



## Ontwerpberekening schoorsteen

Opdrachtgever: BoerenBond

Locatie: Helmond

Project nummer BN: 55A14

Project nummer opdrachtgever:

Documentnummer Bos Nieuwerkerk: 55A14-CD001 Rev1

Documentnummer opdrachtgever:

Revisie	0	Datum	1	Datum	2	Datum
Gemaakt		03-03-2014		29-04-2014		
Gecontroleerd						
Vrijgegeven		05-03-2014		09-03-2014		
					Pagina	1

## Inhoud

	Pag
1. Introductie	3
2. Uitgangspunten	3
3. Aanpassing staalconstructie	5
4. Berekeningen	6
4.1 Spanningen in de staalconstructie	6
4.2 Horizontale kracht in de dakconstructie	10
4.3 Berekening schoorsteen	11
5. Conclusie	19

## **1. Introductie.**

In opdracht van de Boerenbond te Helmond heeft Bos Nieuwerkerk een ontwerp berekening gemaakt voor een schoorsteen op het gebouw.

De schoorsteen staat gedeeltelijk in het gebouw en steekt 4,2 m boven het dak uit tot een uitmondinghoogte van 55 m.

Voor de gevelaanzichten voor deze situatie wordt verwezen naar tekening 6379GA0 Rev0.

In het gebouw zal extra staalwerk moeten worden aangebracht om de schoorsteen te bevestigen.

Het ontwerp moet geschikt zijn voor een eventuele toekomstige verlenging van de schoorsteen met 10 m tot een uitmondinghoogte van 65 m.

In dit rapport is de ontwerpberekening gegeven van de schoorsteen en is tevens aangegeven waar extra profielen moeten worden aangebracht ter ondersteuning van de schoorsteen.

Ook zijn de krachten gegeven die door de schoorsteen worden uitgeoefend op het gebouw ter plaatse van de voet en de afsteuning in het dak.

## **2. Uitgangspunten.**

De uitgangspunten voor het ontwerp zijn:

- Locatie: Tilburg
- Dakhoogte: 50,8 m
- Ontwerplengte schoorsteen: 21,0 m
- Lengte bovendaks: 14,2 m
- Uitmondinghoogte: 65 m
- Diameter schoorsteen: 1.600 mm
- Wanddikte: 4 mm
- Materiaal: AISI 304
- Voetheogte schoorsteen: 44 m
- Horizontale afsteuning: In het dak, geen tuien
- Berekening: Conform Eurocode
- Windbelasting: NEN EN 1991-1-4 + NA
- Windgebied: Gebied III, onbebouwd
- Gevolgklasse: CC2
- Veiligheidsfactor op de windbelasting: 1,4
- Ontwerplevensduur: 50 jaar
- Aannee stijfheid staalconstructie gebouw tpv het dak:  $2^E4$  N/mm
- Opstellingstekening: 6379GA1 Rev0
- Uitgangspunt staalconstructie gebouw: Zie Fig. 1

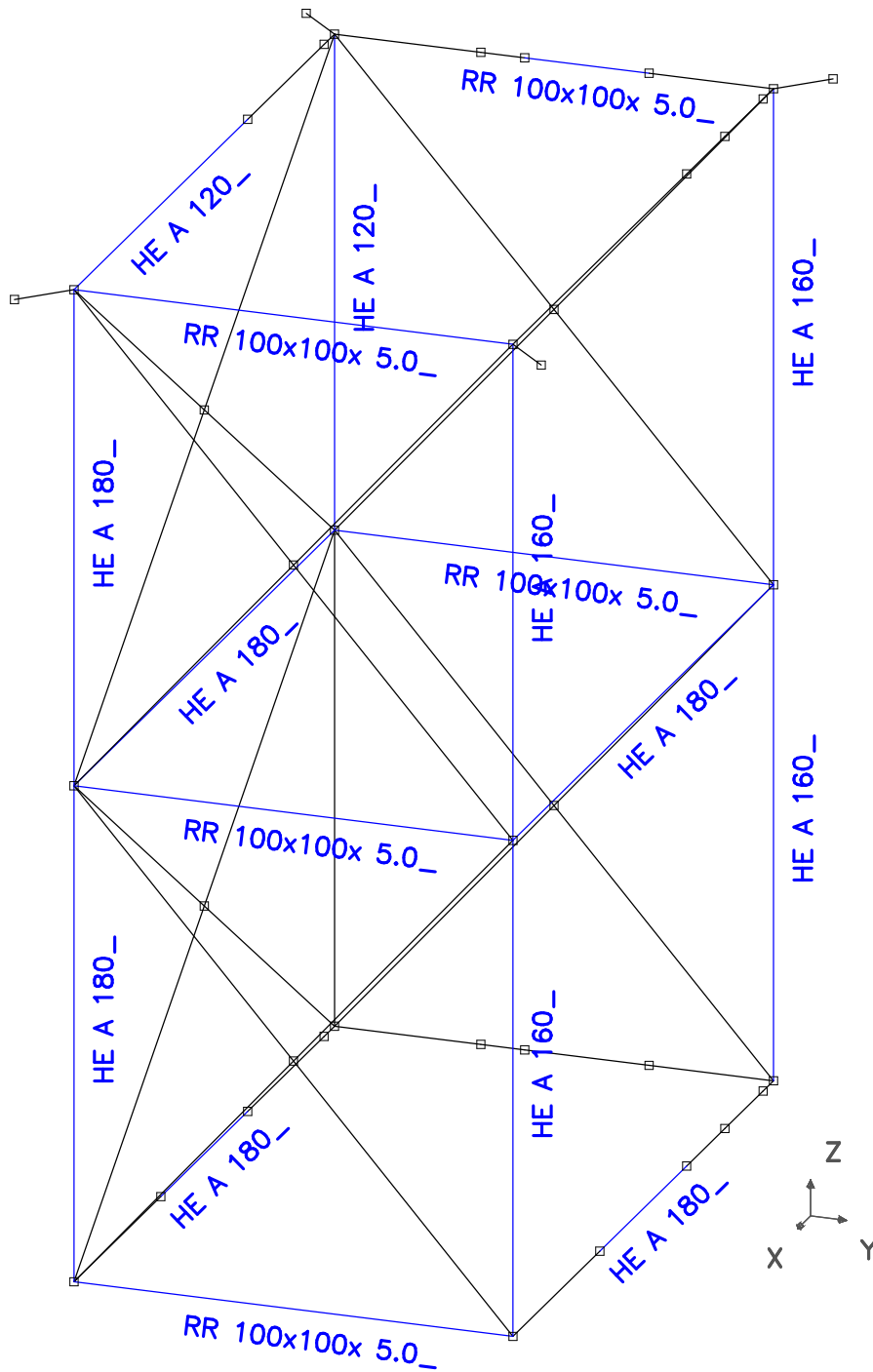


Fig 1. Uitgangspunt bestaande staalconstructie.

### 3. Aanpassing staalconstructie.

Om de krachten ten gevolge van de windbelasting op de schoorsteen op te vangen moeten er in het gebouw ter plaatse van de voet en de afsteuning in het dak extra staalprofielen worden aangebracht.

