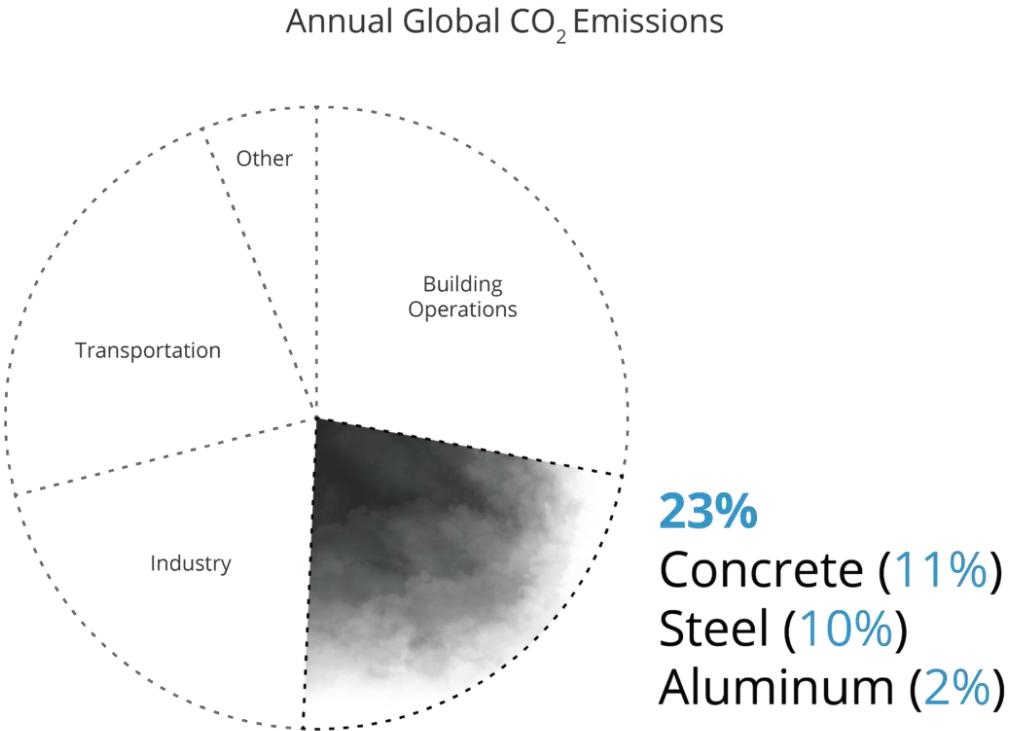




Transformaties met staalskelet - 2 november 2023
Rob Doomen – Pieters Bouwtechniek

Woord vooraf

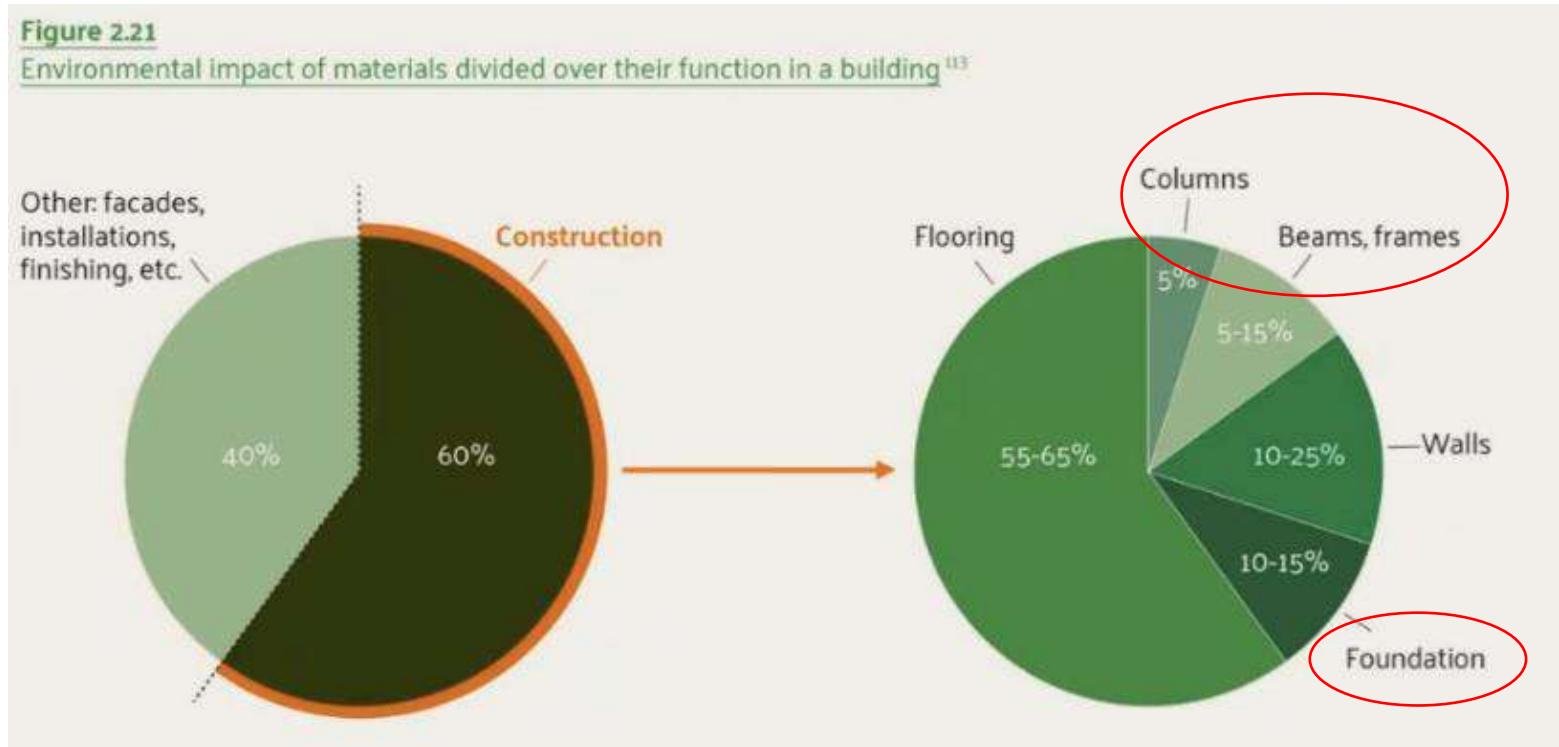
Aandeel gebouwmaterialen in CO₂ uitstoot



© Architecture 2030. All Rights Reserved.
Data Sources: Global ABC Global Status Report 2018, EIA

Aandeel klimaatbelasting constructie

Bron: Tomorrow's Timber



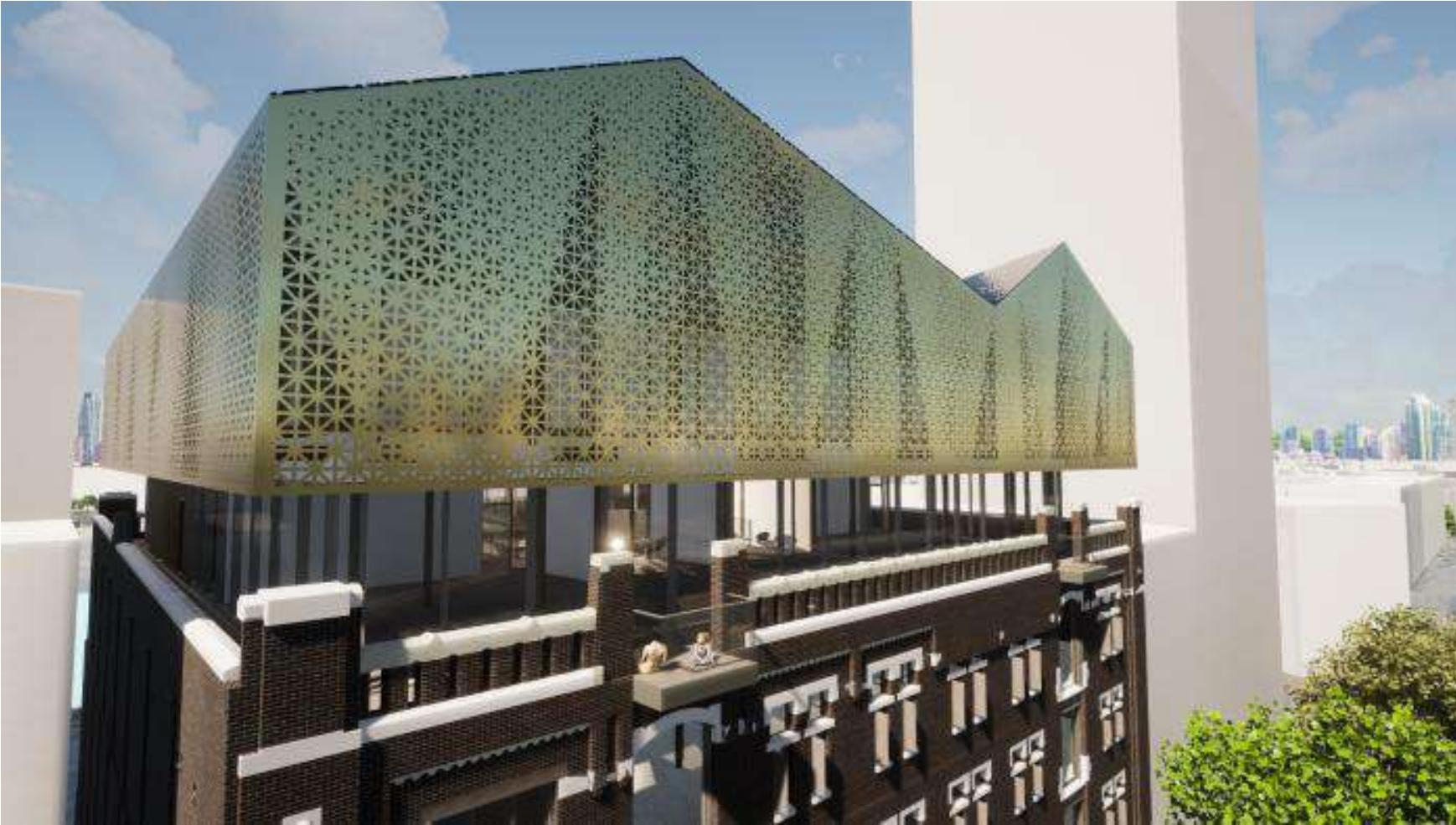
Conclusie:

