

# Aangepaste staalprofielen bij gebruik van HSS

*14 september 2017*

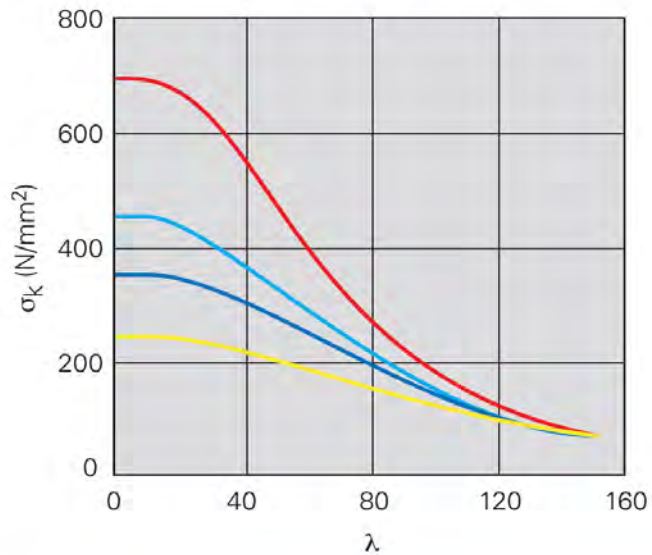
**László Vákár**  
**Raadgevend Ingenieur**  
**Movares**



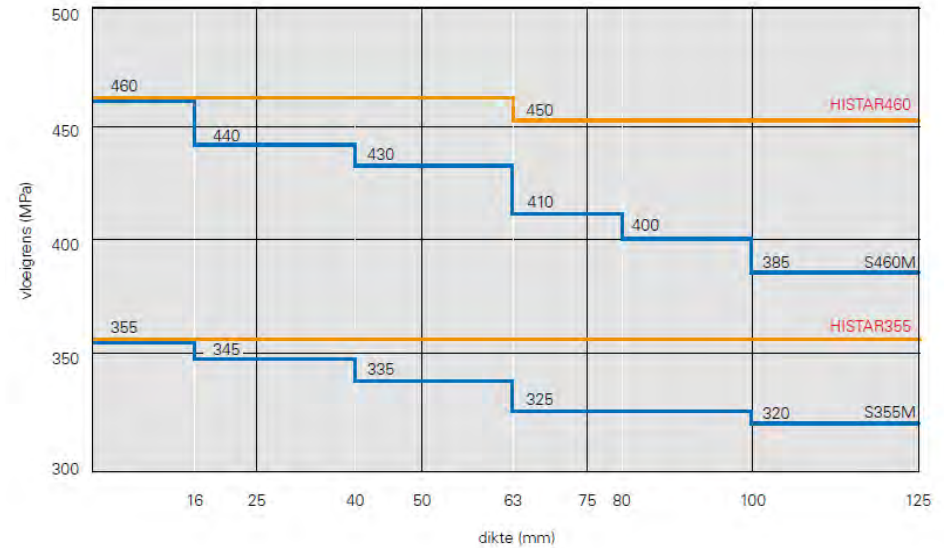
## Kennismaking

<b>Naam:</b>	<b>László Vákár (Budapest, 1953)</b>	
<b>Functie:</b>	<b>Raadgevend Ingenieur</b>	
<b>Opleiding:</b>	<b>TU Delft Civiele Techniek, 1982</b>	
<b>Ervaring:</b>	<b>* Ingenieurbureau</b>	<b>tot 1983</b>
	<b>* NS</b>	<b>1983 tot 1990</b>
	<b>* Eigen bureau(tje)</b>	<b>tot 1990</b>
	<b>* Ingenieurbureau NS</b>	<b>1990 tot 1995</b>
	<b>* Holland Railconsult</b>	<b>1995 tot 2006</b>
	<b>* Movares Nederland</b>	<b>sinds 2006</b>

- **Hogesterktestaal: > S355 tot S690**
- **Ultra hogesterktestaal: >S690 tot S1200**
- **E = 210 GPa**
- **Balkprofielen verkrijgbaar tot S460**
- **Lasbaarheid**
  - **tot S460: vrij gemakkelijk;**
  - **hoger dan S460: voor- en nabehandeling nodig, bij verkeerd lassen kan lokaal de sterkte afnemen.**



Knikkrommen



Vloei grens Histar460 i.r.t. de materiaaldikte

# Introductie

## Hogesterktestaal



**Kranenbouw**



**Offshore**



**Mijnbouw**

- begint in bovenstaande vakgebieden tamelijk gewoon te worden
- toepassing tot wel S1100
- vooral voor vakwerkconstructies, dus staven waar weinig moment in optreedt



- wordt in de “gewone” bouw nog maar mondjesmaat toegepast
- vindt langzamerhand zijn intrede, weer voor trek-/drukelementen:  
b.v. kolommen en vakwerken in Histar S460