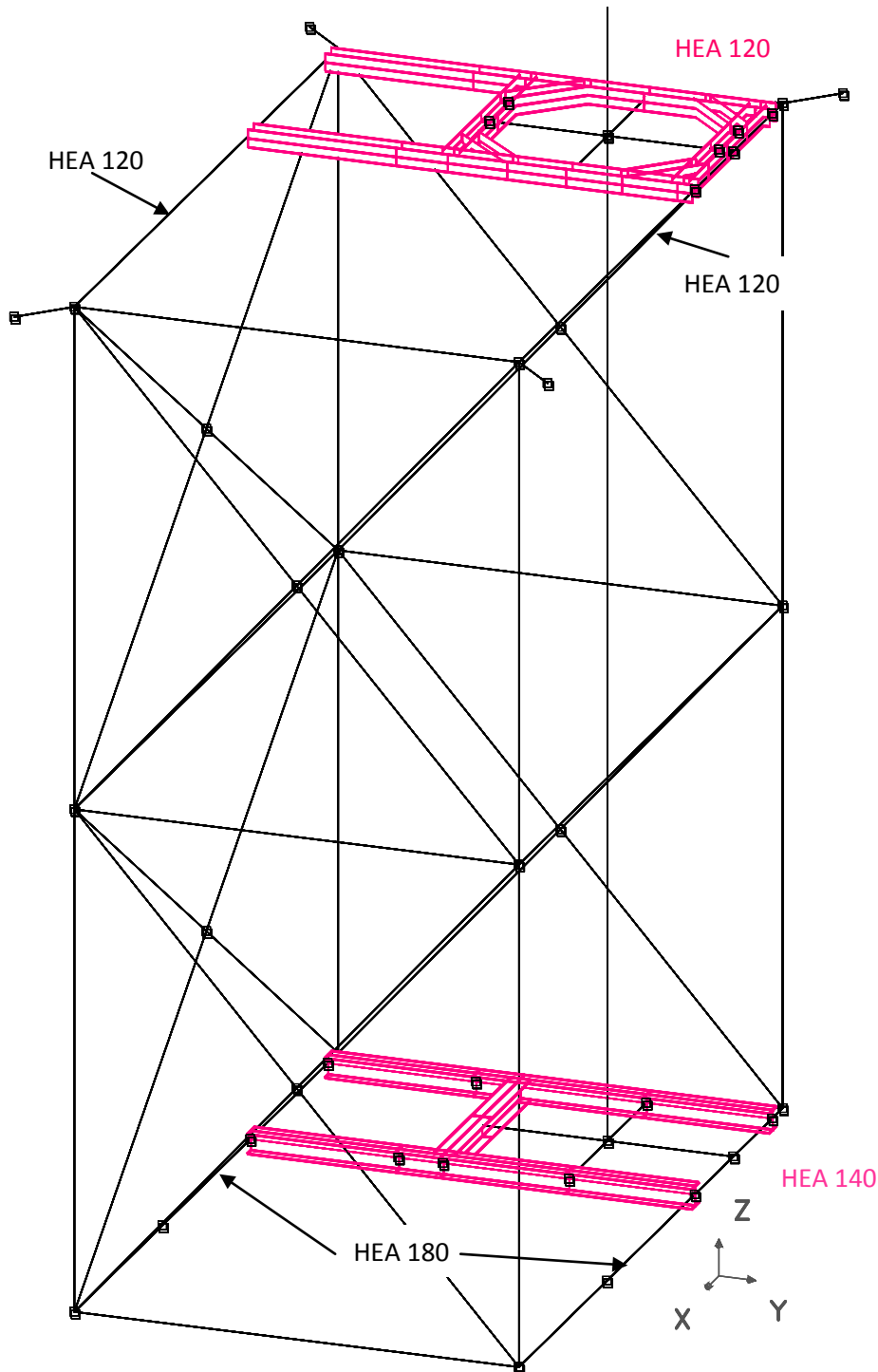
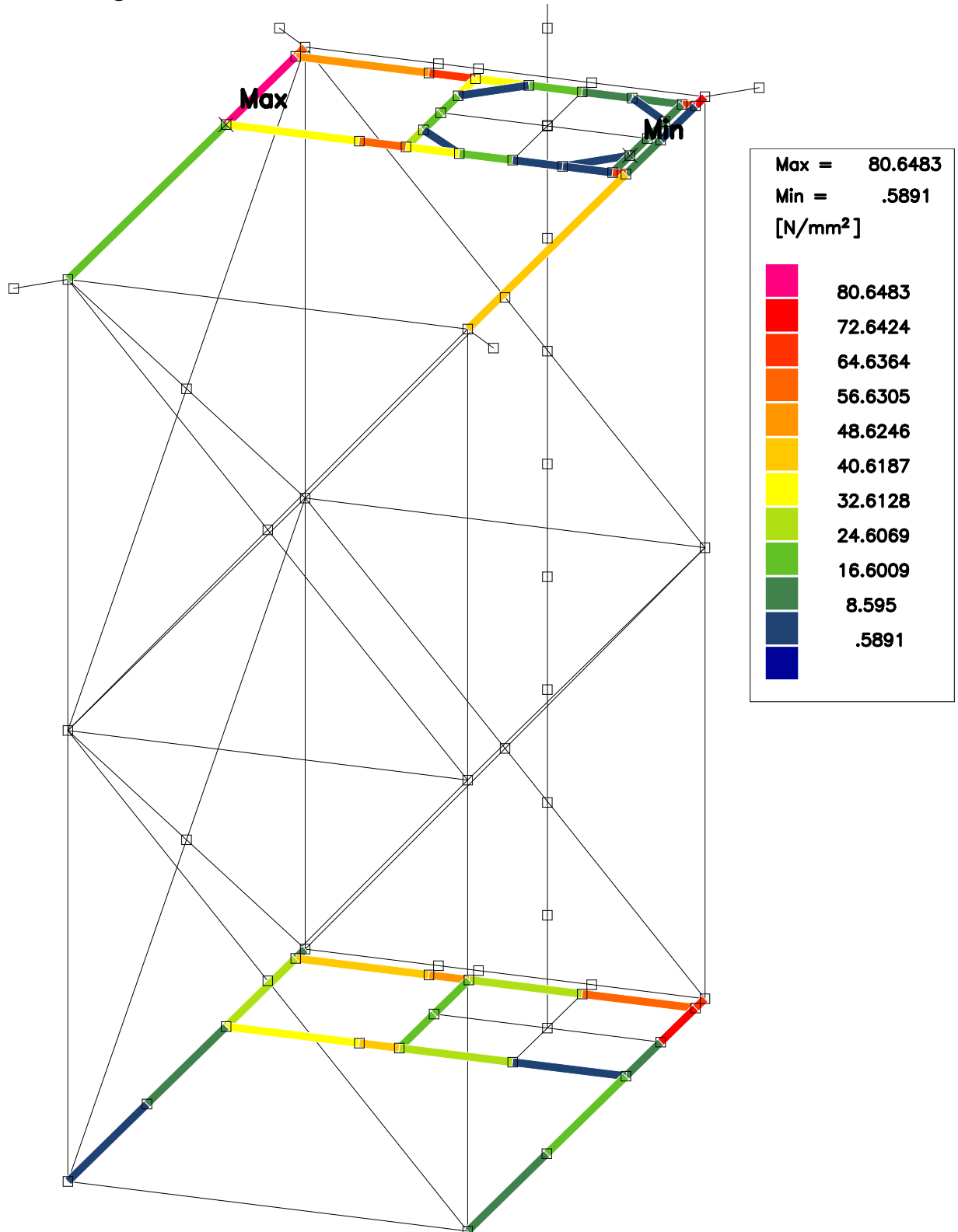


