



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  
Lewenborg Haven

1 september 2015



seismisch advies



Seismische scan Lewenborg Haven, Lijzijde

Project: **seismische scan Exemplarische gebouwen**

Betreft: Lewenborg Haven, Lijzijde 4-150 te Groningen

Datum: 1 september 2015

Code: 13663-006-E

Opdrachtgever: Gemeente Groningen



Contactpersoon: ir. E. van Deelen

Opgesteld door: ing. G. Van Dijk (bouwkundig)  
ing. C. H. M. Winkels (constructief)

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	







## **Inhoudsopgave**

<b>1.</b>	<b>Inleiding</b>	<b>6</b>
1.1.	Vraagstelling / Doelstelling	6
1.1.	Achtergrond	6
1.2.	Aanpak	6
<b>2.</b>	<b>Inventarisatie</b>	<b>8</b>
2.1.	Algemeen	8
2.2.	Constructieve elementen	11
2.3.	Niet-constructieve elementen	12
<b>3.</b>	<b>Analyse en oplossingsrichtingen</b>	<b>14</b>
3.1.	Toetsingskader	14
3.2.	Uitgangspunten en randvoorwaarden	14
3.3.	Analyse seismisch gedrag	17
3.4.	Analyse constructieve elementen	19
3.5.	Analyse niet-constructieve elementen	23
<b>4.</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>26</b>
4.1.	Conclusies	26
4.2.	Aanbevelingen	28
4.3.	Nader te onderzoeken	28
<b>Bijlagen</b>		<b>29</b>
Bijlage 1	Checklist constructieve en niet-constructieve elementen	29
Bijlage 2	Constructieve berekening	37
Bijlage 3	Tekeningen	51
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 het appartementencomplex 'Lewenborg Haven' aan de Lijzijde 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.

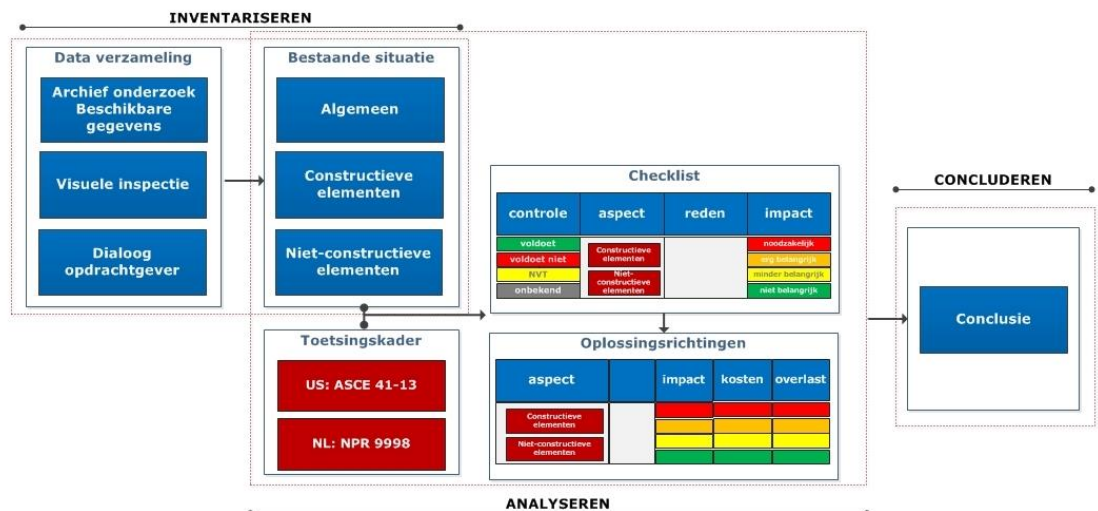
Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de laatste kennis betreffende de seismische activiteit in de regio. Voortschrijdend inzicht in de verwachte aardbevingen en grondversnellingen, gekoppeld aan de voorziene gasproductie, kan in de ( nabije) toekomst tot andere conclusies en aanbevelingen leiden.

## 1.1. 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.

## 1.2. Aanpak

De uitgevoerde scan bevat drie stappen: inventariseren, analyseren en concluderen. In figuur 1 zijn de stappen in samenhang weergegeven.



Figuur 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 gebouwspectie;
- een gebouwspectie 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:

<b>Bouwkundig</b>				
Tekeningnr.	Datum	Status	Omschrijving	
▪ BN-01	26-04-2002	Bestekstukken	BEGANE GROND NIEUW	
▪ BN-02	26-04-2002		1 <sup>E</sup> VERDIEPING NIEUW	
▪ BN-03	26-04-2002		2 <sup>E</sup> VERDIEPING NIEUW	
▪ BN-04	26-04-2002		3 <sup>E</sup> VERDIEPING NIEUW	
▪ BN-05	26-04-2002		4 <sup>E</sup> VERDIEPING NIEUW	
▪ BN-06	26-04-2002		5 <sup>E</sup> VERDIEPING NIEUW	
▪ BN-07	26-04-2002		6 <sup>E</sup> VERDIEPING NIEUW	
▪ BN-08	26-04-2002		7 <sup>E</sup> VERDIEPING NIEUW	
▪ BN-09	26-04-2002		8 <sup>E</sup> VERDIEPING NIEUW	
▪ BN-10	26-04-2002		9 <sup>E</sup> VERDIEPING NIEUW	
▪ BN-11	26-04-2002		NOORDGEVEL NIEUW	
▪ BN-12	26-04-2002		OOSTGEVEL NIEUW	
▪ BN-13	26-04-2002		ZUIDGEVEL NIEUW	
▪ BN-14	26-04-2002		WESTGEVEL NIEUW	
▪ BN-15	26-04-2002		DOORSNEDE RECREATIEZAAL NIEUW	
▪ S-01	26-04-2002	SITUATIE NIEUW		
▪ 01155-4	20-12-2002		DAKUITBREIDING LUIFEL VERD.	

Van het project zijn enkel bouwkundige bestekstukken beschikbaar. Het kennisniveau over de daadwerkelijk uitgevoerde fundering, constructies, toegepaste materialen, wapening, detaillering, enzovoorts is dus zeer beperkt.

#### 2.1.2. Beschrijving van het gebouw

De oriëntatie en omvang van de Lewenborg is weergegeven op de kaart en luchtfoto in bijlage 4.

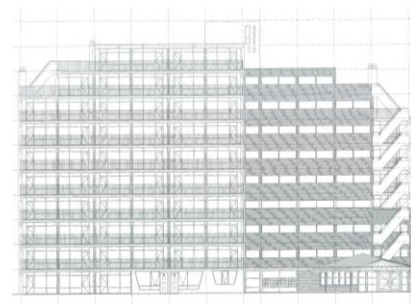
- Het bouwjaar is circa 1975 waarna in 1989 een aanpassing heeft plaatsgevonden en in 2002 een transformatie van jongerenhuisvesting naar wooneenheden voor mensen met een beperking die ondersteuning behoeven. Hierbij zijn tevens de galerijen gedeeltelijk dichtgezet, zie Afbeelding 1.
- In het totale gebouw zijn de volgende functies ondergebracht:
  - Wonen, 82 wooneenheden
  - Diverse ruimten ten behoeve van ondersteunende functies, zoals vergaderruimten, keuken en een recreatieruimte
  - Kinderopvang
- De hoofdafmetingen van het gebouw, zijn vastgelegd op de plattegronden en in de doorsnede, zie bijlage 3.
- Bruto vloeroppervlak is ca. 7.680 m<sup>2</sup>.
- De hoofddragstructuur bestaat uit in het werk gestorte betonnen wanden en vloeren. Het gebouw is niet gedilateerd.
- Gegevens over de ondergrond zijn onbekend.



Afbeelding 1: Lewenborg Haven.



Afbeelding 2: Plattegrond.



Afbeelding 3: Gevelaanzicht.

- Indeling
  - Alle functies bevinden zich aan een centrale verkeerszone die in de lengte richting van het gebouw is gesitueerd (zie rode pijl in Afbeelding 2). Aan weerszijde van deze gangzone bevinden zich verspringend t.o.v. elkaar alle verblijfsruimtes, zoals in rood gearceerd is aangegeven. Deze opzet is over alle verdiepingen doorgezet.
  - De begane grondvloer is gereserveerd voor algemene functies zoals: een fietsenstalling, een spreekkamer, vergaderruimten, een recreatiezaal, een keuken en een kinderdagverblijf. Tevens bevinden zich 3 wooneenheden op dit niveau.
  - Met twee liften en centraal trappenhuis (geel gearceerd in Afbeelding 2) zijn de woningen op de verdiepingsvloeren bereikbaar via een galerij. Op de 1<sup>e</sup> t/m 6<sup>e</sup> verdieping bevinden zich 6 tot 13 wooneenheden per verdieping, afhankelijk van de woningtypen. Vanaf de 7<sup>e</sup> t/m 10<sup>e</sup> verdieping springt de plattegrond trapsgewijs naar binnen (zie Afbeelding 3). De kopwoningen op deze bouwlagen hebben daardoor naast een balkon eveneens een terras.
  - Op dakeniveau bevindt zich een technische ruimte direct aansluitend op het trappenhuis.



2.1.3. *Geldigheid van de beschikbare stukken*

Tijdens de visuele inspectie ter plaatse op 28-10-2014 is geconstateerd dat het gebouw overeenkomt met de situatie zoals deze op de genoemde tekeningen is weergegeven.

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  
Aan de visueel waarneembare constructiedelen is geen aantasting of schade waargenomen.
- Scheurvorming  
Er is geringe scheurvorming waargenomen ter plaatse van overgangen van materialen, foto C1 overgang van metselwerk naar beton.
- Verplaatsingen  
Er zijn geen verplaatsingen van onderdelen ten opzichte van elkaar geconstateerd.
- Uitgevoerde herstelwerkzaamheden  
Naast de genoemde aanpassingen zijn er geen ingrijpende herstelwerkzaamheden waargenomen.

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

## 2.2. *Constructieve elementen*

### 2.2.1. *Hoofddraagconstructie*

#### Onderbouw

Begane grondvloer is uitgevoerd in een kweekvloer, zie doorsnede over deze betonvloer (zie foto C2). Onder de begane grondvloer bevinden zich direct de funderingsbalken. Deze dragen de gebouwbelasting af op een paalfundering. Over de afmeting en paalpunt diepte is geen informatie bekend, maar gezien de grootte van de bovenbelasting en de samenstelling van het grondpakket, is een paalfundering zeer waarschijnlijk.

#### Bovenbouw

Het betonskelet bestaat uit een raamwerk van vloeren en wanden die in het werk zijn gestort en is ca. 11,8 m diep. De vloeren bevinden zich op een onderlinge verdiepingshoogte van 2,8 m. De wanden staan op een stramien met een hart-op-hart afstand van 4,18 m.

Het totale gebouw bestaat uit twee betonnen raamwerken die versprongen t.o.v. elkaar gekoppeld zijn door stijve betonnen vloerschijven, zoals in de plattegrond in bijlage 3 te zien is. Aan de voor- en achterzijde van de woningen zijn de betonwanden aan de kopzijde voorzien van in het werk gestorte consoles, om de prefab balkon- en galerijplaten te dragen, foto C3. Een uitzondering hierop vormen de galerijen voor woningen op de 1<sup>e</sup> – 3<sup>e</sup> verdieping. Deze zijn direct opgelegd op de betonwanden. Door sparingen te maken in de betonwanden, voor de doorgang over de galerij, ontstaan portaaltjes waarop de galerijplaten zijn opgelegd, foto C4. Deze galerijen zijn breder dan de bovenliggende galerijen, zie de overgang in de dwarsdoorsnede in bijlage 3. Alle balkon- en galerijplaten zijn geprefabriceerd en koud aangestort tegen de verdiepingvloeren. De galerij dragende consoles kragen minder dan 5 meter uit de gevel en behoeven volgens NPR 4.3.3.5.2 niet gecontroleerd te worden op de verticale component van de seismische belasting.

#### Dilataties

Het totale betonskelet is niet gedilateerd. Alleen de balkon- en galerijplaten zijn koud aangestort tegen de verdiepingvloeren. Tevens is de aansluitende éénlaagse berging gedilateerd van het betonnen skelet.

### 2.2.2. *Stabiliteit*

De standzekerheid van het wooncomplex wordt in de dwarsrichting verzorgd door de betonwanden (geschat  $d = 180$  mm) met een minimale diepte van 11 m. In langsricting wordt de stabiliteit verzorgd door de 4 betonwanden ( $d=250$  mm) rondom het trappenhuis en de 2 liftschachten. Voor de buigstijfheid in deze richting wordt aangenomen dat de wanden samenwerken met de langswanden op as E' en F, zie rood gearceerde wanden in de plattegrond van bijlage 3.

2.3. *Niet-constructieve elementen*

2.3.1. *Gebouwschil*

Gesloten gevel

Kopgevels: betonnen binnenspouwblad met een metselwerk buitenspouwblad. Dit gevelmetselwerk staat per verdieping op een aangestorte prefab betonnen vloerrand. Ter plaatse van enkelvoudige ramen is de gevel afgewerkt met houten delen.

De galerijen zijn later (ca. 2002) "gesloten" met een open stalen gevelbeplating op een staalconstructie. Over de gehele lengte is hierin een strook glaspanelen (enkel glas) opgenomen. Daar waar de galerij een sprong maakt (3<sup>e</sup> verdieping) is de aansluiting uitgevoerd als lichtstraat, enkel glas, foto B5.

Recreatieruimte: binnenspouwblad van kalkzandsteen en een metselwerk buitenspouwblad.

Open gevel:

De balkon- en galerijgevels van de woningen zijn gevuld met verdiepingshoge houten puin tussen de vloeren, foto B6.

De gevel van de woningen aan de achterzijde (as 4) tussen de assen E' en F bestaat uit gekoppelde houten puin, foto B7.

Recreatiezaal: houten kozijnen op een metselwerk borstwering .

Dak

Het platte betonnen dak is bedekt met bitumineuze dakbedekking en grind. Enkele kunststof lichtkoepels boven de algemene ruimten, foto B8.

Dak technische ruimte: houten dakconstructie met bitumineuze dakbedekking, hierin is een lichtkoepel opgenomen.

Dak van Recreatieruimte: houten balklaag met regels en zinken afwerking, geschakeld.

Balustraden

Balkons en terrassen: stalen spijlenhekwerk, foto B9.

2.3.2. *Inbouw*

Binnenwanden

Woningscheidende wanden en liftschachten: in het werk gestort beton .

Gangwanden woningen: verdiepingshoge houten puin.

Begane grond diverse ruimten: kalkzandsteen metselwerk, foto B10.

Overige wanden: Invulling van betonskelet met metselwerk.  
lichte steenachtige wanden.

Vloeren

Woningen: in het werk gestort beton met daarop een dekvloer.

Galerijen en balkons: prefab platen op aangestorte consoles. Aan de galerijzijde is de vloer verhoogd met kunststof elementen.

Plafonds

In de woningen geen verlaagde plafonds.

In de algemene ruimten op de begane grond: systeemplafond, foto B11.

Recreatieruimte: buitenplafond multiplex 18 mm bevestigd op houten regelwerk.

Luifel: volkernplaat op regelwerk.

2.3.3.

#### *Toegangen*

Automatische schuifdeur naar entreehal voor de woningen en ondersteunende functies.

Kinderdagverblijf heeft eigen toegangsdeur.

Vanuit de lifthal zijn de galerijen toegankelijk.

Trappenhuis: prefab betonnen steektrappen en tussenbordessen. Tussenbord is opgelegd op hoekstaal aan betonnen wand, foto B12 en B13.

Noodtrappen: het uiteinde van de galerijen is voorzien van een stalen noodtrap, totaal 2 stuks. Elke verdieping is één steektrap, foto B14.

Via een loopbrug kunnen ook bewoners van het naastgelegen blok van de noodtrap gebruik maken. De loopbruggen zijn uitgevoerd in staal en bevestigd aan de betonconstructie van beide blokken, foto B15. Tussenruimte circa 10 mm.

2.3.4.

#### *Installaties*

##### Veiligheidssystemen

Brandblusinstallatie: droge blusleidingen in trappenhuis.

##### Verlichting

De noodverlichtingsarmaturen en de verlichting van de algemene ruimten, gangen en trappenhuisen zijn uitgevoerd als plafondarmaturen.

##### E-en W-installatie

Verwarming: de woningen en peuterspeelzaal worden verwarmd met een centrale stookinstallatie opgesteld in de technische ruimte, foto B16.

Warm tapwater: boiler met centraal opgestelde ketels foto B17.

Hydrofoorinstallatie opgesteld in de fietsenberging op de begane grond.

Nutsaansluitingen: deze komen in de fietsenberging binnen en gaan onder de begane grond naar een leidingschacht.

##### Leidingen en kanalen

Gas: de gasleiding komt binnen in de fietsenstalling en gaat via de kruipruimte naar de locatie waar deze omhoog geleid wordt naar de ketel.

