikt.

Blijkbaar heeft de soortelijke massa geen invloed op de stuiksterkte.

## Gipskartonplaat (Gipskartonplatten)

De gipskartonplaat bestaat uit aan beide zijden een soort karton. Dit karton is vaak gemaakt van oud papier. De kern bestaat uit een gipsvulling. Dit gips wordt gemaakt uit restmateriaal van de energiecentrales. Soms worden aan het gips vezels toegevoegd voor het verkrijgen van vezelversterkte gipsplaten. Ook is het mogelijk om de kartonlagen te impregneren, zodat deze minder vochtgevoelig zijn. Het is duidelijk dat de stuiksterkte van gipskartonplaten minder is dan van volhout. Deze platen vormen het zwakke onderdeel van de constructie.

Minimum plaatdikte 12,5 mm.

$$f_{hk} = 3,9 * d^{-0.6} * t^{0.7}$$

Voorbeeld.

De eigenschappen worden ontleend aan tabel F.21 uit DIN 1052.

Nietdikte:  $d = 1,7$  mm

Er is alleen verschil tussen gipskartonplaten en vezelversterkte platen.

Volumieke massa:  $\rho_k = 680$  kg/m<sup>3</sup>

Plaatdikte:  $t = 15,0$  mm

Stuiksterkte:  $f_{h,k} = 3,9 * 1,7^{-0.6} * 15,0^{0.7} = 18,88$  N/mm<sup>2</sup>

Deze waarde is ongeveer gelijk aan de waarde bij volhout.

## Spaanplaat.

Spaanplaat is opgebouwd uit fijnere vezels dan OSB-plaat. Ook het productieproces wijkt af. Echter voor de berekening worden dezelfde waarden aangehouden als bij OSB-platen.

Minimum plaatdikte 8 mm. Voor stabiliteitswanden 6 mm.

## Opmerking.

Wat opvalt, bij de berekening van de stuiksterkte voor de verschillende op hout gebaseerde plaatmaterialen, is, dat de waarde ten opzichte van volhout, extreem hoog is. De waarde ligt in de buurt van de sterkte van azobé hout. Dit voelt niet logisch aan. In de formules voor het berekenen van de stuiksterkte komen de termen  $d^{-0.3}$ ,  $d^{-0.6}$  resp.  $d^{-0.7}$  voor. De stuiksterkte is afhankelijk van de diameter van de niet. Bij diameters groter dan 4 mm is de invloed van de variatie van deze termen

niet al te groot. Echter bij de overgang van 4 mm naar 2 mm blijkt de term snel toe te nemen. Dus hoe dunner de niet hoe hoger de stuiksterkte. Er is geen bovengrens aan de waarde van de stuiksterkte gesteld. Daartegenover staat dat niet het bezwijken in de plaat maatgevend is maar het bezwijken in het hout. Het is de vraag of de opstellers van de voorschriften zich hebben gerealiseerd dat de formules voor de draadnagels niet zonder meer gebruikt kunnen worden voor nieten. De formules zijn afgeleid en opgesteld op basis van stiftvormige verbindingsmiddelen met een diameter van 6,7 mm. Zie 3). Nietten vallen hier duidelijk niet onder.

## Afschuifsterkte.

Bij een verbinding van een plaatmateriaal door middel van nieten aan een onderliggende houtconstructie is feitelijk altijd slechts 1 bezwijkmechanisme maatgevend is. Dit is het mechanisme, waarbij in beide aansluitende elementen een volplastisch scharnier optreedt in het verbindingmiddel. Daarom is in artikel 12.5.3(8) van DIN 1052 opgenomen dat de afschuifsterkte gelijk is aan:

$$R_k = A * \sqrt{2 * M_{yk} * f_{h,1k} * d}$$

Hierin is  $f_{h,1k}$  de stuiksterkte van het plaatmateriaal. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat de nieten vanaf de plaatzijde worden ingeslagen. Alle formules in de Eurocode zijn gebaseerd op het feit, dat de verbindingsmiddelen vanaf één kant worden ingeslagen, en dit wordt laag 1 genoemd. Het gedrag in laag 2 wordt door middel van  $\beta$  uitgedrukt in laag 1. De stuiksterkte van het plaatmateriaal is in het algemeen hoger dan van de onderliggende houtconstructie, behalve bij gipskartonplaten. Daarom wordt bij deze vereenvoudigde formule een reductiefactor A toegepast. Zie hiervoor Tabel 11.

$$\sqrt{\frac{2 * b}{1 + b}}$$

Deze vervangt de term:

Hierin is:

$$b = \frac{f_{h,2k}}{f_{h,1k}}$$

Omdat de stuiksterkte  $f_{h,2k}$  van hout kleiner is dan de stuiksterkte  $f_{h,1k}$  van het plaatmateriaal zal  $\beta$  kleiner dan 1 zijn en dus ook de term:

$$\sqrt{\frac{2 * b}{1 + b}}$$

Voorbeeld.

Triplexbeplating op een houten ondergrond.

Triplex:  $f_{h,1k} = 56,29 \text{ N/mm}^2$   
 Hout:  $f_{h,2k} = 25,72 \text{ N/mm}^2$   
 Verhouding:  $\beta = 25,72 / 56,29 = 0,457$   
 Factor:  $((2 * 0,457) / (1 + 0,457))^{0,5} = 0,792$   
 In de tabel wordt een waarde van  $A = 0,9$  gegeven.

OSB beplating op een houten ondergrond.

OSB:  $f_{h,1k} = 57,48 \text{ N/mm}^2$   
 Hout:  $f_{h,2k} = 25,72 \text{ N/mm}^2$   
 Verhouding:  $\beta = 25,72 / 57,48 = 0,447$   
 Factor:  $((2 * 0,447) / (1 + 0,447))^{0,5} = 0,786$   
 In de tabel wordt een waarde van  $A = 0,8$  gegeven.

Hardboard beplating op een houten ondergrond.

Hardboard:  $f_{h,1k} = 67,20 \text{ N/mm}^2$   
 Hout:  $f_{h,2k} = 25,72 \text{ N/mm}^2$   
 Verhouding:  $\beta = 25,72 / 67,20 = 0,383$

Factor:  $((2 \cdot 0,383)/(1+0,383))^{0,5} = 0,744$   
 In de tabel wordt een waarde van  $A = 0,7$  gegeven.

De voorgaande werkwijze is omslachtig. De afschuifsterkte wordt berekend op basis van de stuiksterkte van het plaatmateriaal, terwijl dit niet maatgevend is en bezwijken optreedt in het hout. Ter voorkoming van bezwijken van het plaatmateriaal worden aan de dikte van deze beplating minimum eisen gesteld. Zie 2) Tabel 11.

