



**IMd**

Raadgevende  
Ingenieurs

# Rekenen aan hergebruik

Ir. Patrick Lenaers PDEng  
Duurzaam bouwen met staal 2023

# Biografie

IMd Raadgevende Ingenieurs – Constructeur

2020 - heden

TU/e - PDEng GEM-tower (Green Energy Mill)

2018-2020

TU/e – BSc en MSc Structural Design

2012-2018

# IMd

Raadgevende  
Ingenieurs







# Inhoudsopgave

Waarom hergebruik van constructieve elementen?

Grondstoffenstation Afrikaanderplein

Hybride Sporthal Waddinxveen

IMd

Waarom hergebruik van constructieve elementen?

**IMd**

Raadgevende  
Ingenieurs



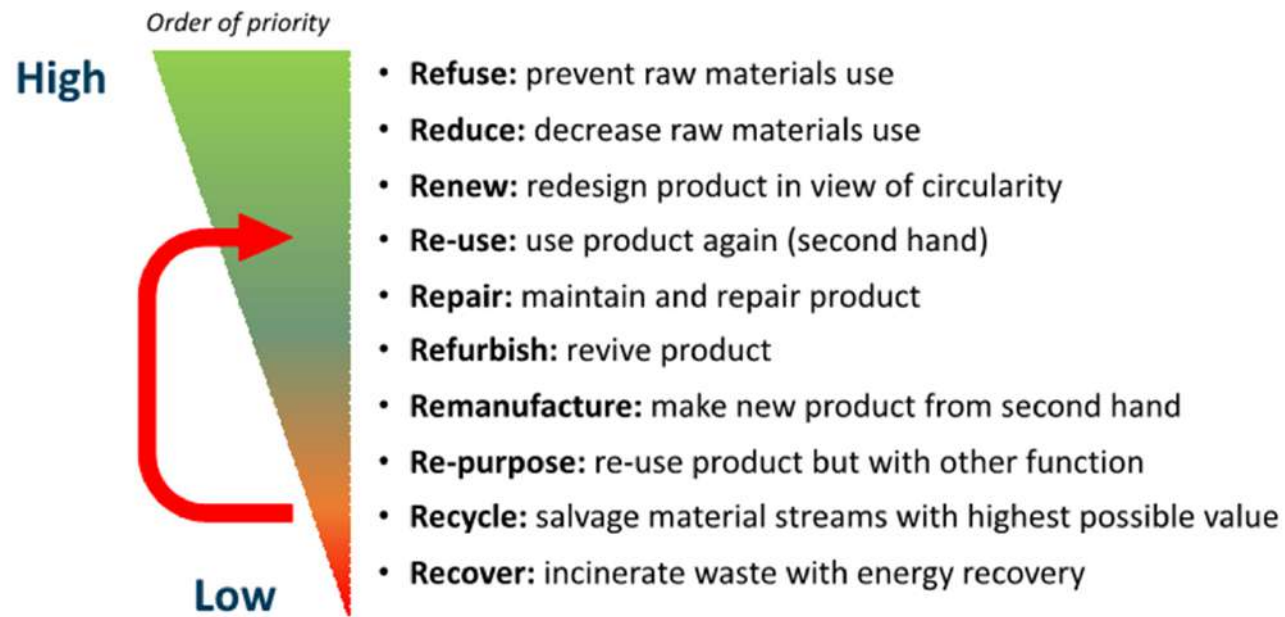
→ Doelstelling Nederland

In 2030 moet NL 55% minder broeikasgassen uitstoten vergeleken met 1990.

→ Ca 35% van de mondiale CO<sub>2</sub>-uitstoot komt van de gebouwde omgeving.

→ Gemiddeld is de draagconstructie verantwoordelijk voor 25-30% van de MPG-score

## Levels of circularity: 10 R's



© J. Cramer, 2015

## Voorbeeld: Staalconstructie



MRPI®-EPD: 1 kg (nieuw) staal



MRPI®-EPD: 1 kg staal uit 90% hergebruik

IM<sup>d</sup>



## Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken

Productiefase			Construc-tiefase		Gebruiksfase							Eindelevenfase				Mo- dule D
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	Voordelen en lasten buiten de systeemgrenzen
Grondstoffenwinning	Transport	Fabricage	Transport	Bouw en installatie	Gebruik	Onderhoud	Vervanging	Reparatie	Opknappen	Energieverbruik	Waterverbruik	Sloop/demontage	Transport	Afvalverwerking	Afdanking	

1 kg (nieuw) staal

MILIEUBELASTING per functionele eenheid of producteenheid (indicatoren A1)

	UNIT	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
GWP	kg CO2 eq.	1.12 E+0	2.01 E-2	4.77 E-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.77 E-2	6.64 E-3	2.63 E-2	4.49 E-5	-2.19 E-1
ECI	Euro	1.24 E-1	2.42 E-3	5.29 E-3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.29 E-3	7.85 E-4	5.22 E-3	6.14 E-6	-2.29 E-2

100%

1,12 kg CO<sub>2</sub> eq.  
0,1240 € /kg

1 kg staal uit 90% hergebruik

MILIEUBELASTING per functionele eenheid of producteenheid (indicatoren A1)

	UNIT	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
GWP	kg CO2 eq.	1.98 E-1	2.01 E-2	4.77 E-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.77 E-2	6.64 E-3	2.63 E-2	4.49 E-5	-1.71 E-2
ECI	Euro	2.15 E-2	2.42 E-3	5.29 E-3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.29 E-3	7.85 E-4	5.22 E-3	6.14 E-6	-2.21 E-3

~ 15%

0,198 kg CO<sub>2</sub> eq.  
0,0215 € /kg



BioPartner Center Leiden: 165 ton staal hergebruikt

- Besparing (MKI):  $(0,124 - 0,0215) * 165.000 = € 16912,50$
- Besparing (GWP):  $(1,12 - 0,198) * 165.000 = 152 \text{ ton CO}_2$