Ventilatie: De woningen zijn voorzien van mechanische afzuiging met natuurlijke aanvoer. De afzuig ventilatoren staan op het dak, foto B18.

##### Transportinstallatie

Voor verticaal transport zijn twee liften aanwezig: één voor de even en één voor de oneven verdiepingen.

##### Overige

Op het dak en aan een gevel zijn UMTS masten bevestigd, foto B19 en B20.

### 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 $a_{a,ref}$	0,32 g	NPR 9998
Gevolklasse (Consequence Class)	CC2	BB
Belangklasse (Importance Class)	III	NEN-EN 1998-1

Tabel 2: Uitgangspunten seismische scan

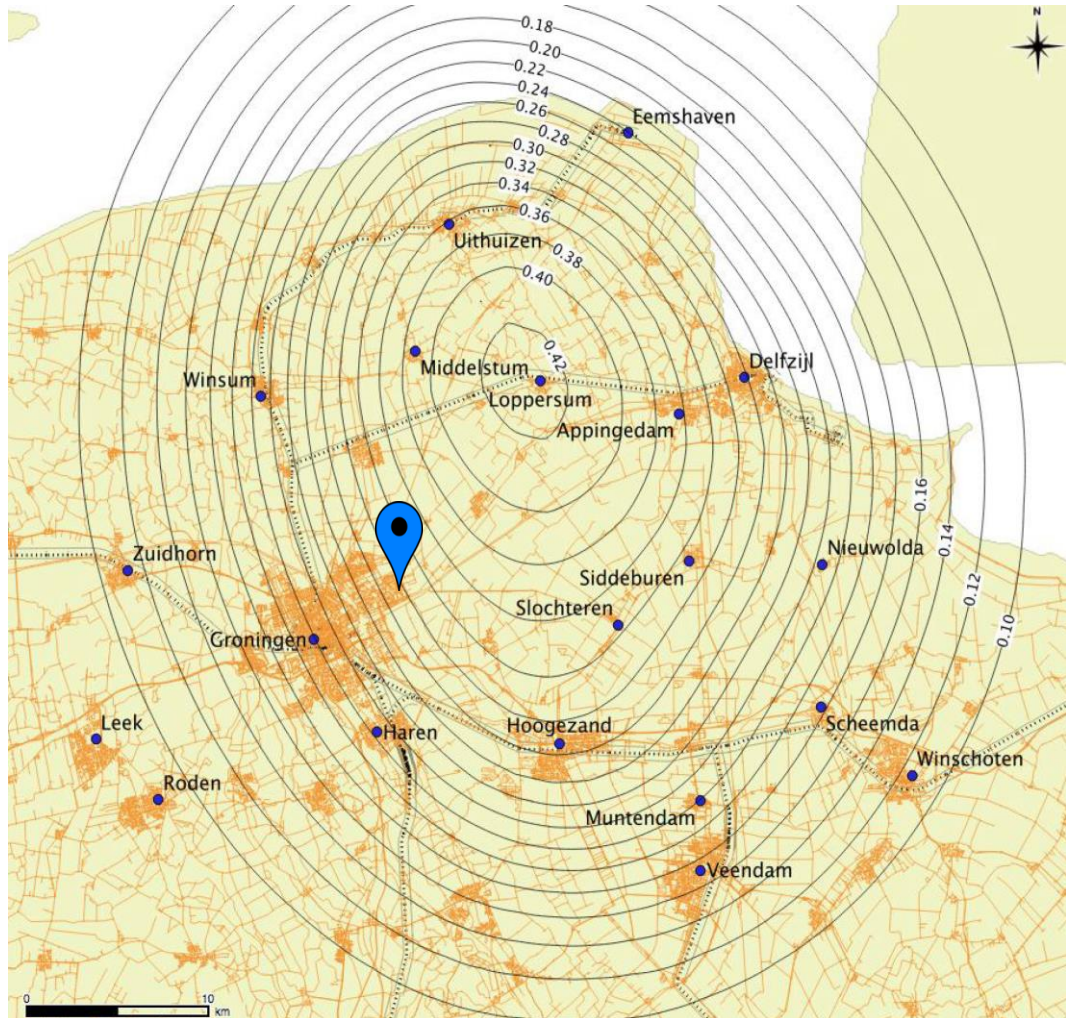
---

<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 2.



Figuur 2: 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 (woon)gebouwen voor personen met een verminderde zelfredzaamheid.

### Belangklasse

Belangklasse III is gehanteerd voor dit gebouw omdat bij instorten voor residentiële gebouwen meer dan 10 personen gevaar lopen.

<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 aardbevings situatie 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 of 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 belangrijkheidsfactor. 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 belangrijkheidsfactor 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 $a_{a,d}$			0,45 g
Checklist	ASCE	Life Safety	
Seismisch niveau			high
<b>Bouwkundige toets</b>			
Berekening	VU-NEN	Damage Limitation	
Herhalingstijd			100 jaar
Piekgrondversnelling $a_{a,d}$			0,17 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 C2: 'Concrete shear walls with stiff/flexible diaphragms'	16.10 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 exacte berekening 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.

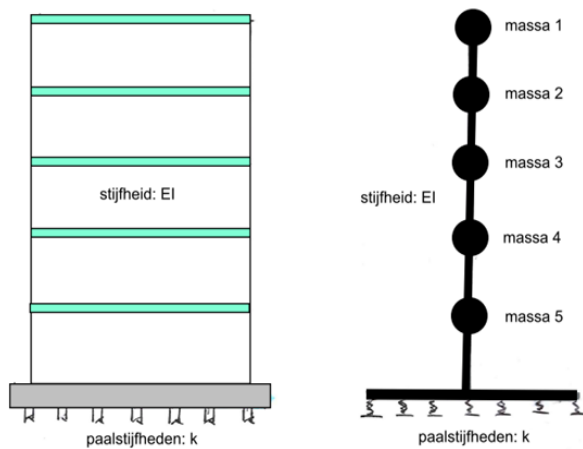
In sommige gevallen (met name als de 1<sup>e</sup> eigenfrequentie een geringe respons geeft) kan deze methode echter tot te gunstige resultaten leiden.



#### 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 verdiepingvloeren. Het massa-veersysteem wordt ondersteund door een rotatieveer, waarvan de stijfheid wordt bepaald door de funderingsconstructie.





Figuur 3: Gebouw schematisering



Figuur 4: Stabiliteitssysteem in beide hoofdrichtingen

De massa's van de bouwlagen worden 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 fundering.. De stabiliteitselementen die zijn meegenomen voor de bepaling van de buigstijfheid in de twee hoofdrichtingen zijn aangegeven in figuur 4. In Bijlage 2 is een een stijfheids berekening gemaakt voor beide hoofdrichtingen op basis van de in Figuur 5 en Figuur 6 aangemerkte wanden.

In tegenstelling tot de berekening volgens de Zijdellingse 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. Deze belasting grijpt aan in de massazwaartepunten van de verdiepingsvloeren, 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 wanden
	Zijdelingse Belasting Methode	Spectrale Modale Responsie Berekening	
x-richting	2600 kN <sup>3</sup>	10660 kN	609 kN
y-richting	55080 kN	23710 kN	5033 kN

Tabel 5: Uitvoer horizontale belasting op funderingsniveau

## 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.

*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, verbinding paal - fundering enzovoorts.

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.*";

<sup>3</sup> Deze waarde is bepaald bij een trillingstijd die buiten het toegestane bereik valt voor deze methode en geeft geen bruikbare waarde.

#### *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.

3.4.2.

#### *Hoofddraagconstructie*

De wapeningshoeveelheid van het totale betonskelet is onbekend. Deze gegevens zijn van belang voor de toetsing of de seismische kracht door de betonnen elementen zelf en de aansluitingen onderling, overgedragen kan worden. Dit is met name van belang bij de aansluiting op:

- de verdiepingsvloeren met de stabiliteitswanden in de buitengevel,
- de stabiliteitswanden met de fundering en
- de funderingspalen met de funderingsbalken.

3.4.3.

#### *Dilataties*

De afstand van het hoofdgebouw tot de aangrenzende bebouwing voldoet niet op de volgende locaties:

1. De aansluiting op de éénlaagse recreatieruimte aan de zuidzijde, zie foto B3.
2. De aansluiting op de loopbrug en berging aan de noordzijde, zie foto C5.

#### *Oplossingsrichting*

1. De stabiliteit van het dak en de gevels van deze éénlaagse aanbouw wordt ontleent aan het hoofdgebouw, daarom kan een oplossing gevonden worden in het versterken van de verbinding tussen kapconstructie en de galerijvloer, in plaats van de dilataties te vergroten. Hierbij dient rekening te worden gehouden met het versterken van de koppeling tussen de galerijplaat de achterliggende koud aangestorte vloer van het betonskelet.
2. Om het aanstoten van de naastgelegen gebouw te voorkomen dient zowel de berging als de loopbrug ontkoppeld te worden. Hierbij kan gedacht worden aan het maken van schuivende oplegging d.m.v. nieuwe console, voor de loopbrug en het dak van de berging.

3.4.4.

#### *Stabiliteitssysteem*

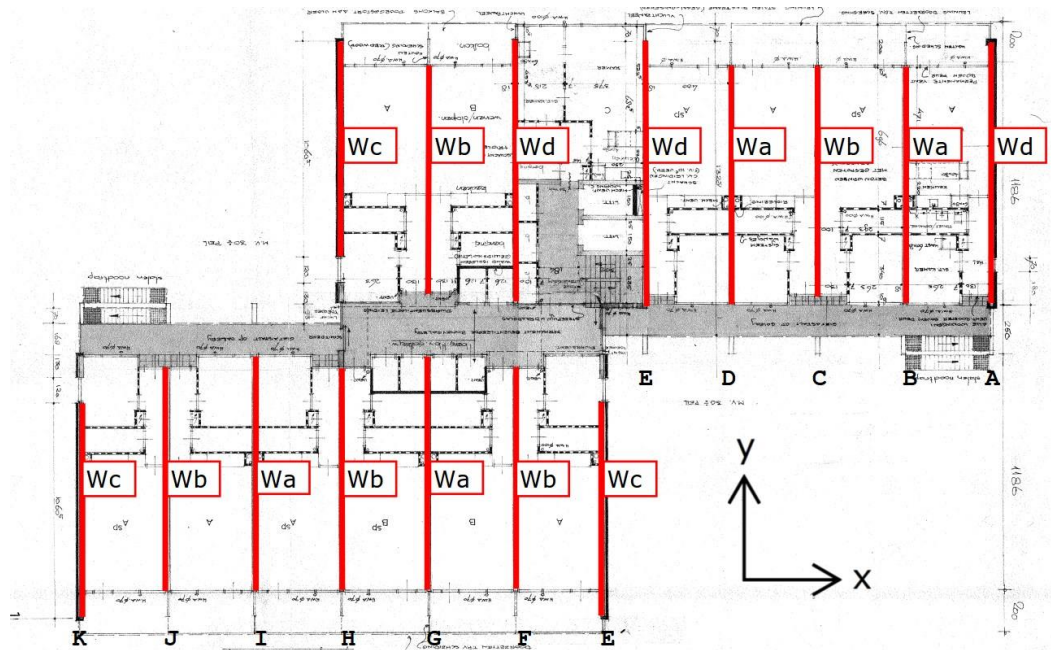
De horizontale seismische belasting, als gegeven in tabel 6, moet via het stabiliteitssysteem worden afgedragen naar de fundering. Uit de verkennende toetsing van hierbij optredende afschuifspanningen blijkt echter dat naar alle waarschijnlijkheid er onvoldoende capaciteit is voor de afdracht van de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

Schuifspanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Optredende spanningen		Capaciteit van de wanden
	Zijdelingse Belasting Methode	Spectrale Modale Responsie Berekening	
x-richting	0,95 (zie voetnoot 3)	3,88	0,22 à 0,23
y-richting	2,23	0,94	0,20

Tabel 6: Toetsing van stabiliteitssysteem op afschuiving



## Y-richting



Figuur 5 seismische wanden Y-richting

De stabiliteitswanden op begane grondniveau worden op de assen F en G; en in mindere mate op de assen B – D, verzwakt door wandsparingen. Deze verstoringen van de wand bevinden zich niet in de bovengelegen verdiepingen. Het verlies in stijfheid op het totaal is dermate klein dat dit niet is meegenomen in de berekening van het massa-veersysteem. Het verschil in stijfheid zal niet leiden tot het verschijnsel 'weak-story'. De afnemende stijfheid naar de bovenzijde toe is eveneens te verwaarlozen. Door het symmetrisch terugspringen van de plattegrondsvorm vanaf de 7<sup>e</sup> verdieping, neemt het aantal stabiliteitswanden af over de hoogte. Deze afname in buigstijfheid is niet gemodelleerd in het veermassa systeem. De balken onder de verdiepingvloeren tussen de assen E' en H zijn momentvast verbonden aan de stabiliteitswanden in de Y-richting. De interstorey drift veroorzaakt momenten en dwarskrachten in de balken. De interstorey drift per verdieping is echter dermate gering dat voortijdig bezwijken van de balken vrijwel zeker niet aan de orde is, wel kunnen de balken gaan scheuren onder seismische belastingen.

### *Oplossingsrichting*

Een eerste berekening laat zien dat de capaciteit van alle betonwanden in dwarsrichting, onvoldoende weerstand biedt om de seismische belasting op te kunnen nemen.

Nader onderzoek naar de fundering, materiaaleigenschappen en wapeningsgegevens van de constructie is nodig om met een geavanceerd 3D-rekenmodel de capaciteit van de constructie te kunnen bepalen.

Indien uit deze berekening blijkt dat de constructie onvoldoende weerstand kan bieden tegen seismische belastingen zijn versterkingsmaatregelen noodzakelijk.

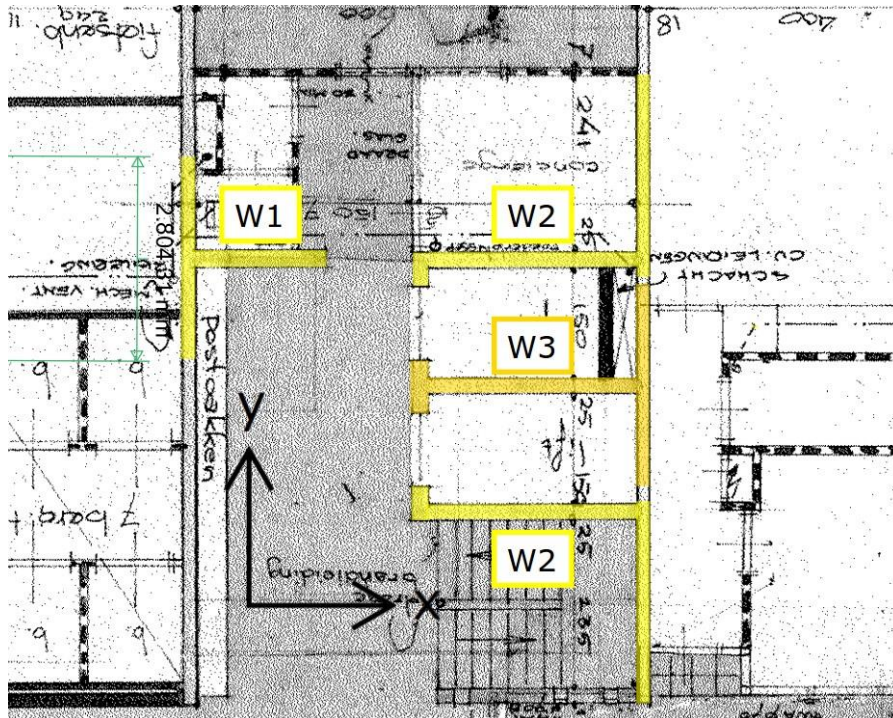
Mogelijke oplossingsrichting kan zijn het verbeteren van de afschuifweerstand van de betonwanden door op de wand aangebrachte lijmwapening, bijvoorbeeld van koolstof.

## X-richting

Uit de checklist blijkt dat de slankheid van het stabiliteitssysteem in de X-richting (evenwijdig met de cijfer-assen) niet aan de toetsingscriteria van de ASCE voldoet. De hoogte-breedte verhouding is te groot. Dit laat de berekening voor de seismische belasting in X-richting ook zien. De dwarskrachtcapaciteit van de betonwanden rondom het trappenhuis is op basis van de gehanteerde rekenmethode niet groot



genoeg voor de aardbevingsbelasting in de X-richting. De in de berekening meegenomen wanden zijn weergegeven in Figuur 6.



Figuur 6 seismische wanden X-richting

Daarnaast zal een aanvullende berekening noodzakelijk zijn om aan te tonen of de seismische belasting per verdiepingvloer ingeleid kan worden in de stabiliteitswanden. Dit is sterk afhankelijk van de aanwezige wapening. De betonwanden zijn namelijk voor een groot deel vrij van de verdiepingvloer als gevolg van de grote sparingen van de liften en trappenhuis.