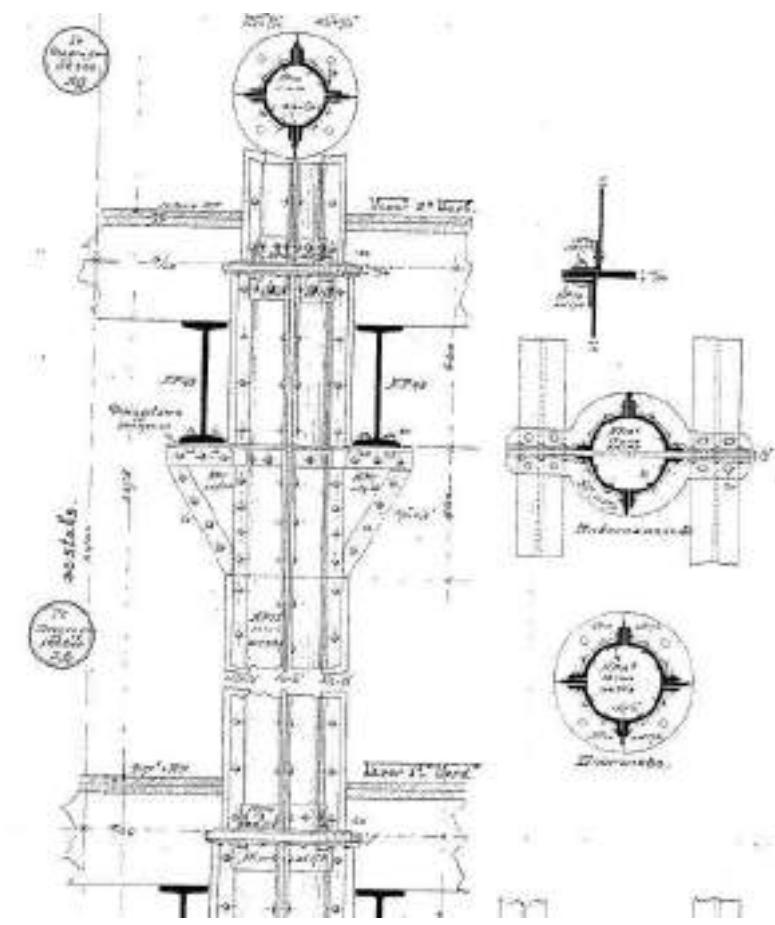
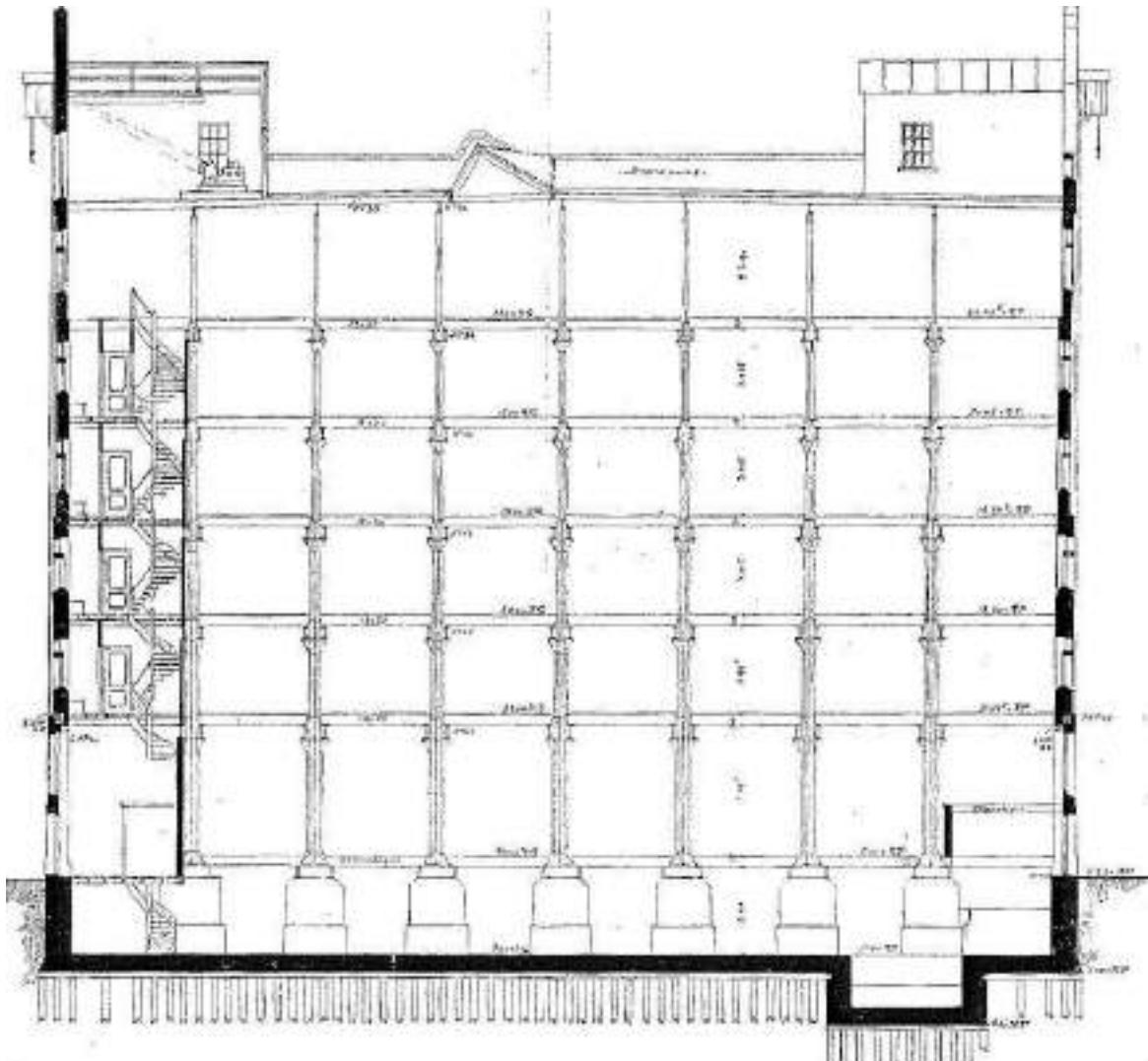
- Constructies niet zomaar slopen.
- Maak constructies die heel lang meegaan.

Pakhuis Santos Rotterdam



Santos





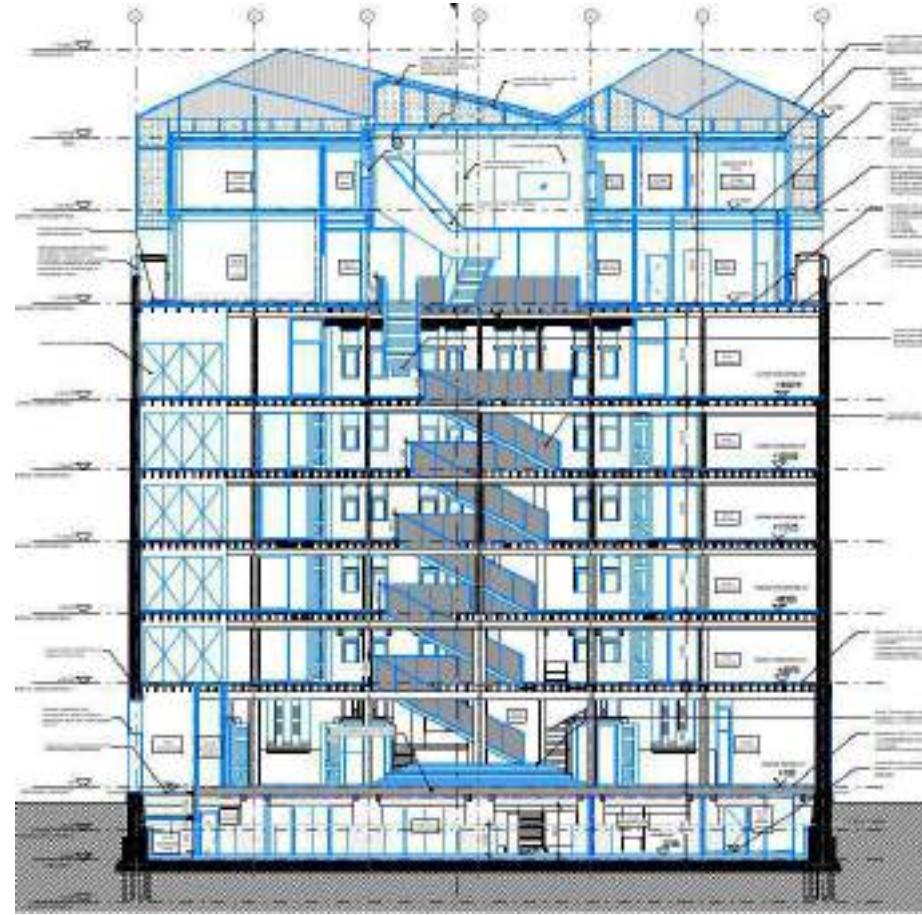
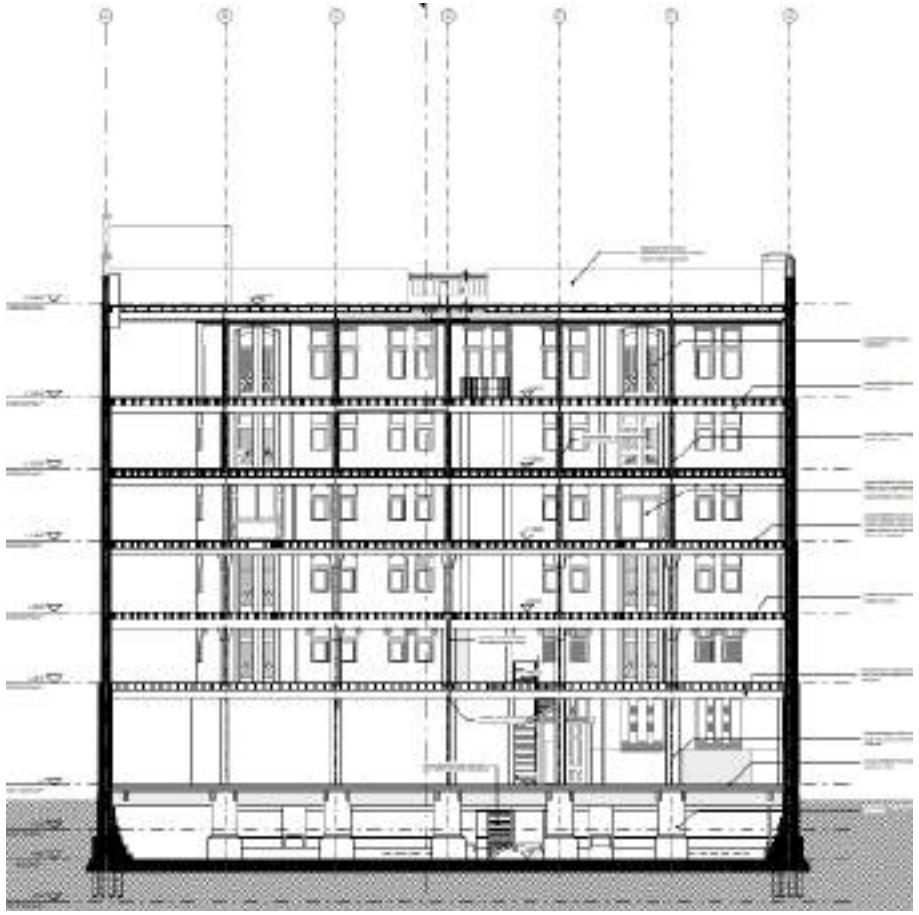


