

CONCEPT

BD1037 | ber\0.001
**Studie naar de impact van
geïnduceerde aardbevingen**

Quicksan aardbevingen stad Groningen

Inhoud

Document titel : Studie naar de impact van geïnduceerde aardbevingen
Documentnummer : ber\0.001

Status : Concept
Datum : 10.03.2014
Project naam : Quicksan aardbevingen stad Groningen
Project nummer : BD1037
Client : Gemeente Groningen
Client contact : Dhr. [REDACTED] 5.1.2e

Opgesteld door : ir. [REDACTED] 5.1.2e
Datum/paraaf :

Gecontroleerd door : dr. ir. [REDACTED] 5.1.2e
Datum/paraaf :

Goedgekeurd door : ir. [REDACTED] 5.1.2e
Datum/paraaf :

Revisiegeschiedenis

wijz.	datum	omschrijving	gewijzigde blz.	toegev. blz.	constr.	gecontr.	gezien

Dit rapport bestaat uit 17 pagina's (en 93 pagina's bijlagen)

HaskoningDHV Nederland B.V.
Buildings
George Hintzenweg 85
3068 AX Rotterdam
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam
T (088) 348 20 00
F (088) 348 28 01
E info@rhdhv.com
W www.royalhaskoningdhv.com

Template revision 002

Inhoudsopgave

1	Inleiding	2
1.1	Beschrijving van het project	2
1.2	Aardbevings scenario's	3
1.3	Leeswijzer	3
1.4	Bronnen	4
1.5	Normen	4
2	Gegevens stad Groningen	5
2.1	Indeling wijken van Groningen	5
2.2	Type bebouwing	6
3	Kwalitatieve analyse	7
4	Kwantitatieve analyse	8
4.1	Opzet kwantitatieve analyse	8
4.2	Horizontaal elastisch response spectrum	9
4.3	Afstand tot epicentrum	10
4.4	Resultaten analyse	12
5	Samenvatting	13
6	Conclusie	14
6.1	Aardbeving van 3,9 op de schaal van Richter	15
6.2	Aardbeving van 4,8 op de schaal van Richter	15
6.3	Aardbeving van 5,3 op de schaal van Richter	15
Bijlagen		
A	Probabilistische analyse bouwtypen	(57 pagina's)
B	WOZ waarden gemeente Groningen	(13 pagina's)
C	Kansverdeling schade aardbevingen	(23 pagina's)

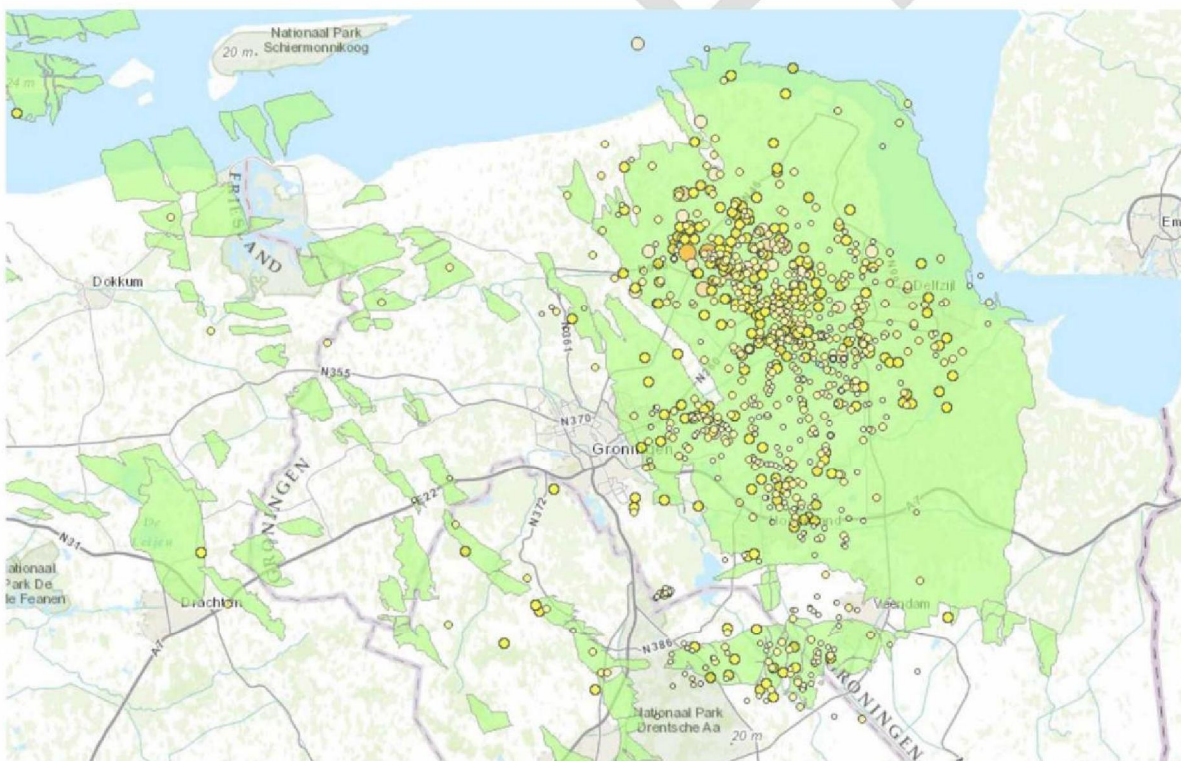
1 Inleiding

1.1 Beschrijving van het project

De gemeente Groningen heeft Royal HaskoningDHV gevraagd een quickscan uit te voeren wat de verwachte impact is voor de gemeente Groningen, wanneer ter hoogte van Harkstede een aardbeving met verschillende magnitudes optreedt. Het gaat om een fictieve situatie, bedoeld om het effect van een denkbeeldige zware aardbeving op de stad Groningen te onderzoeken. In deze fictieve situatie wordt aangenomen dat het epicentrum van een aardbeving zich dichterbij de stad Groningen bevindt dan in de verwachtingen van het KNMI en de NAM.