#### Torsie

Een ander aspect voor de standzekerheid in de X-richting is de positionering van de stabiliteitselementen ten opzicht van het massa-zwaartepunt van het gebouw. Het zwaartepunt van het stabiliteitssysteem bevindt zich excentrisch t.o.v. het massa zwaartepunt van het gebouw. De torsie die hiervan het gevolg is kan door de vloerschijven overgedragen worden aan de wanden in de Y-richting. Torsie effecten zijn in het rekenmodel benaderd door de zijdelingse belasting met een factor te verhogen. Het resultaat is dat het gebouw in de X-richting de horizontale seismische belasting niet kan opnemen.

#### *Oplossingsrichting*

Nader onderzoek naar de fundering, materiaaleigenschappen en wapeningsgegevens van de constructie is nodig om met een geavanceerd 3D-rekenmodel de capaciteit van de constructie te kunnen bepalen. Indien uit deze berekening blijkt dat de constructie onvoldoende weerstand kan bieden tegen seismische belastingen zijn versterkingsmaatregelen noodzakelijk.

Het ontbreken van voldoende afschuifcapaciteit in de stabiliteitselementen en de gevoeligheid voor torsie kan door één ingreep verbeterd worden. Het toevoegen van een stabiliteitsvoorziening op as 1 en as 4 kan een mogelijkheid zijn, zie de twee gele stippellijnen in de plattegrond in bijlage 3. Hierbij kan gedacht worden aan een stalen windverband over de breedte van stramien (4,18 m) en de volle hoogte van het gebouw, zie gele hartlijn in de doorsnede, bijlage 3. Een aandachtspunt hierbij is dat de horizontale belasting wel per verdieping ingeleid moet kunnen worden van het nieuwe stabiliteitsverband in de verdiepingvloeren. Onder deze 2 extra stabiliteitselementen dient een extra paalfundering aangebracht te worden.

### 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	23 mm

*Tabel 7, vervormingen in the Damage Limitation grenstoestand*

#### 3.5.1. Gebouwschil

##### Gesloten gevel

Kopgevels: betonnen binnenspouwblad met een metselwerk buitenspouwblad. Dit gevelmetselwerk staat per verdieping op een aangestorte prefab betonnen vloerrand waarmee wordt voldaan aan de voorwaarde dat het metselwerk elke verdieping horizontaal gedilateerd moet zijn.

Het is noodzakelijk dat er voldoende ankers en dilataties aanwezig zijn in het gemetseld buitenspouwblad. Niet bekend is het aantal ankers en hun positie waarmee het gemetselde buitenspouwblad is verankerd aan het betonnen binnenspouwblad. Indien volgens de norm gemetseld is, zullen minimaal 4 ankers/m<sup>2</sup> aanwezig zijn, dit voldoet als de afstand tussen de ankers < 0,9 m is. Dit kan met nader onderzoek worden vastgesteld.

##### *Oplossingsrichting*

Indien uit onderzoek blijkt dat onvoldoende verankering aanwezig is kan de standzekerheid van het buitenspouwblad worden gewaarborgd met extra verankeringen aan het binnenspouwblad. De buitenspouwbladen kunnen daarnaast horizontaal gedilateerd te worden per verdieping. Een mogelijk alternatief is het geheel vervangen van het metselwerk buitenblad door een lichte buitenschil.

##### Open gevel:

De gevel van de woningen aan de achterzijde (as 4) tussen de assen E' en F bestaat uit gekoppelde houten puien. Vermoedelijk staan de puien tussen de vloeren. Detaillering is niet bekend: nader onderzoek hiernaar uitvoeren ter controle. Zowel vervorming in het vlak als uit het vlak van de gevel vormen hierbij een aandachtspunt. Er is voldoende ruimte om de vervorming van de constructie per verdieping op te nemen. Als de puien zijn gestapeld dan levert de vervorming een probleem op. Als uitgangspunt voor de beoordeling wordt de meest waarschijnlijke optie aangehouden waarbij de puien tussen de vloeren staan en dus voldoen.

##### *Oplossingsrichting*

Indien uit onderzoek blijkt dat de puien zijn gestapeld dan zullen maatregelen kunnen worden getroffen om de gevel per verdieping op te delen. De standzekerheid van de pui waarborgen.

##### Dak

Het glas van de lichtstraat boven de galerij van de 3<sup>e</sup> verdieping is niet doorvalveilig.

##### *Oplossingsrichting*

Glas van lichtstraat en galerijafdichting vervangen door gelaagd glas.

##### Balustraden

Balkonhekken op dakterrassen: de balusters van stalen spijlenhekwerk staan meer dan 1,8 m uit elkaar, hiermee wordt niet aan de richtlijn voldaan.

*Oplossingsrichting*  
Extra balusters aanbrengen.

### 3.5.2. *Inbouw*

#### Binnenwanden

Overige wanden: alleen op de begane grond is betonskelet gevuld met metselwerk. Dit metselwerk is opgesloten in het betonskelet. Hierdoor wordt niet voldaan aan de eis dat de wanden de constructieve werking niet mogen beïnvloeden. Daarnaast zijn de wanden niet verankerd. Tevens zijn de gemetselde wanden aan de kopzijde van het trappenhuis gesteund.

*Oplossingsrichting*  
Ruimte maken ( 20 mm) tussen metselwerk en betonconstructie en het metselwerk elke 3 m verankeren tegen omvallen. Andere mogelijkheid is het metselwerk te vervangen door lichte scheidingswanden met gelijke brandwerende en akoestische eigenschappen.

#### Vloeren

De verhoogde vloer aan de galerijzijde bestaat uit losse kunststof elementen. Hierdoor kan een onveilige situatie ontstaan bij aardbevingen. In het kader van 'life safety' zijn geen eisen gesteld aan de vloerverhoging. Echter gezien de specifieke bewonersgroep adviseren wij hieraan extra eisen te stellen.

*Oplossingsrichting*  
Aanwezige vloer verankeren aan galerijplaat of een vast systeem aanbrengen. Bij het laatste wordt de gehele galerij opgehoogd door het aanbrengen van een mortel met een laag soortelijk gewicht zodat de vloer niet te veel wordt verzwaard. Tegen de gevel wordt een goot met rooster aangebracht.

### 3.5.3. *Toegangen*

De nokoplegging van de prefab betonnen steektrappen en de oplegging van het tussenbordes kunnen de verplaatsing op nemen.

De loopbruggen zijn uitgevoerd in staal en bevestigd aan de betonconstructie van beide blokken. Hier is onvoldoende ruimte om de onafhankelijke vervorming van de blokken op te kunnen nemen.

*Oplossingsrichting*  
Nadat de loopbrug is aangepast de verankering aanpassen zodat voldoende vervorming mogelijk is. De bouwkundige detaillering van de aansluiting aanpassen zodat loopvlak geen gevaar van struikelen veroorzaakt. Andere optie: belendend blok voorzien van eigen noodtrap en de verbindingsbrug verwijderen.

### 3.5.4. *Installaties*

#### Veiligheidssystemen

Brandblusinstallatie: droge blusleiding in trappenhuis is verankerd aan de betonnen liftschacht op de eerste verdieping. Het verdere verloop is niet duidelijk. Nader onderzoek kan hierover duidelijkheid verschaffen.

Aan de noodverlichtingsarmaturen welke zijn opgenomen in de systeemplafonds worden geen eisen gesteld in het kader van 'life safety' . In het belang van de veiligheid, is het raadzaam deze te verankeren aan de constructie.

*Advies*  
De armaturen door middel van een verankering aan de constructie borgen.



#### E-en W-installatie

In het kader van 'life-safety' zijn geen aanvullende eisen aan valgevoelige apparatuur gesteld.

##### *Oplossingsrichting*

Om schade te voorkomen de in de technische ruimte opgestelde installatieonderdelen tegen omvallen borgen.

Op een vrij simpele wijze kunnen verankeringen worden aangebracht.

#### Leidingen en kanalen

In het kader van 'life-safety' zijn geen aanvullende eisen aan de verankeringen en koppelingen voor vloeistof- en gasleidingen of kanalen gesteld.

##### *Oplossingsrichting*

Voor kanalen en leidingwerk die van belang zijn voor de veiligheid, zoals b.v. de gasleiding en de stroomvoorziening van de liften, is het raadzaam deze wel te verankeren en te voorzien van flexibele koppelingen. Gasleidingen voorzien van automatische afsluiters. Een andere mogelijkheid is ruimte te maken rond de leidingen bij doorgang door de vloeren en wanden zodat voldoende vervormingsruimte ontstaat.

#### Transportinstallatie

In het kader van '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>			
Aanbrengen stabiliteitselementen in de langsrichting	hoog-veel	hoog-veel	hoog-veel
Aanpassen dilataties loopbrug en berging inclusief bouwkundige aanpassingen	beperkt	beperkt	beperkt
Aanpassing dilatatie recreatieruimte inclusief bouwkundige aanpassingen	beperkt	beperkt	beperkt
<b>Niet-Constructieve elementen</b>			
<i>Gebouwschil</i>			
Glas lichtstraat en galerij vervangen door gelaagd glas en borgen tegen uitvallen	aanzienlijk	beperkt	aanzienlijk
Extra balusters aanbrengen hekwerk dakterras	laag-weinig	laag-weinig	laag-weinig
<i>Toegangen</i>			
Verhoogde galerijvloer vervangen door een vast systeem	aanzienlijk	aanzienlijk	hoog-veel
Noodtrap plaatsen bij belendend blok, verbindingsbrug verwijderen	beperkt	aanzienlijk	beperkt
<i>Inbouw</i>			
Aanpassen of vervangen metselwerk in betonnen portalen	beperkt	beperkt	beperkt
<i>Installaties</i>			
Leidingsystemen verankeren aan constructie	aanzienlijk	aanzienlijk	beperkt
Leidingsystemen voorzien van flexibele koppelingen en terugslagkleppen	aanzienlijk	aanzienlijk	beperkt
Noodverlichting verankeren	beperkt	laag-weinig	laag-weinig

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 te onderzoeken*

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;
- Nadere informatie over de rekenwijze van en de mogelijke schadebeelden bij liquefactie;
- Gegevens bestaande paalfundering (indien van toepassing);
- Materiaal- en wapeningsgegevens van het betonskelet;
- Verloop van droge blusleiding;
- Verloop van gasleiding.



## **Bijlagen**

Bijlage 1

### **Checklist constructieve en niet-constructieve elementen**

Project	seismische scan Exemplarische gebouwen	Lewenborg, Lijzijde	Werkcode	13663-06-E
Opdrachtgever	Gemeente Groningen		Referentie	dk/ig
Onderwerp	ASCE 41-13 Checklist		Prindatum	18-05-15
Versienummer	3.0		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="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">             Erg belangrijk              Belangrijk              Minder belangrijk              Niet belangrijk         </div>										
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">             Het beschouwde element is [...] voor de weerbaarheid van het gebouw tegen een aardbevingsbelasting         </div>										

## 16.0 SPECIFIEKE AANDACHTPUNTEN

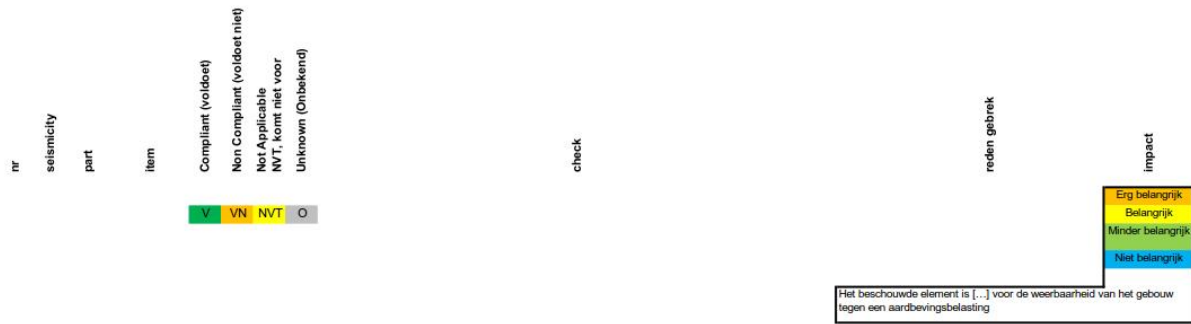
### 16.0b Aandachtpunten volgend uit screening gebouw

tekst			
16.0b_a	<input type="radio"/>	De dak-verankering van de Recreatiezaal	Verankering versterkten om de aangependende seismische belasting door te kunnen geven aan het hoofdgebouw.
16.0b_b	<input type="radio"/>	Verankering metselwerk buitengevel	Kans op uitval van de buitengevel
16.0b_c	<input checked="" type="radio"/>	Verhoogde galerijvloer ligt los	Veilig vluchten niet mogelijk

## 16.17 NIET CONSTRUCTIEVE ELEMENTEN

### 16.17a GEBOUWSCHIL

Cladding and Glazing					
16.17a_a	<input checked="" type="radio"/>	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	<input checked="" type="radio"/>	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)			
16.17a_c	<input checked="" type="radio"/>	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	<input checked="" type="radio"/>	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)			Erg belangrijk
16.17a_e	<input checked="" type="radio"/>	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)			Erg belangrijk
16.17a_f	<input checked="" type="radio"/>	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	<input checked="" type="radio"/>	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)	glas lichtstraat galerij 3e verdieping		Erg belangrijk
Masonry Veneer					
16.17a_h	<input type="radio"/>	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)	controle afstand en aantal spouwankers		Belangrijk
16.17a_i	<input checked="" type="radio"/>	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)			Belangrijk
16.17a_j	<input type="radio"/>	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	<input checked="" type="radio"/>	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	<input checked="" type="radio"/>	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)			
16.17a_m	<input checked="" type="radio"/>	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)			Erg belangrijk
16.17a_n	<input checked="" type="radio"/>	LS-not required; PR-MH. WEEP HOLES: In veneer anchored to stud walls, the veneer has functioning weep holes and base flashing. (Commentary: Sec. A.7.5.6. Tier 2: Section 13.6.1.2)			
16.17a_o	<input checked="" type="radio"/>	LS-not required; PR-MH. OPENINGS: For veneer with metal stud backup, steel studs frame window and door openings. (Commentary: Sec. A.7.6.2. Tier 2: Sec. 13.6.1.1 and 13.6.1.2)			
Parapet: 16.17a_p	<input checked="" type="radio"/>	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)	dakrand gemetseld 0,45 m hoog en terrassen met stalen hekwerk		Belangrijk
16.17a_q	<input checked="" type="radio"/>	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)			Belangrijk
16.17a_r	<input checked="" type="radio"/>	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_s	<input checked="" type="radio"/>	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)	afstand hekwerkbevestiging 2,1-2,3 m bij terras		Minder belangrijk



Masonry Chimneys

16.17a\_f

NVT

LS-

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: 13.6.7)

16.17a\_u

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: 13.6.7)

16.17b INBOUW

Partitions

16.17b\_a

VN

LS-

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)

Belangrijk

16.17b\_b

NVT

LS-LMH; PR-LMH. HEAVY PARTITIONS SUPPORTED BY CEILINGS: 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

V

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)

20/2600=0.008 < 0,02

Belangrijk

16.17b\_d

NVT

LS-not required; PR-MH. LIGHT PARTITIONS SUPPORTED BY CEILINGS: The tops of gypsum board partitions are not laterally supported by an integrated ceiling system. (Commentary: Sec. A.7.2.1. Tier 2: Sec. 13.6.2)

16.17b\_e

NVT

LS-not required; PR-MH. STRUCTURAL SEPARATIONS: Partitions that cross structural separations have seismic or control joints. (Commentary: Sec. A.7.1.3. Tier 2: Sec. 13.6.2)

16.17b\_f

NVT

LS-not required; PR-MH. TOPS: The tops of ceiling-high framed or panelized partitions have lateral bracing to the structure at a spacing equal to or less than 2 m. (Commentary: Sec. A.7.1.4. Tier 2: Sec. 13.6.2)

Ceilings 16.17b\_g

16.17b\_g

NVT

LS-

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

NVT

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)

16.17b\_i

NVT

LS-not required; PR-MH. INTEGRATED CEILINGS: Integrated suspended ceilings with continuous areas greater than 14,4 m<sup>2</sup>, and ceilings of smaller areas that are not surrounded by restraining partitions, are laterally restrained at a spacing no greater than 4 m with members attached to the structure above. Each restraint location has a minimum of four diagonal wires and compression struts, or diagonal members capable of resisting compression. (Commentary: Sec. A.7.2.2. Tier 2: Sec. 13.6.4)

16.17b\_j

NVT

LS-not required; PR-MH. EDGE CLEARANCE: The free edges of integrated suspended ceilings with continuous areas greater than 14,4 m<sup>2</sup> have clearances from the enclosing wall or partition of at least the following: in Moderate Seismicity, 12 mm.; in High Seismicity, 18 mm. (Commentary: Sec. A.7.2.4. Tier 2: Sec. 13.6.4)

