



opgesteld door ir. R.H.G. Roijackers RO  
project Exemplarische Gebouwen Gemeente Groningen  
opdrachtgever Gemeente Groningen  
datum 7 december 2015  
onderwerp Oplegger onderzoeksrapporten Exemplarische Gebouwen

Geachte lezer,

Bij het uitvoeren van de onderzoeken en het maken van de rapporten voor de exemplarische gebouwen is steeds gebruik gemaakt van de meest recente informatie en gegevens. Afgelopen jaar heeft reeds veel onderzoek naar seismiciteit door gaswinning plaatsgevonden en dit onderzoek is nog steeds in volle gang.

De belangrijkste richtlijnen die we bij het onderzoek hebben gebruikt betreffen de groene versie van de Nederlandse Praktijk Richtlijn (NPR 9998) *“Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: Geïnduceerde aardbevingen”* met daarin de KNMI contourenkaart van 2014.

Inmiddels is er veel nieuwe informatie verschenen, al dan niet gevalideerd. Dit betreft bijvoorbeeld de KNMI-kaart van oktober 2015, het advies van de Commissie Meijdam en het NAM-onderzoek van november 2015. Daarnaast is ook het niveau van gaswinning nog voortdurend onderwerp van discussie.

Dit maakt dat de voorliggende studie slechts een momentopname betreft. Met de kennis van dit moment is de seismische weerbaarheid indicatief in beeld gebracht.

De komende jaren zal de kennis over geïnduceerde aardbevingen, over de opgewekte grondversnellingen, over de opslingering van de ondergrond en over de weerbaarheid van gebouwen in hoge mate toenemen. Dit betekent dat in de (nabije) toekomst een bijgestelde analyse tot andere conclusies en aanbevelingen kan leiden.

Ir. R.H.G. Roijackers  
ABT|Wassenaar Seismisch Advies

Haren, 07-12-2015

Seismische scan  
Watertoren Noord

1 september 2015



seismisch advies



## Seismische scan Watertoren Noord Groningen

Project: **Seismische scan Exemplarische gebouwen**

Betreft: Watertoren Noord, Noorderbinnensingel 14 Groningen

Datum: 1 september 2015

Code: 13663-006-N

Opdrachtgever: Gemeente Groningen



Contactpersoon: ir. E. van Deelen

Opgesteld door: ing. M. Horsman (constructief)  
M. Pronk (bouwkundig)

Eindverantwoording: ABT Wassenaar Seismisch Advies BV  
Rummerinkhof 6 Haren  
Postbus 24 9750 AA Haren

Contactpersoon: ir. M. G. Krüse

Geautoriseerd: ir. R. Roijackers / ir. R. de Jong

| datum      | versie     | autorisatie constructief |  | autorisatie bouwkundig |   |
|------------|------------|--------------------------|--|------------------------|---|
| 27-02-2015 | concept    | ir. R. Roijackers        |  | ir. F. Hofmans         |   |
| 01-09-2015 | definitief | ir. R. Roijackers        |  | ir. F. Hofmans         |  |





|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
|           | <b>Inhoudsopgave</b>                                    |           |
| <b>1.</b> | <b>Inleiding</b>  | <b>5</b>  |
| 1.1.      | Vraagstelling / Doelstelling                            | 5         |
| 1.2.      | Achtergrond   | 5         |
| 1.3.      | Aanpak  | 5         |
| <b>2.</b> | <b>Inventarisatie</b>                                   | <b>7</b>  |
| 2.1.      | Algemeen  | 7         |
| 2.2.      | Constructieve elementen                                 | 10        |
| 2.3.      | Niet-constructieve elementen                            | 12        |
| <b>3.</b> | <b>Analyse en oplossingsrichtingen</b>                  | <b>15</b> |
| 3.1.      | Toetsingskader  | 15        |
| 3.2.      | Uitgangspunten en randvoorwaarden                       | 15        |
| 3.3.      | Analyse seismisch gedrag                                | 18        |
| 3.4.      | Analyse constructieve elementen                         | 21        |
| 3.5.      | Analyse niet-constructieve elementen                    | 24        |
| <b>4.</b> | <b>Conclusies en aanbevelingen</b>                      | <b>28</b> |
| 4.1.      | Conclusies  | 28        |
| 4.2.      | Aanbevelingen   | 30        |
| 4.3.      | Nader onderzoek   | 30        |
|           | <b>Bijlagen</b>   | <b>31</b> |
| Bijlage 1 | Checklist constructieve en niet-constructieve elementen | 31        |
| Bijlage 2 | Constructieve berekening                                | 36        |
| Bijlage 3 | Tekeningen  | 49        |
| Bijlage 4 | Foto's  | 55        |
| Bijlage 5 | Aardbevingen, achtergrondinformatie en begrippen        | 71        |



## 1. Inleiding

### 1.1. Vraagstelling / Doelstelling

De Gemeente Groningen heeft adviesbureau ABT|Wassenaar Seismisch Advies BV gevraagd onderzoek te doen naar de kwetsbaarheden van een aantal geselecteerde gebouwen onder invloed van aardbevingen. Een van deze gebouwen betreft de Watertoren Noord, Noorderbinnensingel 14 in Groningen waarvan de rapportage voor u ligt.

Doel van het onderzoek is om op een snelle en efficiënte manier inzicht te krijgen in de weerbaarheid van het gebouw tegen seismische invloeden, zonder dat hiervoor complexe en tijdrovende rekenmodellen en analyses worden toegepast. Onderzocht wordt hiertoe in welke mate verschillende gebouwonderdelen voldoen aan gestelde richtlijnen ten aanzien van seismische invloeden. Tevens worden indicatieve oplossingsrichtingen aangedragen voor gebouwonderdelen die niet lijken te voldoen aan de huidige richtlijn. Hiermee wordt een inzicht gegeven in de impact die het zou hebben om de weerbaarheid van het gebouw te vergroten.

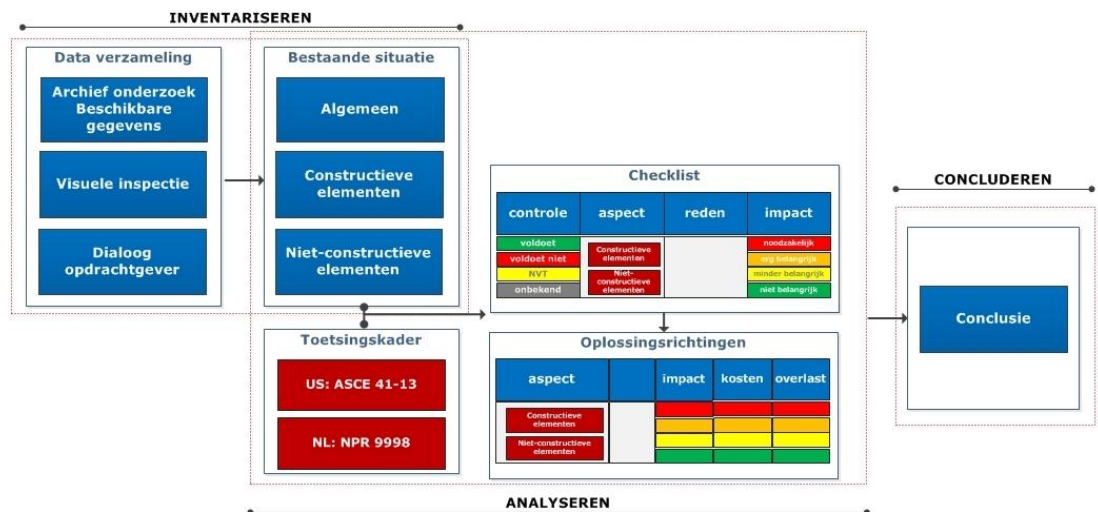
Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de laatste kennis betreffende de seismische activiteit in de regio. Voortschrijdend inzicht in de verwachte aardbevingen en grondversnellingen, gekoppeld aan de voorziene gasproductie, kan in de ( nabije) toekomst tot andere conclusies en aanbevelingen leiden.

### 1.2. Achtergrond

De vraagstelling komt voort uit de seismische activiteit in de regio Groningen als gevolg van gaswinning uit de bodem. Voor meer informatie over aardbevingen wordt verwezen naar bijlage 5.

### 1.3. Aanpak

De uitgevoerde scan bevat drie stappen: inventariseren, analyseren en concluderen. In figuur 1.1 zijn de stappen in samenhang weergegeven.



Figuur 1.1: Relatie van ontwerpstappen



Hieronder wordt per stap aangegeven welke activiteiten zijn uitgevoerd:

### Inventariseren

Het inventariseren bestaat uit:

- het verzamelen van beschikbare bouwkundige en constructieve tekeningen;
- het bestuderen van deze stukken op mogelijke aandachtspunten voor de gebouwinspectie;
- een gebouwinspectie ter plaatse, waarbij wordt gecontroleerd of het gebouw niet is gewijzigd ten opzichte van de tekeningen. Eventuele wijzigingen worden gedocumenteerd;
- het vastleggen van de technische staat van het gebouw.

### Analyseren

Bij het analyseren:

- worden het toetsingskader en de uitgangspunten bepaald;
- worden de geïnventariseerde gegevens gespiegeld aan het toetsingskader. Dit gebeurt met behulp van een checklist gebaseerd op de Amerikaanse ASCE 41-13 "Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings". Er wordt kwalitatief beoordeeld of verschillende gebouwaspecten in overeenstemming zijn met deze richtlijn;
- wordt een dynamische berekening gemaakt voor het bepalen van de respons van de constructie op een aardbeving, zoals die op de locatie van het gebouw zou kunnen optreden. Uitgangspunt voor deze berekeningen is de in conceptvorm uitgegeven "NPR 9998, Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: Geïnduceerde aardbevingen";
- worden, waar nodig voor het invullen van de checklist, eenvoudige constructieve berekeningen gemaakt. Deze berekeningen worden als bijlage bijgevoegd;
- worden indicatieve oplossingsrichtingen aangedragen voor gebouwonderdelen die niet lijken te voldoen aan de huidige richtlijnen.
- worden aanvullende adviezen gegeven voor sommige checklistaspecten die wel voldoen aan de richtlijnen, maar die met eenvoudige ingrepen verder kunnen worden verbeterd

### Concluderen

In de conclusie wordt een globale inschatting gegeven van de seismische weerbaarheid van het beschouwde gebouw. Aansluitend wordt een samenvatting gegeven van aangedragen oplossingsrichtingen, waarmee de weerbaarheid kan worden verhoogd. Tevens wordt hierbij een indicatie gegeven van de relatieve kosten en overlast die verwacht kunnen worden bij het uitvoeren van de ingrepen.

Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat het opgeven van de aangedragen oplossingsrichtingen met name bedoeld is om inzichtelijk te maken hoe ingrijpend het uitvoeren van maatregelen voor het verhogen van de weerbaarheid van het gebouw kan zijn. Het definitief vaststellen van oplossingen is enkel mogelijk na het uitvoeren van diepgaander onderzoek en het doen van aanvullende berekeningen.

De conclusies in dit rapport zijn gebonden aan de uitgangspunten zoals die in paragraaf 3.1 zijn vastgelegd. Voortschrijdend inzicht in de seismische activiteit of in de weerbaarheid van gebouwen kan op termijn herziening van de conclusies vereisen. Het onderzoek naar aardbevingen in Groningen heeft in het afgelopen jaar al tot vele nieuwe inzichten geleid en het is de verwachting dat ook de komende jaren de kennis zich verder zal ontwikkelen.



## 2. Inventarisatie

### 2.1. Algemeen

#### 2.1.1. Beschikbare gebouwdocumenten

De volgende beschikbare documenten zijn gebruikt:

##### 1. Rapporten Arcadis:

| rapportnr.      | Datum      | Status | Omschrijving   |
|-----------------|------------|--------|--|
| ▪ 074221057:0.2 | 16-07-2009 |        | Milieukundig bodemonderzoek                          |
| ▪ 1.0           | 04-11-2009 |        | Constructieve haalbaarheid                           |
| ▪ 075721017:A   | 01-11-2011 |        | Restauratie en verduurzaming metselwerk bovenbouw    |
| ▪ 1.0           | 28-05-2013 |        | Ondersteuning metselwerk gevels                      |
| ▪ 1.0           | 25-07-2013 |        | Staalconstructie liftgeleiders en uithouders/steunen |
| ▪ 1.0           | 11-09-2013 |        | Herstel hoofddragconstructie onderbouw               |

##### 2. Notities/rapportages Gemeente Groningen:

| rapportnr.               | Datum      | Status | Omschrijving             |
|--------------------------|------------|--------|--------------------------|
| ▪ Noorderbinnensingel 14 | 28-11-2008 |        | Bouwhistorisch onderzoek |

##### 3. Bouwkundige tekeningen Arcadis Bouw&Vastgoed BV:

| tekeningnr. | Datum      | Status             | Omschrijving                     |
|-------------|------------|--------------------|----------------------------------|
| ▪ 200       | 01-06-2009 | Definitief ontwerp | Situatie                         |
| ▪ 201       | 07-09-2010 |                    | Plattegronden                    |
| ▪ 202       | 07-09-2010 |                    | Doorsneden Aanzichten            |
| ▪ 204       | 01-11-2009 |                    | Doorsneden Aanzichten zuid/west  |
| ▪ 205       | 01-11-2009 |                    | Doorsneden Aanzichten noord/oost |
| ▪ 210       | 01-03-2010 |                    | Principedetails                  |

##### 4. Bouwkundige tekeningen bouwaanvraag Arcadis Bouw & Vastgoed BV:

| tekeningnr. | Datum      | Status | Omschrijving                                   |
|-------------|------------|--------|--|
| ▪ 312       | 03-04-2013 |        | Begane grond, dak aanzicht, gevel begane grond |
| ▪ 322       | 03-01-2013 |        | Principe Gevel watertoren bouwvergunning       |

| tekeningnr. | Datum      | Status | Omschrijving                                   |
|-------------|------------|--------|--|
| ▪ 312       | 03-04-2013 |        | Begane grond, dak aanzicht, gevel begane grond |
| ▪ 322       | 03-01-2013 |        | Principe Gevel watertoren bouwvergunning       |

#### 2.1.2. Beschrijving van het gebouw

De 45 meter hoge watertoren bestaat uit een gemetselde ronde schacht met daarin leidingen en een geklonken spiltrap. Rondom deze metselwerkschacht is een geklonken staalconstructie aangebracht. Deze achtzijdige open stalen onderbouw met kruisverbanden en horizontale koppelingen rust op acht betonpoeren. Het waterreservoir met een inhoud van 1000 kubieke meter rust met het cilindrische gedeelte op deze onderbouw, zodat de bolvormige onderkant van dit reservoir geheel vrij en toegankelijk is.

Aan de buitenzijde is een twaalfzijdige bakstenen gevel aangebracht. Het geheel is met een twaalfzijdig tentdak gedekt met op twee derde van het volume een houten opbouw (lantaarn).



*Figuur 2.1: Aanzicht Oost.*

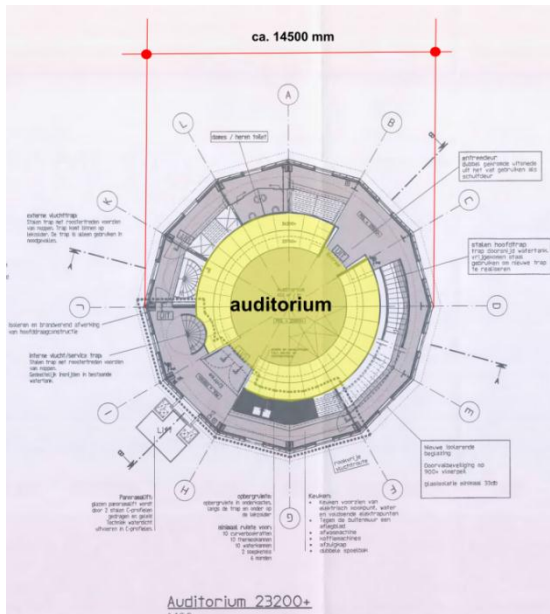
#### Historie van de watertoren

- 1908 Bouwjaar Watertoren Noord
- 1958 Grootschalige restauratie, daarbij is het metselwerk van de bovenbouw geheel vervangen en het beeld ingrijpend gewijzigd.
- 1977 Watertoren verliest zijn functie.
- 1988 Aanwijzing gemeentelijk monument en restauratie met onder andere vervanging van zinken dakbedekking, sloop van twaalf lichtkozijnen, restauratie metsel- en voegwerk en behandelen van de staalconstructie.
- 2013 Gerestaureerd + bouwkundige en constructieve aanpassingen. Metselwerk bovenbouw vervangen en verstevigd met een HSB binnenblad en horizontale staalconstructie. Daarnaast is onder de toren een één-laags gebouw gerealiseerd. Op niveau 23200 mm boven peil en 28500 mm boven peil zijn vloeren gemaakt (figuur 2.2 en 2.3). Een stalen vluchtrap en lift zijn aan de buitenzijde toegevoegd. De begane grond heeft een kantoorfunctie en de toren heeft een horecafunctie.
- Uit het milieukundig bodemonderzoek van Arcadis uit 2009 volgt dat vanaf maaiveld tot 0,3 m onder maaiveld een zandlaag (straat-zand) aanwezig is. Daaronder bevindt zich tot -circa 0,8 à 1.5 m onder maaiveld een zandpakket (matig fijn, zwak humeus). Tussen de 0,8 à 1.5 m tot 2,5 m onder maaiveld bevindt zich een kleilaag, zwak zandig, met daaronder een zandlaag (zeer grof) tot 3 m onder maaiveld. Dieper is geen onderzoek verricht.
- Het is onduidelijk hoe de watertoren is gefundeerd.
- De één-laagse uitbreiding is gefundeerd op schroefbuispalen en is vrijgehouden van de bestaande funderingspoeren van de watertoren.
- De hoofdafmetingen van het gebouw zijn vastgelegd op plattegronden en in gevelaanzichten (zie bijlage 3).

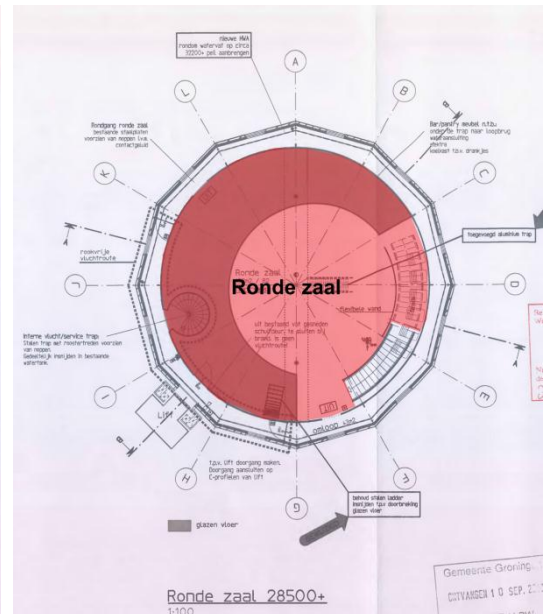
## 2.1.3.

**Geldigheid van de beschikbare stukken**

Tijdens de visuele inspectie ter plaatse op 7 november 2014 is geconstateerd dat het gebouw nagenoeg overeenkomt met de situatie zoals deze op de genoemde tekeningen is weergegeven. De roostervloer op 11800 mm boven peil is niet gerealiseerd. De vloer van de ronde zaal op 28500 mm boven peil (figuur 2.3) is in het midden en aan de zijkanten gedeeltelijk voorzien van beloopbaar glas. Enkele deuren op de begane grond zijn anders uitgevoerd.



Figuur 2.2: Auditorium op 23200+P.



Figuur 2.3: Ronde zaal op 28500+P.

## 2.1.4.

**Algemene conditie**

De bouwkundige en constructieve staat van het gebouw is beoordeeld op verschillende onderdelen:

- **Aantasting van de materialen en/of de interne verbindingen:**  
De staalconstructie is bij de laatste verbouwing in 2013/2014 nagelopen en gecontroleerd. Aangetroffen aantastingen zijn behandeld en hersteld. Het metselwerk van de schacht is op verschillende locaties licht beschadigd door kogel inslagen uit de doorgemaakte oorlogen.
- **Scheurvorming:**  
Aan de buitenzijde van de gemetselde ronde schacht zijn wat scheuren te zien.
- **Verplaatsingen:**  
Er zijn geen verplaatsingen van onderdelen t.o.v. elkaar geconstateerd.
- **Uitgevoerde herstelwerkzaamheden:**  
Het halfsteens metselwerk en de kozijnen van de toren zijn recentelijk geheel vervangen.

Enkele kenmerkende onderdelen van het gebouw zijn op foto vastgelegd, zie bijlage 4 van dit rapport.

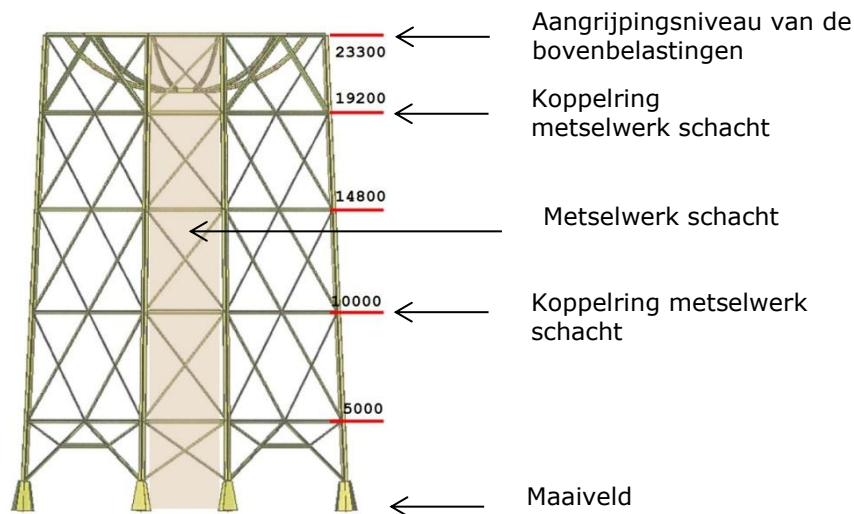
## 2.2. Constructieve elementen

### 2.2.1. Watertoren

#### Hoofddraagconstructie

De 45 meter hoge watertoren bestaat uit een geklonken stalenframe met daar bovenop een geklonken staalconstructie met metselwerk gevels en een houten kap (foto C1).

In het hart van de stalen onderbouw (maaiveld – 23300+) is een metselwerkschacht aangebracht voorzien van een spiltrap en leidingen (figuur 2.4). Naast een steun aan de boven- en onderzijde is de metselwerkschacht 2x gekoppeld door middel van een stalen kraag aan de stalen onderbouw (foto C2 en figuur 2.4).



Figuur 2.4: Staalconstructie onderbouw.

De bovenbouw (23300+ – 32500+) bestaat uit een geklonken staalconstructie met metselwerk invulling. Deze staalconstructie draagt zijn belastingen volledig af naar de staalconstructie van de onderbouw. Het metselwerk is verstevigd met een HSB binnenblad en gekoppeld aan de achterliggende staalconstructie. Het bovenste gedeelte (32500+ - 45000+) bestaat uit een geklonken staalconstructie met houten bekleding (foto C4).

#### Vloerconstructie

De nieuwe vloeren in het stalen bassin zijn uitgevoerd als stalen liggers in een ster-vorm met daartussen een houten balklaag en een zwaluwstaartvloer. De betonnen druklaag is voorzien van vloerverwarming.

De extra vloer onder de kuip diende om condenswater op te vangen. Deze is opgebouwd uit stalen liggers met daartussen betonnen prefabelementen. De voegen zijn gevuld met beton om het geheel waterdicht te maken (foto C3).

#### Schacht

De schacht is uitgevoerd in metselwerk en verloopt in dikte over de hoogte. Op ca. 10000+ en ca. 19200+ wordt de schacht gesteund door een stalen ring (foto C2). De metselwerkschacht draagt zijn eigengewicht en de betonnen condensvloer van de lezkolder (foto C3). In de metselwerkschacht zijn de trap en diverse leidingen opgenomen.

#### Dakconstructie

Het dak bestaat uit eveneens uit een staalconstructie met een houten dakbeschot bekleed met een zinken beplating (foto C4).

#### Fundering

Er zijn geen gegevens bekend over de fundering. Aangenomen wordt dat de watertoren is voorzien van een paalfundering.



### Dilataties

In het gebouw zijn geen dilataties aangebracht. De fundering van de nieuwe onderbouw is conform tekening los gehouden van de bestaande fundering van de watertoren.

### Stabiliteit

De toren is 45,3 meter hoog en bestaat uit een staalconstructie die vrijwel geheel als geklonken constructie is opgebouwd uit (dubbele) hoekstalen, schetsplaten, (dubbele) UNP-profielen en INP-profielen. De bovenbouw met metselwerk vulling wordt gedragen door acht staanders die door middel van stabiliteitsverbanden met elkaar zijn gekoppeld. Deze vormen gezamenlijk een stabiele, doch ongelijkbenige, achthoek.

Het onregelmatige ritme wordt veroorzaakt door het feit dat de staanders feitelijk in de hoeken van een twaalfhoek zijn opgesteld, waarbij elke derde staander ontbreekt. Deze 'ontbrekende' hoekpunt wordt ondersteund door relatief zwaardere verbanden tussen de staandergroepen in het bovenste vlak (foto C5).

#### 2.2.2.

### *Onderbouw*

De één-laagse onderbouw bestaat uit dragende HSB wanden met een houten balklaag en stalen dakplaten. Het dak van de latere aanbouw is tegen de schacht bevestigd. Gezien de constructieopbouw, gebouwhoogte en het geringe gewicht zal het constructieve risico ten aanzien van veiligheid gering zijn. Daarom wordt in de verdere rapportage op constructief gebied alleen de watertoren beschouwd.

## 2.3. *Niet-constructieve elementen*

### 2.3.1. *Gebouwschil*

#### Buitenwanden toren

De massieve twaalfhoekige bovenbouw bestaat uit halfsteens gevelmetselwerk met twee vensterreeksen van rechthoekige openingen die op regelmatige afstand in elk gevelvlak zijn geplaatst. Het metselwerk is in 2013 geheel vervangen. Het metselwerk wordt gedragen door hoeklijnen die een onderdeel vormen van een nieuwe stalen gevelconstructie uit 2013 (zie tekening geveluitwerking toren in bijlage 3). Het metselwerk is door middel van spouwankers gekoppeld aan het nieuwe geïsoleerde HSB binnenblad of aan de stalen constructie. Het metselwerk wordt horizontaal gescheiden door een uitkragende gewapende metselwerkrand. De metselwerkvlakken zijn in de hoeken verticaal gedilateerd (foto B2).

#### Buitenwanden onderbouw

De nieuwbouw op de begane grond bestaat uit een zinken gevelbekleding in horizontale banen op een door staal gesteunde geïsoleerde HSB-constructie. Hierin is aan de kantoorzijde een plint opgenomen van houten kozijnen voorzien van beglazing (foto C6). De nieuwbouw staat tussen de stalen hoofdconstructie van de toren en laat op sommige plekken weinig bewegingsvrijheid toe (foto B3).