De Rijksoverheid heeft in 2013 laten onderzoeken wat de schade is door aardbevingen. En welke mogelijkheden zijn er om het aantal en de sterkte van de aardbevingen te verkleinen. Ook is onderzocht wat de gevolgen zijn van minder gaswinning. En wat de ontwikkelingen zijn op de woningmarkt rond het Groningenveld.

Op basis van deze onderzoeken en verschillende adviezen van onder meer Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) heeft het kabinet een besluit genomen over de gaswinning in Groningen. Door de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) is vervolgens op 29 november 2013 een verzoek van wijziging winningsplan ingediend [1] bij het ministerie van Economische Zaken (EZ).



Figuur 1.1 – Overzicht gasvelden en aardbevingen in de regio [bron: NAM platform gaswinning en aardbevingen]

In bijlage 1 van dit rapport is het Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013 opgenomen [2]. Dit rapport omvat de technische analyse van bodemdaling, geïnduceerde aardbevingen en aardbevings gevaar in het Groninger gasveld, die wij als uitgangspunt hebben aangehouden.

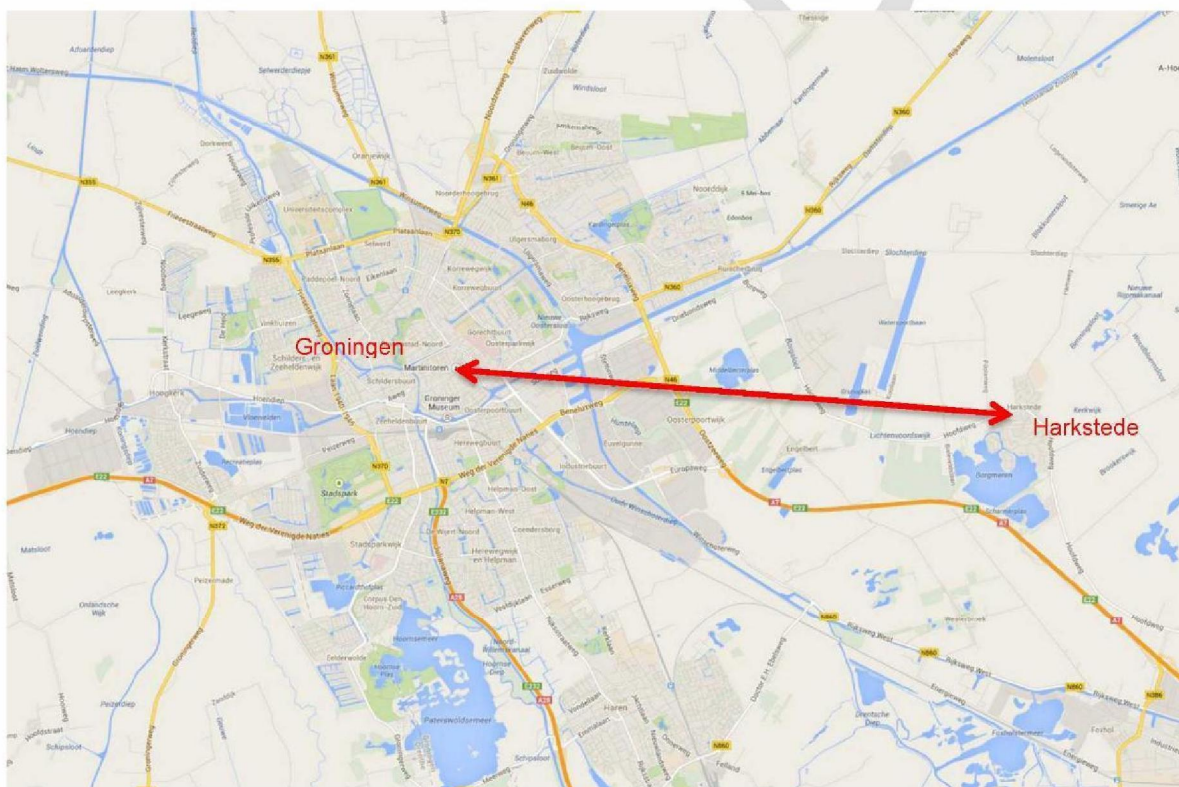
1.2 Aardbevings scenario's

In de opdracht welke verstrekt is aan Royal HaskoningDHV wordt gevraagd uit te gaan van drie scenario's, welke gebaseerd zijn op het Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013, periode 2013-2023. Deze zijn weergegeven in onderstaand overzicht:

	Kracht [Schaal van Richter]	Maximum PGA [m/s ²]
P ₅₀	3,9	0,06g
P ₁₀	4,8	0,33g
P ₂	5,3	0,67g

Deze waarden behoren bij overschrijdingskansen van 50%, 10% en 2% in tien jaar. Deze scenario's worden betrokken op fictieve aardbevingen welke een epicentrum ter plaatse van Harkstede hebben. De afstand Groningen Harkstede is ca. 8,9 km.