Beoordeling vooraf



TABEL XIV.											
Gewicht, stijfingen enz. van I-ijzer, volgens de Duitse Normalprofilen. ¹⁾											
(Vloerplaat. Standaard Gew. = 1,85.)											
Normale lengte = 10 M.											
Maximale λ = 14 M.											
Hoogte der flamm. = 14%.											
Scherf der afstand zwischen flamm. en R = d.											
Scherf der tussende tensitairing $t = 0,6 d$.											
De bij elkander geopposeerde profieldeuren kunnen gelijk overprj.											
$J = \text{afstand tuschen zwei I-ijzern, van gelijk}$ $\text{hoofdtraagsleidument} (= 2 f_{\text{d}})$											
Profielnummer	gewicht per m	breedte van de vloerplaat	breedte van de vloerplaat	Dicke van de vloerplaat	dicke van de vloerplaat	dicke van de vloerplaat	Traagheids- moment	Widerstandsmo- ment	$\frac{W_x}{W_y}$	$\frac{W_y}{W_x}$	Profielsoort
1	1,85	30	35	4	4	4	120	120	1,30	0,77	I-ijzer
2	1,85	30	35	4	4	4	140	140	1,33	0,74	I-ijzer
3	1,85	35	40	4	4	4	160	160	1,35	0,71	I-ijzer
4	1,85	40	45	4	4	4	180	180	1,37	0,68	I-ijzer
5	1,85	45	50	4	4	4	200	200	1,39	0,65	I-ijzer
6	1,85	50	55	4	4	4	220	220	1,41	0,62	I-ijzer
7	1,85	55	60	4	4	4	240	240	1,43	0,59	I-ijzer
8	1,85	60	65	4	4	4	260	260	1,45	0,56	I-ijzer
9	1,85	65	70	4	4	4	280	280	1,47	0,53	I-ijzer
10	1,85	70	75	4	4	4	300	300	1,49	0,50	I-ijzer
11	1,85	75	80	4	4	4	320	320	1,51	0,47	I-ijzer
12	1,85	80	85	4	4	4	340	340	1,53	0,44	I-ijzer
13	1,85	85	90	4	4	4	360	360	1,55	0,41	I-ijzer
14	1,85	90	95	4	4	4	380	380	1,57	0,38	I-ijzer
15	1,85	95	100	4	4	4	400	400	1,59	0,35	I-ijzer
16	1,85	100	105	4	4	4	420	420	1,61	0,32	I-ijzer
17	1,85	105	110	4	4	4	440	440	1,63	0,29	I-ijzer
18	1,85	110	115	4	4	4	460	460	1,65	0,26	I-ijzer
19	1,85	115	120	4	4	4	480	480	1,67	0,23	I-ijzer
20	1,85	120	125	4	4	4	500	500	1,69	0,20	I-ijzer
21	1,85	125	130	4	4	4	520	520	1,71	0,17	I-ijzer
22	1,85	130	135	4	4	4	540	540	1,73	0,14	I-ijzer
23	1,85	135	140	4	4	4	560	560	1,75	0,11	I-ijzer
24	1,85	140	145	4	4	4	580	580	1,77	0,08	I-ijzer
25	1,85	145	150	4	4	4	600	600	1,79	0,05	I-ijzer
26	1,85	150	155	4	4	4	620	620	1,81	0,02	I-ijzer
27	1,85	155	160	4	4	4	640	640	1,83	0,00	I-ijzer
28	1,85	160	165	4	4	4	660	660	1,85	-	I-ijzer
29	1,85	165	170	4	4	4	680	680	1,87	-	I-ijzer
30	1,85	170	175	4	4	4	700	700	1,89	-	I-ijzer
31	1,85	175	180	4	4	4	720	720	1,91	-	I-ijzer
32	1,85	180	185	4	4	4	740	740	1,93	-	I-ijzer
33	1,85	185	190	4	4	4	760	760	1,95	-	I-ijzer
34	1,85	190	195	4	4	4	780	780	1,97	-	I-ijzer
35	1,85	195	200	4	4	4	800	800	1,99	-	I-ijzer
36	1,85	200	205	4	4	4	820	820	2,01	-	I-ijzer
37	1,85	205	210	4	4	4	840	840	2,03	-	I-ijzer
38	1,85	210	215	4	4	4	860	860	2,05	-	I-ijzer
39	1,85	215	220	4	4	4	880	880	2,07	-	I-ijzer
40	1,85	220	225	4	4	4	900	900	2,09	-	I-ijzer
41	1,85	225	230	4	4	4	920	920	2,11	-	I-ijzer
42	1,85	230	235	4	4	4	940	940	2,13	-	I-ijzer
43	1,85	235	240	4	4	4	960	960	2,15	-	I-ijzer
44	1,85	240	245	4	4	4	980	980	2,17	-	I-ijzer
45	1,85	245	250	4	4	4	1000	1000	2,19	-	I-ijzer
46	1,85	250	255	4	4	4	1020	1020	2,21	-	I-ijzer
47	1,85	255	260	4	4	4	1040	1040	2,23	-	I-ijzer
48	1,85	260	265	4	4	4	1060	1060	2,25	-	I-ijzer
49	1,85	265	270	4	4	4	1080	1080	2,27	-	I-ijzer
50	1,85	270	275	4	4	4	1100	1100	2,29	-	I-ijzer
51	1,85	275	280	4	4	4	1120	1120	2,31	-	I-ijzer
52	1,85	280	285	4	4	4	1140	1140	2,33	-	I-ijzer
53	1,85	285	290	4	4	4	1160	1160	2,35	-	I-ijzer
54	1,85	290	295	4	4	4	1180	1180	2,37	-	I-ijzer
55	1,85	295	300	4	4	4	1200	1200	2,39	-	I-ijzer
56	1,85	300	305	4	4	4	1220	1220	2,41	-	I-ijzer
57	1,85	305	310	4	4	4	1240	1240	2,43	-	I-ijzer
58	1,85	310	315	4	4	4	1260	1260	2,45	-	I-ijzer
59	1,85	315	320	4	4	4	1280	1280	2,47	-	I-ijzer
60	1,85	320	325	4	4	4	1300	1300	2,49	-	I-ijzer
61	1,85	325	330	4	4	4	1320	1320	2,51	-	I-ijzer
62	1,85	330	335	4	4	4	1340	1340	2,53	-	I-ijzer
63	1,85	335	340	4	4	4	1360	1360	2,55	-	I-ijzer
64	1,85	340	345	4	4	4	1380	1380	2,57	-	I-ijzer
65	1,85	345	350	4	4	4	1400	1400	2,59	-	I-ijzer
66	1,85	350	355	4	4	4	1420	1420	2,61	-	I-ijzer
67	1,85	355	360	4	4	4	1440	1440	2,63	-	I-ijzer
68	1,85	360	365	4	4	4	1460	1460	2,65	-	I-ijzer
69	1,85	365	370	4	4	4	1480	1480	2,67	-	I-ijzer
70	1,85	370	375	4	4	4	1500	1500	2,69	-	I-ijzer
71	1,85	375	380	4	4	4	1520	1520	2,71	-	I-ijzer
72	1,85	380	385	4	4	4	1540	1540	2,73	-	I-ijzer
73	1,85	385	390	4	4	4	1560	1560	2,75	-	I-ijzer
74	1,85	390	395	4	4	4	1580	1580	2,77	-	I-ijzer
75	1,85	395	400	4	4	4	1600	1600	2,79	-	I-ijzer
76	1,85	400	405	4	4	4	1620	1620	2,81	-	I-ijzer
77	1,85	405	410	4	4	4	1640	1640	2,83	-	I-ijzer
78	1,85	410	415	4	4	4	1660	1660	2,85	-	I-ijzer
79	1,85	415	420	4	4	4	1680	1680	2,87	-	I-ijzer
80	1,85	420	425	4	4	4	1700	1700	2,89	-	I-ijzer
81	1,85	425	430	4	4	4	1720	1720	2,91	-	I-ijzer
82	1,85	430	435	4	4	4	1740	1740	2,93	-	I-ijzer
83	1,85	435	440	4	4	4	1760	1760	2,95	-	I-ijzer
84	1,85	440	445	4	4	4	1780	1780	2,97	-	I-ijzer
85	1,85	445	450	4	4	4	1800	1800	2,99	-	I-ijzer
86	1,85	450	455	4	4	4	1820	1820	3,01	-	I-ijzer
87	1,85	455	460	4	4	4	1840	1840	3,03	-	I-ijzer
88	1,85	460	465	4	4	4	1860	1860	3,05	-	I-ijzer
89	1,85	465	470	4	4	4	1880	1880	3,07	-	I-ijzer
90	1,85	470	475	4	4	4	1900	1900	3,09	-	I-ijzer
91	1,85	475	480	4	4	4	1920	1920	3,11	-	I-ijzer
92	1,85	480	485	4	4	4	1940	1940	3,13	-	I-ijzer
93	1,85	485	490	4	4	4	1960	1960	3,15	-	I-ijzer
94	1,85	490	495	4	4	4	1980	1980	3,17	-	I-ijzer
95	1,85	495	500	4	4	4	2000	2000	3,19	-	I-ijzer
96	1,85	500	505	4	4	4	2020	2020	3,21	-	I-ijzer
97	1,85	505	510	4	4	4	2040	2040	3,23	-	I-ijzer
98	1,85	510	515	4	4	4	2060	2060	3,25	-	I-ijzer
99	1,85	515	520	4	4	4	2080	2080	3,27	-	I-ijzer
1											

Santos





Controle corrosie balkkoppen in metselwerk - 2017



Locatie profiel : C; Etage 3

Fotonummer : 291

Bevinding : Corrosie/ delaminatie



Locatie profiel : C; Etage 3

Fotonummer : 292

Bevinding : Corrosie/ delaminatie



Locatie profiel : C; Etage 2

Fotonummer : 399

Bevinding : Visueel geen materiaalaframe zichtbaar.



Locatie profiel : C; Etage 2

Fotonummer : 400

Bevinding : Visueel geen materiaalaframe zichtbaar.

Eerste meting 2017

Ultrasoon (diktemeting), OES (chemische samenstelling) en Equotip (hardheid)

4.3 Resultaten OES metingen

Er zijn op verschillende locaties, te vinden in bijlage 9, Optische Emissie Spectrograaf metingen uitgevoerd. Met de OES metingen is de chemische samenstelling van meerdere kolommen, liggers en voetplaten bepaald. Deze chemische samenstelling is getoetst aan voorgeschreven waarden voor de standaard constructiestaalsoorten. In tabel 4.1 worden de meetresultaten in % massa weergegeven waarna ook het koolstofequivalent (CE) wordt getoond. Het koolstofequivalent is de uitkomst van de onderstaande formule en een belangrijke indicatie voor de lasbaarheid van het materiaal:

$$\text{C-equivalent volgens IIW: } CE = C + \frac{Mn}{s} + \frac{Cr+Mo+V}{s} + \frac{Ni+Cu}{15}$$

Locatie	C	Si	Mn	P	S	Cu	CE
K1	0,05	< 0,005	0,43	0,029	0,028	0,018	0,13
K2	0,04	< 0,005	0,25	0,028	0,032	0,016	0,09
K3	0,04	< 0,005	0,42	0,030	0,029	0,019	0,12
K4	0,05	< 0,005	0,37	0,045	0,043	0,020	0,11
L1	0,03	< 0,005	0,24	0,026	0,033	0,107	0,09
L2	0,03	< 0,005	0,26	0,031	0,034	0,107	0,09
L3	0,03	< 0,005	0,28	0,028	0,025	0,093	0,09
L4	0,05	0,006	0,26	0,023	0,031	0,092	0,10
V1	0,06	< 0,005	0,34	0,042	0,034	0,127	0,13
V2	0,09	< 0,005	0,41	-	-	0,128	0,17

Tabel 4.1 Resultaten OES metingen:

De chemische samenstelling past bij de meest gangbare constructiestaalsoorten als S235, S275, S355. Het materiaal mag door de lage CE waarde (<0,35) als goed lasbaar worden beschouwd.



Tijdens bouw



Nader onderzoek 2021



Figuur 4.1: Verdieping 3, kolom hart



Figuur 4.2: Verdieping 3, kolom hart.



Figuur 4.12: Verdieping 5, ligger



Figuur 4.13: Verdieping 5, ligger



Figuur 4.3: Verdieping 3, ligger



Figuur 4.4: Verdieping 3, ligger; uitgenomen monster



Figuur 4.14: Verdieping 5, ligger; uitgenomen monster

Onderzoek 2021

5 MATERIAALONDERZOEK

5.1 Chemische samenstelling

De chemische samenstelling van de monsters is bepaald door middel van optische emissie spectrometrie. In Tabel 5.1 wordt de gevonden samenstelling gegeven. In alle gevallen betreft het laaggeleerd staal, waarbij de liggers meer fosfor (P), zwavel (S) en koper (Cu) bevatten dan de kolommen. Er is geen silicium (Si) aangetroffen in het materiaal, wat aangeeft dat dit ongekalmeerd is. De kern van het materiaal zal meer legeringselementen bevatten dan de buitenzijde. Vermoedelijk betreft dit Thomas-vloeizijer.

Tabel 5.1: Chemische samenstelling monsters zoals bepaald door middel van optische emissie spectrometrie. Waarden in gewichtsprocenten, basis ijzer.

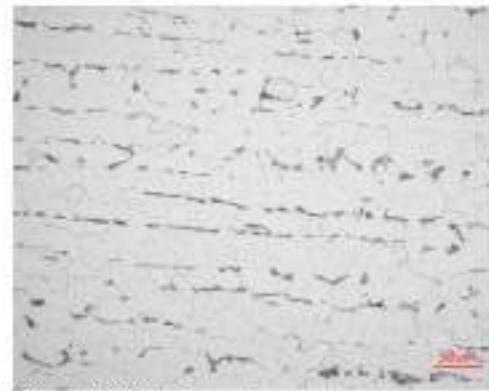
Monster	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%Ni	%Co	%Cu	CE
V3 Kolom	0,04	<0,005	0,46	0,02	0,02	0,01	0,04	0,01	0,04	0,11
V4 Kolom	0,06	<0,005	0,52	0,06	0,04	0,01	0,04	0,01	0,02	0,14
V5 Kolom	0,04	<0,005	0,47	0,04	0,02	0,01	0,04	0,01	0,02	0,11
V3 Ligger	0,04	<0,005	0,52	0,06	0,11	0,01	0,03	0,01	0,13	0,13
V4 Ligger	0,04	<0,005	0,46	0,11	0,10	0,01	0,03	0,01	0,11	0,12
V5 Ligger	0,03	<0,005	0,46	0,06	0,17	0,01	0,03	0,01	0,12	0,11

5.2 Microstructuur

De monsters zijn gerepareerd voor onderzoek van de microstructuur. Na inbedden van een dwarsdoorsnede over het monster in bakelite, zijn deze geschuurd en gepolijst en vervolgens geëtst met 2% Nitro. In Figuur 5.1 tot en met Figuur 5.4 wordt als voorbeeld de microstructuur van het monster van de kolom van verdieping 3 getoond. Hierin is te zien dat de microstructuur voornamelijk bestaat uit ferriet, waarbij opvalt dat de korrels aan de rand van het materiaal groter zijn dan in de kern (vergelijk Figuur 5.1 met Figuur 5.3 en Figuur 5.2 met Figuur 5.4). Ook is duidelijk dat zich aan de rand van het materiaal minder insluisingen bevinden dan in de kern. Dit duidt op een inhomogene structuur en de aanwezigheid van een segregatiezone in de kern van het materiaal. Dit komt overeen met de bevindingen wat betreft de chemische samenstelling van het materiaal, waaruit volgt dat dit ongekalmeerd staal betreft.



