



RecurWood

# REnovation and REdevelopment in a Changing URban environment using WOOD

## Eindevent - Bedrijfscase

26/05/2023



## Disclaimer

---

Documenten op de website van WOOD.BE dienen enkel voor louter informatieve doeleinden. De informatie heeft een generiek karakter en is niet als dusdanig bruikbaar in bedrijfseigen documenten. Deze documenten werden opgesteld om u te helpen bij het vervullen van bepaalde reglementaire verplichtingen. U mag deze als hulpmiddel gebruiken bij de ontwikkeling van uw bedrijfseigen documenten. Het gebruik van deze documenten houdt echter geen garantie in dat uw producten en/of procedures aan de betrokken reglementaire verplichtingen voldoen.

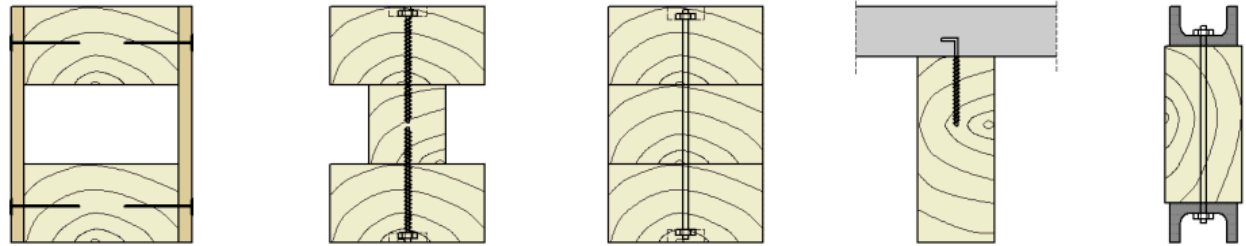
WOOD.BE streeft ernaar dat de informatie in deze documenten op de datum van publicatie zo accuraat en zo actueel mogelijk is. Het is echter steeds mogelijk dat deze informatie op een latere datum niet meer accuraat of actueel is, bijvoorbeeld door een wijziging in de betrokken reglementering. Om u hiervan te vergewissen neemt u best contact op met de experts van WOOD.BE.

WOOD.BE is geenszins aansprakelijk ingeval van schade, van welke aard ook, die zou voortvloeien uit het gebruik van de informatie in deze documenten.



**WOOD.BE**

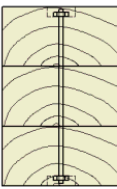
# SAMENGESTELDE BALK: **Potentieel**



Blass, Sandhaas – Timber engineering - principles for design – 2017



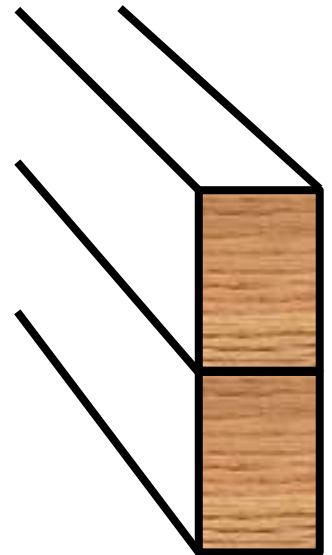
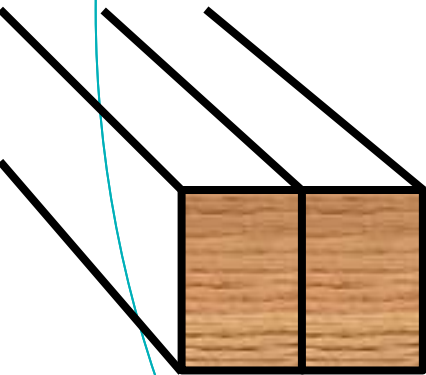
**WOOD.BE**

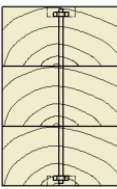


# SAMENGESTELDE BALK: **Potentieel**

## Rechthoekige balk:

- **Enkelvoudig**
  - Buigsterkte: weerstandsmoment =  $bh^2/6$
  - Buigstijfheid: opp.traagheidsmoment =  $bh^3/12$
- **Verdubbeling breedte**
  - Materiaal: maal 2
  - Buigsterkte: maal 2
  - Buigstijfheid: maal 2
- **Verdubbeling hoogte**
  - Buigsterkte: maal  $2^2 =$  maal 4
    - Houtvolume dubbel zo effectief
  - Buigstijfheid: maal  $2^3 =$  maal 8
    - Houtvolume 4 keer zo effectief
  - (*~~volume-effecten*)

