



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





Inhoudsopgave

Waarom hergebruik van constructieve elementen?

Grondstoffenstation Afrikaanderplein

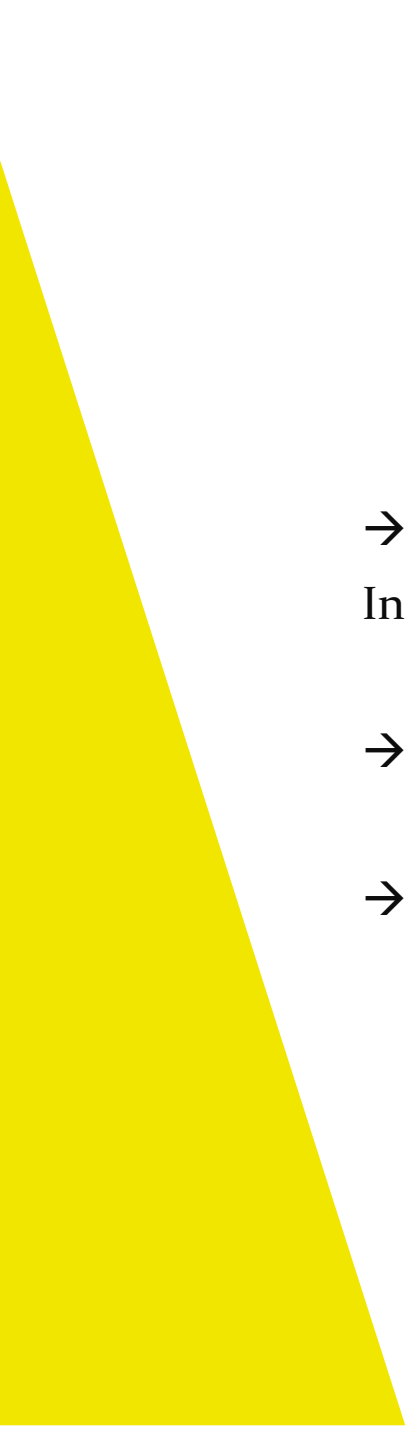
Hybride Sporthal Waddinxveen

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 CO₂-uitstoot komt van de gebouwde omgeving.

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

IMd

Levels of circularity: 10 R's



© J. Cramer, 2015

IMd

Voorbeeld: Staalconstructie



MRPI®-EPD: 1 kg (nieuw) staal



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

IMd

Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken

Productiefase			Construc-tiefase		Gebruiksfas							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	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
GWP	kg CO ₂ eq.	1,12 E-1	2,01 E-2	4,77 E-2	0,00	0,00	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	0,00	0,00	5,29 E-3	7,86 E-4	3,22 E-3	6,14 E-6	-2,29 E-2

100%

1,12 kg CO₂ 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	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
GWP	kg CO ₂ eq.	0,198 E-1	2,01 E-2	4,77 E-2	0,00	0,00	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	0,215 E-2	2,42 E-3	5,29 E-3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,29 E-3	7,86 E-4	3,22 E-3	6,14 E-6	-2,21 E-2