Met nadruk wordt vermeld dat de werkelijke kans op dit moment op een aardbeving in Harkstede aanzienlijk kleiner is.



Figuur 1.2 – Groningen en Harkstede [bron: Google maps]

1.3 Leeswijzer

x

1.4 Bronnen

- [1] Formulier aanvraag wijziging winningsplan bij ministerie van Economische Zaken, NAM, 29.10.2013
- [2] Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013
- [3] Handreiking voor het uitvoeren van studies naar het effect van aardbevingen, TNO en Deltares, doc 1209036-000, d.d. feb 2014

1.5 Normen

In dit rapport is gebruik gemaakt van de volgende constructieve voorschriften:

NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011	Eurocode: Grondslagen voor het constructief ontwerp
NEN-EN 1990+A1+A1/C2/NB:2011	Nationale bijlage bij Eurocode: Grondslagen voor het constructief ontwerp
NEN-EN 1991-1-1+C1:2011	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-1: Algemene belastingen – Volumieke gewichten, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen
NEN-EN 1991-1-1+C1/NB:2011	Nationale bijlage bij Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-1: Algemene belastingen – Volumieke gewichten, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen
NEN-EN 1991-1-4 +A1+C2:2011	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting
NEN-EN 1991-1-4+A1+C2/NB:2011	Nationale bijlage bij Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting
NEN-EN 1992-1-1+C2:2011	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
NEN-EN 1992-1-1+C2/NB:2011	Nationale bijlage bij Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
NEN-EN 1993-1-1+C2:2011	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
NEN-EN 1993-1-1+C2/NB:2011	Nationale bijlage bij Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
NEN-EN 1993-1-8+C2:2011	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen
NEN-EN 1993-1-8+C2/NB:2011	Nationale bijlage bij Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen
NEN-EN 1998-1+A1:2013	Eurocode 8: Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies - Deel 1: Algemene regels, seismische belastingen en regels voor gebouwen
NEN-EN 1998-2:2006	Eurocode 8: Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies - Deel 2: Bruggen
NEN-EN 1998-3:2005	Eurocode 8: Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies - Deel 3: Beoordeling en vernieuwing van gebouwen
NEN-EN 1998-4:2007	Eurocode 8 - Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies - Deel 4: Silo's, opslagtanks en pijpleidingen
NEN-EN 1998-5:2005	Eurocode 8 - Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies - Deel 5: Funderingen, grondkerende constructies en geotechnische aspecten
NEN-EN 1998-6:2005	Eurocode 8: Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies - Deel 6: Torens, masten en schoorstenen

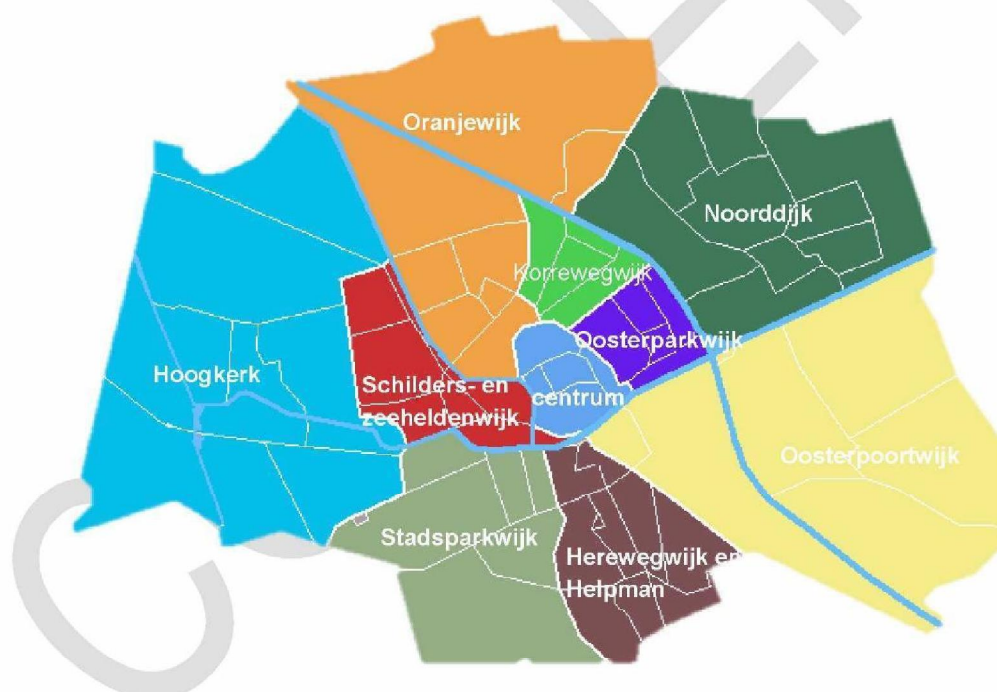
2 Gegevens stad Groningen

2.1 Indeling wijken van Groningen

Voor de beschouwingen in dit rapport wordt de volgende indeling van de gemeente Groningen gehanteerd, welke door het Centraal Bureau voor de Statistiek is vastgelegd. De gegevens in dit hoofdstuk zijn ook ontleend aan het CBS, en hebben betrekking op de periode 2012. De gemeente Groningen is opgedeeld in 10 wijken:

Tabel 2.1 – Inwoners en oppervlakte van Groningen per wijk

Wijk 00 Binnenstad	17.645 inwoners	171 ha
Wijk 01 Schilders- en Zeeheldenwijk	24.305 inwoners	368 ha
Wijk 02 Oranjewijk	24.005 inwoners	1354 ha
Wijk 03 Korrewegwijk	17.275 inwoners	186 ha
Wijk 04 Oosterparkwijk	11.590 inwoners	189 ha
Wijk 05 Oosterpoortwijk	9.260 inwoners	1765 ha
Wijk 06 Herewegwijk en Helpman	24.520 inwoners	507 ha
Wijk 07 Stadsparkwijk	15.915 inwoners	781 ha
Wijk 08 Hoogkerk	15.750 inwoners	1928 ha
Wijk 09 Noorddijk	<u>32.860 inwoners</u>	<u>1127 ha</u>
Totaal	193.125 inwoners	8375 ha



Figuur 2.1 – Indeling van gemeente Groningen in wijken [bron: Wikipedia]

Onderstaande tabel geeft de afstand weer van het centrum van Harkstede naar het hart van de bebouwde gebieden van de verschillende wijken.

Tabel 2.2 – Afstand wijken – Harkstede

	Afstand [km]
Wijk 00 Binnenstad	8,8
Wijk 01 Schilders- en Zeeheldenwijk	9,9
Wijk 02 Oranjewijk	10,7
Wijk 03 Korrewegwijk	9,0
Wijk 04 Oosterparkwijk	8,1
Wijk 05 Oosterpoortwijk	6,3
Wijk 06 Herewegwijk en Helpman	8,3
Wijk 07 Stadsparkwijk	9,9
Wijk 08 Hoogkerk	13,3
Wijk 09 Noorddijk	6,1

2.2 Type bebouwing

In onderstaande tabel zijn de gegevens ten aanzien van de woningen opgenomen.

Tabel 2.3 – Gegevens woningen

	Aantal woningen	Percentage gestapelde bouw [%]	Percentage leegstand [%]	Percentage woningen van na 2000 [%]	Percentage woningen van voor 2000 [%]
Wijk 00 Binnenstad	6.970	66	8	14	86
Wijk 01 Schilders- en Zeeheldenwijk	9.780	43	4	13	87
Wijk 02 Oranjewijk	11.360	55	4	8	92
Wijk 03 Korrewegwijk	8.205	37	5	12	88
Wijk 04 Oosterparkwijk	6.145	38	3	13	87
Wijk 05 Oosterpoortwijk	4.115	42	4	26	74
Wijk 06 Herewegwijk en Helpman	11.790	60	3	8	92
Wijk 07 Stadsparkwijk	7.555	55	4	18	82
Wijk 08 Hoogkerk	6.060	1	2	36	64
Wijk 09 Noorddijk	14.405	20	2	6	94
Totaal	86.385	42	4	13	87

*Definitie gestapelde bouw: woongebouwen die uit meer dan één bouwlaag bestaan en bestemd zijn voor bewoning door meer dan één huishouden

(referentie nog vermelden)

3 Kwalitatieve analyse

Wereldwijd treden jaarlijks vele aardbevingen op en er is inmiddels een gevestigde praktijk hoe deze te registreren, voorspellen en daarop te ontwerpen. Het betreft dan vooral zogenaamde tektonische aardbevingen, veroorzaakt door het langs elkaar schuren van gesteentelagen diep onder de grond op breuklijnen. Daarnaast kunnen aardbevingen ook veroorzaakt worden door menselijk handelen, zoals geïnduceerde aardbevingen door gaswinning in de ondergrond. Een belangrijk verschil tussen tektonische en geïnduceerde aardbevingen zit in de duur van de beving: een tektonische aardbeving duurt in de regel enkele minuten, terwijl de geïnduceerde aardbevingen in de provincie Groningen slechts enkele seconden duren. De regelgeving voor het aardbevingsbestendig ontwerp van gebouwen is in Europa vastgelegd in EN 1998. Cruciaal daarbij is de Nationale Bijlage, waarin een zonering van aan te houden trillingssterktes moet zijn aangegeven voor het betreffende land. Deze Nationale Bijlage bij EN 1998 is in Nederland niet voorhanden.

Hoewel de oorzaak van de aardbeving verschillend kan zijn, komt er in alle gevallen een bepaalde hoeveelheid mechanische energie vrij vanuit de diepe ondergrond die zich aan het oppervlak manifesteert als horizontale en verticale trillingen. Een bodemopbouw bestaande uit slappe grondlagen zal bij dezelfde energievrijgave meer in beweging komen dan een rotsachtige grondopbouw. De meest bekende maat voor de hoeveelheid energie die vrijkomt bij een aardbeving, is de Richterschaal. Dit is een logaritmische schaal en bijgevolg zijn de effecten van zwaardere aardbevingen vele malen groter dan de onderlinge verhouding van de magnitudes op de schaal van Richter. De trillingen op maaiveld worden doorgaans geregistreerd als versnellingen en de maximale waarde daarvan, de piek-grondversnelling (PGA), is uitgangspunt voor het ontwerp van gebouwen of de vaststelling van de mogelijke schade aan een constructie. EN 1998-1 typeert gebieden met een PGA van $0.1 \cdot g$ (met g als de zwaartekrachtversnelling) als gebieden met lage seismische activiteit. In zeer zware aardbevingsgebieden komen PGA's van $0.5 \cdot g$ voor.

