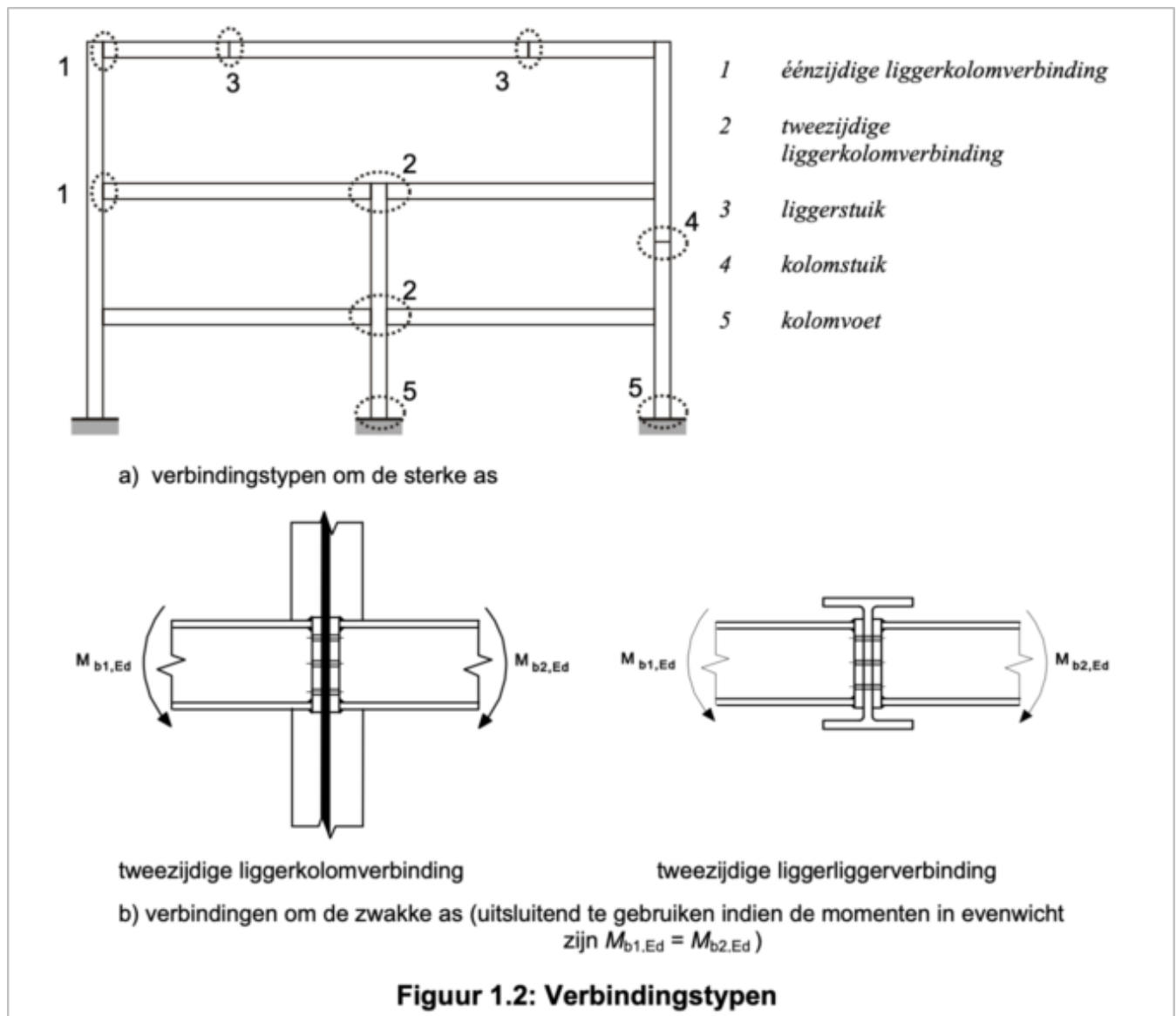


# Berekening boutverbinding

Berekening van de boutverbindingen volgens *NBN EN 1993-1-8* en haar nationale bijlage *NBN EN 1993-1-8 ANB*. Berekening van 3 kolomvoeten, 1 éénzijdig liggerliggerverbinding, en dan nog enkele kolomliggerverbindingen.



• `using Images` , `DataFrames` , `PlutoUI` , `Luxor` , `SQLite`

```
db = SQLite.DB("./assets/db/db.sqlite")
```

# Berekening boutverbindingen

## Berekening boutverbinding

Uitgangspunten

Aangrijpende krachten en momenten

Weerstand van verbindingen

Verbinding met bouten

Categorieën van boutverbindingen

Positionering van gaten voor bouten

Rekenwaarden weerstanden van individuele verbindingsmiddelen

## Uitgangspunten

Algemene uitgangspunten gebruikt bij de berekening

(1.0, 1.0, 1.25, 1.25)

- *# Weerstand van elementen en doorsneden -->  $\gamma_{M0}$ ,  $\gamma_{M1}$  en  $\gamma_{M2}$*
- *# Weerstand bouten/lassen/.... -->  $\gamma_{M2}$*
- $\gamma_{M0}$ ,  $\gamma_{M1}$ ,  $\gamma_{M2}$ ,  $\gamma_{M3}$  = 1.0, 1.0, 1.25, 1.25

