

## Duurzaam Bouwen met Staal, 28 - 11 - 2012



# Energieverbruik van hallen

*ir. Jan-Pieter den Hollander*

## Inhoud

1. Inleiding
2. Gebruiksenergie hal
3. Materiaalenergie hal
4. Aanvulling NEN7120: industriefunctie
5. Resumé

# 1. Inleiding

Energieverbruik hal  
=  
Gebruiksenergie hal  
+  
Materiaalenergie hal

Industrie met **staal** met VEELZIJDIG • FLEXIBEL • DUURZAAM

# 1. Wat is materiaalenergie ?

The diagram illustrates the lifecycle of steel with a central red circular arrow. Six stages are shown with corresponding images: Productie (steel mill), Recycling (molten steel), Sloop (demolition site), Gebruik (people in graduation gowns), Constructie (steel structure under construction), and Transport (steel truck).

Productie

Recycling

Sloop

Gebruik

Constructie

Transport

Industrie met **staal** met VEELZIJDIG • FLEXIBEL • DUURZAAM

# 1. Wat is gebruiksenergie ?

Gebruiksenergie =

Gebouwenenergie (= *verwarming + verlichting*)

+

Procesenergie



# 1. Procesenergie hal variabel



# 1. Voorbeelden procesenergie hal

Table 20.20 Energy consumption for various types of industry

Industry	Shifts	Process energy / (kW·h·m <sup>-2</sup> ) per year
Laboratories	1.5	346
Chemical plant	3	3589
General manufacturing	2.3	495
Paper	3	2636
Electronics	2.5	341
Textiles	2.5	479
Plastics	2.3	532
Rubber	2.6	967
Light manufacturing	1.7	82
Engineering	1.7	85
Cooked food	1.8	795
Furnace/foundry	2.1	1012
Chemical factory	2.4	346
Distribution	1	0
Cold food	2.5	1247