Kolommen onderbouw woontoren New Orleans



Spanten van het European Patent Office

## Algemene opvatting over hogesterktestaal

- Indien de vervorming maatgevend is, biedt hogesterktestaal geen voordeel ten opzichte van “gewoon” staal, want de E-modulus blijft 210 GPa
  - Toepassing dus vooral voor trekelementen en niet te slanke drukelementen en dus ook vakwerken
- **Veel aandacht voor zware profielen**

# Movares onderzoekt de mogelijkheden om vooroordeel te overwinnen, o.a. met afstudeeronderzoeken

- Erwin Schut (Hogeschool Utrecht) in 2014: “Hogesterktestaal, een slankmaker?” (StudentenSTAALprijs 2014)

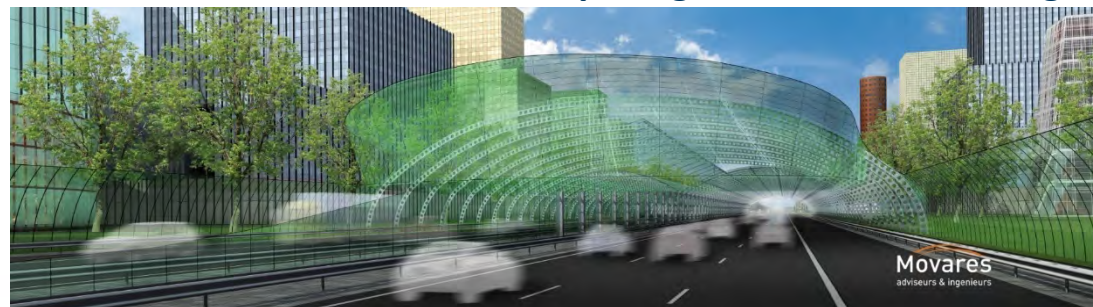


Groningen Europapark in S235



Groningen Europapark in S460

- Sohrab Atmar (Hogeschool Rotterdam) in 2015: “Hogesterktestaal voor buigend moment” (Publicatie BmS 250: “Substantiële materiaalbesparing, zelfs als vervorming dominant is”)



De Duurzame Weg in S235

De Duurzame Weg in S460



# Movares onderzoekt de mogelijkheden om vooroordeel te overwinnen, o.a. met afstudeeronderzoeken

Erwin Schut (Hogeschool Utrecht) in 2014: “Hogesterktestaal, een slankmaker?”



Groningen Europapark in S235

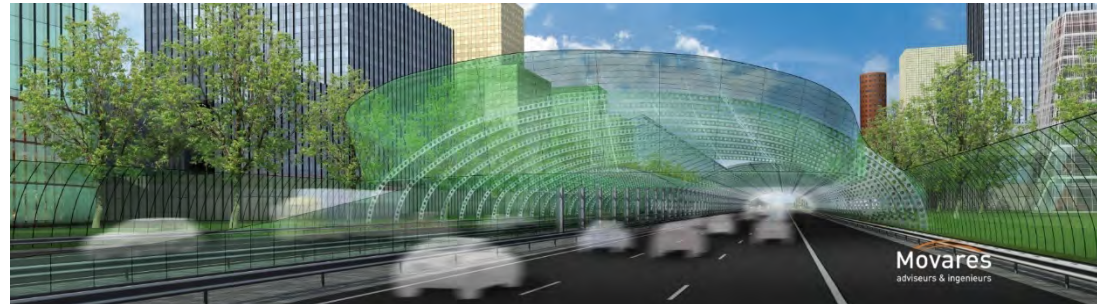


Groningen Europapark in S460

- **Forse materiaalbesparing, echter geen echte conclusie mogelijk, want er zijn naast de constructiehoogte te veel parameters veranderd:**
  - dakafwerking
  - constructietype van vollwandkokerliggers naar driehoeksplaatligger met raatligger als onderflens