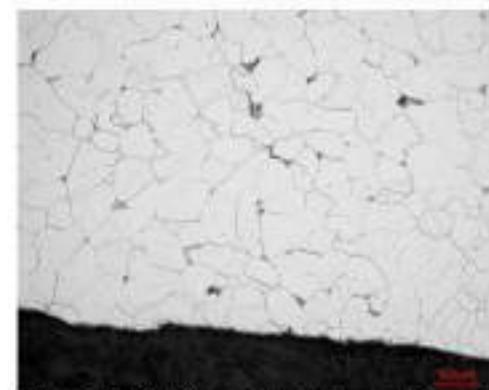
Figuur 5.1: V3 kolom, microstructuur kern



Figuur 5.2: V3 kolom, microstructuur kern



Figuur 5.3: V3 kolom, microstructuur rand



Figuur 5.4: V3 kolom, microstructuur rand

Onderzoek 2021

5.3 Hardheid

Op de dwarsdoorsneds van de monsters is de Vickers hardheid HV10 bepaald. De gevonden harten worden gegeven in Tabel 5.2. In de laatste kolom van de tabel worden de op de harten gebaseerde indicatieve treksterktes volgens EN-ISO 18265:2003 gegeven. De harten zijn allen bepaald in de kern van het materiaal. Zoals te zien, is er een spreiding in de resultaten tussen de verschillende monsters.

Tabel 5.2: Gemeten Vickers hardheid HV10. In de laatste kolom wordt de hierop gebaseerde indicatieve treksterkte volgens EN-ISO 18265:2003 gegeven.

Monster	Hardheid			Indicatieve Treksterkte [MPa]
	Metingen		Gemiddelde	
V3 Ligger	127	127	127	406
V4 Ligger	126	130	131	412
V5 Ligger	120	117	118	379
V3 Kolom	106	107	106	338
V4 Kolom	124	124	123	397
V5 Kolom	121	121	124	391

5.4 Trekproef

Op het monster van de ligger van verdieping 5 is een trekproef uitgevoerd om de vloeigrens, treksterkte en rek te bepalen. De gevonden waarden worden gegeven in Tabel 5.3.

Tabel 5.3: Resultaten trekproef monster van ligger van verdieping 5. Zie Bijlage 3 voor het laboratoriumrapport.

Monster	Vloeiepanning R _{p,0,2} [MPa]	Treksterkte R _u [MPa]	Verlenging A [%]	Oppervlakte reductie Z [%]
V5 Ligger	339	411	31,7	59,7

5.5 Staalkwaliteit

Uit de gevonden chemische samenstelling en microstructuur volgt dat het materiaal waarschijnlijk Thomas-vloeijzer betreft. Het pakhuis stamt uit 1901. In die tijd was dit een veelgebruikt bouwmateriaal. De resultaten van de trekproef en de gemeten harten en daaruit afgeleide indicatieve treksterktes laten zien dat het materiaal qua treksterkte niet hoger ingeschat mag worden dan vergelijkbaar met het huidige staal S235. Met name de liggers bevatten meer fosfor en zwavel dan is toegestaan voor S235.

5.6 Lasbaarheid

Aangezien de chemische samenstelling van het materiaal laat zien dat dit ongekalmeerd materiaal betreft, dient hier rekening mee gehouden te worden bij het evenfueel lassen aan de kolommen en liggers. In het materiaal is sprake van een segregatiezone in de binnenzijde van de profielen, waar de concentratie legeringselementen hoger is dan aan de buitenzijde. Met name fosfor en zwavel maken het materiaal broos en kunnen zorgen voor het ontstaan van een poruze las. Bij lassen aan met name de liggers, waar het fosfor- en zwavelgehalte hoger is dan bij de kolommen dient vermeden te worden dat de las in contact komt met de segregatiezone.

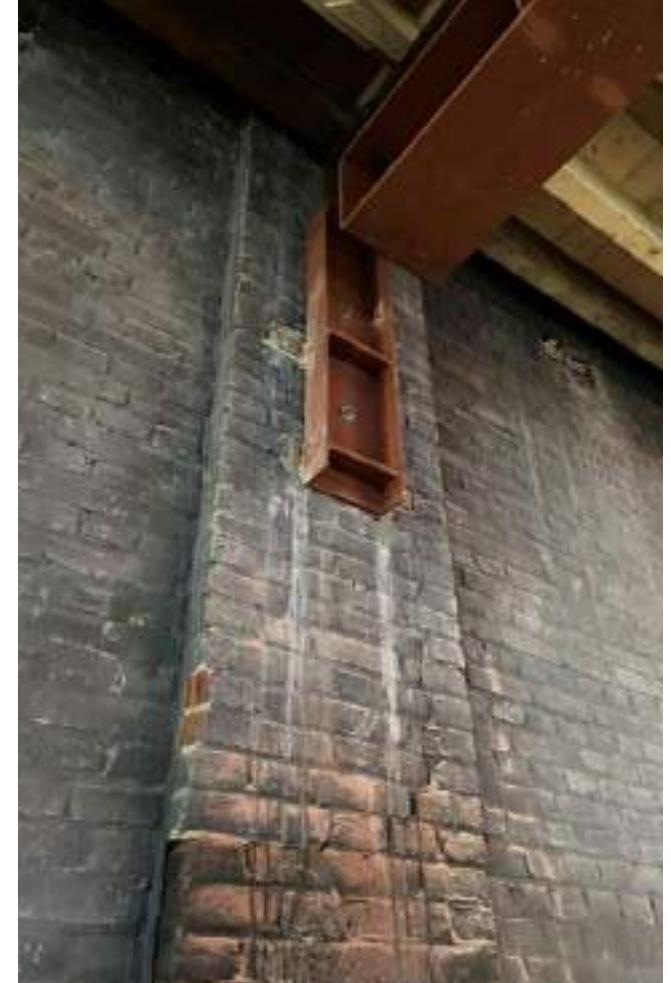
Oud staal, niet zo mooi homogeen als modern staal.

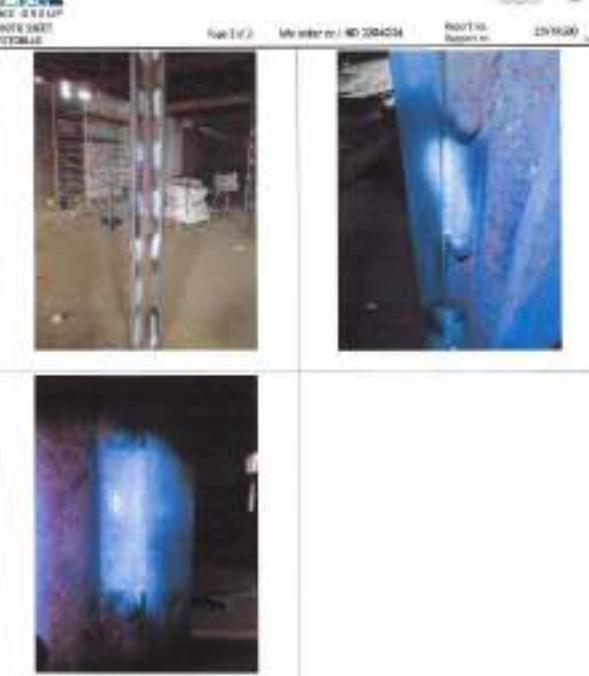
Bij productie koelt buitenkant eerst af; Legeringselementen trekken naar de kern van de doorsnede.

De kern / binnenzijde van de doorsnede is daarom brosser van structuur.

- Alleen lassen aan buitenzijde (aan oppervlakte).
- Laswerk uit laten voeren door bedrijf met kennis en ervaring met lassen aan 'oud' staal.
- Warmte-inbreng beperken. Alleen daar waar nodig. Verstandig lassen / bewust zijn van wat je doet.
- Lassen aan kolommen zoals bedacht geen probleem, maar secuur uitvoeren.
- Lassen aan liggers vereist meer zorg en aandacht.