16.17b\_k

NVT

LS-not required; PR-MH. CONTINUITY ACROSS STRUCTURE JOINTS: The ceiling system does not cross any seismic joint and is not attached to multiple independent structures. (Commentary: Sec. A.7.2.5. Tier 2: Sec. 13.6.4)

16.17b\_l

NVT

LS-not required; PR-H. EDGE SUPPORT: The free edges of integrated suspended ceilings with continuous areas greater than 14,4 m<sup>2</sup> are supported by closure angles or channels not less than 50 mm. wide. (Commentary: Sec. A.7.2.6. Tier 2: Sec. 13.6.4)

16.17b\_m

NVT

LS-not required; PR-H. SEISMIC JOINTS: Acoustical tile or lay-in panel ceilings have seismic separation joints such that each continuous portion of the ceiling is no more than 250 m<sup>2</sup> and has a ratio of long-to-short dimension no more than 4-to-1. (Commentary: Sec. A.7.2.7. Tier 2: 13.6.4)

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



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			
<b>Contents and Furnishings</b>										
16.17b_n					NVT					
16.17b_o										
16.17b_p										
16.17b_q					NVT					
16.17b_r										
16.17b_s					NVT					
<b>16.17c TOEGANGEN</b>										
<b>Stairs</b>										
16.17c_ay					NVT					
16.17c_b				V						Erg belangrijk
<b>16.17d INSTALLATIES</b>										
<b>Life Safety Systems</b>										
16.17d_a							O		droge blusleidingvoldoende verankerd?	Erg belangrijk
16.17d_b					VN				droge blusleiding flexibele koppelingen?	Erg belangrijk
16.17d_c							O		geen noodstroomvoorziening aanwezig	Belangrijk
16.17d_d					NVT					
16.17d_e					NVT					
16.17d_f										
<b>Hazardous Materials</b>										
16.17d_g				V						Erg belangrijk
16.17d_h					NVT					
16.17d_i					VN					Belangrijk
16.17d_j							O			Belangrijk
16.17d_k					VN					Erg belangrijk
16.17d_l					NVT					

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

Erg belangrijk
Belangrijk
Minder belangrijk
Niet belangrijk



nr  
seismicity  
part  
item

Compliant (voldoet)  
Non Compliant (voldoet niet)  
Not Applicable  
NVT, komt niet voor  
Unknown (Onbekend)

V VN NVT O

check

reden gebrek

impact

Erg belangrijk  
Belangrijk  
Minder belangrijk  
Niet belangrijk

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

Light Fixtures

16.17d\_m

VN

LS-

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)

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)

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)

16.17d\_n

NVT

16.17d\_o

NVT

Mechanical and Electrical Equipment

16.17d\_p

LS-

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)

16.17d\_s

LS-not required; PR-MH. MECHANICAL DOORS: Mechanically operated doors are detailed to operate at a story drift ratio of 0.01. (Commentary: Sec. A.7.12.7, Tier 2; Sec. 13.6.9)

16.17d\_t

NVT

LS-not required; PR-H. SUSPENDED EQUIPMENT: Equipment suspended without lateral bracing is free to swing from or move with the structure from which it is suspended without damaging itself or adjoining components. (Commentary: Sec. A.7.12.8, Tier 2; Sec. 13.7.1 and 13.7.7)

16.17d\_u

LS-not required; PR-H. VIBRATION ISOLATORS: Equipment mounted on vibration isolators is equipped with horizontal restraints or snubbers and with vertical restraints to resist overturning. (Commentary: Sec. A.7.12.9, Tier 2; Sec. 13.7.1)

16.17d\_v

LS-not required; PR-H. HEAVY EQUIPMENT: Floor-supported or platform-supported equipment weighing more than 200 kg is anchored to the structure. (Commentary: Sec. A.7.12.10, Tier 2; 13.7.1 and 13.7.7)

16.17d\_w

LS-not required; PR-H. ELECTRICAL EQUIPMENT: Electrical equipment is laterally braced to the structure. (Commentary: Sec. A.7.12.11, Tier 2; 13.7.7)

16.17d\_x

LS-not required; PR-H. CONDUIT COUPLINGS: Conduit greater than 60 mm. trade size that is attached to panels, cabinets, or other equipment and is subject to relative seismic displacement has flexible couplings or connections. (Commentary: Sec. A.7.12.12, Tier 2; 13.7.8)

Piping

16.17d\_y

LS-

LS-not required; PR-H. FLEXIBLE COUPLINGS: Fluid and gas piping has flexible couplings. (Commentary: Sec. A.7.13.2, Tier 2; Sec. 13.7.3 and 13.7.5)

gasleidingen

16.17d\_z

LS-not required; PR-H. FLUID AND GAS PIPING: Fluid and gas piping is anchored and braced to the structure to limit spills or leaks. (Commentary: Sec. A.7.13.4, Tier 2; Sec. 13.7.3 and 13.7.5)

gastoevoer cv installatie

16.17d\_aa

LS-not required; PR-H. C-CLAMPS: One-sided C-clamps that support piping larger than 60 mm. in diameter are restrained. (Commentary: Sec. A.7.13.5, Tier 2; Sec. 13.7.3 and 13.7.5)

16.17d\_ab

LS-not required; PR-H. PIPING CROSSING SEISMIC JOINTS: Piping that 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 and Sec. 13.7.5)

Ducts

16.17d\_ac

LS-

LS-not required; PR-H. DUCT BRACING: Rectangular ductwork larger than 0,6 m<sup>2</sup> in cross-sectional area and round ducts larger than 700 mm. in diameter are braced. The maximum spacing of transverse bracing does not exceed 10 m. The maximum spacing of longitudinal bracing does not exceed 20 m. (Commentary: Sec. A.7.14.2, Tier 2; Sec. 13.7.6)

16.17d\_ae

LS-not required; PR-H. DUCT SUPPORT: Ducts are not supported by piping or electrical conduit. (Commentary: Sec. A.7.14.3, Tier 2; Sec. 13.7.6)

16.17d\_af

LS-not required; PR-H. DUCTS CROSSING SEISMIC JOINTS: Ducts that cross seismic joints or isolation planes or are connected to independent structures have couplings or other details to accommodate the relative seismic displacements. (Commentary: Sec. A.7.14.5, Tier 2; Sec. 13.7.6)

Belangrijk



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="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <p>Erg belangrijk</p> <p>Belangrijk</p> <p>Minder belangrijk</p> <p>Niet belangrijk</p> </div>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <p>Het beschouwde element is [...] voor de weerbaarheid van het gebouw tegen een aardbevingsbelasting</p> </div>										

Elevators	check	reden gebrek	impact
16.17d_ag	LS-		
16.17d_ah	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_ai	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)		
16.17d_aj	LS-not required; PR-H. ELEVATOR EQUIPMENT: Equipment, piping, and other components that are part of the elevator system are anchored. (Commentary: Sec. A.7.16.3. Tier 2: 13.8.6)		
16.17d_ak	LS-not required; PR-H. SEISMIC SWITCH: Elevators capable of operating at speeds of 50 m/min or faster are equipped with seismic switches that meet the requirements of ASME A17.1 or have trigger levels set to 20% of the acceleration of gravity at the base of the structure and 50% of the acceleration of gravity in other locations. (Commentary: Sec. A.7.16.4. Tier 2: 13.8.6)	NVT	
16.17d_al	LS-not required; PR-H. SHAFT WALLS: Elevator shaft walls are anchored and reinforced to prevent toppling into the shaft during strong shaking. (Commentary: Sec. A.7.16.5. Tier 2: 13.8.6)		
16.17d_am	LS-not required; PR-H. COUNTERWEIGHT RAILS: All counterweight rails and divider beams are sized in accordance with ASME A17.1. (Commentary: Sec. A.7.16.6. Tier 2: 13.8.6)		
16.17d_an	LS-not required; PR-H. BRACKETS: The brackets that tie the car rails and the counterweight rail to the structure are sized in accordance with ASME A17.1. (Commentary: Sec. A.7.16.7. Tier 2: 13.8.6)		
16.17d_ao	LS-not required; PR-H. SPREADER BRACKET: Spreader brackets are not used to resist seismic forces. (Commentary: Sec. A.7.16.8. Tier 2: 13.8.6)	NVT	
	LS-not required; PR-H. GO-SLOW ELEVATORS: The building has a go-slow elevator system. (Commentary: Sec. A.7.16.9. 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)

Een duidelijk gedefinieerde draagstructuur, waarbij de in het werk gestorte wanden en vloeren de krachten goed aan elkaar kunnen doorgeven.

Erg 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)

De betonnen wanden in de koppegel zijn verankerd met de vloerschijven d.m.v. wapening. De metselwerk buitenspouwbladen zijn waarschijnlijk onvoldoende verankerd en los opgelegd op de betonnen nokken.

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)

Het beton-skelet vormt een duidelijk krachtnet, waarbij de vloer en wanden d.m.v. wapening verbonden zijn, zodat alle massa verbonden zit aan de stabiliteitselementen. Over de hoeveelheid wapening zijn geen gegevens bekend.

Erg belangrijk

16.1.2LS\_b

VN

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)

De afstand tot de aangrenzende gebouwen in de omgeving voldoet aan 3 zijden. Deze staan op een grotere afstand dan de maximale interstoreydrift op de tweede verdieping ca. 6 mm. De recreatiezaal aan de westzijde en de loopbrug aan de noordzijde voldoen hier niet aan; deze zijn directe aan het gebouw gekoppeld.

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)

Er zijn geen tussenverdiepingen. En de trapborden zijn gekoppeld aan de stabiliteitswanden

Minder 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)

Afschuifweerstand voldoet niet aan de richtlijnen van de NPR. Zie verder de berekening.

Belangrijk

16.1.2LS\_e

V

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 over de hoogte is constant, met uitzondering van de begane grond en het afnemend aantal stabiliteitswanden vanaf de 7e verdieping. Maar dit verschil is kleiner dan het maximale toegestane verschil van 30 %.

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)

Alle elementen voor de verticale krachtafdracht zijn boven elkaar gesitueerd.

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)

De stijfheid over de hoogte is constant, met uitzondering van de begane grond en het afnemend aantal stabiliteitswanden vanaf de 7e verdieping. Maar dit verschil is kleiner dan het maximale toegestane verschil van 30 %.

Belangrijk

16.1.2LS\_h

V

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)

Ondanks de duidelijke afnemende van de gebouwmassa vanaf de 7e tot en met de 10e verdieping, is het verschil tussen de verdiepingen nooit groter dan 50 %.

Belangrijk

16.1.2LS\_j

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)

gebouwbreedte = 30,5 m, maximale afstand = 30,5 x 20% = 6 m; maximale geschatte afstand is ca. 4 m.

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)

Grondopbouw is nog onbekend, dient nader onderzocht te worden.

Erg belangrijk



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="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <div style="background-color: #ffff00; padding: 2px;">Erg belangrijk</div> <div style="background-color: #ffff00; padding: 2px;">Belangrijk</div> <div style="background-color: #ffff00; padding: 2px;">Minder belangrijk</div> <div style="background-color: #ffff00; padding: 2px;">Niet belangrijk</div> </div>																								
16.1.2LS_k					NVT																														
16.1.2LS_l					NVT																														
<p><b>High Seismicity: Complete the Following Items in Addition to the Items for Low and Moderate Seismicity.</b></p> <p><i>Foundation Configuration</i></p> <tr> <td>16.1.2LS_m</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>VN</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>In X-richting voldoet dit niet. De breedte / hoogte = <math>6.2 / 28.0 = 0.22 &lt; 0.6 \times 1 / 1.45 = 0.41</math>; Het stabiliteitsstelsel voldoet niet aan de richtlijn. Aangenomen wordt dat er funderingsbalken aanwezig zijn en onderling gekoppeld zijn.</td> <td>Belangrijk</td> </tr> <tr> <td>16.1.2LS_n</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>NVT</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr>												16.1.2LS_m					VN					In X-richting voldoet dit niet. De breedte / hoogte = $6.2 / 28.0 = 0.22 < 0.6 \times 1 / 1.45 = 0.41$ ; Het stabiliteitsstelsel voldoet niet aan de richtlijn. Aangenomen wordt dat er funderingsbalken aanwezig zijn en onderling gekoppeld zijn.	Belangrijk	16.1.2LS_n					NVT						
16.1.2LS_m					VN					In X-richting voldoet dit niet. De breedte / hoogte = $6.2 / 28.0 = 0.22 < 0.6 \times 1 / 1.45 = 0.41$ ; Het stabiliteitsstelsel voldoet niet aan de richtlijn. Aangenomen wordt dat er funderingsbalken aanwezig zijn en onderling gekoppeld zijn.	Belangrijk																								
16.1.2LS_n					NVT																														

**16.10LS LIFE SAFETY STRUCTURAL CHECKLIST FOR BUILDING TYPES C2: BETONNEN STABILITEITSWANDEN MET STIJVEN VLOERSCHIJVEN EN C2A: BETONNEN STABILITEITSWANDEN MET FLEXIBELE VLOERSCHIJVEN**

**Low and Moderate Seismicity**

**Seismic-Force-Resisting System**

16.10LS_a	V	COMPLETE FRAMES: Steel or concrete frames classified as secondary components form a complete vertical-load-carrying system. (Commentary: Sec. A.3.1.6.1. Tier 2: Sec. 5.5.2.5.1)	De betonnen portalen t.p.v. de galerij dragen alleen de verticale belasting af naar beneden.	Minder belangrijk
16.10LS_b	V	REDUNDANCY: The number of lines of shear walls in each principal direction is greater than or equal to 2. (Commentary: Sec. A.3.2.1.1. Tier 2: Sec. 5.5.1.1)	Het aantal stabiliteitswanden in beide richtingen is groter dan 2	Belangrijk
16.10LS_c	VN	SHEAR STRESS CHECK: The shear stress in the concrete shear walls, calculated using the Quick Check procedure of Section 4.5.3.3, is less than the greater of $0.8 \text{ N/mm}^2$ or $2\sqrt{f_c}$ . (Commentary: Sec. A.3.2.2.1. Tier 2: Sec. 5.5.3.1.1)	In zowel de X- als de Y-richting wordt niet voldaan aan de richtlijnen in de NPR, zie verder de berekening.	Erg belangrijk
16.10LS_d	O	REINFORCING STEEL: The ratio of reinforcing steel area to gross concrete area is not less than 0.0012 in the vertical direction and 0.0020 in the horizontal direction. (Commentary: Sec. A.3.2.2.2. Tier 2: Sec. 5.5.3.1.3)	De vereiste wapeningspercentages in de wanden zijn kleiner dan de waarschijnlijk toegepaste wapeningshoeveelheden conform de toen geldende normen, maar de exacte wapeningshoeveelheden zijn niet bekend.	Belangrijk
<b>Connections</b>				
16.10LS_e	O	WALL ANCHORAGE AT FLEXIBLE DIAPHRAGMS: Exterior concrete or masonry walls that are dependent on flexible diaphragms 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 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)	De betonnen wanden in de kopgevel zijn verankerd met de vloerschijven d.m.v. wapening. De metselwerk buitenspouwbladen zijn waarschijnlijk onvoldoende verankerd en los opgelegd op de betonnen nokken.	Belangrijk
16.10LS_f	V	TRANSFER TO SHEAR WALLS: Diaphragms are connected for transfer of seismic forces to the shear walls. (Commentary: Sec. A.5.2.1. Tier 2: Sec. 5.7.2)	Alle vloeren zijn verbonden met de stabiliteitswanden	Erg belangrijk
16.10LS_g	O	FOUNDATION DOWELS: Wall reinforcement is doweled into the foundation with vertical bars equal in size and spacing to the vertical wall reinforcing immediately above the foundation. (Commentary: Sec. A.5.3.5. Tier 2: Sec. 5.7.3.4)	Wapeningsformaties en hoeveelheden zijn niet bekend.	Minder belangrijk

nr	seismicity	part	item	Compliant (voldoet)	Non Compliant (voldoet niet)	Not Applicable NVT, komt niet voor	Unknown (Onbekend)
				V	VN	NVT	O

check

reëlen gebrek

impact

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

Erg belangrijk
Belangrijk
Minder belangrijk
Niet belangrijk

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

**Seismic-Force-Resisting System**

16.10LS\_h

V

**DEFLECTION COMPATIBILITY:** Secondary components have the shear capacity to develop the flexural strength of the components. (Commentary: Sec. A.3.1.6.2. Tier 2: Sec. 5.5.2.5.2)

Het metselwerk wordt per verdieping afgedragen en daardoor ontstaat voldoende flexibiliteit om de vervorming mee te kunnen maken.