IM<sup>d</sup>



**IMd**

Raadgevende  
Ingenieurs

Lopende projecten



Up Cycle



**Grondstoffenstation Afrikaanderplein**  
**Architect: Superuse Studios NL**

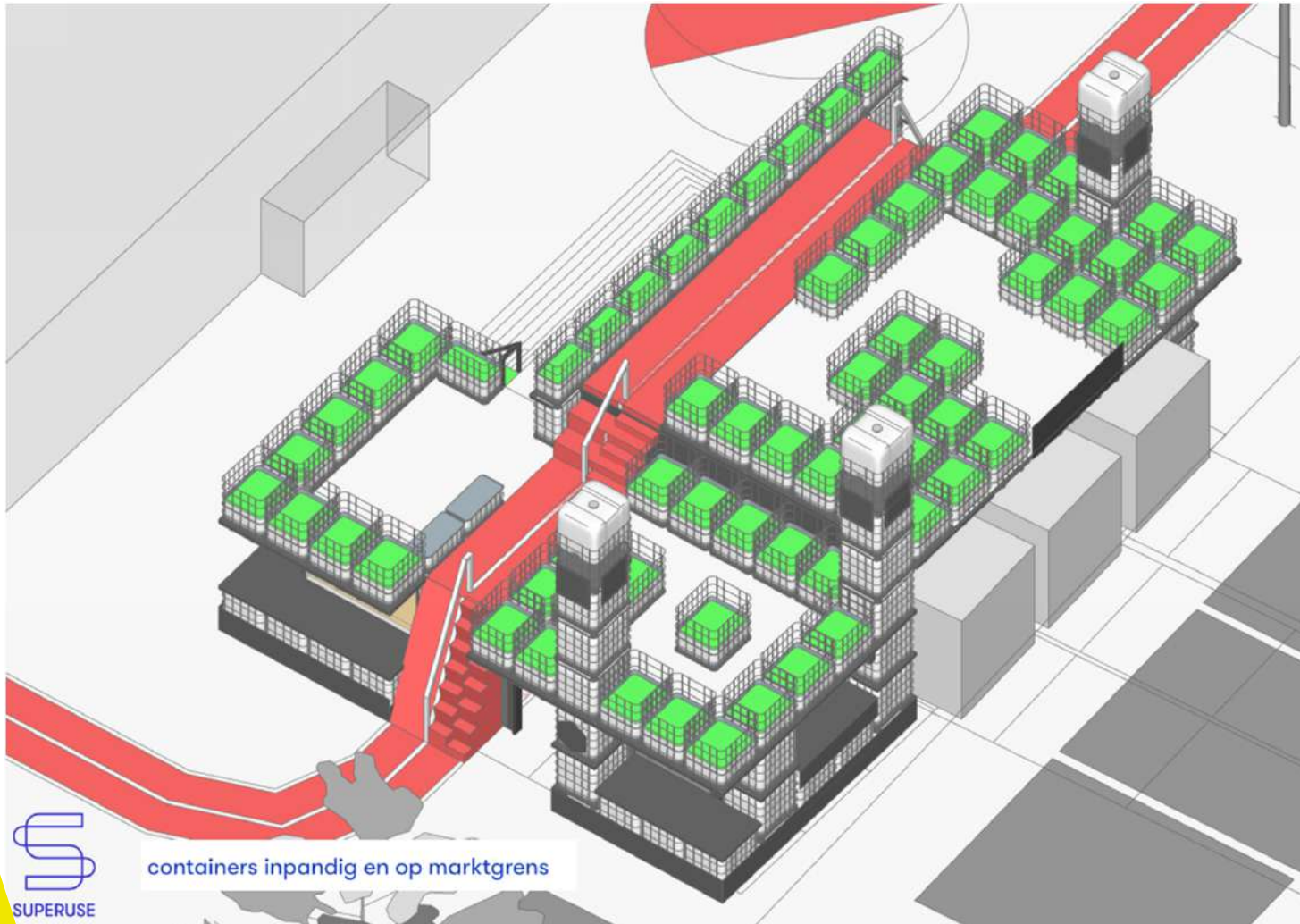


**Sporthal Waddinxveen**  
**Architect: Topos**

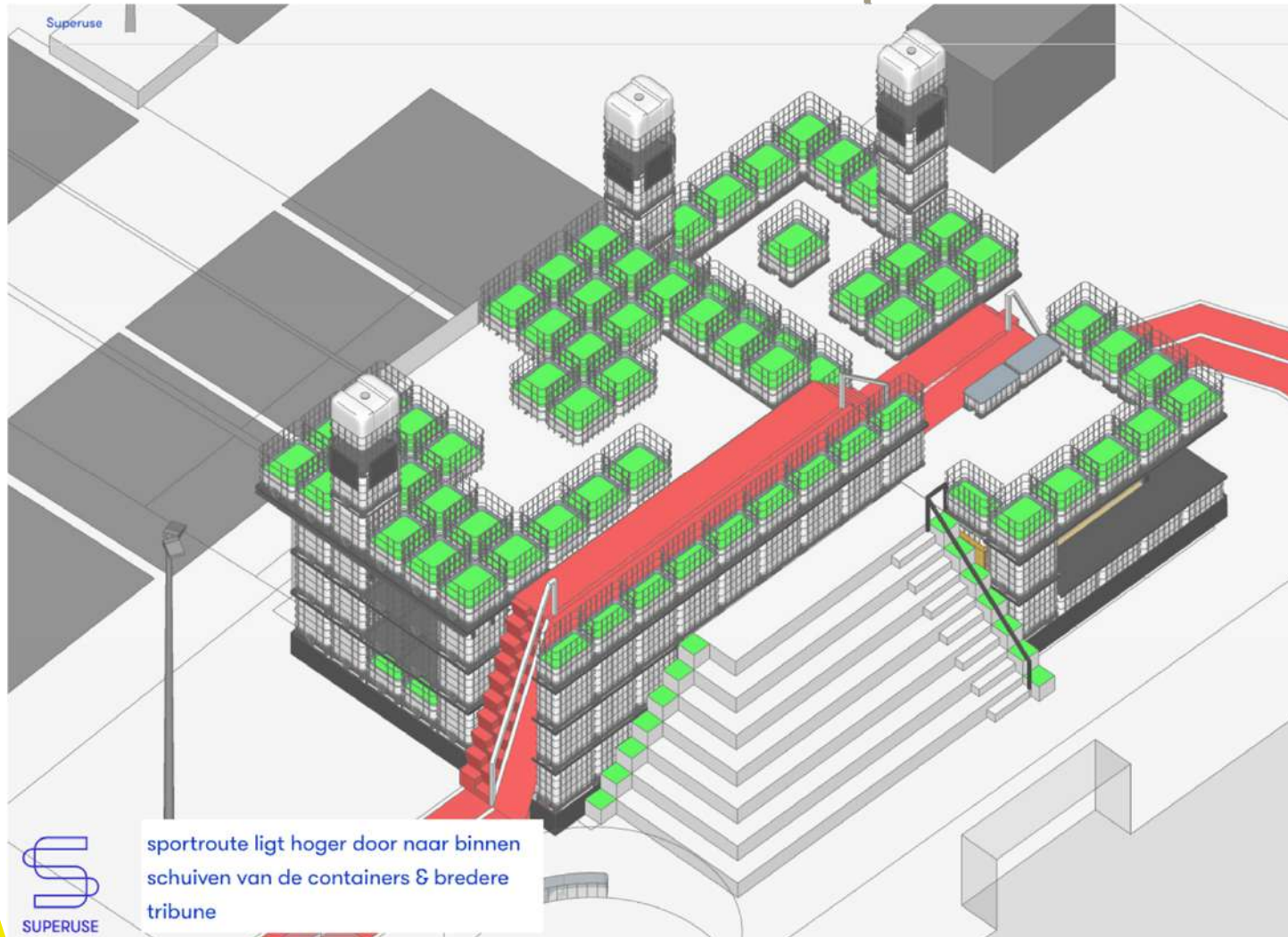
Tijde

BioPartner 5

# Grondstoffenstation Afrikaanderplein Rotterdam



# Grondstoffenstation Afrikaanderplein Rotterdam



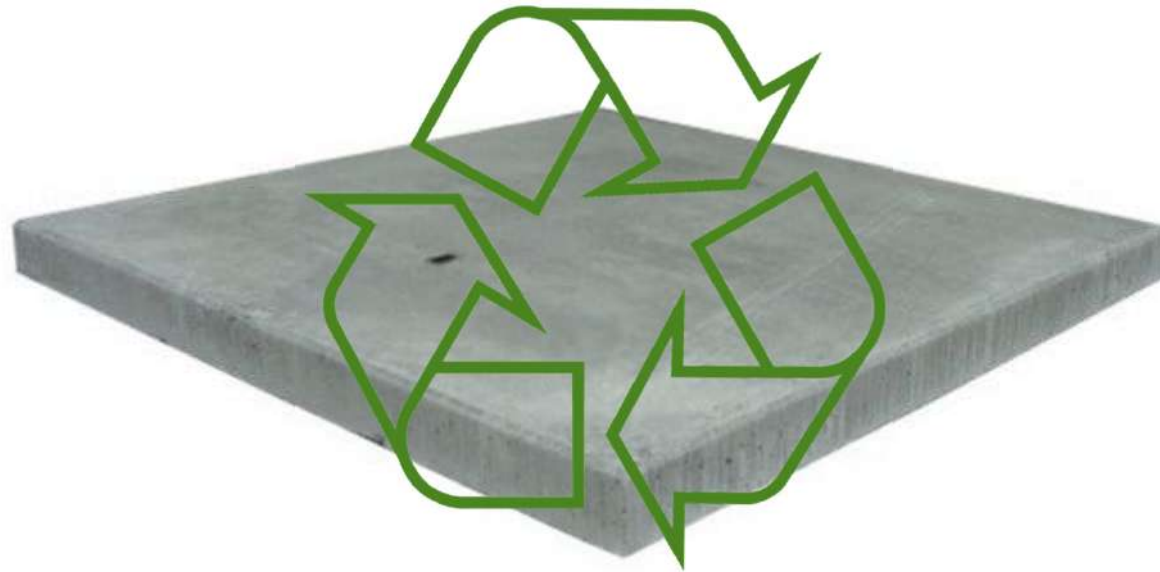
# Grondstoffenstation Afrikaanderplein Rotterdam