## Aangrijpende krachten en momenten

Krachten en momenten bepaald volgens NBN EN 1993-1-1, deze volgen uit de afzonderlijke berekeningen van de profielen en kolommen. **Excentriciteit** ter plaatse van de snijpunten van schemalijnen geven aanleidingen tot **bijkomende momenten en krachten**, dit dient meegenomen worden inde berekening. Zie beschrijving NBN EN 1993-1-8 §2.7

## Weerstand van verbindingen

Bepaald op basis van weerstand basiscomponenten, lineair-elastische controle of elasto-plastische berekeningsmethode.

f\_yb (generic function with 1 method)

- `f_yb(k::Real) = *((split(string(k), ".") .|> Meta.parse)...) * 10 # N/mm2`

f\_ub (generic function with 1 method)

- `f_ub(k::Real) = (split(string(k), ".") .|> Meta.parse)[1] * 100 # N/mm2`

# Verbinding met bouten

## Categorieën van boutverbindingen

Op **Afschuiving** belast:

- Categorie **A**: op stuk belast
- Categorie **B**: glijvast in bruikbaarheidsgrenstoestand :GGT
- Categorie **C**: glijvast in uiterste grenstoestand :UGT

Op **Trek** belast:

- Categorie **D**: **niet**-voorgespannen - bouten klasse '4.6 tot en met 10.9
- Categorie **E**: voorgespannen - bouten klasse 8.8 en 10.9

▼ NBN EN 1993-1-8 Tabel 3.2

Tabel 3.2: Categorieën van boutverbindingen		
categorie	criteria	instructies
<b>op afschuiving belaste verbindingen</b>		
<b>A</b> op stuk belast	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	- geen voorspanning vereist - boutklassen 4.6 tot en met 10.9 mogen zijn gebruikt
<b>B</b> glijvast in bruikbaarheidsgrenstoestand	$F_{v,Ed,ser} \leq F_{s,Rd,ser}$ $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	- voorspanbouten van klasse 8.8 of 10.9 behoren te zijn gebruikt - voor de glijweerstand in de bruikbaarheidsgrenstoestand, zie 3.9
<b>C</b> glijvast in uiterste grenstoestand	$F_{v,Ed} \leq F_{s,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq N_{net,Rd}$	- voorspanbouten van klasse 8.8 of 10.9 behoren te zijn gebruikt - voor de glijweerstand in de uiterste grenstoestand, zie 3.9 - $N_{net,Rd}$ zie 3.4.1(1) c).
<b>op trek belaste verbindingen</b>		
<b>D</b> niet-voorgespannen	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	- geen voorspanning vereist. - boutklassen 4.6 tot en met 10.9 mogen zijn gebruikt. $B_{p,Rd}$ zie tabel 3.4.
<b>E</b> voorgespannen	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	- voorspanbouten van klasse 8.8 of 10.9 behoren te zijn gebruikt. - $B_{p,Rd}$ zie tabel 3.4.
De rekenwaarde van de trekkracht $F_{t,Ed}$ behoort de wrikkracht te bevatten, zie 3.11. Bouten die zijn belast op zowel afschuiving als trek behoren te voldoen aan de in tabel 3.4 vermelde criteria.		
<b>OPMERKING:</b> Indien in de ontwerpberekening die de glijweerstand bepaalt niet expliciet is uitgegaan van voorspanning, maar wanneer voorspanning is vereist voor uitvoeringsdoeleinden of als kwaliteitsmaatregel (bijvoorbeeld voor de duurzaamheid), kan het niveau van de voorspanning zijn voorgeschreven in de nationale bijlage.		

Overzicht van de mogelijke bouten - Eigenschappen van de bouten, zoals bijvoorbeeld de **nominale gatafstand**  $d_0$ , zijn afgeleid uit NBN EN 1090-2

bouten =

	name	d	s	do_normal	do_oversized	Ag	As
1	"M5"	5	8	6	7	19.6	14.2
2	"M6"	6	10	7	8	28.3	20.1
3	"M7"	7	11	8	9	38.5	28.9
4	"M8"	8	13	9	10	50.3	36.6
5	"M10"	10	16	11	13	78.5	58.0
6	"M12"	12	18	13	15	113.0	84.3
7	"M14"	14	21	15	17	154.0	115.0
8	"M16"	16	24	18	20	201.0	157.0
9	"M18"	18	27	20	22	254.0	192.0
10	"M20"	20	30	22	24	314.0	245.0
more							
17	"M39"	39	60	42	47	1190.0	976.0

bout (generic function with 1 method)

```
• bout(naam) = bouten[bouten.name == naam, :] |> first
```

## Positionering van gaten voor bouten

Volgens voorwaarden opgenomen in *NBN EN 1993-1-8 §3.5*

## Rekenwaarden weerstanden van individuele verbindingsmiddelen

Volgens *NBN EN 1993-1-8 §3.6*. Rekenwaardes voor bouten met nominale gatspeling.