Grote variatie

# 1. Promotieonderzoek TU/e



the innovation and valorization formula

## On Computational Support for Objective Energy Design and Assessment of Energy-Producing Industrial Halls

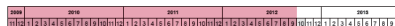
**Bruno Lee**  
PhD researcher

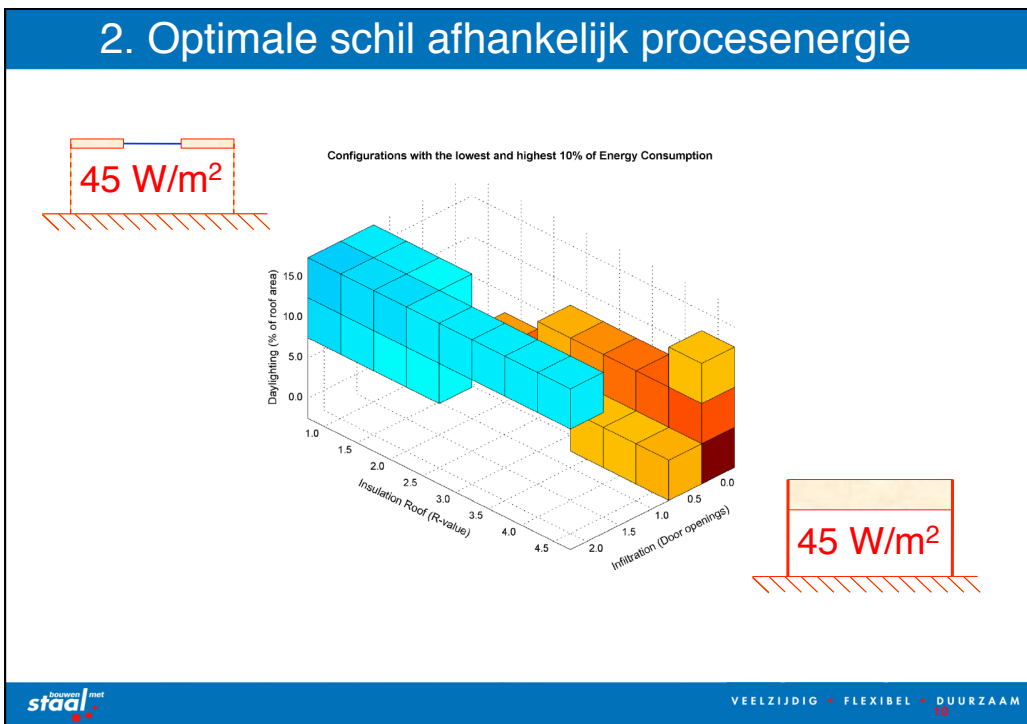
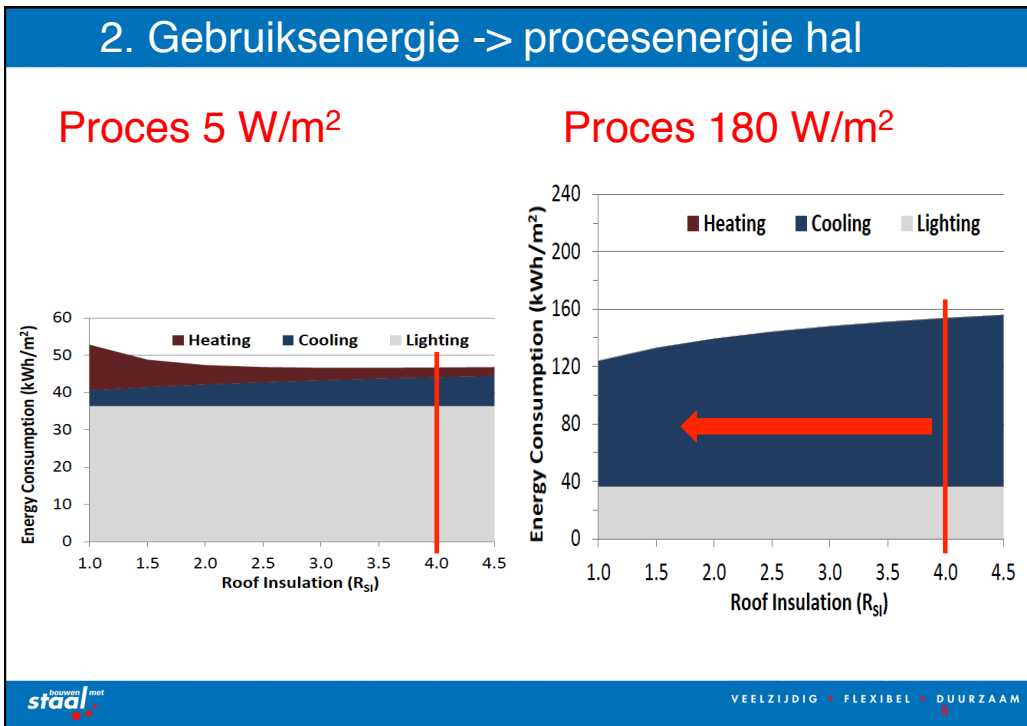


Supervised by :

prof.dr.ir Jan Hensen, prof.ir. Bert Snijder, dr.dip-ing. Marija Trcka

Conference Call, Tata Steel :  
Oct 15, 2012





## 2. www.dutchhall.nl : Overzicht

## 2. Tools gebruiksenergie

**Opzet en doel website**

Doel van de website is het geven van praktische informatie en ontwerptools om tot een energiezuinige hal te komen. De carbon footprint van de hal bestaat uit twee gedeelten:

- carbon footprint van het energieverbruik van de hal
- carbon footprint van de materialen van het gebouw

Bouwkundig geschematiseerd bestaat de hal uit 2 onderdelen:

- 1) Controle ontwerp
- 2) Advies ontwerp

## 2. Parameters “Controle ontwerptool”

**Tool energieverbruik hal**

Geef de invoerparameters van de hal.