# Movares onderzoekt de mogelijkheden om vooroordeel te overwinnen, o.a. met afstudeeronderzoeken

**Sohrab Atmar (Hogeschool Rotterdam) in 2015: “Hogesterktestaal voor buigend moment”**



De Duurzame Weg in S235

De Duurzame Weg in S460

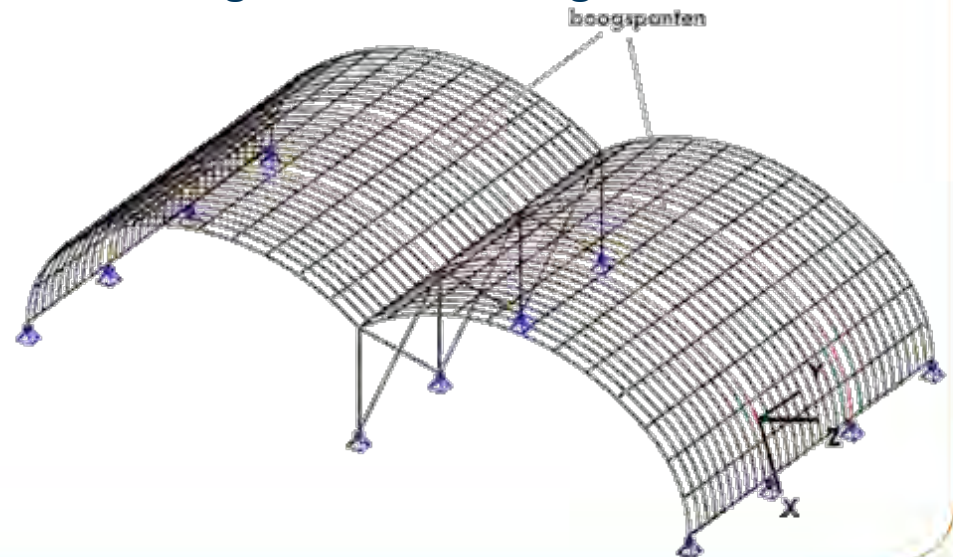
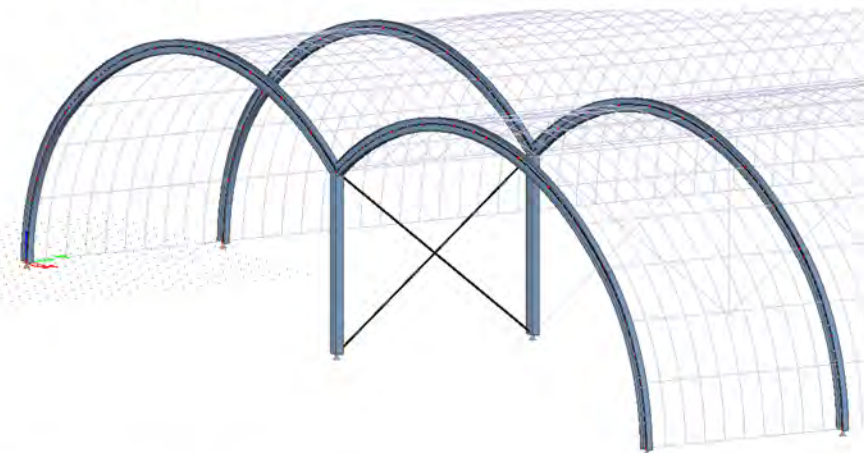
- **Constructie geoptimaliseerd met alle parameters constant, behalve:**
  - constructiehoogte,
  - constructiebreedte,
  - materiaaldikte

(anders valt er niet te optimaliseren)

# Onderzoek naar materiaalbesparing bij constructie waarbij vervorming maatgevend is

Sohrab Atmar (Hogeschool Rotterdam) in 2015: “Hogesterktestaal voor buigend moment”

- Gekozen voor de boogspanten van De Duurzame Weg, omdat bij een eerdere afstudeeroptimalisatie door Annemarie van Welie (TUE) in S235 de vervorming maatgevend bleek:  $u_{\text{optredend}} = 119,2 \text{ mm} < u_{\text{toelaatbaar}} = 120 \text{ mm}$
- Boogspanten zijn raatliggers, dus constructiehoogte etc. eenvoudig te variëren





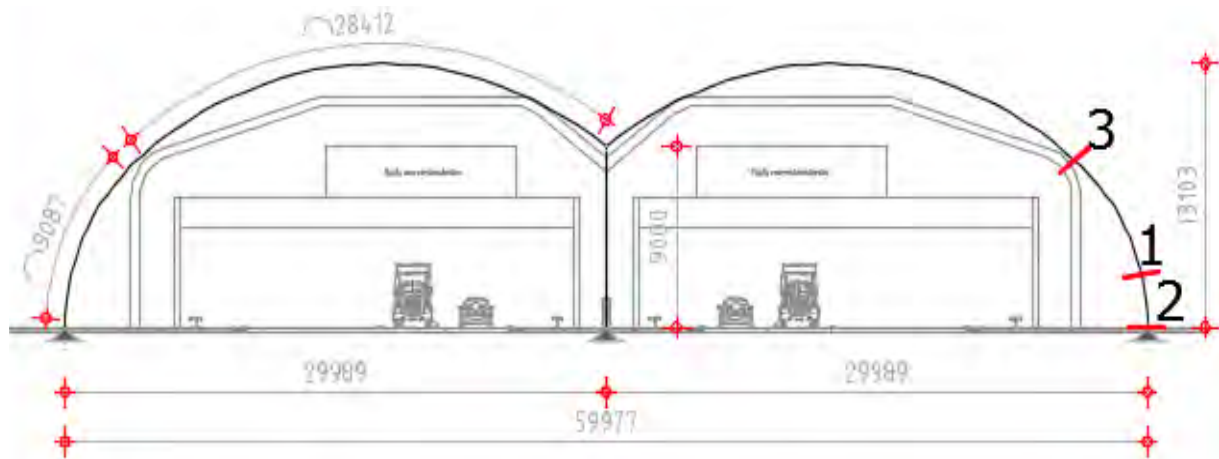
# Onderzoek naar materiaalbesparing bij constructie waarbij vervorming maatgevend is