test =

klasse

1 4.6

2 8.8

```
• test = DataFrame([  
•   (klasse=4.6, ),  
•   (klasse=8.8, )  
• ])
```

	klasse	f_yb	f_ub
<b>1</b>	4.6	240	400
<b>2</b>	8.8	640	800

```
• select(  
•   test,  
•   :,  
•   :klasse => ByRow(f_yb) => :f_yb,  
•   :klasse => ByRow(f_ub) => :f_ub  
• )
```

▼ NBN EN 1993-1-8 Tabel 3.4: Rekenwaarde van de weerstand voor individuele verbindingsmiddelen, die zijn onderworpen aan afschuiving en/of trek

**Tabel 3.4: Rekenwaarde van de weerstand voor individuele verbindingsmiddelen, die zijn onderworpen aan afschuiving en/of trek**

bezwijkvorm	bouten	klinknagels
afschuifweerstand per afschuifvlak	$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$ <p>- wanneer het afschuifvlak door de draad van de bout gaat (<math>A</math> is dan de spanningsdoorsnede <math>A_s</math> van de bout):</p> <p>- voor boutklassen 4.6, 5.6 en 8.8: <math>\alpha_v = 0,6</math></p> <p>- voor boutklassen 4.8, 5.8, 6.8 en 10.9: <math>\alpha_v = 0,5</math></p> <p>- wanneer het afschuifvlak door de schacht (zonder draad) van de bout gaat (<math>A</math> is dan de brutodoorsnede van de bout): <math>\alpha_v = 0,6</math></p>	$F_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}}$
stuikeerstand <sup>1), 2), 3)</sup>	$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}}$ <p>waarin <math>\alpha_b</math> de kleinste van volgende waarden : <math>\alpha_d</math> ; <math>\frac{f_{ub}}{f_u}</math> of 1,0;</p> <p>in de richting van de krachtsoverdracht:</p> <p>- voor eindbouten: <math>\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0}</math> ; voor binnenste bouten: <math>\alpha_d = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}</math></p> <p>loodrecht op de richting van de krachtsoverdracht:</p> <p>- voor randbouten: <math>k_1</math> is de kleinste waarde van <math>2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7</math> of 2,5</p> <p>- voor binnenste bouten: <math>k_1</math> is de kleinste waarde van <math>1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7</math> of 2,5</p>	
trekweerstand <sup>2)</sup>	$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ <p>waarin <math>k_2 = 0,63</math> voor bouten met verzonken kop, anders <math>k_2 = 0,9</math>.</p>	$F_{t,Rd} = \frac{0,6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}}$
ponsweerstand	$B_{p,Rd} = 0,6 \pi d_m t_p f_u / \gamma_{M2}$	geen toetsing vereist
gecombineerde afschuiving en trek	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1,0$	

- 1) De stuikeerstand  $F_{b,Rd}$  voor bouten
- in ruime gaten is 0,8 maal de stuikeerstand voor bouten in normale gaten.
  - in sleufgaten, waarbij de lange as van het sleufgat loodrecht staat op de richting van de krachtsoverdracht, is 0,6 maal de stuikeerstand voor bouten in ronde, normale gaten.
- 2) Voor bouten met verzonken kop:
- behoort de stuikeerstand  $F_{b,Rd}$  te zijn gebaseerd op een plaatdikte  $t$  gelijk aan de dikte van de aangesloten plaat minus de halve diepte van het verzonken deel.
  - behoren, ter bepaling van de trekweerstand  $F_{t,Rd}$ , de hoek en de diepte van het verzonken gat te voldoen aan de in 1.2.4 vermelde verwijzingsnormen (groep 4); anders behoort de trekweerstand  $F_{t,Rd}$  overeenkomstig te zijn aangepast.
- 3) Wanneer de richting van de kracht op een bout niet evenwijdig is aan de rand mag de stuikeerstand afzonderlijk zijn getoetst voor de boutkrachtcomponenten die evenwijdig en loodrecht op het plateinde staan.

## Knoop 1

Verbinding tussen kolom 1 en profiel 1

```
k1_configuratie = (bout = "M12", klasse = 8.8, configuratie = 2x2 Matrix{Int64}:)
                                1  1
                                1  1
```

```
• k1_configuratie = (
•   bout = "M12",
•   klasse = 8.8,
•   configuratie = [1 1; 1 1]
• )
```

k1\_krachten =

	geval	waarde
<b>1</b>	:GGT	50
<b>2</b>	:UGT	100

```
• k1_krachten = DataFrame([
•   (geval=:GGT, waarde=50)
•   (geval=:UGT, waarde=100)
• ])
```

	geval	waarde	bout	klasse	aantal	F_vEd	F_vRd
<b>1</b>	:GGT	50	"M12"	8.8	2	25.0	32.3712
<b>2</b>	:UGT	100	"M12"	8.8	2	50.0	32.3712

## Knoop 2

Verbinding tussen kolom 1 en profiel 2

## Knoop 3

Verbinding tussen kolom 1 / profiel 1 en profiel 3