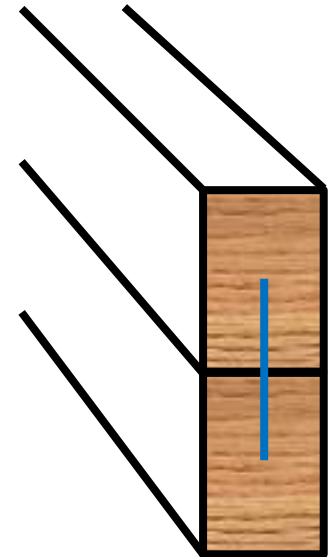
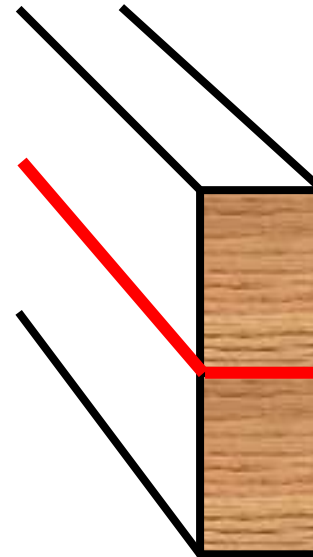
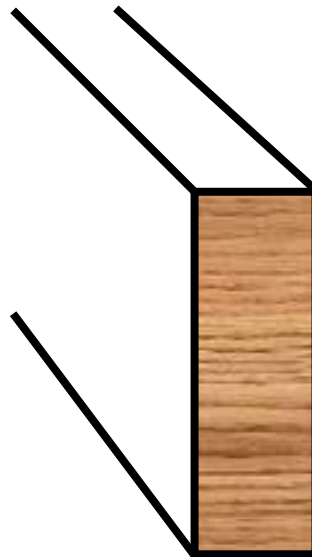
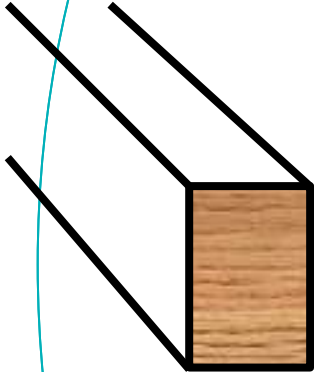


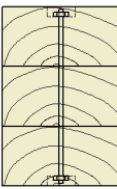


# SAMENGESTELDE BALK: **Potentieel**

## Verdubbeling hoogte:

- Massief?
- Verlijming : GGL → verplichting tot CE-markering
- Mechanisch verbonden

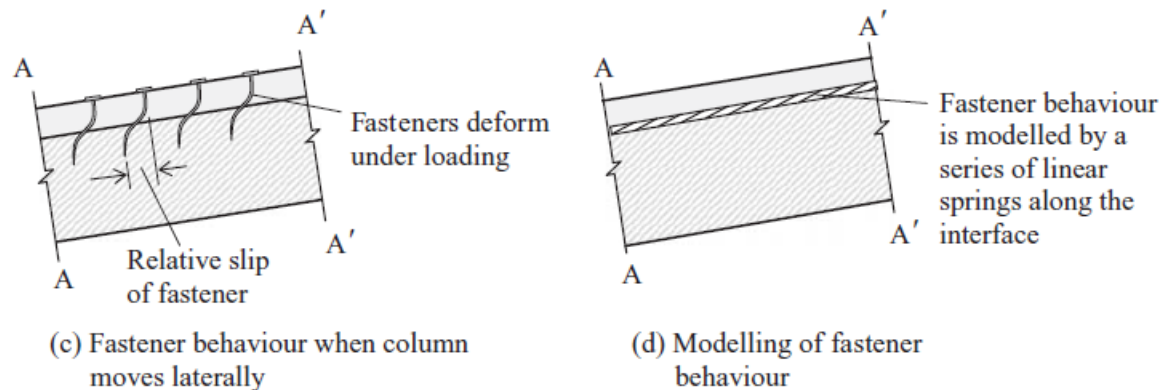
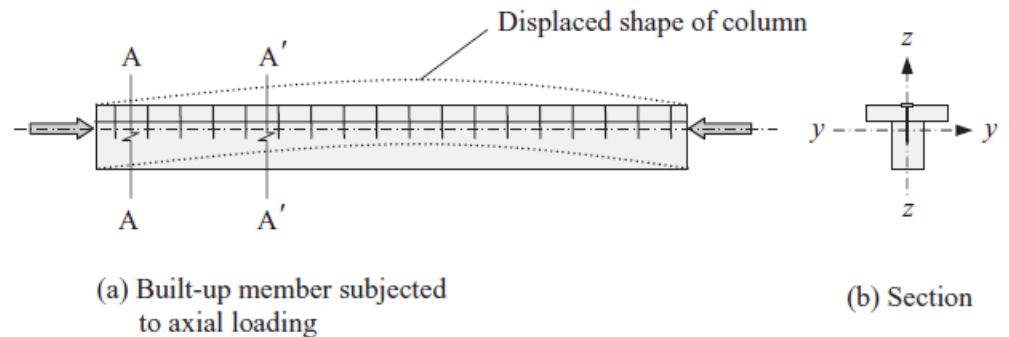




