

STATISCHE BEREKENING

510095

**Statische berekening beoordeling mogelijkheid nieuwe dakbelasting appartementen Dopplerdomein 2-68
te Maastricht**

510095-A

INGENIEURSBUREAU A. PALTE BV
HEERLEN

Titel Statische berekening

Project Beoordeling nieuwe dakbelasting appartementen Dopplerdomein 2-68

Projectnummer 510095

Documentnummer 510095-A

Datum 1 maart 2021

Opdrachtgever GHD - Guus Henssen Diensten B.V. Oirsbeek

Auteur B. Hünen

Gecontroleerd T. Feijen

Wijziging	Omschrijving	Datum	Auteur	Controleur

Wijzigingen en aanvullingen

Wijziging	Omschrijving	Datum

Inhoudsopgave

1.0	Inleiding	5
1.1	Algemeen	5
1.2	Situatie	5
1.3	Werkwijze constructieve beoordeling	6
1.4	Uitgangspunten	6
2.0	Randvoorwaarden en uitgangspunten	7
2.1	Van toepassing zijnde normen/voorschriften	7
2.2	Gevolgklasse, ontwerplevensduurklasse en referentieperiode	8
2.3	Materialen	8
2.4	Partiële belastingsfactoren	9
2.5	Belastingcombinaties	10
3.0	Archiefonderzoek	11
3.1	Algemeen	11
3.2	Beschikbare documenten	11
4.0	Constructieve berekening	12
4.1	Werkwijze constructieve berekening	12
4.2	Permanente en veranderlijke verticale belastingen	12
4.3	Windbelasting	13
4.4	Sneeuwbelasting	13
4.5	Gording (96x221mm) 27° bestaande toestand	14
4.6	Gording (96x221mm) 27° nieuwe toestand	16
4.7	Gording (96x221mm) 51° bestaande toestand	18
4.8	Gording (96x221mm) 51° nieuwe toestand	20
5.0	Conclusie	22
6.0	Advies	22