O-W N-Z

lengte breedte hoogte

daglichttoetreding

R-waarde (dikte isolatie)

afb. Geometrie hal

Gebruik hal van 08.00 - 18.00

Proces energie [W/m<sup>2</sup>] S (distributie)

Kies afmeting van de hal [m] x [m] 20x60(m)

Orientatie hal (korte zijde) Noord-Zuid

Hoogte hal [m] 5(m)

Infiltratievoud 0.1 (doosvormig >10000m<sup>3</sup> ZONDER dakramen en/of brandkleppen)

R-waarde gebouwschil 2

Daglichttoetreding dik [%] 0(m)

Bepaal energieverbruik

**bouw met staal** VEELZIJDIG • FLEXIBEL • DUURZAAM

## 2. Resultaten genereren uit database

~ 9200 configuraties

op basis promotieonderzoek

**bouw met staal** VEELZIJDIG • FLEXIBEL • DUURZAAM

## 2. Resultaat "Controle ontwerptool"

**CO<sub>2</sub> footprint energie**

*Invoer*

- Gebruik= 08.00-18.00
- Procesenergie= 5 [Wh/m<sup>2</sup>]
- Infiltratievoud= 0.1
- R<sub>e</sub>-waarde= 2.0 (m<sup>2</sup>K/W)
- Daglichtopening= 0 [%]
- Hoogte hal= 5 [m]
- Oriëntatie Oost-West (W= 60 [m], D= 20 [m])

**Invoer**

W

D

*afb. plattegrond van een rechthoekige hal (oriëntatie Oost-West)*

**Resultaat**

*Gehele hal*

- Ventilatie = 5.4 kWh/m<sup>2</sup>jr
- Verwarming = 4 kWh/m<sup>2</sup>jr
- Verlichting = 42 kWh/m<sup>2</sup>jr
- Totaal = 51.4 kWh/m<sup>2</sup>jr

staal met

VEELZIJDIG • FLEXIBEL • DUURZAAM

## 2. Principe "Advies ontwerptool"

**(bouwkundig) advies**

**Vaste parameters**

**Tool minimaal energieverbruik**

De tool geeft het volgende advies:

- Isolatie
- lucht dichtheid
- percentage daglicht

D-W

N-Z

lengte

breedte

hoogte

daglichttoetreding

R<sub>e</sub> waarde (dikte isolatie)

*afb. Geometrie hal*

Gebruik hal

Proces energie [Wh/m<sup>2</sup>]

Kies afmeting van de hal (m) x (m)

Oriëntatie hal (korte zijde)

Hoogte hal [m]

Bepaal minimum energieverbruik

van 08.00 - 18.00

5 (distributie)

20x60(m)

Noord-Zuid

5(m)