#### Buitenwanden schacht

Het (oorspronkelijke) massieve metselwerk is 60 cm dik aan de onderzijde van de schacht. Naar boven toe neemt de dikte af naar ongeveer 30 cm. Het metselwerk wordt halverwege en bovenaan de schacht zijdelings gekoppeld aan de staalconstructie van de toren (foto B4). De staat van het metselwerk is redelijk goed. Aan de binnenzijde zijn een aantal horizontale scheuren waar te nemen (foto B5). Aan de bovenzijde van de schacht bevindt zich een betonnen rand. Hieraan zijn de stalen liggers van de condensvloer verankerd (foto C9).

Aandachtspunt uit rapport Monumentenfonds d.d. 1 okt. 2011: *“Ter plaatse van de stalen ringconstructie is [het metselwerk] slecht. Door verkeerde waterhuishouding, corroderend en uitzettend staal, vallen plaatselijk metselwerkstenen naar beneden. De schade is nu tijdelijk hersteld. De oorzaak van de inwatering is nog niet verholpen. Aan de binnenzijde is vorstschade zichtbaar, in de vorm van loslatende schilfers.”*

Overigens zou dit ook al (deels) aardbevingsschade kunnen zijn. Dit was in 2011 nog niet als zodanig erkend en dus kan de vraag gesteld worden of dit in het rapport juist is beoordeeld.

#### Borstweringen toren

Op het niveau van het auditorium bevindt zich ter plaatse van de vluchtweg een stalen balustrade (foto B6). In de er bovengelegen ronde zaal is ook een stalen balustrade aanwezig ter afscherming van het trapgat. De stalen vluchttrap is voorzien van een aangelaste stalen balustrade.

#### Buitenwandopeningen toren

De houten kozijnen zijn nieuw en zijn met hoeklijnen aan de staalconstructie gekoppeld. De ramen zijn doorval-veilig en geïsoleerd (foto B2).

#### Plafondelementen toren

Aan de onderzijde van de twaalfhoekige toren zijn geïsoleerde panelen opgehangen aan de betonnen elementen van de lezolder in een metalen frame (foto B7).

#### Dakopbouw toren

Het dak bestaat uit zinken beplating op een houten betimmering.

#### Dakopbouw onderbouw

De dakopbouw van de onderbouw bestaat uit houten balken met daarop stalen dakplaten, isolatie en dakbedekking. Dit dak is constructief gekoppeld aan de metselwerkschacht. Boven de technische ruimte is deze verlaagd t.b.v. de koelinstallaties. In het dak zijn een aantal ronde en langwerpige daklichten opgenomen (foto B8).



2.3.2.

*Toegangen*

Het gebouw is toegankelijk vanaf maaiveldniveau met een dubbele deur naar de ontvangstruimte. Vanuit de hal is er toegang tot de kantoren en de lift welke stopt op het niveau van de ronde zaal en het auditorium (foto B1). De lift is op een aantal plaatsen gekoppeld aan de staalconstructie van de toren. Vanuit de bovengelegen ronde zaal gaat er een stalen trap met houten treden naar de ronde zaal. Aan de andere zijde loopt er een stalen wenteltrap vanuit de ronde zaal naar deze verdieping als vluchtroute. Vanuit het auditorium is er een stalen vluchtrap welke naar het maaiveldniveau leidt (foto B9). Er is tevens door middel van een trap toegang tot de ondergelegen lekszolder. Vanuit de lekszolder is er toegang tot de metselwerk schacht waarin een wenteltrap naar de begane grond loopt die niet meer wordt gebruikt.

2.3.3.

*Inbouw*

Binnenwanden toren

De binnenwanden van de toren zijn gemaakt van multiplex beplating.

Plafonds toren

Onder de vloer van de ronde zaal zijn multiplex plafondplaten aanwezig. Deze zijn bevestigd tegen de houten balklaag.

Inrichting toren

Er zijn verscheidene hangende objecten in de ronde zaal aanwezig, zoals een ventilator en een kunstobject met hangende glazen elementen. In het auditorium zijn multiplex meubels gemaakt welke dienst doen als tribune. Als entree is hier een gedeelte van de ijzeren tank uitgespaard welke aan een ketting omhoog wordt gehangen als een soort luifel (foto B10).

Vloer toren

In de vloer van de ronde zaal zijn beloopbare glasdelen opgenomen (foto B15).

Binnenwanden onderbouw

De binnenwanden ter plaatse van de begane grondvloer zijn uitgevoerd als lichte wanden met gipsbeplating. Enkele scheidingwanden in de kantoren zijn uitgevoerd als glazen tussenwanden (foto B11). De binnenwanden zijn gekoppeld aan de houtconstructie van het dak.

Plafonds onderbouw

In het kantoor en de gangen is een vast gipsplafond aangebracht. In de toiletten, keuken en technische ruimte is een licht systeemplafond aanwezig.

Inrichting onderbouw

In de kantoren zijn enkele hoge stellingkasten aanwezig.

2.3.4.

*Installaties*

Veiligheidssystemen

Ter plaatse van de lift op het niveau van de ronde zaal en het auditorium is een droge blusleiding aanwezig.

Verlichting

De verlichting wordt gerealiseerd op de begane grond door middel van spots in het gipsplafond en systeemplafond (foto B12).

In de toren wordt de verlichting verzorgd door verschillende lampen, waaronder hanglampen, wandlampen en spots in het multiplex plafond. Er is noodverlichting aanwezig.



### E- en W-installaties

De technische ruimte bevindt zich op de begane grond waarin de cv-ketel, mv-box, hydrofoor en patchkast staan (foto B13). Op het dak boven de technische ruimte staan twee koeleenheden in een verdiept gedeelte (foto B8). Deze ruimten worden verwarmd en gekoeld door middel van vloer- en wandverwarming in combinatie met luchtkoeling. De verkeersruimten worden verwarmd door middel van radiatoren. In de toren is een tweede technische ruimte aanwezig waar een cv-ketel staat en een luchtbehandelingkast.

De ventilatie is mechanisch geregeld. Het transport van de installaties gebeurt in de ronde metselwerkschacht.

### Leidingen en kanalen

Al het leidingwerk en kanalen lopen in de metselwerkschacht (foto B14). Hier lopen nieuwe en oude leidingen welke net en regelmatig geborgd zijn. Bij wand- en vloeraansluitingen is weinig speling aanwezig.

### Transportinstallatie

Voor verticaal transport is er een lift aanwezig welke stopt ter hoogte van het auditorium, de ronde zaal en de begane grond. De lift loopt buiten langs de toren (foto B1).



### 3. Analyse en oplossingsrichtingen

#### 3.1. Toetsingskader

De documenten zoals genoemd in tabel 1 vormen het toetsingskader, op basis waarvan het gebouw wordt getoetst op aardbevingsbestendigheid.

| Titel document   | Afkorting             |
|--|-----------------------|
| Bouwbesluit 2012   | BB                    |
| NPR 9998:2015 d.d. februari 2015, Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen                   | NPR 9998 <sup>1</sup> |
| Memo ten behoeve van de minister van economische zaken, NNI, Voorlopige ontwerpuitgangspunten voor nieuwbouw en verbouw onder aardbevingsbelasting ten gevolge van de gaswinning in het Groningerveld d.d. 15 mei 2014 | VU-NEN                |
| NEN EN 1998-1, (Eurocode 8) Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies – Deel 1: Algemene regels, seismische belastingen en regels voor gebouwen   | NEN-EN 1998-1         |
| NEN EN 1998-3, Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies – Deel 3: Beoordeling en vernieuwing van gebouwen  | NEN-EN 1998-3         |
| NEN EN 1998-5, Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies – Deel 5: Funderingen, grondkerende constructies en geotechnische aspecten   | NEN-EN 1998-5         |
| ASCE 41-13, Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings  | ASCE                  |

Tabel 1: Toetsingskader

#### 3.2. Uitgangspunten en randvoorwaarden

##### 3.2.1. Gebouw-specifieke uitgangspunten

De gebouw-specifieke uitgangspunten die benodigd zijn voor het vaststellen van de randvoorwaarden voor de scan worden benoemd in tabel 2.

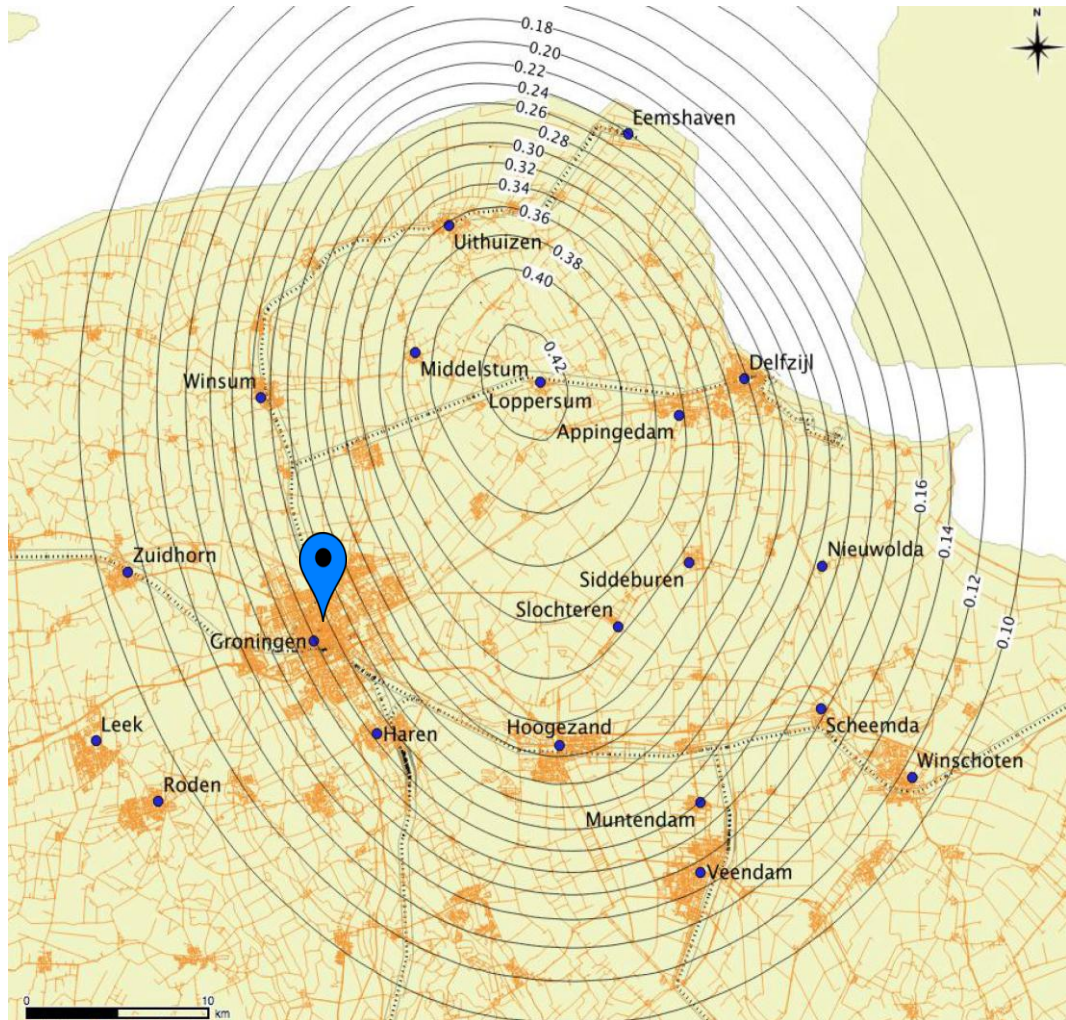
| Uitgangspunt                     | Invoer | Bron          |
|----------------------------------|--------|---------------|
| Piekgrondversnelling $a_{g,ref}$ | 0,24 g | NPR 9998      |
| Gevolklasse (Consequence Class)  | CC2    | BB            |
| Belangklasse (Importance Class)  | III    | NEN-EN 1998-1 |

Tabel 2: Uitgangspunten seismische scan

<sup>1</sup> De NPR 9998 is in februari 2015 uitgegeven als commentaar versie. De definitieve versie van de NPR wordt pas verwacht in het najaar van 2015.

### Piekgrondversnelling<sup>2</sup>

De piekgrondversnelling met een standaard-herhalings-tijd van 475 jaar ( $a_{g,ref}$ ) wordt voor de locatie van het gebouw vastgesteld aan de hand van figuur 3.1.



*Figuur 3.1: Contourplot van de piekgrondversnellingen  $a_{g,ref}$  met een herhalings-tijd van 475 jaar (NPR d.d. februari 2015)*

### Gevolgklasse

Gevolgklasse CC2 is aangehouden zoals minimaal vereist is voor openbare gebouwen.

### Belangklasse

Belangklasse III is gehanteerd voor dit gebouw.

---

<sup>2</sup> Op dit moment wordt er onderzoek uitgevoerd naar de  $p_{ga}$ -waarden in het aardbevingsgebied. Mogelijk wordt onderstaande kaart binnenkort herwerkt met aangepaste contouren. Mocht dat het geval zijn, dan kan het noodzakelijk zijn dat de conclusies en aanbevelingen hierop worden aangepast.

## 3.2.2.

**Grenstoestanden**

In de analyse wordt gekeken naar twee grenstoestanden; de "Near Collapse" en de "Damage Limitation" grenstoestand. Beide grenstoestanden beschrijven een specifieke aardbevingssituatie waar het gebouw en de constructie aan getoetst moeten worden. Onderstaande teksten geven een nadere toelichting.

Toets van de constructieve elementen:

Bij de "Near Collapse" grenstoestand wordt getoetst dat bij een extreme beving de structuur nog *nét* blijft staan, zodat veilig uit het gebouw gevlucht kan worden.

De grenstoestand "Near Collapse" staat beschreven in de NPR. De berekening kan worden gemaakt met de in de NPR gegeven "importance factoren". De ASCE kent niet de benaming "Near Collapse", maar voor de controle met de ASCE checklisten kan het vergelijkbare toetsniveau "Lifesafety" worden gebruikt, behorend bij de beschouwde extreme aardbeving.

Toets van de bouwkundige elementen:

Bij de "Damage Limitation" grenstoestand wordt nagegaan of de structuur onbeschadigd blijft bij een lichtere aardbeving die een hogere kans op plaatsvinden heeft. De bouwkundige elementen mogen hierbij wel enige schade ondervinden.

De grenstoestand "Damage Limitation" staat niet voldoende beschreven in de NPR.

De bij deze grenstoestand behorende "importance factor" stond eerder wel in de "VU-NEN", maar deze is niet in de NPR terug gekomen. Vandaar dat we voor deze toetsing terug verwijzen naar de oudere "VU-NEN".

De ASCE kent niet de benaming "Damage Limitation", maar voor de controle met de ASCE checklisten kan het vergelijkbare toetsniveau "Lifesafety" worden gebruikt, behorend bij de beschouwde lichtere aardbeving.

Nadere uitleg over de verschillende grenstoestanden wordt gegeven in bijlage 5.

|                                | Bron     | Grenstoestand     | Waarde    |
|--------------------------------|----------|-------------------|-----------|
| <b>Constructieve toets</b>     |          |                   |           |
| Berekening                     | NPR 9998 | Near Collapse     |           |
| Herhalingstijd                 |          |                   | 1500 jaar |
| Piekgrondversnelling $a_{g,d}$ |          |                   | 0,34 g    |
| Checklist                      | ASCE     | Life Safety       |           |
| Seismisch niveau               |          |                   | High      |
| <b>Bouwkundige toets</b>       |          |                   |           |
| Berekening                     | VU-NEN   | Damage Limitation |           |
| Herhalingstijd                 |          |                   | 100 jaar  |
| Piekgrondversnelling $a_{g,d}$ |          |                   | 0,12 g    |
| Checklist                      | ASCE     | Life Safety       |           |
| Seismisch niveau               |          |                   | moderate  |

Tabel 3: Gekozen toetsingsniveaus binnen de grenstoestanden

## 3.2.3.

**Relevante ASCE checklists**

Op basis van het beschreven randvoorwaarden en gebouwstructuur (een draagconstructie met betonnen stabiliteitswanden en stijve vloerschijven) zijn de onderstaande ASCE checklists gebruikt. De checklist voor niet-constructieve elementen is opgedeeld in de onderdelen 'gebouwschil', 'inbouw', 'toegangen' en 'installaties'.

| Checklist omschrijving   | Aanduiding |
|--|------------|
| <b>Constructieve elementen</b>   |            |
| Basic checklist  | 16.1       |
| Life safety basic configuration checklist  | 16.1.2 LS  |
| Life safety structural checklist for building type S2:<br>'Steel braced frames with stiff/flexible diaphragms' | 16.5 LS    |
| <b>Niet-constructieve elementen</b>  |            |
| Nonstructural checklist  | 16.17      |

Tabel 4: Relevante ASCE checklists voor toetsing van constructieve elementen

### 3.3. *Analyse seismisch gedrag*

Voor de toetsing van verschillende gebouwonderdelen is een beschrijving van het dynamische gedrag van de constructie vereist. Tevens dient hierbij te worden bepaald wat de respons van de constructie is op een aardbeving, zoals die op de locatie van het gebouw zou kunnen optreden.

Er zijn meerdere wijzen van berekenen mogelijk. Variërend van het berekenen van eenvoudige één massa-veer systemen tot volledige 3d-modellen in geavanceerde software.

Voor deze seismische scan hebben we twee eenvoudige rekenmethodes gebruikt om de weerbaarheid van de constructie te toetsen:

- a) Zijdelingse Belasting Methode met een eenvoudige benadering van de trillingstijd conform de NPR 9998
- b) Spectrale Modale Responsieberekening met een betere benadering van de trillingstijden, gebaseerd op aannames naar de stijfheden van de constructie.

Onderstaand wordt de belangrijkste in- en uitvoer van de modellen beschreven. De berekening is opgenomen in bijlage 2.

#### 3.3.1. *Zijdelingse Belasting Methode*

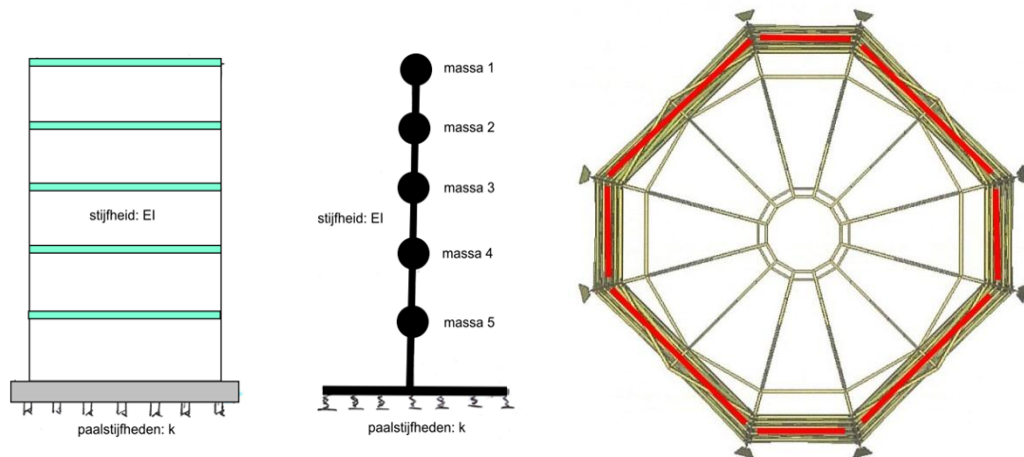
Bij de Zijdelingse Belasting Methode wordt enkel gekeken naar de eerste Eigenfrequentie van de structuur. Deze wordt geschat met eenvoudige formules uit de NPR. De schatting houdt geen rekening met specifieke stijfheden van onderdelen van de structuur, maar met generieke eigenschappen van het betreffende type gebouw. De uitkomst is vaak conservatief, maar is minder gevoelig voor exacte invoer van stijfheden van de structuur.

In sommige gevallen (met name als de 1<sup>e</sup> eigenfrequentie een geringe respons geeft) kan deze methode echter tot te gunstige resultaten leiden.



#### 3.3.2. *Spectrale Modale Responsie Berekening*

Voor de bepaling van het dynamische gedrag wordt het gebouw in de twee hoofdrichtingen gemodelleerd tot een massa-veersysteem, waarbij elke massa een bouwlaag representeert. De massa's zijn onderling verbonden door elementen met een buigstijfheid, die model staan voor het stabiliteitssysteem tussen de verdiepingsvloeren. Het massa-veersysteem wordt ondersteund door een rotatieveer, waarvan de stijfheid wordt bepaald door de funderingsconstructie.



Figuur 3.2: Gebouw schematisering en stabiliteitssystemen

De massa van de toren is bepaald aan de hand van een eenvoudige gewichtsberekening, welke is opgenomen in bijlage 2. Voor de bepaling van de stijfheid van de rotatieveer is een inschatting gemaakt van de funderingsconstructie; er is uitgegaan van een paalfundering met een stijfheid van  $2 \times 100.000 \text{ kN/m}$  per kolom. De stabiliteit van de watertoren wordt verzorgd door verbanden rondom tussen de acht hoofdkolommen, waarvan de locatie is aangegeven in figuur 3.2. De bepaling van de stijfheden van de staalconstructie en de fundering is opgenomen in Bijlage 2. De stijfheid van de 30 – 60cm dikke gemetselde schacht is ongeveer 5% van de stijfheid van de staalconstructie en wordt verwaarloosd. Hiermee wordt de reductie op de stijfheid van de staalconstructie ten gevolge van de verbindingen gecompenseerd geacht.

De stalen verbanden zijn op ca. 1,75m boven Peil gekoppeld aan verzwaarde kolomvoeten, zie foto C7. De kolomvoet is met een beperkt aantal zichtbare ankers gekoppeld aan de fundering. Hierdoor kan de kolomvoet als een zogenaamde “weak storey” beschouwd worden met een hoogte van 1,75m. Dit wordt in het model geschematiseerd door een horizontale veer aan te brengen op het niveau van het aangrijpingspunt van de verbanden. De veerwaarde wordt geschat op basis van een opgelegde verplaatsingsberekening met een 2D-raamwerk, zie Bijlage 2.

In tegenstelling tot de berekening volgens de Zijdelingse Belasting Methode worden specifieke stijfheden van individuele constructie elementen nu wel meegenomen. Maar de berekening is voor de meeste gebouwen nog steeds een eenvoudige benadering. Vooral als een gebouw torsiegevoelig is of als het gebouw niet regelmatig over de hoogte is zijn er nauwkeurigere rekenmethodes die het gedrag beter beschrijven. Deze vergen echter meer tijd, maar ook meer exacte kennis over de berekende structuur.

### 3.3.3.

#### *Uitvoer model*

De meest belangrijke uitvoer van de analyse is de maximaal optredende horizontale seismische belasting. Met de bovenstaande aannames valt deze belasting hoger uit dan de windbelasting. De horizontale last grijpt aan in het massazwaartepunt van de constructie, bovenin de toren, en dient via het stabiliteitssysteem te worden overgebracht naar de fundering. In de constructieve toetsing wordt beoordeeld of verschillende elementen in het stabiliteitssysteem voldoende capaciteit hebben om deze belasting af te dragen.

| Horizontale belasting op funderingsniveau | Optredende belastingen         |                                       | Capaciteit van de constructie |
|---|--------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
|   | Zijdelingse Belasting Methode  | Spectrale Modale Responsie Berekening |                               |
| X/Y-richting                              | (excentrisch geschoord) 450 kN | 640 kN                                | <5690kN                       |
| X/Y-richting                              | (centrisch geschoord) 1020 kN  | 640 kN                                | <5690kN                       |

Tabel 5: Uitvoer horizontale belasting op funderingsniveau inclusief torsie effecten

De zijdelingse belasting methode is voor twee situaties doorgerekend; de centrisch- en excentrisch geschoorde situatie. De verbanden in de onderste 4,25 m van de toren grijpen aan op 1,75 m boven Peil, de "weak storey", en is dus excentrisch geschoord. De rest van de verbanden grijpen telkens in de knopen aan en zijn dus centrisch geschoord. De centrisch geschoorde situatie resulteert in een te hoge waarde van de belastingen en de excentrisch geschoorde situatie geeft een te gunstige waarde voor de optredende belasting. De werkelijk optredende waarde zal met deze uitgangspunten ergens ertussen in liggen.

NB:

- de situatie met de excentrisch geschoorde constructie levert een trillingstijd op die formeel gezien buiten het bereik van de gehanteerde methode valt.
- bij de zijdelingse belasting methode is gebaseerd op een over de hoogte gelijkmatig verdeelde belasting, terwijl hier vrijwel alle massa zich aan de gebouwtop bevindt.

De capaciteit van de constructie op afschuiving is bepaald op basis van de doorsnede gegevens van de hoofdkolom. De werkelijke capaciteit ligt vrijwel zeker een stuk lager vanwege de geringere capaciteit van de verbindingen onderling en met de fundering (er zijn maar twee ankers uit de fundering zichtbaar). Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of de constructie in staat is de afschuiving op te kunnen nemen. Verder ontstaan er ook nog buigspanningen in het onderste gedeelte van de hoofdkolommen (weak storey). De hieruit voortvloeiende spanningen zijn niet in de beschouwing meegenomen. Nader onderzoek naar de verbindingen wordt aanbevolen.

### 3.4. Analyse constructieve elementen

Met de geïnventariseerde gegevens en vastgestelde randvoorwaarden kan het gebouw worden gespiegeld aan het toetsingskader, zijnde de ASCE checklists en de voorlopige versie van de NPR 9998, zoals genoemd in tabel 4. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste bevindingen uit de constructieve analyse toegelicht, waarbij direct een oplossingsrichting wordt aangedragen voor elementen die naar alle waarschijnlijkheid niet voldoen aan de gestelde richtlijnen. De volledige analyse is bijgevoegd in bijlage 1.

#### 3.4.1. Stabiliteitssysteem

De horizontale seismische belasting, als gegeven in tabel 5, moet via het stabiliteitssysteem worden afgedragen naar de fundering. Uit de verkennende toetsing van hierbij optredende normaal- en afschuifspanningen blijkt echter dat er onvoldoende capaciteit is voor de afdracht van de lasten. De resultaten van de toetsing zijn opgenomen in tabel 6.

| Normaalspanning<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | Optredende spanningen            |   | Capaciteit van de<br>elementen<br>conform ASCE |
|---|----------------------------------|---|--|
|   | Zijdelingse<br>Belasting Methode | Spectrale Modale<br>Responsie<br>Berekening |  |
| Kolom permanent                         | 25,8 à 58,5                      | 36,7  | 17,5   |
| Kolom seismisch                         | 5,7 1a 12,9                      | 8,1   | 52,5   |
| Diagonaal                               | 35,7 à 80,8                      | 50,7  | 87,5   |

Tabel 6: Toetsing van stabiliteitssysteem op normaalspanningen

In de tabel hierboven zijn de optredende spanningen voor de zijdelingse belastingmethode weergegeven voor respectievelijk de excentrisch- en de centrisch geschoorde stalen raamwerken.

#### Verbindingen stabiliteitsverband

Met betrekking tot de geklonken verbindingen van de stabiliteitsverbanden is geen informatie beschikbaar. Controles hiervan zijn niet uitgevoerd.

##### *Oplossingsrichting*

Mogelijk dienen de verbindingen van de diagonalen te worden versterkt, naar aanleiding van nader onderzoek naar de capaciteit van de verbindingen.