1.0 Inleiding

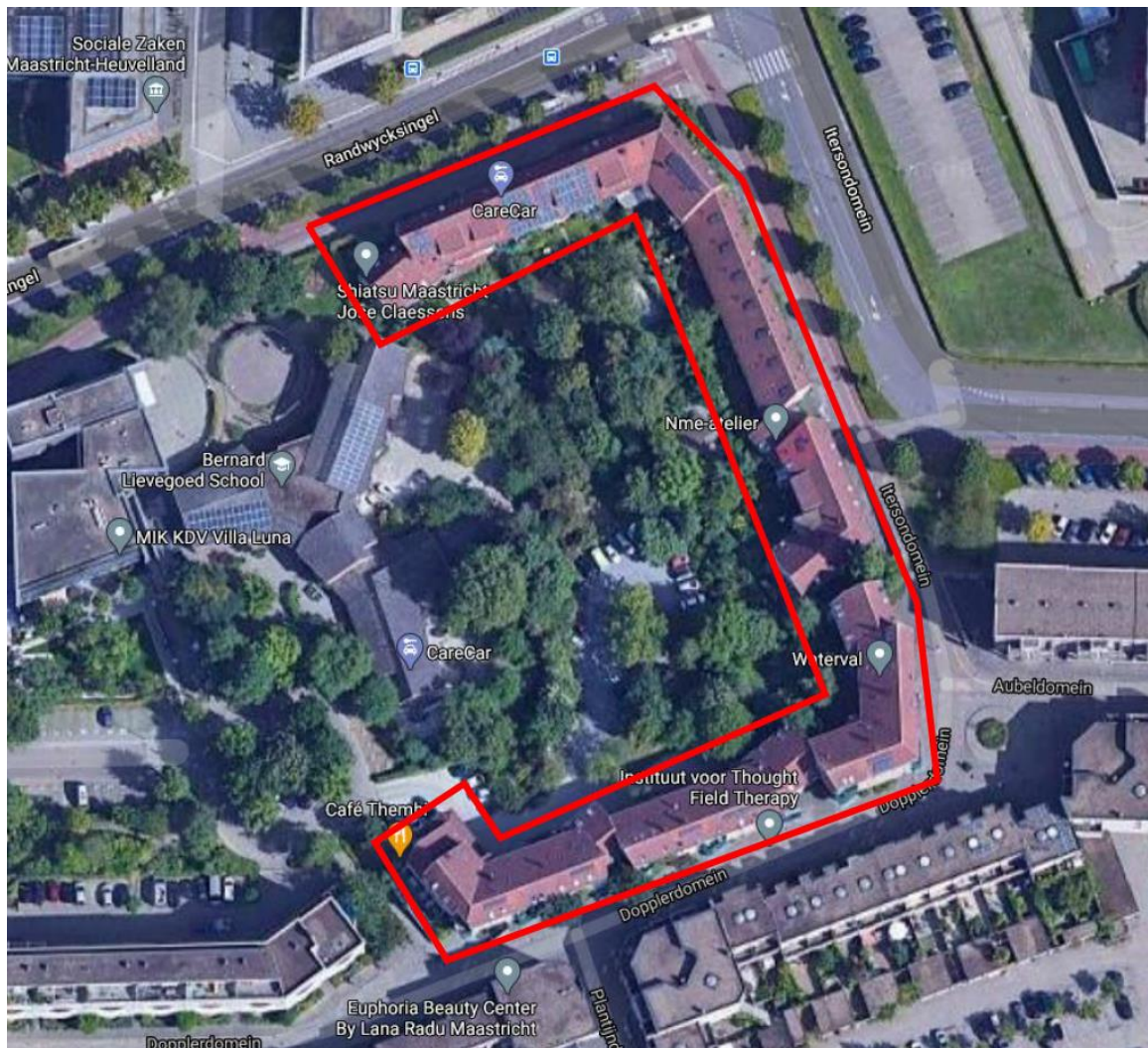
1.1 Algemeen

Het bedrijf Guus Henssen Diensten B.V. Oirsbeek heeft aan ingenieursbureau A. Palte B.V. de opdracht verleend voor het vervaardigen van een statische berekening t.b.v. de beoordeling van de mogelijkheid voor het plaatsen van een nieuw dakpakket op de bestaande isolatieplaten inclusief PV-panelen.

Het doel van dit document is het vastleggen van de uitgangspunten die ten gronde liggen aan een constructieve beoordeling van een belasting toename op het dak van de bestaande bouw en een constructief advies geven of het mogelijk is om een nieuwe dakbelasting inclusief PV-panelen te plaatsen. In dit rapport worden alleen de bestaande gordingen beschouwd.

1.2 Situatie

Het pand is gelegen aan het Dopplerdomein 2-68 in Maastricht.



Figuur 1-1 De locatie

1.3 Werkwijze constructieve beoordeling

Om tot de conclusie te komen of het plaatsen van een nieuwe dakbelasting inclusief PV-panelen al dan niet veilig is worden een aantal stappen ondernomen:

- 1) Archiefonderzoek.
- 2) Constructieve berekening;

1.4 Uitgangspunten

Bij dit constructief advies is uitgegaan dat de werkelijke gerealiseerde constructie cf. de bij Palte beschikbare tekeningen is gemaakt. Berekeningen van de bestaande constructie zijn niet ontvangen.

2.0 Randvoorwaarden en uitgangspunten

2.1 Van toepassing zijnde normen/voorschriften

Eurocode 0: Grondslagen

NEN-EN 1990	Grondslagen van het constructief ontwerp
NEN 8700	Grondslagen Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren

Eurocode 1: Belastingen op constructies

NEN-EN 1991-1-1	Algemene belastingen - Volumieke gewichten, eigengewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen
NEN-EN 1991-1-2	Algemene belastingen - Belastingen bij brand
NEN-EN 1991-1-3	Algemene belastingen - Sneeuwbelasting
NEN-EN 1991-1-4	Algemene belastingen - Windbelasting
NEN-EN 1991-1-5	Algemene belastingen - Thermische belasting
NEN-EN 1991-1-7	Algemene belastingen - Buitengewone belastingen: stootbelastingen en ontploffingen

Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies

NEN-EN 1992-1-1	Algemene regels en regels voor gebouwen
NEN-EN 1992-1-2	Algemene regels - Ontwerp en berekening van constructies bij brand
NEN-EN 206-1	Deel 1: Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit

Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies

NEN-EN 1993-1-1	Algemene regels en regels voor gebouwen
NEN-EN 1993-1-2	Algemene regels - Ontwerp en berekening van constructies bij brand
NEN-EN 1993-1-8	Ontwerp en berekening van verbindingen
NEN-EN 1993-1-10	Materiaaltaaiheid en eigenschappen in de dikterichting

Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal en betonconstructies

NEN-EN 1994-1-1	Algemene regels en regels voor gebouwen
NEN-EN 1994-1-2	Algemene regels - Ontwerp en berekening van constructies bij brand

Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies

NEN-EN 1995-1-1	Algemene regels en regels voor gebouwen
NEN-EN 1995-1-2	Algemene regels - Ontwerp en berekening van constructies bij brand

Eurocode 6: Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk

NEN-EN 1996-1-1	Algemene regels voor constructies van gewapend en ongewapend metselwerk
NEN-EN 1996-1-2	Algemene regels - Ontwerp en berekening van constructies bij brand

Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp van constructies

NEN 1997-1	Algemene regels
------------	-----------------

Met betrekking tot de belastingen geldt dat naast de in dit document genoemde belastingen, het gestelde in de NEN-EN1990 en de NEN-EN 1991 als minimum van kracht blijft.

2.2 Gevolgklasse, ontwerplevensduurklasse en referentieperiode

Type bouwwerk	: Appartementencomplex
Gevolgklasse	: CC2A(woongebouw met maximaal 4 bouwlagen), : $K_{FI} = 1.0$
Ontwerplevensduurklasse	: 3 (50 jaar) ^{b)}
Referentieperiode	: 50 jaar : $F_t = 1.0$

- a) Gevolgklasse zie NEN-EN 1990 tabel NB.21 - B1 en NEN-EN 1991-1-7 tabel NB.5 - A1
 b) Ontwerplevensduurklasse zie NEN-EN 1990 tabel NB.1 - 2.1

2.3 Materialen

Hout

Constructiehout	: C24
Gelamineerd hout	: GL24h

Tabel 2.1: Materiaaleigenschappen hout

Hout	C24	GL24h	[Eenheid]
$f_{m;0;rep}$	24	24	N/mm ²
$f_{c;0;rep}$	24	24	N/mm ²
$f_{v;0;rep}$	4.0	2.7	N/mm ²
$E_{0;ser;rep}$	11000	11600	N/mm ²
$E_{0;u;rep}$	7400	9400	N/mm ²

2.4 Partiële belastingsfactoren

Tabel NB.4 - A1.2(B) – Rekenwaarden van belastingen (STR/GEO) (groep B)

Blijvende en tijdelijke ontwerp situaties	Blijvende belastingen		Overheersende veranderlijke belasting	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende	
	Ongunstig	Gunstig		Belangrijkste (indien aanwezig)	Andere
(Vgl. 6.10a)	$1,35 G_{k,j,sup}^a$	$0,9 G_{k,j,inf}$		$1,5 \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$1,5 \psi_{0,i} Q_{k,i} (i > 1)$
(Vgl. 6.10b)	$1,2 G_{k,j,sup}^b$	$0,9 G_{k,j,inf}$	$1,5 Q_{k,1}$		$1,5 \psi_{0,i} Q_{k,i} (i > 1)$

Bouwbesluit bestaand - verbouw niveau NEN8700:

Tabel A1.2(B) en (C) – Partiële belastingsfactoren (γ) voor de uiterste grenstoestanden STR en GEO

Factoren bij verbouw				
Belastingscombinaties	Blijvende belastingen		Overheersende veranderlijke belasting anders dan wind ^a	Veranderlijke wind maatgevende belasting ^a
	Ongunstig	Gunstig		
(Vgl. 6.10a)	$\gamma_{Gj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,1}$
Gevolgklasse 1a/b	1,15	0,90	1,10	1,20
Gevolgklasse 2	1,30 (1,20)	0,90	1,30	1,40
Gevolgklasse 3	1,40 (1,20)	0,90	1,50	1,60 (1,50)
(Vgl. 6.10b)	$\xi \gamma_{Gj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,1}$
Gevolgklasse 1a/b	1,05	0,90	1,10	1,20
Gevolgklasse 2	1,15	0,90	1,30	1,40
Gevolgklasse 3	1,25 (1,20)	0,90	1,50	1,60 (1,50)