Introductie



Introductie



Architect: Studio Akkerhuis, Parijs

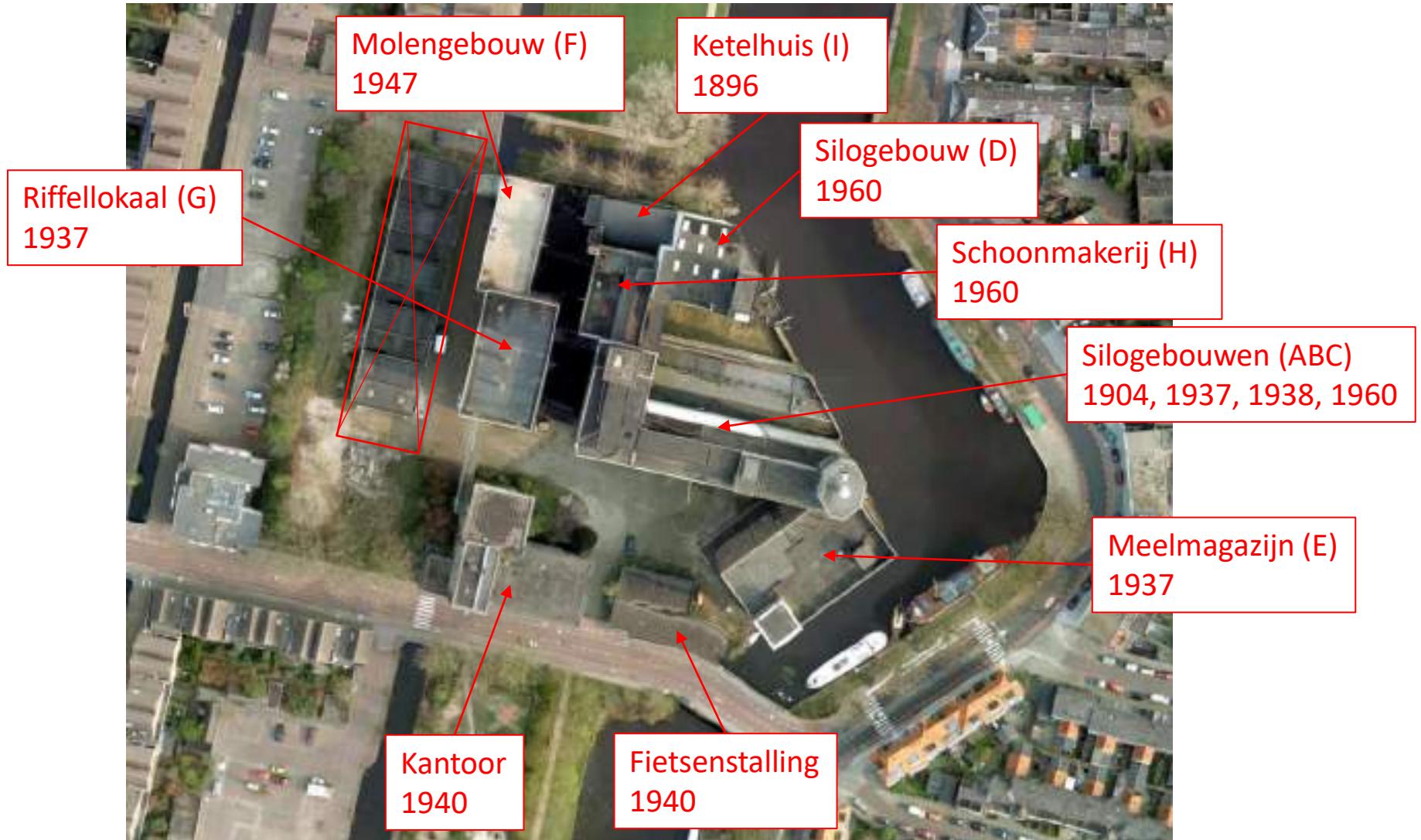
Opdrachtgever: Van der Wiel Beheer BV

Adviseur constructies: Pieters Bouwtechniek

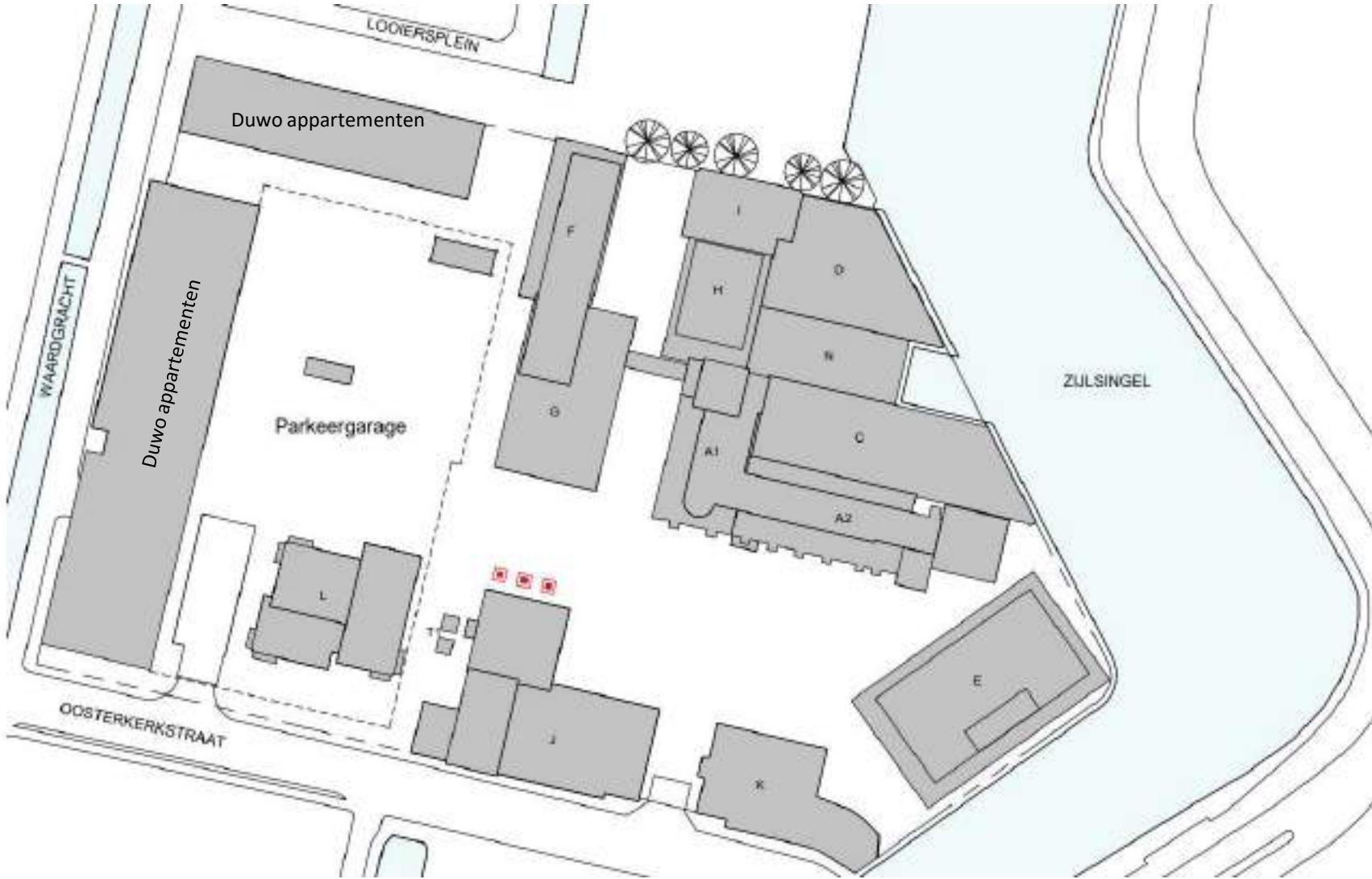
Adviseur bouwfysica en brand: LBP-SIGHT

Adviseur installaties: Burg Installatietechniek

Introductie



Introductie



Introductie



Introductie

Bestaande situatie



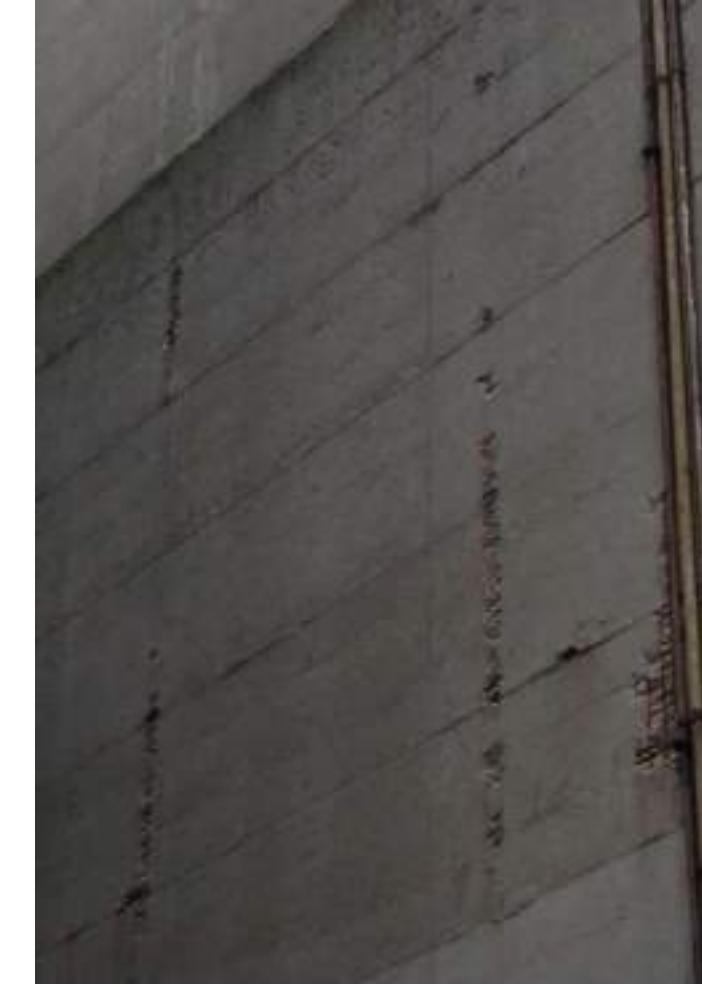
Introductie

Nieuwe situatie









Introductie

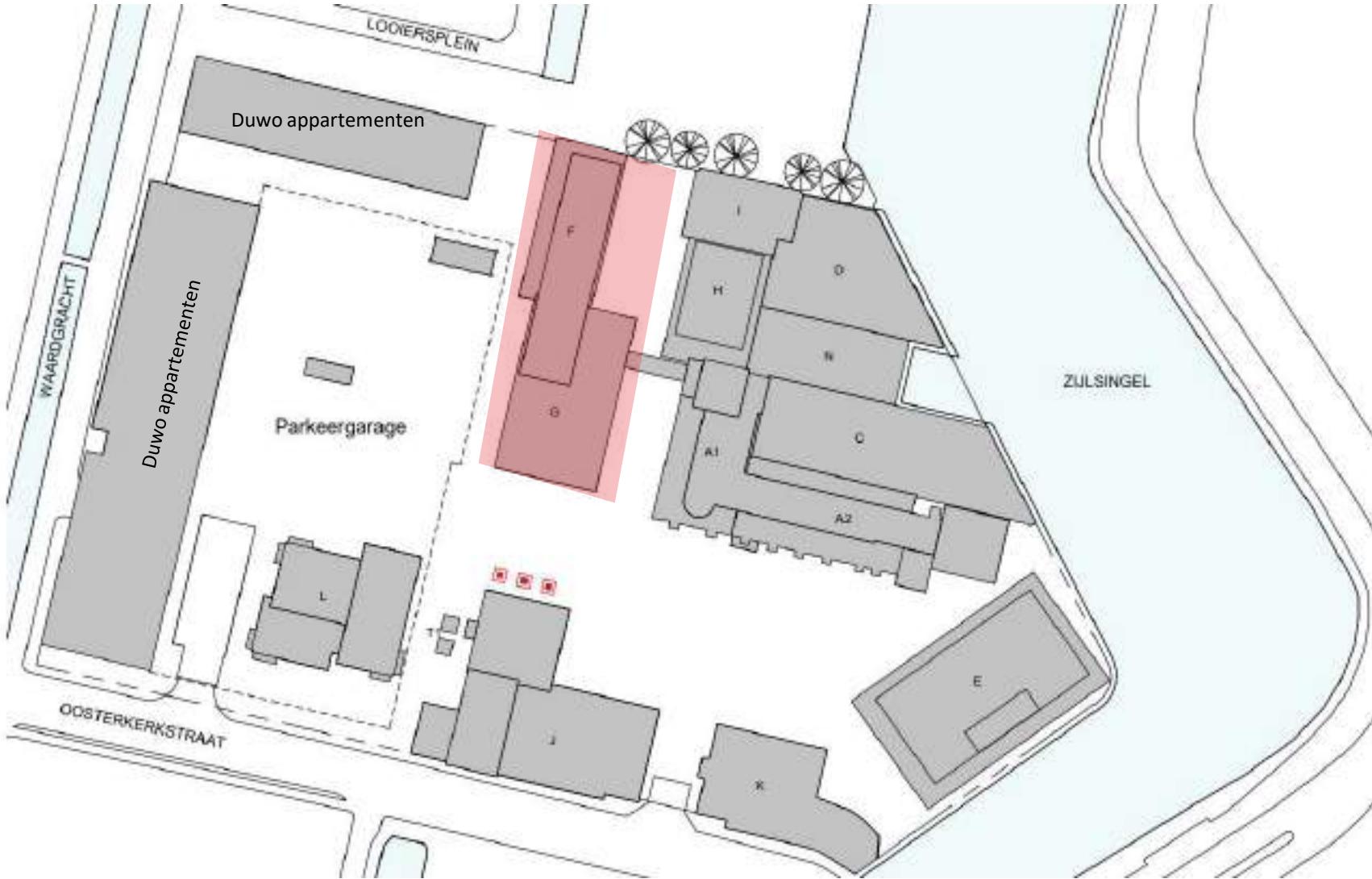
Molengebouw en Riffellokaal (F + G gebouw)







Introductie



Stabiliteit uit stalen portalen



Metingen staal (chemisch en hardheid)



Figuur 1.1: Kolumnen



Figuur 1.2: Liggers



Figuur 2.1: Onderzoekslocatie



Figuur 2.2: OES-metingen

Beproefingsmethode: Protec Equotip 3		
Locatie	Hardheidsmeting [HV]	Theoretische treksterkte [N/mm ²]
G3ML, Begane grond	133	440
G3MF, Begane grond	114	382
G3MV, Begane grond	117	390
G4ML, 1e verdieping	122	406
G4MF, 1e verdieping	123	408
G3LBF, 2e verdieping	137	453

Tabel 3.4 Hardheid gebouw G De Meelfabriek

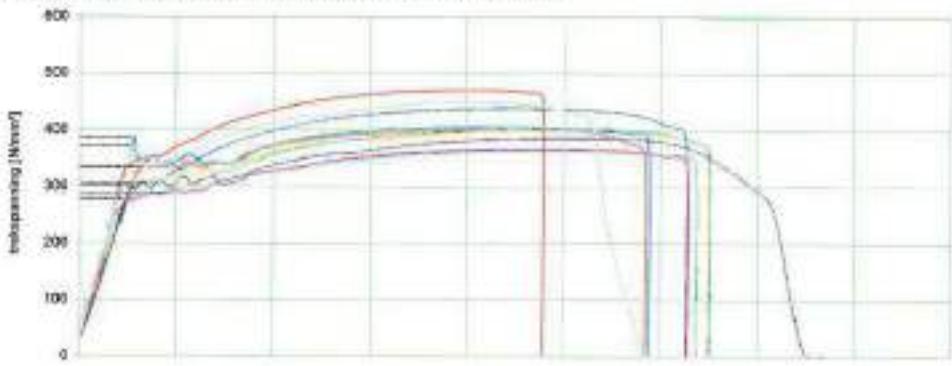
Beproefingsmethode: Protec Equotip 3		
	Hardheidsmeting [HV]	Theoretische treksterkte [N/mm ²]
F3RF, Begane grond	124	411
F4LF, 1e verdieping	125	416
F7BF, 1e verdieping	140	463
F7BL, 1e verdieping	129	429
F4LKP, 2e verdieping	106	353