Minimale plaatdikte:

Multiplex (okoume):	$t_{\text{req}} > 7 \cdot d$
Multiplex (betonplex):	$t_{\text{req}} > 6 \cdot d$
OSB:	$t_{\text{req}} > 7 \cdot d$
Hardboard:	$t_{\text{req}} > 6 \cdot d$
Gipskartonplaat:	$t_{\text{req}} > 10 \cdot d$
Spaanplaat:	$t_{\text{req}} > 7 \cdot d$

Er moet nog rekening worden gehouden met 2 mm extra dikte in verband met de inslagdiepte. Deze waarden kunnen ook worden gebruikt voor het bepalen van de maximale dikte  $t$  van de niet.

De voorgaande berekeningswijze is gebaseerd op de berekening van draadnagels. Dit is veel te complex voor de berekening van nietverbindingen.

Het is eenvoudiger om direct de afschuifsterkte te berekenen op basis van het bezwijken van de niet in het hout. Hierbij moet wel worden voldaan aan alle randvoorwaarden. De berekening wordt dan als volgt:

Voorbeeld.

Nietafmeting:	$1,7 \cdot 11,4 \cdot 56$
Treksterkte:	$f_{u,k} = 800 \text{ N/mm}^2$
Plastisch weerstandsmoment:	$W_{pl} = 0,1667 \cdot 1,7^3 = 0,8188 \text{ mm}^3$
Vloeimoment:	$M_{y,Rk} = 800 \cdot 0,8188 = 655,1 \text{ N.mm}$
Vloeimoment volgens EC:	$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot 800 \cdot 1,7^{2,6} = 953,6 \text{ N.mm}$

Houtkwaliteit:	C18
Stuiksterkte:	$f_{h,k} = 25,72 \text{ N/mm}^2$
Afschuifsterkte per nietpoot:	$R_k = (2 \cdot 655,1 \cdot 25,72 \cdot 1,7)^{0,5} = 239 \text{ N}$
Afschuifsterkte volgens EC:	$R_k = (2 \cdot 953,6 \cdot 25,72 \cdot 1,7)^{0,5} = 289 \text{ N}$

Indien wordt uitgegaan van de stuiksterkte van een OSB plaat.

OSB:	$f_{h,1,k} = 57,48 \text{ N/mm}^2$
Hout:	$f_{h,2,k} = 25,72 \text{ N/mm}^2$
Verhouding:	$\beta = 25,72 / 57,48 = 0,447$
Factor:	$((2 \cdot 0,447)/(1+0,447))^{0,5} = 0,786$
Afschuifsterkte per nietpoot:	$R_k = 0,786 \cdot ((2 \cdot 655,1 \cdot 57,48 \cdot 1,7)^{0,5}) = 281 \text{ N}$
Afschuifsterkte volgens EC:	$R_k = 0,786 \cdot ((2 \cdot 953,6 \cdot 57,48 \cdot 1,7)^{0,5}) = 339 \text{ N}$

In de verdere berekening wordt aangehouden:  $R_k = 239 \text{ N}$  per nietpoot.

Voor de gehele niet geldt:  $R_k = 2 \cdot 239 = 478 \text{ N}$

Stuiklengte in hout:	$l = 239 / (25,72 \cdot 1,7) = 5,5 \text{ mm}$
Stuiklengte in OSB:	$l = 239 / (57,48 \cdot 1,7) = 2,4 \text{ mm}$

Hieruit volgt dat de plaats van het plastisch scharnier vlak bij het aansluitvlak ligt.

## Uittreksterkte.

- 1) 8.3.2 (Axiaal belast)
- 2) 12.8.3

Volgens de voorschriften mag de berekende afschuifsterkte nog worden verhoogd met een deel van de uittreksterkte. Deze uittrekkraft geeft extra draagvermogen door koordwerking. Aangenomen wordt dat de uittreksterkte van de niet, dus het doortrekken van de niet door de beplating, groter is dan de uittreksterkte uit het hout. Dit geldt alleen indien voldaan wordt aan de randvoorwaarden.

Voor de berekening van de uittreksterkte mag alleen het geharste deel van de niet-poten in rekening worden gebracht. Deze lengte is ten minste de helft van de lengte van de nietpoot.

Volgens 1) is de uittreksterkte  $f_{ax,k} = 20 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 = 20 \cdot 10^{-6} \cdot 320^2 = 2,048 \text{ N/mm}^2$ . Dit kan worden beschouwd als schuifspanning langs de nietpoot.

Volgens 2) (2) Tabelle 14 geldt als parameter voor de uittrekspanning  $f_{1,k} = 40 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 = 40 \cdot 10^{-6} \cdot 320^2 = 4,096 \text{ N/mm}^2$ . Deze waarde is hoger dan volgens de Nederlandse Eurocode.

Voorbeeld.

De effectieve pootlengte is:  $l = 56/2 = 28 \text{ mm}$ .

Maximaal:  $20 \cdot d = 20 \cdot 1,7 = 34 \text{ mm}$ .

De uittreksterkte is:  $R_{ax,k} = 2,048 \cdot 1,7 \cdot 28 = 97,5 \text{ N}$ .

De waarde, welke in rekening mag worden gebracht, is de minimum waarde van  $0,5 \cdot R_k$  of  $0,25 \cdot R_{ax,k}$

Hier geldt:  $0,5 \cdot 239 = 119,5 \text{ N}$  of  $0,25 \cdot 97,5 = 24,4 \text{ N}$ .

De laatste waarde is maatgevend.

De schuifsterkte per poot is:  $R_k = 239 + 24,4 = 263,4 \text{ N}$ .

De nietsterkte is:  $2 \cdot 263,4 = 526,8 \text{ N}$ .

Uit onderzoek blijkt dat de bijdrage van de koordwerking bij nieten is te verwaarlozen, althans niet aantoonbaar is. In het voorbeeld is de bijdrage slechts 10%. Daarom de bijdrage van de koordwerking gewoon vergeten.

## Modificatiefactor.

- 1) 3.1.3 Tabel 3.1 en 2.3.2.1 (2) (Combinatie)
- 2) 7.1.3.1 (1) Tabelle F1

De modificatiefactor  $k_{mod}$  is afhankelijk van de belastingduur en het vochtgehalte. Bovendien is deze factor verschillend voor de plaatmaterialen en het hout. In het algemeen worden nieten toegepast voor het bevestigen van plaatmaterialen op een onderconstructie van hout. De belasting op de nieten wordt in hoofdzaak veroorzaakt door windbelasting, dus kortdurend. De constructie kan niet nat worden, want er is altijd een "regenjas" aanwezig in de vorm van een gemetseld buitenspouwblad of andere gevelbekleding. Daarom aanhouden klimaatklasse 2. Hiervan uitgaande kunnen de verschillende waarden voor  $k_{mod}$  worden vastgelegd.

Zie hiervoor tabel 3.1 van Eurocode 5.

Bij verschillende materialen moeten de waarden als volgt worden gecombineerd:

$$k_{mod} = (k_{mod,1} \cdot k_{mod,2})^{0,5}$$

Voorbeeld.

Gezaagd hout:  $k_{mod} = 0,90$

OSB/3, OSB/4:  $k_{mod} = 0,70$

In rekening te brengen:  $k_{mod} = (0,90 \cdot 0,70)^{0,5} = 0,794$ .