Bij het ondergaan van een aardbevingsbelasting door een gebouw, spelen de volgende eigenschappen een sleutelrol:

- de massa en de verdeling daarvan over de hoogte
- de verhouding tussen stijfheid en massa, uitgedrukt door de (laagste) eigenfrequentie of (hoogste) eigenperiode
- de aanwezige demping door de gebruikte materialen
- de mate waarin de toegevoegde energie veilig kan worden opgenomen in specifieke gedeeltes van het gebouw
- de geometrie en algehele grootte
- de verwekingsgevoeligheid van de ondergrond

Hoe meer massa in een gebouw, des te groter zijn de krachten op het gebouw tijdens een aardbeving. Massa op grote hoogte werkt daarbij ongunstig. In een bepaald frequentiegebied worden constructies belast door 2,5 maal de waarde van de PGA of meer, terwijl voor zeer lage eigenfrequenties de seismische belasting zeer gering is. Als vuistregel geldt dat stijvere constructies meer seismische belasting te verwerken krijgen, maar vaak ook een grotere sterkte hebben, zodat per saldo de situatie bij een aardbeving niet slechter hoeft te zijn dan bij slappe constructies. Voor gebouwen die trillingen moeizaam uitdempen, zoals staalconstructies, kan de seismische belasting 30% hoger uitvallen dan voor constructies met een standaard-demping.

De aanwezigheid van energie-dissiperende scharnieren op de juiste plaatsen zorgt voor een belangrijke vergroting van de veiligheid van het gebouw. Bij relatief korte aardbevingen zoals in de provincie Groningen, zal de effectiviteit van dergelijke energiedissipatie beperkt zijn. Typisch Nederlandse architectuur met ongelijkmatige geometrieën en overstekken op grote hoogte is extra kwetsbaar bij een aardbeving. Bij grote gebouwen kan de wisselwerking tussen ondergrond en bovenliggende constructie zodanig zijn, dat de algehele seismische respons verandert, meestal in gunstige zin. Bij een tektonische aardbeving kunnen onder bepaalde voorwaarden grote verschuivingen van de zanderige, verzadigde grond en bovenliggende constructie ontstaan.

4 Kwantitatieve analyse

4.1 Opzet kwantitatieve analyse

Om in deze quickscan kwantitatieve resultaten te kunnen presenteren, is een analyse uitgevoerd op basis van enkele aannamen. In dit hoofdstuk wordt de opzet van deze berekening beschreven en in bijlage A zijn de berekeningen opgenomen, in bijlage C zijn de resultaten opgenomen op basis van de waarde gegevens, welke in bijlage B zijn opgenomen.

Op basis van het geldende bouwbesluit in Nederland, kan er vanuit worden gegaan dat gebouwen een minimale betrouwbaarheid hebben, welke in de normen zijn vastgelegd. In Nederland wordt een gebouw veelal getoetst op enkel een horizontale belasting uit wind. Aardbevingen geven zowel horizontaal als verticaal belastingen op een constructie (versnelling x meewerkende massa). De verticale belastingen op gebouwen uit permanente en veranderlijke belastingen zijn in het algemeen veel groter dan de horizontale belastingen. We gaan er daarom vanuit dat de gebouwen in Groningen voldoende sterk zijn om de verticale belastingen uit aardbevingen te dragen. In deze quickscan maken we een vergelijking op basis van de horizontale belastingen.

Er zijn enkele typen gebouwen bepaald, welke een doorsnede van alle gebouwen in Groningen moet voorstellen. De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van de volgende typen:

Tabel 4.1 – Gebouwtypen - woningen

Type 01	Rijteswoning 2 verdiepingen met zolder, 5 woningen, betonnen hoofddraagconstructie
Type 02	Twee onder een kap, 2 verdiepingen met zolder, betonnen hoofddraagconstructie
Type 03	Gestapelde bouw, rij van 5 woningen, 4 verdiepingen met plat dak, betonnen hoofddraagconstructie
Type 04	Gestapelde bouw, vierkante plattegrond, 4 verd. met plat dak, betonnen hoofddraagconstructie
Type 05	Hoogbouw, rechthoekige plattegrond, 8 verdiepingen, betonnen hoofddraagconstructie
Type 06	Hoogbouw, vierkante plattegrond, 8 verdiepingen, betonnen hoofddraagconstructie
Type 07	Vrijstaande woning, 1 verdieping met zolder, betonnen hoofddraagconstructie

Tabel 4.2 – Gebouwtypen – niet-woningen

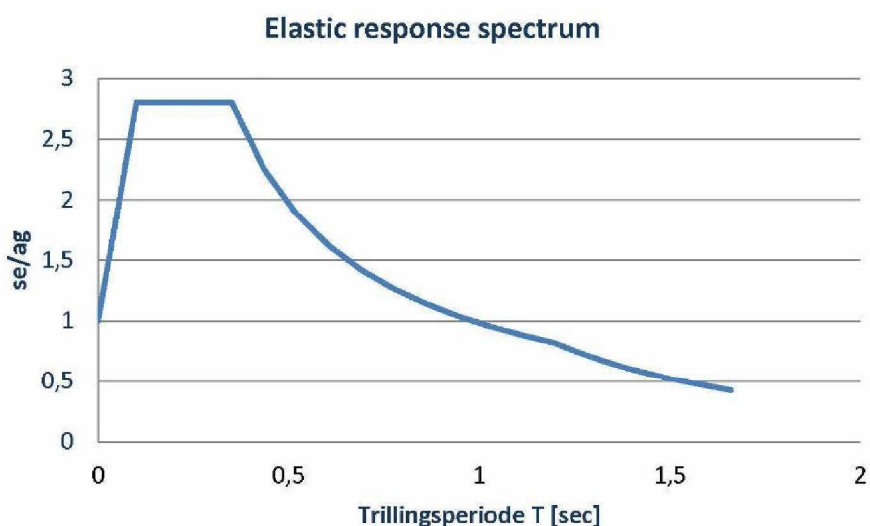
Type 08	Kantoor, 3 verdiepingen, 20m x 80m, betonnen hoofddraagconstructie
Type 09	Kantoor, 6 verdiepingen, 20m x 80m, betonnen hoofddraagconstructie
Type 10	Kantoor, 3 verdiepingen, 20m x 80m, stalen hoofddraagconstructie
Type 11	Kantoor, 6 verdiepingen, 20m x 80m, stalen hoofddraagconstructie
Type 12	Industriëel gebouw, 2 verdiepingen, 20m x 80m, stalen hoofddraagconstructie
Type 13	Industriëel gebouw, grote hal, 1 verdieping, 20m x 80m x 15m, stalen hoofddraagconstructie
Type 14	Monumentaal pand, 4 verdiepingen, 30m x 30m, metselwerk hoofddraagconstructie