~ 15%

0,198 kg CO₂ eq.
0,0215 € /kg



BioPartner Center Leiden: 165 ton staal hergebruikt

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

IMd



Lopende projecten



Tijde



Up Cycle



BioPartner 5

Up Cycle



Grondstoffenstation Afrikaanderplein

Architect: Superuse Studios NL

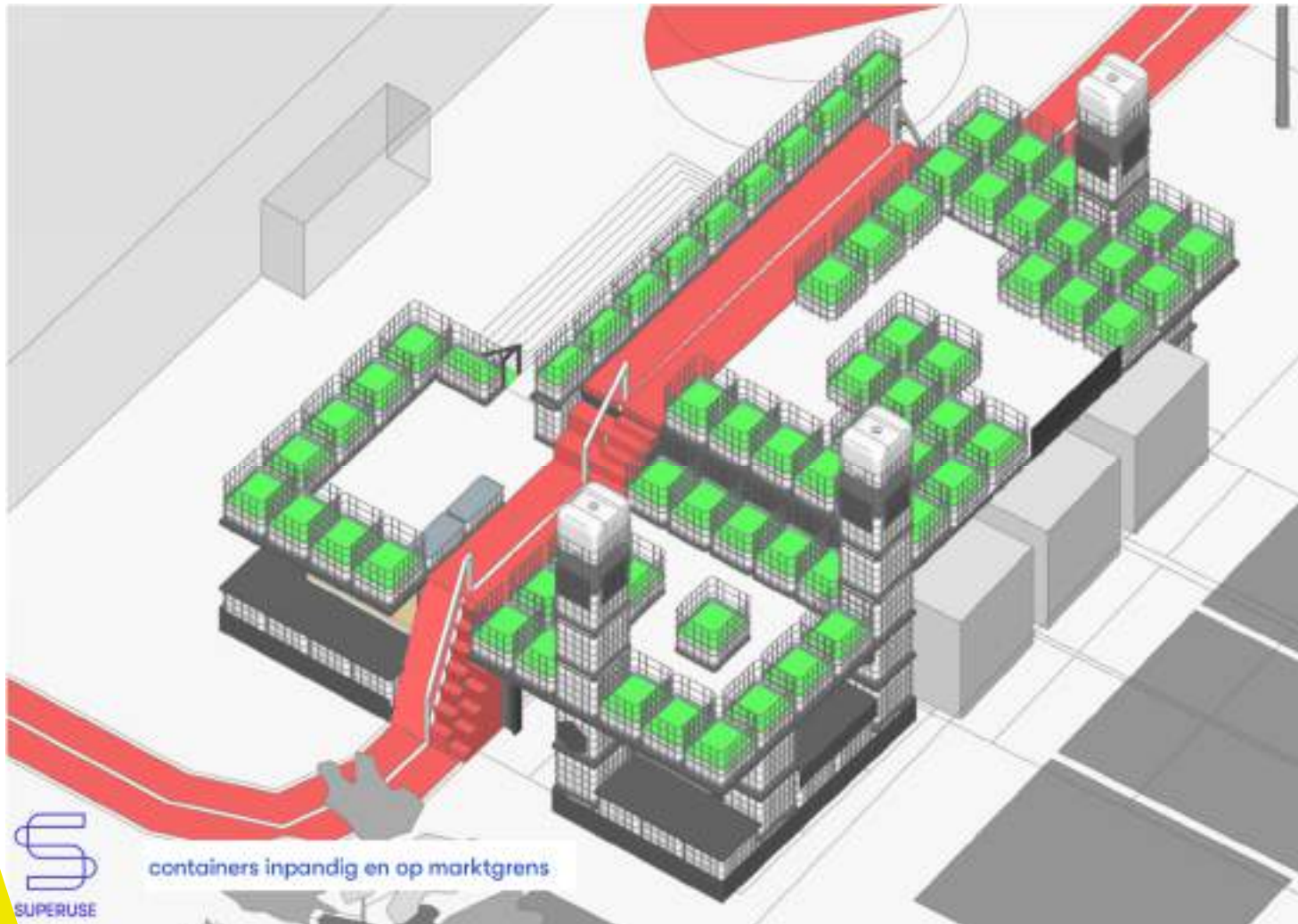


Sporthal Waddinxveen

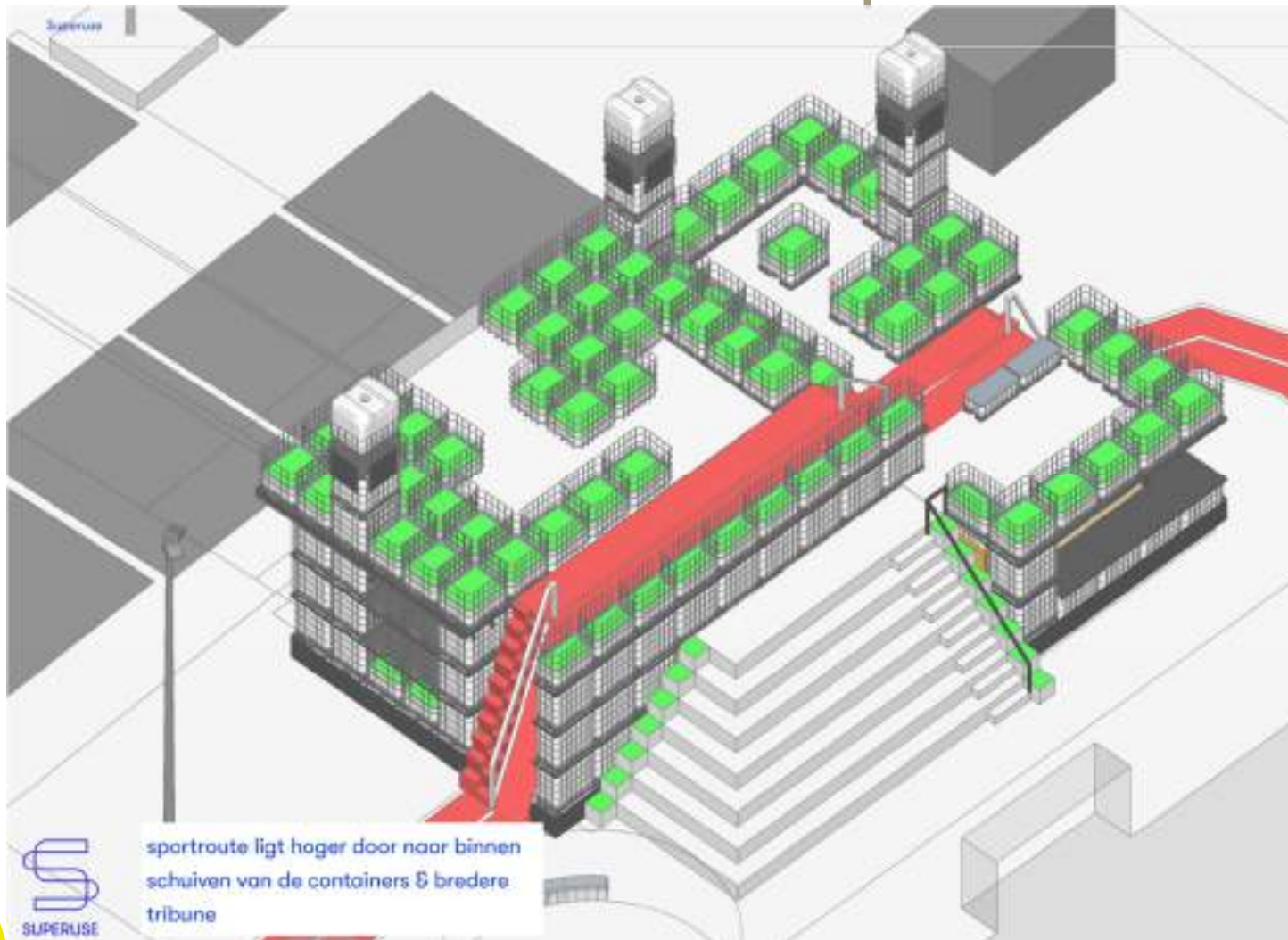
Architect: Topos

BioPartner 5

Grondstoffenstation Afrikaanderplein Rotterdam



Grondstoffenstation Afrikaanderplein Rotterdam



Grondstoffenstation Afrikaanderplein Rotterdam



Grondstoffenstation Afrikaanderplein Rotterdam

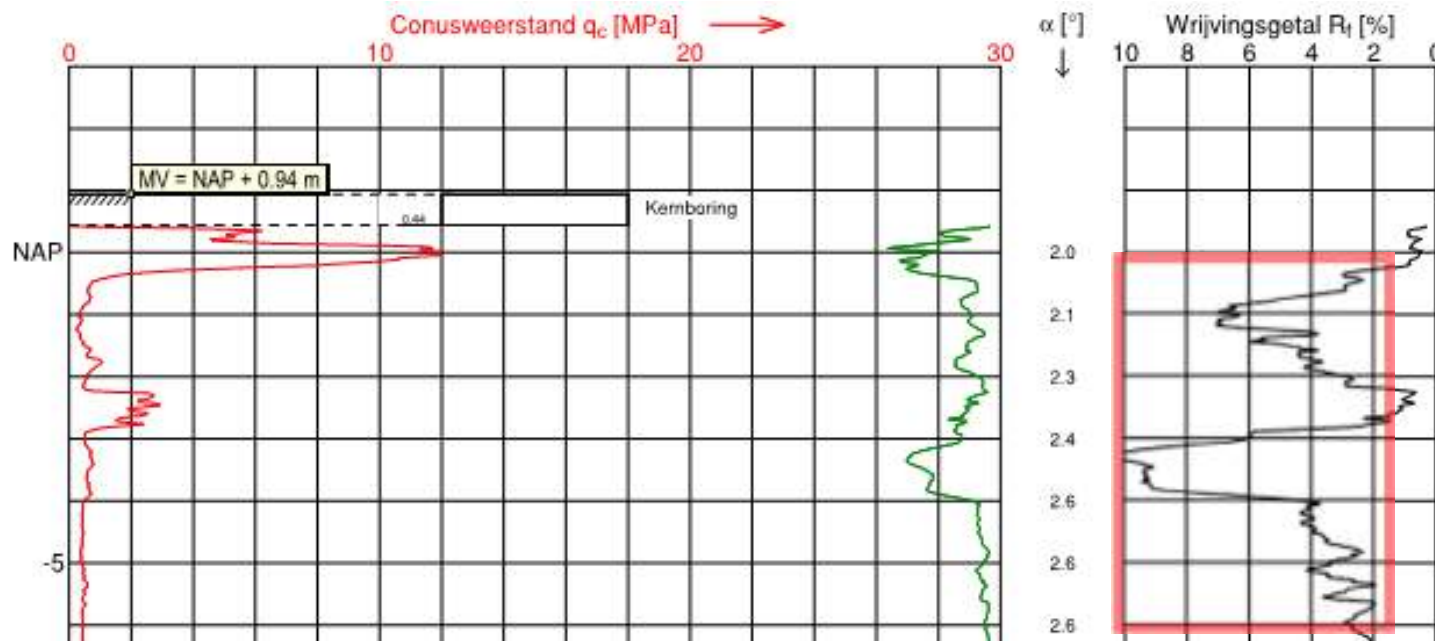
Fundering op stelconplaten