Minder belangrijk

16.10LS\_j

NVT

**FLAT SLABS:** Flat slabs or plates not part of the seismic-force-resisting system have continuous bottom steel through the column joints. (Commentary: Sec. A.3.1.6.3. Tier 2: Sec. 5.5.2.5.3)

Alle vlakke plaatvloeren maken deel uit van het seismisch opneembaar systeem

16.10LS\_j

O

**COUPLING BEAMS:** The stirrups in coupling beams over means of egress are spaced at or less than  $d/2$  and are anchored into the confined core of the beam with hooks of 135 degrees or more. The ends of both walls to which the coupling beam is attached are supported at each end to resist vertical loads caused by overturning. (Commentary: Sec. A.3.2.2.3. Tier 2: Sec. 5.5.3.2.1)

Er zijn geen gegevens bekend over de wapeningsformatie of hoeveelheid in de lateien tussen de stabiliteitswanden. Dit geldt voor de latei t.p.v. de liftwand en de lateien in de gangzone tussen as E - H.

Belangrijk

**Connections**

16.10LS\_k

O

**UPLIFT AT PILE CAPS:** Pile caps have top reinforcement, and piles are anchored to the pile caps. (Commentary: Sec. A.5.3.8. Tier 2: Sec. 5.7.3.5)

Niet bekend is of zowel de funderingspalen als de opgaande kelderwanden, zijn verankerd met elkaar d.m.v. wapening.

Belangrijk

**Diaphragms (Flexible or Stiff)**

16.10LS\_l

V

**DIAPHRAGM CONTINUITY:** The diaphragms are not composed of split-level floors and do not have expansion joints. (Commentary: Sec. A.4.1.1. Tier 2: Sec. 5.6.1.1)

In de vloerschijven zijn geen dilatatie of splitlevels opgenomen.

Minder belangrijk

16.10LS\_m

VN

**OPENINGS AT SHEAR WALLS:** Diaphragm openings immediately adjacent to the shear walls are less than 25% of the wall length. (Commentary: Sec. A.4.1.4. Tier 2: Sec. 5.6.1.3)

De vloeropeningen t.p.v. de liftschachten zijn groter dan 25 % van de totale lengte van de aangrenzende stabiliteitswanden in langrichting.

Belangrijk

**Flexible Diaphragms**

16.10LS\_n

NVT

**CROSS TIES:** There are continuous cross ties between diaphragm chords. (Commentary: Sec. A.4.1.2. Tier 2: Sec. 5.6.1.2)

Er zijn geen houten liggers aanwezig. Tegenoverliggende stabiliteitswanden zijn verbonden d.m.v. betonvloeren. Geen constructieve houten elementen toegepast.

16.10LS\_o

NVT

**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)

Geen constructieve houten elementen toegepast.

16.10LS\_p

NVT

**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)

Geen constructieve houten elementen toegepast.

16.10LS\_q

NVT

**DIAGONALLY SHEATHED AND UNBLOCKED DIAPHRAGMS:** All diagonally sheathed or unblocked wood structural panel diaphragms have horizontal spans less than 8 m and aspect ratios less than or equal to 4-to-1. (Commentary: Sec. A.4.2.3. Tier 2: Sec. 5.6.2)

Voor de krachtsafdracht van de seismische belasting wordt alleen een betonskelet aangesproken te samen met een stalen valwerkconstructie.

Minder belangrijk

16.10LS\_r

V

**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)



Bijlage 2

**Constructieve berekening**

- Langsrichting (X)
- Dwarsrichting (Y)

**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]
verd. 10	28,00	4.493	4.377	116
verd. 9	25,20	5.653	5.439	214
verd. 8	22,40	6.711	6.455	256
verd. 7	19,60	7.235	6.958	277
verd. 6	16,80	7.235	6.958	277
verd. 5	14,00	7.235	6.958	277
verd. 4	11,20	7.235	6.958	277
verd. 3	8,40	7.361	7.078	284
verd. 2	5,60	7.361	7.078	284
verd. 1	2,80	7.361	7.078	284

### Belastingen

Niveau		$G_{eig}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$G_{perm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$z \cdot G_{perm}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	opgelegde Q belasting [kN/m <sup>2</sup> ]	$\phi$	Combinatie coefficient $\psi_2$	Seismische combinatie coefficient $\psi_{EI}$	x aantal	lengte l [m]	$\sigma$ breedte [m]	oppervlakt [m <sup>2</sup> ]	seismische belasting, permanent [kN]	seismische belasting, variabel [kN]
verd. 10	Permanent wand	4,80	0,70	5,5				1,0	1	5,2	13,9	73	399	
	Overig	24,00		24,0				1,0	64,9	1,0	1,0	65	1.557	
	Categorie E, opslagruimtes				2,0	1,0	0,8	0,8	1	5,2	13,9	73		116
	Permanent	4,80	0,70	5,5				1,0	1	31,7	13,9	440	2.421	
	Categorie H, daken				1,0	1,0	0,0	0,0	1	31,7	13,9	440		0
	Sub												4.377	116
verd. 9	Permanent Wand	4,80	0,70	5,5				1,0	1	48,9	13,9	680	3.741	
	Overig	24,00		24,0				1,0	70,8	1,0	1,0	71	1.698	
	Categorie A, woon- en verblijfsruimte:				1,75	0,6	0,3	0,2	1	48,9	13,9	680		214
	Sub												5.439	214
verd. 8	Permanent Overig	4,80	0,70	5,5				1,0	1	58,5	13,9	813	4.472	
	Overig	24,00		24,0				1,0	82,6	1,0	1,0	83	1.982	
	Categorie A, woon- en verblijfsruimte:				1,75	0,6	0,3	0,2	1	58,5	13,9	813		256
	Sub												6.455	256
verd. 7	Permanent Overig	4,80	0,70	5,5				1,0	1	63,3	13,9	879	4.835	
	Overig	24,00		24,0				1,0	88,5	1,0	1,0	88	2.123	
	Categorie A, woon- en verblijfsruimte:				1,75	0,6	0,3	0,2	1	63,3	13,9	879		277
	Sub												6.958	277
verd. 6	Permanent Overig	4,80	0,70	5,5				1,0	1	63,3	13,9	879	4.835	
	Overig	24,00		24,0				1,0	88,5	1,0	1,0	88	2.123	
	Categorie A, woon- en verblijfsruimte:				1,75	0,6	0,3	0,2	1	63,3	13,9	879		277
	Sub												6.958	277
verd. 5	Permanent Overig	4,80	0,70	5,5				1,0	1	63,3	13,9	879	4.835	
	Overig	24,00		24,0				1,0	88,5	1,0	1,0	88	2.123	
	Categorie A, woon- en verblijfsruimte:				1,75	0,6	0,3	0,2	1	63,3	13,9	879		277
	Sub												6.958	277
verd. 4	Permanent Overig	4,80	0,70	5,5				1,0	1	63,3	13,9	879	4.835	
	Overig	24,00		24,0				1,0	88,5	1,0	1,0	88	2.123	
	Categorie A, woon- en verblijfsruimte:				1,75	0,6	0,3	0,2	1	63,3	13,9	879		277
	Sub												6.958	277
verd. 3	Permanent Overig	4,80	0,70	5,5				1,0	1	64,8	13,9	901	4.955	
	Overig	24,00		24,0				1,0	88,5	1,0	1,0	88	2.123	
	Categorie A, woon- en verblijfsruimte:				1,75	0,6	0,3	0,2	1	64,8	13,9	901		284
	Sub												7.078	284



Project	: seismische scan Exemplarische gebouwen	Lewenborg, Lijzijde	Projectcode	13663-06-E
Gebouw	: Gemeente Groningen		Referentie	djk/rtg
Adviesgroep	: SA	versie 3.0	Print date	13-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**

verd. 2	Permanent	4,80	0,70	5,5	1,0	1	64,8	13,9	901	4.955	
	Overig	24,00		24,0	1,0	88,5	1,0	1,0	88	2.123	
	Categorie A, woon- en verblijfsruimte:		1,75	0,6	0,3	0,2	1	64,8	13,9	901	284
									Sub	7.078	284
verd. 1	Permanent	4,80	0,70	5,5	1,0	1	64,8	13,9	901	4.955	
	Overig	24,00		24,0	1,0	88,5	1,0	1,0	88	2.123	
	Categorie A, woon- en verblijfsruimte:		1,75	0,6	0,3	0,2	1	64,8	13,9	901	284
									Sub	7.078	284
									Totaal	65.336	2.546

**Zijdelingse belastingmethode (x-richting)**

Representatieve gedragsfactor	1,5
Reductiefactor op gedragsfactor	1,0
Gedragsfactor	q = 1,50
Type stabiliteitssysteem	Beton / metselwerk stabiliteitssystemen NEN-EN 1998-1 (4.3.3.2 (1) t/m (4))
Gebouwhoogte	28,0 m
Verdiepingen	10
Wanden	NEN-EN 1998-1 sec. 4.3.3.2.2 (4)

wand	$l_w$ [m]	$b_1$ [m]	#	$A_f$ [m <sup>2</sup> ]	$A_c$ [m <sup>2</sup> ]	$(l_w / H) \leq 0,9$
1	3,27	0,25	3	2,5	0,2	0,12
2	2,16	0,18	1	0,4	0,0	0,08
3				0,0	0,0	0,00
4				0,0	0,0	0,00
5				0,0	0,0	0,00
6				0,0	0,0	0,00
$\Sigma$	5,4	-	4	2,8	0,3	-

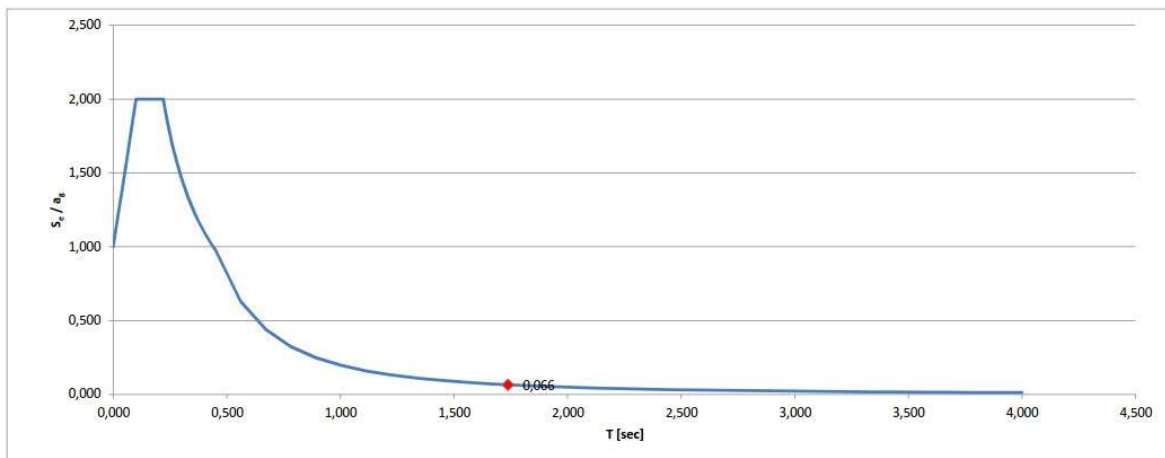
$c_d$

0,143

Trillingstijd	$T_1 = 1,74$ sec	$S_d(T_1)/a_{gd} = 0,066$	$* a_{gd} = 0,45 = 0,029 g$	$* \lambda = 1,00$	% = 100	$F_{bk} = 1.994$ kN
Base Shear Force	TRILLINGSTIJD TE GROOT: zie NPR 4.3.3.2.1					SRSS: 1.994 kN

Factoren	
Tweede-orde-effecten	1,00
Torsie-effecten	1,30

Rekenwaarde maximale dwarskracht 2.600 kN



Project	: seismische scan Exemplarische gebouwen	Lewenborg, Lijzijde	Projectcode	13663-06-E
Gebouw	: Gemeente Groningen		Referentie	djk/rtg
Adviesgroep	: SA	versie 3.0	Print date	13-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 responsieberekening (x-richting)**

Representatieve gedragfactor  
 Reductiefactor op gedragfactor  
 Gedragfactor

1,5  
 1,0  
 q = 1,50

NPR 9998 (4.2.3.1)

Trillingstijd	$T_n$	$S_d(T_n)/a_{gd}$	* $a_{sp} =$	$S_d(T_n)$	* %	= $F_{bk}$	
	$T_1 = 2,51$ sec	0,031	* 0,45 =	0,014 g *	65,0	=	621 kN
	$T_2 = 0,41$ sec	1,073	* 0,45 =	0,481 g *	20,5	=	6.690 kN
	$T_3 = 0,15$ sec	2,000	* 0,45 =	0,896 g *	6,9	=	4.197 kN
	$T_4 = 0,08$ sec	1,800	* 0,45 =	0,806 g *	3,4	=	1.861 kN
	$T_5 = 0,05$ sec	1,500	* 0,45 =	0,672 g *	1,9	=	867 kN
	$T_6 = 0,03$ sec	1,300	* 0,45 =	0,582 g *	1,1	=	435 kN
	$T_7 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,45 =	0,000 g *	0,0	=	0 kN
	$T_8 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,45 =	0,000 g *	0,0	=	0 kN
	$T_9 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,45 =	0,000 g *	0,0	=	0 kN
	$T_{10} = 0,00$ nvt	0,000	* 0,45 =	0,000 g *	0,0	=	0 kN

Base Shear Force

SRSS: 8.195 kN

**Factoren**

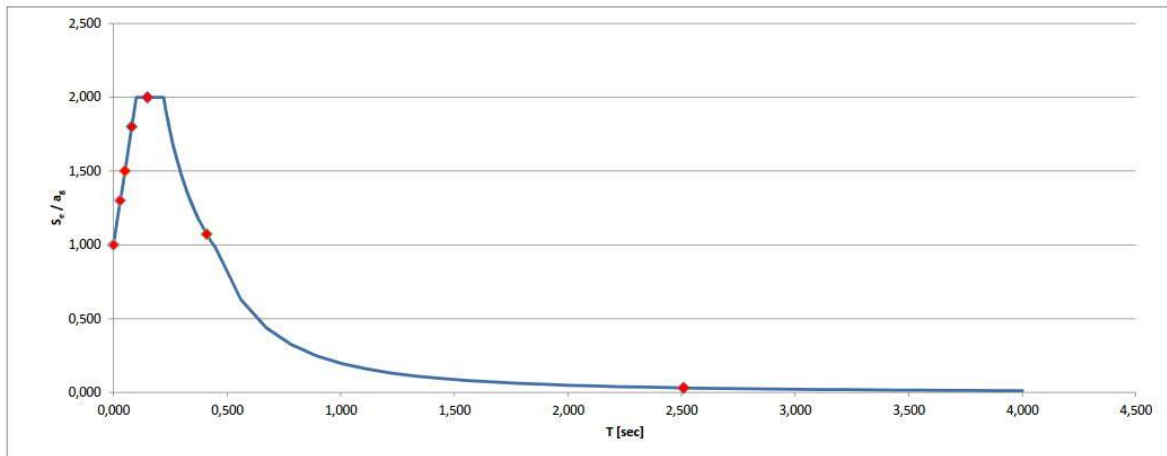
Tweede-orde-effecten  
 Torsie-effecten

1,00  
 1,30

NPR 9998 (4.4.2.2)  
 NPR 9998 (4.3.3.2.4)

Rekenwaarde maximale dwarskracht

10.660 kN



Project	: seismische scan Exemplarische gebouwen	Lewenborg, Lijzide	Projectcode	13663-06-E
Gebouw	: Gemeente Groningen		Referentie	djk/rtg
Adviesgroep	: SA	versie 3.0	Print date	13-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**

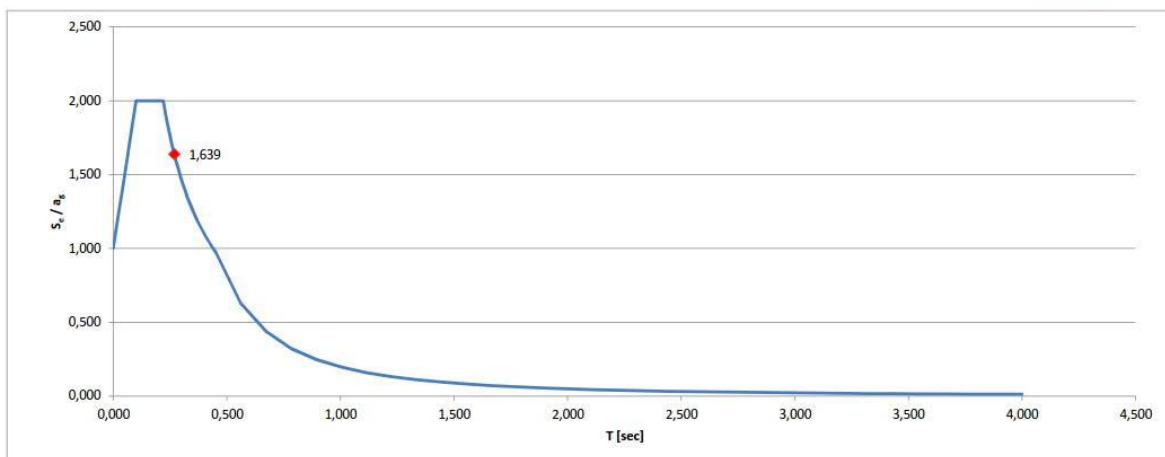
**Zijdelingse belastingmethode (y-richting)**