Deze waarde altijd toepassen.

Opgemerkt moet worden dat de gekozen plaat geschikt moet zijn om in een spouw te worden toegepast. Over het algemeen geldt dat  $k_{mod} = 0,70$  voor vezelplaten, welke in de spouw worden toegepast. Voor triplex en LVL geldt dezelfde waarde als voor volhout.

## Materiaalfactor.

- 1) 2.4.1 (1) Tabel 2.3
- 2) 5.4 (2) Tabelle 1

De materiaalfactor  $\gamma_M$  moet worden ontleend aan tabel 2.3. Voor verbindingen geldt  $\gamma_M = 1,3$ . In DIN 1052 Tabelle 1 geldt voor staal in verbindingen  $\gamma_M = 1,1$ . Dit is ook duidelijk aangegeven in Tabelle G.2.2 (G.6). In feite is het bezwijkmechanisme van nieten gebaseerd op het vloeioment van de nietpoot. Echter volgens de Eurocode in Nederland moet  $\gamma_M = 1,3$  worden aangehouden. De materiaalfactor  $\gamma_M$  voor LVL, multiplex en OSB is volgens 1) gelijk aan 1,2. Volgens 2) is deze gelijk aan 1,3. Dit is vreemd. Waarschijnlijk wordt altijd de waarde 1,3 aangehouden.

Tabel 2.3 — Aanbevolen partiële factoren  $\gamma_M$  voor materiaaleigenschappen en weerstanden

Fundamentele combinaties:	
Gezaagd hout	1,3
Gelijmd gelamineerd hout	1,25
LVL, multiplex, OSB	1,2
Spaanplaten	1,3
Vezelplaten, hard	1,3
Vezelplaten, medium	1,3
Vezelplaten, MDF	1,3
Vezelplaten, zacht	1,3
Verbindingen	1,3
Metalen hechtplaten	1,25
Bijzondere combinaties	1,0

## Betrouwbaarheidsklasse.

In de Eurocode 0 (Grondslagen) (NEN EN 1990 2002+NB 2007) wordt er onderscheid gemaakt in de gevolklassen CC. Hierop gebaseerd zijn de Betrouwbaarheidsklassen RC. Standaard eengezinswoningen mogen worden ingedeeld in CC1 en RC1. Zie hiervoor tabel B.3 in de NB. Op basis hiervan mogen de partiële belastingfactoren  $\gamma_G$  en  $\gamma_Q$  worden gereduceerd met de factor  $k_\phi$ . Voor eengezinswoningen geldt  $k_\phi = 0,9$ . Feitelijk komt het erop neer dat de unity-check van 1,0 mag worden gewijzigd in  $1 / 0,9 = 1,11$ . Daarmee blijft de berekening overzichtelijker.

## Verhoging sterkte.

- 1) 9.2.4.2 (5)
- 2)

Volgens artikel 9.2.4.2 (5) van Eurocode 5 “behoort” de rekenwaarde van de sterkte op afschuiving van de verbindingmiddelen langs de randen van een individuele plaat te zijn verhoogd met een factor 1,2 ten opzichte van de overeenkomstige waarde volgens hoofdstuk 8. In dit hoofdstuk is de sterkte van de verbindingmiddelen berekend. Met andere woorden “de sterkte behoort te worden verhoogd”. Dit klinkt vreemd. Het zou moeten zijn “mag worden verhoogd”. Echter deze verhoging geldt dus niet voor proefondervindelijk bepaalde sterkte waarden. Waarschijnlijk is dit, omdat door de klemkracht van de nieten er in het aansluitvlak ook wrijvingskrachten kunnen worden overgedragen. Ook het systeemeffect kan van belang zijn. Dus door het toepassen van veel nieten neemt de variatie af met  $(n)^{0,5}$  en neemt daardoor de rekenwaarde toe. Bij de beproeving zijn alle effecten reeds meegenomen in de proefresultaten.

## Systeemfactor.

- 1)
- 2) 5.4 (5) en 8.1 (8)

Volgens 2) is het toegestaan om in situaties, waarbij herverdeling van de belastingen

mogelijk is, een systeemwaarde  $k_1 = 1,1$  toe te passen. Dit houdt in dat alle sterkte waarden met 1,1 mogen worden verhoogd. Dit geldt bijvoorbeeld voor de stijlen in wanden en de balken in vloeren. Naastliggende stijlen of balken kunnen belasting overnemen. Dan moet wel het plaatmateriaal geschikt zijn en sterk genoeg zijn om deze herverdelingsfunctie te verrichten. In de Nederlandse Eurocode komt dit niet voor, maar het wordt wel toegepast.

## Combinatie trek en afschuiving.

- 1) 8.3.3 (Combinatie)
- 2) 12.9 (Combinatie)

Bij stabiliteitswanden worden de nieten in de randen belast door trek en afschuiving. De trek wordt veroorzaakt door zuiging of druk op de gevels. De afschuiving is het gevolg van paneelwerking van de stabiliteitswand.

De combinatieformule is als volgt:  $(F_{ax,d} / R_{ax,d}) + (F_{v,d} / R_{v,d}) < 1,0$

## Bautabellen. 20.Auflage.

In deze uitgave worden voor het eerst nietverbindingen (Klammern) opgenomen. Blijkbaar was dit in vorige edities niet interessant. Men gaat uit van een OSB-plaat op een onderliggende houtconstructie. Voor de OSB-plaat wordt een watervaste plaat gekozen, type OSB/3 of OSB/4. Plaatdikte 15, 18 en 22 mm. Voor nieten wordt uitgegaan van diameter 1,5; 1,8; 2,0 en 2,3 mm. Dit is de meest voorkomende situatie in de bouw, waar nieten worden toegepast.

Tabel  $R_{v,k}$  in N.

Plaatdikte t	Nietdiameter d			
	1,5	1,8	2,0	2,3
15	583	759	884	1015
18	588	766	892	1024
22	594	774	901	1035

Uit de waarden in de tabel blijkt dat het niet veel uitmaakt, welke dikte plaat wordt gekozen. Maatgevend is de verbinding aan het hout. Wat opvalt is dat de waarden in de tabel hoger zijn dan in het voorgaande is berekend nl. 527 N (zie pagina 11).

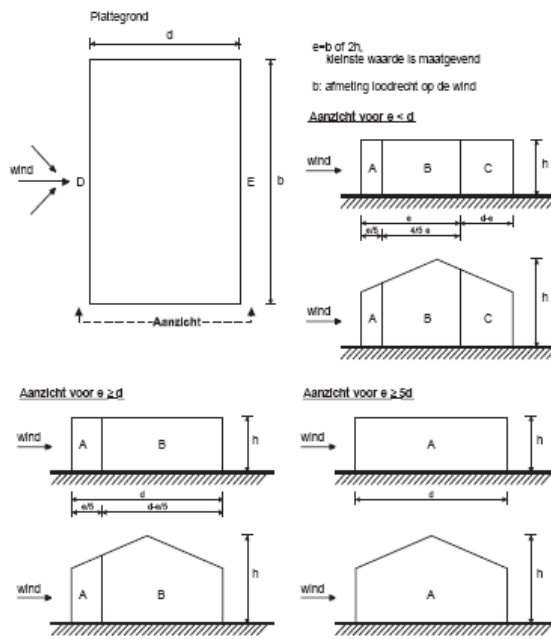
Voorbeeld.