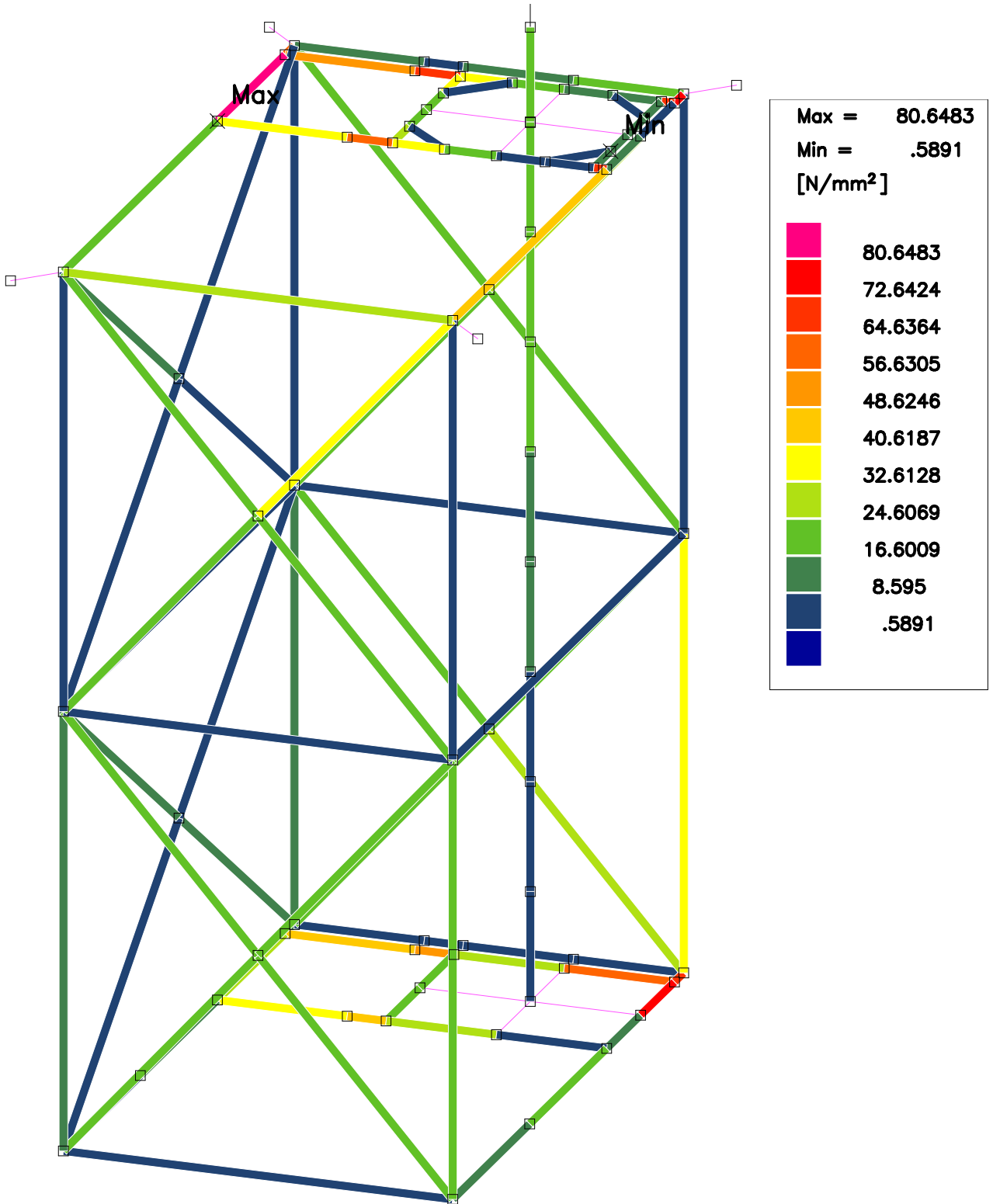
Fig. 2 Extra profielen

#### 4. Berekening

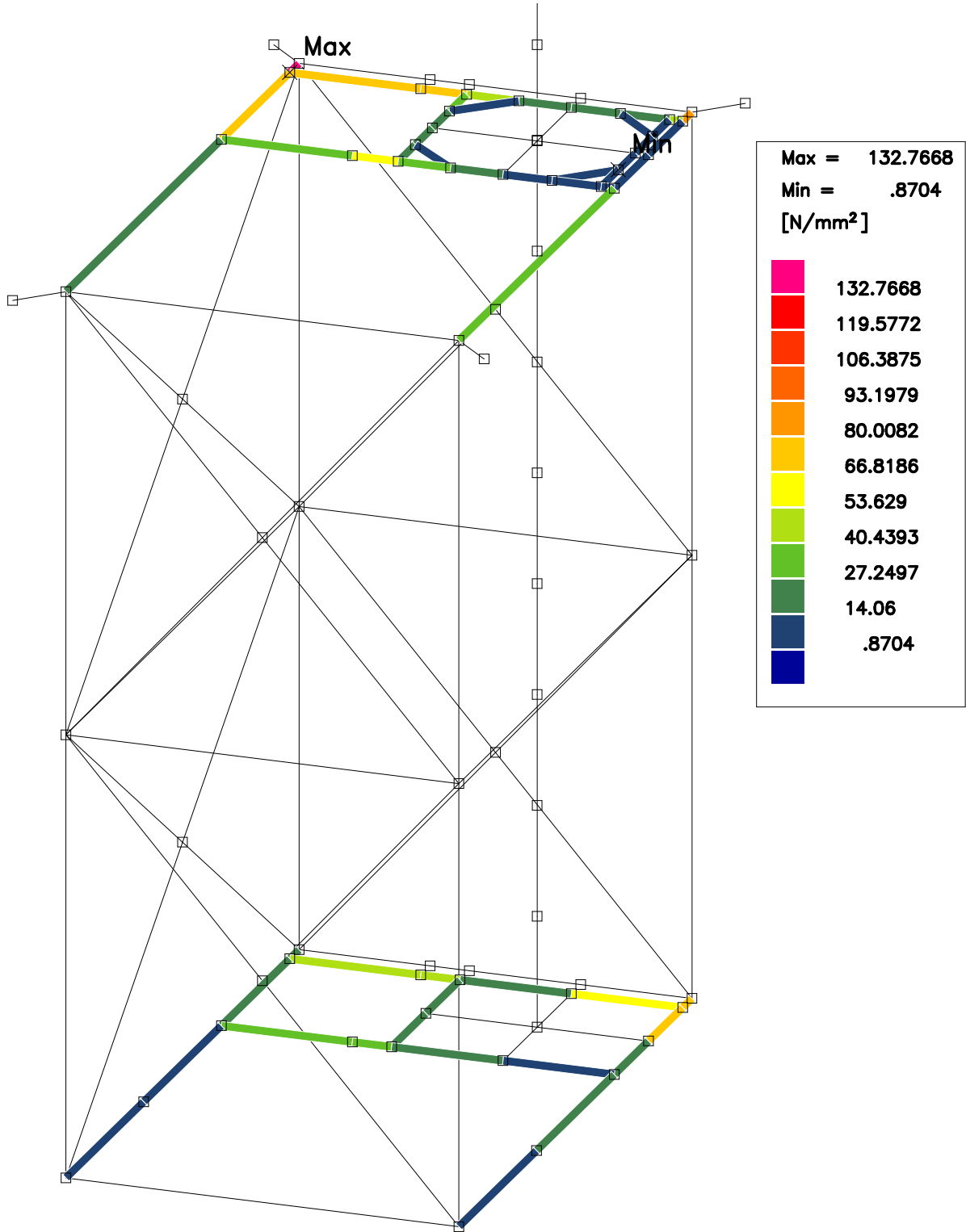
##### 4.1. Spanningen in de staalconstructie