# Grondstoffenstation Afrikaanderplein Rotterdam

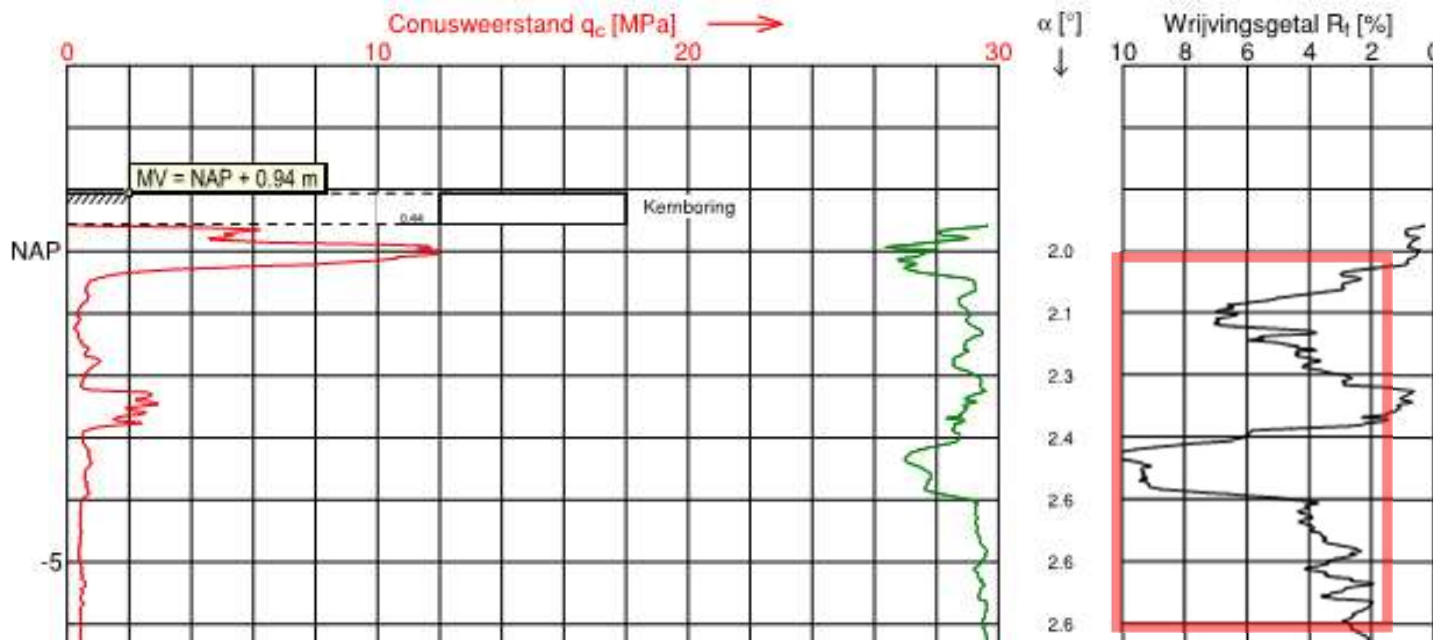
Fundering op stelconplaten



IMd

# Grondstoffenstation Afrikaanderplein Rotterdam

## Fundering op stelconplaten



### Wrijvingsgetals

Zand: 0,5 % - 1,5 %

Klei/Leem: 2% - 4%

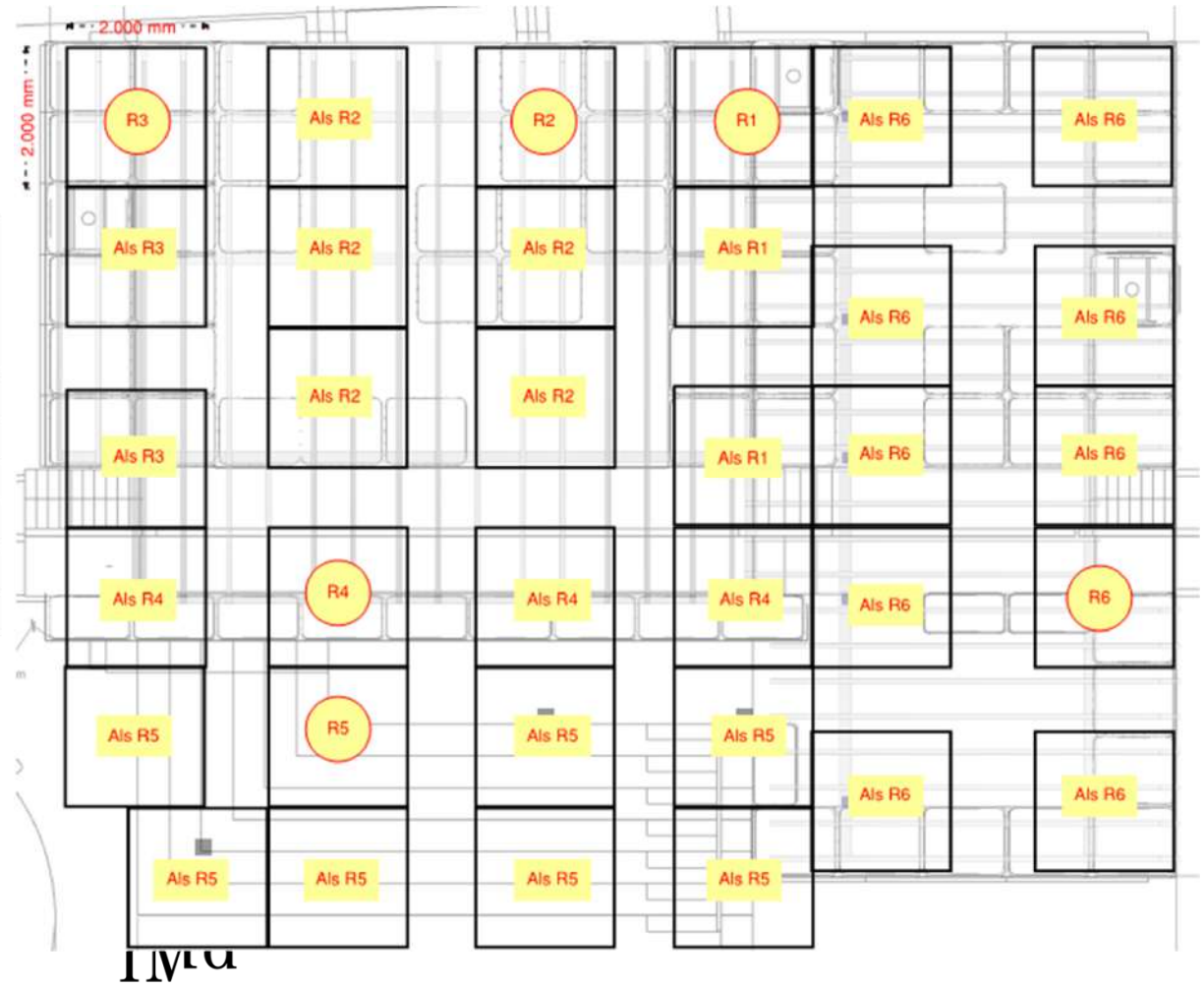
Veen: 8% - 10 %

IMd

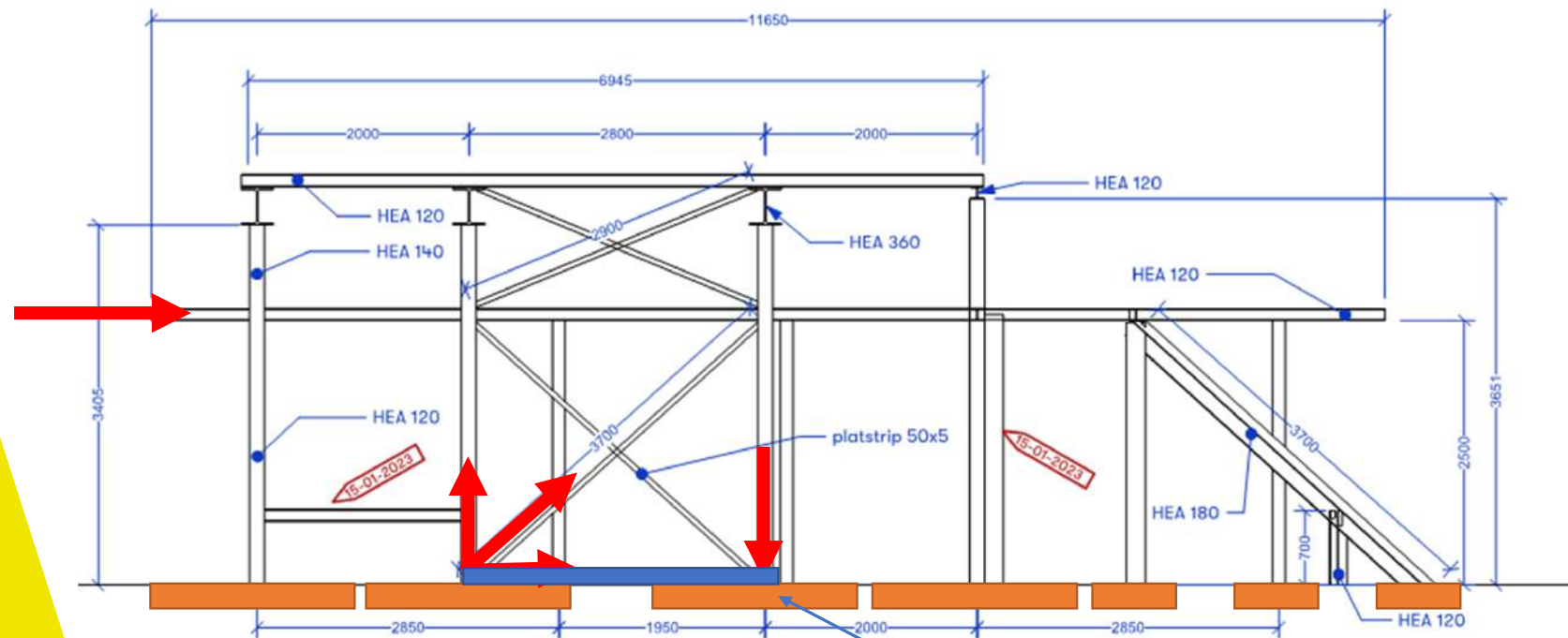
# Grondstoffenstation Afrikaanderplein Rotterdam

Belastingsituatie	Karakteristieke waarde belasting, aangenomen waarde [kN]	Eindzakkingen* [mm]
R1	185	Circa 45 à 65
R2	85	Circa 15 à 25
R3	150	Circa 35 à 55
R4	85	Circa 15 à 25
R5	75	Circa 15 à 20
R6	95	Circa 20 à 30

Mogelijkheid tot na-stellen  
van kolommen indien  
zakkingen optreden



# Grondstoffenstation Afrikaanderplein Rotterdam



Horizontaalbelasting reduceert draagvermogen van de stelconplaat

Toevoegen hoeklijn om horizontaalbelasting te verdelen

# Grondstoffenstation Afrikaanderplein Rotterdam



IMd

# Grondstoffenstation Afrikaanderplein Rotterdam

## Fundering op stelconplaten

Besparing in MKI  
Studie volgens SGS

Betonsamenstelling	Totaal	A1	A2	A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