Bouwbesluit bestaand - afkeur niveau NEN8700:

Factoren bij afkeuren				
Belastingscombinaties	Blijvende belastingen		Overheersende veranderlijke belasting anders dan wind ^a	Veranderlijke wind maatgevende belasting ^a
	Ongunstig	Gunstig		
(Vgl. 6.10a)	$\gamma_{Gj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,1}$
Gevolgklasse 1a/b	1,10	0,90	1,05	1,10
Gevolgklasse 2	1,20	0,90	1,15	1,30
Gevolgklasse 3	1,30 (1,20)	0,90	1,30	1,50
(Vgl. 6.10b)	$\xi \gamma_{Gj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{Q,1}$
Gevolgklasse 1a/b	1,00	0,90	1,05	1,10
Gevolgklasse 2	1,10	0,90	1,15	1,30
Gevolgklasse 3	1,20	0,90	1,30	1,50

2.5 Belastingcombinaties

Belastingcombinaties voor blijvende of tijdelijke ontwerpsituaties (fundamentele combinaties)

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10)$$

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10a)$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10b)$$

Belastingcombinaties voor de karakteristieke combinatie

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.14b)$$

Belastingcombinaties voor de frequente combinatie

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.15b)$$

Belastingcombinaties voor de quasi-blijvende combinatie

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.16b)$$

Hierin is:

- $G_{k,j}$: Karakteristieke waarde van de blijvende belastingen
- P : Representatieve waarde van de voorspankrachten
- $Q_{k,1}$: Karakteristieke waarde van de overheersende variabele belasting
- $Q_{k,i}$: Karakteristieke waarde van de gelijktijdige optredende variabele belastingen
- $\gamma_{G,j}$: Partiële factor voor de blijvende belastingen
- γ_P : Partiële factor voor de voorspankrachten
- $\gamma_{Q,1}$: Partiële factor voor de overheersende variabele belasting
- $\gamma_{Q,i}$: Partiële factor voor de gelijktijdige optredende variabele belastingen
- ξ_j : Reductiefactor voor de ongunstige, blijvende belastingen
- $\psi_{0,1}$: Momentaanfactor voor de overheersende variabele belasting
- $\psi_{0,i}$: Momentaanfactor voor de gelijktijdige variabele belastingen

3.0 Archiefonderzoek

3.1 Algemeen

Ten behoeve van het constructieve advies voor het plaatsen van een nieuw dakpakket inclusief zonnepanelen is er een archiefonderzoek uitgevoerd.

3.2 Beschikbare documenten

In onderstaande tabellen zijn de relevante beschikbare archiefstukken weergegeven.

Documentnummer	Auteur	Onderwerp	Datum
W.6.14	ORTA Atelier	Werktekening dakplan met doorsnede L-K	12 oktober 1988
W.6.13	ORTA Atelier	Werktekening dakplan met doorsnede K-J	12 oktober 1988
W.6.12	ORTA Atelier	Werktekening dakplan met doorsnede I	28 september 1988
W.6.11	ORTA Atelier	Werktekening dakplan met doorsnede G-H	27 september 1988
W.6.10	ORTA Atelier	Werktekening dakplan met doorsnede E-F	12 augustus 1988
W.6.9	ORTA Atelier	Werktekening dakplan met doorsnede C-D	17 augustus 1988
W.6.8	ORTA Atelier	Werktekening dakplan met doorsnede A-B	12 augustus 1988
W.6.7	ORTA Atelier	Werktekening dakplan met doorsnede A-B	12 augustus 1988
W12.9	ORTA Atelier	Werktekening details S1 tm S5 staal	30 augustus 1988
W12.8	ORTA Atelier	Werktekening details H1 tm H7 hout	23 augustus 1988

Uit het archiefonderzoek kan het volgende worden geconcludeerd:

- De belastingen op de constructie kunnen niet bepaald worden op basis van de archiefstukken;
- Op basis van het archiefonderzoek kan wel een controleberekening worden uitgevoerd aangezien de dimensies van de verschillende doorsnedes bekend zijn. De belastingen zijn wel aangenomen aangezien deze niet bekend zijn bij ons bureau.