Tabel 3.5 Hardheid gebouw F De Meelfabriek

Trekproef

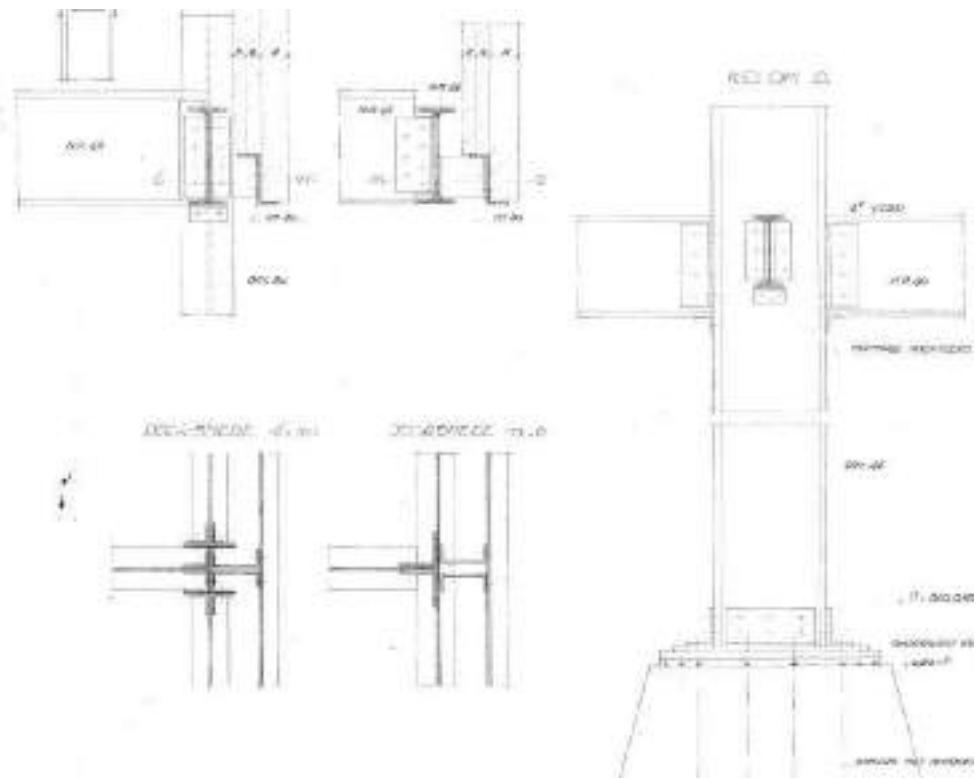
mark	afmetingen [mm]	vloer-R2-rekpress (R _s) [N/mm ²]	treksterkte (R _u) [Nm/mm ²]	R _u /R _s	rek A _s [*] [m]	rek A _s [*] [%]
Deur1-D	Ø 8,0	336	470	1,40	38,0	18,2 %
Deur1-L	Ø 8,0	306	439	1,43	42,5	20,7 %
Deur2-D	Ø 8,0	270	363	1,32	62,0	27,7 %
Deur2-L	Ø 8,0	278	365	1,31	75,0	27,7 %
Trap-D	Ø 8,0	334	400	1,20	55,0	39,7 %
Trap-L	Ø 8,0	286	402	1,41	66,0	24,2 %
UP-D	Ø 6,0	336	402	1,20	32,5	21,2 %
UP-L	Ø 6,0	365	405	1,05	36,0	24,2 %
P-D	Ø 6,0	371	448	1,21	42,0	22,2 %
P-L	Ø 8,0	300	385	1,28	73,0	29,2 %

* rek A_s = breakrek, gerekend over 5 maal de diameter; A_s = rek A_s maximale belasting.



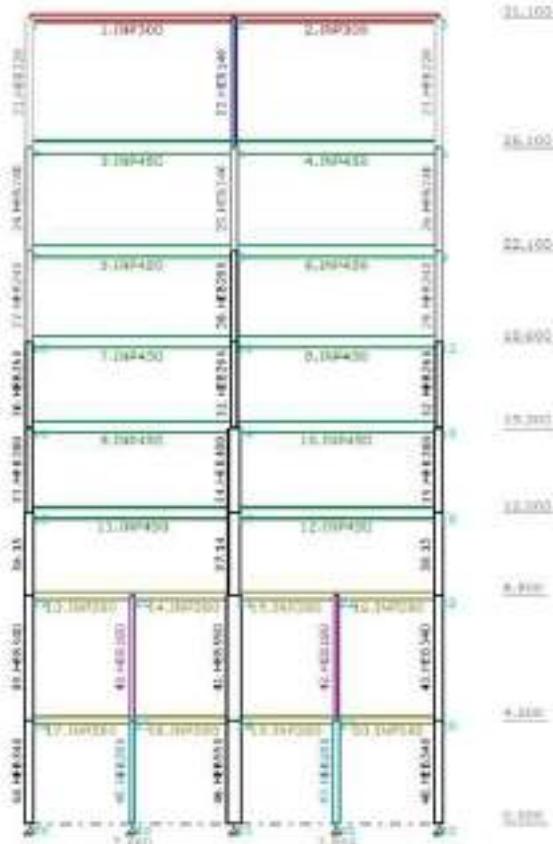
Archief

KOLOMMEN							
A	B	C	D	E	F	G	H
DAK-SET VERD. DIN. 14	DIN. 14			DIN. 14	DIN. 14		DIN. 14
VII - VI	-	20	18	-	16	-	16
VI - V	-	22	20	-	20	-	16
V - IV	-	26	22	-	22	-	16
IV - III	-	30	24	-	24	-	18
III - II	-	36	26	DIN. 26 24.89x212	-	22	20
II - I	-	45	DIN. 26 24.89x26	DIN. 16 24.89x16	-	26	DIN. 14
I - BEG GROND	-	45	26	10EM	-	16	24

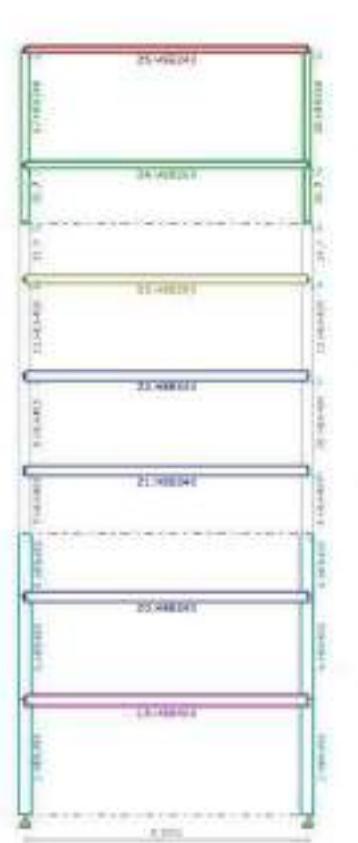


Herberekening bestaande skelet

3. Portaal gebouw G uit 1931

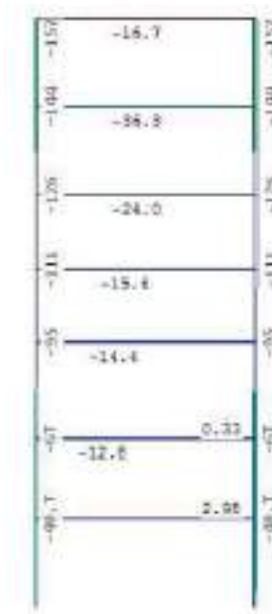


2. Portaal van gebouw F uit 1947



Gecentreerd portaal, profielen gebaseerd op opleving van de bestaande profielen

Gecentreerd portaal, profielen gebaseerd op opleving van bestaande profielen

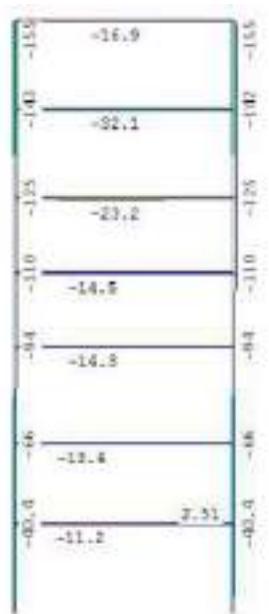


1493 kN 2061 kN

Oude vert. belasting + nieuwe wind Nieuwe vert. belasting + nieuwe wind

Reacties en horizontale vervorming (mm) geschatte waarden

Onder de verticale belasting voldoet de portalen, met windsbelasting ontaan te grote vervormingen
(De aanzetgig houdverhoudingen met de portalen een dekkaken zijn niet meegenomen)