#### Aansluiting stabiliteitsverband kolom

Aandachtspunt bij het stabiliteitsverband is de aansluiting van het onderste diagonaal aan de kolom ter plaatse van de fundering (foto C7). Hierdoor ontstaat een V-verband waarbij het diagonaal halverwege de kolom op de verzwaarde voet aansluit. Aangezien de horizontale seismische last groter is dan de windbelasting kan niet zonder nadere beschouwing worden aangenomen dat de kolommen voldoen en zal deze voet dus nader getoetst dienen te worden.

##### *Oplossingsrichting*

Mogelijk dienen de kolommen te worden versterkt, wanneer uit nader onderzoek blijkt dat de kolommen niet voldoen. Belangrijk aandachtspunt voor deze controle is het feit dat de manier van aansluiten op de fundering onbekend is.

#### Krachteninleiding fundering

De kolomaansluiting ter plaatse van de fundering lijkt te bestaan uit een tweetal ankers (foto C7). Nader onderzoek naar deze verbinding moet uitsluitsel geven of de krachteninleiding naar de fundering voldoende is.

##### *Oplossingsrichting*

Mogelijk dienen de verbindingen te worden versterkt, naar aanleiding van nader onderzoek naar de capaciteit van de verbindingen.



*Funderingsconstructie*

Voor de beoordeling van de capaciteit van de fundering bij aardbevingsbelasting is de kans op liquefactie, het verweken van de bodem, een belangrijk aspect. Voor de totale fundering geldt dat losgepakte zandhoudende grondlagen de kans verhogen op het verweken van de grond tijdens een aardbeving.

Op dit moment is het lastig het risico op verweking goed te bepalen. En dat om meerdere redenen:

- Voor een goede inschatting van het verwekingsrisico is detail informatie nodig van de ondergrond. Hiervoor zijn ten minste elektrische sonderingen noodzakelijk met registratie van de lokale wrijving. Deze zijn niet van het betreffende gebouw voorhanden. Bij voorkeur worden deze sondeergegevens aangevuld met grondboringen en zeefkrommes, waarin ook het aandeel van fijne fracties (hoeveelheid fijne deeltjes in de grond) wordt bepaald.
- Ook is detailinformatie noodzakelijk van de fundering. Hierbij moet gedacht worden aan paaltypes, paalafmetingen, paaldieptes etc.

Het onderzoek naar verweking in Groningen is volop bezig, maar de nu voorgestelde rekenmethodieken leveren nog niet voldoende betrouwbare resultaten op. De stuurgroep NPR zegt in de impact assessment op de NPR het volgende: "*Ondergrond: Het gedrag van de ondergrond en bovengrond onder invloed van aardbevingen dient onderzocht te worden. Het gevaar van liquefaction (vloeiing) van zandlagen, die de stabiliteit van funderingen van gebouwen en infrastructuur bedreigt, is een voorbeeld van een te onderzoeken fenomeen. De in de NPR aangegeven werkwijze leidt in de praktijk tot onwerkbare conclusies.*";

*Oplossingsrichting*

Het effect dat liquefactie op de fundering heeft dient nader onderzocht te worden. Dit kan na gereedkomen van aanvullend geotechnisch onderzoek en nadat de normgeving op dit gebied verder is geëvolueerd.

Funderingswijze

Het is onbekend hoe de watertoren is gefundeerd. Wel kan gezegd worden dat bij het ontwerp van de toren geen rekening is gehouden met aardbevingen. Horizontaal zal de fundering waarschijnlijk dan ook niet in staat zijn de seismische lasten op te nemen. Zeker gezien het feit dat de funderingspoeren onderling niet gekoppeld zijn (foto C6). De funderingswijze is ook sterk van invloed op de berekeningsresultaten.

*Oplossingsrichting*

Nader onderzoek naar de aard en wijze van de fundering wordt aanbevolen. Van belang is dat de afzonderlijke poeren onderling gekoppeld zijn. Als uit onderzoek blijkt dat dit niet het geval is kan het nodig zijn de fundering uit te breiden met koppelbalken tussen de funderingspoeren om de horizontaalkrachten uit de seismische last te kunnen verdelen.

Liquefactie

Voor de beoordeling van de capaciteit van de fundering bij aardbevingsbelasting is de kans op liquefactie, het verweken van de bodem, een belangrijk aspect. Voor de totale fundering geldt dat losgepakte zandhoudende grondlagen de kans verhogen op het verweken van de grond tijdens een aardbeving.

Op dit moment is het lastig het risico op verweking goed te bepalen. En dat om meerdere redenen:

- Het onderzoek naar verweking in Groningen is volop bezig, maar de nu voorgestelde rekenmethodieken leveren nog niet voldoende betrouwbare resultaten op. De stuurgroep NPR zegt in de impact assessment op de NPR het volgende: "*Ondergrond: Het gedrag van de ondergrond en bovengrond onder invloed van aardbevingen dient onderzocht te worden. Het gevaar van liquefaction (vloeiing) van zandlagen, die de stabiliteit van funderingen van gebouwen en infrastructuur bedreigt, is een voorbeeld van een te*



*onderzoeken fenomeen. De in de NPR aangegeven werkwijze leidt in de praktijk tot onwerkbaar conclusies."*

- Er zijn geen recente sonderingen en boringen van het gebouw voorhanden. Deze zijn benodigd voor een goede bepaling van het risico op verweking;

De slanke constructie van de watertoren met hoog aangrijpende belasting is gevoelig voor grote zettingen van de fundering. Of dat optreedt hangt sterk af van de funderingswijze.

#### *Oplossingsrichting*

Liquefactie levert geen direct gevaar op instorten, maar het effect op de fundering dient wel nader onderzocht te worden. Dit kan na gereedkomen van aanvullend geotechnisch onderzoek, en nadat de normgeving op dit gebied verder is geëvolueerd.

3.4.3.

#### *Metselwerkschacht*

In de huidige situatie draagt de metselwerk schacht de betonnen schaalvloer van de lelzolder (foto C8). De schacht wordt gesteund door de staalconstructie maar zal moeilijk de vervorming hiervan zonder scheuren kunnen meemaken. Ten gevolge hiervan zal de dragende functie kunnen vervallen en zal de schaalvloer een potentieel gevaar gaan vormen bij instorten.

#### *Oplossingsrichting*

Een mogelijke oplossing hiervoor bestaat uit het verlagen van het gewicht van de vloerschaal (het beton vervangen door bijvoorbeeld een houten vulling). Hierdoor wordt het mogelijk om deze schaal op te hangen aan het ijzeren vat en draagt de metselwerkschacht alleen zijn eigen gewicht. De schacht is dan dus niet langer constructief noodzakelijk.

Daarnaast dienen mogelijk de stalen kolommen van de watertoren te worden versterkt zodat bij het wegvallen van de schacht voldoende knikstabiliteit aanwezig is.

Zoals in 3.3.2 is aangenomen draagt de schacht niet bij aan de stijfheid van de totale constructie. Uit de berekening blijkt dat de verplaatsingen ter hoogte van de eerste steuning op 10m boven Peil in de grenstoestand `Near Collapse` ongeveer 18mm bedraagt. Het metselwerk zal hierdoor vrijwel zeker scheuren en horizontaal willen verschuiven.

#### *Oplossingsrichting*

Gezien de vorm en dikte van de schacht, 600 mm, kan de verschuiving zonder bezwijken opgenomen worden.

3.4.4.

#### *Overig*

Lokaal zijn de vloerschijven voorzien van glazen invullingen, dit beïnvloedt de schijfwerking van de vloer (foto C10). Gezien de ronde vorm (en dus een radiale krachtsafdracht naar de wanden) en de geringe afmetingen van de vloerschijf, zal de invloed hiervan gering zijn. Daarom wordt geen oplossingsrichting voorgeschreven.

### 3.5. *Analyse niet-constructieve elementen*

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste bevindingen uit de analyse voor niet-constructieve elementen toegelicht, waarbij een oplossingsrichting wordt aangedragen voor elementen die naar alle waarschijnlijkheid niet voldoen aan de gestelde richtlijnen. De volledige analyse is bijgevoegd in bijlage 1.

| Maximale vervorming           | Damage Limitation |
|-------------------------------|-------------------|
| Per verdieping                | 3 mm              |
| Over totale gebouw (ca. 45m+) | 15 mm             |

Tabel 7, vervormingen in the Damage Limitation grenstoestand

#### 3.5.1. *Gebouwschil*

##### Buitenwanden toren

Volgens de richtlijnen moet het metselwerk voldoende horizontaal zijn gedilateerd en voldoende worden gekoppeld aan de achterconstructie. Metselwerk en de achterliggende staalconstructie zijn recentelijk vervangen. De staalconstructie vangt het metselwerk per laag op (volgens tekening) en zal voldoende zijn gekoppeld indien het metselwerk conform de norm is uitgevoerd.

##### *Oplossingsrichting*

Het is niet waar te nemen of de HSB wandconstructie voldoende bewegingsvrijheid heeft tussen de staalconstructie. Dit kan nader worden onderzocht.

##### Buitenwanden onderbouw

De zinken panelen zijn bevestigd aan de HSB-wanden. Het lijkt aannemelijk dat deze panelen mee kunnen vervormen met de constructie in verband met de geringe stijfheid en de beperkte beweging op de begane grond. Aandachtspunt is de geringe afstand tussen de staalconstructie van de toren en de zinken gevelbekleding. De gevelbekleding kan beschadigd raken door het bewegen van de toren.

##### *Oplossingsrichting*

Om schade te voorkomen zou de afstand tussen de staalconstructie van de toren en de zinken gevelbekleding meer marge moeten worden gecreëerd. Dit kan door het zink op de nodige plaatsen aan te passen.

##### Buitenwanden schacht

Zie aandachtspunt uit rapport Monumentenfonds d.d. 1 okt. 2011: uit paragraaf 2.3.1

##### Borstweringen toren

De balustrade is bevestigd aan de staalconstructie en is voldoende vaak hieraan verankerd.



#### Buitenwandopeningen toren

Ramen groter dan 1,6 m<sup>2</sup> moeten worden uitgevoerd in veiligheidsglas. De bouwregelgeving schrijft voor dat de ramen op vloerniveau met valgevaar moeten worden uitgevoerd in gelaagd veiligheidsglas. Derhalve kan worden aangenomen dat het raam eenzijdig gelaagd is uitgevoerd. Aan de buitenzijde zal deze vermoedelijk voorzien zijn van een standaard ruit.

##### *Oplossingsrichting*

Hier kan een folie worden toegepast om vallend glas tegen te gaan. Daarnaast kan gecontroleerd worden of het glas voldoende geborgd is om uitval bij breuk te voorkomen.

#### Plafondelementen toren

De gevelpanelen aan de onderzijde van de leezolder zijn gekoppeld aan een metalen frame. De plafondpanelen lijken voldoende bevestigd te zijn met voldoende oplegging. Derhalve is uitval niet waarschijnlijk.

#### Dakopbouw toren

Het is niet waar te nemen of de zinken panelen voldoende zijn vastgezet.

##### *Oplossingsrichting*

Uit nader onderzoek zal kunnen blijken of de panelen voldoende verankerd zijn aan de achterconstructie.

#### Dakopbouw onderbouw

Ramen in daklichten groter dan 1,6 m<sup>2</sup> kunnen zijn uitgevoerd in veiligheidsglas. Aangenomen wordt dat aan de richtlijn wordt voldaan. De ramen moeten verder bij breuk geborgd zijn tegen uitval.

##### *Oplossingsrichting*

Nader onderzoek kan aantonen in hoeverre de ramen bij breuk geborgd zijn tegen uitval.

3.5.2.

#### Trappen/toegangen

Volgens de richtlijnen is het van belang dat de vluchtwegen behouden blijven. De hoge vluchtrap welke buitenom naar beneden gaat is op een gering aantal plaatsen verankerd aan de staalconstructie. Hierdoor voelt deze erg flexibel aan.

##### *Oplossingsrichting*

Onderzocht kan worden of de staaltrap functioneel blijft of dat deze vaker geborgd zou kunnen worden. De overige stalen trappen zijn voldoende aan de staalconstructie verankerd.

3.5.3.

#### Inbouw

##### Binnenwanden toren

De houten binnenwanden zouden aan de boven- en onderzijde in dwarsrichting gesteund kunnen worden tegen omvallen. Bovendien zouden de houten binnenwanden voldoende bewegingsvrijheid moeten hebben in langsrichting en dienen ze verankerd te zijn aan de staalconstructie.

##### *Oplossingsrichting*

Er kan niet worden waargenomen of de houten binnenwanden voldoende bewegingsvrijheid hebben. Dit kan nader worden onderzocht.

##### Plafonds toren

De gehanteerde norm stelt een eis aan het aantal zekeringen van het vaste plafond. Deze zou per 1,2 m<sup>2</sup> gezekerd kunnen worden. Bij een standaard hart-op-hart maat van de balklaag van 60 cm lijkt dit te voldoen.

### Inrichting toren

Er zijn verscheidene hangende objecten in de ronde zaal zoals een ventilator en een kunstobject met hangende glazen elementen. In het auditorium zijn rondom multiplex meubels gemaakt dienend als tribune. Als entree is hier een gedeelte van de ijzeren tank uitgespaard welke aan een ketting omhoog wordt gehangen als een soort luifel.

#### *Oplossingsrichting*

De meubels van de tribune voldoende vastzetten. Geadviseerd wordt hethangend object met glazen onderdelen boven de bar te verwijderen.

Beide aanpassingen zijn boven de richtlijnen doch vergen een beperkte investering.

De 'luifel' kan extra verankerd worden om vallen te voorkomen.

### Vloer toren

De bouwregelgeving schrijft voor dat beglazing in glazen vloerdelen moeten worden uitgevoerd in gelaagd veiligheidsglas. Derhalve kan worden aangenomen aan de norm wordt voldaan.

#### *Oplossingsrichting*

De glasdelen bij breuk voldoende borgen tegen uitval.

### Binnenwanden onderbouw

De binnenwanden zouden aan de boven- en onderzijde in dwarsrichting gesteund kunnen worden tegen omvallen. Bovendien moeten de houten binnenwanden voldoende bewegingsvrijheid hebben in langsrichting en dat ze verankerd zijn aan de constructie. De binnenwanden zijn gekoppeld aan de houten balken van het dak. De stucplafonds zullen ook enigszins steun bieden. De lichte systeemplafonds dragen hier niet bij aan de stabiliteit van de binnenwanden.

#### *Oplossingsrichting*

Het is niet waar te nemen of de binnenwanden voldoende bewegingsvrijheid hebben. Dit kan nader te worden onderzocht.

### Binnenwandopeningen

Ramen groter dan 1,6 m<sup>2</sup> kunnen worden uitgevoerd in veiligheidsglas. De bouwregelgeving schrijft voor dat de ramen op vloerniveau moeten worden uitgevoerd in letselwerend veiligheidsglas. Derhalve kan worden aangenomen aan de norm wordt voldaan

Deze ramen zouden verder bij breuk geborgd moeten zijn tegen uitval.

#### *Oplossingsrichting*

Bij nader onderzoek kan worden gecontroleerd of het glas voldoende geborgd is om uitval bij breuk tegen te gaan.

### Plafonds onderbouw

De gehanteerde richtlijnen stellen een eis aan het aantal zekeringen van het gestucte gipsplafond, te weten zekeren per 1,2 m<sup>2</sup>. Bij een standaard hart-op-hart maat van de balklaag van 60 cm lijkt dit te voldoen.

Er zijn geen eisen betreffende het lichte systeemplafond vanwege het beperkte gewicht en oppervlakte. Uitval van lichte plafondpanelen kan wel schade veroorzaken.

### Inrichting onderbouw

In de kantoren zijn enkele hoge stellingkasten aanwezig.

#### *Oplossingsrichting*

De hoge smalle kasten kunnen worden geborgd tegen omvallen (boven norm).



3.5.4.

*Installaties*

Veiligheidssystemen

Er zijn droge blusleiding aanwezig ter plaatse van de lift op het niveau van de ronde zaal en het auditorium.

*Oplossingsrichting*

Droge blusleiding voldoende zekeren.

Verlichting

De hanglampen in de ronde zaal kunnen vrijelijk bewegen.

*Oplossingsrichting*

De lampen in het lichte systeemplafond kunnen aan de achterconstructie worden gezekeerd om vallen te voorkomen.

E- en W-installaties

Het zwaartepunt van de cv-ketel en mv-box ligt op 1,2 m boven vloerniveau. Installaties met een gewicht boven 10 kg worden gekwalificeerd als valgevoelig en dienen extra te worden gezekeerd.

*Oplossingsrichting*

De cv-ketel en mv-box kunnen extra worden gezekeerd aan de hoofddraagconstructie. De koelinstallaties op het dak zijn gevaarlijk bij omvallen maar om schade aan de elementen te voorkomen is voldoende verankering raadzaam.

Leidingen- en kanalen

Voor de grenstoestand 'Life Safety' gelden er geen richtlijnen omtrent bestaande gas- en vloeistofleidingen. Bij de wand- en vloer doorgangen is weinig speling aanwezig.

*Oplossingsrichting*

Voor kanalen en leidingwerk die van belang zijn voor de veiligheidssystemen is het raadzaam deze te verankeren en te voorzien van flexibele koppelingen.

Transportinstallatie

In het kader van grenstoestand 'Life Safety' zijn geen aanvullende eisen aan de liftinstallatie gesteld. Bij ontruiming is gebruik van de lift niet toegestaan.

## 4. Conclusies en aanbevelingen

### 4.1. *Conclusies*

Onderstaande conclusies zijn gebaseerd op de in hoofdstuk 3 gegeven analyses. De conclusies kunnen in twee groepen worden onderverdeeld:

- Conclusies naar aanleiding van de constructieve berekening
- Conclusies naar aanleiding van de constructieve en bouwkundige checklists in de ASCE

De conclusies uit de checklists geven inzicht in de sterke en zwakke kanten van de aardbevingsbestendigheid van het gebouw. Het zijn kwalitatieve toetsen. De berekening is daarentegen een kwantitatieve toets, die het gedrag in een getal probeert te vangen.

Met nadruk wijzen we erop dat deze kwantitatieve toets gebaseerd is op eenvoudige rekenmethoden, bedoeld voor een snelle, eerste controle. De berekening is geenszins bedoeld om een eindoordeel te vellen over de mate waarin de constructie voldoet aan de genoemde richtlijnen. Daarvoor zijn nader en meer gedetailleerd onderzoek en uitvoeriger berekeningen noodzakelijk.

De kwantitatieve toets geeft wel samen met de overige checklists een goed algemeen beeld van de weerbaarheid van het gebouw.

#### 4.1.1. *Constructieve berekening*

Op basis van de indicatieve constructieve berekening en de resultaten van de checklist concluderen we dat de constructie naar alle waarschijnlijkheid niet voldoet aan de gestelde voorlopige richtlijnen naar aardbevingsbestendigheid.

Om het gebouw definitief te kunnen toetsen aan de (nu nog slechts in concept uitgebrachte) NPR dienen nadere berekeningen te worden gemaakt. Bij deze berekeningen:

- Kan het werkelijke (niet-lineaire) materiaalgedrag in rekening gebracht worden;
- Kan de torsie beter in beeld gebracht worden door het gebruiken van een 3D model
- Kan de bijdrage van het betonnen raamwerk van kolommen en balken in de aardbevingsbestendigheid beter in beeld worden gebracht.

Om deze berekeningen te kunnen maken is betere informatie noodzakelijk van de constructie. Zo dient onder andere de wapening en de betonkwaliteit van de structuur uitgezocht te worden.

Een nadere berekening dient ten allen tijde uit te gaan van de dan geldende (of dan meest recente) uitgave van de NPR. Dit kan verschillen geven, zowel in positieve als negatieve zin.

#### 4.1.2. *Checklists*

Het gebouw voldoet naar alle waarschijnlijkheid niet aan de eisen naar aardbevingsbestendigheid zoals vastgelegd in de ASCE checklists. Er zijn verbeteringen mogelijk aan zowel de bouwkundige als de constructieve elementen. Met name de gemetselde gevel dient hierbij aandacht te krijgen, omdat deze ook de werking van de structuur bij een aardbeving beïnvloedt.

## 4.1.3.

*Indicatieve oplossingsrichtingen*

In de analyse is voor een aantal gebouwonderdelen een indicatieve oplossingsrichting aangegeven, waarmee de weerbaarheid van het gebouw ten aanzien van seismische activiteit kan worden verhoogd. Een overzicht van de genoemde oplossingsrichtingen is gegeven in tabel 8. Bij elke oplossingsrichting is aangegeven wat de impact van het doorvoeren van de maatregel is op de weerbaarheid. Daarnaast is een indicatie gegeven van de relatieve kosten en overlast die verwacht kunnen worden bij het uitvoeren van de ingreep. Onder kosten wordt verstaan de bouwkosten voor het uitvoeren van de maatregel. Met overlast wordt bedoeld het effect van het aanbrengen van de maatregel op het bedrijfsproces.

| Oplossingsrichting  | impact      |             |             |
|---|-------------|-------------|-------------|
|   | veiligheid  | kosten      | overlast    |
| <b>Constructieve elementen</b>  |             |             |             |
| <i>Hoofddraagconstructie</i>  |             |             |             |
| Funderingsconstructie onderzoeken en eventueel uitbreiden met koppelbalken. | hoog-veel   | aanzienlijk | hoog-veel   |
| Metselwerkschacht loskoppelen van betonnen vloerschaal.                     | hoog-veel   | aanzienlijk | hoog-veel   |
| <b>Niet-Constructieve elementen</b>   |             |             |             |
| <i>Gebouwschil</i>  |             |             |             |
| Beglazing bovenbouw voorzien van folie en borgen tegen uitvallen.           | beperkt     | beperkt     | beperkt     |
| <i>Toegangen</i>  |             |             |             |
| Controle/verankeren trappen en bordessen                                    | aanzienlijk | beperkt     | beperkt     |
| <i>Inbouw</i>   |             |             |             |
| Verankeren losse inventaris.  | aanzienlijk | laag-weinig | laag-weinig |
| Glasvervanging binnenkozijnen / vloerconstructie.                           | beperkt     | beperkt     | beperkt     |
| <i>Installaties</i>   |             |             |             |
| Aanbrengen verankeringen voor droge blusleiding.                            | aanzienlijk | beperkt     | beperkt     |
| Verlichting verankeren aan achterconstructie.                               | aanzienlijk | beperkt     | beperkt     |
| In leidingen kleppen en flexibele koppelingen aanbrengen.                   | aanzienlijk | beperkt     | beperkt     |
| E- en W-installaties verankeren aan achterconstructie.                      | aanzienlijk | beperkt     | beperkt     |

Tabel 8: Samenvatting oplossingsrichtingen

|             |             |
|-------------|-------------|
| hoog-veel   | hoog-veel   |
| aanzienlijk | aanzienlijk |
| beperkt     | beperkt     |
| laag-weinig | laag-weinig |



#### 4.2. *Aanbevelingen*

Met de conclusies uit dit rapport kan een inschatting worden gemaakt van de weerbaarheid van het gebouw tijdens een aardbeving. Tevens worden voor gebouwonderdelen die niet voldoen aan de gestelde eisen oplossingsrichtingen gegeven.

Voor zover nu bekend wordt in het najaar van 2015 de NPR 9998 uitgegeven. Deze zal dan als norm ook de eisen gaan vastleggen die aan bestaande gebouwen gesteld gaan worden. Deze eisen bepalen bij welk niveau de constructie van een gebouw nog voldoet en bij welk niveau niet meer.

Er zal waarschijnlijk een zogenaamde "afkeurnorm" worden aangeduid, die als minimum eis voor bestaande gebouwen zal gaan gelden. Op dit moment is het nog onzeker op welk veiligheidsniveau deze afkeurnorm gesteld zal gaan worden.

Om een goede afweging voor nadere acties bij de verdere uitwerking van dit betreffende gebouw te kunnen maken is zekerheid over deze normering gewenst. Op basis daarvan kan nader onderzoek meer inzicht geven in de vraag welke maatregelen aan de orde zijn.

#### 4.3. *Nader onderzoek*

Voor sommige onderdelen is nu nog te weinig informatie voorhanden om goede conclusies betreffende de aardbevingsbestendigheid te kunnen trekken. In deze paragraaf worden enkele belangrijke punten hiervan aangehaald. Zie ook de detailteksten in de eerdere paragrafen voor meer detailpunten die nader onderzoek vergen.

- Het vaststellen van de grondsamenstelling door het uitvoeren van een nader bodemonderzoek;
- Funderingswijze;
- Nadere informatie over de rekenwijze van en de mogelijke schadebeelden bij liquefactie;
- Verbindingen stabiliteitsverbanden;
- Controle van de kolom t.g.v. de aansluiting van de stabiliteitsverbanden;
- Krachtsinleiding vanuit de staalkolom naar de fundering;
- Verankering zinkenpanelen dakopbouw toren;
- Verankering stalen trappen;
- Bewegingsvrijheid binnenwanden;
- Borging beglazing tegen uitval.