C50/60 CEM I	€ 39,92	€ 31,40	€ 1,98	€ 0,20	€ 1,86	€ 1,14	€ -	€ 2,26	€ 1,88	€ 0,38	€ 0,02	-€ 1,21
C50/60 CEM IIIA	€ 27,73	€ 19,15	€ 2,03	€ 0,20	€ 1,87	€ 1,14	€ -	€ 2,26	€ 1,89	€ 0,39	€ 0,02	-€ 1,21
C50/60 CEM IIIB	€ 21,98	€ 13,40	€ 2,03	€ 0,20	€ 1,87	€ 1,14	€ -	€ 2,26	€ 1,89	€ 0,39	€ 0,02	-€ 1,21

$$32 \times (2 \times 2 \times 0,14) = 17,9 \text{ m}^3$$

$$10 \times (2 \times 1 \times 0,14) = 2,8 \text{ m}^3$$

$$1 \times (1 \times 1 \times 0,14) = 0,14 \text{ m}^3$$

$$\text{Totaal} = 20,84 \text{ m}^3$$

$$\text{Besparing op MKI} = 20,84 * (13,4 + 2,03 + 0,20) = \text{€ } 325,73$$

$$32 \times (2 \times 2 \times 0,14) = 17,9 \text{ m}^3$$

$$10 \times (2 \times 1 \times 0,14) = 2,8 \text{ m}^3$$

$$1 \times (1 \times 1 \times 0,14) = 0,14 \text{ m}^3$$

$$\text{Totaal} = 20,84 \text{ m}^3$$

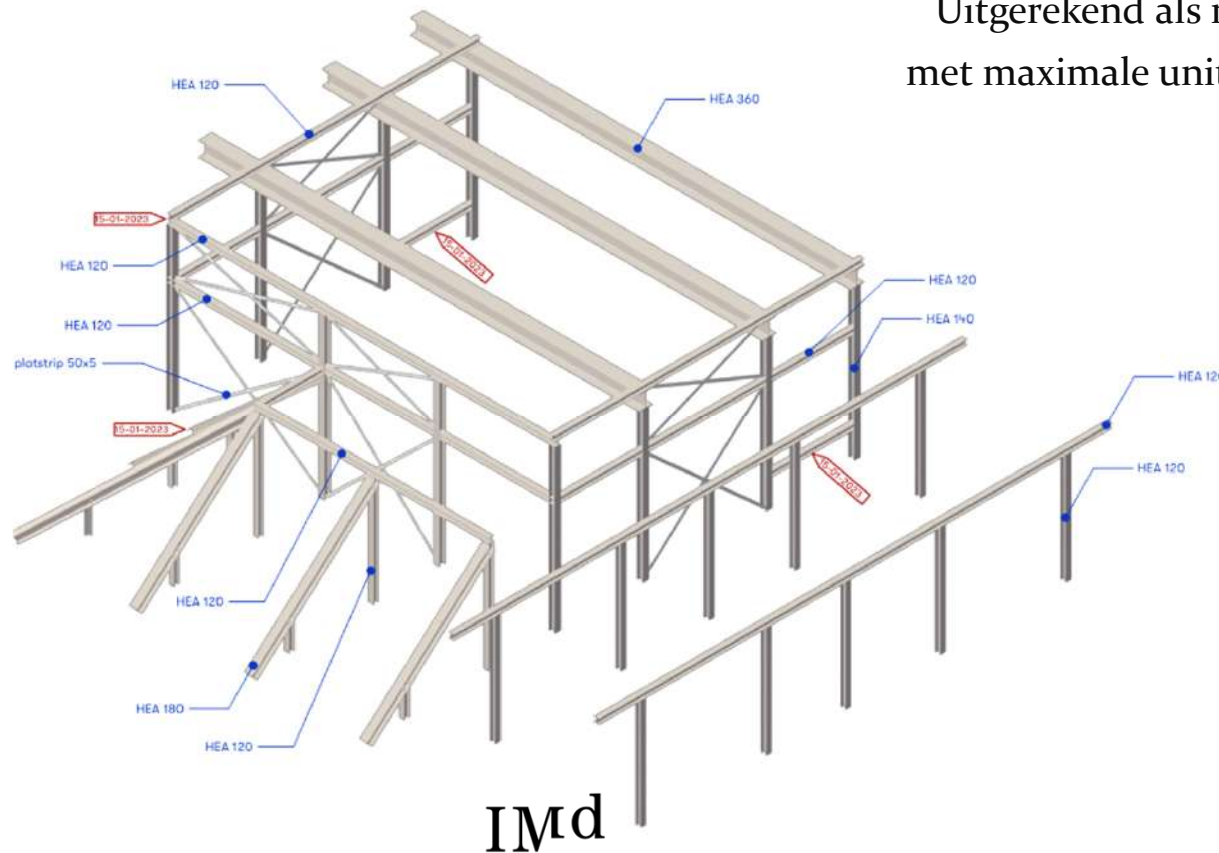
$$\text{Besparing op MKI} = 20,84 * (31,4 + 1,98 + 0,20) = \text{€ } 699,81$$

IMd

# Grondstoffenstation Afrikaanderplein Rotterdam

Hergebruikt staal

Uitgerekend als nieuw staal (S235)  
met maximale unity check van 0,85.