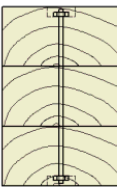
# SAMENGESTELDE BALK: Evaluatie

## Mechanisch samengestelde balk

- EN 1995-1-1: annex B →  $\gamma$ -methode



WOOD.BE

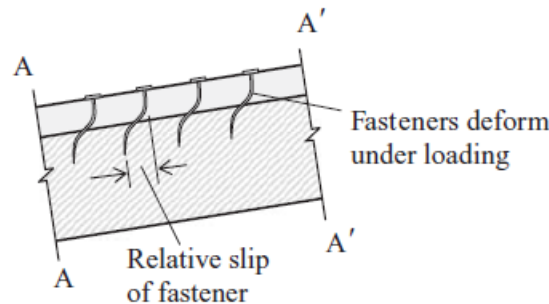


# SAMENGESTELDE BALK: Evaluatie

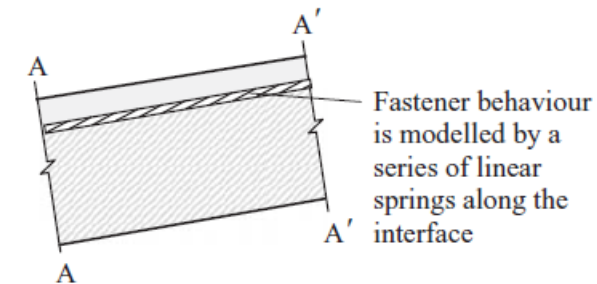
## Mechanisch samengestelde balk

- EN 1995-1-1: annex B →  $\gamma$ -methode
  - Reductiefactor die slip van de verbinding in rekening brengt
- **Stijfheid van de verbinding:**  $K_{ser}$  en tussenafstand

$$\gamma_i = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_i \cdot A_i \cdot s_i}{K_i \cdot l^2}} \quad \text{for } i=1 \text{ and } i=3$$



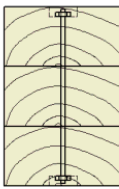
(c) Fastener behaviour when column moves laterally



(d) Modelling of fastener behaviour



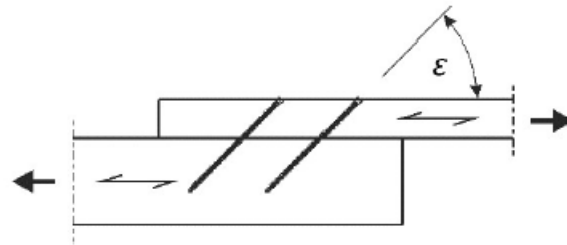
WOOD.BE



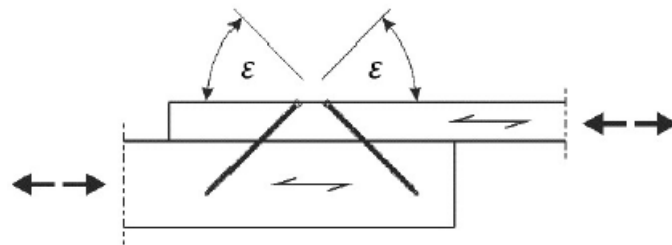
## SAMENGESTELDE BALK: Evaluatie

### Stijfheid van de verbinding:

- prEN 1995-1-1 → Schroeven onder helling



$$K_{SLS} = K_{SLS,v} \sin \varepsilon (\sin \varepsilon - \mu \cos \varepsilon) + \frac{1}{2} K_{SLS,ax} \cos \varepsilon (\cos \varepsilon - \mu \sin \varepsilon)$$



$$K_{SLS} = K_{SLS,v} \sin^2 \varepsilon + \frac{1}{2} K_{SLS,ax} \cos^2 \varepsilon$$