Windrichting X

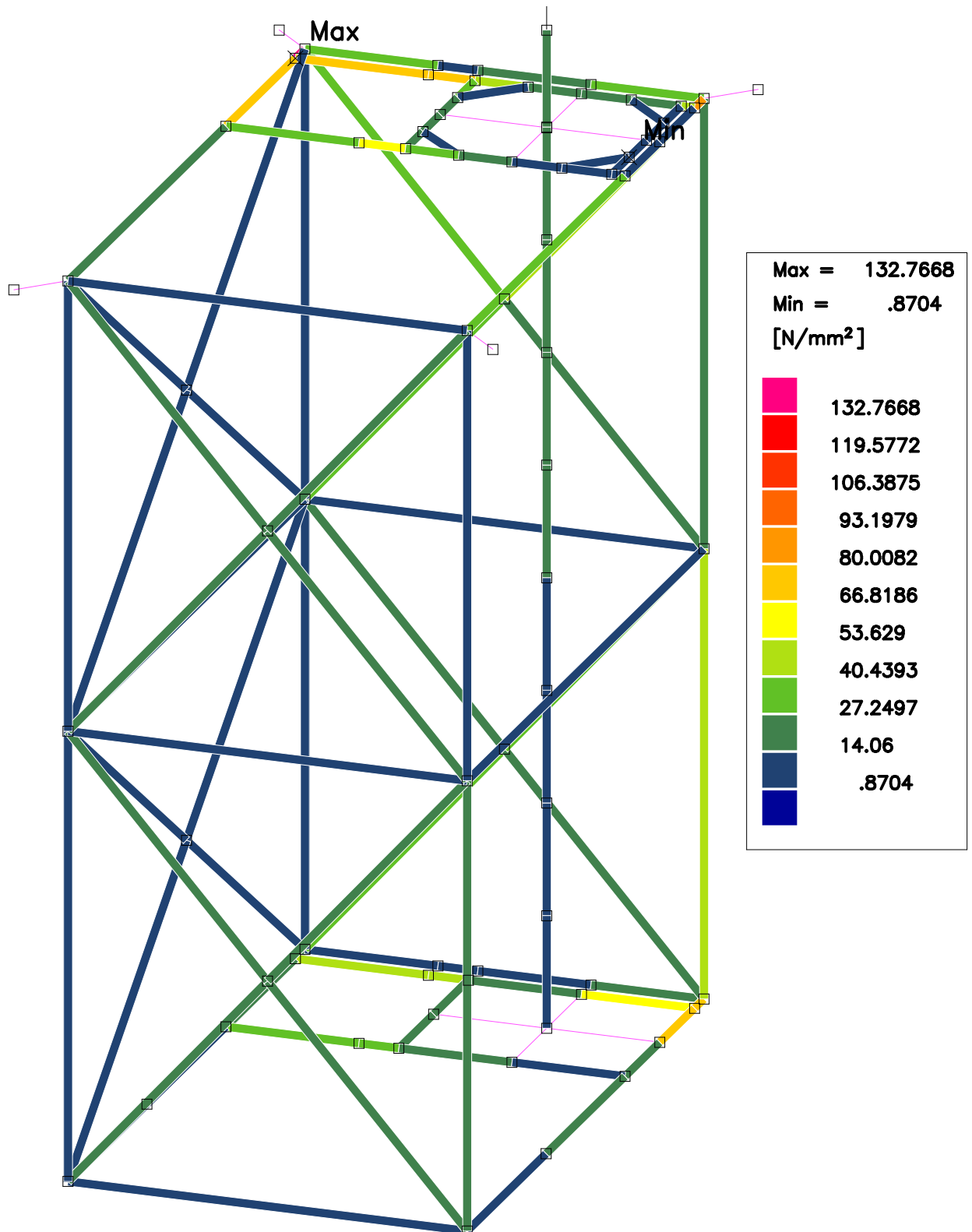




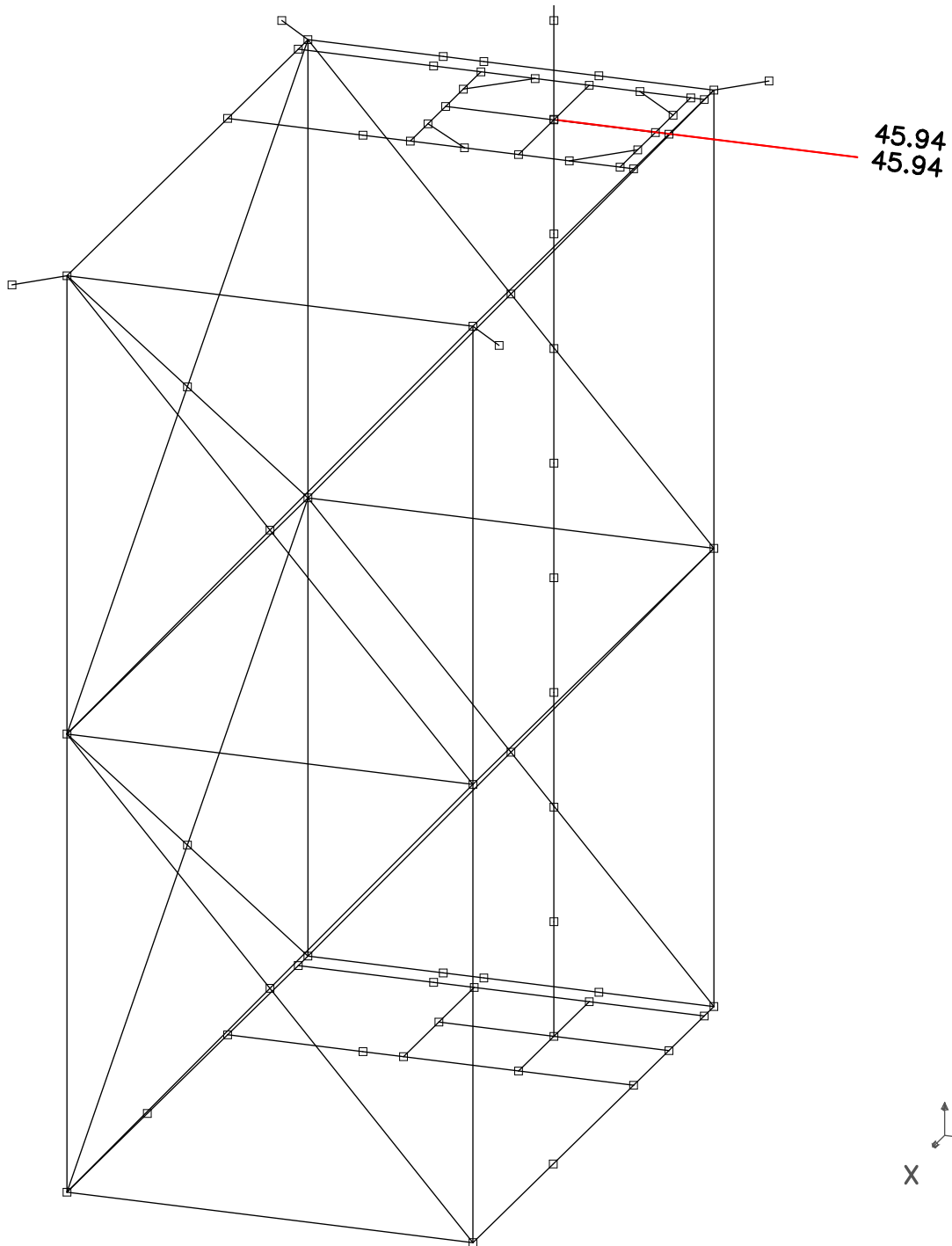
**Windrichting Y**







#### 4.2. Horizontale kracht in de dakconstructie.



Fx                      Normalkraft x                      [kN]  
 Fy                      Querkracht y                      [kN]  
 Fz                      Querkracht z                      [kN]

Stabname	Fx	Fy	Fz
S 91	.0	45.94	-3.87

### 4.3. Berekening schoorsteen

#### HOOFDKENMERKEN VAN DE BEREKENING

=====

Berekening met alleen windbelasting.

Vortex exitatie is berekend m.b.v. benadering 1 (DIN-benadering).

De schoorsteen is uitgerust met tuien en/of steunpunten.

Windrichting (t.o.v. de positieve X-as) : 0.000 graden

Enkelvoudige vrijstaande of getuide schoorsteen.

#### AFMETINGEN EN MASSA'S VAN DE SCHOORSTEEN

=====

Hoogte van de schoorsteen : 21.00 m  
 Hoogte voet van de schoorsteen boven omgevingsniveau : 44.00 m  
 Omgevingshoogte t.o.v. zeeniveau : 0.000 m  
 Massa van de schacht : 3.31E+03 kg  
 Massa van de isolatie + bekleding : 0.00E+00 kg  
 Massa van de extra massa's (ladders, platforms, ringen, flenzen) : 1.09E+02 kg  
 Massa van de tuien : 0.000 kg  
 Totale massa van de schoorsteen : 3.41E+03 kg  
 Gegeneraliseerde massa van de schoorsteen (SDF-massa), mode 1 : 7.91E+02 kg  
 Gegeneraliseerde massa van de schoorsteen (SDF-massa), mode 2 : 1.08E+03 kg  
 Gegeneraliseerde massa van de schoorsteen (SDF-massa), mode 3 : 1.06E+03 kg  
 Equivalente massa per meter, mode 1 : 1.63E+02 kg/m  
 Equivalente massa per meter, mode 2 : 1.63E+02 kg/m  
 Equivalente massa per meter, mode 3 : 1.62E+02 kg/m

Ontwerp hoogte (m)	Ext.dia. schacht (m)	Plaat dikte (mm)	Corrosie dikte (mm)	Extra massas (kg)	Windbel. opperv. (m <sup>2</sup> )	Staal soort	Vloei grens (N/mm <sup>2</sup> )	Elast. modulus (N/mm <sup>2</sup> )
21.000	1.600	4.0	0.0	1.94E+01	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
20.000	1.600	4.0	0.0	0.00E+00	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
19.000	1.600	4.0	0.0	0.00E+00	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
18.000	1.600	4.0	0.0	0.00E+00	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
17.000	1.600	4.0	0.0	0.00E+00	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
16.000	1.600	4.0	0.0	0.00E+00	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
15.000	1.600	4.0	0.0	1.94E+01	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
14.000	1.600	4.0	0.0	0.00E+00	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