# Grondstoffenstation Afrikaanderplein Rotterdam

## CE-markering en hergebruik van staal

NAAR EEN OPLOSSING VOOR DE BELEMMERING DOOR CE-MARKERING VOOR HET HERGEBRUIK VAN CONSTRUCTIESTAAL IN DE BOUW

staalsoort volgens Euronorm 25-72		rekenwaarde voor de vloeigrens $\sigma_s$ in N/mm <sup>2</sup>
aanduiding van de soort	vroegere aanduiding	
Fe 310	Fe 33	200
Fe 360	Fe 37	240
Fe 430	Fe 44	280
Fe 510	Fe 52	360
niet-genoemde staalsoorten		)

- <sup>1)</sup> Bij diktes groter dan 40 mm en kleiner dan 100 mm moeten de gegeven waarden met 10% worden verlaagd.  
<sup>2)</sup> De minimum vloeigrens (of de 0,2% rekgrens) van het materiaal doch ten hoogste 70% van de treksterkte. Bovendien moet de minimum rek na breuk (A5) ten minste 12% bedragen.  
 De voornoemde waarden moeten op dezelfde wijze worden bepaald als de gewaarborgde waarden voor deze grootheden van de staalsoorten die wél in Euronorm 25-72 worden genoemd.

afb. 12: Representatieve waarden voor de vloeigrens volgens TGB 1972.

$$200/235 = 0,85$$

NTA8713

Tabel D.1 — 1955-heden: ondergrensbenadering voor de treksterkte en vloeigrens

Periode	Aanname staalsoort voor ondergrens	$f_y$ N/mm <sup>2</sup>		$f_u$ N/mm <sup>2</sup>			
		$f_y$	$f_u$	$f_y$	$f_u$		
1955-1972	Gewalst staal H	235		335			
1972-1990	Fe 310 / Fe 33	$t \leq 40$ mm		40 mm < $t \leq 100$ mm			
		$f_y$	$f_u$	$f_y$	$f_u$		
		200	310	180	280		
1990-1997	Fe 360 / FeE 235 <sup>a</sup>	$t \leq 40$		40 < $t \leq 100$		100 < $t \leq 250$	
		$f_y$	$f_u$	$f_y$	$f_u$	$f_y$	$f_u$
		235	360	215	340	175	320
1997-2005	S235	$t \leq 40$		40 < $t \leq 100$		100 < $t \leq 250$	
		$f_y$	$f_u$	$f_y$	$f_u$	$f_y$	$f_u$
		235	360	215	340	175	320
2005-heden	S235	$t \leq 40$		40 < $t \leq 100$		100 < $t \leq 250$	
		$f_y$	$f_u$	$f_y$	$f_u$	$f_y$	$f_u$
		235	360	215	340	175	320

<sup>a</sup> NEN-EN 10025:1991 geeft nog Fe 310-0. Omdat NEN 6770:1991 deze staalsoort niet noemt, wordt aangenomen dat Fe 310-0 in deze periode niet is toegepast in gebouwen.

Juli 2018

Juni 2023

IMd

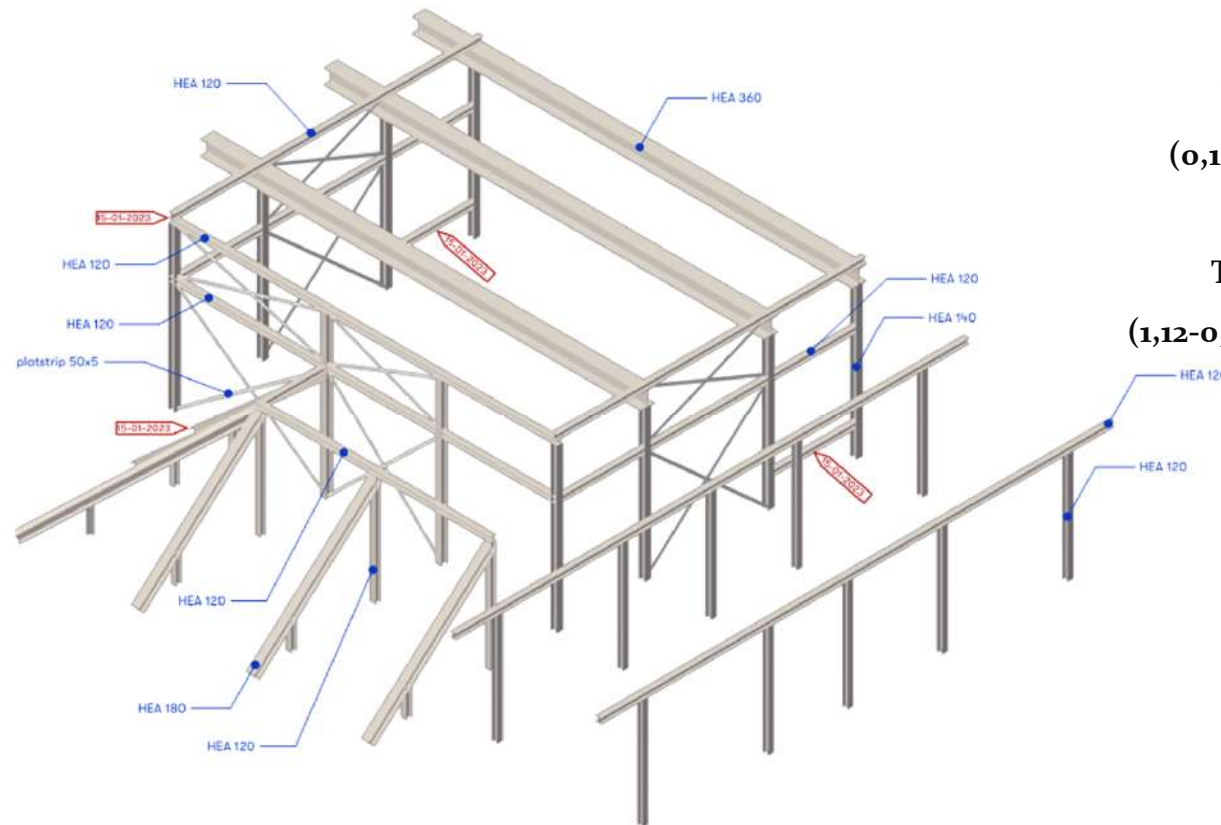


# Grondstoffenstation Afrikaanderplein Rotterdam

Ca. 7 000 kg hergebruikt staal

Totale besparing op MKI  
 $(0,124 - 0,0215) * 7000 = € 717,50$

Totale besparing op GWP  
 $(1,12 - 0,198) * 7000 = 6,45 \text{ ton CO}_2$



IMd









# Sporthal Waddinxveen

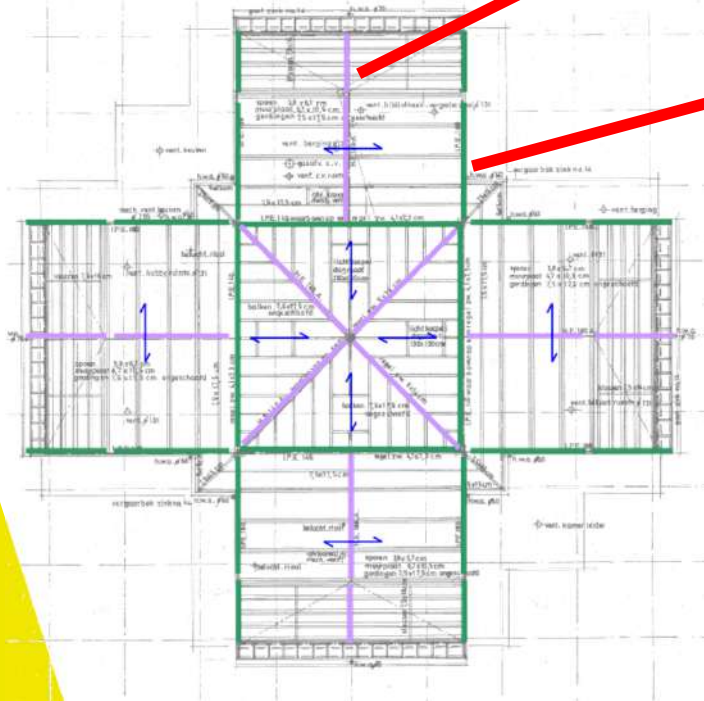
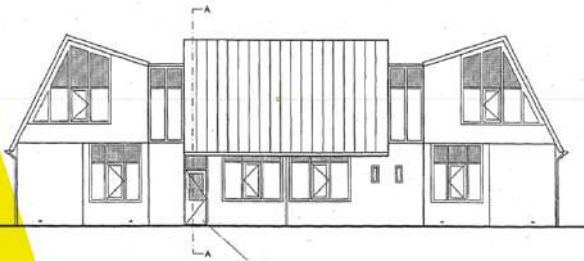


**Architect: Topos**

IM<sup>d</sup>



# Sporthal Waddinxveen



Staal	ID	Profiel	aantal	Lengte	Project	verd.	Locatie	Opmerking
HEA	BA1	HEA120	4x	2,8	Boemel	bg	3E; 5C; 7E; 5G	kolom
	BA2	HEA180	2x	2,8	Boemel	bg	C2-C3;G7-H7	ligger
	BA3	HEA180	4x	3,4	Boemel	dak	div.	in vorm van kap?
	BA4	HEA180	4x	4,6	Boemel	dak	div.	in vorm van kap?
	BA5	HEA140	4x	5,6	Boemel	dak	div.	in vorm van kap?