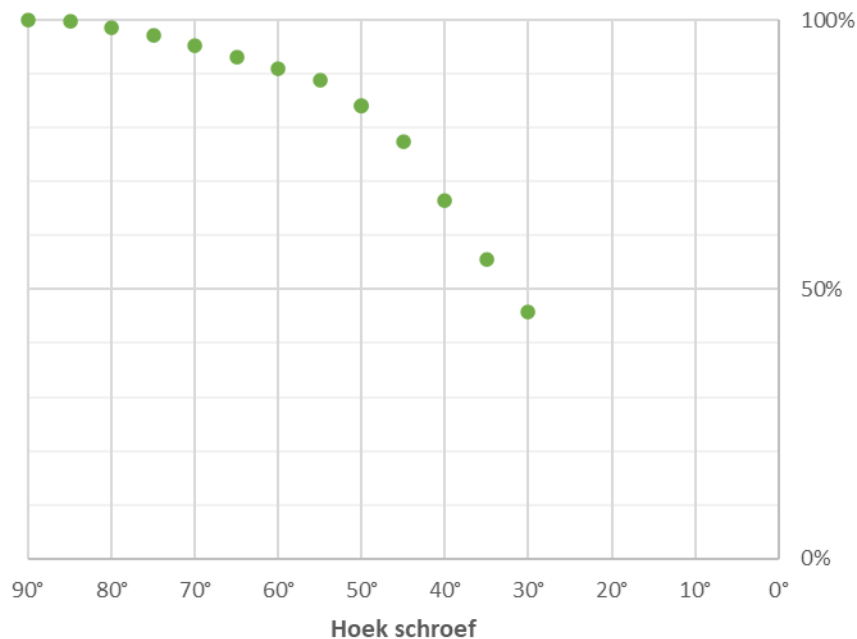


# SAMENGESTELDE BALK: Evaluatie

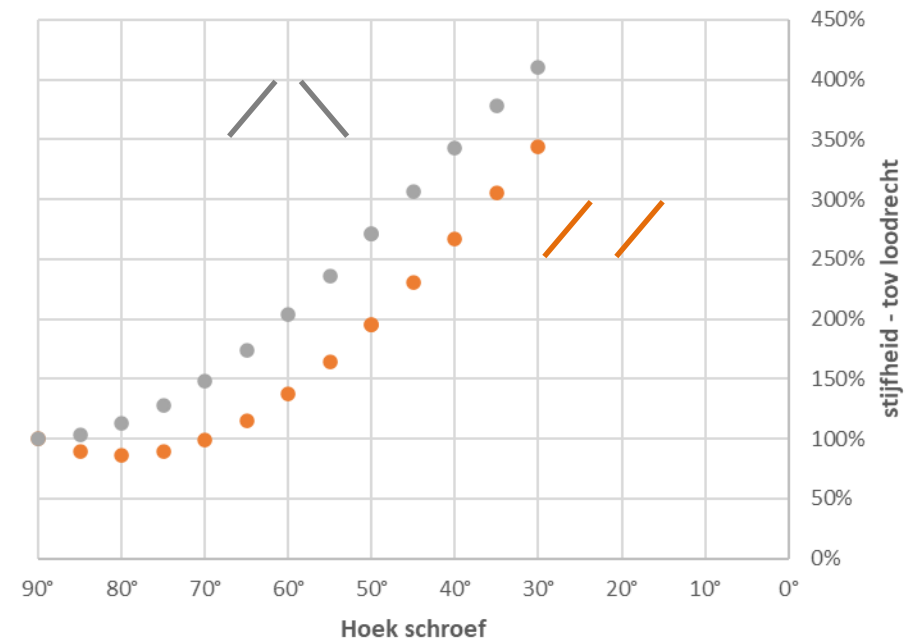
## Stijfheid van de verbinding:

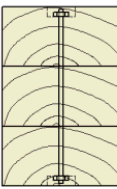
- prEN 1995-1-1 → Schroeven onder helling
  - Stijfheid versus schroefhoek
  - Sterkte versus schroefhoek

Sterkte verbinding



Stijfheid verbinding





# SAMENGESTELDE BALK: Rekenvoorbeeld

## Samengestelde balk: rekenvoorbeeld

- Schroeven Ø10 – 200mm:
  - Stijfheid
    - $K_{\text{ser},90^\circ} = 1640\text{N/mm}^2$
    - $K_{\text{ser},56^\circ,\text{kruis}} = 4024\text{N/mm}$  (**245%**)
  - Sterkte
    - $90^\circ = 4770\text{N}$
    - $56^\circ = 4270\text{N}$  (**90%**)

- Balk:

- Buigstijfheid  $(E \cdot I)_{\text{ef}} = \sum_{i=1}^3 (E_i \cdot I_i + \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i \cdot a_i^2)$

- Buigsterkte  $\sigma_{i,t(c)} = \frac{M}{(E \cdot I)_{\text{ef}}} \cdot \gamma_i \cdot E_i \cdot a_i$   $\sigma_{i,m} = \frac{M}{(E \cdot I)_{\text{ef}}} \cdot E_i \cdot \frac{h_i}{2}$

- verbinding  $F_{1(3)} = \frac{V_{\text{max}} \cdot \gamma_{1(3)} \cdot E_{1(3)} \cdot A_{1(3)} \cdot a_{1(3)} \cdot s_{1(3)}}{(E \cdot I)_{\text{ef}}}$





# SAMENGESTELDE BALK: Rekenvoorbeeld

## Samengestelde balk:

- Dimensies 100/440 versus 2x100/220
  - Overspanning 6,69m
  - Belasting
    - Permanent 2kN/m<sup>2</sup>
    - Nuttig 2kN/m<sup>2</sup>
  - Eisen:
    - Buigsterkte
    - Dwarskracht
    - Doorbuiging: 1/500
    - Capaciteit verbindingsmiddel
- Tussenafstand balken?





## SAMENGESTELDE BALK: Rekenvoorbeeld

### Samengestelde balk:

- Dimensies 100/440 versus 2x100/220
- Overspanning 6,69m
- Belasting permanent 2kN/m<sup>2</sup>, nuttig 2kN/m<sup>2</sup>

	Massieve balk	Twee losse balken	Schroeven <u>90°</u> <u>300mm hoh</u>	Schroeven <u>56°</u> <u>300mm hoh</u>
Buigstijfheid	100%	25%		
Buigsterkte	73,00%	36,50%		
Dwarskracht	41,49%	20,74%		
Doorbuiging	<b><u>1/500</u></b>	<b><u>1/500</u></b>		
Verbinding				
<b><u>Tussenafstand</u></b>	<b><u>1,00m</u></b>	<b><u>0,25m</u></b>		



# SAMENGESTELDE BALK: Rekenvoorbeeld

## Samengestelde balk:

- Dimensies 100/440 versus 2x100/220
- Overspanning 6,69m
- Belasting permanent 2kN/m<sup>2</sup>, nuttig 2kN/m<sup>2</sup>