13.000	1.600	4.0	0.0	0.00E+00	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
12.000	1.600	4.0	0.0	0.00E+00	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
11.000	1.600	4.0	0.0	0.00E+00	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
10.000	1.600	4.0	0.0	1.94E+01	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
9.000	1.600	4.0	0.0	0.00E+00	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
8.000	1.600	4.0	0.0	0.00E+00	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
7.000	1.600	4.0	0.0	0.00E+00	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
6.800	1.600	4.0	0.0	0.00E+00	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
6.000	1.600	4.0	0.0	0.00E+00	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
5.000	1.600	4.0	0.0	0.00E+00	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
4.000	1.600	4.0	0.0	0.00E+00	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
3.000	1.600	4.0	0.0	0.00E+00	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
2.000	1.600	4.0	0.0	0.00E+00	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
1.000	1.600	4.0	0.0	0.00E+00	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
0.200	1.600	4.0	0.0	5.03E+01	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05
0.000	1.600	4.0	0.0	0.00E+00	0.00	1.4301	177.3	1.70E+05

MATERIAAL

=====

De bouw is overeenkomstig bouwtoerantieklasse : Uitstekend  
 Specifieke massa van het schachtmateriaal : 7850.00 kg/m<sup>3</sup>  
 Typering materiaal buitenwand (m.b.t. ruwheidslengte) : Zwak Roestend  
 Ruwheidslengte van de buitenwand : 5.00E-01 mm  
 Ontwerptemperatuur van de schacht : 20.00 °C

VERMOEIINGSDETAILS

=====

Detailcategorie schacht : 71  
 Detailcategorie schacht - flenzen of versterkingsringen : 71  
 Detailcategorie schacht - voetplaat : 71  
 Vermoeiingsgrens schacht : 13.30 N/mm<sup>2</sup>  
 Vermoeiingsgrens schacht - flenzen of versterkingsringen : 13.30 N/mm<sup>2</sup>  
 Vermoeiingsgrens schacht - voetplaat : 13.30 N/mm<sup>2</sup>

VEILIGHEIDSFACTOREN

=====

Betrouwbaarheidsklasse van de schoorsteen : Normaal  
 Veiligheidsfactor wind-belasting : 1.40  
 Veiligheidsfactor permanente belasting : 1.10  
 Veiligheidsfactor vloegrens : 1.10  
 Veiligheidsfactor vermoeiingsbelasting : 1.00  
 Veiligheidsfactor vermoeiingsweerstand : 1.08  
 Veiligheidsfactor verbindingen : 1.10  
 Veiligheidsfactor voorspanning tuien : 1.00  
 Veiligheidsfactor minimale breekkracht tuien : 3.00