**Bijlagen**  
Bijlage 1

**Checklist constructieve en niet-constructieve elementen**

|               |  |                  |             |            |
|---------------|--|------------------|-------------|------------|
| Project       | Seismische scan Exemplarische gebouwen | Waterloren Noord | Werkcode    | 13663-06-N |
| Opdrachtgever | Gemeente Groningen                     |                  | Referentie  | Jun        |
| Onderwerp     | ASCE 41-13 Checklist                   |                  | Printdatum  | 22-05-15   |
| Versienummer  | 3.4                                    |                  | Adviesgroep | SA         |

| nr | seismicity | part | item | Compliant (voldoet) | Non-Compliant (voldoet niet) | Not Applicable (NVT, komt niet voor) | Unknown (Onbekend) | check | reden gebrek | impact  |
|----|------------|------|------|---------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------|-------|--------------|---|
|    |            |      |      | V                   | VN                           | NVT                                  | O                  |       |              | Erst belangrijk<br>Belangrijk<br>Minder belangrijk<br>Niet belangrijk |

Het beschouwde element is [...] voor de weerbaarheid van het gebouw tegen een aardbevingsbelasting

## 16.0 SPECIFIEKE AANDACHTPUNTEN

### 16.0b Aandachtpunten volgend uit screening gebouwen

|         |   |   |   |            |
|---------|---|---|---|------------|
| 16.0b_a | V | WALL ANCHORAGE: Exterior concrete or masonry walls that are dependent on the diaphragm for lateral support are anchored for out-of-plane forces at each diaphragm level with steel anchors, reinforcing dowels, or straps that are developed into the diaphragm. Connections shall have adequate strength to resist the connection force calculated in the Quick Check procedure of Section 4.5.3.7. (Commentary: Sec. A.5.1.1, Tier 2; Sec. 5.7.1.1) | Het metselwerk van de bovenbouw wordt per verdieping opgevangen en zal voldoende naar de achterconstructie verankerd zijn tijdens de laatste renovatie. | Belangrijk |
|---------|---|---|---|------------|

### 16.17 NIET CONSTRUCTIEVE ELEMENTEN

#### 16.17a GEBOUWSCHIL

| Cladding and Glazing | 16.17a_a | NVT | LS-<br>LS-MH; PR-MH. CLADDING ANCHORS: Cladding components weighing more than 50 kg/m <sup>2</sup> are mechanically anchored to the structure at a spacing equal to or less than the following: for Life Safety in Moderate Seismicity, 2 m; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 1.2 m. (Commentary: Sec. A.7.4.1, Tier 2; Sec. 13.6.1)   |  |                   |
|----------------------|----------|-----|--|--|-------------------|
|                      | 16.17a_b | V   | LS-MH; PR-MH. CLADDING ISOLATION: For steel or concrete moment frame buildings, panel connections are detailed to accommodate a story drift ratio of at least the following: for Life Safety in Moderate Seismicity, 0.01; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 0.02. (Commentary: Sec. A.7.4.3, Tier 2; Section 13.6.1)   | De gevelpanelen aan de onderzijde van de waterloren zullen in het "voervlak" mee bewegen en aan weinig vervorming onderhevig zijn. De zinken gevelbekleding is bevestigd aan een HSB-constructie op de begane grond en geeft weinig vervorming.  | Minder belangrijk |
|                      | 16.17a_c | NVT | LS-MH; PR-MH. MULTI-STORY PANELS: For multi-story panels attached at more than one floor level, panel connections are detailed to accommodate a story drift ratio of at least the following: for Life Safety in Moderate Seismicity, 0.01; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 0.02. (Commentary: Sec. A.7.4.4, Tier 2; Sec. 13.6.1)  |  |                   |
|                      | 16.17a_d | V   | LS-MH; PR-MH. PANEL CONNECTIONS: Cladding panels are anchored out-of-plane with a minimum number of connections for each wall panel, as follows: for Life Safety in Moderate Seismicity, 2 connections; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 4 connections. (Commentary: Sec. A.7.4.5, Tier 2; Sec. 13.6.1.4)  | De gevelpanelen zijn in een metalen frame bevestigd. Deze zijn voldoende bevestigd hieraan. Onduidelijk is hoe het frame aan de draagconstructie is bevestigd maar minimaal met 2 stuks. De zinken gevelbekleding die is d.m.v. omgeprofielen bevestigd aan de HSB-wand. Aanmerkelijk is dat er voldoende bevestigingspunten per paneel aanwezig zijn. | Minder belangrijk |
|                      | 16.17a_e | NVT | LS-MH; PR-MH. BEARING CONNECTIONS: Where bearing connections are used, there is a minimum of two bearing connections for each cladding panel. (Commentary: Sec. A.7.4.6, Tier 2; Sec. 13.6.1.4)  |  |                   |
|                      | 16.17a_f | NVT | LS-MH; PR-MH. INSERTS: Where concrete cladding components use inserts, the inserts have positive anchorage or are anchored to reinforcing steel. (Commentary: Sec. A.7.4.7, Tier 2; Sec. 13.6.1.4)   |  |                   |
|                      | 16.17a_g | V   | LS-MH; PR-MH. OVERHEAD GLAZING: Glazing panes of any size in curtain walls and individual interior or exterior panes over 1.6 m <sup>2</sup> in area are laminated annealed or laminated heat-strengthened glass and are detailed to remain in the frame when cracked. (Commentary: Sec. A.7.4.8, Tier 2; Sec. 13.6.1.5)   | De ramen in de waterloren en de deklichten van de nieuwbouw op de begane grond zijn afgelopen jaar nieuw geplaatst. De regelgeving eist dat het binnenside van deze ramen gelagd zijn uitgevoerd. De gebroken ramen moeten na breuk in de sponning blijven hangen.   | Belangrijk        |
| Masonry Veneer       | 16.17a_h | V   | LS-<br>LS-LMH; PR-LMH. TIES: Masonry veneer is connected to the backup with corrosion-resistant ties. There is a minimum of one tie for every 0.25 m <sup>2</sup> , and the ties have spacing no greater than the following: for Life Safety in Low or Moderate Seismicity, 900 mm.; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 600 mm. (Commentary: Sec. A.7.5.1, Tier 2; Sec. 13.6.1.2)        | Het halfsteens metselwerk van de gevel is recentelijk vernieuwd en zal derhalve voldoende verankerd zijn aan de achterconstructie.   | Belangrijk        |
|                      | 16.17a_i | V   | LS-LMH; PR-LMH. SHELF ANGLES: Masonry veneer is supported by shelf angles or other elements at each floor above the ground floor. (Commentary: Sec. A.7.5.2, Tier 2; Sec. 13.6.1.2)  | Het gevelmetselwerk beslaat 2 verdiepingen. Tussen de verdiepingen loopt het metselwerk verticaal naar buiten d.m.v. gewapend metselwerk. De tekeningen duiden op een ondersteuning per verdieping.  | Belangrijk        |
|                      | 16.17a_j | NVT | LS-LMH; PR-LMH. WEAKENED PLANES: Masonry veneer is anchored to the backup adjacent to weakened planes, such as at the locations of flashing. (Commentary: Sec. A.7.5.3, Tier 2; Sec. 13.6.1.2)   |  |                   |
|                      | 16.17a_k | NVT | LS-LMH; PR-LMH. UNREINFORCED MASONRY BACKUP: There is no unreinforced masonry backup. (Commentary: Sec. A.7.7.2, Tier 2; Section 13.6.1.1 and 13.6.1.2)  |  |                   |
|                      | 16.17a_l | V   | LS-MH; PR-MH. STUD TRACKS: For veneer with metal stud backup, stud tracks are fastened to the structure at a spacing equal to or less than 600 mm. on center. (Commentary: Sec. A.7.6.1, Tier 2; Section 13.6.1.1 and 13.6.1.2)  | Hier is sprake van een HSB-wand. Standaard HSB-wanden hebben een maximale hohmaat van de stijlen van 600mm.  | Minder belangrijk |
|                      | 16.17a_m | NVT | LS-MH; PR-MH. ANCHORAGE: For veneer with concrete block or masonry backup, the backup is positively anchored to the structure at a horizontal spacing equal to or less than 1.2 m along the floors and roof. (Commentary: Sec. A.7.7.1, Tier 2; Section 13.6.1.1 and 13.6.1.2)   |  |                   |
| Parapets             | 16.17a_n | NVT | LS-<br>LS-LMH; PR-LMH. URM PARAPETS OR CORNICES: Laterally unsupported unreinforced masonry parapets or cornices have height-to-thickness ratios no greater than the following: for Life Safety in Low or Moderate Seismicity, 2.5; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 1.5. (Commentary: Sec. A.7.8.1, Tier 2; Sec. 13.6.5)  |  |                   |
|                      | 16.17a_o | VN  | LS-LMH; PR-LMH. CANOPIES: Canopies at building exits are anchored to the structure at a spacing no greater than the following: for Life Safety in Low or Moderate Seismicity, 3 m; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 2 m. (Commentary: Sec. A.7.8.2, Tier 2; Sec. 13.6.6)   | Bij de toegang van de lekdouder hangt er een uitgesneden gedeelte van het vat als scharnierende lufel. Deze zal extra moeten worden geborgd.   | Belangrijk        |
|                      | 16.17a_p | NVT | LS-MH; PR-LMH. CONCRETE PARAPETS: Concrete parapets with height-to-thickness ratios greater than 2.5 have vertical reinforcement. (Commentary: Sec. A.7.8.3, Tier 2; Sec. 13.6.5)  |  |                   |
|                      | 16.17a_q | V   | LS-MH; PR-LMH. APPENDAGES: Cornices, parapets, signs, and other ornamentation or appendages that extend above the highest point of anchorage to the structure or cantilever from components are reinforced and anchored to the structural system at a spacing equal to or less than 6 ft. This checklist item does not apply to parapets or cornices covered by other checklist items. (Commentary: Sec. A.7.8.4, Tier 2; Sec. 13.6.6) | De stalen balustrade van de stalen noodtrap is verankerd aan de draagconstructie.  | Belangrijk        |
| Masonry Chimneys     | 16.17a_r | NVT | LS-<br>LS-LMH; PR-LMH. URM CHIMNEYS: Unreinforced masonry chimneys extend above the roof surface no more than the following: for Life Safety in Low or Moderate Seismicity, 3 times the least dimension of the chimney; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 2 times the least dimension of the chimney. (Commentary: Sec. A.7.9.1, Tier 2; Sec. 13.6.7)                                   |  |                   |
|                      | 16.17a_s | NVT | LS-LMH; PR-LMH. ANCHORAGE: Masonry chimneys are anchored at each floor level, at the topmost ceiling level, and at the roof. (Commentary: Sec. A.7.9.2, Tier 2; Sec. 13.6.7)   |  |                   |

|               |  |                  |             |            |
|---------------|--|------------------|-------------|------------|
| Project       | Seismische scan Exemplarische gebouwen | Waterloren Noord | Werkcode    | 13663-06-N |
| Opdrachtgever | Gemeente Groningen                     |                  | Referentie  | lan        |
| Onderwerp     | ASCE 41-13 Checklist                   |                  | Printdatum  | 22-05-15   |
| Versienummer  | 3.4                                    |                  | Adviesgroep | SA         |

| nr                         | seismicity | part | item                              | Compliant (voldoet) | Non-Compliant (voldoet niet) | Not Applicable (NVT, komt niet voor) | Unknown (Onbekend) | check   | reden gebrek  | impact  |
|----------------------------|------------|------|-----------------------------------|---------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------|---|---|---|
|                            |            |      |                                   | V                   | VN                           | NVT                                  | O                  |   |   | Erst belangrijk<br>Belangrijk<br>Minder belangrijk<br>Niet belangrijk |
| <b>16.17b INBOUW</b>       |            |      |                                   |                     |                              |                                      |                    |   |   |   |
| Partitions                 |            |      |                                   |                     |                              |                                      |                    |   |   |   |
|                            |            |      | 16.17b_a                          |                     |                              | NVT                                  |                    | LS-<br>LS-LMH; PR-LMH. UNREINFORCED MASONRY: Unreinforced masonry or hollow-clay tile partitions are braced at a spacing of at most 3 m in Low or Moderate Seismicity, or at most 2 m in High Seismicity. (Commentary: Sec. A.7.1.1, Tier 2; Sec. 13.6.2)   |   |   |
|                            |            |      | 16.17b_b                          |                     |                              | NVT                                  |                    | LS-LMH; PR-LMH. HEAVY PARTITIONS SUPPORTED BY CEILING: The tops of masonry or hollow-clay tile partitions are not laterally supported by an integrated ceiling system. (Commentary: Sec. A.7.2.1, Tier 2; Sec. 13.6.2)  |   |   |
|                            |            |      | 16.17b_c                          |                     |                              | NVT                                  |                    | LS-MH; PR-MH. DRIFT: Rigid cementitious partitions are detailed to accommodate the following drift ratios: in steel moment frame, concrete moment frame, and wood frame buildings, 0.02; in other buildings, 0.005. (Commentary A.7.1.2 Tier 2; Sec. 13.6.2)  |   |   |
|                            |            |      | Ceilings 16.17b_                  |                     |                              |                                      |                    | LS-   |   |   |
|                            |            |      | 16.17b_g                          |                     |                              | NVT                                  |                    | LS-MH; PR-LMH. SUSPENDED LATH AND PLASTER: Suspended lath and plaster ceilings have attachments that resist seismic forces for every 1,2 m <sup>2</sup> of area. (Commentary: Sec. A.7.2.3, Tier 2; Sec. 13.6.4)  |   |   |
|                            |            |      | 16.17b_h                          | V                   |                              |                                      |                    | LS-MH; PR-LMH. SUSPENDED GYPSUM BOARD: Suspended gypsum board ceilings have attachments that resist seismic forces for every 1,2 m <sup>2</sup> of area. (Commentary: Sec. A.7.2.3, Tier 2; Sec. 13.6.4)  |   | Minder belangrijk   |
|                            |            |      | Contents and Furnishings 16.17b_n |                     |                              | NVT                                  |                    | LS-<br>LS-MH; PR-MH. INDUSTRIAL STORAGE RACKS: Industrial storage racks or pallet racks more than 4 m high meet the requirements of ANSI/MH 16.1 as modified by ASCE 7 Chapter 15. (Commentary: Sec. A.7.11.1, Tier 2; Sec. 13.8.1)   |   |   |
|                            |            |      | 16.17b_o                          |                     |                              |                                      |                    | LS-H; PR-MH. TALL NARROW CONTENTS: Contents more than 2 m high with a height-to-depth or height-to-width ratio greater than 3-to-1 are anchored to the structure or to each other. (Commentary: Sec. A.7.11.2, Tier 2; Sec. 13.8.2)   |   |   |
|                            |            |      | 16.17b_p                          |                     |                              |                                      |                    | LS-H; PR-H. FALL-PRONE CONTENTS: Equipment, stored items, or other contents weighing more than 10 kg whose center of mass is more than 1.2 m above the adjacent floor level are braced or otherwise restrained. (Commentary: Sec. A.7.11.3, Tier 2; Sec. 13.8.2)  |   |   |
| <b>16.17c TOEGANGEN</b>    |            |      |                                   |                     |                              |                                      |                    |   |   |   |
| Stairs                     |            |      |                                   |                     |                              |                                      |                    |   |   |   |
|                            |            |      | 16.17c_a                          |                     |                              | NVT                                  |                    | LS-<br>LS-LMH; PR-LMH. STAIR ENCLOSURES: Hollow-clay tile or unreinforced masonry walls around stair enclosures are restrained out-of-plane and have height-to-thickness ratios not greater than the following: for Life Safety in Low or Moderate Seismicity, 15-to-1; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 12-to-1. (Commentary: Sec. A.7.10.1, Tier 2; Sec. 13.6.2 and 13.6.8) |   |   |
|                            |            |      | 16.17c_b                          |                     |                              | O                                    |                    | LS-LMH; PR-LMH. STAIR DETAILS: In moment frame structures, the connection between the stairs and the structure does not rely on shallow anchors in concrete. Alternatively, the stair details are capable of accommodating the drift calculated using the Quick Check procedure of Section 4.5.3.1 without including any lateral stiffness contribution from the stairs. (Commentary: Sec. A.7.10.2, Tier 2; 13.6.8)          | De vluchttrap is op een aantal punten verankerd aan de stalen constructie. Er moet nader bekeken worden of de trap vervormingen kan opvangen of dat er meerdere verankeringen nodig zijn. De overige stalen trappen lijken voldoende verankerd te zijn aan de draagconstructie. | Belangrijk  |
| <b>16.17d INSTALLATIES</b> |            |      |                                   |                     |                              |                                      |                    |   |   |   |
| Life Safety Systems        |            |      |                                   |                     |                              |                                      |                    |   |   |   |
|                            |            |      | 16.17d_a                          | V                   |                              |                                      |                    | LS-<br>LS-LMH; PR-LMH. FIRE SUPPRESSION PIPING: Fire suppression piping is anchored and braced in accordance with NFPA-13. (Commentary: Sec. A.7.13.1, Tier 2; Sec. 13.7.4)   |   | Minder belangrijk   |
|                            |            |      | 16.17d_b                          | V                   |                              |                                      |                    | LS-LMH; PR-LMH. FLEXIBLE COUPLINGS: Fire suppression piping has flexible couplings in accordance with NFPA-13. (Commentary: Sec. A.7.13.2, Tier 2; Sec. 13.7.4)   |   | Minder belangrijk   |
|                            |            |      | 16.17d_c                          |                     |                              | NVT                                  |                    | LS-LMH; PR-LMH. EMERGENCY POWER: Equipment used to power or control life safety systems is anchored or braced. (Commentary: Sec. A.7.12.1, Tier 2; Sec. 13.7.7)   |   |   |
|                            |            |      | 16.17d_d                          |                     |                              | NVT                                  |                    | LS-LMH; PR-LMH. STAIR AND SMOKE DUCTS: Stair pressurization and smoke control ducts are braced and have flexible connections at seismic joints. (Commentary: Sec. A.7.14.1, Tier 2; Sec. 13.7.6)  |   |   |
|                            |            |      | 16.17d_e                          |                     |                              | NVT                                  |                    | LS-MH; PR-MH. SPRINKLER CEILING CLEARANCE: Penetrations through panelized ceilings for fire suppression devices provide clearances in accordance with NFPA-13. (Commentary: Sec. A.7.13.3, Tier 2; Sec. 13.7.4)   |   |   |
|                            |            |      | 16.17d_f                          |                     |                              |                                      |                    | LS-not required; PR-LMH. EMERGENCY LIGHTING: Emergency and egress lighting equipment is anchored or braced. (Commentary: Sec. A.7.3.1, Tier 2; Sec. 13.7.9)   |   | Belangrijk  |
|                            |            |      | Hazardous Materials 16.17d_g      |                     |                              | NVT                                  |                    | LS-<br>LS-LMH; PR-LMH. HAZARDOUS MATERIAL EQUIPMENT: Equipment mounted on vibration isolators and containing hazardous material is equipped with restraints or snubbers. (Commentary: Sec. A.7.12.2, Tier 2; 13.7.1)  |   |   |
|                            |            |      | 16.17d_h                          |                     |                              | NVT                                  |                    | LS-LMH; PR-LMH. HAZARDOUS MATERIAL STORAGE: Breakable containers that hold hazardous material, including gas cylinders, are restrained by latched doors, shelf lips, wires, or other methods. (Commentary: Sec. A.7.15.1, Tier 2; Sec. 13.8.4)  |   |   |
|                            |            |      | 16.17d_i                          |                     |                              | NVT                                  |                    | LS-MH; PR-MH. HAZARDOUS MATERIAL DISTRIBUTION: Piping or ductwork conveying hazardous materials is braced or otherwise protected from damage that would allow hazardous material release. (Commentary: Sec. A.7.13.4, Tier 2; Sec. 13.7.3 and 13.7.5)   |   |   |
|                            |            |      | 16.17d_j                          |                     |                              | NVT                                  |                    | LS-MH; PR-MH. SHUT-OFF VALVES: Piping containing hazardous material, including natural gas, has shut-off valves or other devices to limit spills or leaks. (Commentary: Sec. A.7.13.3, Tier 2; Sec. 13.7.3 and 13.7.5)  |   |   |
|                            |            |      | 16.17d_k                          |                     |                              | NVT                                  |                    | LS-LMH; PR-LMH. FLEXIBLE COUPLINGS: Hazardous material ductwork and piping, including natural gas piping, has flexible couplings. (Commentary: Sec. A.7.15.4, Tier 2; Sec. 13.7.3 and 13.7.5)   |   |   |
|                            |            |      | 16.17d_l                          |                     |                              | NVT                                  |                    | LS-MH; PR-MH. PIPING OR DUCTS CROSSING SEISMIC JOINTS: Piping or ductwork carrying hazardous material that either crosses seismic joints or isolation planes or is connected to independent structures has couplings or other details to accommodate the relative seismic displacements. (Commentary: Sec. A.7.13.6, Tier 2; Sec.13.7.3, 13.7.5, and 13.7.6)  |   |   |
|                            |            |      | Light Fixtures 16.17d_m           |                     |                              | VN                                   |                    | LS-<br>LS-MH; PR-MH. INDEPENDENT SUPPORT: Light fixtures that weigh more per square foot than the ceiling they penetrate are supported independent of the grid ceiling suspension system by a minimum of two wires at diagonally opposite corners of each fixture. (Commentary: Sec. A.7.3.2, Tier 2; Sec. 13.6.4 and 13.7.9)   | De spots zijn niet gezekerd aan het de draagconstructie.  | Minder belangrijk   |
|                            |            |      | 16.17d_n                          |                     |                              |                                      |                    | LS-not required; PR-H. PENDANT SUPPORTS: Light fixtures on pendant supports are attached at a spacing equal to or less than 2 m and, if rigidly supported, are free to move with the structure to which they are attached without damaging adjoining components. (Commentary: A.7.3.3, Tier 2; Sec. 13.7.9)   |   | Minder belangrijk   |
|                            |            |      | 16.17d_o                          |                     |                              |                                      |                    | LS-not required; PR-H. LENS COVERS: Lens covers on light fixtures are attached with safety devices. (Commentary: Sec. A.7.3.4, Tier 2; Sec. 13.7.9)   |   |   |

|               |  |                 |             |            |
|---------------|--|-----------------|-------------|------------|
| Project       | Seismische scan Exemplarische gebouwen | Wateroren Noord | Werkcode    | 13663-06-N |
| Opdrachtgever | Gemeente Groningen                     |                 | Referentie  | lan        |
| Onderwerp     | ASCE 41-13 Checklist                   |                 | Printdatum  | 22-05-15   |
| Versienummer  | 3.4                                    |                 | Adviesgroep | SA         |

| nr | seismicity | part | item                                | Compliant (voldoet) | Non Compliant (voldoet niet) | Not Applicable (NVT, komt niet voor) | Unknown (Onbekend) | check   | reden gebrek | impact  |
|----|------------|------|-------------------------------------|---------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------|---|--------------|---|
|    |            |      |                                     | V                   | VN                           | NVT                                  | O                  |   |              | <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100px;"> <span>Erz belangrijk</span> <span>Belangrijk</span> <span>Minder belangrijk</span> <span>Niet belangrijk</span> </div> |
|    |            |      | Mechanical and Electrical Equipment |                     |                              |                                      |                    | LS-   |              |   |
|    |            |      | 16.17d_p                            |                     |                              |                                      |                    | LS-H; PR-H. FALL-PRONE EQUIPMENT: Equipment weighing more than 10 kg whose center of mass is more than 1.2 m above the adjacent floor level, and which is not in-line equipment, is braced. (Commentary: A.7.12.4, Tier 2: 13.7.1 and 13.7.7)                   |              |   |
|    |            |      | 16.17d_q                            |                     |                              |                                      |                    | LS-H; PR-H. IN-LINE EQUIPMENT: Equipment installed in-line with a duct or piping system, with an operating weight more than 40 kg, is supported and laterally braced independent of the duct or piping system. (Commentary: Sec. A.7.12.5, Tier 2: Sec. 13.7.1) |              |   |
|    |            |      | 16.17d_r                            |                     |                              |                                      |                    | LS-H; PR-MH. TALL NARROW EQUIPMENT: Equipment more than 2 m high with a height-to-depth or height-to-width ratio greater than 3-to-1 is anchored to the floor slab or adjacent structural walls. (Commentary: Sec. A.7.12.6, Tier 2: Sec. 13.7.1 and 13.7.7)    |              |   |
|    |            |      | Elevators                           |                     |                              |                                      |                    | LS-   |              |   |
|    |            |      | 16.17d_ag                           |                     |                              |                                      |                    | LS-H; PR-H. RETAINER GUARDS: Sheaves and drums have cable retainer guards. (Commentary: Sec. A.7.16.1, Tier 2: 13.8.6)  |              |   |
|    |            |      | 16.17d_ah                           |                     |                              |                                      |                    | LS-H; PR-H. RETAINER PLATE: A retainer plate is present at the top and bottom of both car and counterweight. (Commentary: Sec. A.7.16.2, Tier 2: 13.8.6)  |              |   |

## 16.1 DRAAGCONSTRUCTIE

### 16.1 BASIC CHECKLIST

#### Very Low Seismicity

##### Structural Components

16.1\_a

V

LOAD PATH: The structure shall contain a complete, well-defined load path, including structural elements and connections, that serves to transfer the inertial forces associated with the mass of all elements of the building to the foundation. (Commentary: Sec. A.2.1.1, Tier 2: Sec. 5.4.1.1)

Belastingen dragen gelijkmatig af naar de fundering, geen uitkragende constructies.

Belangrijk

16.1\_b

O

WALL ANCHORAGE: Exterior concrete or masonry walls that are dependent on the diaphragm for lateral support are anchored for out-of-plane forces at each diaphragm level with steel anchors, reinforcing dowels, or straps that are developed into the diaphragm. Connections shall have adequate strength to resist the connection force calculated in the Quick Check procedure of Section 4.5.3.7. (Commentary: Sec. A.5.1.1, Tier 2: Sec. 5.7.1.1)

Naar verwachting is de metselwerkschacht instaat om bij een aardbeving in stand te blijven. (zie paragraaf 16.0a, a voor het metselwerk van de bovenbouw). Nader onderzoek wordt aanbevolen.

Erg belangrijk

### 16.1.2LS LIFE SAFETY BASIC CONFIGURATION CHECKLIST

#### Low Seismicity

##### Building System

##### General

16.1.2LS\_a

V

LOAD PATH: The structure shall contain a complete, well defined load path, including structural elements and connections, that serves to transfer the inertial forces associated with the mass of all elements of the building to the foundation. (Commentary: Sec. A.2.1.1, Tier 2: Sec. 5.4.1.1)

Belastingen dragen gelijkmatig af naar de fundering, geen uitkragende constructies.

Belangrijk

16.1.2LS\_b

V

ADJACENT BUILDINGS: The clear distance between the building being evaluated and any adjacent building is greater than 4% of the height of the shorter building. This statement shall not apply for the following building types: W1, W1a, and W2. (Commentary: Sec. A.2.1.2, Tier 2: Sec. 5.4.1.2)

Het gebouw heeft voldoende afstand tot het naastliggende gebouw. Zeker gezien het feit dat de naastliggende bouw lager is dan de wateroren.

Belangrijk

16.1.2LS\_c

V

MEZZANINES: Interior mezzanine levels are braced independently from the main structure or are anchored to the seismic-force-resisting elements of the main structure. (Commentary: Sec. A.2.1.3, Tier 2: Sec. 5.4.1.3)

Stalen liggers van de vloeren zijn gekoppeld aan de hoofdconstructie.

Belangrijk

##### Building Configuration

16.1.2LS\_d

VN

WEAK STORY: The sum of the shear strengths of the seismic-force-resisting system in any story in each direction is not less than 80% of the strength in the adjacent story above. (Commentary: Sec. A.2.2.2, Tier 2: Sec. 5.4.2.1)

De sterkte van het raamwerk is t.p.v de fundering afwijkend.

Minder belangrijk

16.1.2LS\_e

VN

SOFT STORY: The stiffness of the seismic-force-resisting system in any story is not less than 70% of the seismic-force-resisting system stiffness in an adjacent story above or less than 80% of the average seismic-force-resisting system stiffness of the three stories above. (Commentary: Sec. A.2.2.3, Tier 2: Sec. 5.4.2.2)

De stijfheid van het raamwerk is t.p.v de fundering afwijkend.

Minder belangrijk

16.1.2LS\_f

V

VERTICAL IRREGULARITIES: All vertical elements in the seismic-force-resisting system are continuous to the foundation. (Commentary: Sec. A.2.2.4, Tier 2: Sec. 5.4.2.3)

De verticale kolommen van het raamwerk lopen gelijkmatig naar de fundering.

Minder belangrijk

16.1.2LS\_g

V

GEOMETRY: There are no changes in the net horizontal dimension of the seismic-force-resisting system of more than 30% in a story relative to adjacent stories, excluding one-story penthouses and mezzanines. (Commentary: Sec. A.2.2.5, Tier 2: Sec. 5.4.2.4)

Er zijn geen horizontale afwijkingen afwijkingen in de seismische elementen. Constructie is symmetrisch in alle richtingen.

Minder belangrijk

16.1.2LS\_h

VN

MASS: There is no change in effective mass more than 50% from one story to the next. Light roofs, penthouses, and mezzanines need not be considered. (Commentary: Sec. A.2.2.6, Tier 2: Sec. 5.4.2.5)

De massa van de bovenbouw is afwijkend ten opzichte van het raamwerk daaronder. Echter dit betreft geen verdiepsingsnivo.