	Massieve balk	Twee losse balken	Schroeven <u>90°</u> <u>300mm hoh</u>	Schroeven <u>56°</u> <u>300mm hoh</u>
Buigstijfheid	100%	25%	37,75%	
Buigsterkte	73,00%	36,50%	45,44%	
Dwarskracht	41,49%	20,74%	46,11%	
Doorbuiging	<b><u>1/500</u></b>	<b><u>1/500</u></b>	<b><u>1/500</u></b>	
Verbinding			88,73%	
<b><u>Tussenafstand</u></b>	<b><u>1,00m</u></b>	<b><u>0,25m</u></b>	<b><u>0,38m</u></b>	



# SAMENGESTELDE BALK: Rekenvoorbeeld

## Samengestelde balk:

- Dimensies 100/440 versus 2x100/220
- Overspanning 6,69m
- Belasting permanent 2kN/m<sup>2</sup>, nuttig 2kN/m<sup>2</sup>

	Massieve balk	Twee losse balken	Schroeven <u>90°</u> <u>300mm hoh</u>	Schroeven <u>56°</u> <u>300mm hoh</u>
Buigstijfheid	100%	25%	37,75%	50,09%
Buigsterkte	73,00%	36,50%	45,44%	
Dwarskracht	41,49%	20,74%	46,11%	
Doorbuiging	<b><u>1/500</u></b>	<b><u>1/500</u></b>	<b><u>1/500</u></b>	
Verbinding			88,73%	
<b><u>Tussenafstand</u></b>	<b><u>1,00m</u></b>	<b><u>0,25m</u></b>	<b><u>0,38m</u></b>	



# SAMENGESTELDE BALK: Rekenvoorbeeld

## Samengestelde balk:

- Dimensies 100/440 versus 2x100/220
- Overspanning 6,69m
- Belasting permanent 2kN/m<sup>2</sup>, nuttig 2kN/m<sup>2</sup>

	Massieve balk	Twee losse balken	Schroeven <u>90°</u> <u>300mm hoh</u>	Schroeven <u>56°</u> <u>300mm hoh</u>
Buigstijfheid	100%	25%	37,75%	50,09%
Buigsterkte	73,00%	36,50%	45,44%	24,48%
Dwarskracht	41,49%	20,74%	46,11%	22,25%
Doorbuiging	<b><u>1/500</u></b>	<b><u>1/500</u></b>	<b><u>1/500</u></b>	1/1067
Verbinding			88,73%	<b><u>100%</u></b>
<b><u>Tussenafstand</u></b>	<b><u>1,00m</u></b>	<b><u>0,25m</u></b>	<b><u>0,38m</u></b>	<b><u>0,24m</u></b>



# SAMENGESTELDE BALK: Rekenvoorbeeld

## Samengestelde balk:

- Dimensies 100/440 versus 2x100/220
- Overspanning 6,69m
- Belasting permanent 2kN/m<sup>2</sup>, nuttig 2kN/m<sup>2</sup>

	Massieve balk	Twee losse balken	Schroeven <u>90°</u> <u>150mm hoh</u>	Schroeven <u>56°</u> <u>150mm hoh</u>
Buigstijfheid	100%	25%	46,80%	62,60%
Buigsterkte	73,00%	36,50%	50,49%	34,35%
Dwarskracht	41,49%	20,74%	47,25%	27,86%
Doorbuiging	<u>1/500</u>	<u>1/500</u>	<u>1/500</u>	1/847
Verbinding			81,17%	<u>100%</u>
<u>Tussenafstand</u>	<u>1,00m</u>	<u>0,25m</u>	<u>0,47m</u>	<u>0,37m</u>



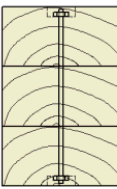


# SAMENGESTELDE BALK: Rekenvoorbeeld

## Samengestelde balk:

- Dimensies 100/440 versus 2x100/220
- Overspanning 6,69m
- Belasting permanent 2kN/m<sup>2</sup>, nuttig 2kN/m<sup>2</sup>