STATISCHE WINDBELASTING

=====

Specifieke massa lucht : 1.25 kg/m<sup>3</sup>  
 Windsnelheid is volgens zone : Windzone III  
 Referentie windsnelheid op 10m hoogte (10 minuten gemiddeld) : 24.50 m/s  
 Verplaatsingshoogte i.v.m. omliggende bebouwing of bossen : 0.000 m  
 Windsnelheid (top van de schoorsteen, 10 minuten gemiddeld) : 29.67 m/s  
 Demping: Gelaste schoorsteen, zonder liner of isolatie  
 Dempingsdecrement materiaal : 1.20E-02  
 Dempingsdecrement aerodynamische demping : 2.50E-02  
 Totaal dempingsdecrement in windrichting (mat. + aerod.) : 3.70E-02  
 Schoorsteen is niet belast tot een hoogte van : 6.80 m  
 Afstand tot nabijgelegen gebouwen of schoorstenen : 50.00 (a/D)  
 Terrein categorie II: onbebouwd gebied  
 Terreinfactor, Kr : 0.209  
 Terrein ruwheidslengte, Zo : 2.00E-01 m  
 Minimum hoogte, Zmin : 4.00 m  
 Windrichtingsfactor, Cdir : 1.00  
 Seizoensfactor, Cseason : 1.00  
 Hoogtefactor, Calt : 1.00  
 Topografische structuur : Geen  
 Reynoldsgetal gebaseerd op de pieksnelheid (top) : 4.70E+06  
 Weerstandscoefficient (CsCd) op referentie hoogte (0.6H) : 1.06  
 Windkrachtfactor (Cf) aan de top van de schoorsteen : 0.584  
 Winddrukcoefficient (Ce) aan de top van de schoorsteen : 3.24

DYNAMISCHE WINDBELASTING

=====

De maximale uitbuiging is berekend m.b.v. benadering 1 (DIN-benadering).

De schoorsteen trilt niet t.g.v. wervelexcitatie ( $V_{crit} > 1.25 \cdot V_m$ ).

Eerste resonantiefrequentie van de schacht	:	4.17 c/s
Tweede resonantiefrequentie van de schacht	:	20.66 c/s
Derde resonantiefrequentie van de schacht	:	50.04 c/s
Damping: Gelaste schoorsteen, zonder liner of isolatie		
Dempingsdecrement materiaal	:	1.20E-02
Kritische windsnelheid voor trillen, mode 1	:	37.09 m/s
Kritische windsnelheid voor trillen, mode 2	:	183.67 m/s
Kritische windsnelheid voor trillen, mode 3	:	444.80 m/s
Scrutongetal, mode 1	:	1.22
Scrutongetal, mode 2	:	1.22
Scrutongetal, mode 3	:	1.21
Kritische windsnelheid voor oving (r=2)	:	16.25 m/s
Reynoldsgetal gebaseerd op $V_{crit}$ , mode 1	:	3.96E+06
Reynoldsgetal gebaseerd op $V_{crit}$ , mode 2	:	1.96E+07
Reynoldsgetal gebaseerd op $V_{crit}$ , mode 3	:	4.74E+07
Strouhalgetal	:	0.180
Turbulentie intensiteit (top van de schoorsteen)	:	0.173
Mode shape factor, K, mode 1	:	0.127
Mode shape factor, K, mode 2	:	0.126
Mode shape factor, K, mode 3	:	0.126
Factor effectieve correlatielengte, $K_w$ , mode 1	:	0.600
Factor effectieve correlatielengte, $K_w$ , mode 2	:	0.600
Factor effectieve correlatielengte, $K_w$ , mode 3	:	0.600
Lateral force coefficient, $Clat$ , mode 1	:	0.000
Lateral force coefficient, $Clat$ , mode 2	:	0.000
Lateral force coefficient, $Clat$ , mode 3	:	0.000

MAXIMUM SPANNINGEN EN BUIGMOMENTEN

=====

Gecombineerde trekspanning / vloeigrens	:	0.139
Gecombineerde drukspanning / vloeigrens	:	0.153
Vertikale drukspanning / toelaatbare knikspanning	:	0.181
Gecombineerde verticale en omtrek knikspanningstoestand	:	0.051
Vermoeiingsspanning / grens vermoeiingssp., mode 1	:	0.000
Vermoeiingsspanning / grens vermoeiingssp., mode 2	:	0.000
Vermoeiingsspanning / grens vermoeiingssp., mode 3	:	0.000
Schuifkracht aan de voet in windrichting	:	2.14E+04 N
Schuifkracht aan de voet dwars op windrichting	:	0.00E+00 N
Buigmoment aan de voet in windrichting (incl. tweede orde mom.)	:	2.22E+04 Nm
Buigmoment aan de voet dwars op windrichting	:	0.00E+00 Nm
Tweede orde moment aan de voet (wind)	:	2.01E+02 Nm

MINERSOM en VERWACHTE LEVENSDUUR

=====

Minersom : 0.00E+00  
Verwachte levensduur (Minersom = 1.0; "worst case scenario") > : 5.00E+01 jaar

Hoogte (m)	Miner
21.000	0.00E+00
20.000	0.00E+00
19.000	0.00E+00
18.000	0.00E+00
17.000	0.00E+00
16.000	0.00E+00
15.000	0.00E+00
14.000	0.00E+00
13.000	0.00E+00
12.000	0.00E+00
11.000	0.00E+00
10.000	0.00E+00
9.000	0.00E+00
8.000	0.00E+00
7.000	0.00E+00
6.800	0.00E+00
6.000	0.00E+00
5.000	0.00E+00
4.000	0.00E+00
3.000	0.00E+00
2.000	0.00E+00
1.000	0.00E+00
0.200	0.00E+00
0.000	0.00E+00

SPANNINGEN IN DE WINDRICHTING

Ontwerp hoogte (m)	Schacht ext.dia. (m)	Plaat dikte (mm)	Buig- moment (Nm)	Buigspanning trek (N/mm <sup>2</sup> )	Buigspanning druk (N/mm <sup>2</sup> )	Normaal spanning (N/mm <sup>2</sup> )	Ovalling spanning (N/mm <sup>2</sup> )
21.000	1.600	4.0	0.00E+00	0.00	0.01	0.01	7.94
20.000	1.600	4.0	8.47E+02	0.01	0.20	0.10	3.70
19.000	1.600	4.0	3.38E+03	0.24	0.60	0.18	1.69
18.000	1.600	4.0	7.60E+03	0.69	1.22	0.26	1.17
17.000	1.600	4.0	1.35E+04	1.34	2.04	0.35	1.54
16.000	1.600	4.0	2.10E+04	2.21	3.08	0.43	2.43
15.000	1.600	4.0	3.03E+04	3.28	4.34	0.53	3.62
14.000	1.600	4.0	4.11E+04	4.57	5.80	0.61	4.97
13.000	1.600	4.0	5.36E+04	6.08	7.48	0.70	6.21
12.000	1.600	4.0	6.78E+04	7.81	9.38	0.78	7.11
11.000	1.600	4.0	8.36E+04	9.77	11.51	0.87	7.63
10.000	1.600	4.0	1.01E+05	11.94	13.87	0.96	7.91
9.000	1.600	4.0	1.20E+05	14.36	16.46	1.05	8.08
8.000	1.600	4.0	1.41E+05	17.01	19.28	1.13	7.89
7.000	1.600	4.0	1.63E+05	19.91	22.34	1.22	7.13
6.800	1.600	4.0	1.67E+05	20.51	22.98	1.23	6.89
6.000	1.600	4.0	1.50E+05	18.50	21.10	1.30	0.00
5.000	1.600	4.0	1.29E+05	16.01	18.79	1.39	0.00
4.000	1.600	4.0	1.08E+05	13.56	16.50	1.47	0.00
3.000	1.600	4.0	8.62E+04	11.12	14.23	1.56	0.00
2.000	1.600	4.0	6.49E+04	8.68	11.96	1.64	0.00
1.000	1.600	4.0	4.35E+04	6.21	9.66	1.73	0.00
0.200	1.600	4.0	2.64E+04	4.17	7.81	1.82	0.00
0.000	1.600	4.0	2.22E+04	3.66	7.34	1.84	0.00