## De op raatliggers gebaseerde boogspanten van De Duurzame Weg

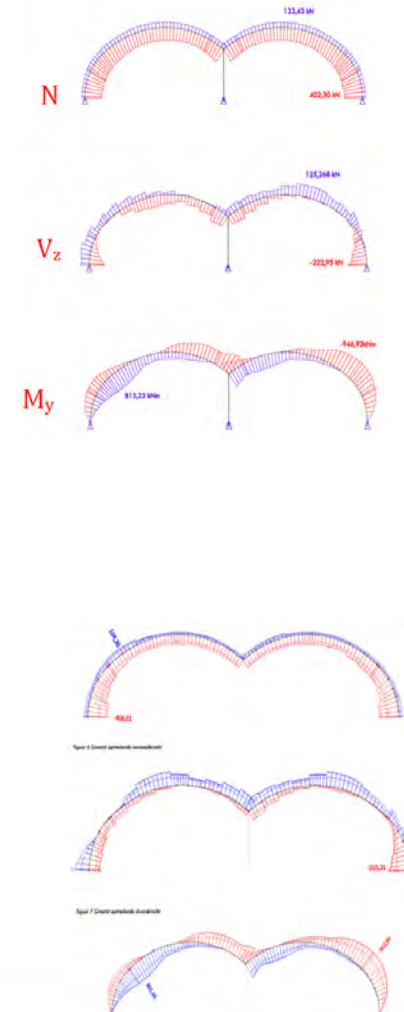


# Onderzoek naar materiaalbesparing bij constructie waarbij vervorming maatgevend is

S235	Doorsnede	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
	1	UGT6/4	<u>-402,30</u>	-42,47	-359,96
	2	UGT4/1	-122,71	<u>-222,95</u>	0,00
	3	UGT4/12	-180,29	-1,77	<u>-946,93</u>



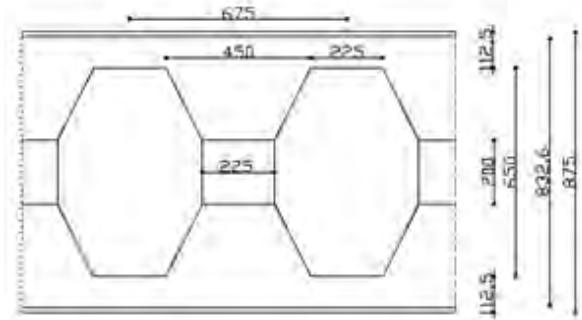
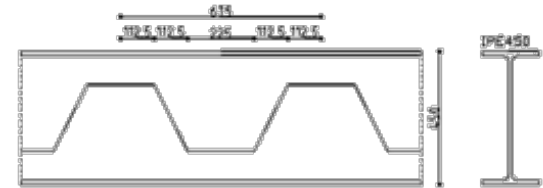
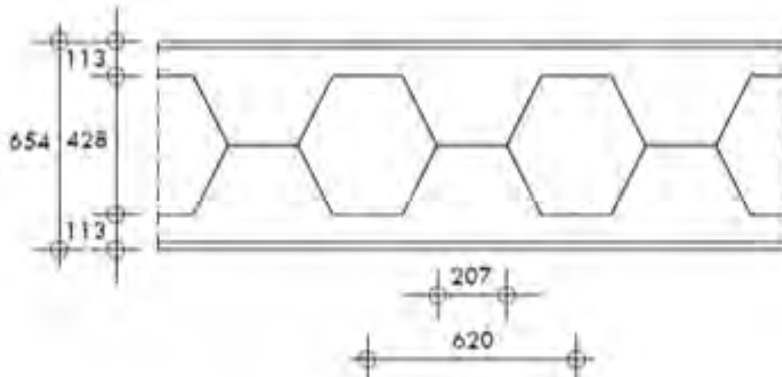
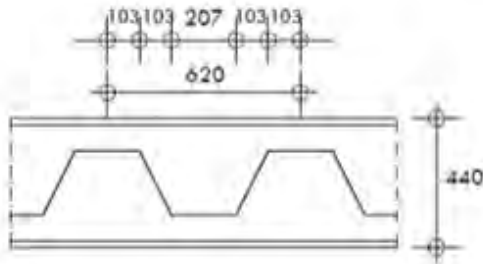
S460	Doorsnede	BG	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
	1	UGT6/2	<u>-405,09</u>	-122,61	-7,98
	2	UGT4/1	-106,76	<u>-210,21</u>	0,00
	3	UGT4/1	-237,26	-0,46	<u>-912,83</u>