Minder belangrijk

16.1.2LS\_i

V

TORSION: The estimated distance between the story center of mass and the story center of rigidity is less than 20% of the building width in either plan dimension. (Commentary: Sec. A.2.2.7, Tier 2: Sec. 5.4.2.6)

Er zijn geen horizontale afwijkingen afwijkingen in de seismische elementen. Constructie is symmetrisch in alle richtingen.

Belangrijk

#### Moderate Seismicity: Complete the Following Items in Addition to the Items for Low Seismicity.

##### Geologic Site Hazards

16.1.2LS\_j

O

LIQUEFACTION: Liquefaction-susceptible, saturated, loose granular soils that could jeopardize the building's seismic performance shall not exist in the foundation soils at depths within 15 m under the building. (Commentary: Sec. A.6.1.1, Tier 2: 5.4.3.1)

Gezien de bodembouw is dit wel een reeel risico. Nader onderzoek noodzakelijk.

Belangrijk

16.1.2LS\_k

NVT

SLOPE FAILURE: The building site is sufficiently remote from potential earthquake-induced slope failures or rockfalls to be unaffected by such failures or is capable of accommodating any predicted movements without failure. (Commentary: Sec. A.6.1.2, Tier 2: 5.4.3.1)

16.1.2LS\_l

NVT

SURFACE FAULT RUPTURE: Surface fault rupture and surface displacement at the building site are not anticipated. (Commentary: Sec. A.6.1.3, Tier 2: 5.4.3.1)

#### High Seismicity: Complete the Following Items in Addition to the Items for Low and Moderate Seismicity.

##### Foundation Configuration

16.1.2LS\_m

V

OVERTURNING: The ratio of the least horizontal dimension of the seismic-force-resisting system at the foundation level to the building height (base/height) is greater than 0.6Sa. (Commentary: Sec. A.6.2.1, Tier 2: Sec. 5.4.3.3)

Base/height ratio = 8/45 = 0,18 > 0,6 x Sa = 0,04 => akkoord

Minder belangrijk

16.1.2LS\_n

VN

TIES BETWEEN FOUNDATION ELEMENTS: The foundation has ties adequate to resist seismic forces where footings, piles, and piers are not restrained by beams, slabs, or soils classified as Site Class A, B, or C. (Commentary: Sec. A.6.2.2, Tier 2: Sec. 5.4.3.4)

De funderingspoelen onder de stalen kolommen zijn nu onderling niet gekoppeld.

Erg belangrijk

|              |  |                  |             |            |
|--------------|--|------------------|-------------|------------|
| Project      | Seismische scan Exemplarische gebouwen | Waterloren Noord | Werkcode    | 13663-06-N |
| Opmachtgever | Gemeente Groningen                     |                  | Referentie  | lan        |
| Onderwerp    | ASCE 41-13 Checklist                   |                  | Printdatum  | 22-05-15   |
| Versienummer | 3.4                                    |                  | Adviesgroep | SA         |

| nr | seismicity | part | item                                 | check | reden gebrek | impact            |
|----|------------|------|--------------------------------------|-------|--------------|-------------------|
|    |            |      | Compliant (voldoet)                  |       |              | Erz belangrijk    |
|    |            |      | Non Compliant (voldoet niet)         |       |              | Belangrijk        |
|    |            |      | Not Applicable (NVT, komt niet voor) |       |              | Minder belangrijk |
|    |            |      | Unknown (Onbekend)                   |       |              | Niet belangrijk   |

**16.5LS LIFE SAFETY STRUCTURAL CHECKLIST FOR BUILDING TYPES S2: STEEL BRACED FRAMES WITH STIFF DIAPHRAGMS AND S2A: STEEL BRACED FRAMES WITH FLEXIBLE DIAPHRAGMS**

**Low Seismicity**

*Seismic-Force-Resisting System*

16.5L\_S\_a **V** COLUMN AXIAL STRESS CHECK: The axial stress caused by gravity loads in columns subjected to overturning forces is less than 0.10F<sub>y</sub>. Alternatively, the axial stress caused by overturning forces alone, calculated using the Quick Check procedure of Section 4.5.3.6, is less than 0.30F<sub>y</sub>. (Commentary: Sec. A.3.1.3.2. Tier 2: Sec. 5.5.2.1.3)

Fkolom = 196 + 3146 + 734 = 4078 kN / 8 = 510 kN  
 u.c. = Fkolom x 10<sup>3</sup> / A x f<sub>y</sub>  
 u.c. = 510 x 10<sup>3</sup> / 4 x 3480 x 210 = 0,18 > 0,1/1,2= 0,08 --> voldoet niet  
 Fkolom seismisch = 167 kN  
 u.c. = 167 x 10<sup>3</sup> x (2/3) / 4 x 3480 x 210 = 0,04 < 0,3/1,2=0,25 --> voldoet u.c. = 0,15

Erg belangrijk

16.5L\_S\_b **V** BRACE AXIAL STRESS CHECK: The axial stress in the diagonals, calculated using the Quick Check procedure of Section 4.5.3.4, is less than 0.50F<sub>y</sub>. (Commentary: Sec. A.3.3.1.2. Tier 2: Sec. 5.5.4.1)

Fdiagonaal = 75 kN --> bij vervorming van 26 mm op 23300+  
 u.c. = Fdiagonaal x 10<sup>3</sup> / A x f<sub>y</sub>  
 u.c. = 75 x 10<sup>3</sup> / 1511 x 210 = 0,23 < 0,5/1,2= 0,41 --> voldoet u.c. = 0,57

Erg belangrijk

*Connections*

16.5L\_S\_c **V** TRANSFER TO STEEL FRAMES: Diaphragms are connected for transfer of seismic forces to the steel frames. (Commentary: Sec. A.5.2.2. Tier 2: Sec. 5.7.2)

De vloerschijven bestaan uit stalen liggers en zijn gekoppeld aan de staalconstructie.

Belangrijk

16.5L\_S\_d **O** STEEL COLUMNS: The columns in seismic-force-resisting frames are anchored to the building foundation. (Commentary: Sec. A.5.3.1. Tier 2: Sec. 5.7.3.1)

Er dient nader onderzoek gedaan te worden naar de verankering van de kolommen aan de fundering.

Erg belangrijk

**Moderate Seismicity: Complete the Following Items in Addition to the Items for Low Seismicity.**

*Seismic-Force-Resisting System*

16.5L\_S\_e **V** REDUNDANCY: The number of lines of braced frames in each principal direction is greater than or equal to 2. The number of braced bays in each line is greater than 2. (Commentary: Sec. A.3.3.1.1. Tier 2: Sec. 5.5.1.1)

De onderbouw bestaat uit totaal 8 windbalken rondom

Erg belangrijk

16.5L\_S\_f **VN** CONNECTION STRENGTH: All the brace connections develop the buckling capacity of the diagonals. (Commentary: Sec. A.3.3.1.5. Tier 2: Sec. 5.5.4.4)

Er is onvoldoende bekend over de capaciteit van de verbindingen. Liggers bestaan veelal uit dubbele hoekijzers. Diagonalen uit enkele hoekijzers.

Erg belangrijk

16.5L\_S\_g **NVT** COMPACT MEMBERS: All brace elements meet compact section requirements set forth by AISC 360, Table B4.1, (Commentary: Sec. A.3.3.1.7. Tier 2: Sec. 5.5.4)

Tabel is van toepassing voor druk elementen. Dus in dit geval niet van toepassing.

Minder belangrijk

16.5L\_S\_h **VN** K-BRACING: The bracing system does not include K-braced bays. (Commentary: Sec. A.3.3.2.1. Tier 2: Sec. 5.5.4.6)

De onderste bokken bestaan in alle richtingen uit omgekeerde K verbanden die halverwege de kolom aansluiten.

Belangrijk

**High Seismicity: Complete the Following Items in Addition to the Items for Low and Moderate Seismicity.**

*Seismic-Force-Resisting System*

16.5L\_S\_i **O** COLUMN SPLICES: All column splice details located in braced frames develop 50% of the tensile strength of the column. (Commentary: Sec. A.3.3.1.3. Tier 2: Sec. 5.5.4.2)

De kolommen zijn onderbroken, nader onderzoek naar de verbinding zal moeten uitwijzen of aan deze voorwaarde kan worden voldaan.

Belangrijk

16.5L\_S\_j **NVT** SLENDERNESS OF DIAGONALS: All diagonal elements required to carry compression have K/r ratios less than 200. (Commentary: Sec. A.3.3.1.4. Tier 2: Sec. 5.5.4.3)

Er is onvoldoende bekend over de capaciteit van de verbindingen. Nader onderzoek naar de verbinding zal moeten uitwijzen of aan deze voorwaarde kan worden voldaan.

Erg belangrijk

16.5L\_S\_k **O** CONNECTION STRENGTH: All the brace connections develop the yield capacity of the diagonals. (Commentary: Sec. A.3.3.1.5. Tier 2: Sec. 5.5.4.4)

Tabel is van toepassing voor druk elementen. Dus in dit geval niet van toepassing.

Erg belangrijk

16.5L\_S\_l **NVT** COMPACT MEMBERS: All brace elements meet section requirements set forth by AISC 341, Table D1.1, for moderately ductile members. (Commentary: Sec. A.3.3.1.7. Tier 2: Sec. 5.5.4)

Normaalkracht tengevolge van de seismische belasting bedraagt 167 kN. Voor de wind bedraagt dit ongeveer: F<sub>wp</sub> = 0,92 x 1,2 x 1,36 x (15 x 9,5) = 214 kN --> M<sub>d</sub> = 1,5 x 214 x 22,9 / (8,0 x 2) = 460 kN --> Akkoord

Belangrijk

16.5L\_S\_m **V** CHEVRON BRACING: Beams in chevron, or V-braced, bays are capable of resisting the vertical load resulting from the simultaneous yielding and buckling of the brace pairs. (Commentary: Sec. A.3.3.2.3. Tier 2: Sec. 5.5.4.6)

De diagonalen sluiten centrisch aan op de kolommen. Echter de diagonalen bestaan uit hoekijzers waardoor er wel een excentriciteit ontstaat.

Belangrijk

16.5L\_S\_n **VN** CONCENTRICALLY BRACED FRAME JOINTS: All the diagonal braces shall frame into the beam-column joints concentrically. (Commentary: Sec. A.3.3.2.4. Tier 2: Sec. 5.5.4.8)

Geen grote sparings in de vloerschijf aanwezig.

Minder belangrijk

*Diaphragms (Stiff or Flexible)*

16.5L\_S\_o **V** OPENINGS AT FRAMES: Diaphragm openings immediately adjacent to the braced frames extend less than 25% of the frame length. (Commentary: Sec. A.4.1.5. Tier 2: Sec. 5.6.1.3)

De vloerschijf bestaat uit stalen liggers gekoppeld aan het hoofdframe, gevuld met beton of hout.

Minder belangrijk

*Flexible Diaphragms*

16.5L\_S\_p **V** CROSS TIES: There are continuous cross ties between diaphragm chords. (Commentary: Sec. A.4.1.2. Tier 2: Sec. 5.6.1.2)

onderste vloer lijkt heel stijf. Hierdoor kan worden aangenomen dat deze hieraan voldoet

Minder belangrijk

16.5L\_S\_q **V** STRAIGHT SHEATHING: All straight sheathed diaphragms have aspect ratios less than 2-to-1 in the direction being considered. (Commentary: Sec. A.4.2.1. Tier 2: Sec. 5.6.2)

De overspanningen van de houten balklaag zijn kleiner dan 8 meter.

Minder belangrijk

16.5L\_S\_r **V** SPANS: All wood diaphragms with spans greater than 8 m consist of wood structural panels or diagonal sheathing. (Commentary: Sec. A.4.2.2. Tier 2: Sec. 5.6.2)

De de verhouding van de vloerafmetingen 1:1, dus dit voldoet.

Minder belangrijk

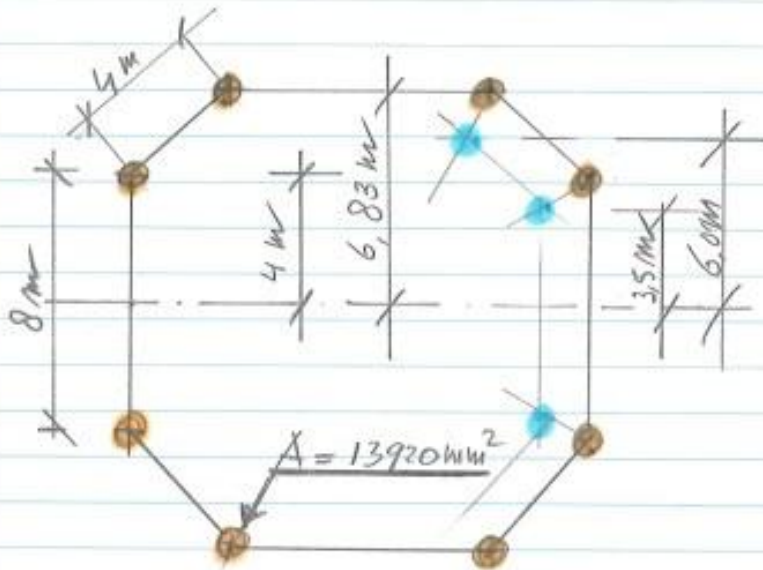
16.5L\_S\_s **V** DIAGONALLY SHEATHED AND UNBLOCKED DIAPHRAGMS: All diagonally sheathed or unblocked wood structural panel diaphragms have horizontal spans less than 13 m and aspect ratios less than or equal to 4-to-1. (Commentary: Sec. A.4.2.3. Tier 2: Sec. 5.6.2)

Plaatselijk zit er glazen vulling in een raamwerk van stalen liggers. Gezien de geringe vloerafmeting.

Minder belangrijk

16.5L\_S\_t **VN** OTHER DIAPHRAGMS: The diaphragm does not consist of a system other than wood, metal deck, concrete, or horizontal bracing. (Commentary: Sec. A.4.7.1. Tier 2: Sec. 5.6.5)





Niveau 0<sup>+</sup> P.

$$I = 2 \times [2 \times (4000^2 \times A + 6830^2 \times A)] = 3,49 \times 10^{12} \text{ mm}^4$$

$$E = 2,10 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$$EI = 7,33 \times 10^{17} \text{ Nmm}^4$$

Niveau 23300<sup>+</sup> P

$$I = 2 \times [2 \times (3500^2 \times A + 6000^2 \times A)] = 2,69 \times 10^{12} \text{ mm}^4$$

$$E = 2,10 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$$EI = 5,64 \times 10^{17} \text{ Nmm}^4$$

| LOT         |      | EI x 10 <sup>17</sup> |          |
|-------------|------|-----------------------|----------|
| 19,6T       | 12,0 | 5,64                  | K ≈ 35,0 |
| 388,3T      | 9,10 | 6,12                  |          |
|             | 3,6  | 6,31                  | K ≈ 26,0 |
| 112,2T      | 9,30 | 6,80                  |          |
|             | 4,75 | 7,05                  | K ≈ 15,2 |
|             | 3,50 | 7,24                  |          |
| WEAK STOREY | 1,75 | 7,33                  |          |

$$C_p = I_p \times K_p = [2 \times 2 \times (4^2 + 6,83^2)] \times 2 \times 10^5 = 5,01 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$$

$K_H = \text{iteratief bepaald t.b.v. simulatie "Weak Storey"}$



|             |  |                 |             |            |
|-------------|--|-----------------|-------------|------------|
| Project     | : Seismische scan Exemplarische gebouwen | Wateroren Noord | Projectcode | 13663-06-N |
| Gebouw      | : Gemeente Groningen                     |                 | Referentie  | tun        |
| Adviesgroep | : SA                                     | versie 3.4      | Print date  | 22-mei-15  |

**Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015**

**Verdiepingen**

| Niveau    | hoogte tov fundering [m] | TOTAAL [kN] | seismische belasting [kN] | seismische belasting, variabel [kN] |
|-----------|--------------------------|-------------|---------------------------|-------------------------------------|
| dak       | 32,00                    | 196         | 196                       | 0                                   |
| verd. 1   | 22,90                    | 3.883       | 3.148                     | 734                                 |
| schacht b | 19,30                    | 90          | 90                        | 0                                   |
| schacht m | 10,00                    | 1.122       | 1.122                     | 0                                   |

**Belastingen**

| Niveau                          |                                 | $G_{eigen}$ gewicht [kN/m <sup>2</sup> ] | $G_{perm}$ permanente belasting [kN/m <sup>2</sup> ] | $2G_{perm}$ permanente belasting, totaal [kN/m <sup>2</sup> ] | opgelegde $Q$ belasting [kN/m <sup>2</sup> ] | $\phi$ | Combinatie coefficient $\psi_c$ | Seismische combinatie coefficient $\psi_{Ei}$ | x aantal | lengte l [m] | b breedte [m] | oppervlakt [m <sup>2</sup> ] | seismische belasting, permanent [kN] | seismische belasting, variabel [kN] |
|---------------------------------|---------------------------------|--|--|---|--|--------|---------------------------------|---|----------|--------------|---------------|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| dak                             | Permanent                       | 0,55                                     |  | 0,55  |  |        |                                 | 1,0   | 1        | 70,0         | 1,0           | 70                           | 39                                   |                                     |
|                                 | Overig                          | 0,75                                     |  | 0,75  |  |        |                                 | 1,0   | 1        | 40,0         | 1,0           | 40                           | 30                                   |                                     |
|                                 | Overig                          | 0,55                                     |  | 0,55  |  |        |                                 | 1,0   | 1        | 231,0        | 1,0           | 231                          | 127                                  |                                     |
|                                 | Categorie H, daken              |  |  |   | 1,0  | 1,0    | 0,0                             | 0,0   | 1        | 300,0        | 1,0           | 300                          |                                      | 0                                   |
|                                 |                                 |  |  |   |  |        |                                 |   |          |              |               | Sub                          | 196                                  | 0                                   |
| verd. 1                         | Permanent                       | 2,65                                     |  | 2,65  |  |        |                                 | 1,0   | 1        | 461,0        | 1,0           | 461                          | 1.222                                |                                     |
|                                 | loopbrug                        | 1,00                                     |  | 1,00  |  |        |                                 | 1,0   | 1        | 14,0         | 1,0           | 14                           | 14                                   |                                     |
|                                 | vat                             | 0,63                                     |  | 0,63  |  |        |                                 | 1,0   | 1        | 400,0        | 1,0           | 400                          | 252                                  |                                     |
|                                 | ronde zaal                      | 3,65                                     |  | 3,65  |  |        |                                 | 1,0   | 1        | 133,0        | 1,0           | 133                          | 485                                  |                                     |
|                                 | podium                          | 0,50                                     |  | 0,50  |  |        |                                 | 1,0   | 1        | 108,0        | 1,0           | 108                          | 54                                   |                                     |
|                                 | auditorium                      | 2,90                                     |  | 2,90  |  |        |                                 | 1,0   | 1        | 37,0         | 1,0           | 37                           | 107                                  |                                     |
|                                 | lezkolder                       | 3,15                                     |  | 3,15  |  |        |                                 | 1,0   | 1        | 96,0         | 1,0           | 96                           | 302                                  |                                     |
|                                 | betonbak                        | 3,25                                     |  | 3,25  |  |        |                                 | 1,0   | 1        | 148,0        | 1,0           | 148                          | 481                                  |                                     |
| staalconstr.                    | 0,50                            |  | 0,50   |   |  |        | 1,0                             | 1   | 461,0    | 1,0          | 461           | 231                          |                                      |                                     |
| Categorie C, bijeenkomstruimtes |                                 |  |  | 2,5   | 0,6  | 0,6    | 0,4                             | 1   | 256,0    | 1,0          | 256           |                              | 230                                  |                                     |
| Categorie C, bijeenkomstruimtes |                                 |  |  | 5,0   | 0,6  | 0,6    | 0,4                             | 1   | 280,0    | 1,0          | 280           |                              | 504                                  |                                     |
|                                 |                                 |  |  |   |  |        |                                 |   |          |              |               | Sub                          | 3.148                                | 734                                 |
| schacht b                       | Permanent                       | 20,00                                    |  | 20,00   |  |        |                                 | 1,0   | 1,15     | 3,9          | 1,0           | 4                            | 90                                   |                                     |
|                                 | Categorie C, bijeenkomstruimtes |  |  |   | 0,0  | 0,6    | 0,6                             | 0,4   | 1        | 1,0          | 1,0           | 1                            |                                      | 0                                   |
|                                 |                                 |  |  |   |  |        |                                 |   |          |              |               | Sub                          | 90                                   | 0                                   |
| schacht m                       | Permanent                       | 20,00                                    |  | 20,00   |  |        |                                 | 1,0   | 9,3      | 6,0          | 1,0           | 56                           | 1.122                                |                                     |
|                                 | Categorie C, bijeenkomstruimtes |  |  |   | 0,0  | 0,6    | 0,6                             | 0,4   | 1        | 1,0          | 1,0           | 1                            |                                      | 0                                   |
|                                 |                                 |  |  |   |  |        |                                 |   |          |              |               | Sub                          | 1.122                                | 0                                   |
|                                 |                                 |  |  |   |  |        |                                 |   |          |              |               | Totaal                       | 4.555                                | 734                                 |

|             |  |                  |             |            |
|-------------|--|------------------|-------------|------------|
| Project     | : Seismische scan Exemplarische gebouwen | Watertoren Noord | Projectcode | 13663-06-N |
| Gebouw      | : Gemeente Groningen                     |                  | Referentie  | tun        |
| Adviesgroep | : SA                                     | versie 3.4       | Print date  | 22-mei-15  |

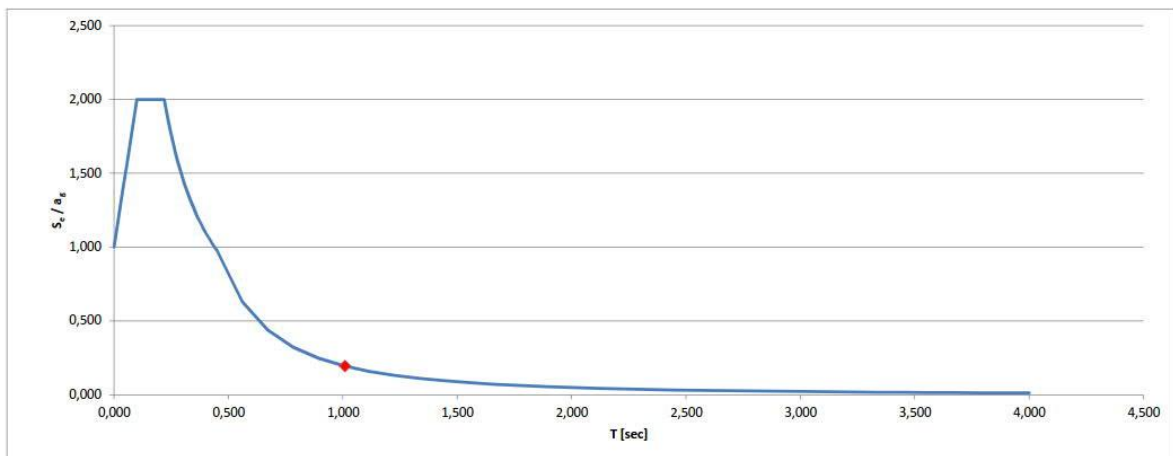
**Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015**

**Zijdelingse belastingmethode (x-richting)**

|                                  |                                       |                                     |
|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Representatieve gedragsfactor    | 1,5                                   |                                     |
| Regelmaat in verticale doorsnede | ja                                    | NPR 9998 (4.2.3.3)                  |
| Gedragsfactor                    | q = 1,50                              |                                     |
| Type stabiliteitssysteem         | Excentrisch geschoord stalen raamwerk | NEN-EN 1998-1 (4.3.3.2 (1) t/m (4)) |
| Gebouwhoogte                     | 32,0 m                                |                                     |
| Verdiepingen                     | 2                                     |                                     |
| $C_i$                            | 0,075                                 |                                     |

|                  | $T_1$            | $S_d(T_1)/a_{gd}$ | $* a_{gd} =$ | $S_d(T_1)$ | $* \lambda *$ | %     | = $F_{bk}$ |
|------------------|------------------|-------------------|--------------|------------|---------------|-------|------------|
| Trillingstijd    | $T_1 = 1,01$ sec | 0,194             | * 0,34 =     | 0,065 g *  | 1,00          | 100   | 346 kN     |
| Base Shear Force |                  |                   |              |            |               | SRSS: | 346 kN     |

|                                  |      |                      |
|----------------------------------|------|----------------------|
| <b>Factoren</b>                  |      |                      |
| Tweede-orde-effecten             | 1,00 | NPR 9998 (4.4.2.2)   |
| Torsie-effecten                  | 1,30 | NPR 9998 (4.3.3.2.4) |
| Rekenwaarde maximale dwarskracht |      | 450 kN               |



N.B. Deze vereenvoudigde formule geeft een trillingstijd van 1,01 seconde, gebaseerd op het uitgangspunt dat de massa over de hoogte gelijkmatig is verdeeld.  
 In deze situatie bevindt zich vrijwel de gehele massa aan de gebouwtop!  
 De resultaten zijn dus een relatief grove benadering.

|             |  |                  |             |            |
|-------------|--|------------------|-------------|------------|
| Project     | : Seismische scan Exemplarische gebouwen | Watertoren Noord | Projectcode | 13663-06-N |
| Gebouw      | : Gemeente Groningen                     |                  | Referentie  | tun        |
| Adviesgroep | : SA                                     | versie 3.4       | Print date  | 22-mei-15  |

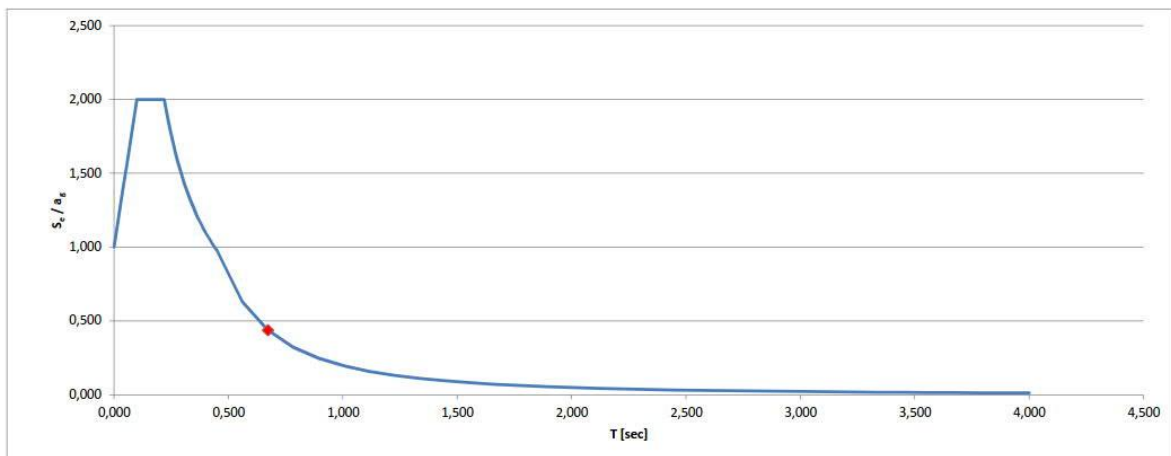
**Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015**