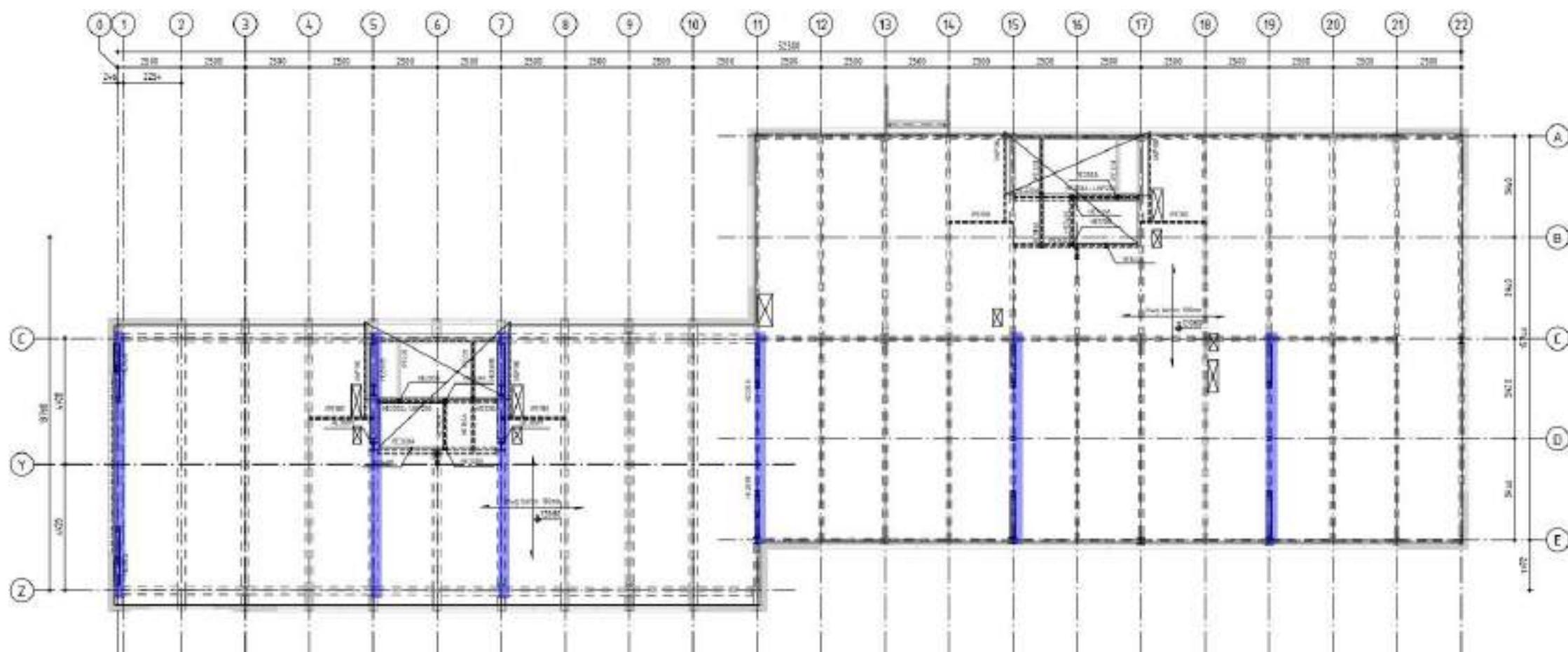
1505 kN 2051 kN

Oude vert. belasting + nieuwe wind Nieuwe vert. belasting + nieuwe wind

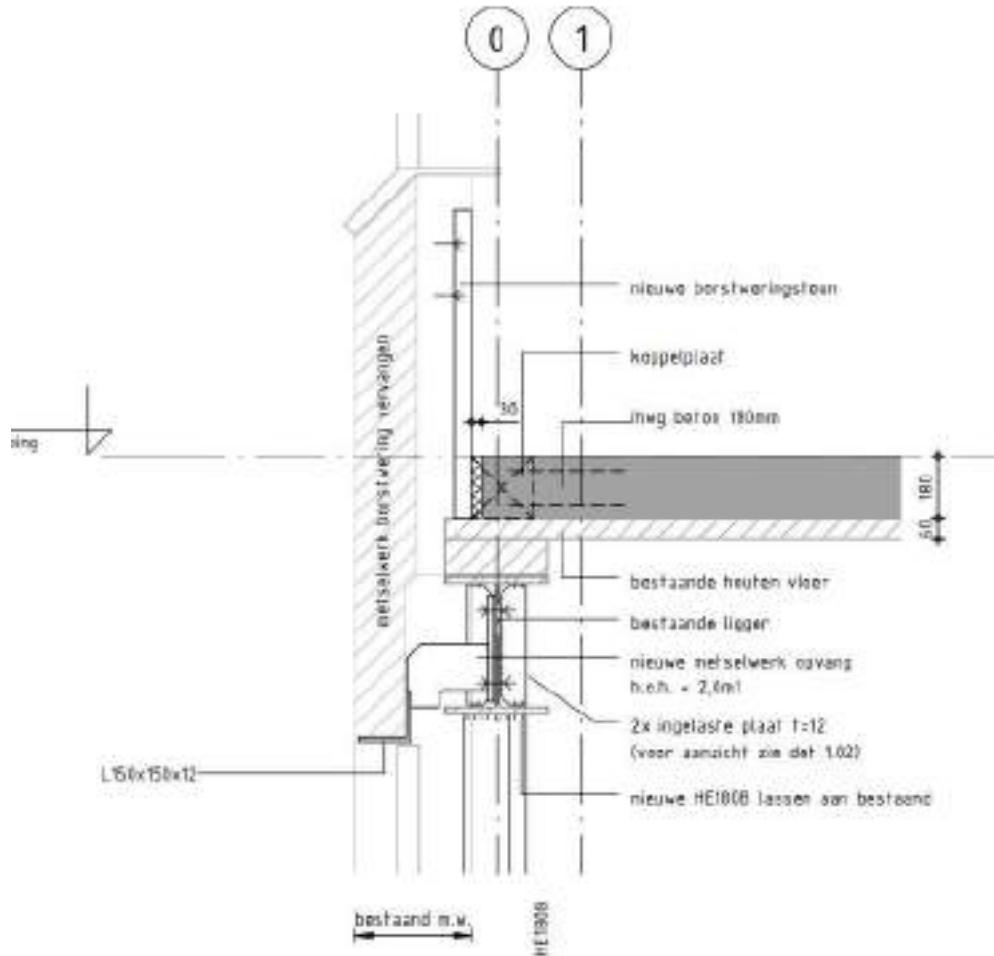
Reacties en horizontale ver

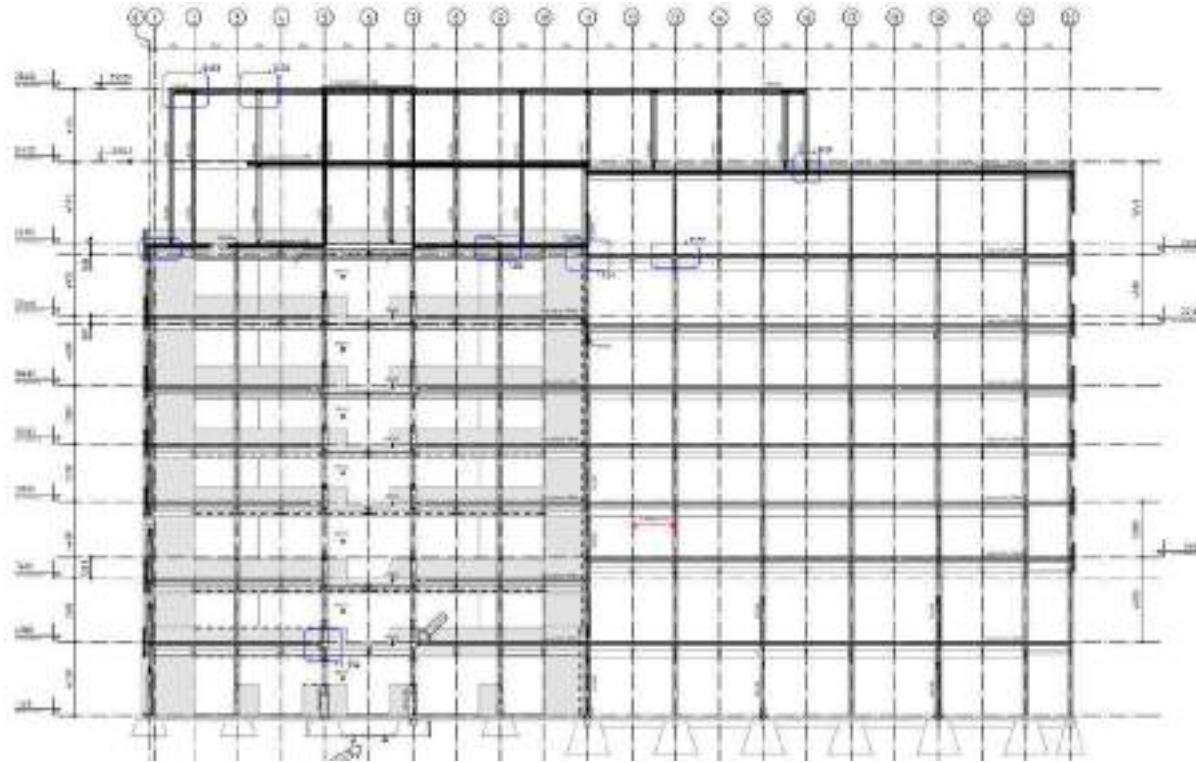
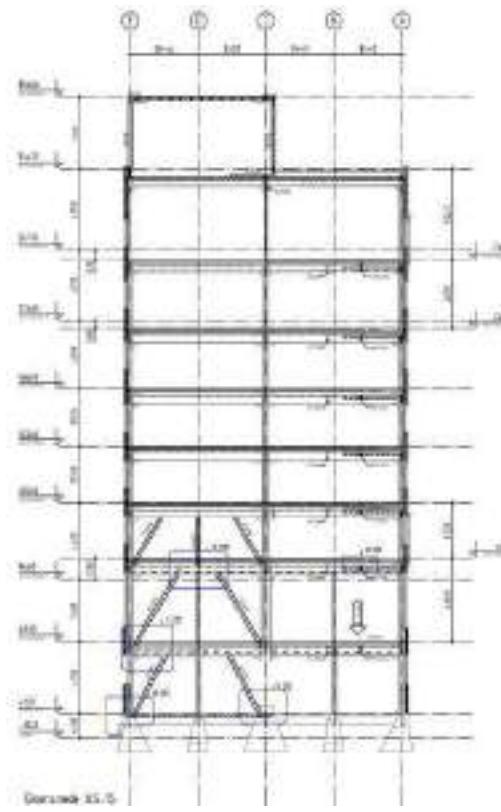
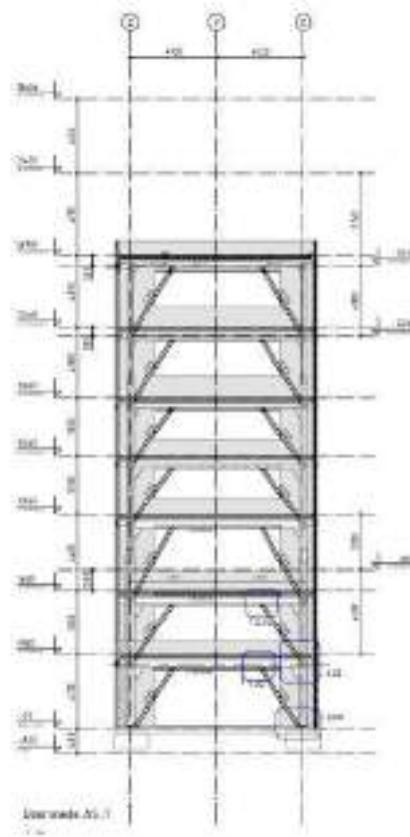
Molengebouw en Riffellokaal (F + G gebouw)