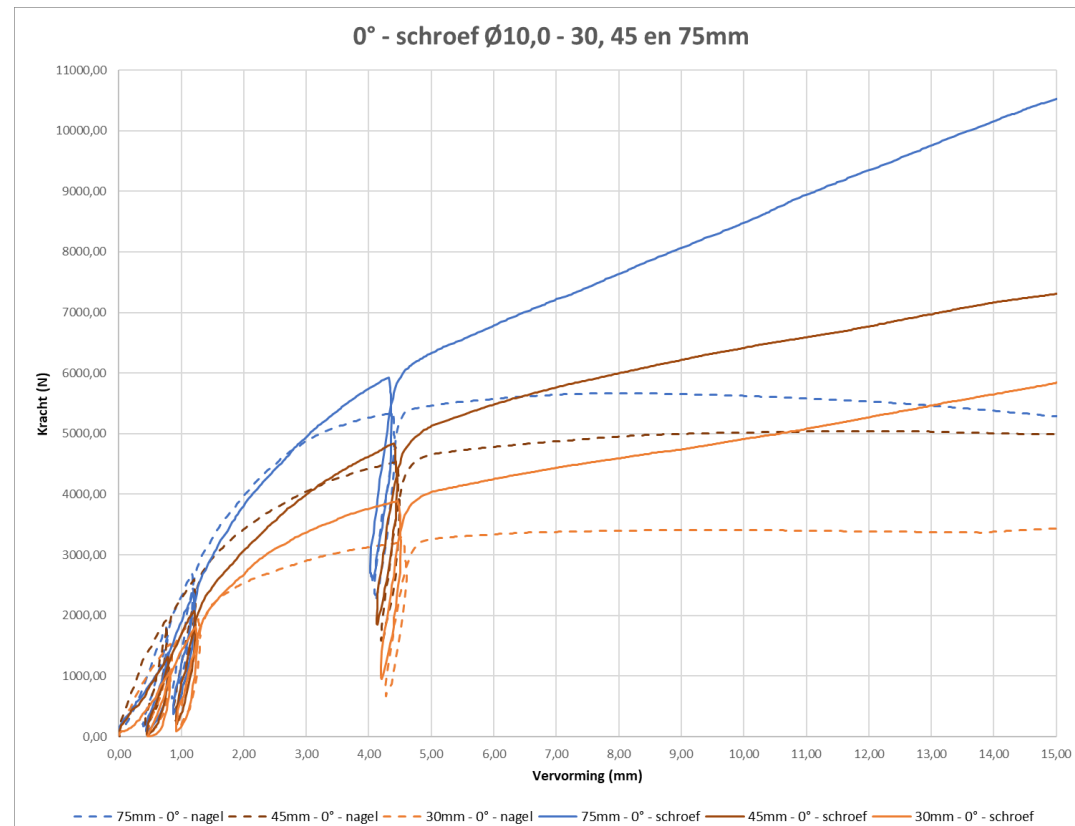
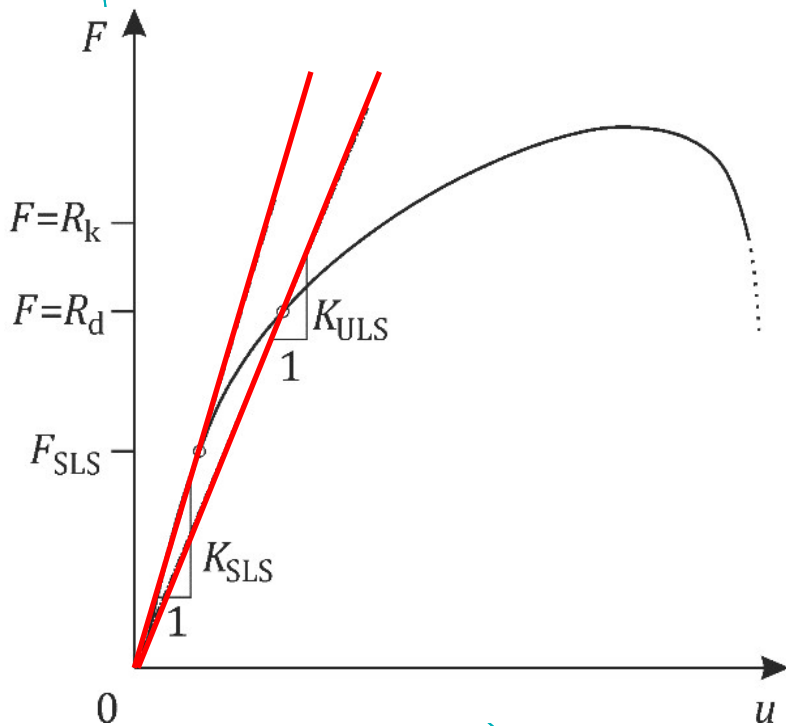
	Massieve balk	Twee losse balken	Schroeven <u>90°</u> <i><u>75mm hoh</u></i>	Schroeven <u>56°</u> <i><u>75mm hoh</u></i>
Buigstijfheid	100%	25%	58,78%	75,09%
Buigsterkte	73,00%	36,50%	56,40%	53,98%
Dwarskracht	41,49%	20,74%	47,37%	39,01%
Doorbuiging	<b><u>1/500</u></b>	<b><u>1/500</u></b>	<b><u>1/500</u></b>	1/588
Verbinding			67,00%	<b><u>100%</u></b>
<b><u>Tussenafstand</u></b>	<b><u>1,00m</u></b>	<b><u>0,25m</u></b>	<b><u>0,59m</u></b>	<b><u>0,64m</u></b>

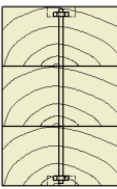


# SAMENGESTELDE BALK: Niet-lineair?

## Verbindingsmiddel: werkelijk gedrag

- $K_{ser}$  &  $K_u$   $\leftrightarrow$  niet-lineaire gedrag
- Eindig elementen software:

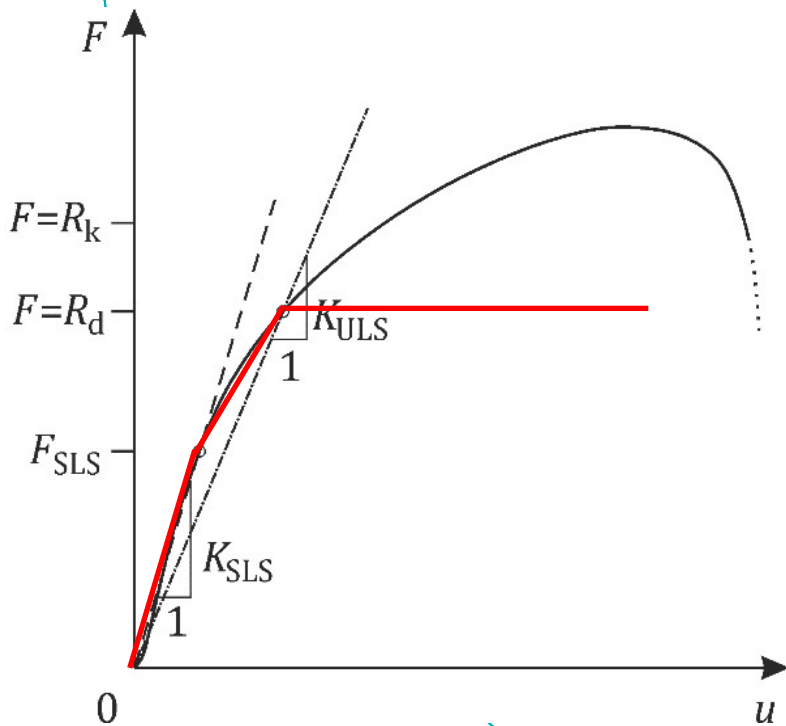




# SAMENGESTELDE BALK: Niet-lineair?

## Verbindingsmiddel: werkelijk gedrag

- $K_{ser}$  &  $K_u$   $\leftrightarrow$  niet-lineaire gedrag
- Eindig elementen software:
  - bi- of tri-lineaire curve (of meer)



Definiëer functie

Naam :  +

< 0 : Verloop  Aantal waarden :

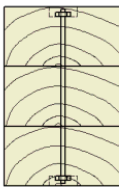
u [m]	F [kN]
-0,005000	-2,7
-0,001000	-2,7
-0,000500	-2,0

> 0 : Verloop  Aantal waarden :

u [m]	F [kN]
0,000500	2,0
0,001000	2,7
0,005000	2,7

?

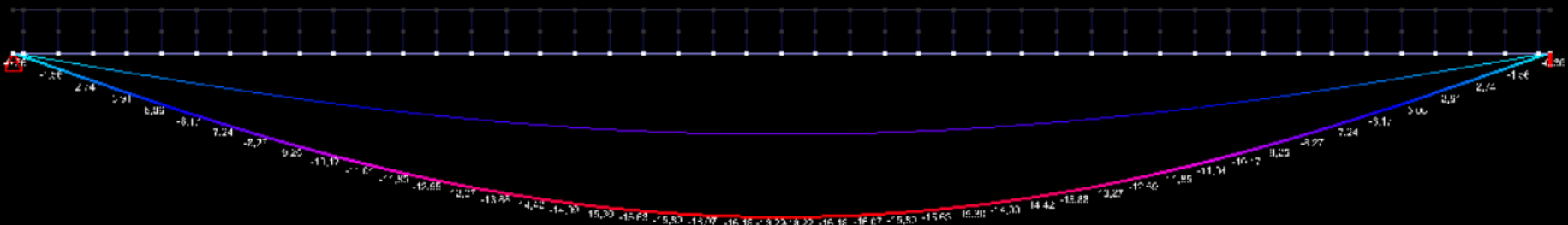
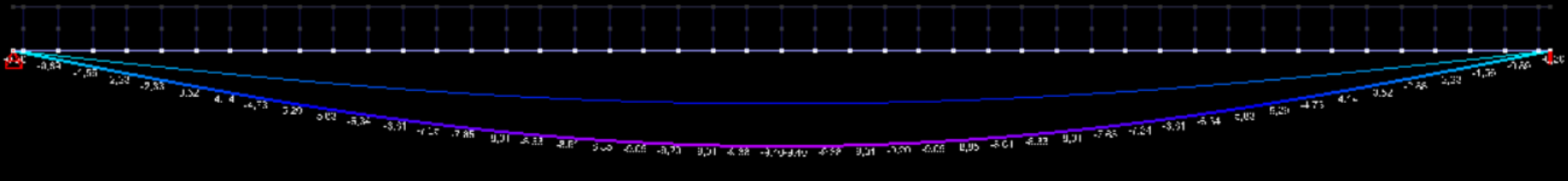
Annuleer OK

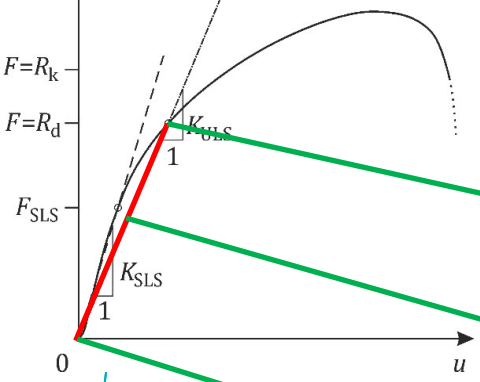
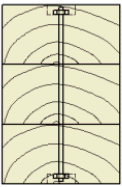