Voor bovenstaande type woningen zijn de diverse factoren welke invloed hebben op het gedrag van de gebouwen bij een aardbeving geschat. Tevens is rekening gehouden met het veiligheidsniveau waarop het gebouw ontworpen is en de belastingen die voortkomen uit het gebruik.

4.2 Horizontaal elastisch response spectrum

Omdat de nationale bijlage van Eurocode 8 (NEN-EN 1998-1) nog ontbreekt, is in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken een handreiking geschreven, welke als toevoeging op deze Eurocode 8 [3]. Dit rapport is geschreven voor toetsing van constructies in het Eemsmond gebied.

Hierin zijn voor de horizontale componenten van de seismische belasting elastische response spectrum gedefinieerd voor de geïnduceerde aardbevingen.



Figuur 4.1 – Elastisch response spectrum, bij een viskeuze demping van 5%.

Bodemfactor	$S = 1,0$
$T_B = 0,10$ s	Ondergrens van de periodes waarvoor de spectrale versnelling constant is
$T_C = 0,35$ s	Bovengrens van de periodes waarvoor de spectrale versnelling constant is
$T_D = 1,20$ s	Periode die het begin aangeeft van de constante verplaatsingsrespons van het spectrum

Voor de verschillende gebouwtypen is de eigenfrequentie ingeschat en is de meewerkende massa bepaald. Hiermee kan de horizontale belasting bepaald worden.

4.3 Afstand tot epicentrum

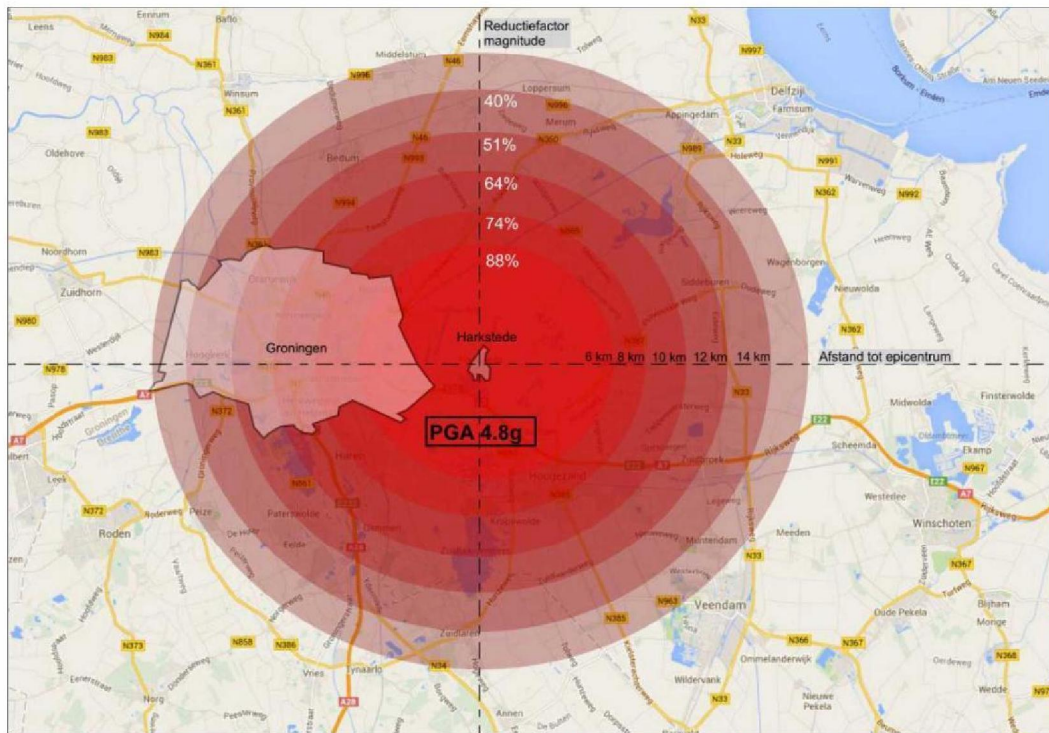
De aardbevingsanalyse gaat uit van een epicentrum in Harkstede, aan de Oostzijde van de stad Groningen. De gemiddelde afstand tussen Harkstede en Groningen is ca. 8,9 km. Bij het plaatsvinden van een aardbeving met Harkstede als epicentrum, zal de grondversnelling (PGA) over deze afstand kleiner worden. Om die reden kan de uiteindelijke impact op de gebouwen in Groningen gereduceerd worden. Deze reductie verschilt per wijk, vanwege de significante verschillen in afstand tot Harkstede én per magnitude.