# Onderzoek naar materiaalbesparing bij constructie

## Dimensionering raatligger spant in S235 resp. S460



### Constructieve optimalisatie S235 (HE450A)

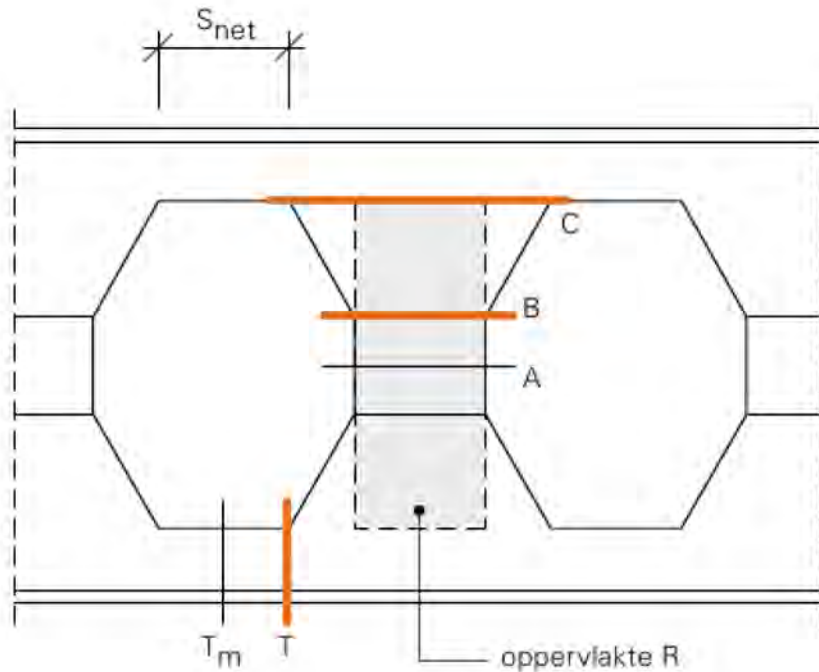
$I_y = 153.809 * 10^4 \text{ mm}^4$   
 $H = 654 \text{ mm}$   
 $G = 140 \text{ kg/m}$

### Gegevens raatligger S460 (IPE450)

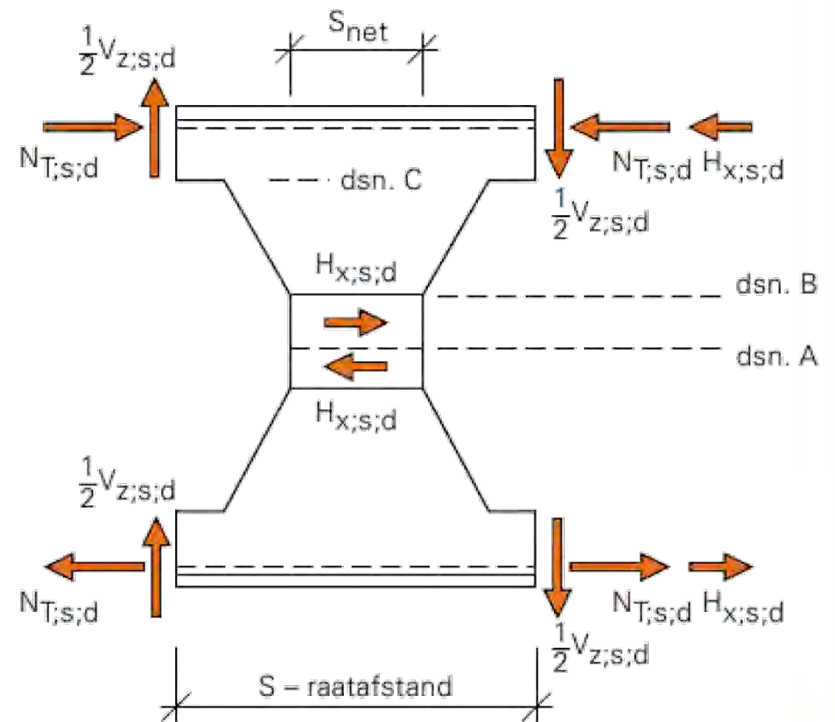
$I_y = 156.706 * 10^4 \text{ mm}^4$   
 $H = 875 \text{ mm}$   
 $G = 84 \text{ kg/m}$

# Dimensionering raatligger

## Extra doorsnedecontroles



Raatligger met de extra doorsnedecontroles



Krachten in het V-stuk (TGB-notaties)