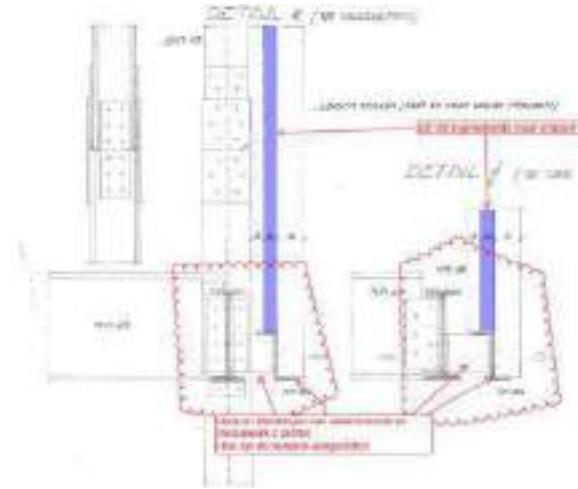
Vloeropbouw





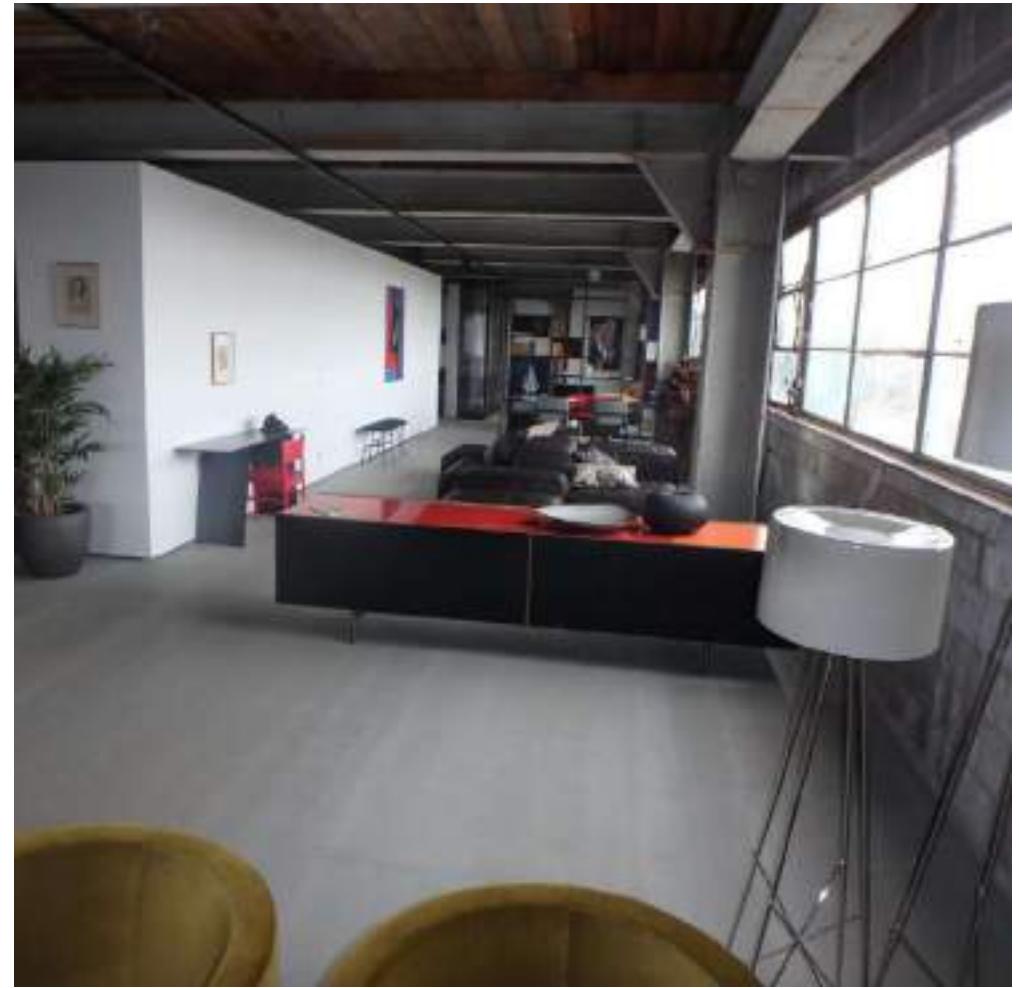


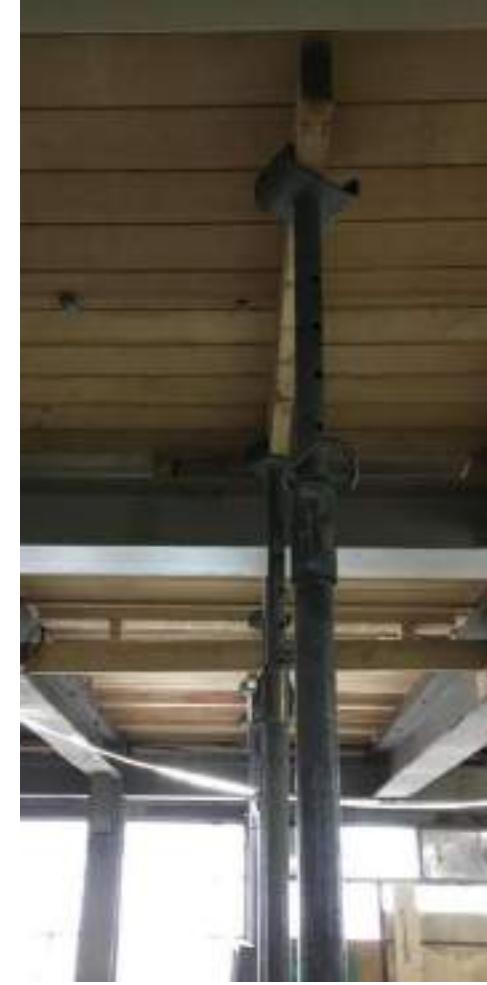


























Kantoor Innovation Dock RDM Rotterdam

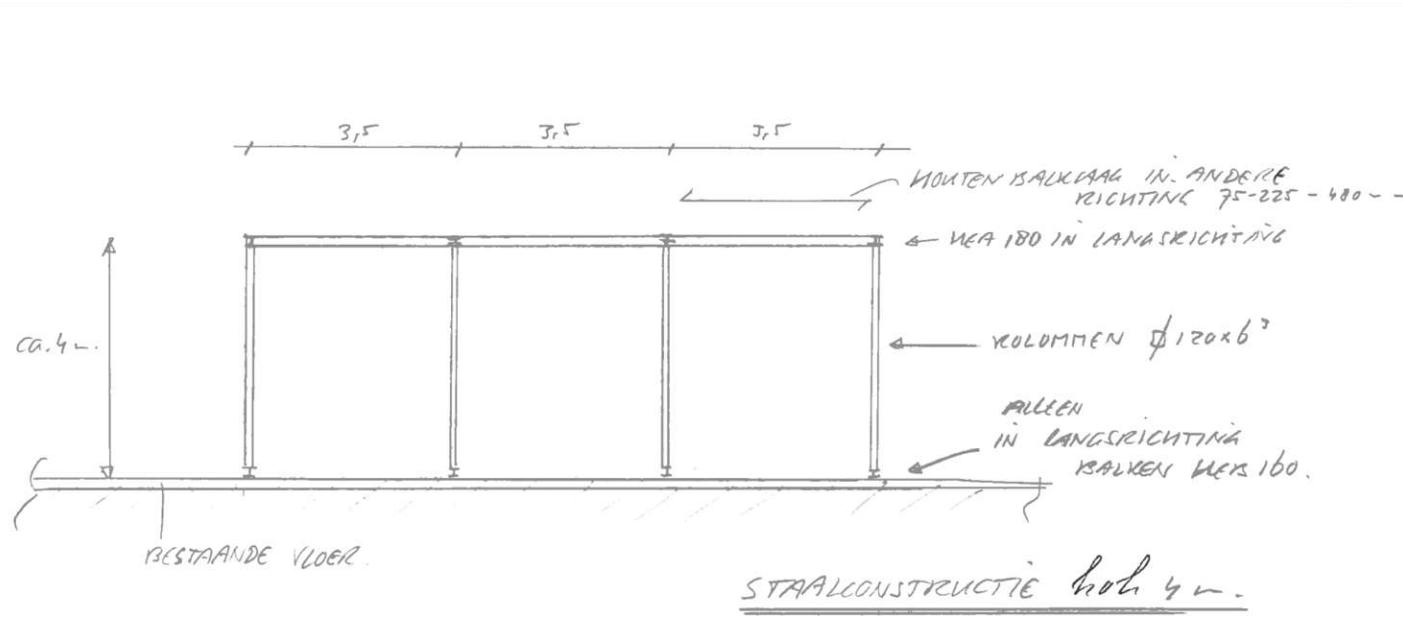
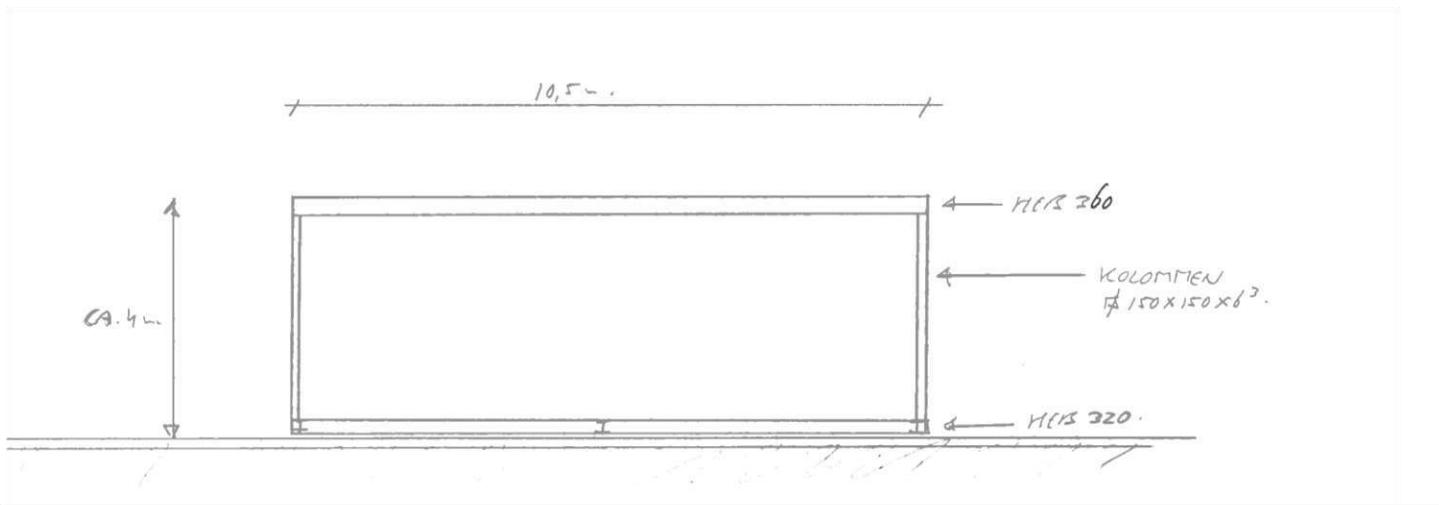






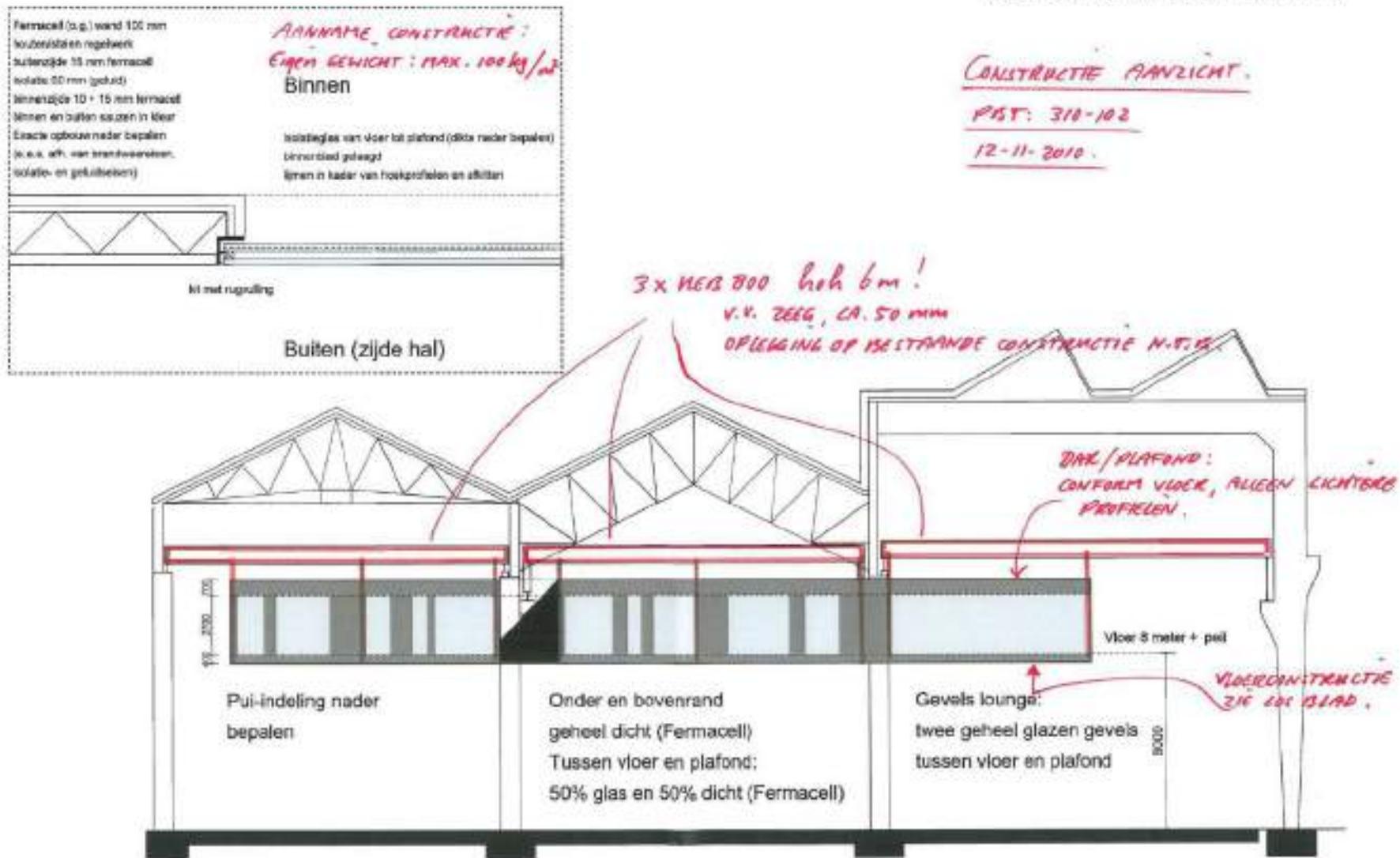






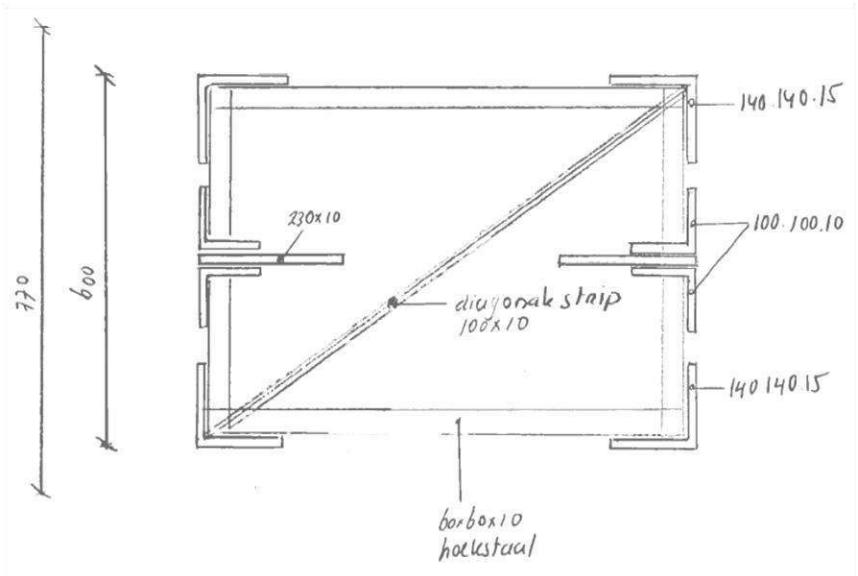
Model G

Aanzicht en principe detail gevelontwerp (horizontaal)





















Vragen?