Staal	ID	Profiel	aantal	Lengte	Project	verd.	Locatie	Opmerking
IPE	BI1	IPE140		8,4	Boemel	dak	div.	"Waar bovenop een regel zw. 4,x7,3cm"
	BI2	IPE180	8x	3,4	Boemel	dak	div.	in vorm van kap?
	BI3	IPE180	8x	4,6	Boemel	dak	div.	in vorm van kap?

BI3

Nummer

Profiel:  
A = HEA  
B = HEB  
I = IPE

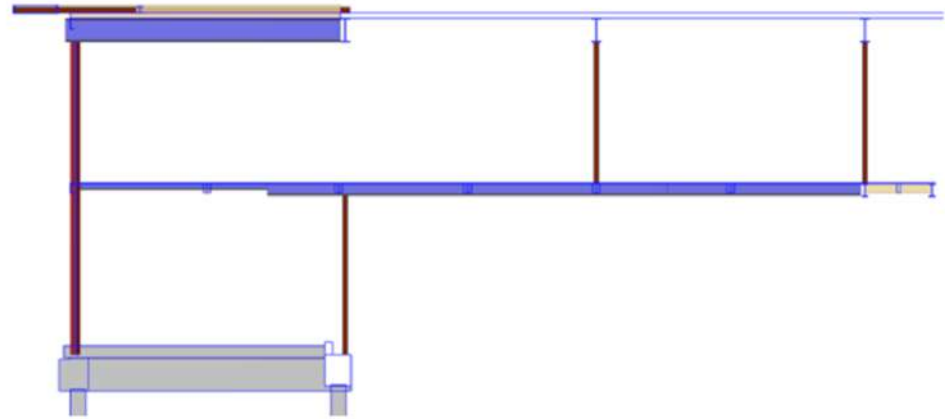
Project:  
B = Boemel  
OG = Oude Gemeentehuis  
P = Postsorteerbedrijf

IMd





# Sporthal Waddinxveen



IMd

# Sporthal Waddinxveen



Nieuw staal = 71,7 ton

Hergebruikt staal = 12,2 ton

**Totale besparing op MKI**

$$(0,124-0,0215)*12,200 = \text{€ } 1250,50$$

**Besparing op totaal (tov alles nieuw)**

$$0,124*(71,700+12,200) = \text{€ } 10403,60$$

Besparing van 1250/10403 = **12%**

**Totale besparing op GWP**

$$(1,12-0,198)*12,200 = 11,2 \text{ ton CO}_2$$

$$1,12*(71,700+12,200) = 93,9 \text{ ton CO}_2$$

Besparing van 11,2/93,9 = **12%**

**IMd**

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Federat	Compo	Type	Volum	Material	Volum	Area	Count	Color	Gewicht
1	Federat	Compo							
7	00 begane	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk koker generiek_ISRK140x80x8	0,03	IMd staal	0,03	1		235,5
8	00 begane	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk koker generiek_ISRK200x100x10	0,2	IMd staal	0,2	8		1570
9	00 begane	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk strip generiek_ISRstrip 120x12	0,29	IMd staal_windverband	0,29	12		2276,5
10	00 begane	Column	NLRS_28_SC_TLB_kolom HE generiek_ISRHEA140	0,01	IMd staal_bestaand	0,01	1		76,5
11	00 begane	Column	NLRS_28_SC_TLB_kolom HE generiek_ISRHEA180	0,12	IMd staal_bestaand	0,12	9		942
12	00 begane	Column	NLRS_28_SC_TLB_kolom HE generiek_ISRHEA220	1,54	IMd staal_bestaand	1,54	10		12089
13	00 begane	Column	NLRS_28_SC_TLB_kolom IPE generiek_ISRipe180	0,11	IMd staal_bestaand	0,11	15		865,5
14	00 begane	Column	NLRS_28_SC_TLB_kolom buis generiek_ISRK193,7x6,3	0,13	IMd staal	0,13	8		1020,5
15	00 begane	Column	NLRS_28_SC_TLB_kolom koker generiek_ISRK100x100x6,3	0,08	IMd staal	0,08	12		638
23	01 1e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk HE generiek_ISRHEA140	0,03	IMd staal_bestaand	0,03	2		235,5
24	01 1e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk HE generiek_ISRHEA200	0,03	IMd staal_bestaand	0,03	1		235,5
25	01 1e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk HE generiek_ISRHEB200	0,03	IMd staal_bestaand	0,03	1		235,5
26	01 1e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk HE generiek_ISRHEB240	0,31	IMd staal_bestaand	0,31	9		2433,5
27	01 1e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk HE generiek_ISRHEB280	0,06	IMd staal_bestaand	0,06	1		471
28	01 1e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk IPE generiek_ISRipe200	0,01	IMd staal_bestaand	0,01	1		76,5
29	01 1e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk IPE generiek_ISRipe240	0,01	IMd staal	0,01	2		76,5
30	01 1e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk IPE generiek_ISRipe240	0,19	IMd staal_bestaand	0,19	10		1491,5
31	01 1e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk UNP generiek_ISRUNP120	0	IMd staal	0	2		0
32	01 1e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk UNP generiek_ISRUNP200	0,22	IMd staal	0,22	15		1727
34	01 1e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk koker generiek_ISRK140x140x8	0,06	IMd staal	0,06	3		471
35	01 1e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk koker generiek_ISRK140x80x8	0,23	IMd staal	0,23	10		1805,5
36	01 1e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk koker generiek_ISRK200x120x8	0,06	IMd staal	0,06	2		471
37	01 1e verc	Column	NLRS_28_SC_TLB_kolom IPE generiek_ISRipe180	0,01	IMd staal_bestaand	0,01	1		76,5
40	02 2e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk HE generiek_ISRHEA120	0,08	IMd staal	0,08	12		638
41	02 2e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk HE generiek_ISRHEA160	0,07	IMd staal_bouwkundig sportbestellen	0,07	4		545,5
42	02 2e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk HE generiek_ISRHEA220	0,01	IMd staal	0,01	5		76,5
43	02 2e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk IPE generiek_ISRipe200	0,03	IMd staal_bestaand	0,03	3		235,5
44	02 2e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk IPE generiek_ISRipe220	0,01	IMd staal_bestaand	0,01	1		76,5
45	02 2e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk IPE generiek_ISRipe240	0,07	IMd staal_bestaand	0,07	5		545,5
46	02 2e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk IPE generiek_ISRipe450	0,54	IMd staal_bestaand	0,54	6		4239
47	02 2e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk UNP generiek_ISRUNP120	0,16	IMd staal	0,16	22		1256
48	02 2e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk UNP generiek_ISRUNP200	0,13	IMd staal	0,13	9		1020,5
49	02 2e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk koker generiek_ISRK140x80x8	0,43	IMd staal	0,43	10		3375,5
50	02 2e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk strip generiek_ISRstrip 120x12	0,12	IMd staal_windverband	0,12	16		942
53	03 3e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk HE generiek_ISRHEA160	0,2	IMd staal_bouwkundig sportbestellen	0,2	11		1570
54	03 3e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk HE generiek_ISRHEA220	0,49	IMd staal	0,49	6		3846,5
55	03 3e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk hoeklijn generiek_ISRLEBx80x8	0,24	IMd staal	0,24	14		1884
56	03 3e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk koker generiek_ISRK120x130x5	0,19	IMd staal	0,19	10		1491,5
57	03 3e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk koker generiek_ISRK120x120x6	1,26	IMd staal	1,26	204		9891
58	03 3e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk koker generiek_ISRK140x80x8	0,21	IMd staal	0,21	10		1648,5
59	03 3e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk koker generiek_ISRK160x160x10	2,49	IMd staal	2,49	10		21118,5
60	03 3e verc	Beam	NLRS_28_SF_LIB_balk staaf generiek_ISRx16	0,01	IMd staal	0,01	6		76,5