staal met

VEELZIJDIG • FLEXIBEL • DUURZAAM



## 2. "Advies ontwerptool" selecteert optimum

№	Procesenergie	Infiltratie	Verwarming	Verlichting	Totaal
1	20	0.1	3	42	54
2	20	0.1	3	42	54
3	20	0.1	3	42	54
4	20	0.1	3	42	54
5	20	0.1	3	42	54
6	20	0.1	3	42	54
7	20	0.1	3	42	54
8	20	0.1	3	42	54
9	20	0.1	3	42	54
10	20	0.1	3	42	54
11	20	0.1	3	42	54
12	20	0.1	3	42	54
13	20	0.1	3	42	54
14	20	0.1	3	42	54
15	20	0.1	3	42	54
16	20	0.1	3	42	54
17	20	0.1	3	42	54
18	20	0.1	3	42	54
19	20	0.1	3	42	54
20	20	0.1	3	42	54
21	20	0.1	3	42	54
22	20	0.1	3	42	54
23	20	0.1	3	42	54
24	20	0.1	3	42	54
25	20	0.1	3	42	54
26	20	0.1	3	42	54
27	20	0.1	3	42	54
28	20	0.1	3	42	54
29	20	0.1	3	42	54
30	20	0.1	3	42	54
31	20	0.1	3	42	54
32	20	0.1	3	42	54
33	20	0.1	3	42	54
34	20	0.1	3	42	54
35	20	0.1	3	42	54
36	20	0.1	3	42	54
37	20	0.1	3	42	54
38	20	0.1	3	42	54
39	20	0.1	3	42	54
40	20	0.1	3	42	54
41	20	0.1	3	42	54
42	20	0.1	3	42	54
43	20	0.1	3	42	54
44	20	0.1	3	42	54
45	20	0.1	3	42	54
46	20	0.1	3	42	54
47	20	0.1	3	42	54
48	20	0.1	3	42	54
49	20	0.1	3	42	54
50	20	0.1	3	42	54
51	20	0.1	3	42	54
52	20	0.1	3	42	54
53	20	0.1	3	42	54
54	20	0.1	3	42	54
55	20	0.1	3	42	54
56	20	0.1	3	42	54
57	20	0.1	3	42	54
58	20	0.1	3	42	54
59	20	0.1	3	42	54
60	20	0.1	3	42	54
61	20	0.1	3	42	54
62	20	0.1	3	42	54
63	20	0.1	3	42	54
64	20	0.1	3	42	54
65	20	0.1	3	42	54
66	20	0.1	3	42	54
67	20	0.1	3	42	54
68	20	0.1	3	42	54
69	20	0.1	3	42	54
70	20	0.1	3	42	54
71	20	0.1	3	42	54
72	20	0.1	3	42	54
73	20	0.1	3	42	54
74	20	0.1	3	42	54
75	20	0.1	3	42	54
76	20	0.1	3	42	54
77	20	0.1	3	42	54
78	20	0.1	3	42	54
79	20	0.1	3	42	54
80	20	0.1	3	42	54
81	20	0.1	3	42	54
82	20	0.1	3	42	54
83	20	0.1	3	42	54
84	20	0.1	3	42	54
85	20	0.1	3	42	54
86	20	0.1	3	42	54
87	20	0.1	3	42	54
88	20	0.1	3	42	54
89	20	0.1	3	42	54
90	20	0.1	3	42	54
91	20	0.1	3	42	54
92	20	0.1	3	42	54
93	20	0.1	3	42	54
94	20	0.1	3	42	54
95	20	0.1	3	42	54
96	20	0.1	3	42	54
97	20	0.1	3	42	54
98	20	0.1	3	42	54
99	20	0.1	3	42	54
100	20	0.1	3	42	54

~ 9200 configuraties

↓

bepaalt optimum ...

VEELZIJDIG • FLEXIBEL • DUURZAAM

## 2. Controle ontwerp ←vs→ Advies ontwerp

**CO<sub>2</sub> footprint energie**

*Invoer*  
 Gebruik= 08.00-18.00  
 Procesenergie= 20 [W/m<sup>2</sup>]  
 Infiltratievoud= 0.1  
 R<sub>c</sub>-waarde= 2.0 [m<sup>2</sup>K/W]  
 Daglichtopening= 0 [%]  
 Hoogte hal= 5 [m]

Orientatie Noord-Zuid (W= 20 [m], D= 60 [m])

*Gehele hal*  
 Ventilatie =9 kWh/m<sup>2</sup>jr  
 Verwarming =3 kWh/m<sup>2</sup>jr  
 Verlichting =42 kWh/m<sup>2</sup>jr  
 Totaal =54 kWh/m<sup>2</sup>jr

**CO<sub>2</sub> footprint energie minimaal**

*Invoer*  
 Gebruik= 08.00-18.00  
 Procesenergie= 20 [W/m<sup>2</sup>]  
 Hoogte hal= 5 [m]  
 Orientatie Noord-Zuid (W= 20 [m], D= 60 [m])

*Advies*  
 Infiltratievoud = 0.5  
 Isolatie =4.5 [m<sup>2</sup>K/W]  
 Daklichten =15 [%]

*Energieverbruik*  
 Ventilatie = 6.1 kWh/m<sup>2</sup>jr  
 Verwarming = 1.7 kWh/m<sup>2</sup>jr  
 Verlichting =19 kWh/m<sup>2</sup>jr  
 Totaal = 26.8 kWh/m<sup>2</sup>jr