IMd

Grondstoffenstation Afrikaanderplein Rotterdam

Fundering op stelconplaten



Wrijvingsgetals

Zand: 0,5 % - 1,5 %

Klei/Leem: 2% - 4%

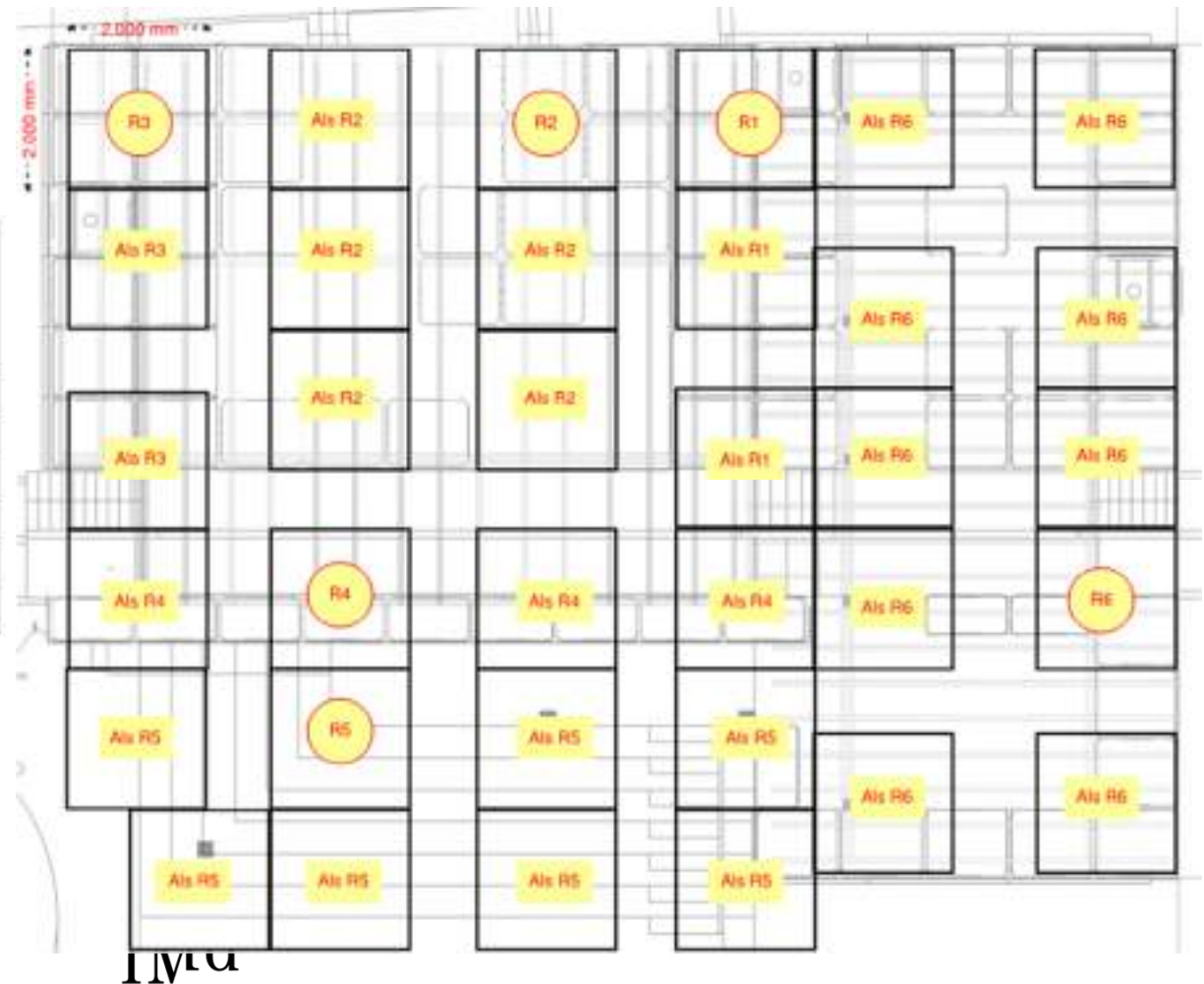
Veen: 8% - 10 %

IMd

Grondstoffenstation Afrikaanderplein Rotterdam

Belastingssituatie	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



Grond



Toevoegen hoeklijn om
horizontaalbelasting te verdelen

Grondstoffenstation Afrikaanderplein Rotterdam



IMd

Grondstoffenstation Afrikaanderplein Rotterdam

Fundering op stelconplaten

Besparing in MKI
Studie volgens SGS

Berekeningsoort	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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