GI 12

GI 17



HEB 280

GB8

IPE 240

GI 1

HEB 240

# Sporthal Waddinxveen

## Keuringsrapport Nebest

Batch op basis van  
productiejaar en profiel



**Nebest B.V.**  
Marslootweg 2 1 080 480 01 00  
4131 PB Vlaanderen 2 080 480 01 01  
Postbus 106 8 info@nebest.nl  
4130 EC Vlaanderen 1 www.nebest.nl

**Testplan hergebruik staal**

Conform EN 1090-2

Oprichtgever: Gemeente Waddinxveen  
 Rapportnummer: 43733  
 Status: Ter acceptatie  
 Rapportdatum: 28 juli 2022  
 Uitvoering: ing. A.A. Jansink, D. Vriens  
 Projectleider: ing. J. Davelaar

Autorisatie	Naam	Ervaart	Datum
Auteur	ing. J. Davelaar	Digitaal akkoord	28-07-2022
Controle	ir. J. Huisman	Digitaal akkoord	28-07-2022
Vrijgave	ing. J. Davelaar	Digitaal akkoord	28-07-2022

RIAN N47 RABO 0171 761 67 I SIC RADONLZU I BTW NL0082943800 I HR 23040375

Type profiel	Lengte (m)	Aantal
<b>BHEA1976</b>	<b>16,4</b>	<b>14</b>
HEA140	5,6	4
HEA180	10,8	10
<b>BIPE1976</b>	<b>8</b>	<b>16</b>
IPE180	8	16
<b>GHEA1996</b>	<b>12,9</b>	<b>3</b>
HEA140	6,8	2
HEA200	6,1	1
<b>GHEB1996</b>	<b>54,7</b>	<b>6</b>
HEB200	5	1
HEB240	40,7	4
HEB280	9	1
<b>GIPE1976</b>	<b>45,9</b>	<b>9</b>
IPE200	13,5	3
IPE220	5,4	1
IPE240	27	5
<b>GIPE1996</b>	<b>68,4</b>	<b>11</b>
IPE200	7,6	2
IPE240	60,8	9
<b>Eindtotaal</b>	<b>218,3</b>	<b>57</b>

Batch 1

Batch 2

Batch 3

Batch 4

Batch 5

Batch 6









# Sporthal Waddinxveen

Document #	41713-1		Nebest D.V.		
Datum	21-7-2022		Merenweg 2		
Pagina	1 van 3		Postbus 106 4130EC Vlaams		
4373301	IP1200	Lasverbinding	Neop		
4373307	IP1240	Lasverbinding	Neop		
4373319	IP1220	Lasverbinding en eindsteed	Neop		
4373335	IP1240	Lasverbinding	Neop		

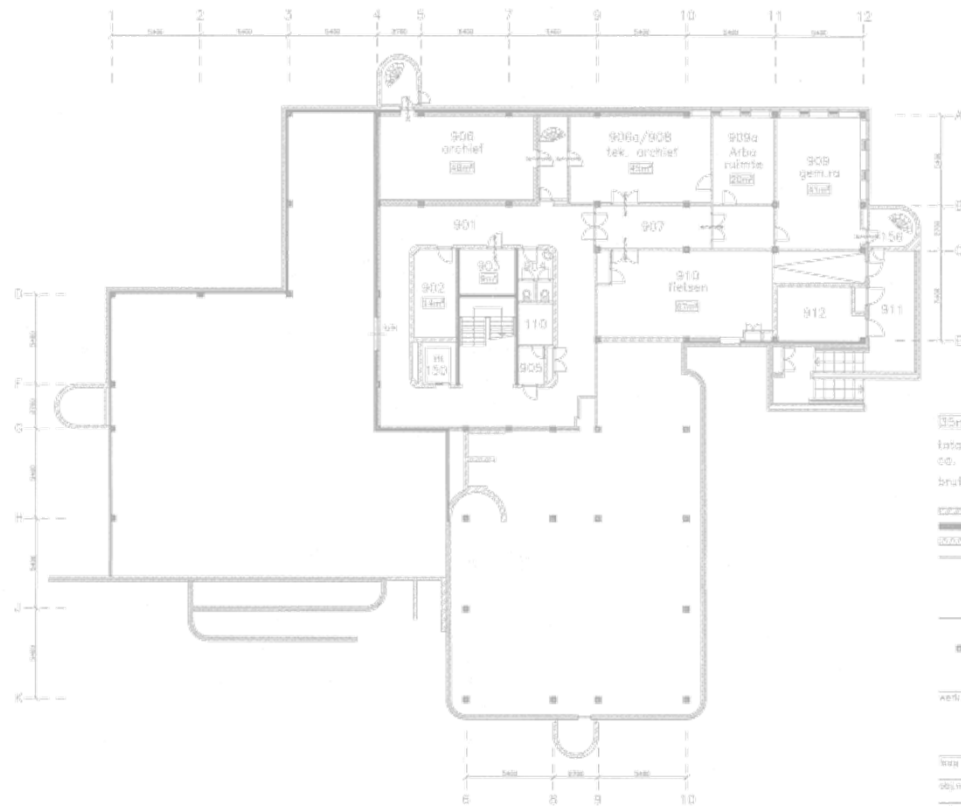
Het materiaal is bestemd voor een toepassing waarbij een maximale vloeigrens van 200 MPa word gehanteerd. Het materiaal is geschikt voor deze toepassing.

4373340	IP1240	Lasverbinding Diverse dwarsverbindingen over de hele lengte	Gebest	
4373343	IP1240	Lasverbinding	Neop	
4373346	IP1240	Lasverbinding	Neop	
4373347	IP1240	Lasverbinding Diverse dwarsverbindingen over de hele lengte	Gebest	
4373348	IP1240	Lasverbinding	Neop	