# SAMENGESTELDE BALK: Niet-lineair?

## Verbindingsmiddel: werkelijk gedrag

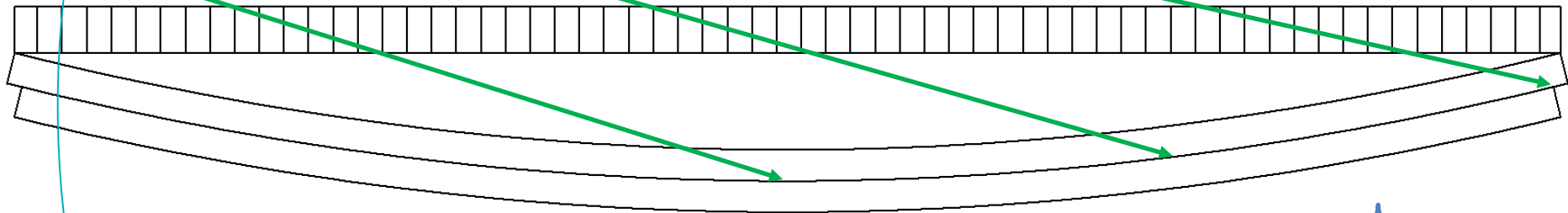
- $K_{ser}$  &  $K_u$   $\leftrightarrow$  niet-lineaire gedrag
  - Eindig elementen software: **150mm hoh**
  - ➔ Lineair model: belastbaar tot 37% massieve sectie doorbuiging 1/847
  - ➔ Niet-lineair: belastbaar tot 62% massieve sectie doorbuiging 1/500



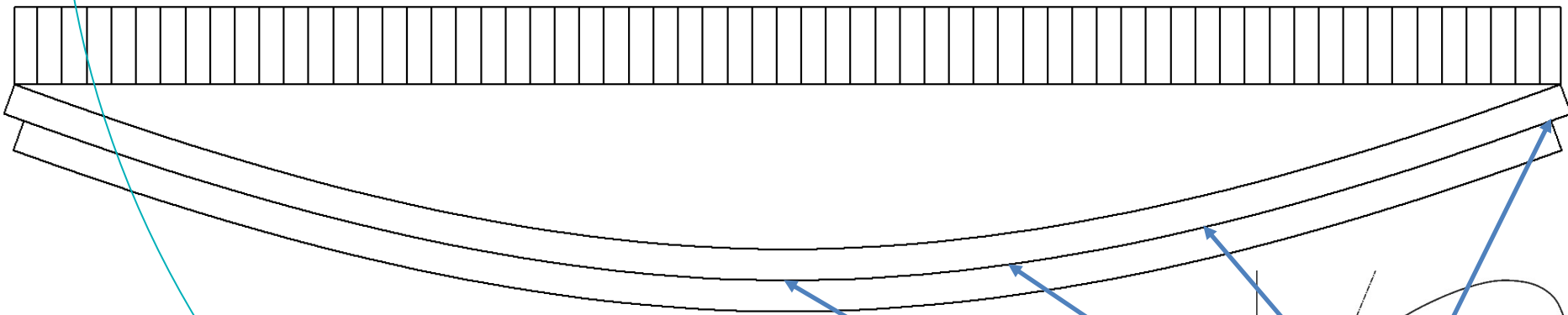


# SAMENGESTELDE BALK: Niet-linear?

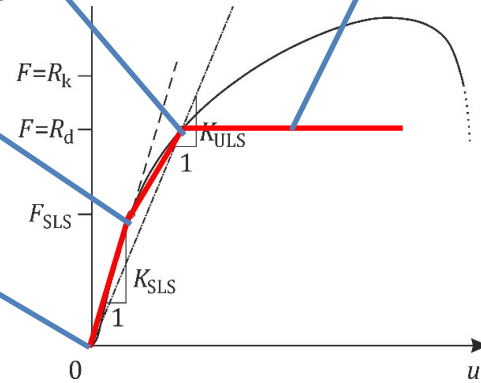
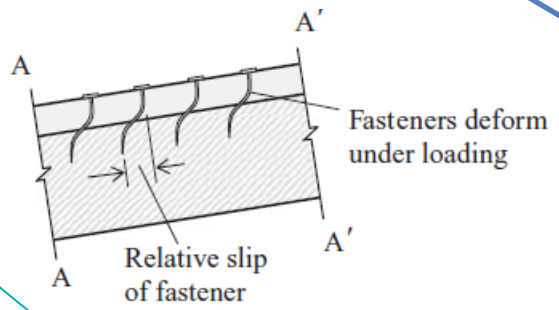
Lineair: 37%



Niet-linear: 62%



WOOD.BE





RecurWood

**Bedankt voor uw aandacht!**  
**[robbe@wood.be](mailto:robbe@wood.be) – [recurwood.be](http://recurwood.be)**