**Zijdelingse belastingmethode (y-richting)**

|                                  |                                     |                                     |
|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Representatieve gedragsfactor    | 1,5                                 |                                     |
| Regelmaat in verticale doorsnede | ja                                  | NPR 9998 (4.2.3.3)                  |
| Gedragsfactor                    | q = 1,50                            |                                     |
| Type stabiliteitstelsysteem      | Centrisch geschoord stalen raamwerk | NEN-EN 1998-1 (4.3.3.2 (1) t/m (4)) |
| Gebouwhoogte                     | 32,0 m                              |                                     |
| Verdiepingen                     | 2                                   |                                     |
| C <sub>i</sub>                   | 0,050                               |                                     |

|                  | T <sub>1</sub>            | S <sub>d</sub> (T <sub>1</sub> )/a <sub>gd</sub> | * a <sub>gd</sub> | S <sub>d</sub> (T <sub>1</sub> ) | * λ * | %     | = F <sub>bk</sub> |
|------------------|---------------------------|--|-------------------|----------------------------------|-------|-------|-------------------|
| Trillingstijd    | T <sub>1</sub> = 0,67 sec | 0,438  | * 0,34 =          | 0,147 g *                        | 1,00  | 100   | 778 kN            |
| Base Shear Force |                           |  |                   |                                  |       | SRSS: | 778 kN            |

|                                  |      |                      |
|----------------------------------|------|----------------------|
| <b>Factoren</b>                  |      |                      |
| Tweede-orde-effecten             | 1,00 | NPR 9998 (4.4.2.2)   |
| Torsie-effecten                  | 1,30 | NPR 9998 (4.3.3.2.4) |
| Rekenwaarde maximale dwarskracht |      | 1.020 kN             |



N.B. Deze vereenvoudigde formule geeft een trillingstijd van 0,67 seconde, gebaseerd op het uitgangspunt dat de massa over de hoogte gelijkmatig is verdeeld.  
In deze situatie bevindt zich vrijwel de gehele massa aan de gebouwtop!  
De resultaten zijn dus een relatief grove benadering.

|             |  |                  |             |            |
|-------------|--|------------------|-------------|------------|
| Project     | : Seismische scan Exemplarische gebouwen | Watertoren Noord | Projectcode | 13663-06-N |
| Gebouw      | : Gemeente Groningen                     |                  | Referentie  | tun        |
| Adviesgroep | : SA                                     | versie 3.4       | Print date  | 22-mei-15  |

**Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015**

**Spectrale modale responsberekening (x-richting)**

Representatieve gedragsfactor  
 Regelmaat in verticale doorsnede  
 Gedragsfactor

1,5  
 ja  
 q= 1,50

NPR 9998 (4.2.3.3)

|                  |                  | $S_d(T_i)/a_{gd}$ | * $a_{gr} =$ | $S_d(T_i)$ | * %   | = $F_{Bk}$ |
|------------------|------------------|-------------------|--------------|------------|-------|------------|
| Trillingstijd    | $T_1 = 0,76$ sec | 0,345             | * 0,34 =     | 0,116 g *  | 98,2  | = 602 kN   |
|                  | $T_2 = 0,13$ sec | 2,000             | * 0,34 =     | 0,672 g *  | 1,8   | = 65 kN    |
|                  | $T_3 = 0,00$ nvt | 0,000             | * 0,34 =     | 0,000 g *  | 0,0   | = 0 kN     |
|                  | $T_4 = 0,00$ nvt | 0,000             | * 0,34 =     | 0,000 g *  | 0,0   | = 0 kN     |
|                  | $T_5 = 0,00$ nvt | 0,000             | * 0,34 =     | 0,000 g *  | 0,0   | = 0 kN     |
| Base Shear Force |                  |                   |              |            | SRSS: | 606 kN     |

**Factoren**

Tweede-orde-effecten

1,00

NPR 9998 (4.4.2.2)

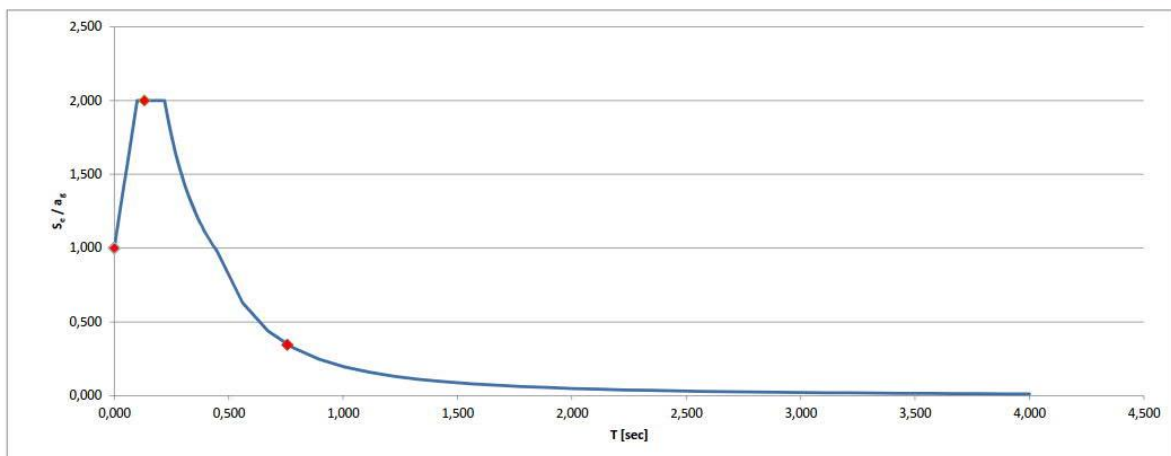
Torsie-effecten

1,05

NPR 9998 (4.3.2)

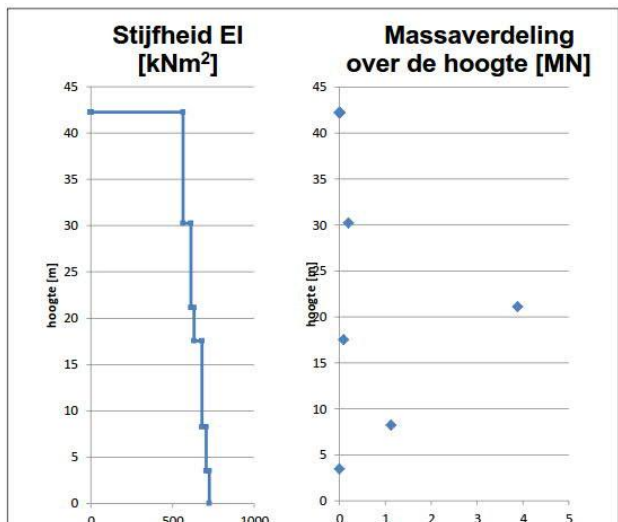
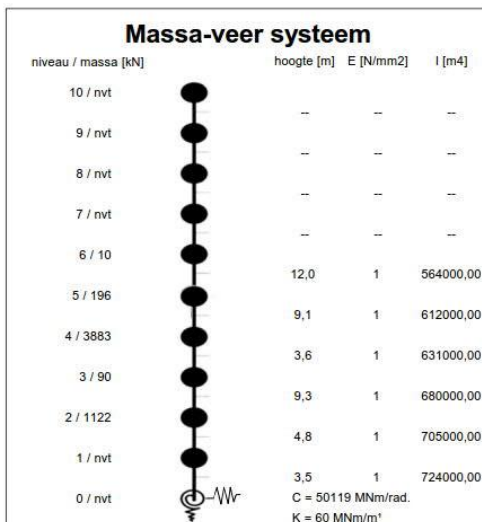
Rekenwaarde maximale dwarskracht

640 kN



|             |  |              |             |            |
|-------------|--|--------------|-------------|------------|
| Project     | : Seismische scan Exemplarische gebouwen | X-richting   | Projectcode | 13663-06-N |
| Gebouw      | : Watertoren Noord                       |              | Referentie  | tun        |
| Adviesgroep | : SA                                     | Versie: 1.6b | Print date  | 22-mei-15  |

**Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015**



**Invoergegevens voor de bepaling van het ontwerp respons spectrum (DRS):**  
Het rekenmodel van het gebouw representeert op een vereenvoudigde manier de stijfheids- en massaverdeling over de gebouwhoogte zodat alle significante vervormings-eigenschappen en traagheidskrachten bij de beschouwde seismische belasting goed in rekening worden gebracht. Voor deze niet-lineaire berekening zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De bouwconstructie is geschematiseerd tot een enkel horizontaal belasting afdragend systeem;
- De massa's van elke vloer worden geconcentreerd in het zwaartepunt;
- Eventuele onregelmatigheid in plattegrond of aan de eigenschappen worden voor deze seismische scan buiten beschouwing gelaten;
- De elastische buig- en afschuif stijfheidseigenschappen van elementen uit beton en metselwerk worden gelijk genomen aan de helft van de corresponderende stijfheid van de ongescheurde elementen.

|  |     |                          |                            |                       |   |
|--|-----|--------------------------|----------------------------|-----------------------|---|
| Gevolgklasse:                                    | CC2 | $a_{g,ref}$ :            | 0,24 [m/s <sup>2</sup> ]   | reductiefactor:       | v: 0,40 [-]   |
| Belangklasse:                                    | III | belangrijkeheidsfactor:  | $\gamma_1$ : 1,40 [-]      | PGA grenstoestand DL: | $a_{g,ref} * \gamma_1 * v$ : 0,13 g [m/s <sup>2</sup> ] |
| PGA (Peak Ground Acceleration) grenstoestand NC: |     | $a_{g,ref} * \gamma_1$ : | 0,34 g [m/s <sup>2</sup> ] |                       |   |

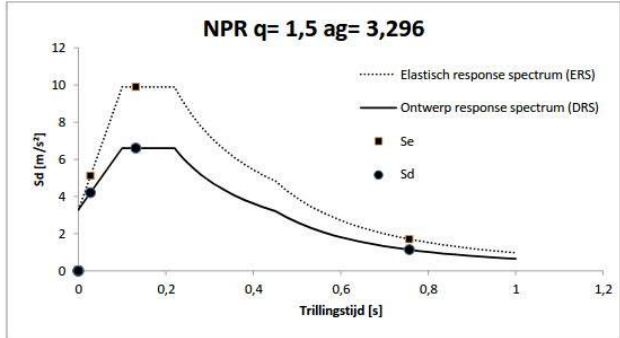
**Resultaten dynamische berekening:**

Aantal modeshapes (berekend): 3  
Aantal modeshapes (benodigd): 1

| Trillingsvorm | T(s)  | fe [hz] | Massa [ton] | %     | Cum %  | Sd [m/s <sup>2</sup> ] | Se [m/s <sup>2</sup> ] |
|---------------|-------|---------|-------------|-------|--------|------------------------|------------------------|
| 1             | 0,757 | 1,32    | 520         | 98,2% | 98,2%  | 1,14                   | 1,71                   |
| 2             | 0,131 | 7,61    | 10          | 1,8%  | 100,0% | 6,59                   | 9,89                   |
| 3             | 0,028 | 36,24   | 0           | 0,0%  | 100,0% | 4,21                   | 5,12                   |
| 4             | --    | --      | --          | --    | --     | --                     | --                     |
| 5             | --    | --      | --          | --    | --     | --                     | --                     |
| 6             | --    | --      | --          | --    | --     | --                     | --                     |
| 7             | --    | --      | --          | --    | --     | --                     | --                     |
| 8             | --    | --      | --          | --    | --     | --                     | --                     |
| 9             | --    | --      | --          | --    | --     | --                     | --                     |
| 10            | --    | --      | --          | --    | --     | --                     | --                     |

**Dynamische berekening:**  
Gegeven de invoer worden aan de hand van de leer van de dynamica de eigenfrequenties, trillingsvormen, meewerkende massa en de cumulatieve meewerkende massa berekend. Deze data is benodigd voor de verdere berekening van de gebouw response.

Ductiele constructieve systemen zijn in staat om seismische belastingen op te nemen in het niet-lineaire gebied. In het algemeen is het toelaatbaar om bij het ontwerp of de verificatie via een equivalente elastische berekening een lagere belasting aan te houden dan de belasting overeen- komend met een volledige lineaire elastische respons. In NEN-EN 1998-1 wordt dit praktisch vormgegeven via een elastische berekening gebaseerd op een respons spectrum dat gereduceerd is ten opzichte van het elastische spectrum. Dit gereduceerde spectrum wordt in de



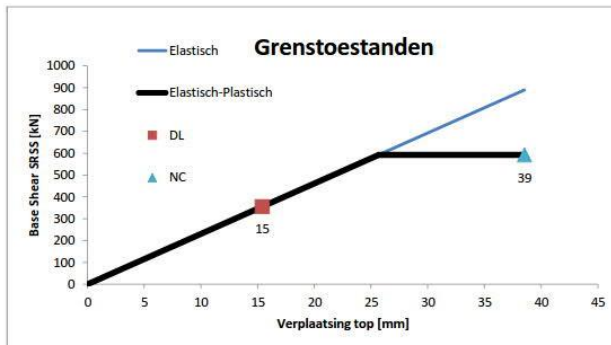
**Ontwerp respons spectrum (DRS):**  
Spectrum voor de grenstoestand NC (Near Collapse). De constructie is zwaar beschadigd met lage reststerkte waarbij verticale elementen nog juist in staat zijn om verticale belastingen af te dragen. Het merendeel van de niet-constructieve onderdelen is bezwaken. Grote permanente vervormingen zijn aanwezig. De sterkte van de constructie is zodanig dat voortschrijdende instorting niet plaatsvindt, maar waarschijnlijk zal een volgende aardbeving of andere belasting, ongeacht de zwaarte daarvan, leiden tot instorting.

De constructieve elementen worden getoetst aan de grenstoestand NC.

**Elastisch respons spectrum (ERS):**  
Spectrum voor de grenstoestand NC met q-factor = 1,0. Zie verder "Grenstoestanden".

|             |  |              |             |            |
|-------------|--|--------------|-------------|------------|
| Project     | : Seismische scan Exemplarische gebouwen | X-richting   | Projectcode | 13663-06-N |
| Gebouw      | : Watertoren Noord                       |              | Referentie  | tun        |
| Adviesgroep | : SA                                     | Versie: 1.6b | Print date  | 22-mei-15  |

**Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015**

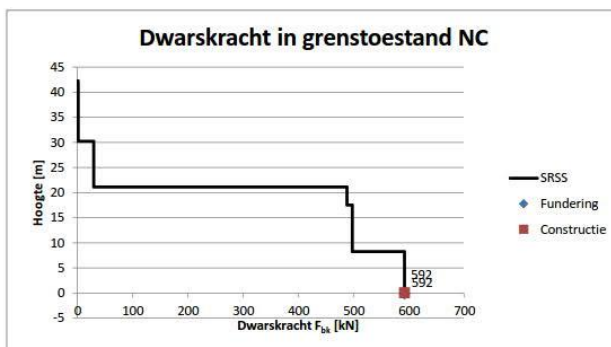


**Grenstoestanden:**

Grenstoestand **NC** (Near Collapse): zie hierboven.

Grenstoestand **DL** (Damage Limitation): De constructie is alleen licht beschadigd waarbij constructieve elementen niet significant zijn vervormd en hun sterkte- en stijfheids-eigenschappen hebben behouden. Niet dragende elementen mogen verspreid voorkomende scheuren vertonen die economisch gezien eenvoudig kunnen worden gerepareerd. Permanente vervormingen zijn verwaarloosbaar.

De niet constructieve elementen worden getoetst aan de grenstoestand **DL** volgens NEN-EN 1998-1 4.4.3.2.



**Resultaat van het ontwerp respons spectrum (DRS):**

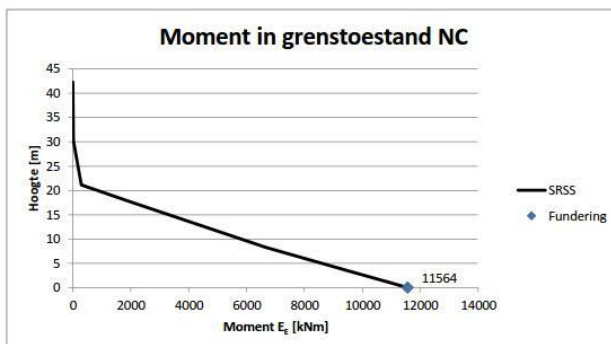
In de grafiek hiernaast is de maximale waarde van het seismische effect voor de dwarskracht verdeeld over de hoogte weergegeven voor grenstoestand **NC**. Het effect wordt bepaald volgens de zogenaamde "volledige kwadratische combinatie" afgekort uit het Engels als "SRSS". De algemene formule uit de NPR 9998 (4.16) luidt:

$$E_{Ek} = \sqrt{\sum (E_{Eki})^2}$$

$E_{Ek}$  is de waarde van dit seismische belastingeffect ten gevolge van trilvorm  $k$ .

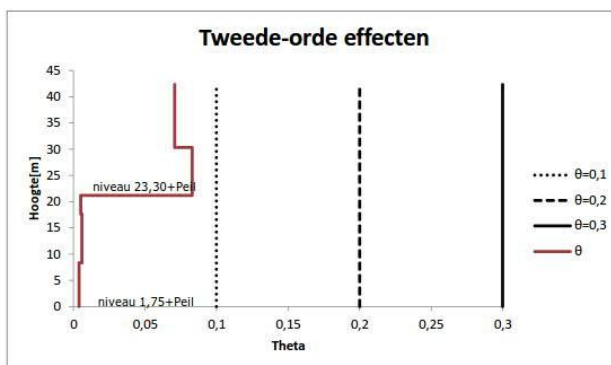
Alle trilvormen die significant bijdragen aan de globale respons worden in rekening gebracht. De totale effectieve geactiveerde massa  $m_k$ , behorende bij trilvorm  $k$ , is zodanig bepaald dat de totale dwarskracht ter plaatse van de fundering  $F_{sk}$  werkend in de richting van de seismische belasting, kan worden geformuleerd als  $F_{sk} = S_d(T_k) m_k$ .

In de grafiek is de hoogste waarde van  $F_{sk}$  op funderings- niveau de dwarskracht op de paalfundering en de lagere waarde de dwarskracht in de constructie op de fundering.



**Resultaat van het ontwerp respons spectrum (DRS):**

In de grafiek hiernaast is de maximale waarde van het seismische effect voor de buigende momenten verdeeld over de hoogte weergegeven voor grenstoestand **NC**. Het effect wordt bepaald volgens de zogenaamde "volledige kwadratische combinatie" afgekort uit het Engels als "SRSS", zie ook de grafiek "Dwarskracht in grenstoestand NC".



**Tweede orde effecten (NPR 9998 4.4.2.2):**

De gevoeligheid voor de relatieve verplaatsing tussen verdiepingen wordt uitgedrukt met de coëfficiënt  $\theta$ . Tweede orde effecten ( $P-\Delta$  effecten) hoeven niet in rekening te worden gebracht indien voor alle verdiepingen wordt voldaan aan de voorwaarde  $\theta < 0,10$ .

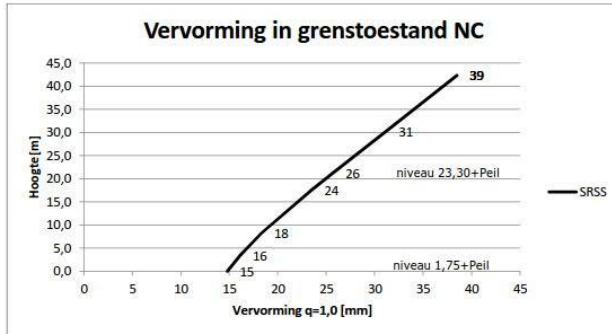
Indien voor één van de verdiepingen geldt  $0,1 < \theta < 0,2$  dan kunnen de tweede-orde-effecten worden benaderd door de relevante seismische belastingeffecten te vermenigvuldigen met een factor gelijk aan  $1/(1 - \theta)$ .

Indien voor één van de verdiepingen geldt  $0,2 < \theta < 0,3$  dan moeten de tweede-orde-effecten worden bepaald door een exacte tweede-orde analyse.

De waarde van de coëfficiënt  $\theta$  mag volgens de NPR 9998 echter niet groter zijn genomen dan 0,3.

|             |  |              |             |            |
|-------------|--|--------------|-------------|------------|
| Project     | : Seismische scan Exemplarische gebouwen | X-richting   | Projectcode | 13663-06-N |
| Gebouw      | : Watertoren Noord                       |              | Referentie  | tun        |
| Adviesgroep | : SA                                     | Versie: 1.6b | Print date  | 22-mei-15  |

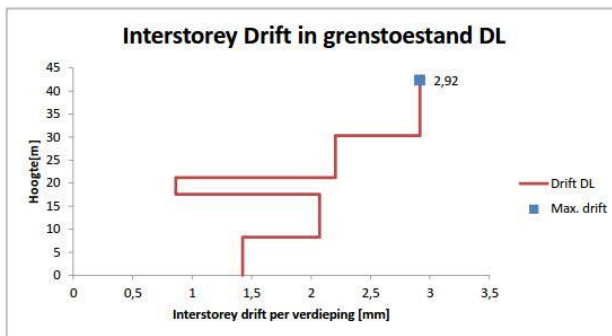
**Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015**



**Resultaat van het ontwerp respons spectrum (DRS):**

In de grafiek hiernaast is de maximale waarde van het seismische effect voor de horizontale vervormingen weergegeven verdeeld over de hoogte voor de grenstoestand **NC**. De waarde is bepaald met een gedragsfactor  $q = 1,0$ .

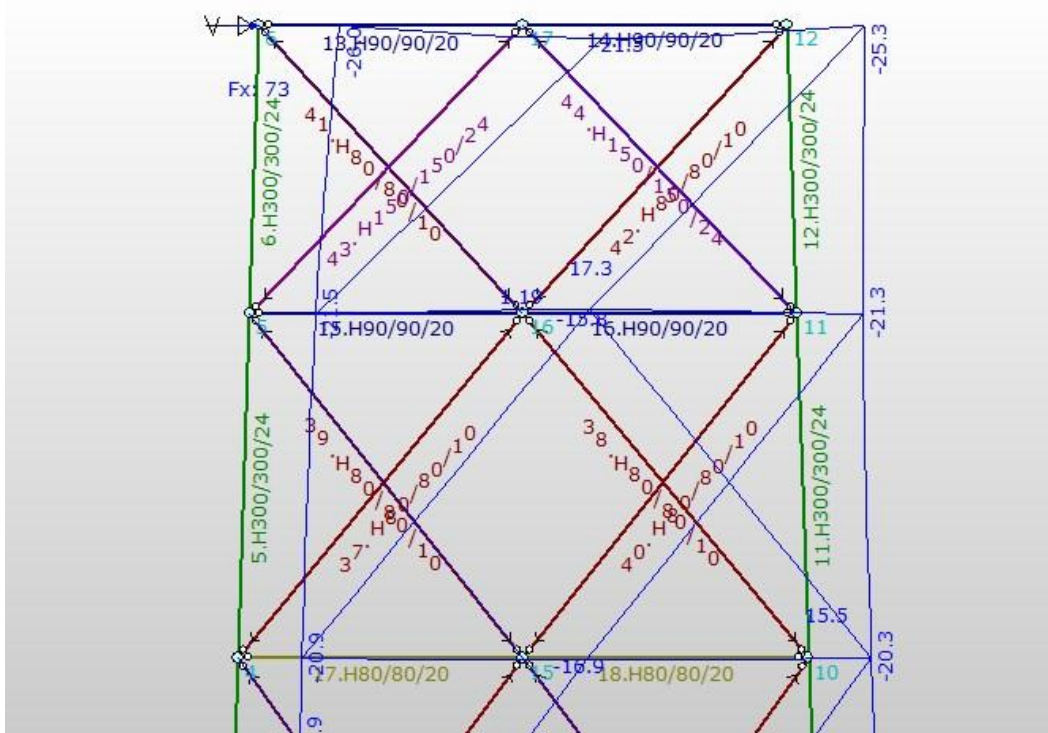
Voor de toetsing van bouwkundige elementen is de zogenaamde "interstorey-drift" van belang. Dit is de verschil in verplaatsingen tussen twee opeenvolgende bouwlagen, af te lezen in de onderstaande grafiek.



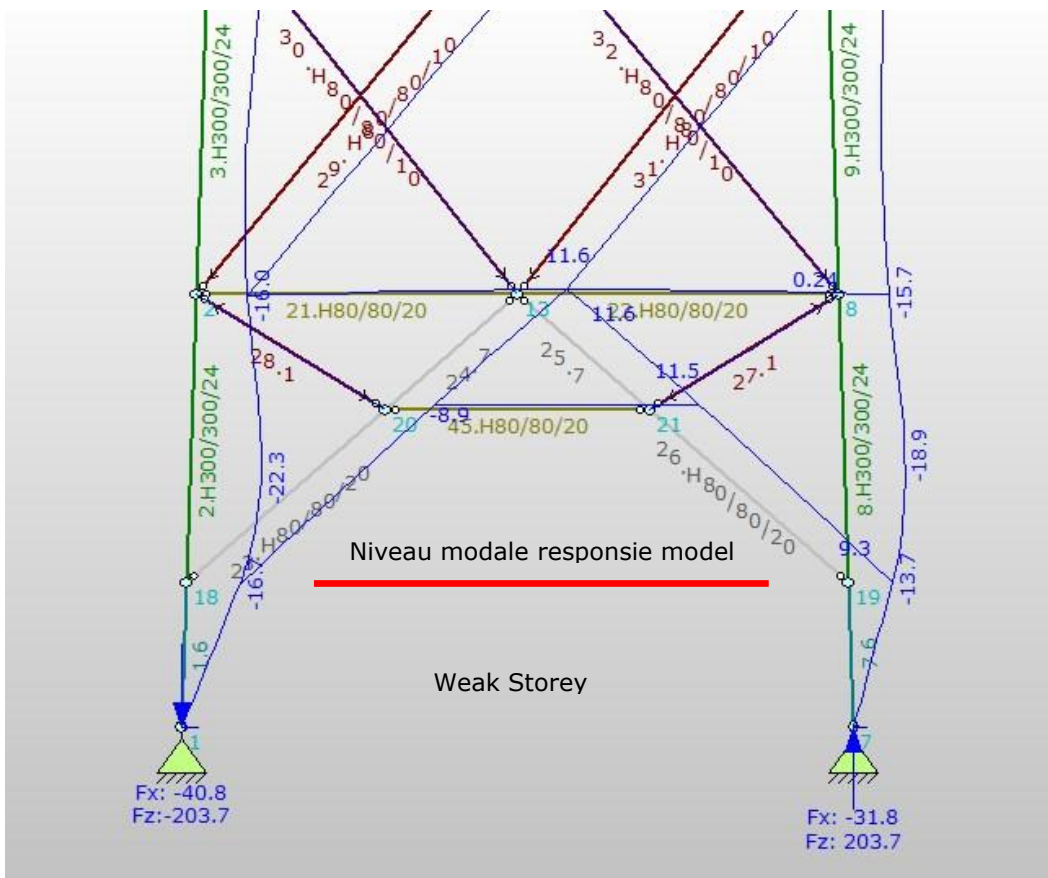
**Resultaat van het elastisch respons spectrum (ERS):**

In de grafiek hiernaast is de relatieve verplaatsing tussen de verdiepingen, de "interstorey drift", weergegeven voor de grenstoestand **DL**. De waarde is bepaald met een gedragsfactor  $q = 1,0$  en vermenigvuldigd met de factor  $\nu$  conform NEN-EN 1998-1 4.4.3.2. De waarde van  $\nu$  is 0,5 voor gebouwen in belangklasse I en II en 0,4 voor gebouwen in belangklasse III en IV.