Energiebesparing: > 50%

VEELZIJDIG • FLEXIBEL • DUURZAAM

### 3. Materiaalenergie hal

The screenshot shows the 'Dutch Hall' website interface. At the top, there is a navigation bar with 'Home', 'Algemene info', and 'Contact'. Below this is a large banner image of a red steel structure with the text 'DUTCH HALL'. A secondary navigation bar includes 'CO2 Footprint energie', 'CO2 Footprint materiaal', 'Solar', 'Regelgeving', 'Milieudata', 'Commissies', 'Downloads', and 'Links'. A dropdown menu is open under 'CO2 Footprint materiaal', showing 'Rakvoorbeeld materiaal' and 'Tool materiaal'. Red arrows point from these menu items to the text 'Statisch (uitleg)' and 'Interactief' respectively. At the bottom of the page, the 'staal met' logo and the words 'VEELZIJDIG • FLEXIBEL • DUURZAAM' are visible.

### 3. Invoer -> deel 1: bepaal constructie

The screenshot shows the 'Tool materiaal (beta versie)' web application. It features a navigation bar with 'Tool materiaal', 'Solar', 'Regelgeving', 'Milieudata', 'Commissies', and 'Downloads'. The main content area is titled 'Tool materiaal (beta versie)' and includes instructions: 'Kies de gevraagde parameters en druk op de button. De tool bepaalt de CO2 footprint.' There are three maps of the Netherlands labeled 'Gebied 1', 'Gebied 2', and 'Gebied 3' under the heading 'Ligging'. A diagram shows a 3D perspective of a rectangular structure with labels for 'lengte', 'breedte', and 'hoogte'. A dropdown menu for 'Gebied 1' is open, showing a list of span lengths from 11m to 23m. Below this, there are input fields for 'Breedte', 'Lengte', 'Hoogte', 'Hart-op-hart afstand (h.o.h.)', 'Constructie (staalsoort S235)', and 'Liggerkolom etc.'. Red arrows point from the 'windgebied' text to the map selection area, from 'overspanning' to the span length dropdown, and from 'hart-op-hart' to the 'Hart-op-hart afstand' input field. The 'staal met' logo and 'VEELZIJDIG • FLEXIBEL • DUURZAAM' are at the bottom.

### 3. Materiaaltool gebaseerd op "Stalen hallen"

3 • Ontwerpgrafieken

windgebied

hart-op-hart

overspanning

VEELZIJDIG • FLEXIBEL • DUURZAAM

### 3. Invoer -> deel 2: bepaal schil

Kies  $R_c$  waarde

Binnendoos bepaalt tool

Start berekening

VEELZIJDIG • FLEXIBEL • DUURZAAM

### 3. Uitvoer: invoer

**CO<sub>2</sub> footprint materiaal (beta versie)**

Invoer

Windgebied = 1

Lengte= 20 [m]

Breedte= 10.0 [m]

Hoogte = 5 [m]

Hart-op-hart afstand = 5 [m]

### 3. Uitvoer: Resultaten 1

**Resultaten (Staalsoort constructie = S235)**

		[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	
Gebouwschil	Dakbedekking = bitumen	6.5	5.8	1 Milieuprofiel(NMD v1.1 7-12)
	Dakisolatie = steenwol	22.4	21.1 (excl. +30%)	136 bitumen APP gemodificeerd
	Dakplaat = 106R+750 t=0,7mm	9.15	7.2	251 Steenwol
	Buitenplaat = 35-1035	9.95 (6.63)	7.8 (5.2 excl. +30%)	333 Staal SBK gevel- en dakbekleding
	Gevelisolatie = steenwol	33.6 (22.2)	31.7 (21.1 excl. +30%)	251 Steenwol
	Binnendoos = B90-500, t=0.88, 2-velds	15.54 (10.36)	12.3 (8.2)	333 Staal SBK gevel- en dakbekleding
	<b>Totaal gebouwschil</b>		85.9	
Constructie	kolom HE120A(19.9 kg/m)	3.98	1.9	329 Staal SBK zwaar constructie staal
	Ligger IPE270(36.1 kg/m)	7.22	3.4	329 Staal SBK zwaar constructie staal
	Overig (+30%)	3.36	1.6	329 Staal SBK zwaar constructie staal
	<b>Totaal constructie</b>		6.9	
	<b>Totaal</b>		92.8	