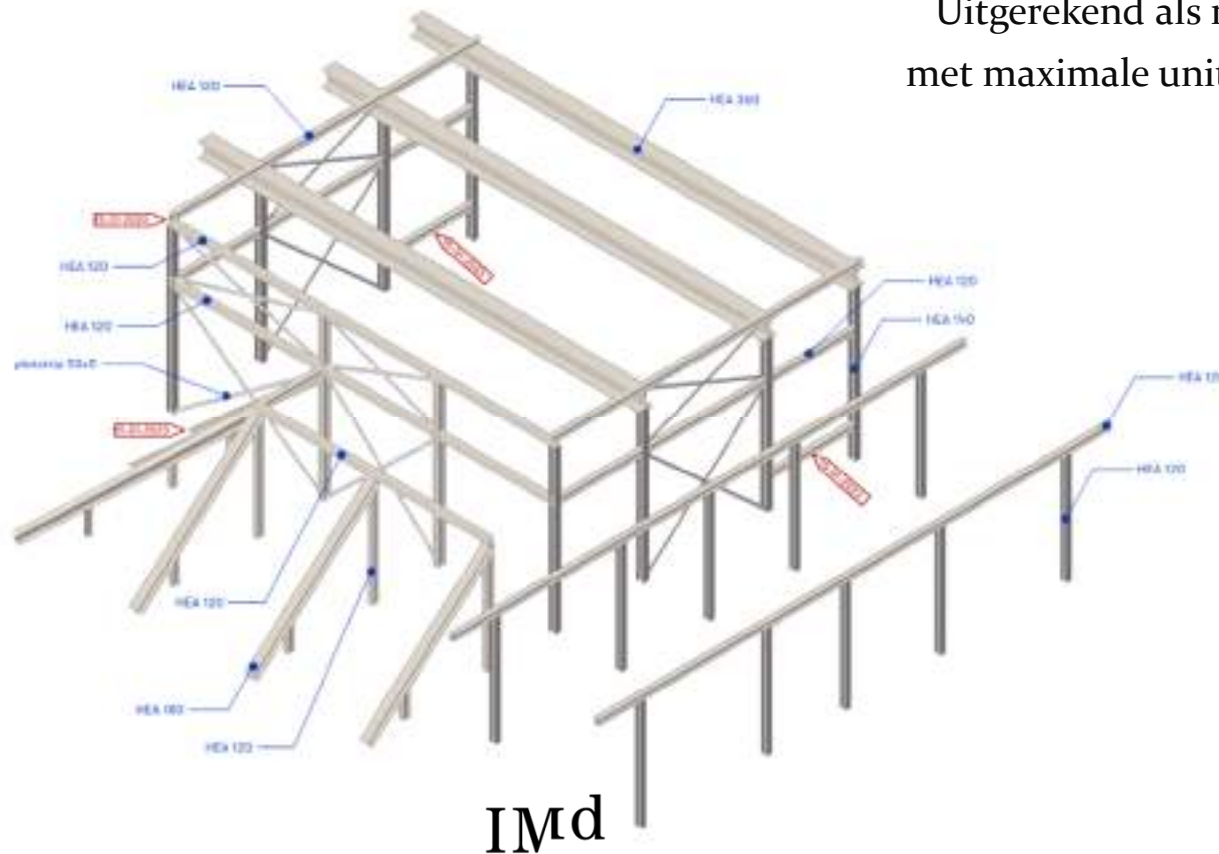
$$\text{Besparing op MKI} = 20,84^* (31,4 + 1,98 + 0,20) = \text{€ } 699,81$$

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 Euro norm 25-72		referentiewaarde voor de vloeigrens f_y , in N/mm ²
aanduiding van de soort	vroegere aanduiding	
Fe 310	Fe 33	300
Fe 360	Fe 37	340
Fe 430	Fe 44	380
Fe 510	Fe 52	460
niet-gecoördineerde staalsoorten		?

¹⁾ Bij diktes groter dan 40 mm en kleiner dan 100 mm moeten de gegeven waarden met 10% worden verlaagd.
²⁾ De minimum vloeigrens (of de 0,2% rekgrens) van het materiaal doch ten hoogste 70% van de treksterkte. Bovendien moet de minimum trek na breuk (A5) ten minste 12% bedragen.
 De voornoemde waarden moeten op dezelfde wijze worden bepaald als de gewaarborgde waarden voor deze grootte van de staalsoorten die wel in Euro norm 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 ²		f_u N/mm ²	
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 ^a	$t \leq 40$		40 < $t \leq 100$	
		f_y	f_u	f_y	f_u
		235	360	215	340
1997-2005	S235	$t \leq 40$		40 < $t \leq 100$	
		f_y	f_u	f_y	f_u
		235	360	215	340
2005-heden	S235	$t \leq 40$		40 < $t \leq 100$	
		f_y	f_u	f_y	f_u
		235	360	215	340