Plaatdikte:  $t = 15$  mm  
 Nietdiameter:  $d = 1,8$  mm  
 Modificatiefactor:  $k_{mod} = 0,794$  (zie voor)  
 Materiaalfactor:  $\gamma_M = 1,3$   
 Rekenwaarde:  $R_{v,d} = 0,794 * 759 / 1,3 = 463,6$  N

## Windzuiging.

De windbelasting is gebaseerd op Eurocode 1-4 (NEN\_EN 1991-1-4\_2005 + NB\_2007). De coëfficiënten zijn ontleend aan Tabel 7.1. De stuwdrukwaarden zijn ontleend aan Tabel NB 4.

## Berekening van nietverbindingen.



Figuur 7.5 — Zones bij verticale gevels

Lees na OPMERKING 3:

OPMERKING 4 Waarden voor  $q_s$  voor situaties waarvoor geldt dat  $\alpha_s = 1$ , zijn gegeven in tabel NB.4.

Tabel NB.4 (informatief) — Extreme stuwdruk in  $\text{kN/m}^2$  als functie van de hoogte

Hoogte m	Gebied I		Gebied II			Gebied III		
	kust	onbe- bouwd	be- bouwd	kust	onbe- bouwd	be- bouwd	onbe- bouwd	be- bouwd
1	0,93	0,71	0,69	0,78	0,60	0,58	0,49	0,48
2	1,11	0,71	0,69	0,93	0,60	0,58	0,49	0,48
3	1,22	0,71	0,69	1,02	0,60	0,58	0,49	0,48
4	1,30	0,71	0,69	1,09	0,60	0,58	0,49	0,48
5	1,37	0,78	0,69	1,14	0,66	0,58	0,54	0,48
6	1,42	0,84	0,69	1,19	0,71	0,58	0,58	0,48
7	1,47	0,89	0,69	1,23	0,75	0,58	0,62	0,48
8	1,51	0,94	0,73	1,26	0,79	0,62	0,66	0,51
9	1,55	0,98	0,77	1,29	0,82	0,66	0,68	0,53
10	1,58	1,02	0,81	1,32	0,85	0,68	0,70	0,56
15	1,71	1,16	0,96	1,43	0,98	0,80	0,80	0,66
20	1,80	1,27	1,07	1,51	1,07	0,90	0,88	0,74
25	1,88	1,36	1,16	1,57	1,14	0,97	0,94	0,80
30	1,94	1,43	1,23	1,63	1,20	1,03	0,99	0,85

Tabel 7.1 — Waarden van uitwendige drukcoëfficiënten voor verticale gevels van gebouwen met rechthoekige plattegrond

Zone	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
h/d	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	+0,8	+1,0	-0,7	-0,7
$\leq 1$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	+0,8	+1,0	-0,5	-0,5

De beplating van de wanden vormt de “luchtdichte” laag tussen het binnen- en buitenklimaat. Deze beplating neemt het verschil in luchtdrukken op tussen binnen en buiten. Op gevels treedt winddruk en windzuiging op. Voor de verbinding van de beplating aan de stijlen is de zuiging maatgevend. Daardoor worden de nieten op uittrekken belast. De beplating is aan de buitenzijde aangebracht. De zuigkracht op de gevels wordt overgedragen door de buitenbekleding naar de beplating. In het algemeen is deze bekleding bevestigd aan de beplating. Het is praktisch niet uitvoerbaar om te verankeren aan de stijlen van de wand, omdat de juiste plaatsen van de stijlen variëren en niet herkenbaar zijn. Omdat de beplating en de stijlen kleine onderdelen zijn, moet hiervoor de windvormfactor  $C_{pe,1}$  voor zuiging worden aangehouden. Afhankelijk van de zone (A of B) is deze waarde -1,4 of -1,1. Maatgevend is de zone A bij hoeken van gebouwen. Zie hiervoor Eurocode 1, Belastingen. Voor de overdruk moet worden aangehouden  $C_{p,i} = +0,2$ . Dit is afhankelijk van de openingen in de gevel. Er wordt vanuit gegaan dat de gevel gesloten is. De beplating is aan de binnenzijde aangebracht. De stuwdruk, dus de drukverhoging, werkt direct op de beplating. Door de openingen en ventilatiegaten in de gevel is slechts een geringe luchtverplaatsing nodig om deze drukverhoging te realiseren. Dan is de windvormfactor  $C_{pe,1} = +1,0$  voor druk. Voor de onderdruk moet worden aangehouden  $C_{p,i} = -0,3$ .

Voorbeeld.

Als stuwdrukwaarde wordt aangehouden  $p_w = 0,85 \text{ kN/m}^2$ .

Deze waarde is gebaseerd op windkracht 9 Bft.

Beplating aan de buitenzijde.

Windzuiging aan buitenzijde:  $q_k = (1,4 + 0,2) * 0,85 = \mathbf{1,360 \text{ kN/m}^2}$ .

Beplating aan de binnenzijde.

Winddruk aan binnenzijde:  $q_k = (1,0 + 0,3) * 0,85 = \mathbf{1,105 \text{ kN/m}^2}$ .

Aangehouden wordt  $1,36 \text{ kN/m}^2$ .

De partiële belastingfactor is:  $\gamma_Q = 1,5$ .

Rekenwaarde belasting:  $q_d = 1,5 * 1,36 = \mathbf{2,04 \text{ kN/m}^2}$ .

Stijlen nabij de hoeken van het bouwwerk (zone A).

Stijlen h.o.h.  $b = 600$  mm.

**Aangenomen wordt dat de beplating doorloopt als doorgaande ligger over de wandstijlen. Bij een paneelbreedte van 1200 mm zijn 2 velden aanwezig. De middenstijl draagt de meeste belasting.**

Voor doorgaande liggers geldt:  $q_d = 1,25 * 0,6 * 2,04 = 1,53$  kN/m.

Veelal wordt aangehouden:  $q_d = 1,10 * 0,6 * 2,04 = 1,35$  kN/m.

Hierbij wordt uitgegaan van een zekere herverdeling. Deze waarde geldt dan voor alle tussenstijlen. Bij randstijlen is de belasting kleiner. Deze stijlen zijn vaak dubbel uitgevoerd.

Voorbeeld.

Uittreksterkte niet.

Nieten  $1,7 * 11,4 * 56$

Uittrekspanning:  $f_{1,k} = 20.10^{-6} * \rho_{k2} = 20.10^{-6} * 3202 = 2,048$  N/mm<sup>2</sup>.

Effectieve pootlengte:  $l = 56/2 = 28$  mm.