De reductie van de versnelling over een bepaalde afstand is lastig te voorstellen, door het complexe gedrag van een aardbeving. Een nauwkeurige benadering van de PGA's op maaiveld voor de verschillende afstanden vanaf Harkstede als fictieve bron voor een gemiddeld profiel zijn hieronder weergegeven. In de drie kolommen staan de PGA's gegeven voor de referentie Magnitudes en PGA's.

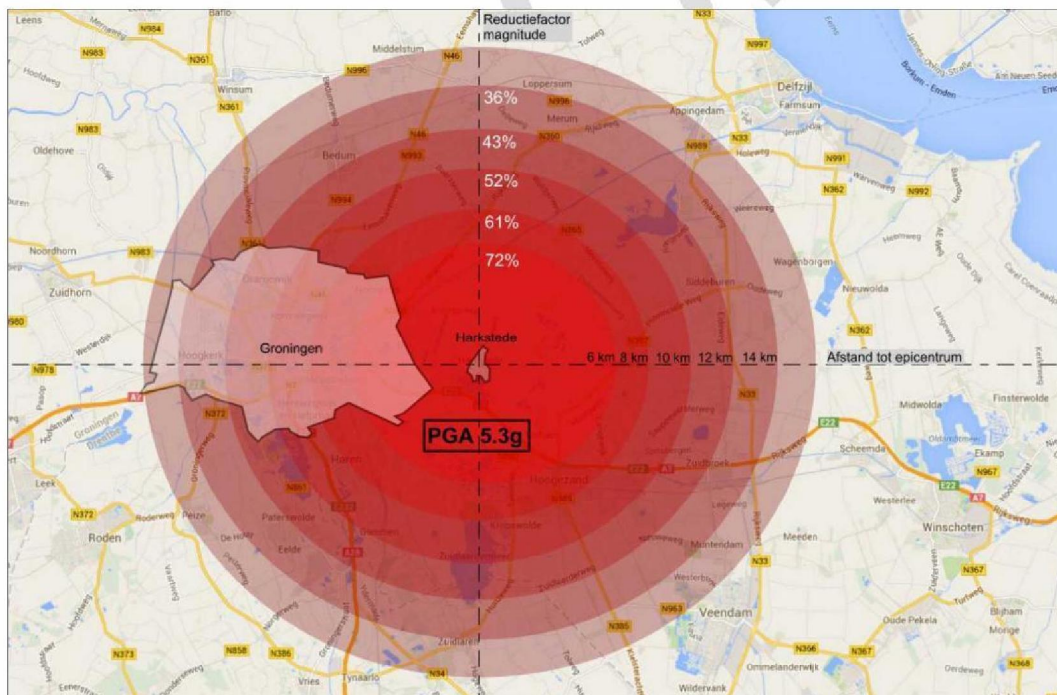
Wijk binnen Stad Groningen	Afstand [km]	Kans voor 50 jaar				
		P50	P10		P2	
		Referentie M [-]				
		3.9	4.8	5.3		
		Referentie PGA_maaiveld [g]				
0.06 g	0.33 g		0.67 g			
PGA_maaiveld [g]						
Wijk 00 Binnenstad	8.8	0.11 g	0.23 g	70%	0.38 g	57%
Wijk 01 Schilders- en Zeeheldenwijk	9.9	0.09 g	0.20 g	61%	0.35 g	52%
Wijk 02 Oranjewijk	10.7	0.09 g	0.19 g	58%	0.32 g	48%
Wijk 03 Korrewegwijk	9	0.10 g	0.22 g	67%	0.38 g	57%
Wijk 04 Oosterparkwijk	8.1	0.12 g	0.24 g	73%	0.41 g	61%
Wijk 05 Oosterpoortwijk	6.3	0.14 g	0.29 g	88%	0.48 g	72%
Wijk 06 Herewegwijk en Helpman	8.3	0.11 g	0.24 g	73%	0.40 g	60%
Wijk 07 Stadsparkwijk	9.9	0.09 g	0.20 g	61%	0.35 g	52%
Wijk 08 Hoogkerk	13.3	0.06 g	0.15 g	45%	0.26 g	39%
Wijk 09 Noorddijk	6.1	0.14 g	0.29 g	88%	0.48 g	72%

Voor de lichte aardbevingen (PGA = 3,9) is er een significante discrepantie tussen onze eigen PGA analyse en de opgegeven PGA van 0,06g. In deze rapportage wordt deze discrepantie niet verder besproken of onderzocht. Voor de lichte aardbevingen wordt derhalve geen reductiefactor in rekening genomen.

Voor de zwaardere aardbevingen geeft de tabel weldegelijk reducties aan, waarbij de reductiefactor groter wordt, naarmate de magnitude ook groter is. In de volgende figuren zijn de reducties per PGA geografisch weergegeven.