# Unity checks stabiliteit S460

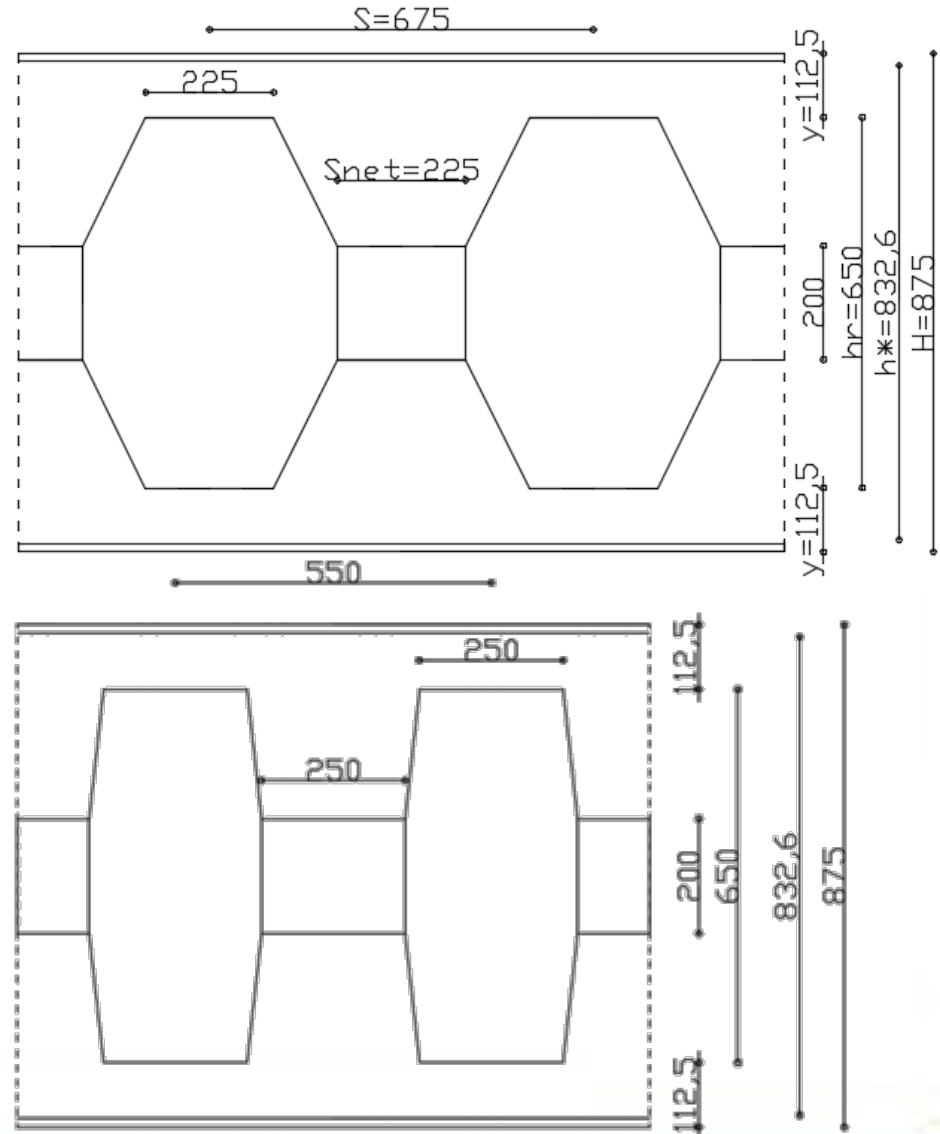
**Kipstabiliteit** **voldoet**

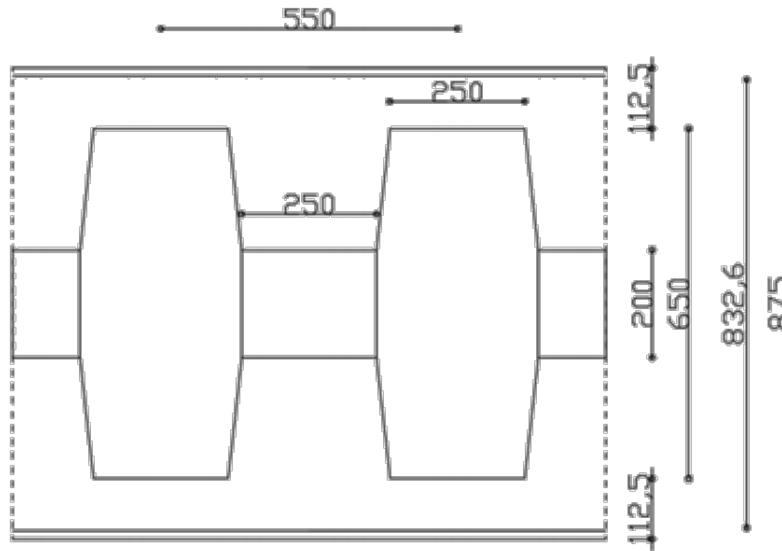
$$\frac{N_{c;t;s;d}}{w_{z;buc}N_{c;t;u;d}} = \frac{1215 \cdot 10^3}{0,70 \cdot 1786,6 \cdot 10^3} = 0,97$$

**Plooiën van het lijf** **voldoet niet!**

$$\frac{H_{x;s;d}}{H_{ploo;i;d}} = \frac{181,3 \cdot 10^3}{134,6 \cdot 10^3} = 1,26$$

**Voldoet ook qua extra  
doorsnedecontroles / stabiliteit**





## Unity checks S460

$\sigma_{s;d}$	457 MPa	$\leq 460$ MPa	voldoet
afschuiving V-stuk	$\frac{H_{x;s;d}}{H_{x;u;d}} = \frac{147,8}{624,1}$	$= 0,23 < 1,0$	voldoet
kipstabiliteit	$\frac{N_{cr;s;d}}{w_{x;bu;c} N_{cr;t;u;d}} = \frac{1215 \times 10^3}{0,70 \times 1786,6 \times 10^3}$	$= 0,97 < 1,0$	voldoet
Plooiën van het lijf	$\frac{H_{x;s;d}}{H_{ploo;i;d}} = \frac{147,8}{149,8}$	$= 0,98 < 1,0$	voldoet