4.0 Constructieve berekening

4.1 Werkwijze constructieve berekening

Uit de verkregen archieftekeningen van de kapconstructie kan geconcludeerd worden dat de verschillende daken uit spanten bestaan met verschillende hellingshoeken namelijk 27°, 31°, 33°, 42° en 52°. Wat de gordingen betreft worden er cf. de archieftekeningen twee verschillende doorsnedes gebruikt namelijk 96x221mm en 96x246mm. Om te kunnen bepalen of de bestaande gordingen al dan niet in staat zijn om de nieuwe dakbelasting te dragen zijn twee berekeningen opgezet:

- Berekening 1: gording 96x221mm (conservatief) 27° zowel in de bestaande en nieuwe toestand;
- Berekening 2: gording 96x221mm (conservatief) 51° zowel in de bestaande en nieuwe toestand.

Verwijzingen:

Onderstaande onderdelen worden verwezen, omdat deze qua krachtswerking hetzelfde zijn of niet maatgevend.

Hellingshoek 31° en 33°	als	berekening 1
Hellingshoek 42°	als	berekening 2

4.2 Permanente en veranderlijke verticale belastingen

Permanent bestaand:

Betonpannen	= 0.50 kN/m ²
Isolatie & tengels/panlatten	= 0.10 kN/m ²
Dakbeschoot & gordingen	= 0.10 kN/m ²
Plafond & Leidingen	= 0.15 kN/m ² +
	= 0.85 kN/m ²

Permanent nieuw:

Betonpannen	= 0.50 kN/m ²
Isolatie & tengels/panlatten	= 0.10 kN/m ²
Dakbeschoot & gordingen	= 0.10 kN/m ²
Plafond & Leidingen	= 0.15 kN/m ²
PV-panelen incl. ballast etc.	= 0.20 kN/m ² +
	= 1.05 kN/m ²

4.3 Windbelasting

De windbelasting is bepaald aan de hand van de NEN-1991-1-4.

Algemeen:

Gebouwhoogte (boven maaiveld) = ± 15 m
 Bebouwd gebied, windgebied III

Extreme stuwdruk:

$q_p(z_e = 15.0\text{m}) = 0.66 \text{ kN/m}^2$

De hellingen van de daken variëren tussen de 27° en de 51°:

Tabel NB.10 – 7.4a – Uitwendige drukcoëfficiënten voor zadeldaken

Hellings- hoek α	Zone voor windrichting $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
+15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3	-1,0	-0,4	-1,0	-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	
+30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2	-1,0	-0,4	-1,0	-0,5	-1,0
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	
+45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2	-1,0	-0,3	-1,0
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0	
+60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2	-1,0	-0,3	-1,0

Uit de bovenstaande tabel kan geconcludeerd worden dat de maximale uitwendige drukcoëfficiënt op het dak die druk veroorzaakt 0.7 is. De minimale uitwendige drukcoëfficiënt is 0.4 (zone H). Bij de berekening wordt gerekend met een gemiddelde waarde van 0.55.

4.4 Sneeuwbelasting

De sneeuwbelasting is bepaald aan de hand van de NEN-1991-1-3.

Sneeuwbelasting zadeldak 27° en 31° en 33°:

$\mu_1 = 0.8$
 $s_k = 0.7 \text{ kN/m}^2$
 $q_{k, \text{ sneeuw}} = \mu_1 * s_k = 0.8 * 0.70 \text{ kN/m}^2 = 0.56 \text{ kN/m}^2$

Sneeuwbelasting zadeldak 42° en 51°:

$\mu_1 = 0.48$
 $s_k = 0.7 \text{ kN/m}^2$
 $q_{k, \text{ sneeuw}} = \mu_1 * s_k = 0.48 * 0.70 \text{ kN/m}^2 = 0.34 \text{ kN/m}^2$

4.5 Gording (96x221mm) 27° bestaande toestand

$f_{m,k}$	= C24, 24N/mm ²
K_{mod}	= 0.9 (klimaatklasse 1, kort)
K_h	= 1.0 (221mm ≥ 150mm)
γ_m	= 1.3
max. lengte	= 5.2m