Maximaal:  $20 * d = 20 * 1,7 = 34$  mm.

De uittreksterkte is:  $R_{ax,k} = 2,048 * 1,7 * 28 = 97,5$  N. Zie ook voor.

De rekenwaarde is:  $R_{ax,d} = k_{mod} * R_{ax,k} / \gamma_M = 0,794 * 97,5 / 1,3 = 59,5$  N per nietpoot.

Totaal per niet:  $R_{ax,d} = 59,5 * 2 = 119,0$  N.

Omdat het project valt in Betrouwbaarheidsklasse RC1, mag de uitnuttingsgraad worden verhoogd tot  $1 / 0,9 = 1,11$ .

De maximum nietafstand bij middenstijlen in zone A is  $a_{max}$  mm.

In formulevorm:  $a_{max} * 1,35 / 119 < 1,11$

Hieruit volgt:  $a_{max} < 1,11 * 119 / 1,35 = 97,8$  mm.

Bij stijlafstand 400 mm geldt:  $a_{max} = 600 / 400 * 97,8 = 146,7$  mm.

Overige gevels (zone B).

In feite geldt dit dus praktisch voor alle gevels.

In zone B geldt  $C_{pe,1} = -1,1$ .

Voorbeeld.

Beplating aan de buitenzijde.

Windzuiging aan buitenzijde:  $q_k = (1,1 + 0,2) * 0,85 = 1,105$  kN/m<sup>2</sup>.

Beplating aan de binnenzijde.

Winddruk aan buitenzijde:  $q_k = (1,0 + 0,3) * 0,85 = 1,105$  kN/m<sup>2</sup>.

Aangehouden wordt 1,105 kN/m<sup>2</sup>.

De partiële belastingfactor is:  $\gamma_Q = 1,5$ .

rekenwaarde belasting:  $q_d = 1,5 * 1,105 = 1,66$  kN/m<sup>2</sup>.

Stijlbelasting:  $q_d = 1,10 * 0,6 * 1,66 = 1,10$  kN/m.

Hieruit volgt:  $a_{max} < 1,11 * 119 / 1,10 = 120$  mm.

Bij stijlafstand 400 mm geldt:  $a_{max} = 600 / 400 * 120 = 180$  mm.

Eenvoudigweg volgt hieruit bij nieten  $1,7 * 11,4 * 56$  de maximale nietafstand.

$A_{max}$ in mm	Stijlafstand 600 mm	Stijlafstand 400 mm
Gebied A bij de hoeken	100	150
Gebied B (overig)	120	180

Deze tabel kan in feite overal worden aangehouden.



De nieten langs de rand van de platen worden belast op **afschuiving en trek**. Op basis van de aanwezige trekkracht wordt teruggerekend welke schuifsterkte nog beschikbaar is voor de paneelwerking.

Voorbeeld.

Maatgevend is gebied A bij de hoeken.

Stijlafstand:  $b = 600 \text{ mm}$ .

Trekbelasting door zuiging:  $q_d = 0,5 * 0,6 * 2,04 = 0,612 \text{ kN/m}$ .

Nieten  $1,7 * 11,4 * 56$

$a = 200 \text{ mm}$ .

Trekkracht door zuiging:  $F_{ax,d} = 0,2 * 0,612 = 0,122 \text{ kN}$

Afschuifsterkte van de niet:  $R_{v,d} = 1,2 * 527 * 0,794 / 1,3 = 386 \text{ N}$

Combinatieformule:  $(F_{ax,d} / R_{ax,d}) + (F_{v,d} / R_{v,d}) < 1,0$

Uitnuttingsgraad verhoogd:  $(F_{ax,d} / R_{ax,d}) + (F_{v,d} / R_{v,d}) < 1,11$

Trekkracht en schuifkracht:  $(0,122 / 0,119) + (F_{v,d} / 0,386) < 1,11$

Hieruit resulteert:  $F_{v,d} < 0,386 * (1,11 - 0,122 / 0,119) = \mathbf{0,033 \text{ N}}$

Nieten  $1,7 * 11,4 * 56$

$a = 100 \text{ mm}$ .

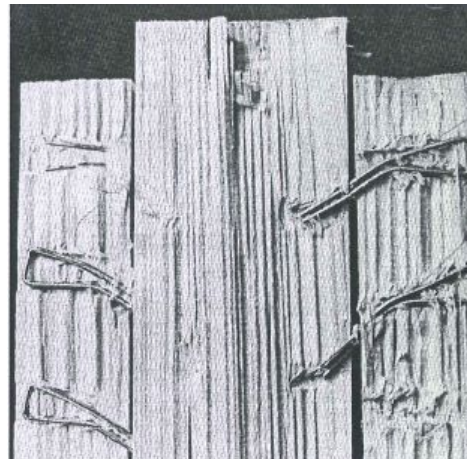
Trekkracht door zuiging:  $F_{ax,d} = 0,1 * 0,612 = 0,061 \text{ kN}$

Trekkracht en schuifkracht:  $(0,061 / 0,119) + (F_{v,d} / 0,386) < 1,11$

Hieruit resulteert:  $F_{v,d} < 0,386 * (1,11 - 0,061 / 0,119) = \mathbf{0,230 \text{ N}}$

## Artikel in de Houtconstructeur.

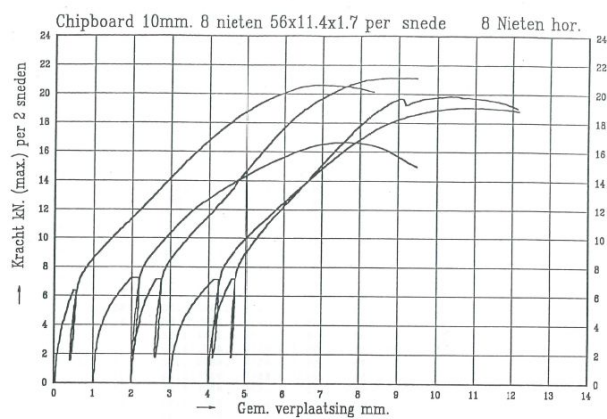
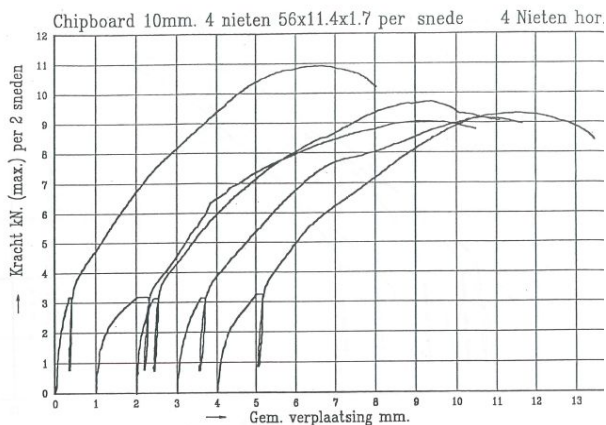
1. In dit artikel wordt gesteld dat de bijdrage van de trekkracht door de koordwerking te verwaarlozen is. Daarom deze component in de berekening niet meenemen.
2. Het bezwijkmechanisme f, dus plastische scharnieren in beide materialen, is bijna altijd maatgevend. Daarmee wordt de berekening een stuk eenvoudiger.
3. Er zijn proeven uitgevoerd met nieten  $1,7 * 10 * 50$ . Triplex dik 19 mm op hout dik 50 mm. Houtkwaliteit C 24. Proefresultaat per nietpoot 240 N. Dus per niet 480 N. Deze waarden zijn reeds statistisch verwerkt. Deze waarde is lager dan uit de berekening volgt nl. 527 N.
4. De stuksterkte is bepaald met stiften  $d = 6,7 \text{ mm}$  in hout met  $\rho_k = 413 \text{ kg/m}^3$ . Gevonden stuksterkte  $f_h = 27,32 \text{ N/mm}^2$ . Teruggerekend naar C24 wordt dit  $23,05 \text{ N/mm}^2$ . Dit komt overeen met eerder gevonden waarden. Voor de dünnere nieten geldt  $f_h = 37,50 \text{ N/mm}^2$ .
5. Uit proeven is de treksterkte van de nieten bepaald. Deze bedraagt  $f_{u,k} = 940 \text{ N/mm}^2$ . Dus duidelijk hoger dan de geëiste  $800 \text{ N/mm}^2$ .
6. Aangetoond wordt dat het vloeimoment voor de nieten volgens de Eurocode 5 te groot is. Zie ook eerder. Aanbevolen wordt voor  $M_{y,k} = 0,15 * 800 * d^3 = 120 * d^3$  aan te houden.
7. Algemene opmerkingen ten behoeve van uitvoering.