IMd

# Sporthal Waddinxveen

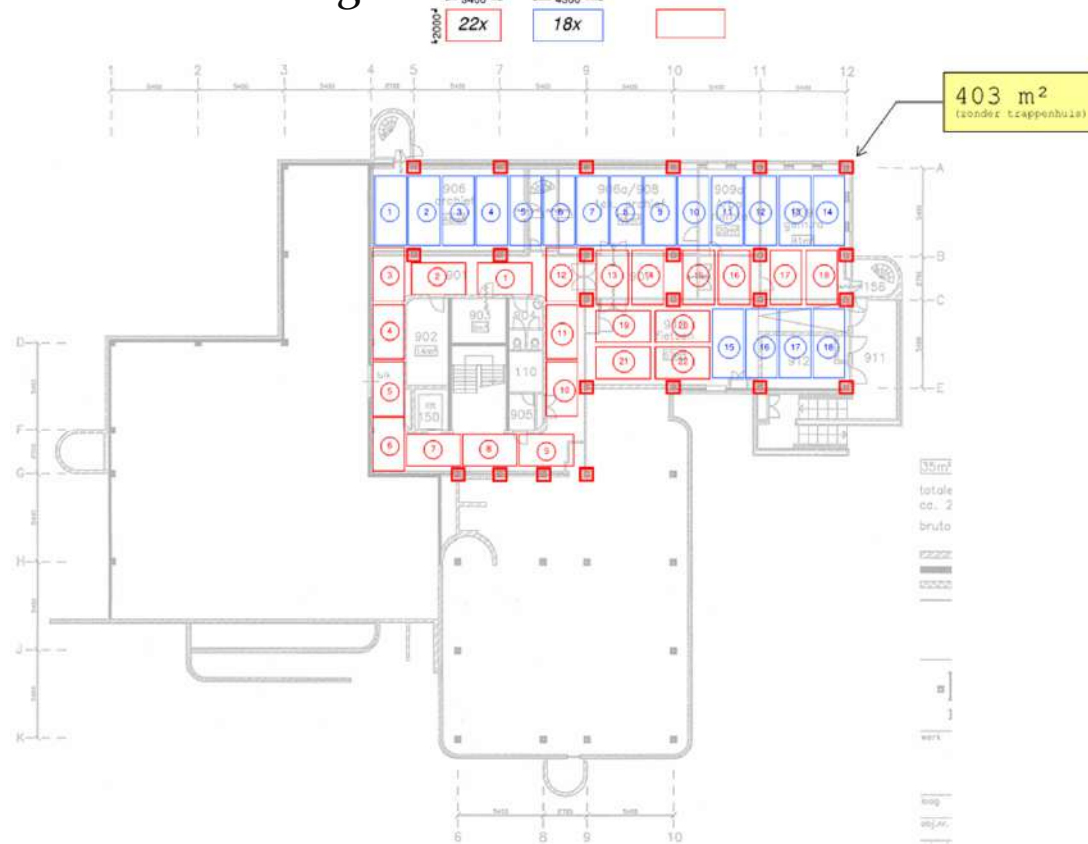
## Hergebruik betonvloer



IMd

# Sporthal Waddinxveen

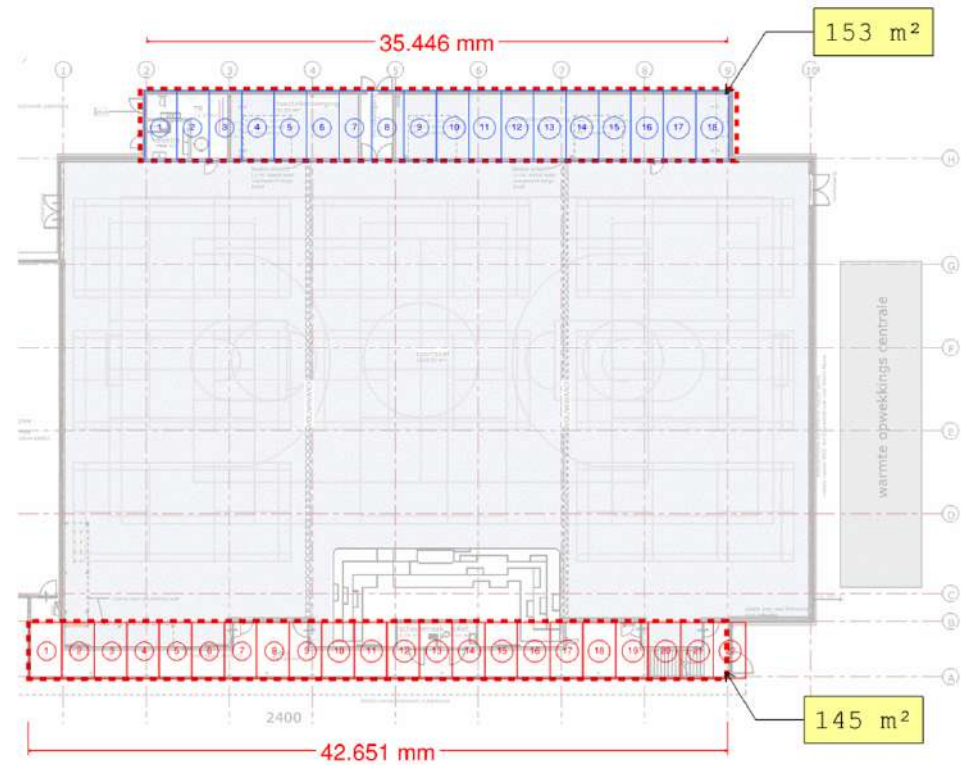
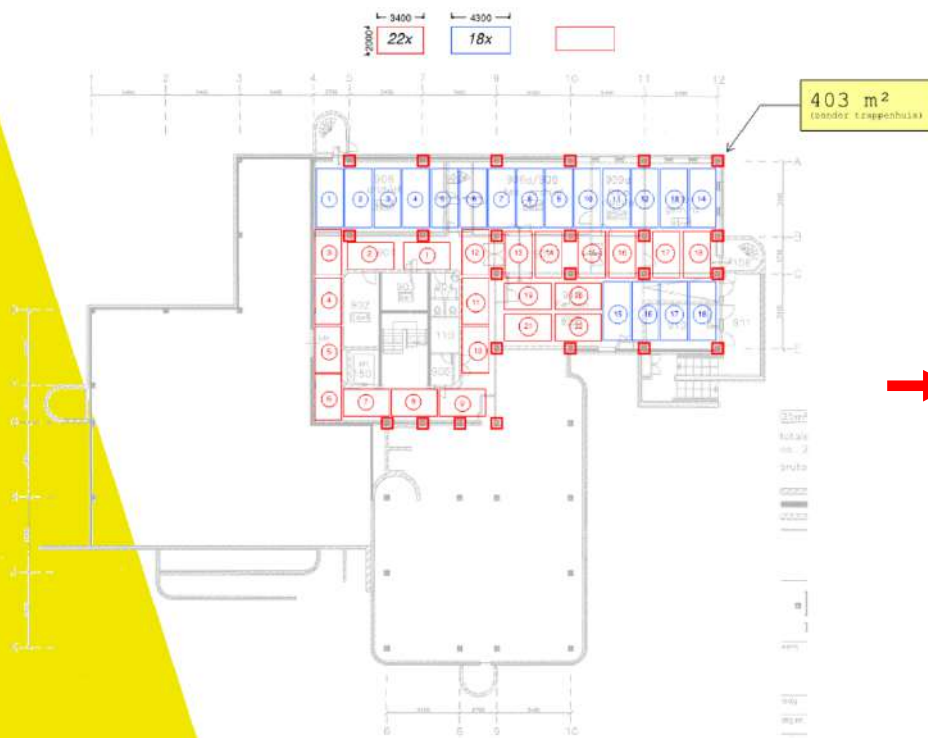
## Hergebruik betonvloer



IMd

# Sporthal Waddinxveen

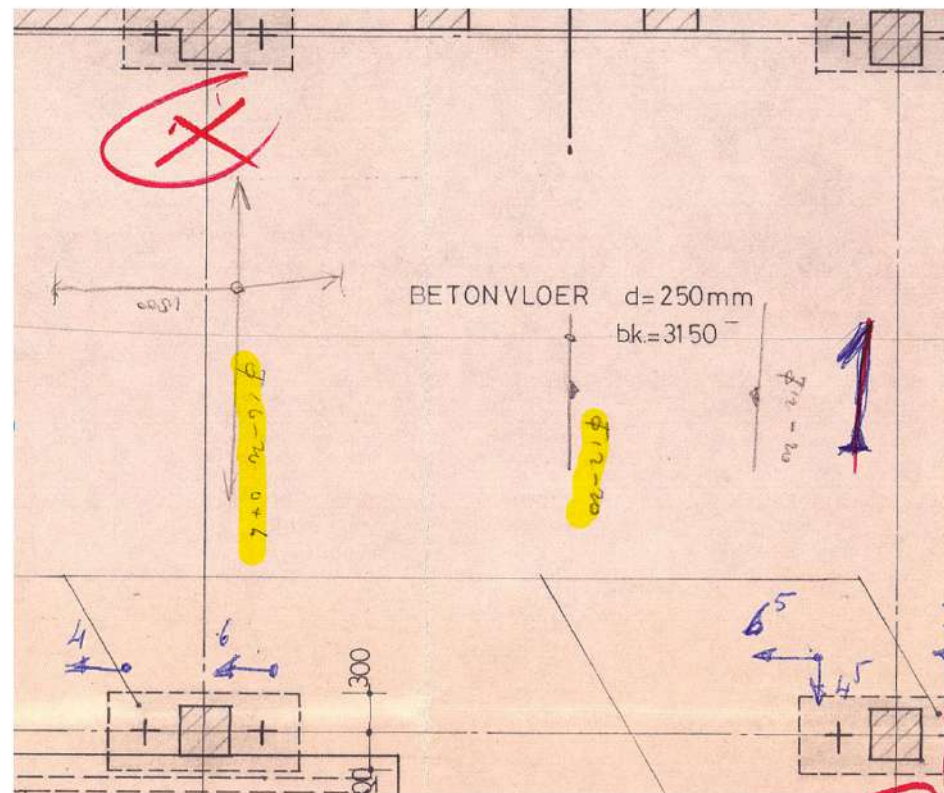
Hergebruik betonvloer



IMd

# Sporthal Waddinxveen

Hergebruik betonvloer



Benodigd  $\varnothing 8-150$

IMd











# Rekenen aan hergebruik

**IMd**

Raadgevende  
Ingenieurs

Ir. Patrick Lenaers PDEng