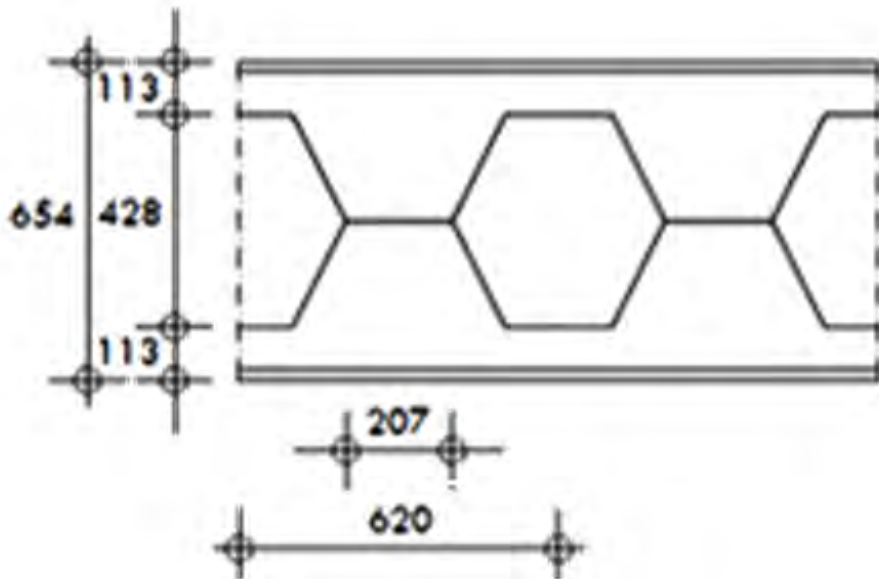
## Staalgebruik voor de boogspanten

Constructieve optimalisatie S235:	HE450A zonder schot	= 140 kg/m
Constructieve optimalisatie S460:	IPE450 met schot 200 mm	77,6 + 6,4 = 84 kg/m