## Rapport Hout-OSB verbinding met nieten.

1. Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van een houtskeletbouwer.
2. Toegepast zijn nieten 1,7 \* 11,4 \* 56 mm. Dit is de meest gebruikte nietafmeting in de houtskeletbouw. Plaatmateriaal OSB dik 10 mm.
3. Beproevingresultaat na statistische bewerking  $F_{v,k} = 950 \text{ N}$  per niet. Deze waarde is duidelijk hoger dan de waarde uit de proeven, zoals vermeld in de Houtconstructeur. De waarde is ook hoger dan de berekende waarden in Bautabellen.

Voorgesteld wordt om in de berekeningen de basiswaarde van 950 N per niet aan te houden.



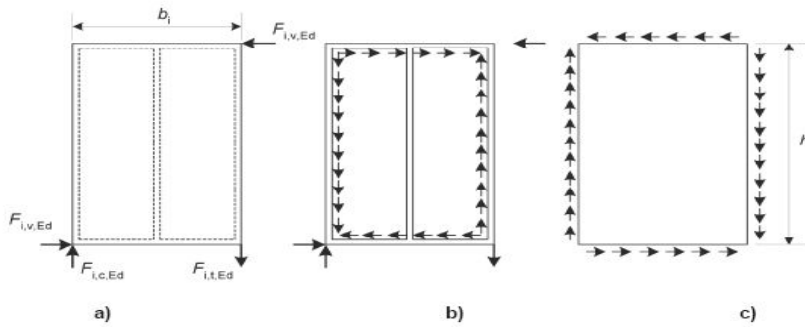
## Naschrift.

Op basis van het voorgaande zijn een aantal opmerkingen te plaatsen.

1. Gezien een aantal tegenstrijdigheden is het de vraag of de opstellers van de normen rekenexercities hebben uitgevoerd op basis van de voorgestelde normtekst. Dan was waarschijnlijk geconstateerd dat de regels voor draadnagels niet zonder meer van toepassing kunnen worden verklaard voor nieten.
2. Het is de vraag of de constructeurs de normen toepassen, zoals in het voorgaande is uitgelegd. Waarschijnlijk heeft niemand zich hierin verdiept.
3. Dit geldt eveneens voor de controlerende instanties.
4. De rekenregels zijn veel te ingewikkeld terwijl slechts 1 formule van toepassing is. In slechts enkele regels kan de afschuifsterkte worden bepaald.
5. Van groot belang is de uittrekkraft door zuiging. Deze kracht reduceert zeer sterk de afschuifsterkte bij een combinatie. Waarschijnlijk wordt hier nooit aan gerekend.

## Wanden in de houtskeletbouw.

Bij houtskeletbouwwoningen worden over het algemeen alleen nieten toegepast in de wanden. De wandbeplating wordt door middel van nieten vastgezet op het stijl- en regelwerk. In vloeren komen nieten hoegenaamd niet voor. Bovendien is het aantal verschillende situaties bij de wanden beperkt. De toegepaste nieten en het toegepaste plaatmateriaal zijn ook vaak steeds hetzelfde. Daarom is het handig om deze situaties verder uit te werken en als leidraad te gebruiken bij het ontwerpen van de constructieve wanden.



Figuur 9.5 — Krachten werkend op: a) het wandpaneel; b) de raamwerk; c) de plaat

## Voorstel berekening.

De berekening van nietverbindingen in de houtskeletbouw beperkt zich vaak tot enkele situaties. Dit zijn tussenstijlen en randstijlen van de afzonderlijke panelen. Daarbij is de keuze van de stijlafstand beperkt tot 400 mm en 600 mm. Om de berekening te vereenvoudigen wordt op basis van een aantal uitgangspunten een voorstel gedaan.

- Plaatmateriaal OSB, dik 10 mm of meer.

De afschuifsterkte van de beplating moet worden gecontroleerd op basis van de schuifkracht.

Verhouding:  $b_{\text{net}} / t = 600 / 10 = 60$ .

Deze waarde is kleiner dan 100 zodat er geen gevaar voor plooi is.

Zie 1) artikel 9.2.4.2 (11).

Deze minimale dikte is gekozen in verband met de beproevingsresultaten.

Volgens 2) Tabelle F.13 is de schuifsterkte  $f_{v,k} = 6,8 \text{ N/mm}^2$ .

Modificatiefactor:  $k_{\text{mod}} = 0,70$ .

Materiaalfactor:  $\gamma_M = 1,3$ .

Uitnuttingsgraad: 1,11.

Rekenwaarde:  $f_{v,d} = 1,11 * 0,70 * 6,8 / 1,3 = 4,06 \text{ N/mm}^2$ .

Op deze wijze is eenvoudig de sterkte van de beplating te controleren.

- Wandstijlen: breed 38 mm.

Sterkteklasse: C 18.

Nieten:  $1,7 * 11,4 * 56$ .

Onbelaste randafstand:  $10 * d$ .

Minimum breedte stijl:  $2 * 10 * 1,7 = 34 \text{ mm}$ .

Het is dus niet mogelijk om op een wandstijl te vergaren, dus 2 platen te laten samenkomen.

Daarom altijd 2 stijlen toepassen bij een plaatnaad of stijlen met een breedte van 68 mm kiezen.

- Plaatbreedte: 1220 mm.