^a 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

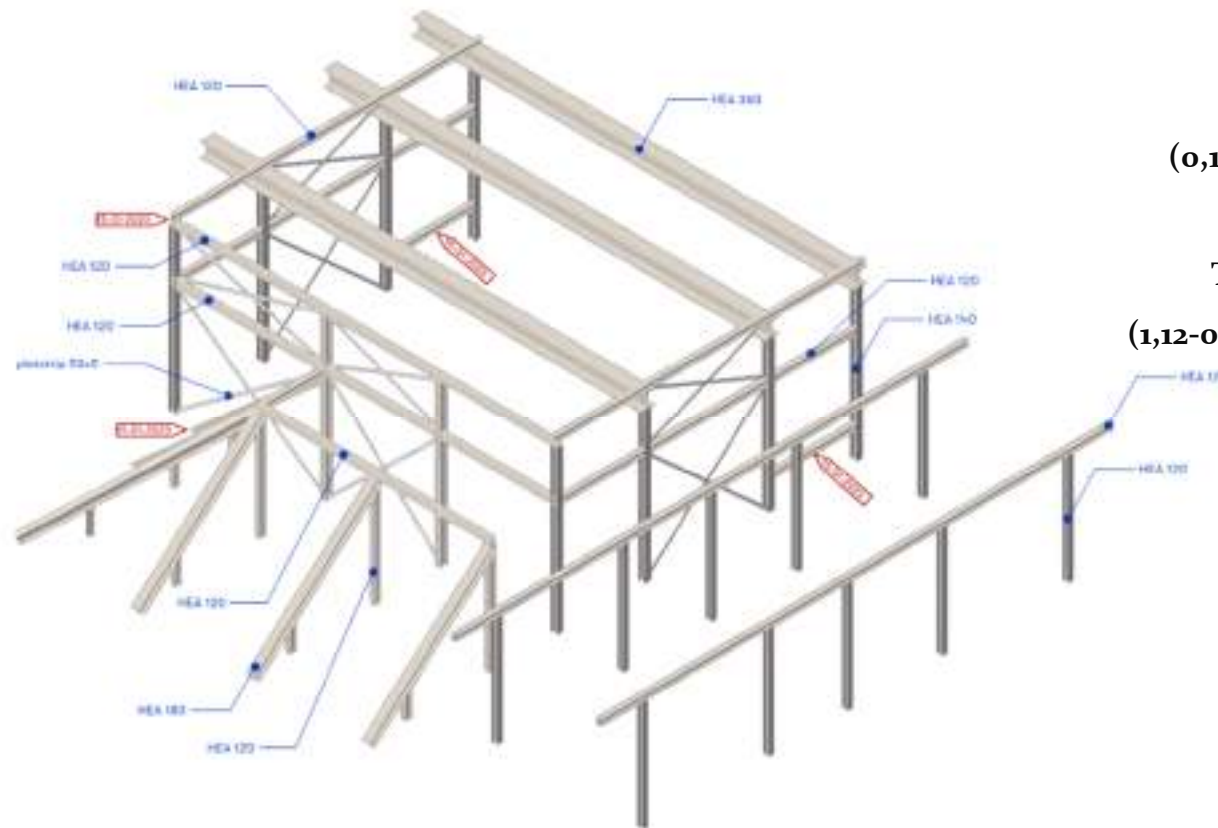
Ca. 7 000 kg hergebruikt staal

Totale besparing op MKI

$$(0,124 - 0,0215) * 7000 = \text{€ } 717,50$$

Totale besparing op GWP

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



IMd









Sporthal Waddinxveen



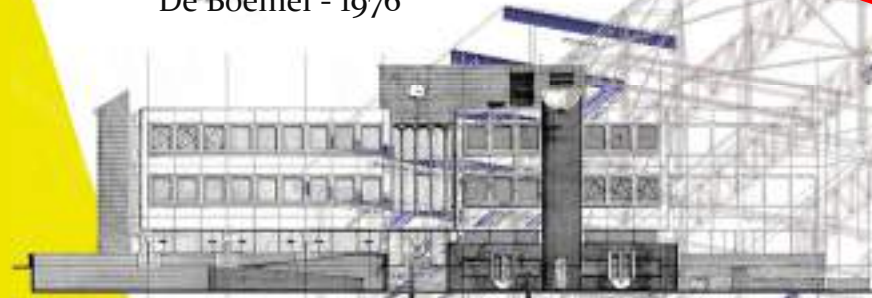
Architect: Topos

IMd

Sporthal Waddinxveen



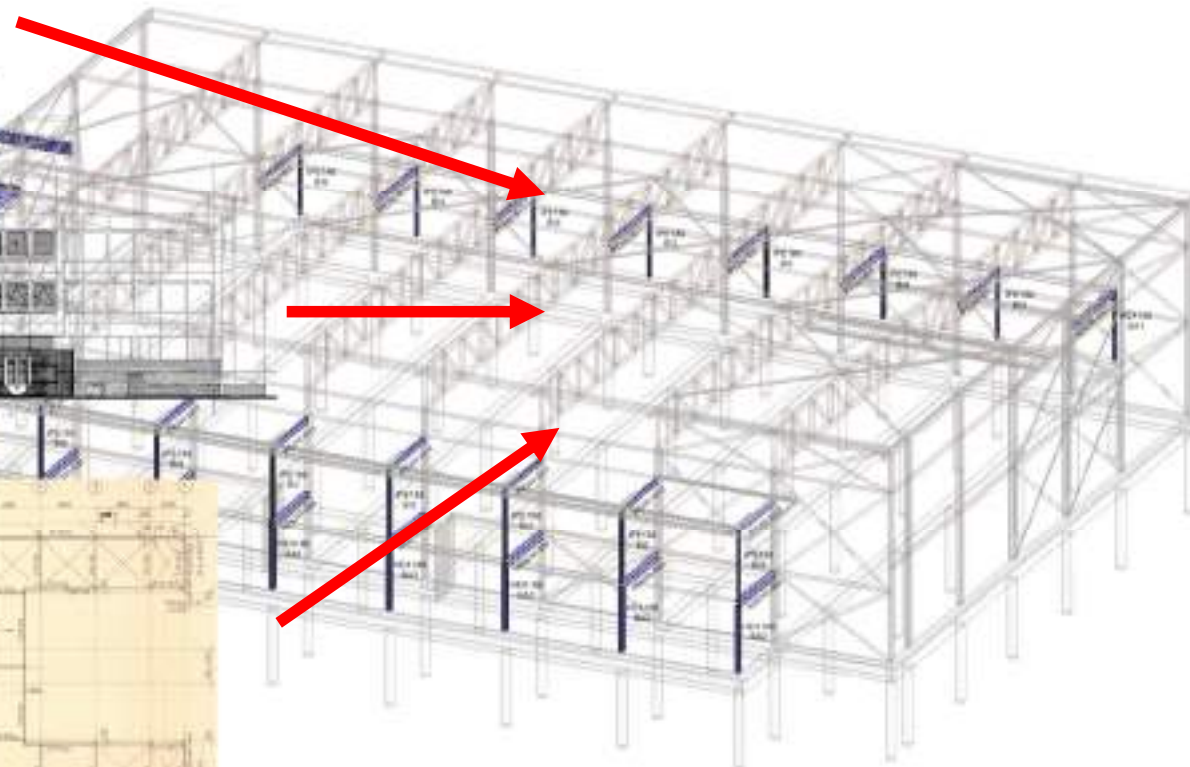
De Boemel - 1976



Oude Gemeentehuis –
1976/1996

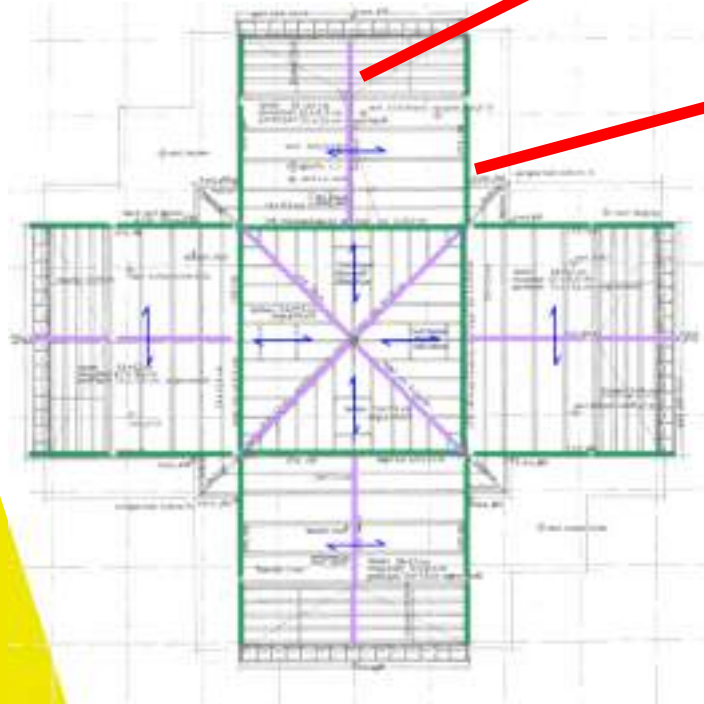


Postsorteerbedrijf - 1986



IMd

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

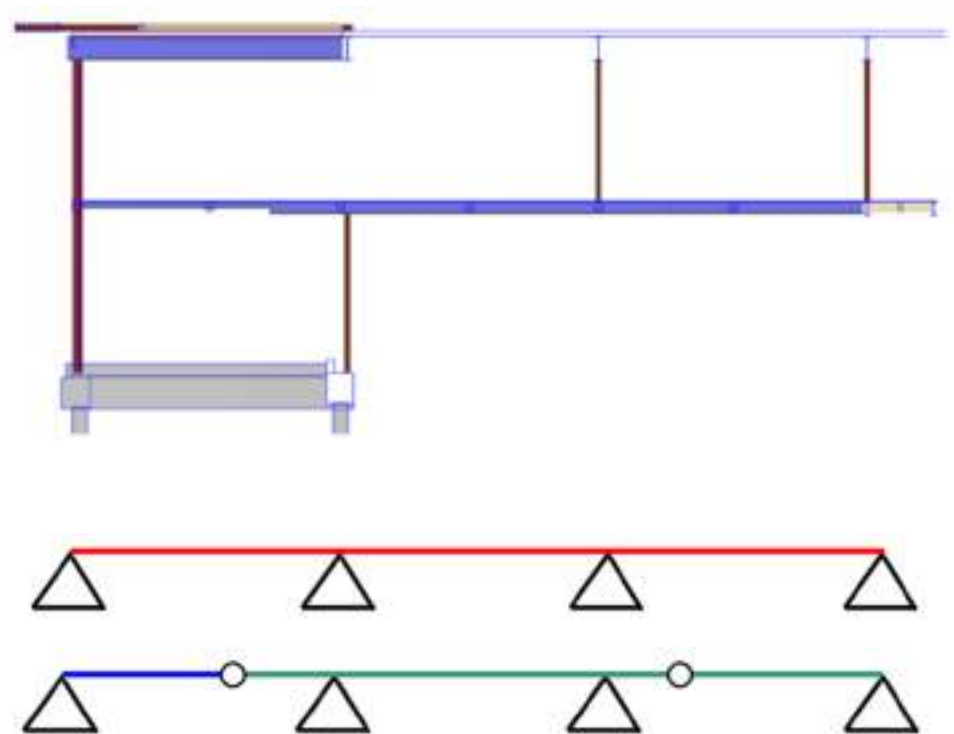
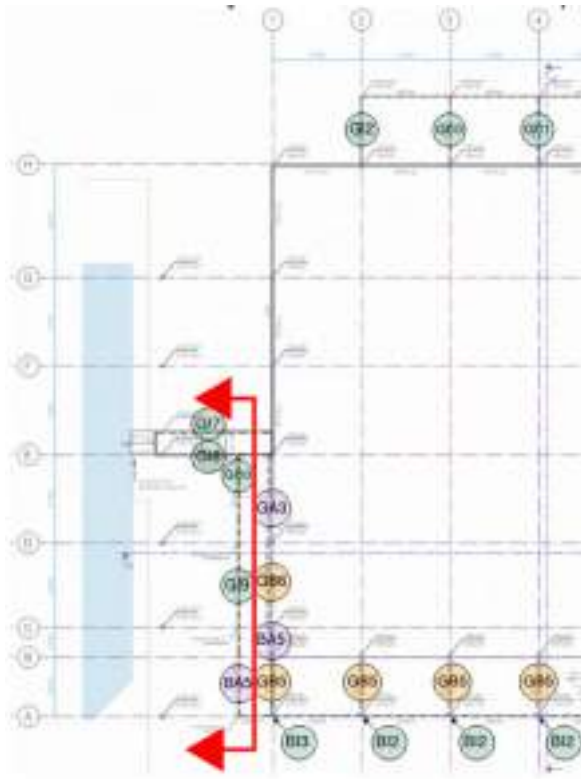
IMd

Sporthal Waddinxveen

[illegible]

IMd

Sporthal Waddinxveen



IMd

3D wireframe model of a multi-story building structure, showing columns, beams, and slabs. The model is rendered in a light blue/grey color scheme.

Legend:

- 1 - Columns
- 2 - Beams
- 3 - Slabs
- 4 - Stairs
- 5 - Lifts
- 6 - Core
- 7 - Core
- 8 - Core
- 9 - Core
- 10 - Core
- 11 - Core