Gecombineerde trek- en drukspanning

Ontwerp hoogte (m)	Schacht ext.dia. (m)	Plaat dikte (mm)	Gecombineerde sp. trek (N/mm <sup>2</sup> )	Gecombineerde sp. druk (N/mm <sup>2</sup> )	Gecomb. trek vloeigrens	Gecomb. druk vloeigrens
21.000	1.600	4.0	7.94	7.94	0.045	0.045
20.000	1.600	4.0	3.70	3.80	0.021	0.021
19.000	1.600	4.0	1.83	2.06	0.010	0.012
18.000	1.600	4.0	1.62	2.06	0.009	0.012
17.000	1.600	4.0	2.50	3.11	0.014	0.018
16.000	1.600	4.0	4.02	4.78	0.023	0.027
15.000	1.600	4.0	5.98	6.90	0.034	0.039
14.000	1.600	4.0	8.27	9.34	0.047	0.053
13.000	1.600	4.0	10.64	11.87	0.060	0.067
12.000	1.600	4.0	12.93	14.32	0.073	0.081
11.000	1.600	4.0	15.11	16.69	0.085	0.094
10.000	1.600	4.0	17.31	19.10	0.098	0.108
9.000	1.600	4.0	19.69	21.66	0.111	0.122
8.000	1.600	4.0	22.05	24.21	0.124	0.137
7.000	1.600	4.0	24.27	26.63	0.137	0.150
6.800	1.600	4.0	24.69	27.09	0.139	0.153
6.000	1.600	4.0	18.50	21.10	0.104	0.119
5.000	1.600	4.0	16.01	18.79	0.090	0.106
4.000	1.600	4.0	13.56	16.50	0.076	0.093
3.000	1.600	4.0	11.12	14.23	0.063	0.080
2.000	1.600	4.0	8.68	11.96	0.049	0.067
1.000	1.600	4.0	6.21	9.66	0.035	0.055
0.200	1.600	4.0	4.17	7.81	0.024	0.044
0.000	1.600	4.0	3.66	7.34	0.021	0.041

Knikspanning in Verticale Richting en Gecombineerde Spanningstoestand

Ontwerp hoogte (m)	Toelaatb. knikspan. (N/mm <sup>2</sup> )	Vertikale druksp. (N/mm <sup>2</sup> )	V.druksp. Toel.knik	Gecombineerde spannings-toestand
21.000	124.36	0.01	0.00	1.92E-04
20.000	124.36	0.20	0.00	2.03E-04
19.000	124.36	0.60	0.00	1.49E-04
18.000	124.36	1.22	0.01	3.14E-04
17.000	124.36	2.04	0.02	7.37E-04
16.000	124.36	3.06	0.02	1.50E-03
15.000	124.36	4.30	0.03	2.73E-03
14.000	124.87	5.73	0.05	4.39E-03
13.000	124.87	7.35	0.06	6.79E-03
12.000	124.87	9.17	0.07	9.96E-03
11.000	124.87	11.16	0.09	1.40E-02
10.000	124.87	13.35	0.11	1.92E-02
9.000	118.40	15.69	0.13	3.01E-02
8.000	118.40	18.21	0.15	3.87E-02
7.000	118.40	20.88	0.18	4.88E-02
6.800	118.40	21.43	0.18	5.10E-02
6.000	118.40	19.16	0.16	4.12E-02
5.000	118.40	16.30	0.14	3.10E-02
4.000	118.40	13.40	0.11	2.20E-02
3.000	118.40	10.49	0.09	1.44E-02
2.000	118.40	7.58	0.06	8.13E-03
1.000	118.40	4.69	0.04	3.51E-03
0.200	118.40	2.45	0.02	1.12E-03
0.000	124.87	1.89	0.02	5.80E-04

Knikspanning in Omtrek Richting

Ontwerp hoogte (m)	Toelaatb. knikspan. (N/mm <sup>2</sup> )	Omtrek-druksp. (N/mm <sup>2</sup> )	O.druksp. Toel.knik	Kritische kniksp. (N/mm <sup>2</sup> )	Hoofdwaarde berek.span. (N/mm <sup>2</sup> )	Hoofdwaarde Kritische
21.000	5.03	0.01	0.00	7.38	0.01	0.00
20.000	5.03	0.01	0.00	7.38	0.01	0.00
19.000	5.03	0.00	0.00	7.38	0.00	0.00
18.000	5.03	0.00	0.00	7.38	0.00	0.00
17.000	5.03	0.00	0.00	7.38	0.00	0.00
16.000	5.03	0.00	0.00	7.38	0.00	0.00
15.000	5.03	0.01	0.00	7.38	0.01	0.00
14.000	6.04	0.01	0.00	8.86	0.01	0.00
13.000	6.04	0.01	0.00	8.86	0.01	0.00
12.000	6.04	0.01	0.00	8.86	0.01	0.00
11.000	6.04	0.01	0.00	8.86	0.01	0.00
10.000	6.04	0.01	0.00	8.86	0.01	0.00
9.000	3.08	0.01	0.00	4.52	0.01	0.00
8.000	3.08	0.01	0.00	4.52	0.01	0.00
7.000	3.08	0.01	0.00	4.52	0.01	0.00
6.800	3.08	0.01	0.00	4.52	0.01	0.00

Ontwerp hoogte (m)	Toelaatb. knikspan. (N/mm <sup>2</sup> )	Omtrek-druksp. (N/mm <sup>2</sup> )	O.druksp. Toel.knik	Kritische kniksp. (N/mm <sup>2</sup> )	Hoofdwaarde berek.span. (N/mm <sup>2</sup> )	Hoofdwaarde Kritische
6.000	3.08	0.00	0.00	4.52	0.00	0.00
5.000	3.08	0.00	0.00	4.52	0.00	0.00
4.000	3.08	0.00	0.00	4.52	0.00	0.00
3.000	3.08	0.00	0.00	4.52	0.00	0.00
2.000	3.08	0.00	0.00	4.52	0.00	0.00
1.000	3.08	0.00	0.00	4.52	0.00	0.00
0.200	3.08	0.00	0.00	4.52	0.00	0.00
0.000	144.38	0.00	0.00	398.24	0.00	0.00



SPANNINGEN DWARS OP DE WINDRICHTING

Ontwerp hoogte (m)	Ext.dia. schacht (m)	Plaat dikte (mm)	Vermoeiingsspanning			----- Buigspanning -----		
			mode 1 (N/mm <sup>2</sup> )	mode 2 (N/mm <sup>2</sup> )	mode 3 (N/mm <sup>2</sup> )	mode 1 (N/mm <sup>2</sup> )	mode 2 (N/mm <sup>2</sup> )	mode 3 (N/mm <sup>2</sup> )
21.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
20.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
19.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
18.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
17.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
16.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
15.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
14.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
13.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
12.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
11.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
10.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
9.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
8.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
7.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
6.800	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
6.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
5.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
4.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
3.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
2.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
1.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
0.200	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00
0.000	1.600	4.0	180.56	180.56	180.56	0.00	0.00	0.00