Stijlafstand  $(1220 - 38) / 2 = 591 \text{ mm}$ , respectievelijk  $(1220 - 38) / 3 = 394 \text{ mm}$ .

- Windbelasting (zuiging en overdruk).

Stuwdruk:  $q_w = 0,85 \text{ kN/m}^2$ .

Beplating aan de buitenzijde (zuiging naar buiten).

Bij de hoeken van gebouwen (zone A). Breedte ca. 2,0 m.

Windbelasting:  $q_d = 1,50 * (1,40 + 0,2) * 0,85 = 2,04 \text{ kN/m}^2$ .

- Overige gevels (zone B).

Windbelasting:  $q_d = 1,50 * (1,10 + 0,2) * 0,85 = 1,66 \text{ kN/m}^2$ .

Beplating aan de binnenzijde (druk naar binnen).

- Bij de hoeken van gebouwen (zone A). Breedte ca. 2,0 m.  
Windbelasting  $q_d = 1,50 * (1,00 + 0,3) * 0,85 = 1,66 \text{ kN/m}^2$ .
- Overige gevels (zone B).  
Windbelasting  $q_d = 1,50 * (1,00 + 0,3) * 0,85 = 1,66 \text{ kN/m}^2$ .
- Afschuifsterkte nieten.  
Beproeversrapport:  $R_{v,k} = 950 \text{ N}$ .  
Modificatiefactor:  $k_{mod} = 0,794$ .  
Materiaalfactor:  $\gamma_M = 1,30$ .  
Verhoging volgens 1) artikel 9.2.4.2 (5) met 1,20 is voor proefresultaten niet toegestaan.  
Rekenwaarde:  $R_{v,d} = 0,794 * 950 / 1,30 = 580 \text{ N}$ .  
Eurocode 5:  $R_{v,k} = 527 \text{ N}$ . Inclusief koordwerking.  
Modificatiefactor:  $k_{mod} = 0,794$ .  
Materiaalfactor:  $\gamma_M = 1,30$ .  
Verhoging volgens 1) artikel 9.2.4.2 (5) met 1,20.  
Rekenwaarde:  $R_{v,d} = 1,20 * 0,794 * 527 / 1,30 = 386 \text{ N}$ .  
De verhoging van de uitnuttingsgraad is nog niet meegerekend.  
Maatgevend is de sterkte volgens de beproeving. De proeven zijn uitgevoerd om de werkelijke sterkte te bepalen, anders heeft beproeven geen zin.  
Dus aanhouden  $R_{v,d} = 580 \text{ N}$ .
- Uittreksterkte nieten.  
Maatgevend is 1).  
Volumieke massa:  $\rho_k = 320 \text{ kg/m}^3$ .  
Schuifsterkte:  $f_{ax,k} = 20 \cdot 10^{-6} * 320^2 = 2,048 \text{ N/mm}^2$ .  
Volgens 2) mag een 2 maal grotere waarde worden aangehouden.  
Aanwezig 2 niet-poten.  
Karakteristieke waarde:  $R_{ax,k} = 2 * 1,7 * 28 * 2,048 = 195 \text{ N}$ .  
Rekenwaarde:  $R_{ax,d} = 0,794 * 195 / 1,30 = 119 \text{ N}$ .  
De verhoging van de uitnuttingsgraad is nog niet meegerekend.

## Nietafstand midden stijlen.

De nieten worden alleen op **trek** belast.

Interactieformule:  $0,9 * F_{ax} * a / R_{ax} < 1,0$  omgewerkt  $a < R_{ax} / (0,9 * F_{ax})$

Beplating aan de **buitenzijde**.

Stijlafstand:  $b = 400 \text{ mm}$ .  
Bij gebouwhoek (**zone A**).  
Trekbelasting:  $q' = 1,10 * 0,4 * 2,04 = 0,898 \text{ kN/m}$ .  
Maximum niet-afstand:  $a < 119 / 0,9 * 898 = 0,147 \text{ m} = 147 \text{ mm}$ .

Overige gevels (**zone B**).  
Trekbelasting:  $q' = 1,10 * 0,4 * 1,66 = 0,730 \text{ kN/m}$ .  
Maximum niet-afstand:  $a < 119 / 0,9 * 730 = 0,181 \text{ m} = 181 \text{ mm}$ .

Stijlafstand:  $b = 600 \text{ mm}$ .  
Bij gebouwhoek (**zone A**).  
Trekbelasting:  $q' = 1,10 * 0,6 * 2,04 = 1,346 \text{ kN/m}$ .  
Maximum niet-afstand:  $a < 119 / 0,9 * 1346 = 0,098 \text{ m} = 98 \text{ mm}$ .

**Overige gevels (zone B).**

Trekbelasting:  $q' = 1,10 * 0,6 * 1,66 = 1,096 \text{ kN/m}$ .  
 Maximum niet-afstand:  $a < 119 / 0,9 * 1096 = 0,121 \text{ m} = \mathbf{121 \text{ mm}}$ .

**Beplating aan de binnenzijde.**

Stijlafstand:  $b = \mathbf{400 \text{ mm}}$ .  
 Gehele gevel (zone A en B).  
 Trekbelasting:  $q' = 1,10 * 0,4 * 1,66 = 0,730 \text{ kN/m}$ .  
 Maximum niet-afstand:  $a < 119 / 0,9 * 730 = 0,181 \text{ m} = \mathbf{181 \text{ mm}}$ .

Stijlafstand:  $b = \mathbf{600 \text{ mm}}$ .  
 Gehele gevel (zone A en B).  
 Trekbelasting:  $q' = 1,10 * 0,6 * 1,66 = 1,096 \text{ kN/m}$ .  
 Maximum niet-bestaand:  $a < 119 / 0,9 * 1096 = 0,121 \text{ m} = \mathbf{121 \text{ mm}}$ .

**Nietafstand randstijlen.**

De nieten worden alleen op **afschuiving** belast. Deze situatie komt voor bij beplating aan de binnenzijde. Indien de wanden dienen als stabiliteitswand, dan worden de gevels belast op zuiging. Bij beplating aan de binnenzijde worden de platen tegen de stijlen gezogen, er is dan dus geen trek in de nieten.

De combinatie trek en afschuiving wordt later berekend.

Interactieformule:  $0,9 * F_v * a / R_v < 1,0$  omgewerkt  $a < R_v / (0,9 * F_v)$ .

Uitgegaan wordt van 3 verschillende schuifkrachten per m<sup>1</sup>.

Deze waarden zijn 5,0; 10,0 en 15,0 kN/m.