Representatieve gedragsfactor	1,5	
Reductiefactor op gedragsfactor	1,0	NPR 9998 (4.2.3.1)
Gedragsfactor	q = 1,50	
Type stabiliteitstelsysteem	Beton / metselwerk stabiliteitssystemen	NEN-EN 1998-1 (4.3.3.2 (1) t/m (4))
Gebouwhoogte	28,0 m	
Verdiepingen	10	
Wanden		
NEN-EN 1998-1 sec. 4.3.3.2.2 (4)		

wand	$l_w$ [m]	$b_i$ [m]	#	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$A_c$ [m <sup>2</sup> ]	$(l_w / H) \leq 0,9$
1	11,58	0,18	4	8,3	3,1	✓ 0,41
2	11,08	0,18	5	10,0	3,5	✓ 0,40
3	10,60	0,18	3	5,7	1,9	✓ 0,38
4	12,77	0,18	3	6,9	3,0	✓ 0,46
5				0,0	0,0	0,00
6				0,0	0,0	0,00
$\Sigma$	46,0	-	15	30,9	11,6	- -

$C_i$  0,022

	$T_1$	$S_d(T_1)/a_{gd}$	$* a_{gd} =$	$S_d(T_i)$	$* \lambda *$	%	$= F_{bk}$
Trillingstijd	0,27 sec	1,639	* 0,45 =	0,734 g *	0,85	100	42.363 kN
Base Shear Force						SRSS:	42.363 kN
<b>Factoren</b>							
Tweede-orde-effecten	1,00						
Torsie-effecten	1,30						
Rekenwaarde maximale dwarskracht							55.080 kN





Project	: seismische scan Exemplarische gebouwen	Lewenborg, Lijzijde	Projectcode	13663-06-E
Gebouw	: Gemeente Groningen		Referentie	djk/rtg
Adviesgroep	: SA	versie 3.0	Print date	13-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 responsieberekening (y-richting)**

Representatieve gedragsfactor  
 Reductiefactor op gedragsfactor  
 Gedragsfactor

1,5  
 1,0  
 q= 1,50

NPR 9998 (4.2.3.1)

Trillingstijd	$T_i$	$S_d(T_i)/a_{gd}$	* $a_{se} =$	$S_d(T_i)$	* %	= $F_{bk}$	
	$T_1 = 0,53$ sec	0,705	* 0,45 =	0,316 g *	73,3	=	15.713 kN
	$T_2 = 0,07$ sec	1,700	* 0,45 =	0,762 g *	17,5	=	9.047 kN
	$T_3 = 0,02$ sec	1,200	* 0,45 =	0,538 g *	4,9	=	1.788 kN
	$T_4 = 0,01$ sec	1,100	* 0,45 =	0,493 g *	2,1	=	702 kN
	$T_5 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,45 =	0,000 g *	0,0	=	0 kN
	$T_6 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,45 =	0,000 g *	0,0	=	0 kN
	$T_7 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,45 =	0,000 g *	0,0	=	0 kN
	$T_8 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,45 =	0,000 g *	0,0	=	0 kN
	$T_9 = 0,00$ nvt	0,000	* 0,45 =	0,000 g *	0,0	=	0 kN
	$T_{10} = 0,00$ nvt	0,000	* 0,45 =	0,000 g *	0,0	=	0 kN

Base Shear Force

SRSS: 18.233 kN

**Factoren**

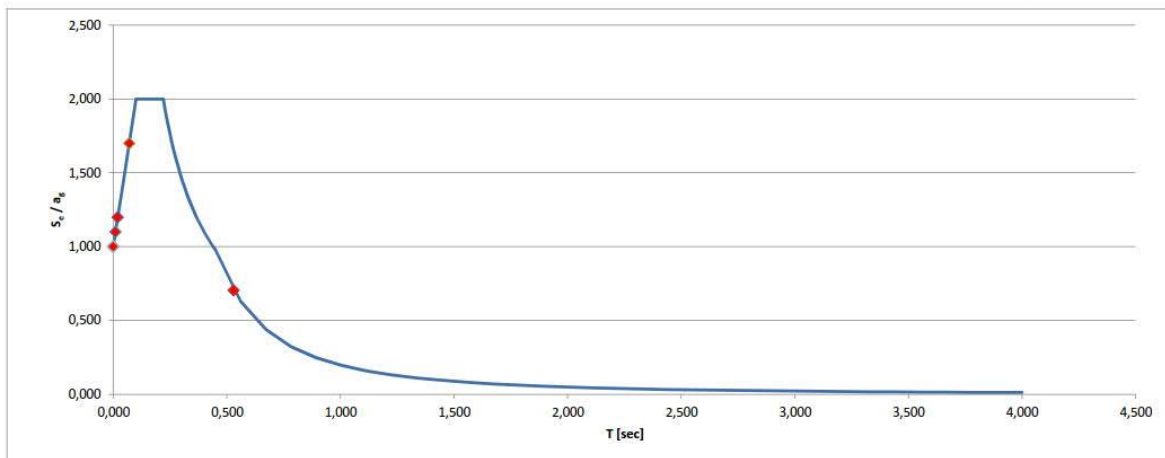
Tweede-orde-effecten  
 Torsie-effecten

1,00  
 1,30

NPR 9998 (4.4.2.2)  
 NPR 9998 (4.3.3.2.4)

Rekenwaarde maximale dwarskracht

23.710 kN



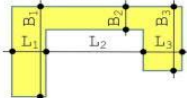
### Fundering

Oppervlakte (paal)	$A_p$	196344	mm <sup>2</sup>
Langte (paal)	$l$	26,0	m
Betonkwaliteit (paal)	$f_{ck}$	20,0	N/mm <sup>2</sup>
Gemiddelde druksterkte (paal)	$f_{cm}$	28,0	N/mm <sup>2</sup>
E-modulus beton (paal)	$E_{cm}$	29962	N/mm <sup>2</sup>
Factor dynamische belasting	Ed/Es	1,00	[-]
Veerstijfheid (paal)	$K_p$	2,26	x10 <sup>5</sup> kN/m1
<b>Constructie</b>			
Betonkwaliteit (constructie)	$f_{ck}$	20,0	N/mm <sup>2</sup>
Gemiddelde druksterkte (constructie)	$f_{cm}$	28,0	N/mm <sup>2</sup>
E-modulus beton (constructie)	$E_{cm}$	29962	N/mm <sup>2</sup>
Factor volgens NPR		0,50	[-]
E-modulus beton (krachtsverdeling)	$E_{cm}$	14981	N/mm <sup>2</sup>
Factor NPR 9998 4.4.2.2	$\gamma_R$	1,2	N/mm <sup>2</sup>

Tabel 3.1 – Sterkte- en vervormingseigenschappen voor beton

$f_{ck}$ (MPa)	Sterkteklassen voor beton										Vergelijking/Verklaring				
	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55		60	70	80	90
$f_{ck,calc}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
$f_{cm}$ (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (MPa)
$f_{cm}$ (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	$f_{cm} = 0,30 \times f_{ck}^{(2/3)} \leq C50/60$ $f_{cm} = 2,12 \cdot \ln(1 + (f_{cm}/10)) > C50/60$
$f_{ak,0,05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	$f_{ak,0,05} = 0,7 \times f_{cm}$ 5 % fractiel
$f_{ak,0,95}$ (MPa)	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6	$f_{ak,0,95} = 1,3 \times f_{cm}$ 95 % fractiel
$E_{cm}$ (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm} = 22(f_{cm}/10)^{2/3}$ ( $f_{cm}$ in MPa)

### Langsrichting (X-ri)



$$v_{Rd,c} = 0,12 \cdot k(\rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b \cdot d$$

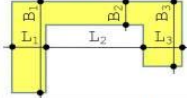
$$v_{Rd,c,min} = 0,035 \cdot k^2 \cdot f_{ck}^{1/3} \cdot b \cdot d$$

$$k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2$$

	L1 [m]	B1 [m]	L2 [m]	B2 [m]	L3 [m]	B3 [m]	$\Sigma$ langte [m]	$z_i$ [m]	$I$ [m <sup>4</sup> ]	aantal #	$\Sigma I$ [m <sup>4</sup> ]	$k$ [-]	$v_{Rd,c}/f_k$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\Sigma S_i/\#$ [m <sup>3</sup> ]	$\Sigma b/\#$ [m]	$\Sigma F_b$ [kN]	$v_{Rd,c,geom}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	u.c.
wand W1	0,25	2,80	1,91	0,18			2,160	0,481	0,377	1	0,377	1,304	0,232	0,254	0,180	684	1,704	7,36
wand W2	0,25	0,50	2,84	0,25	0,18	2,80	3,270	2,094	1,686	2	3,372	1,247	0,221	0,671	0,250	6114	3,246	14,65
wand W3	0,25	1,00	2,84	0,25	0,18	2,80	3,270	1,926	2,130	1	2,130	1,247	0,221	0,801	0,250	3862	3,875	17,49
wand W4															0,000			
wand W5															0,000			
wand W6															0,000			
wand W7															0,000			
wand W8															0,000			
wand W9															0,000			
wand W10															0,000			
wand W11															0,000			
<b>Totaal</b>							<b>8,7</b>		<b>4,19</b>	<b>4</b>	<b>5,88</b>					<b>10,660</b>		<b>13,17</b>

$h = 28,0$  m (grootste wandhoogte vanaf onderkant fundering)  
 $Sa(T1) = 0,014$   $l > 0,65a \cdot h = 0,24$  m Voldoet!

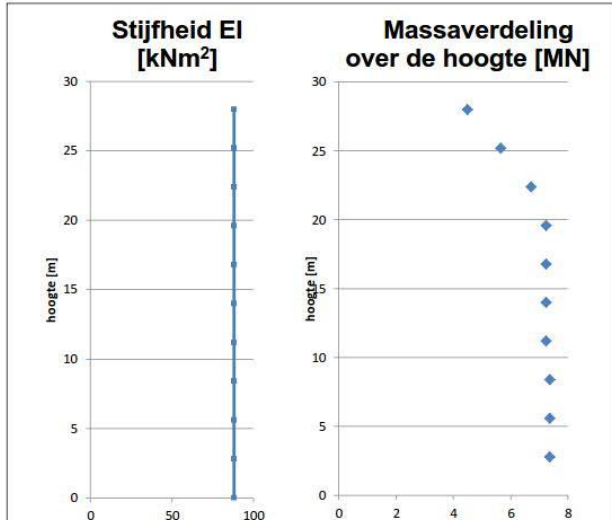
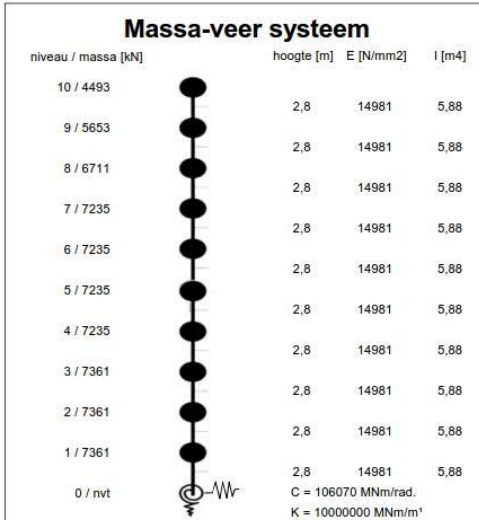
### Dwarsrichting (Y-ri)



	L1 [m]	B1 [m]	L2 [m]	B2 [m]	L3 [m]	B3 [m]	$\Sigma$ langte [m]	$z_i$ [m]	$I$ [m <sup>4</sup> ]	aantal #	$\Sigma I$ [m <sup>4</sup> ]	$k$ [-]	$v_{Rd,c}/f_k$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\Sigma S_i/\#$ [m <sup>3</sup> ]	$\Sigma b/\#$ [m]	$\Sigma F_b$ [kN]	$v_{Rd,c,geom}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	u.c.
wand Wa			11,58	0,18			11,580	5,790	23,293	4	93,170	1,131	0,201	3,017	0,180	6450	0,774	3,85
wand Wb			11,08	0,18			11,080	5,540	20,404	5	102,019	1,134	0,201	2,762	0,180	7062	0,708	3,52
wand Wc			10,60	0,18			10,600	5,300	17,865	3	53,596	1,137	0,202	2,528	0,180	3710	0,648	3,21
wand Wd			12,77	0,18			12,770	6,385	31,237	3	93,710	1,125	0,200	3,669	0,180	6487	0,941	4,71
wand We															0,000			
wand Wf															0,000			
wand Wg															0,000			
wand Wh															0,000			
wand Wi															0,000			
wand Wj															0,000			
wand Wk															0,000			
<b>Totaal</b>							<b>46,03</b>		<b>92,80</b>	<b>15</b>	<b>342,49</b>					<b>23,710</b>		<b>3,82</b>

$h = 28,0$  m (grootste wandhoogte vanaf onderkant fundering)  
 $Sa(T1) = 0,316$   $l > 0,65a \cdot h = 5,31$  m Voldoet!

**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	$a_{g,ref}$ :	0,32 [m/s <sup>2</sup> ]	reductiefactor:	v:	0,40 [-]
Belangklasse:	III	belangrijkefactorfactor:	$\gamma_1$ : 1,40 [-]	PGA grenstoestand DL:	$a_{g,ref} * \gamma_1 * v$ :	0,18 g [m/s <sup>2</sup> ]
PGA (Peak Ground Acceleration) grenstoestand NC:		$a_{g,ref} * \gamma_1$ :	0,45 g [m/s <sup>2</sup> ]			

**Resultaten dynamische berekening:**

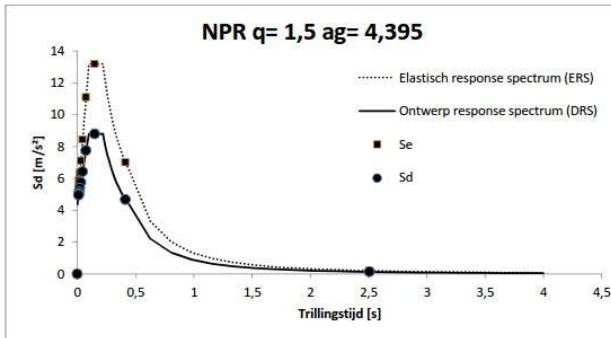
Aantal modeshapes (berekend): 10  
Aantal modeshapes (benodigd): 3

Trillingsvorm	T(s)	fe [hz]	Massa [ton]	%	Cum %	Sd [m/s <sup>2</sup> ]	Se [m/s <sup>2</sup> ]
1	2,509	0,40	4413	65,0%	65,0%	0,14	0,21
2	0,414	2,41	1390	20,5%	85,5%	4,67	7,00
3	0,150	6,68	471	6,9%	92,4%	8,79	13,18
4	0,076	13,10	229	3,4%	95,8%	7,75	11,10
5	0,046	21,70	128	1,9%	97,7%	6,42	8,45
6	0,031	32,29	76	1,1%	98,8%	5,76	7,12
7	0,022	44,70	45	0,7%	99,5%	5,38	6,36
8	0,017	58,00	24	0,4%	99,8%	5,15	5,91
9	0,014	70,21	10	0,1%	100,0%	5,02	5,65
10	0,013	78,96	2	0,0%	100,0%	4,95	5,51

**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 respons.

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**.

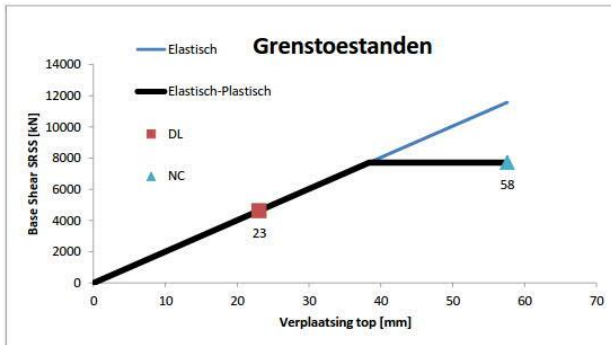
**Elastisch respons spectrum (ERS):**

Spectrum voor de grenstoestand **NC** met q-factor = 1,0. Zie verder "Grenstoestanden".