Belastingen Y-richting:

Permanent:

$$\text{Rustend} \quad g_k; \text{dak} = 0.85 \text{ kN/m}^2 \cdot 2.4\text{m} \cdot \cos 27^\circ = 1.82 \text{ kN/m}$$

Sneeuw:

$$\text{Zadeldak} \quad q_k; \text{sneeuw} = 0.56 \text{ kN/m}^2 \cdot 2.4\text{m} \cdot \cos 27^\circ = 1.07 \text{ kN/m}$$

Wind:

$$\text{Winddruk} \quad q_k; \text{wind;druk} = 0.66 \text{ kN/m}^2 \cdot 0.55 \cdot 2.4\text{m} = 0.87 \text{ kN/m}$$

$$\text{Onderdruk} \quad q_k; \text{wind;onder} = 0.66 \text{ kN/m}^2 \cdot 0.3 \cdot 2.4\text{m} = \frac{0.48 \text{ kN/m}}{1.35} + 1.35 \text{ kN/m}$$

Belastingen Z-richting:

Permanent:

$$\text{Rustend} \quad g_k; \text{dak} = 0.85 \text{ kN/m}^2 \cdot 2.4\text{m} \cdot \sin 27^\circ = 0.93 \text{ kN/m}$$

Sneeuw:

$$\text{Zadeldak} \quad q_k; \text{sneeuw} = 0.56 \text{ kN/m}^2 \cdot 2.4\text{m} \cdot \cos 27^\circ \cdot \sin 27^\circ = 0.54 \text{ kN/m}$$

Belastingencombinatie sneeuw:

$$q_{d; y\text{-as}} = 1.15 \cdot 1.82 + 1.3 \cdot 1.07 = 3.48 \text{ kN/m}$$

$$q_{d; z\text{-as}} = 1.15 \cdot 0.93 + 1.3 \cdot 0.54 = 1.77 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed; y\text{-as}} = 1/8 \cdot 3.48 \cdot 5.2^2 = 11.76 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed; z\text{-as}} = 1/8 \cdot 1.77 \cdot 5.2^2 = 5.98 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{Ed; y\text{-as}} = 11.76 \cdot 10^6 / (1/6 \cdot 96 \cdot 221^2) = 15.05 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ed; z\text{-as}} = 5.98 \cdot 10^6 / (1/6 \cdot 221 \cdot 96^2) = 17.62 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Rd} = 24 \text{ N/mm}^2 \cdot 0.9 \cdot 1.0 / 1.3 = 16.62 \text{ N/mm}^2$$

$$6.11 \quad UC; \text{ dubbele buiging; } = (15.05/16.62) + 0.7 \cdot (17.62/16.62) = 1.65 \geq 1.0 \text{ niet akkoord}$$

$$6.12 \quad UC; \text{ dubbele buiging; } = 0.7 \cdot (15.05/16.62) + (17.62/16.62) = 1.70 \geq 1.0 \text{ niet akkoord}$$

Belastingencombinatie wind:

$$q_{d; y\text{-as}} = 1.15 \cdot 1.82 + 1.4 \cdot 1.35 = 3.98 \text{ kN/m}$$

$$q_{d; z\text{-as}} = 1.15 \cdot 0.93 = 1.07 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed; y\text{-as}} = 1/8 \cdot 3.98 \cdot 5.2^2 = 13.45 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed; z\text{-as}} = 1/8 \cdot 1.07 \cdot 5.2^2 = 3.62 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{Ed; y\text{-as}} = 13.45 \cdot 10^6 / (1/6 \cdot 96 \cdot 221^2) = 17.21 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Ed; z\text{-as}} = 3.62 \cdot 10^6 / (1/6 \cdot 221 \cdot 96^2) = 10.66 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Rd} = 24 \text{ N/mm}^2 \cdot 0.9 \cdot 1.0 / 1.3 = 16.62 \text{ N/mm}^2$$

$$6.11 \quad UC; \text{ dubbele buiging; } = (17.21/16.62) + 0.7 \cdot (10.66/16.62) = 1.48 \geq 1.0 \text{ niet akkoord}$$

$$6.12 \quad UC; \text{ dubbele buiging; } = 0.7 \cdot (17.21/16.62) + (10.66/16.62) = 1.36 \geq 1.0 \text{ niet akkoord}$$