- 12 - Core
- 13 - Core
- 14 - Core
- 15 - Core
- 16 - Core
- 17 - Core
- 18 - Core
- 19 - Core
- 20 - Core
- 21 - Core
- 22 - Core
- 23 - Core
- 24 - Core
- 25 - Core
- 26 - Core
- 27 - Core
- 28 - Core
- 29 - Core
- 30 - Core
- 31 - Core
- 32 - Core
- 33 - Core
- 34 - Core
- 35 - Core
- 36 - Core
- 37 - Core
- 38 - Core
- 39 - Core
- 40 - Core
- 41 - Core
- 42 - Core
- 43 - Core
- 44 - Core
- 45 - Core
- 46 - Core
- 47 - Core
- 48 - Core
- 49 - Core
- 50 - Core
- 51 - Core
- 52 - Core
- 53 - Core
- 54 - Core
- 55 - Core
- 56 - Core
- 57 - Core
- 58 - Core
- 59 - Core
- 60 - Core
- 61 - Core
- 62 - Core
- 63 - Core
- 64 - Core
- 65 - Core
- 66 - Core
- 67 - Core
- 68 - Core
- 69 - Core
- 70 - Core
- 71 - Core
- 72 - Core
- 73 - Core
- 74 - Core
- 75 - Core
- 76 - Core
- 77 - Core
- 78 - Core
- 79 - Core
- 80 - Core
- 81 - Core
- 82 - Core
- 83 - Core
- 84 - Core
- 85 - Core
- 86 - Core
- 87 - Core
- 88 - Core
- 89 - Core
- 90 - Core
- 91 - Core
- 92 - Core
- 93 - Core
- 94 - Core
- 95 - Core
- 96 - Core
- 97 - Core
- 98 - Core
- 99 - Core
- 100 - Core