De Interstorey Drift is van belang voor de toetsing van leidingen, glazen onderdelen en dergelijke. De maatgevende waarde is in de grafiek aangegeven.

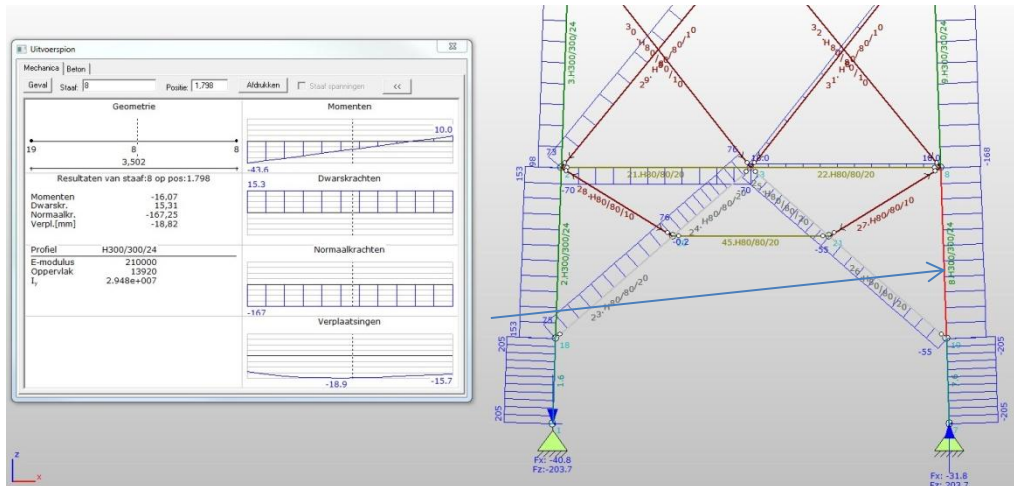


Opgelegde verplaatsing aan de top (23300+) = 26mm

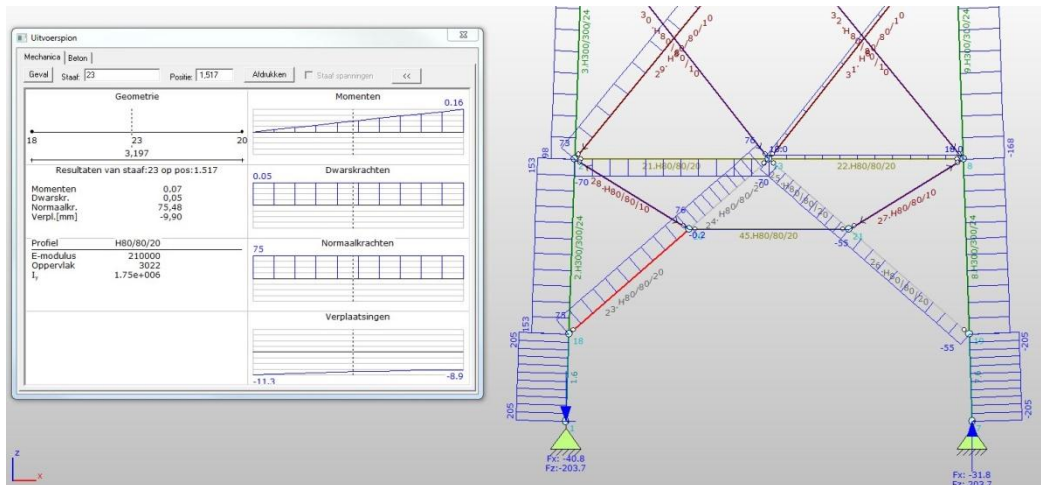


Verplaatsing "weak storey" (1750+) gemiddeld  $(16,7 + 13,7) / 2 = 15,2$  mm





Opgelegde verplaatsing Normalkracht 1<sup>e</sup> staaf boven "weak storey" = 167 kN



Opgelegde verplaatsing Normalkracht 1<sup>e</sup> schoor boven "weak storey" = 75 kN

Afschuiving hoofdkolom

$$A_{red} = (130 - 12 - 14) \times 12 = 1248 \text{ mm}^2$$

|                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| $\times 130.130.12$ | $A = 3000 \text{ mm}^2$ |
| reductie            | $A_{red} = 1248 \div$   |
|                     | $1752 \text{ mm}^2$     |
|                     | # 4 *                   |
|                     | $7008 \text{ mm}^2$     |
| aantal kolom        | # 8 *                   |
|                     | $56064 \text{ mm}^2$    |

$$F_{sv} = 56064 \times 0,98 \times 210 / 12 = 5690 \text{ kN}$$

Berekening afschuifcapaciteit hoofdkolom

**Controle staalconstructie:****Kolomtoets permanent:**

Samengesteld profiel met 4xL120x12

$$F_{\text{kolom}} = (196 + 3148) + 734 = 4078 \text{ kN} / 8 = 510 \text{ kN}$$

(NB. Volgens berekening Arcadis d.d. 11-09-2013 bedraagt de permanente belasting 3341 kN en de nuttige belasting 2040 kN)

$$\sigma_{\text{kolom}} = F_{\text{kolom}} \times 10^3 / A = 510 \times 10^3 / (4 \times 3480) = 36,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{ASCE}} = 0.1 \times f_y / \gamma_R = 0.1 \times 210 / 1.2 = 17,5 \text{ N/mm}^2$$

**Optredende spanning hoger dan de toetswaarde.****Kolomtoets seismisch:**

$$F_{\text{kolom seismisch}} = 167 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\text{kolom}} = F_{\text{kolom seismisch}} \times 10^3 \times (2/3) / A = 167 \times 10^3 \times (2/3) / (4 \times 3480) = 8,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{max}} = 0.3 \times f_y / \gamma_R = 0.3 \times 210 / 1.2 = 52,5 \text{ N/mm}^2$$

**Optredende spanning lager dan de toetswaarde.****Toets diagonaalverbanden:** $F_{\text{diagonaal}} = 75 \text{ kN} \rightarrow$  bij vervorming van 26 mm

$$\sigma_{\text{diagonaal}} = F_{\text{diagonaal}} \times 10^3 / A = 75 \times 10^3 / (1511) = 50,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{max}} = 0.5 \times f_y / \gamma_R = 0.5 \times 210 / 1.2 = 87,5 \text{ N/mm}^2$$

**Optredende spanning lager dan de toetswaarde.!**





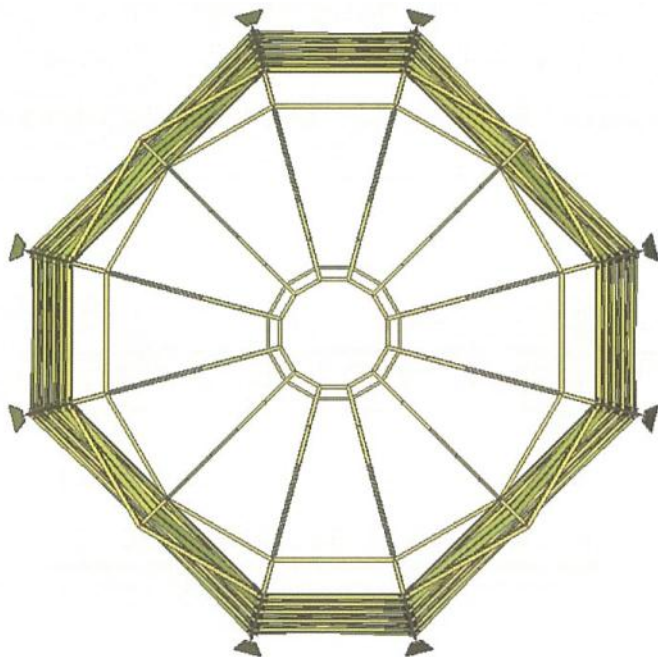
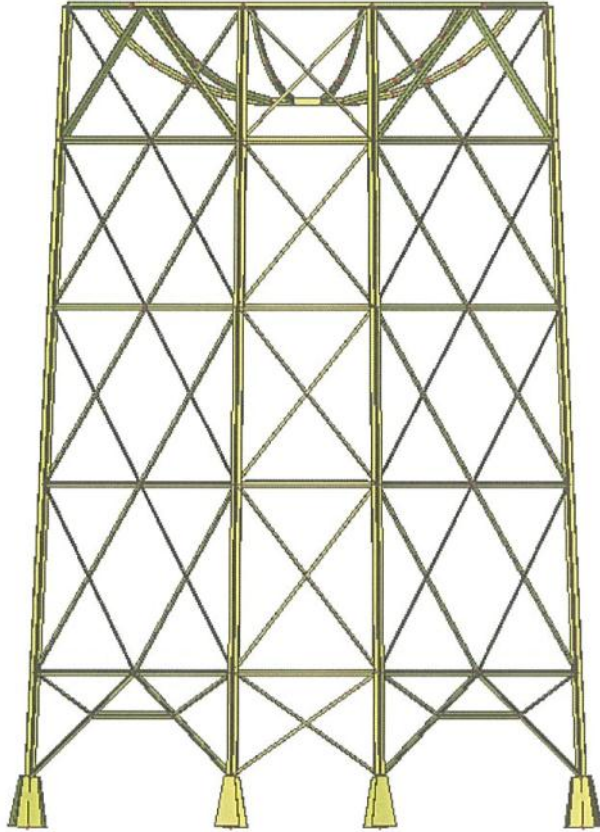
Bijlage 3

**Tekeningen**

- Constructief
- Bouwkundig

## Constructief

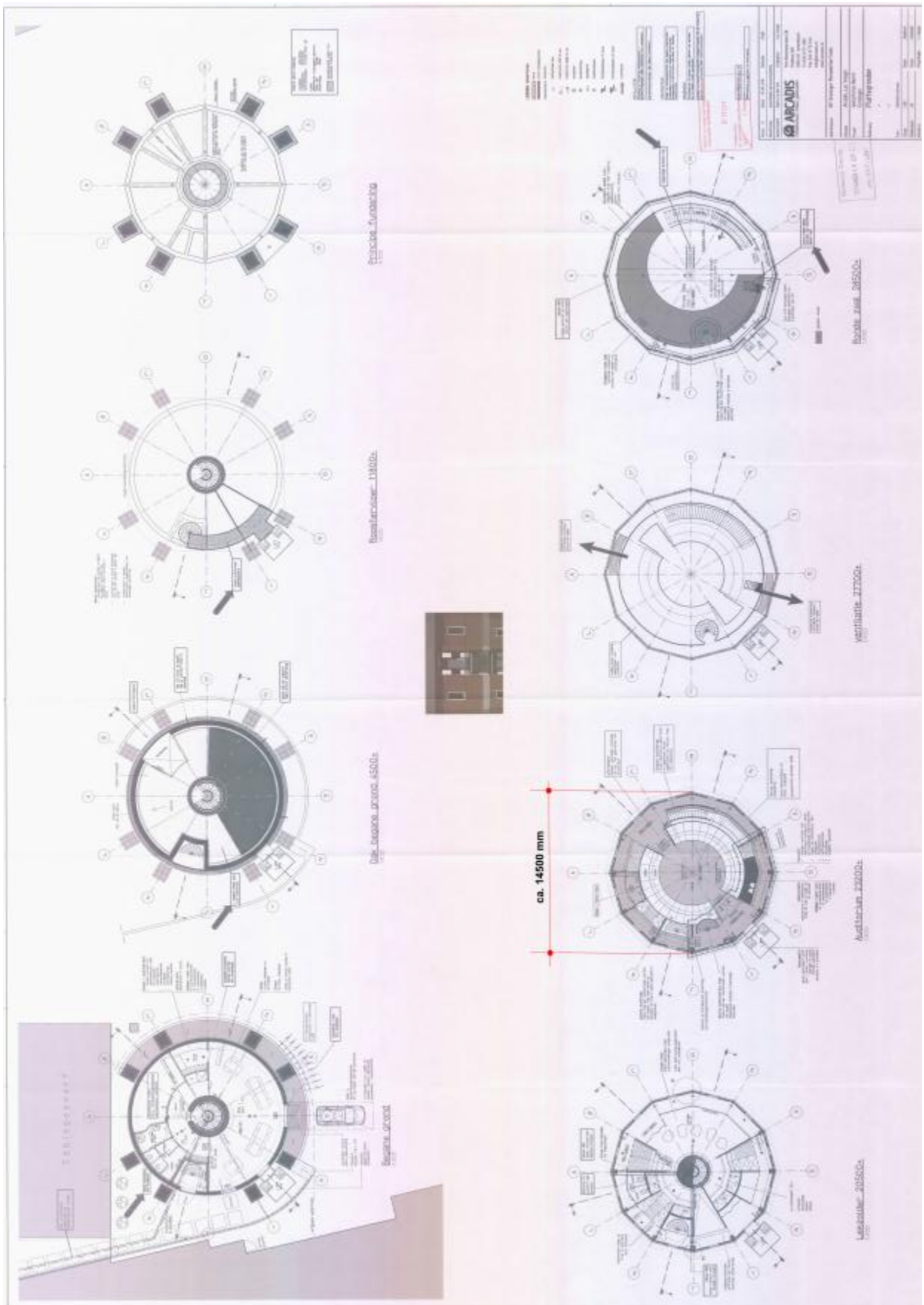
### Overzicht stabiliteitselementen onderbouw



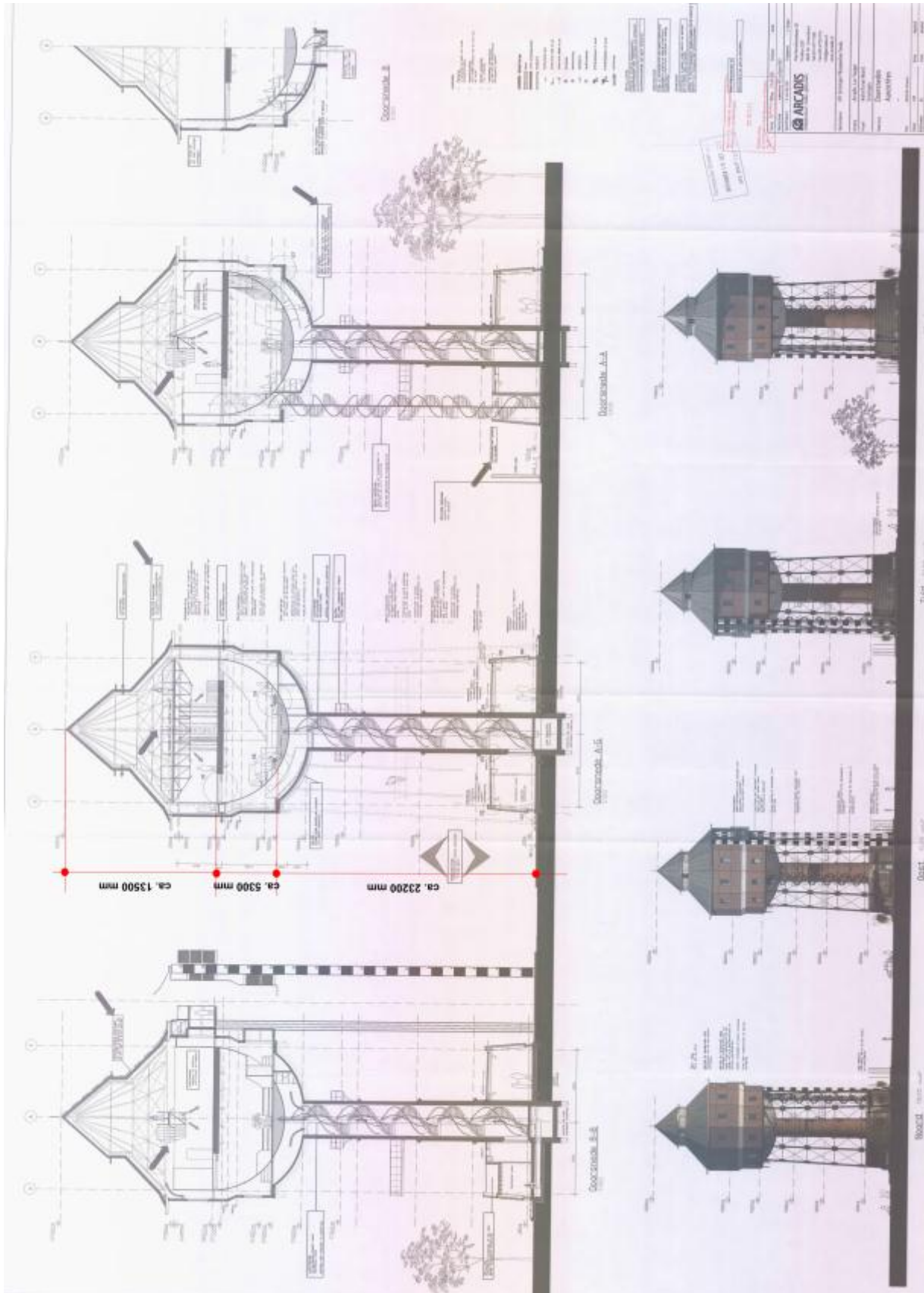


## Bouwkundig

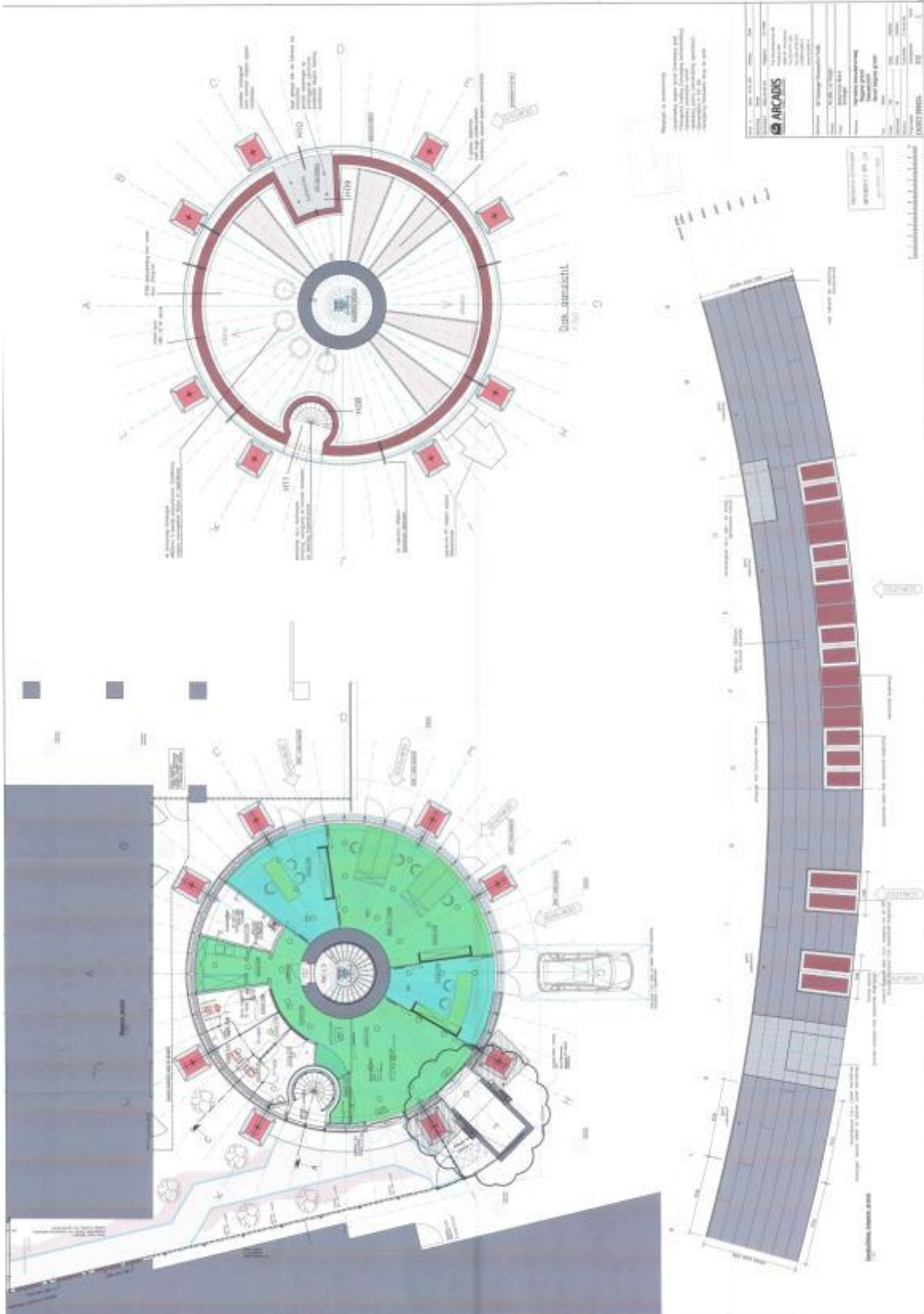
### Plattegrond



Gevelaanzichten en doorsneden.



Herziene bouwaanvraag plattegrond begane grond







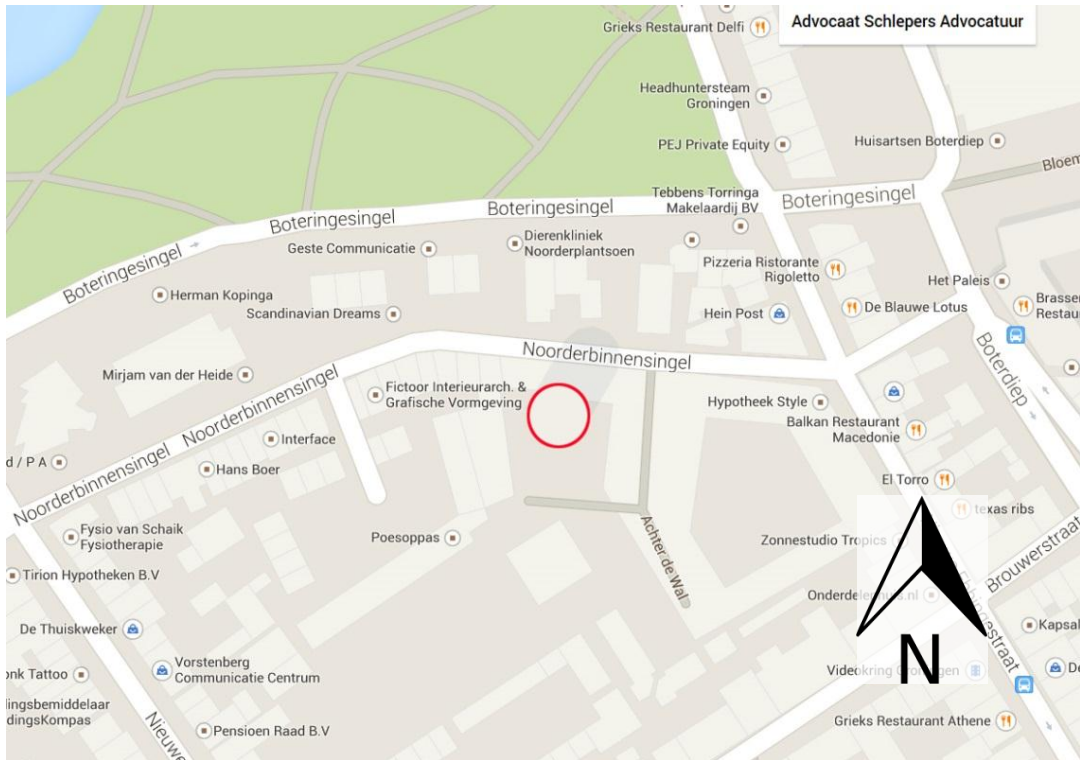


Bijlage 4

**Foto's**

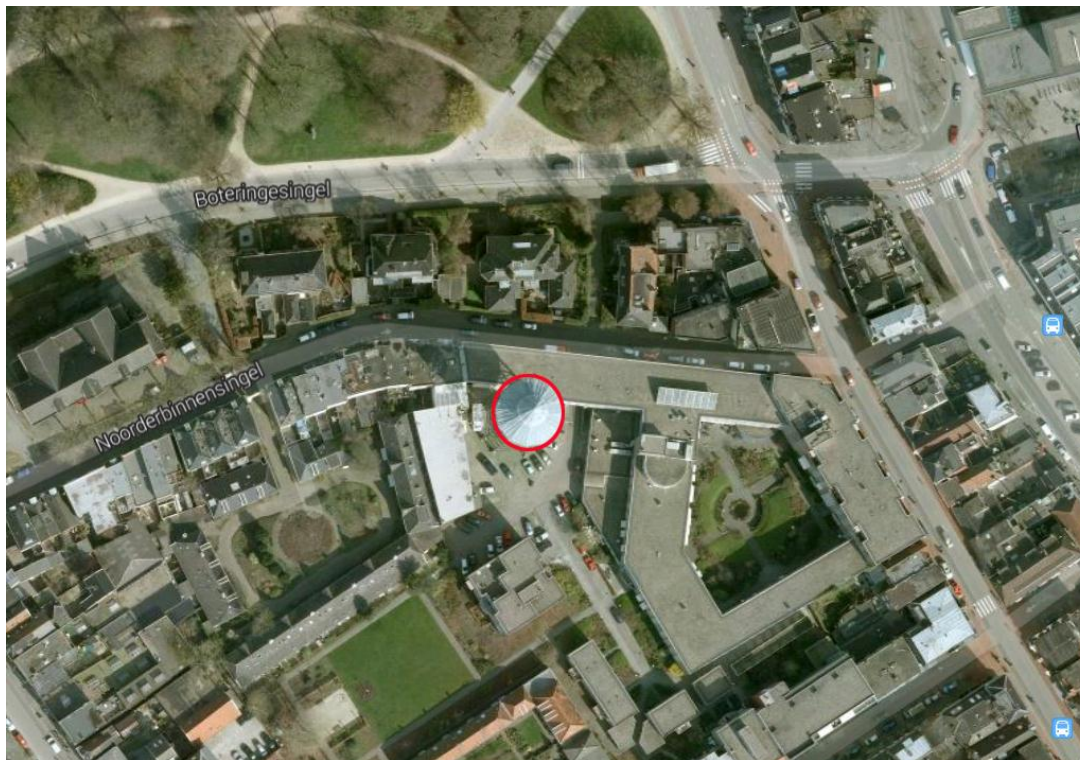
- Situatie
- Constructief
- Bouwkundig

## Situatie



Kaart

Bron: Google maps



Luchtfoto

Bron: Google maps



## Constructief



*Foto C1: Staalconstructie met metselwerk opbouw.*



*Foto C2: Koppeling metselwerk schacht.*



Foto C3: Betonnen schaalvloer tbv condenswater.



Foto C4: Kapconstructie.



Foto C5: Verzwaarde verbanden bovenste vak stabiliteitsverband.



Foto C6: V-verband onderste vak stabiliteitsverband.



Foto C7: Funderingspoer.



Foto C8: Betonnen schaalvloer.



Foto C9: Betonnen rand t.p.v. bovenkant schacht.