Doorbuiging Y-richting:

$$U_{\text{fin;tot;sn}} = 5 \cdot (1.82 \cdot 1.6 + 1.35) \cdot 5200^4 / (384 \cdot 11000 / 12 \cdot 96 \cdot 221^3)$$

= 42.72 mm

$$U_{\text{fin;tot;eis}} = 1 / 250 \text{ l}$$

= 20.8 mm

$$U_{\text{C; buiging y-as}} = 42.72 / 20.8$$

= 2.06 \geq 1.0 **niet akkoord**

Iteratieve berekening Maximale lengte gording:

$$\text{Lengte gording (in formule voor } M_{\text{Ed}}) = 5.2^2 \text{m}$$

$$\text{Maximale } U_{\text{C;sterkte}} = 1.70$$

$$5.2^2 = 1.70$$

$$5.2 / \sqrt{1.70} = 3.99 \text{m}$$

$$\text{Lengte gording (in formule voor } u_{\text{fin;tot;sn}}) = 5200^4 \text{ mm}$$

$$\text{Maximale } U_{\text{C;doorbuiging}} = 2.06$$

$$5200^4 = 2.06$$

$$5200 / \sqrt[4]{2.06} = 4.34 \text{m}$$

$$\text{Max. lengte} = 3.99 \text{m}$$

Doorbuiging Y-richting:

$$U_{\text{fin;tot;sn}} = 5 \cdot (2.25 \cdot 1.6 + 1.35) \cdot 5200^4 / (384 \cdot 11000 / 12 \cdot 96 \cdot 221^3)$$

= 49.62 mm

$$U_{\text{fin;tot;eis}} = 1 / 250 \text{ l}$$

= 20.8 mm

$$U_{\text{C; buiging y-as}} = 49.62 / 20.8$$

= 2.39 \geq 1.0 **niet akkoord**

Iteratieve berekening Maximale lengte gording:

$$\text{Lengte gording (in formule voor } M_{\text{Ed}}) = 5.2^2 \text{m}$$

$$\text{Maximale } U_{\text{C;sterkte}} = 1.93$$

$$5.2^2 = 1.93$$

$$5.2 / \sqrt{1.93} = 3.74 \text{m}$$

$$\text{Lengte gording (in formule voor } u_{\text{fin;tot;sn}}) = 5200^4 \text{ mm}$$

$$\text{Maximale } U_{\text{C;doorbuiging}} = 2.39$$

$$5200^4 = 2.39$$

$$5200 / \sqrt[4]{2.39} = 4.18 \text{m}$$

$$\text{Max. lengte} = 3.74 \text{m}$$

Doorbuiging Y-richting:

$$U_{\text{fin;tot;sn}} = 5 \cdot (1.39 \cdot 1.6 + 1.45) \cdot 5200^4 / (384 \cdot 11000 / 12 \cdot 96 \cdot 221^3)$$

= 36.82 mm

$$U_{\text{fin;tot;eis}} = 1 / 250 \text{ l}$$

= 20.8 mm

$$U_{\text{C; buiging y-as}} = 36.82 / 20.8$$

= 1.77 \geq 1.0 **niet akkoord**

Iteratieve berekening Maximale lengte gording:

$$\text{Lengte gording (in formule voor } M_{\text{Ed}}) = 5.2^2 \text{m}$$

$$\text{Maximale } U_{\text{C;sterkte}} = 1.90$$

$$5.2^2 = 1.90$$

$$5.2 / \sqrt{1.90} = 3.77 \text{m}$$

$$\text{Lengte gording (in formule voor } u_{\text{fin;tot;sn}}) = 5200^4 \text{ mm}$$

$$\text{Maximale } U_{\text{C;doorbuiging}} = 1.77$$

$$5200^4 = 1.77$$

$$5200 / \sqrt[4]{1.77} = 4.51 \text{m}$$

$$\text{Max. lengte} = 3.77 \text{m}$$

Doorbuiging Y-richting:

$$U_{\text{fin;tot;sn}} = 5 \cdot (1.72 \cdot 1.6 + 1.45) \cdot 5200^4 / (384 \cdot 11000 / 12 \cdot 96 \cdot 221^3)$$