Hergebruikt staal = 12,2 ton

$$(0,124-0,0215)^*12,200 = \text{€ } 1250,50$$
$$0,124^*(71,700+12,200) = \text{€ } 10403,60$$

Besparing van $1250/10403 = \underline{12\%}$

$$(1,12-0,198)^*_{12,200} = 11,2 \text{ ton CO}_2$$
$$1,12^*(71,700+12,200) = 93,9 \text{ ton CO}_2$$

Besparing van $11,2/93,9 = \underline{12\%}$

IMd



GI 12

GI 17



HEB 280

GB8

IPE 240

G11

HEB 240

Sporthal Waddinxveen

Aangehouden is 200 N/mm² (of UC <0,85)



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

Tabel 5.1: Indeling keuringseenheden

IMd

Sporthal Waddinxveen

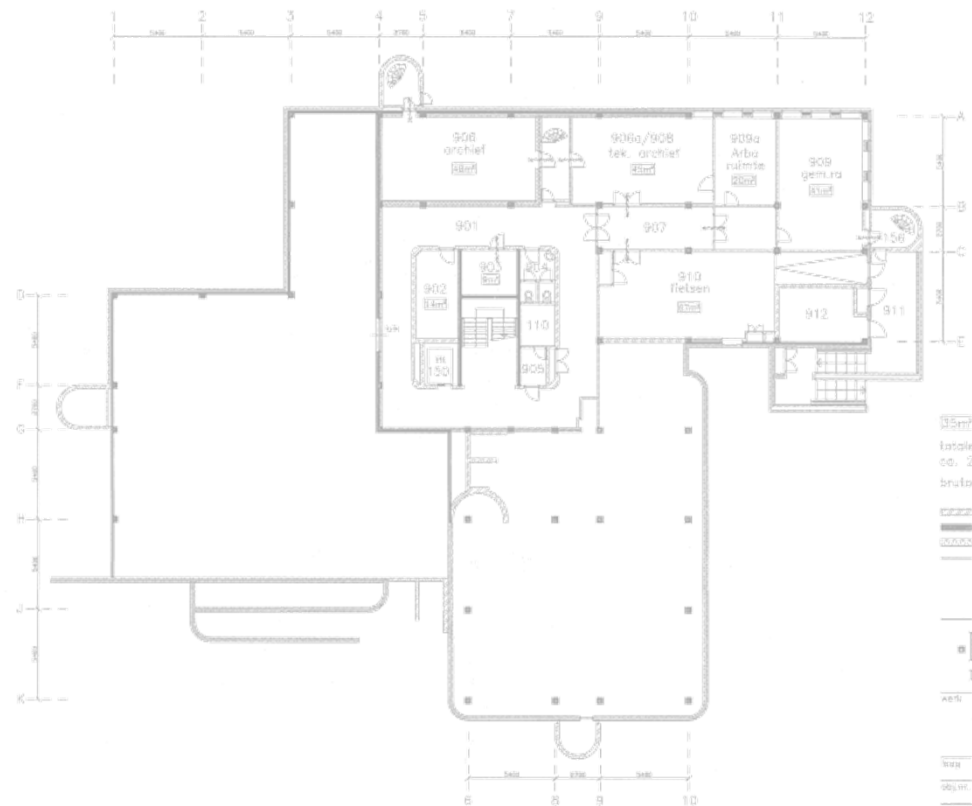
Document Naam	Document Type	Document Status	Document Aantal	Document Aantal	Document Aantal
NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST
NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST
NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST
NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST

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

NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST
NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST
NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST
NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST
NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST	NEBEST