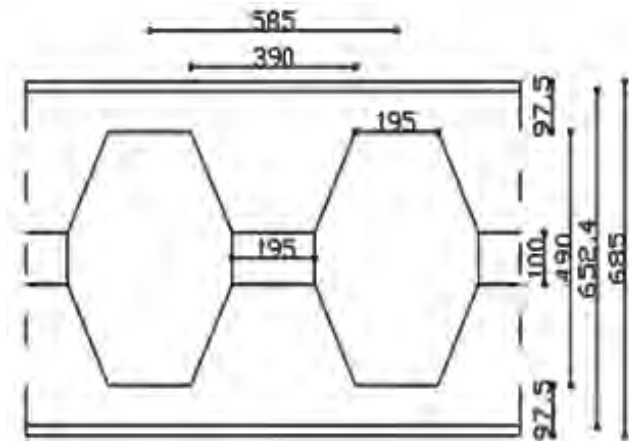
**Dit roept een vraag op:**

**Is er geen profiel mogelijk met extra tussenschot in S235 ?**

**Profiel uit IPE-serie niet mogelijk voor de S235, lichter HEA-profiel wel**



**HE450A**

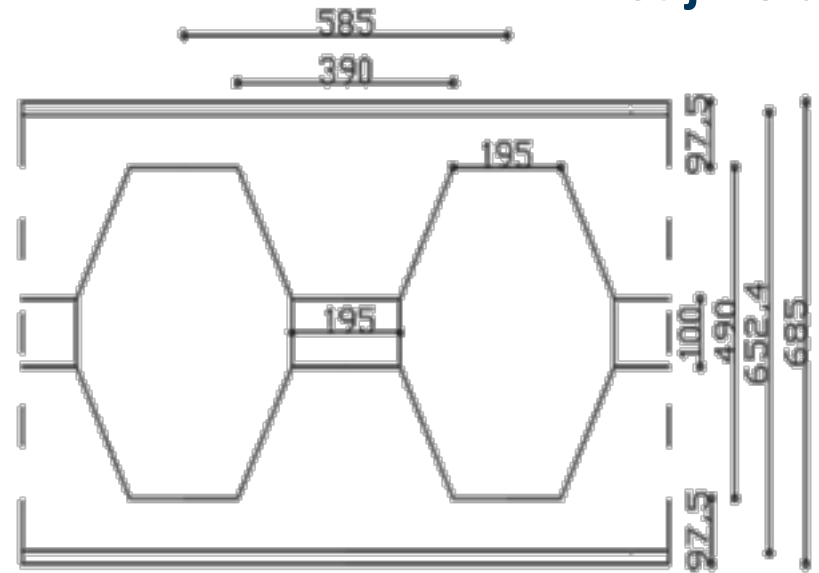


**HE400A**

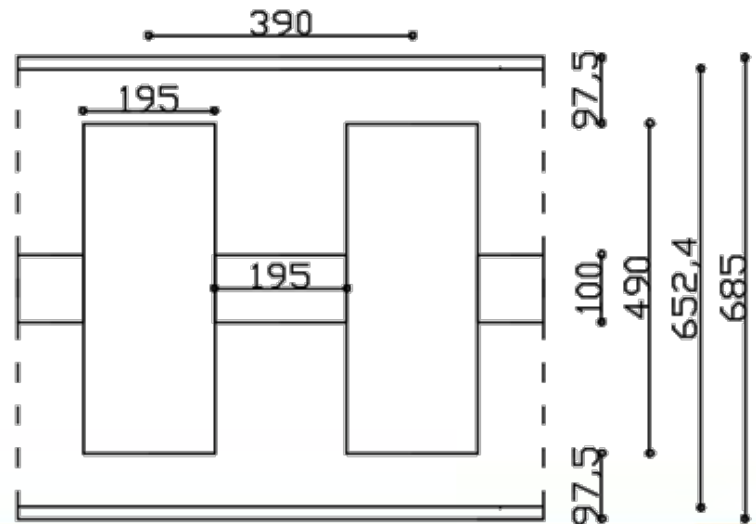


# HE400A met 100 mm schot in S235 voldoet qua sterkte en stijfheid

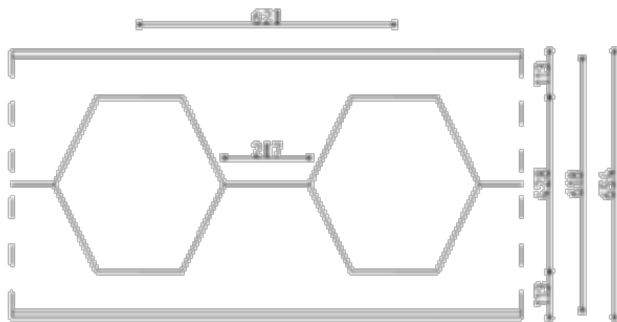
Raatafstand = 585 mm voldoet **niet** qua doorsnedecontroles / stabiliteit



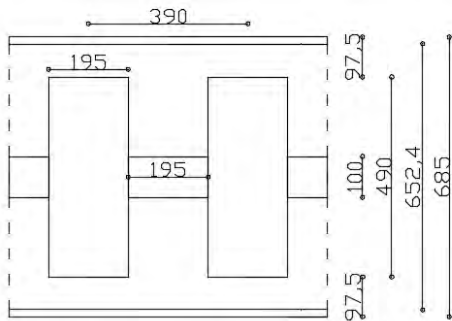
Raatafstand = 390 mm voldoet **wel** qua doorsnedecontroles / stabiliteit



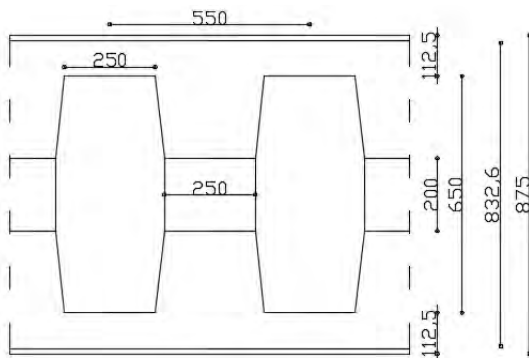
# Geoptimaliseerde profielen



**S235**  
**HE450A zonder schot**  
**140 kg/m**



**S235**  
**HE400A met schot 100 mm**  
**129 kg/m**



**S460**  
**IPE450 met schot 200 mm**  
**84 kg/m**

- Een materiaalbesparing van ca. 35% à 40% door toepassing van S460 is mogelijk als vervorming maatgevend is, mits het profiel voldoende verhoogd kan worden

# Is Hogesterktestaal interessant?

## Groot duurzaamheidsvoordeel

- tientallen procenten minder staal, tegen nauwelijks toegenomen kilogramkosten
- minder lasinhoud
- minder gewicht bij verzinken, dus minder zinkverbruik
- minder gewicht bij transport
- minder gewicht bij montage

### echter:

- constructiehoogte neemt toe
- verfoppervlak neemt iets toe

# Is Hogesterktestaal interessant?

Zorgvuldige afweging nodig

- **Bredere blik nodig dan louter constructieve!**

**Bij gebouwen, bijvoorbeeld:**

- **Grotere constructiehoogte kan leiden tot groter geveloppervlak**
- **Grotere constructiehoogte kan leiden tot grotere te verwarmen inhoud**



## Wat is er nodig voor (meer) toepassing van Hogesterktestaal?

### Nieuwe profielreeks

- De huidige profielenreeksen zijn voor buiging toegespitst op S235 en S355
- Een hogere sterkte leidt tot een lichter profiel. Om het traagheidsmoment te behouden moet het dus evenredig hoger worden.

Een op buiging belast profiel van S460 moet dus hoger en slanker zijn dan de nu beschikbare profielen om de hogere vloeigrens te benutten

- Zolang die walsprofielen er niet zijn, is men aangewezen op het zelf samenstellen van het profiel. Dit bevordert toepassing niet...

- Een materiaalbesparing van ca. 35% à 40% door toepassing van S460 is mogelijk als vervorming maatgevend is, mits het profiel voldoende verhoogd kan worden.
- Voor op buiging belast hogesterktestaal zou er dan wel een nieuwe profielenreeks ontwikkeld moeten worden om de hogere vloeigrens goed te benutten.

# Een goed ingenieur

- Neemt afstand, is lui
- Bezielt zijn opgave integraal
- Stapt over de grenzen van zijn specialisme heen

: de taal van andere disciplines