Stijlafstand:  $b = \mathbf{400 \text{ mm}}$  en  $\mathbf{600 \text{ mm}}$ . Niet van belang.  
 Schuifbelasting:  $q' = \mathbf{5,0 \text{ kN/m}}$   
 $0,9 * a * 5000 / 580 < 1,0$   
 $0,9 * a * 8,621 < 1,0$   
 Maximum niet-afstand:  $a < 1,0 / 0,9 * 8,621 = 0,129 \text{ m} = \mathbf{129 \text{ mm}}$ .  
 Schuifbelasting:  $q' = \mathbf{10,0 \text{ kN/m}}$   
 $0,9 * a * 10000 / 580 < 1,0$   
 $0,9 * a * 17,241 \text{ m} < 1,0$   
 Maximum niet-afstand:  $a < 1,0 / 0,9 * 17,241 = 0,064 \text{ m} = \mathbf{64 \text{ mm}}$ .  
 Schuifbelasting:  $q' = \mathbf{15,0 \text{ kN/m}}$   
 $0,9 * a * 15000 / 580 < 1,0$   
 $0,9 * a * 25,862 < 1,0$   
 Maximum niet-afstand:  $a < 1,0 / 0,9 * 25,862 = 0,043 \text{ m} = \mathbf{43 \text{ mm}}$ .

**Nietafstand randstijlen.**

De nieten worden op **trek en afschuiving** belast. Deze situatie komt alleen voor bij beplating aan de buitenzijde. Indien de wanden dienen als stabiliteitswand, dan worden de gevels belast op zuiging. Ten gevolge hiervan worden de nieten eveneens op trek belast.

Interactieformule:  $0,9 * (F_v * a / R_v + F_{ax} * a / R_{ax}) < 1,0$ .  
 $0,9 * a * (F_v / R_v + F_{ax} / R_{ax}) < 1,0$ .

Uitgegaan wordt van 3 verschillende schuifkrachten per m<sup>1</sup>.  
Deze waarden zijn 5,0; 10,0 en 15,0 kN/m.

Stijlafstand:	$b = 400$ mm.
Bij gebouwhoek ( <b>zone A</b> ).	
Trekbelasting:	$q' = 0,2 * 2,04 = 0,408$ kN/m.
Schuifbelasting:	$q' = 5,0$ kN/m. $0,9 * a * (5000 / 580 + 408 / 119) < 1,0$ . $0,9 * a * (8,621 + 3,429) < 1,0$ .
Maximum niet-afstand:	$a < 1,0 / 0,9 * 12,050 = 0,092$ m = <b>92</b> mm.
Schuifbelasting:	$q' = 10,0$ kN/m. $0,9 * a * (10000 / 580 + 408 / 119) < 1,0$ . $0,9 * a * (17,241 + 3,429) < 1,0$ .
Maximum niet-afstand:	$a < 1,0 / 0,9 * 20,670 = 0,054$ m = <b>54</b> mm.
Schuifbelasting:	$q' = 15,0$ kN/m. $0,9 * a * (15000 / 580 + 408 / 119) < 1,0$ . $0,9 * a * (25,862 + 3,429) < 1,0$ .
Maximum niet-afstand:	$a < 1,0 / 0,9 * 29,291 = 0,038$ m = <b>38</b> mm.
Overige gevels ( <b>zone B</b> ).	
Trekbelasting:	$q' = 0,2 * 1,66 = 0,332$ kN/m.
Schuifbelasting:	$q' = 5,0$ kN/m. $0,9 * a * (5000 / 580 + 332 / 119) < 1,0$ . $0,9 * a * (8,621 + 2,790) < 1,0$ .
Maximum niet-afstand:	$a < 1,0 / 0,9 * 11,411 = 0,097$ m = <b>97</b> mm.
Schuifbelasting:	$q' = 10,0$ kN/m. $0,9 * a * (10000 / 580 + 332 / 119) < 1,0$ . $0,9 * a * (17,241 + 2,790) < 1,0$ .
Maximum niet-afstand:	$a < 1,0 / 0,9 * 20,031 = 0,055$ m = <b>55</b> mm.
Schuifbelasting:	$q' = 15,0$ kN/m. $0,9 * a * (15000 / 580 + 332 / 119) < 1,0$ . $0,9 * a * (25,862 + 2,790) < 1,0$ .
Maximum niet-afstand:	$a < 1,0 / 0,9 * 28,652 = 0,039$ m = <b>39</b> mm.
Stijlafstand:	$b = 600$ mm.
Bij gebouwhoek ( <b>zone A</b> ).	
Trekbelasting:	$q' = 0,3 * 2,04 = 0,612$ kN/m.
Schuifbelasting:	$q' = 5,0$ kN/m. $0,9 * a * (5000 / 580 + 612 / 119) < 1,0$ . $0,9 * a * (8,621 + 5,143) < 1,0$ .
Maximum niet-afstand:	$a < 1,0 / 0,9 * 13,764 = 0,081$ m = <b>81</b> mm.
Schuifbelasting:	$q' = 10,0$ kN/m. $0,9 * a * (10000 / 580 + 612 / 119) < 1,0$ . $0,9 * a * (17,241 + 5,143) < 1,0$ .
Maximum niet-afstand:	$a < 1,0 / 0,9 * 22,384 = 0,050$ m = <b>50</b> mm.
Schuifbelasting:	$q' = 15,0$ kN/m. $0,9 * a * (15000 / 580 + 612 / 119) < 1,0$ . $0,9 * a * (25,862 + 5,143) < 1,0$ .
Maximum niet-afstand:	$a < 1,0 / 0,9 * 31,005 = 0,036$ m = <b>36</b> mm.

Overige gevels (**zone B**).

Trekbelasting:

$$q' = 0,3 * 1,66 = 0,498 \text{ kN/m.}$$

Schuifbelasting:

$$q' = \mathbf{5,0} \text{ kN/m.}$$

$$0,9 * a * (5000 / 580 + 498 / 119) < 1,0.$$

$$0,9 * a * (8,621 + 4,185) < 1,0.$$

Maximum niet-afstand:

$$a < 1,0 / 0,9 * 12,806 = 0,087 \text{ m} = \mathbf{87} \text{ mm.}$$

Schuifbelasting:

$$q' = \mathbf{10,0} \text{ kN/m.}$$

$$0,9 * a * (10000 / 580 + 498 / 119) < 1,0.$$

$$0,9 * a * (17,241 + 4,185) < 1,0.$$

Maximum niet-afstand:

$$a < 1,0 / 0,9 * 21,426 = 0,052 \text{ m} = \mathbf{52} \text{ mm.}$$

Schuifbelasting:

$$q' = \mathbf{15,0} \text{ kN/m.}$$

$$0,9 * a * (15000 / 580 + 498 / 119) < 1,0.$$

$$0,9 * a * (25,862 + 4,185) < 1,0.$$

Maximum niet-afstand:

$$a < 1,0 / 0,9 * 30,047 = 0,037 \text{ m} = \mathbf{37} \text{ mm.}$$

Bij grote schuifkrachten is de trekkracht in de nieten niet meer zo belangrijk voor de sterkte.

Bij kleine schuifkrachten, zoals 5,0 kN/m, overheerst de trekbelasting op de nieten.

Bij kleine niet-afstanden eventueel extra stijlen toepassen, zodat bij meerdere rijen grotere niet-afstanden kunnen worden toegepast.

Spaarndam november 2013

Ir. J.G.M. Raadschelders c.i.