Project	: Seismische scan exemplarische gebouwen	Lewenborg X-richting	Projectcode	I3663-06-E
Gebouw	: Hanzehogeschool Groningen		Referentie	djk/rtg
Adviesgroep	: SA	Versie: 1.6b	Print date	12-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**

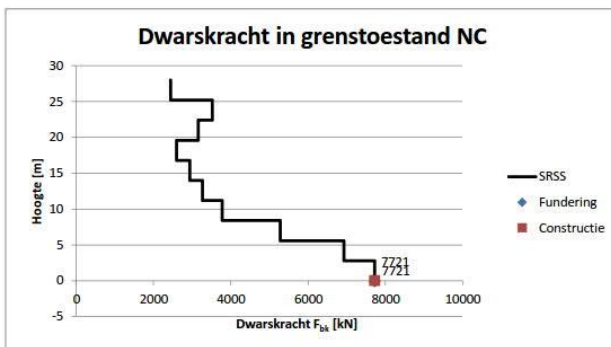


**Grenstoestanden:**

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):**

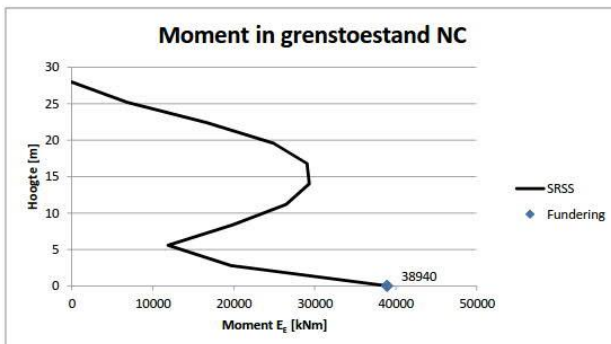
In de grafiek hiernaast is de maximale waarde van het seismische effect voor de dwarskracht verdeeld over de hoogte weergegeven voor grenstoestand **NC**. Het effect wordt bepaald volgens de zogenaamde "volledige kwadratische combinatie" afgekort uit het Engels als "SRSS". De algemene formule uit de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

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

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

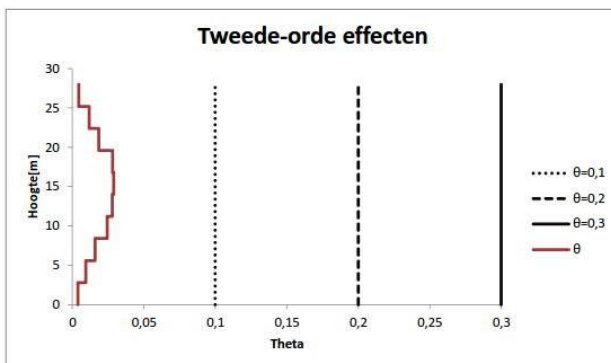
Alle trilvormen die significant bijdragen aan de globale respons worden in rekening gebracht. De totale effectieve geactiveerde massa  $m_k$ , behorende bij trilvorm  $k$ , is zodanig bepaald dat de totale dwarskracht ter plaatse van de fundering  $F_{bk}$  werkend in de richting van de seismische belasting,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

In de grafiek is de hoogste waarde van  $F_{bk}$  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  $\theta < 0,10$ .

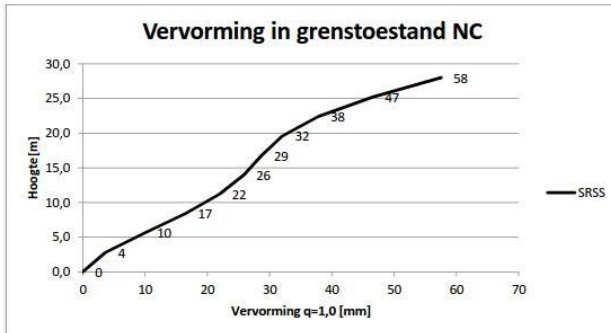
Indien voor één van de verdiepingen geldt  $0,1 < \theta < 0,2$  dan kunnen de tweede-orde-effecten worden benaderd door de relevante seismische belastingseffecten te vermenigvuldigen met een factor gelijk aan  $1/(1 - \theta)$ .

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	Lewenburg X-richting	Projectcode	I3663-06-E
Gebouw	: Hanzehogeschool Groningen		Referentie	djk/rtg
Adviesgroep	: SA	Versie: 1.6b	Print date	12-mei-15

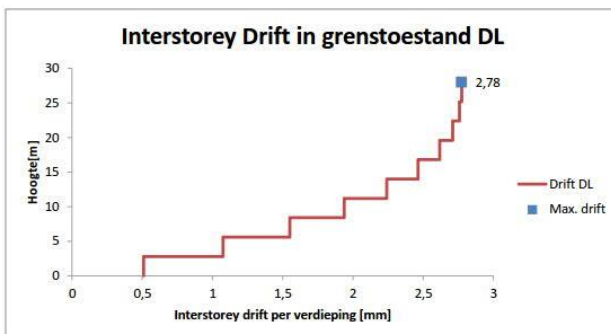
**Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015**



**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.



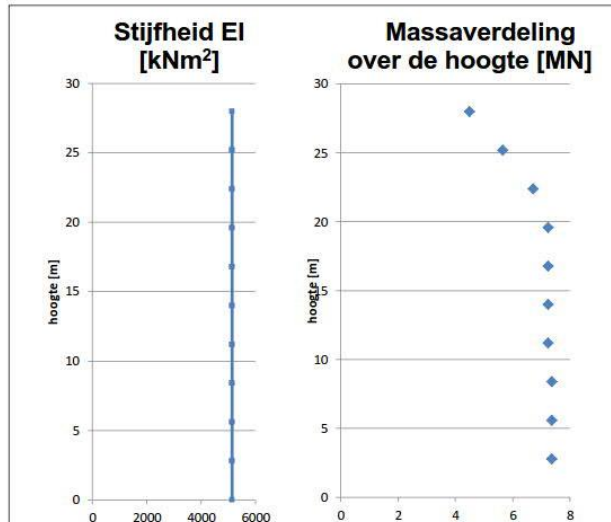
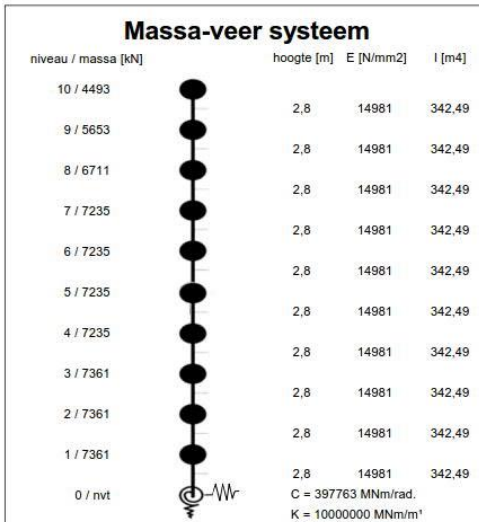
**Resultaat van het elastisch respons spectrum (ERS):**

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  $v$  conform NEN-EN 1998-1 4.4.3.2. De waarde van  $v$  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.

Project	: Seismische scan exemplarische gebouwen	Lewenburg Y-richting	Projectcode	I3663-06-E
Gebouw	: Hanzehogeschool Groningen		Referentie	djk/rtg
Adviesgroep	: SA	Versie: 1.6b	Print date	12-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	$a_{g,ref}$ :	0,32 [m/s <sup>2</sup> ]	reductiefactor:	v:	0,40 [-]
Belangklasse:	III	belangrijkeheidsfactor:	$\gamma_1$ : 1,40 [-]	PGA grenstoestand DL:	$a_{g,ref} \cdot \gamma_1 \cdot v$ :	0,18 g [m/s <sup>2</sup> ]
		PGA (Peak Ground Acceleration) grenstoestand NC:	$a_{g,ref} \cdot \gamma_1$ :			

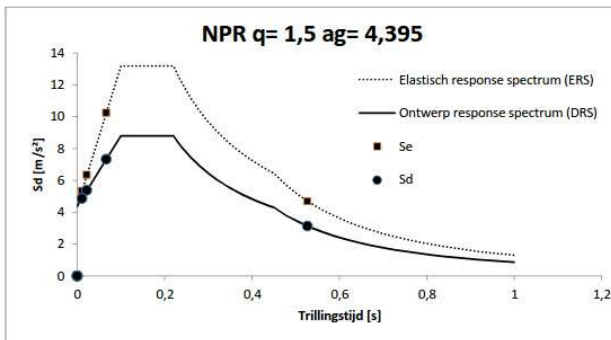
**Resultaten dynamische berekening:**

Trillingsvorm	T(s)	fe [hz]	Massa [ton]	%	Cum %	Sd [m/s <sup>2</sup> ]	Se [m/s <sup>2</sup> ]
1	0,527	1,90	4978	73,3%	73,3%	3,13	4,70
2	0,067	15,01	1190	17,5%	90,9%	7,32	10,25
3	0,022	44,85	333	4,9%	95,8%	5,37	6,35
4	0,011	91,57	144	2,1%	97,9%	4,87	5,35
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 respons.

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**.

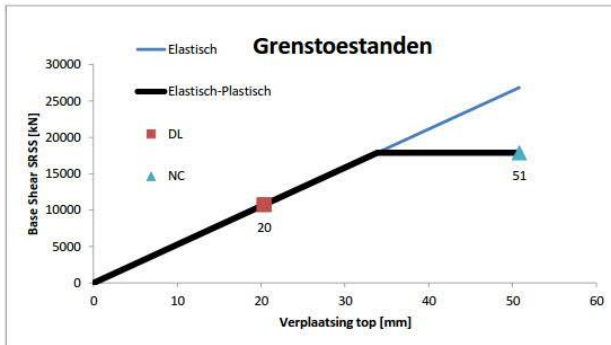
**Elastisch respons spectrum (ERS):**

Spectrum voor de grenstoestand **NC** met q-factor = 1,0. Zie verder "Grenstoestanden".



Project	: Seismische scan exemplarische gebouwen	Lewenborg Y-richting	Projectcode	13663-06-E
Gebouw	: Hanzehogeschool Groningen		Referentie	djk/rtg
Adviesgroep	: SA	Versie: 1.6b	Print date	12-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**

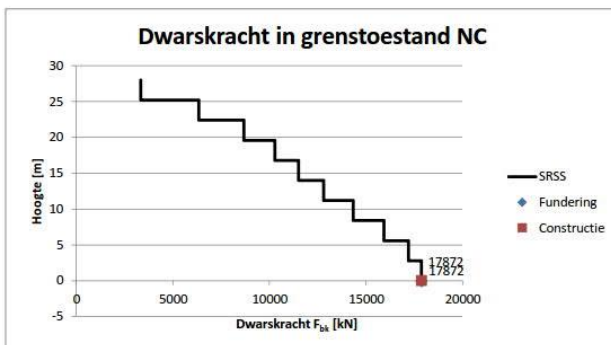


**Grenstoestanden:**

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):**

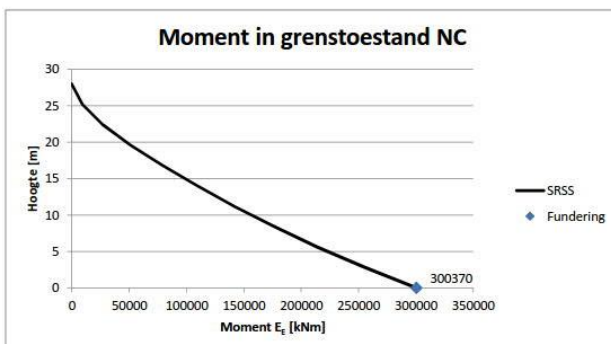
In de grafiek hiernaast is de maximale waarde van het seismische effect voor de dwarskracht verdeeld over de hoogte weergegeven voor grenstoestand **NC**. Het effect wordt bepaald volgens de zogenaamde "volledige kwadratische combinatie" afgekort uit het Engels als "SRSS". De algemene formule uit de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

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

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

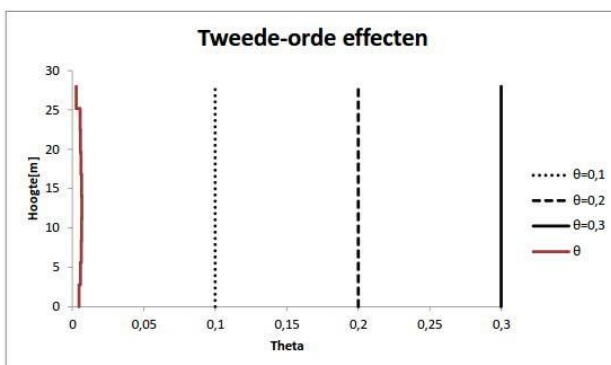
Alle trilvormen die significant bijdragen aan de globale respons worden in rekening gebracht. De totale effectieve geactiveerde massa  $m_k$ , behorende bij trilvorm  $k$ , is zodanig bepaald dat de totale dwarskracht ter plaatse van de fundering  $F_{bk}$  werkend in de richting van de seismische belasting,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

In de grafiek is de hoogste waarde van  $F_{bk}$  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  $\theta < 0,10$ .

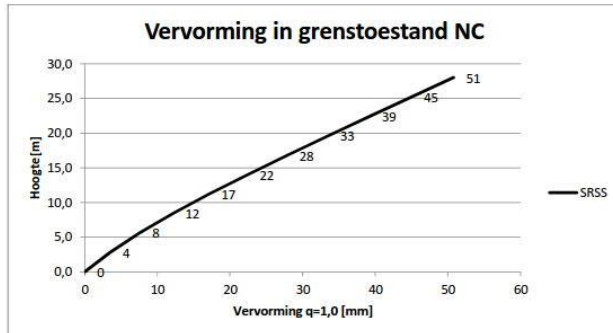
Indien voor één van de verdiepingen geldt  $0,1 < \theta < 0,2$  dan kunnen de tweede-orde-effecten worden benaderd door de relevante seismische belastingseffecten te vermenigvuldigen met een factor gelijk aan  $1/(1 - \theta)$ .

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	Lewenburg Y-richting	Projectcode	I3663-06-E
Gebouw	: Hanzehogeschool Groningen		Referentie	djk/rtg
Adviesgroep	: SA	Versie: 1.6b	Print date	12-mei-15

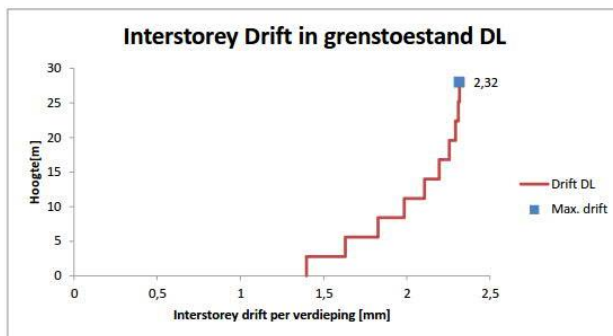
**Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015**



**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  $v$  conform NEN-EN 1998-1 4.4.3.2. De waarde van  $v$  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.