1 = cat. 3 data

2 = per m<sup>2</sup> geveloppervlak (uit documentatie)

3 = bepaalt tool

### 3. Uitvoer: Resultaten 2

Resultaten (Staalsoort constructie = S235)				
		[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	Milieuprofiel(NMD v1.1 7-12)
Gebouwschil	Dakbedekking = bitumen	6.5	5.8	036 bitumen APP gemodificeerd
	Dakisolatie = steenwol	22.4	21.1 (excl. +30%)	251 Steenwol
	Dakplaat = 106R+1750 t=0,7mm	9.15	7.2	333 Staal SBK gevel- en dakbekleding
	Buitenplaat = 35-1035	3.95 (6.63)	7.8 (5.2 excl. +30%)	333 Staal SBK gevel- en dakbekleding
	Gevelisolatie = steenwol	33.6 (22.4)	31.7 (21.1 excl. +30%)	251 Steenwol
	Binnendoos = B90-500, t=0.88, 2-veids	15.54 (10.36)	12.3 (8.2)	333 Staal SBK gevel- en dakbekleding
	Totaal gebouwschil		85.9	
Constructie	Kolom HE120A(19.9 kg/m)	3.98	1.9	329 Staal SBK zwaar constructiestaal
	Ligger IPE270(36.1 kg/m)	7.22	3.4	329 Staal SBK zwaar constructiestaal
	Overig (+30%)	3.36	1.6	329 Staal SBK zwaar constructiestaal
	Totaal constructie		6.9	
Totaal			92.8	

onderdeel	plattegrond: 20x45 m oppervlakte: 900 m <sup>2</sup>	plattegrond: 15,6x31,2 m oppervlakte: 450 m <sup>2</sup>
1 kolommen	29%	31%
2 dakliggers	46%	46%
3 lipstroken	6%	3%
4 dakverbanden	4%	3%
5 gevelverbanden	2%	2%
6/7 dakrandliggers / wandregels	11%	15%
<b>totaal</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

1 = bekijk basisprofiel  
2 = ontleend aan "Optimalisatie"

### 3. Uitvoer: Resultaten 3

Resultaten (Staalsoort constructie = S235)				
		[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	Milieuprofiel(NMD v1.1 7-12)
Gebouwschil	Dakbedekking = bitumen	6.5	5.8	036 bitumen APP gemodificeerd
	Dakisolatie = steenwol	22.4	21.1 (excl. +30%)	251 Steenwol
	Dakplaat = 106R+1750 t=0,7mm	9.15	7.2	333 Staal SBK gevel- en dakbekleding
	Buitenplaat = 35-1035	3.95 (6.63)	7.8 (5.2 excl. +30%)	333 Staal SBK gevel- en dakbekleding
	Gevelisolatie = steenwol	33.6 (22.4)	31.7 (21.1 excl. +30%)	251 Steenwol
	Binnendoos = B90-500, t=0.88, 2-veids	15.54 (10.36)	12.3 (8.2)	333 Staal SBK gevel- en dakbekleding
	Totaal gebouwschil		85.9	
Constructie	Kolom HE120A(19.9 kg/m)	3.98	1.9	329 Staal SBK zwaar constructiestaal
	Ligger IPE270(36.1 kg/m)	7.22	3.4	329 Staal SBK zwaar constructiestaal
	Overig (+30%)	3.36	1.6	329 Staal SBK zwaar constructiestaal
	Totaal constructie		6.9	
Totaal			92.8	

1 = CO<sub>2</sub> footprint schil ~ 93%  
2 = CO<sub>2</sub> footprint constructie ~ 7%