BEWEGINGEN VAN DE SCHACHT

Ontwerp hoogte (m)	Ext.dia. schacht (m)	Plaat dikte (mm)	Uitbuiging in de wind (m)	---- Uitbuiging dwars ---- op de wind		
				mode 1 (m)	mode 2 (m)	mode 3 (m)
21.000	1.600	4.0	0.016	0.000	0.000	0.000
20.000	1.600	4.0	0.015	0.000	0.000	0.000
19.000	1.600	4.0	0.014	0.000	0.000	0.000
18.000	1.600	4.0	0.013	0.000	0.000	0.000
17.000	1.600	4.0	0.012	0.000	0.000	0.000
16.000	1.600	4.0	0.010	0.000	0.000	0.000
15.000	1.600	4.0	0.009	0.000	0.000	0.000
14.000	1.600	4.0	0.008	0.000	0.000	0.000
13.000	1.600	4.0	0.007	0.000	0.000	0.000
12.000	1.600	4.0	0.006	0.000	0.000	0.000
11.000	1.600	4.0	0.005	0.000	0.000	0.000
10.000	1.600	4.0	0.005	0.000	0.000	0.000
9.000	1.600	4.0	0.004	0.000	0.000	0.000
8.000	1.600	4.0	0.003	0.000	0.000	0.000
7.000	1.600	4.0	0.002	0.000	0.000	0.000
6.800	1.600	4.0	0.002	0.000	0.000	0.000
6.000	1.600	4.0	0.002	0.000	0.000	0.000
5.000	1.600	4.0	0.001	0.000	0.000	0.000
4.000	1.600	4.0	0.001	0.000	0.000	0.000
3.000	1.600	4.0	0.001	0.000	0.000	0.000
2.000	1.600	4.0	0.000	0.000	0.000	0.000
1.000	1.600	4.0	0.000	0.000	0.000	0.000
0.200	1.600	4.0	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	1.600	4.0	0.000	0.000	0.000	0.000

TUIDRADEN EN STEUNPUNTEN

Hoogte (m)	--Hor. input (kN/m)	Stijfheid -- geleverd (kN/m)	Hor. Kracht geleverd (kN)	Type	:	0.000 graden
6.800	1.50E+04		-4.53E+01	Steunpunt		

VERSTEVIGINGSRINGEN

=====

Ontwerptemperatuur ringen : 20.00 °C  
 Grens vermoeiingsspanning bij 2.E6 lastwisselingen : 71.00 N/mm<sup>2</sup>  
 Grens vermoeiingsspanning, mode 1 : 180.56 N/mm<sup>2</sup>  
 Grens vermoeiingsspanning, mode 2 : 180.56 N/mm<sup>2</sup>  
 Grens vermoeiingsspanning, mode 3 : 180.56 N/mm<sup>2</sup>

Ringgegevens bij invoer

-----

Ring hoogte (m)	Externe diameter (m)	Ring dikte (mm)	Staal soort	Vloei-grens (N/mm <sup>2</sup> )	Elast. modulus (N/mm <sup>2</sup> )	Traag. moment (cm**4)
21.000	1.680	12.0	1.4301	177.3	1.70E+05	21.2
15.000	1.680	12.0	1.4301	177.3	1.70E+05	21.2
10.000	1.680	12.0	1.4301	177.3	1.70E+05	21.2
0.200	1.800	12.0	1.4301	177.3	1.70E+05	232.0

Ringafstand voor vermijden ovalling (trillingsmode n=2)

-----

Ring hoogte (m)	Afstand boven (m)	Afstand onder (m)	Advies statisch (m)	Advies max.afstand dynamisch (m)
21.000	0.0	6.0	17.9	14.7
15.000	6.0	5.0	17.9	14.9
10.000	5.0	9.8	17.9	15.0
0.200	9.8	0.2	----	----

VOETPLAAT EN ANKERBOUTEN

=====

Diameter voetplaat : 1800.00 mm  
 Steekcirkel ankerbouten : 1700.00 mm  
 Staalsoort van de voetplaat : 1.4301  
 Voetplaatconstructie is een dubbele ring met schetsplaatjes.  
 Afstand tussen schetsplaatjes (ankerbout centraal) : 0.000 mm  
 Advies hoogte schetsplaatjes : 80.000 mm  
 Vloei-grens voetplaat : 177.27 N/mm<sup>2</sup>  
 Elasticiteitesmodulus voetplaat : 1.70E+05 N/mm<sup>2</sup>  
 Grens vermoeiingsspanning voetplaat bij 2.E6 lastwisselingen : 71.00 N/mm<sup>2</sup>  
 Stijfheid van de fundering : 1.00E+08 Nm/rad  
 Minimum dikte voetplaat (of bovenste ring) : 2.256 mm  
 Spanning in de voetplaat : 177.27 N/mm<sup>2</sup>  
 Hoekverdraaiing van de voetplaat : 1.58E-04 rad  
 Aantal ankerbouten : 32  
 Vloei-grens ankerbouten : 581.82 N/mm<sup>2</sup>  
 Kerndiameter ankerbouten : 9.600 mm  
 Uitwendige diameter ankerbouten : 12.000 mm  
 Belasting ankerbouten : 2.08 kN  
 Spanning ankerbouten : 581.82 N/mm<sup>2</sup>

## 5. Conclusie

Het ontwerp is gebaseerd op een schoorsteenhoogte van 14,2 m boven het dak, dus een uitmondingshoogte van 65 m.

De schoorsteen wordt vertikaal afgesteund op de vloer op niveau +44 m en horizontaal in het dak op niveau +50,8 m.

Op beide posities moeten extra profielen worden aangebracht om de krachten ten gevolge van de windbelasting op de schoorsteen in de staalconstructie van het gebouw te leiden.

Op de vloer worden profielen HEA 140 aangebracht en ter plaatse van het dak profielen HEA 120.

De bestaande dakconstructie waartussen de nieuwe profielen worden geplaatst bestaat uit HEA120 profielen, ter plaatse van de voet worden de nieuwe profielen tussen de bestaande HEA180 profielen geplaatst.

Uit de berekening blijkt, dat de optredende spanning in de bestaande profielen ruim onder de toelaatbare spanning blijft.

Hoe de krachten verder worden opgenomen in de constructie van het gebouw kan niet door Bos Nieuwerkerk bekeken worden.

De rekenwaarden van de krachten op de nieuw aan te brengen staalconstructie zijn:

Ter plaatse van de voet:

- Buigend moment: 30 kNm
- Schuifkracht: 22 kN
- Gewicht: ca 40 kN

Ter plaatse van de afsteuning in het dak:

- Horizontale kracht: ca 46 kN

De optredende spanningen in de 21 m hoge schoorsteen blijven ver onder de toelaatbare spanningen:

Gecombineerde trekspanning / vloeigrens:	0,139
Gecombineerde drukspanning / vloeigrens:	0,153
Vertikale drukspanning / toelaatbare knikspanning:	0,181
Gecombineerde verticale en omtrek knikspanningstoestand:	0,051

Er treedt geen vortex shedding (dwarstrillingen) op, omdat de maximaal voorkomende windsnelheid ruim onder de kritische windsnelheid voor de eerste eigenfrequentie blijft.