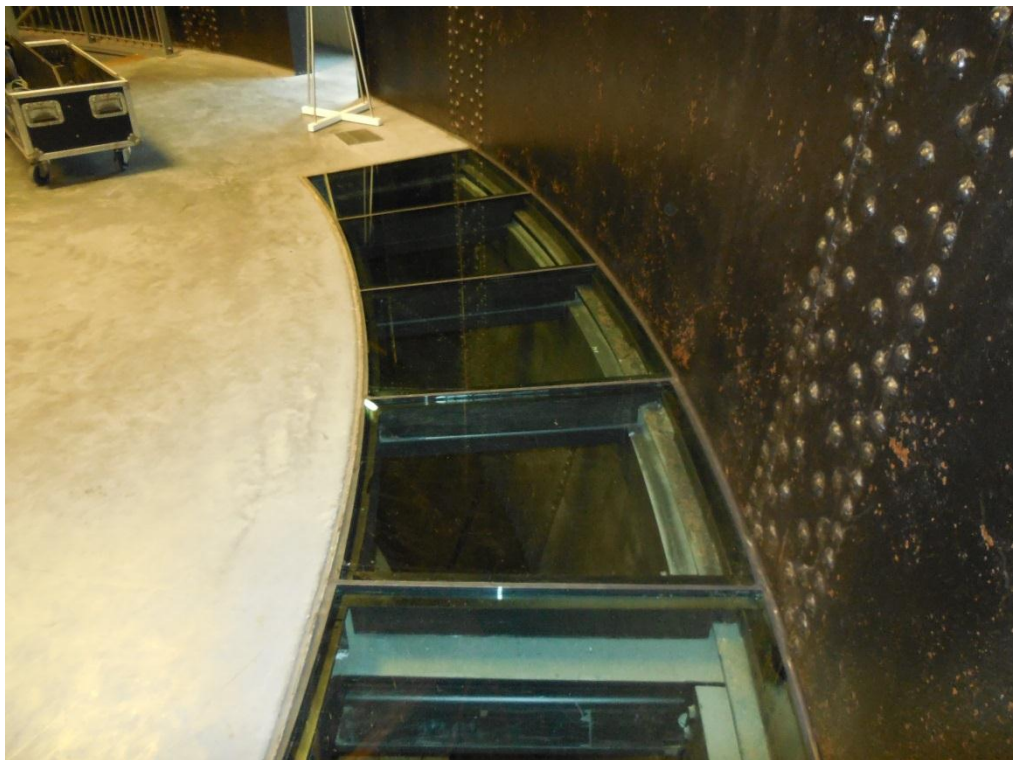


Foto C10: Vloerschijf voorzien van glazen invulling.



## Bouwkundig



Foto B1: Toren gevelaanzicht.



Foto B2: Gevelmetselwerk met wandopeningen en (horizontale) dilataties.



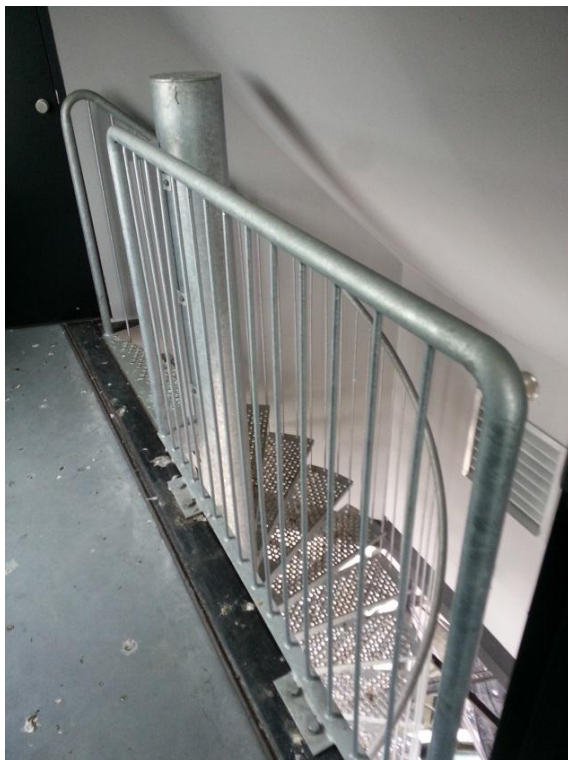
Foto B3: Staalconstructie vs. zinken gevel onderbouw.



Foto B4: Metselwerk schacht met stalen band.



*Foto B5: Scheur in metselwerkschacht.*



*Foto B6: Balustrade vluchttrap.*



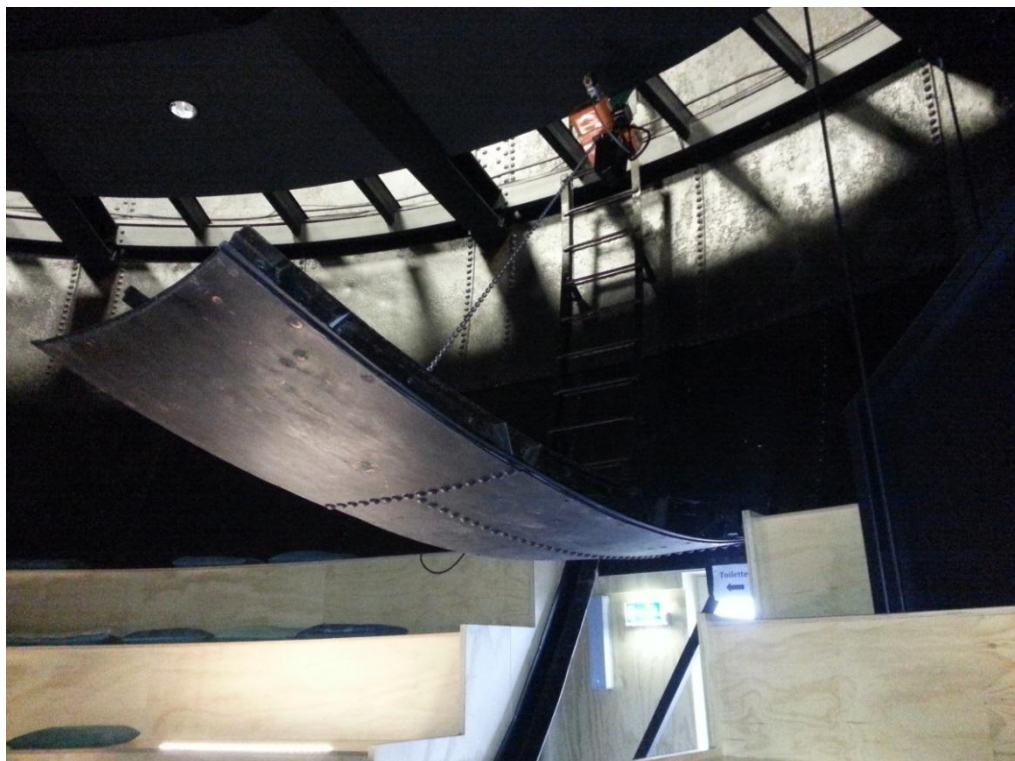
Foto B7: Plafondpanelen onder lekszolder toren.



Foto B8: Dakaanzicht onderbouw.



*Foto B9: Stalen vluchttrap.*



*Foto B10: "Luifel t.p.v. entree auditorium.*



Foto B11: Ontvangstruimte.



Foto B12: systeemplafond v.v. spots.

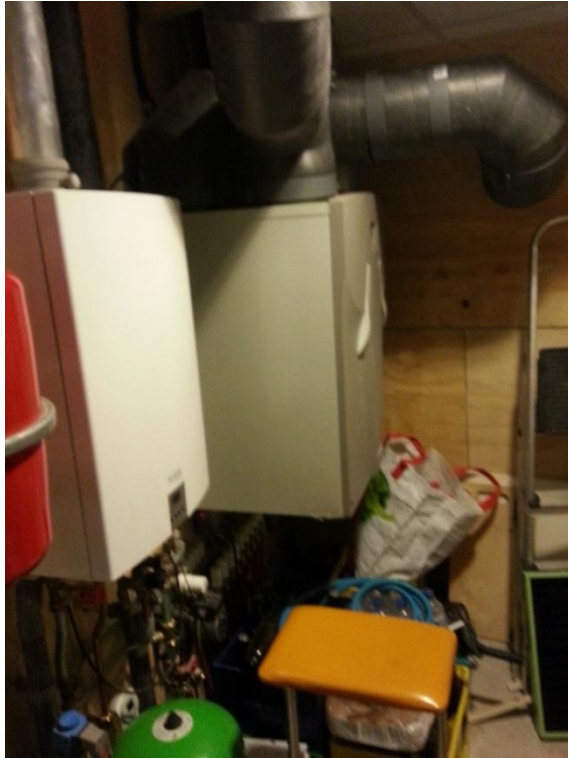


Foto B13: Technische ruimte begane grond.



Foto B14: Leidingwerk t.p.v. metselwerkschacht.



*Foto B15: glazen vloerdelen in de ronde zaal.*







## Aardbevingsbestendigheid Bestaande Bouw

### 1. Inleiding

Deze notitie geeft een toelichting op de algemene achtergrond van aardbevingsbestendigheid van Bestaande Bouw. Er wordt kort ingegaan op de algemene problematiek van aardbevingen in Groningen. Daarnaast komen de uitgangspunten waarop bestaande gebouwen worden getoetst aan bod.

#### 1.1. Aardbevingen in Groningen

Recent is er grote aandacht ontstaan voor het onderwerp aardbevingen als gevolg van gaswinning en wat de eventuele gevolgen en mogelijke maatregelen kunnen zijn. De overheid en de NAM zijn op dit moment bezig met het verkennen van eventuele noodzakelijke preventieve maatregelen voor bestaande bebouwing in het risico gebied.

De overheid en de NAM spannen zich gezamenlijk in om de aardbevingsproblematiek te doorgronden en om adequate maatregelen te ontwikkelen teneinde bestaande schade te repareren en toekomstige schade zoveel mogelijk te voorkomen. De opgedane kennis is door de Rijksoverheid grotendeels vrijgegeven. Deze kennis is erg technisch en specialistisch en voor leken moeilijk te duiden. Daarnaast verschijnen in de media regelmatig artikelen van personen die hun eigen 'oplossingen' hebben om gebouwen aardbevingsbestendig te maken. Die artikelen zijn niet altijd even consistent en betrouwbaar en dat leidt tot twijfel over wat nu de beste strategie is om gebouwen beter bestand te maken tegen aardbevingen.

De NAM heeft een internationaal ingenieursbureau opdracht gegeven om de gevolgen van de aardbevingen op bestaande panden te onderzoeken en het ontwikkelen van nieuwe regelgeving voor "Groninger aardbevingen".

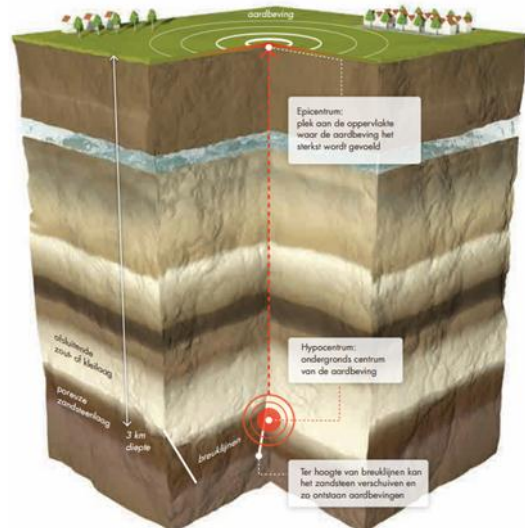
In deze notitie wordt de relatie tussen aardbevingen en schade aan bebouwing uitgelegd aan de hand van de stukken die door de Rijksoverheid openbaar zijn gemaakt. Daarbij wordt niet al te diep ingegaan op de technische details.

#### 1.2. Aardbeving Mechanisme

Een aardbeving is een trilling of schokkende beweging van de aardkorst. Aardbevingen zijn onder te verdelen in twee soorten:

- tektonische bevingen (ontstaan op grote diepte door natuurlijke oorzaken)
- geïnduceerde bevingen (ontstaan relatief ondiep als gevolg van kolen-, olie- of gaswinning).

De laatste treedt op in Groningen. Door het weghalen van het gas in de ondergrond treden ontstaan er lokaal drukverschillen. Deze kunnen plotseling genivelleerd worden ter plaatse van aanwezige breukvlakken.



1.3.

*De zwaarte van de aardbeving*

In de literatuur wordt gekeken naar de zwaarste aardbeving die eens in de 475 jaar voorkomt in het betreffende gebied. Dat betekent dat er een kans van 10% is dat zo'n aardbeving voorkomt in een periode van 50 jaar (de referentieperiode van een woning).

Voor Groningen is door het KNMI berekend dat deze beving een kracht van 5 op de schaal van Richter kan hebben. De grootte van de beving geeft aan hoeveel energie er bij de beving vrijkomt. Het is een logaritmische schaal, dit betekent dat een toename van de magnitude met één, overeenkomt met een toename van ongeveer 30 keer meer energie.



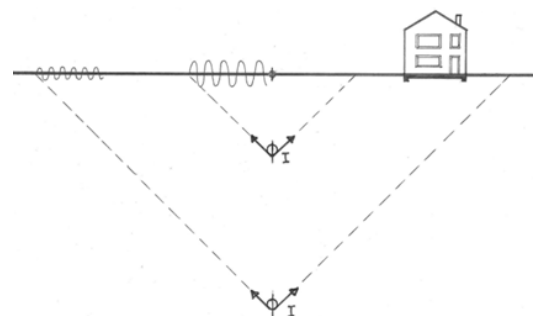
Bijgaande kaart toont de aardbevingen in en rond Nederland. In Groningen is sprake van geïnduceerde bevingen door gaswinning. De geïnduceerde aardbevingen zijn aangeduid met gele stippen. De relatieve grootte van de stip geeft de orde van grootte van de gemeten magnitude aan.

De schaal van Richter geeft echter geen duidelijkheid hoe we de aardbeving beleven aan het aardoppervlak. Er zijn wel tabellen die aangeven welke schade verwacht kan worden bij een bepaalde magnitude, maar die gaan uit van een tektonische aardbeving. Het hypocentrum (het hart van de aardbeving) van een tektonische aardbeving ligt gemiddeld op 30 kilometer onder het aardoppervlak. Voor de geïnduceerde aardbevingen in Groningen ligt het hypocentrum veel hoger, namelijk op een diepte van circa 3 km.

1.4.

*De diepte van de aardbeving*

Omdat het hypocentrum hoger ligt dan bij een tektonische beving, wordt de energie van de beving over een kleiner gebied van het aardoppervlak verdeeld. Hierdoor zijn de trillingen aan het aardoppervlak groter en zijn ook de gevolgen van een geïnduceerde aardbeving heftiger dan bij een tektonische beving met een vergelijkbaar magnitude. Een geïnduceerde aardbeving heeft dus een relatief kleiner verspreidingsgebied, maar de piek-grondversnellingen zijn hier relatief groter; korter van duur en hoogfrequent.



## 2. Regelgeving

### 2.1. *Bouwbesluit*

Elk gebouw in Nederland moet voldoen aan het bouwbesluit. Het bouwbesluit stuurt een aantal normen aan waarin de technische uitgangspunten staan geformuleerd. Tot op heden zijn er géén eisen gesteld aan de aardbevingsbestendigheid van gebouwen.

Het huidige bouwbesluit (2012) schrijft de Eurocode als norm voor. De Eurocode kent weliswaar een specifieke aardbevingsnorm (Eurocode 8; NEN-EN 1998), maar deze is niet bindend. Normaal gaan de Eurocodes vergezeld van een nationale bijlage, waarin het betreffende land specifieke aanvullingen kan geven. Er zijn voor Nederland géén nationale bijlages bij de genoemde Eurocode 8 norm.

### 2.2. *NPR 9998*

In februari 2015 is een concept versie van de NPR 9998 (Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: Geïnduceerde aardbevingen) uitgegeven. Deze NPR zal op termijn uitmonden in een Nationale Bijlage bij de Eurocode 8. Er wordt verwacht dat de NPR in het najaar van 2015 als definitief uitgegeven zal worden.

Het is op dit moment nog niet bekend of vanaf dat moment de NPR ook door het bouwbesluit zal worden aangewezen. Vooral niet aangezien dat grote consequenties voor bestaande bouw zou kunnen hebben.

De nu in de (concept-)NPR vastgelegde "importance"-factoren voor nieuwbouw wijken nauwelijks af van die voor bestaande bouw. Dat betekent dat aan nieuwe en bestaande gebouwen nagenoeg dezelfde eisen naar veiligheid worden gesteld. Aangezien slechts weinig van de bestaande gebouwen op aardbevingsbestendigheid ontworpen zijn, kan dit grote gevolgen hebben voor de huidige bouwvoorraad. Vooral in het kerngebied van de aardbevingen.

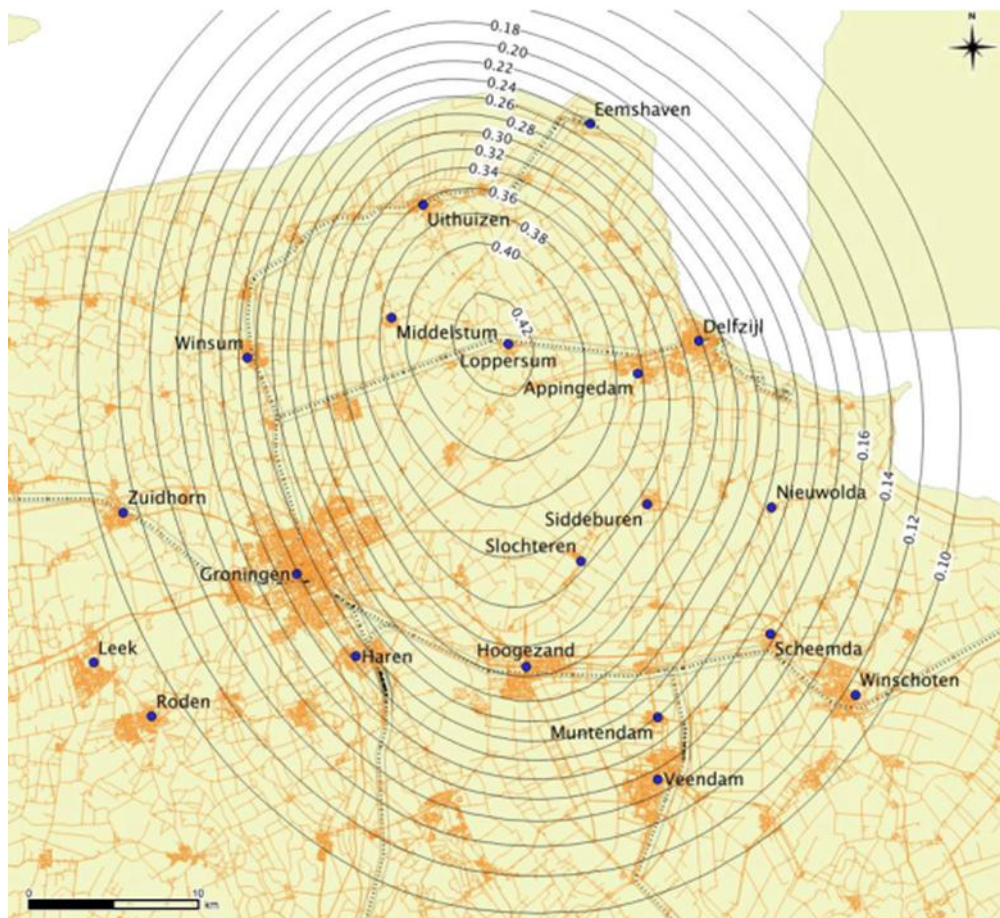
### 2.3. *Toetsing conform de voorlopige NPR 9998 d.d. februari 2015*

Rekenkundig wordt een aardbeving gezien als een 'bijzondere belasting'. Om te beoordelen of een constructie bestand is tegen een aardbeving dient deze te worden berekend op de belastingen die door de normen zijn voorgeschreven.

De belasting volgen uit de zwaarte van de verwachte aardbeving. Zoals eerder toegelicht is de magnitude volgens de schaal van Richter echter geen geschikte maatstaf om de belasting te verkrijgen.

De belasting op de gebouwen kan worden berekend met de verwachte versnelling van de grond onder het gebouw. Dit wordt veelal uitgedrukt met een zogenaamde referentie piekgrondversnelling ( $a_{g,ref}$ ) op een rotsachtige bodem (grondtype A). De referentie piekgrondversnelling, vastgesteld door de Nationale Autoriteiten, geldt voor een referentieperiode van de seismische activiteit (475 jaar volgens Eurocode 8) bij een aanvaardbaar veiligheidsrisico ('Near Collapse'), wat equivalent is aan een zekere overschrijdingskans in 50 jaar (10% volgens Eurocode 8).

Onderstaande figuur toont de contourplot specifiek voor het gebied in Groningen met de voorziene maximale grondversnellingen op maaiveld (eveneens uitgedrukt in  $a_{g,ref}$ , eenheid [g]) voor een overschrijdingskans van 0,2 % per jaar (bron: KNMI).



De belastingen die volgen uit deze versnellingen dienen verhoogd te worden, afhankelijk van het risico op persoonlijk letsel en het risico op financiële schade. Hiertoe zijn gebouwen ingedeeld in meerdere categorieën. In het algemeen kunnen deze categorieën als volgt worden samengevat:

| Categorie (CC = Consequence Class) | Gebouw  |
|------------------------------------|---|
| CC1A                               | schuur of bedrijfshal   |
| CC1B                               | woningen  |
| CC2                                | kantoorgebouwen   |
| CC3                                | bijeenkomst gebouwen met kans op de aanwezigheid van meer dan 500 personen of kritische gebouwen t.b.v. de hulpverlening. |

### 3. Aardbevingsbestendig bouwen

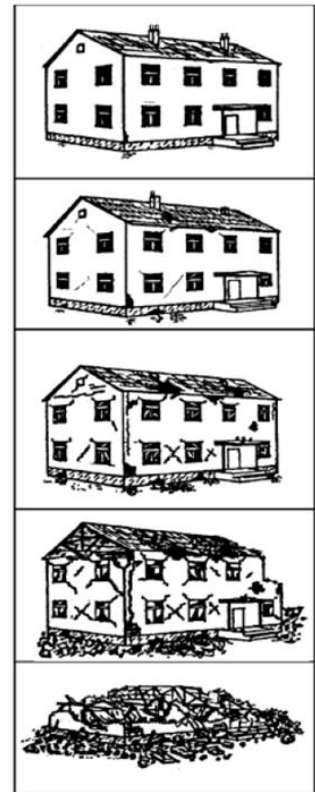
#### 3.1. Algemene risico's bij aardbevingen

Aardbevingen kennen twee belangrijke risico's:

1. veiligheidsrisico voor mensen die getroffen worden door vallende bouwdelen of zelfs bedolven worden onder puin
2. schaderisico aan gebouwen variërend van lichte scheurvorming tot blijvende ontwrichting of zelfs gehele instorting

Verder zijn er drie toestanden waarop het gebouw beoordeeld kan worden:

- **Damage Limitation (DL):** De constructie is alleen licht beschadigd waarbij constructieve elementen niet significant zijn vervormd en hun sterkte- en stijfheidseigenschappen hebben behouden. Niet-dragende elementen mogen verspreid kleine scheuren vertonen die economisch gezien eenvoudig kunnen worden gerepareerd. Permanente vervormingen zijn verwaarloosbaar. De constructie zelf behoeft geen reparatie.
- **Significant Damage (SD):** De constructie is aanzienlijk beschadigd met enige reststerkte, waarbij verticale elementen nog in staat zijn verticale belastingen af te dragen. De niet-constructieve onderdelen zijn beschadigd waarbij niet-dragende scheidingswanden en invulpanelen niet uit hun vlak zijn gekomen. Gematigde permanente vervormingen zijn aanwezig. De sterkte van de constructie is zodanig dat naschokken, mits gematigd in zwaarte zonder verdere beschadigingen kunnen worden weerstaan. Bij overschrijden van deze grenstoestand loont het waarschijnlijk niet de moeite over te gaan tot herstel.
- **Near Collapse (NC):** De constructie is zwaar beschadigd, maar de constructie is nog in staat zijn verticale belastingen af te dragen. Er zijn wel grote vervormingen opgetreden. De sterkte van de constructie is zodanig dat voortschrijdende instorting niet plaatsvindt, maar waarschijnlijk zal een volgende aardbeving of andere belasting, ongeacht de zwaarte daarvan, leiden tot instorting. Bij overschrijding van de grenstoestand treedt bezwijken op en moet op slachtoffers worden gerekend.



Op termijn zal het bouwbesluit zeker gaan toetsen op grenstoestand "Near Collapse", aangezien dit een primair veiligheidsrisico betreft. Als een aardbeving plaatsvindt, moeten mensen de tijd hebben het gebouw veilig te verlaten en mogen gebouwen die op aardbevingen berekend zijn niet instorten. Als we hierna spreken over 'aardbevingsbestendig' bedoelen we dat het veiligheidsrisico aanvaardbaar is (Near Collapse). Dit betekent niet dat het gebouw elke aardbeving zonder schade zal doorstaan. Met name bij de zware aardbevingen kan schade verwacht worden, maar de veiligheid moet gegarandeerd blijven.

Toetsing op het schaderisico (Damage Limitation) betreft niet direct een veiligheidsrisico voor de constructie. Het gaat er meer om dat bij beperkte aardbevingen de constructie nauwelijks aangetast wordt en de bouwkundige schade beperkt blijft. Maar onder deze noemer is het goed mogelijk de bouwkundige onderdelen op veiligheid voor de gebruikers te toetsen. Ongeacht de sterkte van de structuur bij een grote aardbeving moet er ook gekeken worden of er bij een kleinere aardbeving de veiligheid van de gebruikers kan worden gegarandeerd.

3.2.

### *Aardbevingsbestendige constructie*

Omdat gebouwen in Groningen voorheen niet in een aardbevingsgebied lagen, is bij het ontwerp van de gebouwen geen rekening gehouden met bevingen. Dit betekent dat bij toetsing van het gebouw op seismische belastingen naar voren zal komen dat diverse onderdelen niet voldoen. In welke mate deze onderdelen niet voldoen kan door specifiek nader onderzoek bepaald worden.

Een aardbeving draagt veel energie over op het gebouw. Het gebouw neemt deze energie op, maar mag niet bezwijken. Je zou dit kunnen vergelijken met een kreukelzone in een auto.

Je hebt een kreukelzone nodig om de energie van een botsing op te nemen. De kreukelzone bestaat uit een (stalen) structuur die veel vervormt en hierdoor energie kan opnemen. Tegelijkertijd zorgt een stalen kooi rond de inzittenden ervoor dat zij beschermd worden. Deze constructie is extra sterk.



In een gebouw moet hetzelfde worden gedaan. Er zijn seismische structuren nodig die de energie van de aardbeving op kunnen nemen. Tegelijkertijd moeten de niet-seismische onderdelen versterkt worden zodat zij zeker niet zullen bezwijken.

Dit kan betekenen dat er aan een bestaand gebouw nieuwe structuren moeten worden toegevoegd die energie moeten opnemen. Of bestaande structuren moeten zodanig "taai" worden gemaakt dat ze seismische energie opnemen. De elementen die niet de energie opnemen mogen niet eerder bezwijken dan de seismische elementen. Dit kan ook versterking noodzakelijk maken.