## 4. Aanvulling NEN7120: industriefunctie

Bijeenkomst  
'Praktijkdocument energieprestatie industriefunctie'

NEN 2816  
(nieuwbouw)  
(ubouw)

NEN 5128  
(nieuwbouw)  
(wbouw)

ISO 75 & 82  
(bestaand)

NEN 7120  
(nieuwbouw)  
(ubouw)  
(wbouw)

staal

Bijeenkomst  
'Praktijkdocument energieprestatie Industriefunctie'

Gebruiksfunctie van een gebouw of van een gedeelte van een gebouw	De waarde
Woonfunctie	10
Carrière	1
Overheidsfunctie	5
Kantoorfunctie	5
Opvoeding	5
Chirurgiefunctie	10
Sporthal	5
Recreatie	5
<b>Industriefunctie</b>	<b>2</b>

Bijeenkomst  
'Praktijkdocument energieprestatie industriefunctie'

Gebruiksfunctie van een gebouw of van een gedeelte van een gebouw	De waarde
Woonfunctie	2
Woonfunctie anders dan van woonruimte	1
Carrière	2
Overheidsfunctie, met uitzondering	4
Overheidsfunctie, anders dan met uitzondering	2
Opvoeding	2
Chirurgiefunctie	2
Sporthal	1
Recreatie	2
<b>Industriefunctie</b>	<b>1</b>

VEELZIJDIG • FLEXIBEL • DUURZAAM

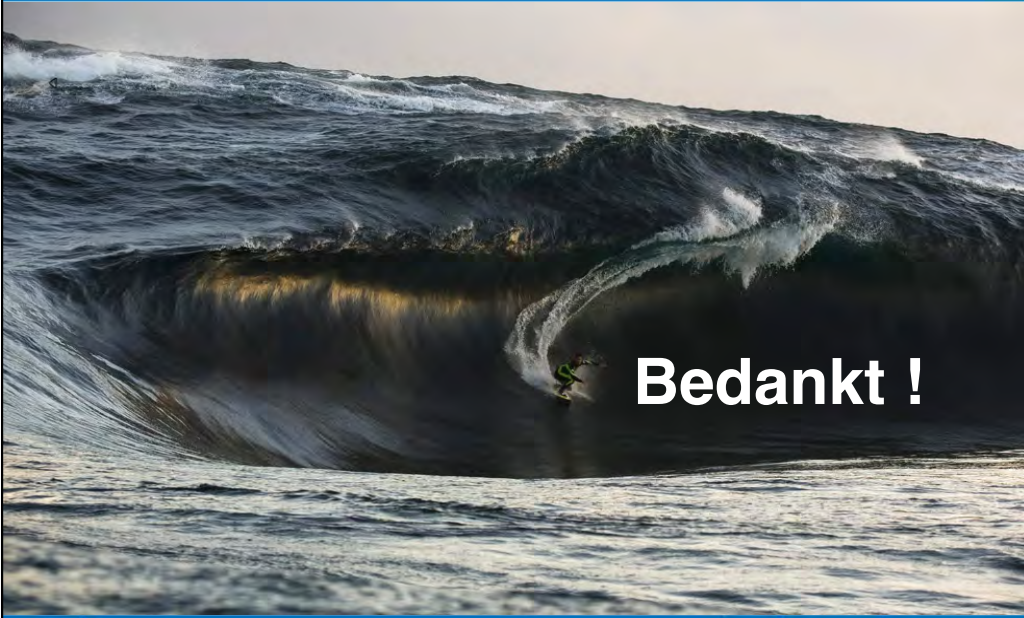
## 5. Resumé

- Gebruiksenergie = gebouwenergie+ procesenergie
- Procesenergie hal: grote variatie
- Materiaalenergie constructie gering
- [www.dutchhall.nl](http://www.dutchhall.nl) als praktische ontwerphulp

Work-in-progress

- Aanvulling op NEN7120 industriefunctie

Vragen ?



**Bedankt !**

staal met

VEELZIJDIG • FLEXIBEL • DUURZAAM