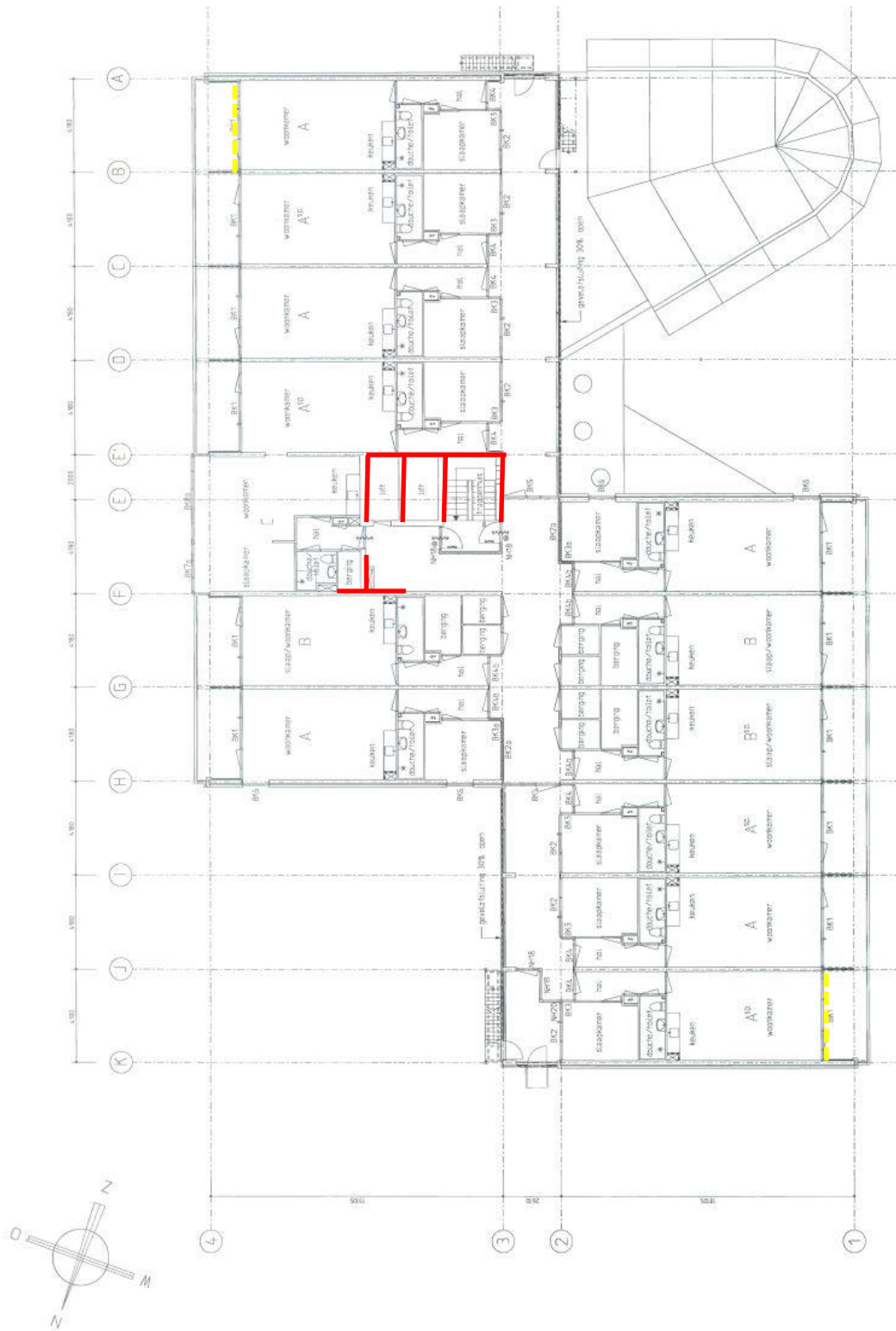


Bijlage 3

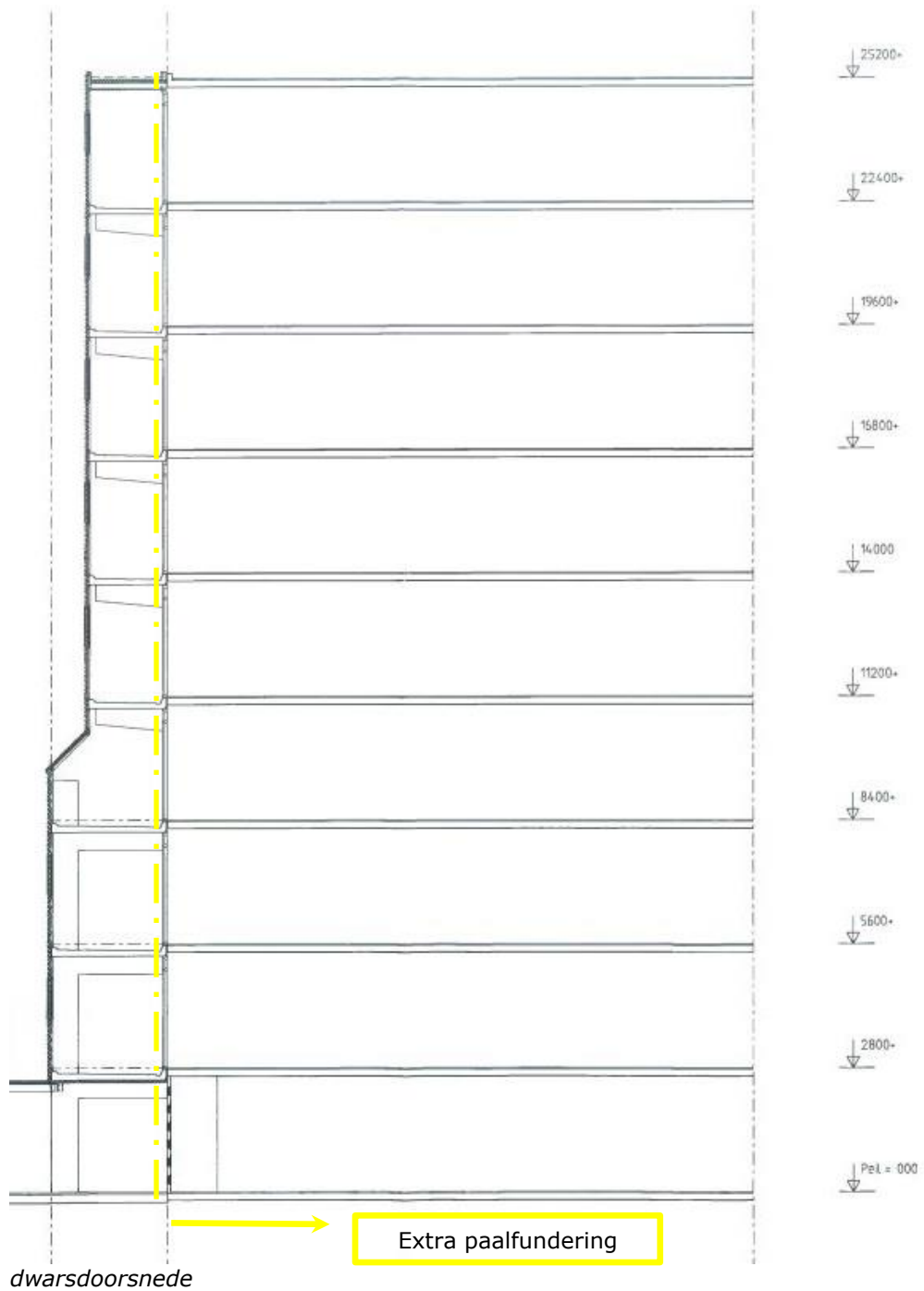
**Tekeningen**

- Constructief
- Bouwkundig

# Constructief



Plattegrond 1<sup>e</sup> verdieping







Bijlage 4

**Foto's**

- Situatie
- Constructief
- Bouwkundig

## Situatie



Kaart

Bron: Google maps



Luchtfoto

Bron: Google maps

## Constructief



Foto C1: Geringe scheurvorming begane grond



Foto C2: Doorsnede begane grondvloer





*Foto C3: Beton consoles t.b.v. balkon en galerij*



*Foto C4: Beton portalen t.b.v. galerij*



*Foto C5: Loopbrug en berging opgesloten aan de Noordzijde.*



## Bouwkundig



*Foto B1: Gevelaanzicht Westzijde*



*Foto B2: Gevelaanzicht Oostzijde*



*Foto B3: Gevelaanzicht Zuidzijde*



*Foto B4: Gevelaanzicht Noordzijde*

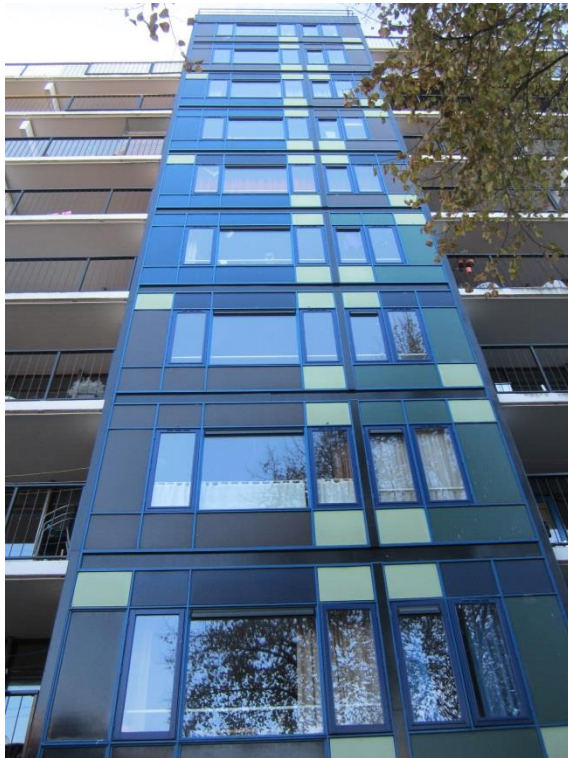




Foto B5: Lichtstraat van enkel glas



Foto B6: Verdiepingshoge houten puien



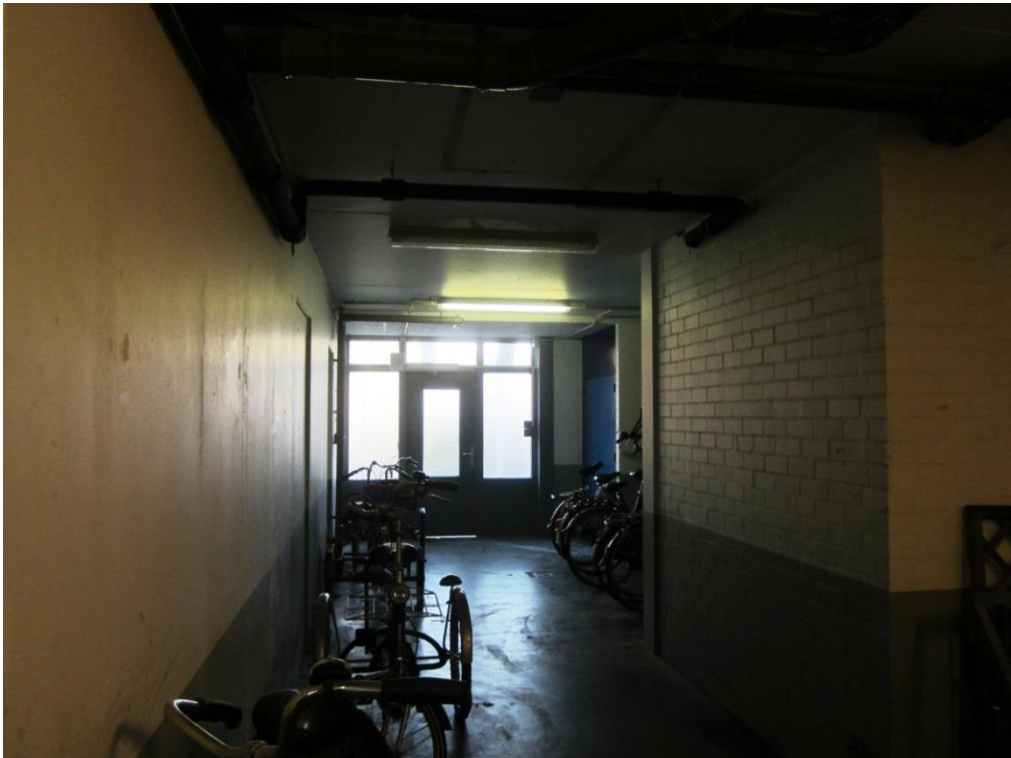
*Foto B7: Houten puien*



*Foto B 8: Overzicht dak met lichtkeopels*



*Foto B9: Stalen spijlen hekwerk*



*Foto B10: Gemetselde binnenwanden begane grond*





*Foto B11: Systeemplafond begane grond*



*Foto B12: Prefab betonnen trap*



*Foto B13: Oplegging tussenbordes*



*Foto B14: Stalen noodtrap*



Foto B15: Verankering Links en Rechts van loopbrug



Foto B16: CV ketel technische ruimte





Foto B17: Overige opstelling technische ruimte



Foto B18: Afzuigventilator woningen



Foto B19: Bevestiging UMTS mast



Foto B20: Bevestiging UMTS mast







Bijlage 5

**Aardbevingen, achtergrondinformatie en begrippen**



## 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.

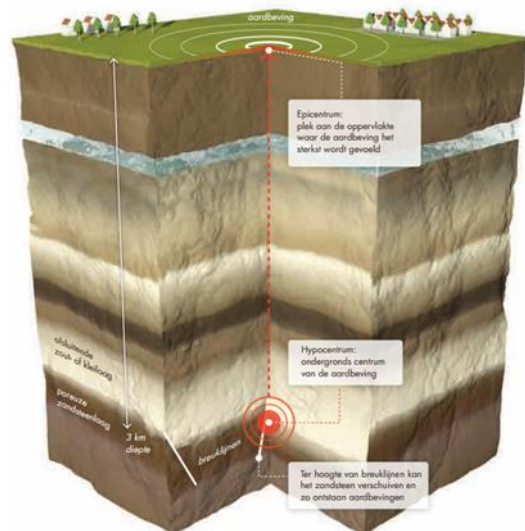
De NAM heeft een internationaal ingenieursbureau opdracht gegeven om de gevolgen van de aardbevingen op bestaande panden te onderzoeken en het ontwikkelen van nieuwe regelgeving voor "Groninger aardbevingen". In deze notitie wordt de relatie tussen aardbevingen en schade aan bebouwing uitgelegd aan de 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.



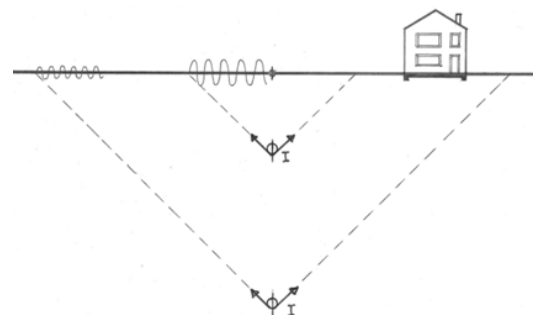
Bijgaande kaart toont de aardbevingen in en rond Nederland. In Groningen is sprake van geïnduceerde bevingen door gaswinning. De geïnduceerde aardbevingen zijn aangeduid met gele stippen. De relatieve grootte van de stip geeft de orde van grootte van de gemeten magnitude aan.

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.

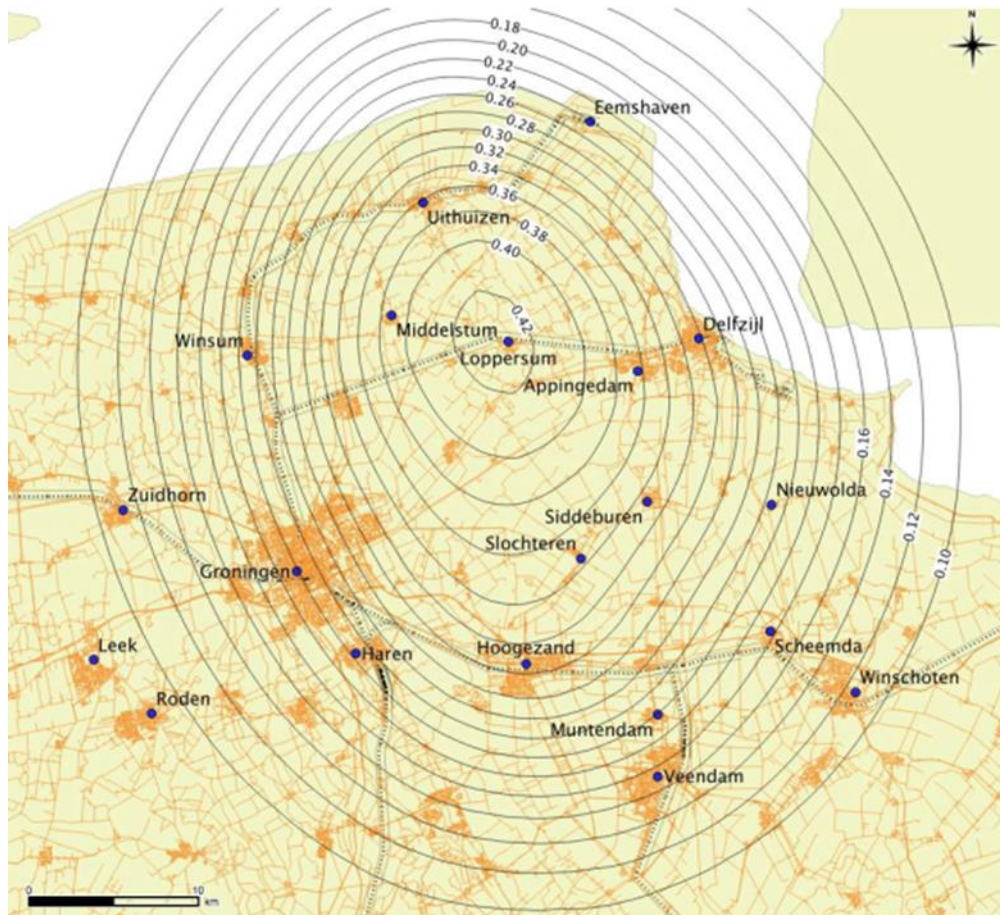
### 2.3. *Toetsing conform de voorlopige NPR 9998 d.d. februari 2015*

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

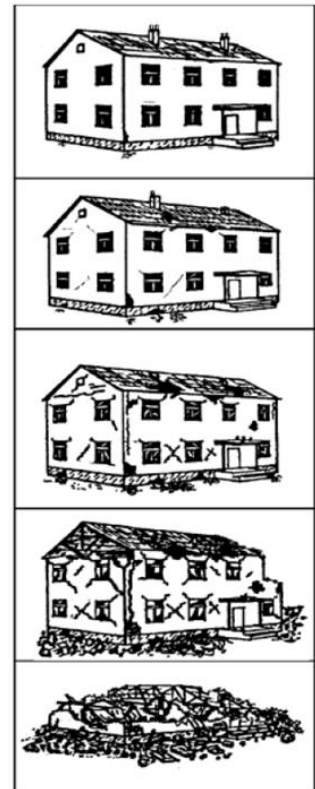
#### 3.1. Algemene risico's bij aardbevingen

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 net 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.