IMd

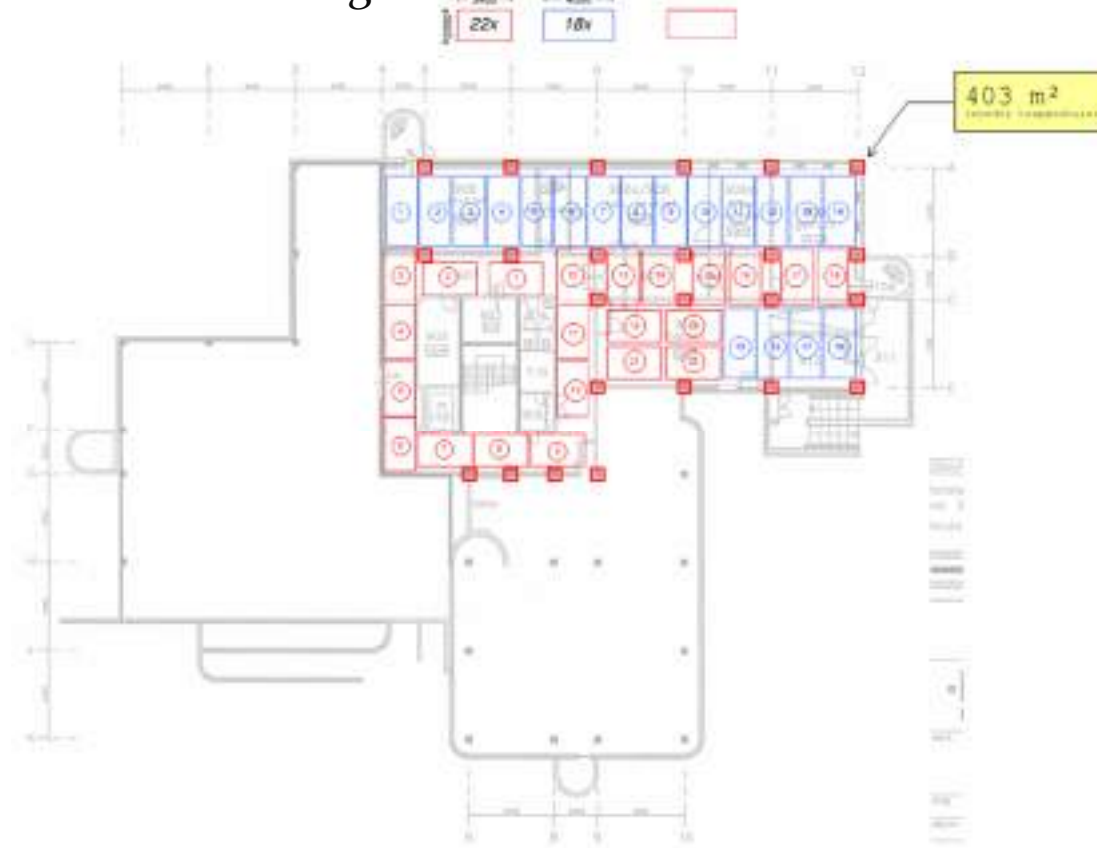
Hergebruik betonvloer



IMd

Sporthal Waddinxveen

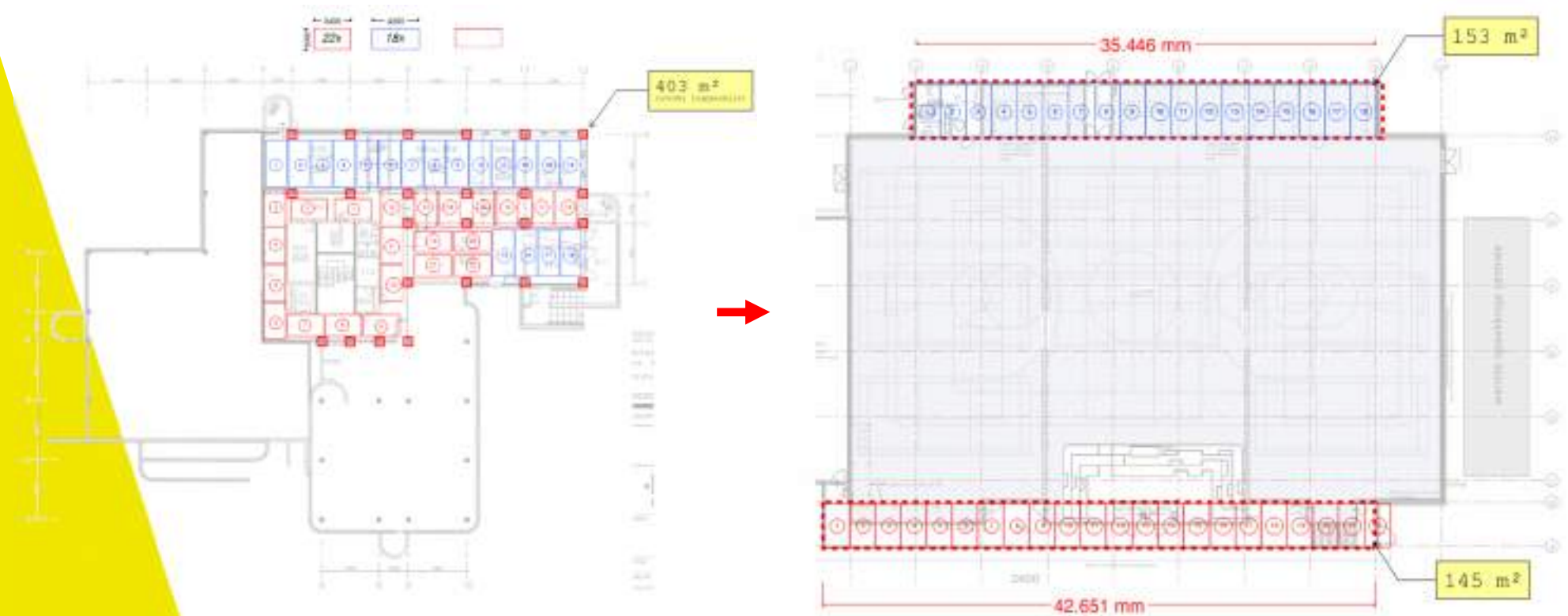
Hergebruik betonvloer



IMd

Sporthal Waddinxveen

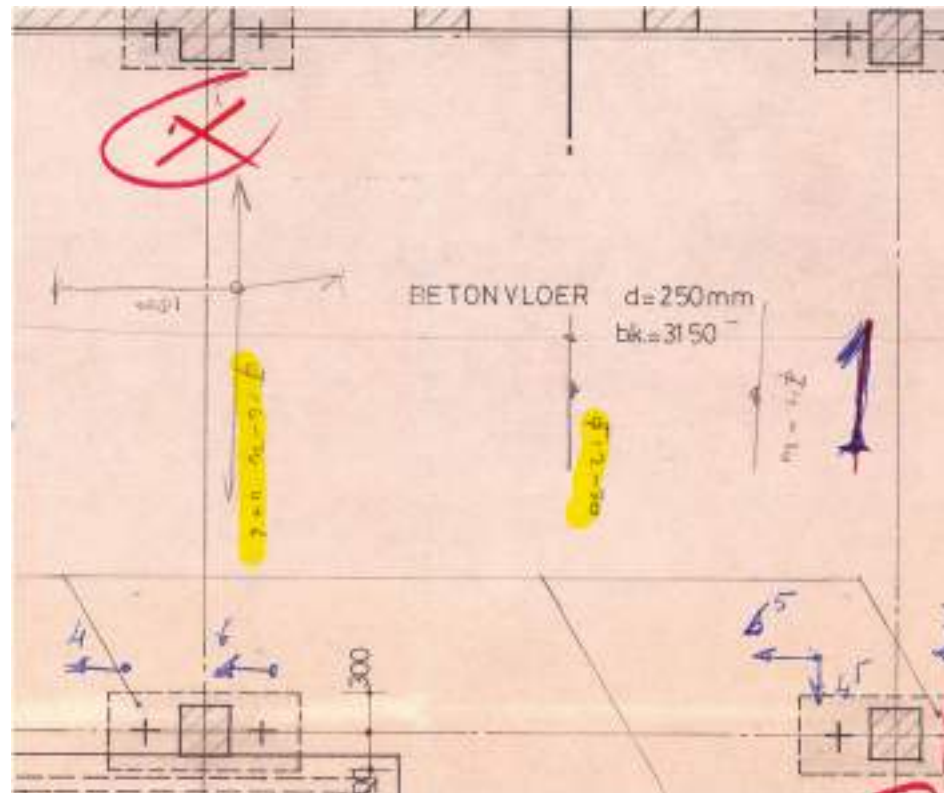
Hergebruik betonvloer



IMd

Sporthal Waddinxveen

Hergebruik betonvloer



Benodigd Ø8-150

IMd









IMd

Raadgevende
Ingenieurs

Rekenen aan hergebruik

Ir. Patrick Lenaers PDEng