= 42.12 mm

$$U_{\text{fin;tot;eis}} = 1 / 250 \text{ l}$$

= 20.8 mm

$$U_C; \text{ buiging y-as} = 42.12 / 20.8$$

= 2.03 \geq 1.0 **niet akkoord**

Iteratieve berekening Maximale lengte gording:

$$\text{Lengte gording (in formule voor } M_{\text{Ed}}) = 5.2^2 \text{m}$$

$$\text{Maximale } U_{C;\text{sterkte}} = 2.26$$

$$5.2^2 = 2.26$$

$$5.2 / \sqrt{2.26} = 3.46 \text{m}$$

$$\text{Lengte gording (in formule voor } u_{\text{fin;tot;sn}}) = 5200^4 \text{ mm}$$

$$\text{Maximale } U_{C;\text{doorbuiging}} = 2.03$$

$$5200^4 = 2.03$$

$$5200 / \sqrt[4]{2.12} = 4.36 \text{m}$$

$$\text{Max. lengte} = 3.46 \text{m}$$

5.0 Conclusie

Uit de berekeningen die op zijn gezet aan de hand van de verkregen archieftekeningen kan geconcludeerd worden dat de bestaande gordingen niet geschikt zijn voor een belastingtoename inclusief PV-panelen. Sterker nog; de bestaande gordingen voldoen veelal niet aan de vigerende regelgeving in de bestaande toestand (zonder belastingtoename dus).

Sterkte

Bij de controleberekening zijn twee verschillende gordingen gecontroleerd (zie hoofdstuk 4.1) in zowel de bestaande als de nieuwe toestand (inclusief nieuw dak pakket en PV-panelen) waarbij ook het optreden van dubbele buigspanning is beschouwd cf. de vigerende normering (buigspanning van de gording in sterke én zwakke richting gecombineerd). De gecontroleerde gordingen voldoen zowel in de bestaande als in de nieuwe toestand niet aan de vigerende normen.

Doorbuiging

De gordingen zijn ook gecontroleerd op doorbuiging, hierbij is alleen de doorbuiging in de sterke richting gecontroleerd. Aannemelijk is dat de doorbuiging in de zwakke richting wordt voorkomen door een externe invloed, zoals een stijve muurplaat op de vloer/metselwerk of schijfwerking van het dak. Zelf met deze gunstige effecten op de doorbuiging in de zwakke richting voldoen de gordingen niet op doorbuiging in de sterke richting.

Aangezien de bestaande gordingen zonder belastingtoename al niet voldoen aan de vigerende norm zijn voor beide gordingen iteratieve berekeningen uitgevoerd om de maximale toelaatbare lengte van de gordingen te berekenen in zowel de bestaande toestand als met de nieuwe belasting.

Maximale toelaatbare lengte gording:

Gording 27° bestaande toestand	3.99m
Gording 27° nieuwe toestand:	3.74m
Gording 51° bestaande toestand:	3.77m
Gording 51° nieuwe toestand:	3.46m

Om exact uit te zoeken welke gordingen wel en niet voldoen is een zeer uitgebreide rekenexercitie noodzakelijk omdat er zeer veel varianten voorkomen.

6.0 Advies

Wij adviseren om in het werk te controleren in hoeverre er overal een stijve muurplaat aanwezig is en/of het dakbeschot inderdaad als een schijf kan werken. Tevens dient gecontroleerd te worden in hoeverre de bestaande gording in de zwakke richting al flink doorhangen.

In het geval dat de doorbuigingen niet buitenproportioneel zijn en een stijf dakbeschot en/of stijve muurplaat aanwezig is hoeven de gordingen alleen getoetst te worden op sterkte en buiging in de sterke richting. Dat betekent echter niet dat een deel van de gordingen toch versterkt zal moeten worden.

Ter versterking valt te denken aan het toevoegen van extra gordingen. Dat kan door de gordingen te verdubbelen óf tussen iedere 2 gordingen een nieuwe gording toe te voegen. De dimensies van de nieuw toe te voegen gordingen dienen berekend te worden.