Figuur 4.2 – Reductiefactor op basis van afstand tot epicentrum voor Magnitude 4,8 PGA 0,33g(staat foutief in figuur, wordt nog aangepast) [bron: Google maps]



Figuur 4.3 – Reductiefactor op basis van afstand tot epicentrum voor Magnitude 5,3 PGA 0,67g(staat foutief in figuur, wordt nog aangepast)[bron: Google maps]

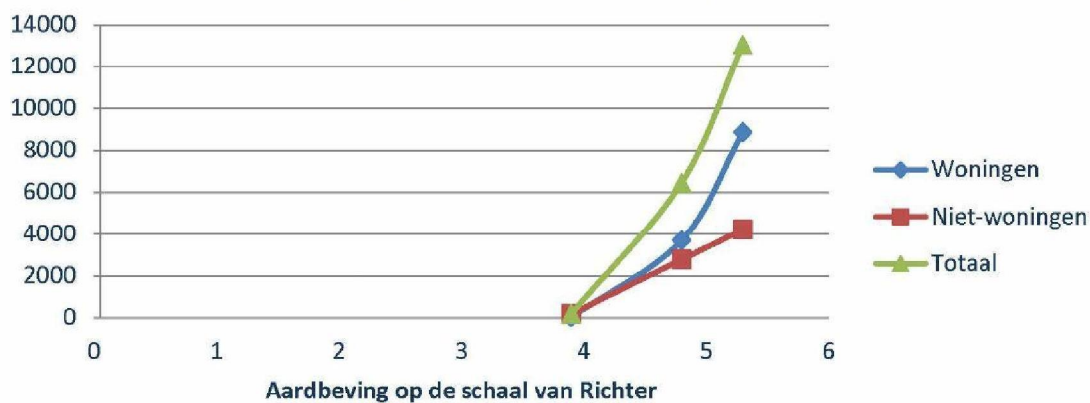
4.4 Berekeningsmethodiek

5.1.2e

Resultaten analyse

Op basis van de WOZ waarden van de gebouwen in Groningen is een schatting gemaakt van de schade aan gebouwen. Hiervoor is per wijk bepaald wat de verdeling is van de verschillende bouwtypen. Per bouwtype wordt dan de schade bepaald op basis van de berekende waarden voor kans op lichte schade en instorten.

Verwachte schade (in miljoen euro)



Figuur 4.4 – Resultaten verwachte schade in gemeente Groningen

4.6 Vergelijking berekende schade met literatuurstudie

5.1.2e

4.7 Analyse slachtoffers op basis van bouwkundige schade

5.1.2e

5 Samenvatting

De gemeente Groningen heeft Royal HaskoningDHV gevraagd een QuickScan uit te voeren van wat de verwachte impact is voor de gemeente Groningen, wanneer ter hoogte van Harkstede een aardbeving met verschillende magnitudes optreedt.

Om deze vraag te beantwoorden hebben wij de volgende onderzoeken gedaan:

- Literatuur studie;
- Geotechnische studie naar de invloed van de horizontale afstand naar het epicentrum;
- Kwalitatieve beschouwing van alle risicofactoren;
- Kwantitatieve beschouwing van de impact op gebouwen en mensen;

De conclusies zijn getrokken op basis van alle verzamelde gegevens.

Hierbij zijn aardbevingen beschouwd van resp. 3,9, 4,8 en 5,3 op de schaal van Richter welke aansluiten bij tabel 0,1 in bijlage 1 (technical addendum to the winningsplan Groningen 2013) van het onderzoeksrapport van de NAM naar beperking van het aantal aardbevingen en de sterkte en bijbehorende toetsing door TNO. Hierin staan ook de versnellingen (PGA) aangegeven aan het aardoppervlak.

Voor de aardbeving van 4,8 en 5,3 hebben wij deze versnelling aangehouden en daarbij een schatting gemaakt van de uitdamping richting de stad. Voor de aardbeving van 3,9 is een PGA van 0,06g gegeven. Deze is naar ons oordeel (te) laag. Daarom zijn wij er nu vanuit gegaan dat er geen demping is. Uit nader onderzoek zou kunnen blijken dat de versnellingen in de stad hoger zijn.

Uit de QuickScan blijkt dat de constructies van de gebouwen in Groningen niet zijn ontworpen op aardbevingsbelasting. Zeker bij de zwaardere aardbevingen geldt voor een significant deel van de gebouwen dat de constructie niet bestand is tegen de krachten die bij een aardbeving optreden. Wij gaan er echter vanuit dat overige onderdelen van een gebouw (zoals gevels en binnenwanden) onbedoeld ook bijdragen aan de bestandheid tegen aardbevingen. Dit effect is moeilijk nauwkeurig te kwantificeren. De uitkomst van het onderzoek heeft daardoor geen hoge betrouwbaarheid.

Voor alle bouwtypen geldt dat wij verwachten dat deze, dankzij deze onbedoelde extra bestandheid, niet zullen instorten bij een aardbeving van 3,9 op de schaal van Richter op de onderzochte afstand. Wel zal er schade optreden aan de gebouwen. Bij de aardbevingen van 4,8 en 5,3 verwachten wij wel dat een aantal gebouwen zullen instorten en ook dat er slachtoffers te betreuren zullen zijn.

Uit onze statistische analyse (kwantitatieve beschouwing) volgt een hogere impact dan die wij in de conclusie presenteren. Vanwege de bevindingen in de literatuurstudie hebben wij onze conclusie meer in lijn gebracht met de resultaten van andere onderzoeken en de geregistreerde impact van eerdere aardbevingen (waaronder die in het zuiden van Nederland). Overigens bleek ook uit andere onderzoeken in Groningen dat de theoretische berekende impact zwaarder is dan de reële verwachting op basis van bekende gegevens over aardbevingen elders.

Wij wijzen er op dat met de QuickScan een zeer voorlopig oordeel hebben gegeven over de verwachte impact van veronderstelde aardbevingen. Op dit moment is het niet de verwachting dat deze aardbevingen ook daadwerkelijk gaan optreden. De conclusie mag dan ook niet zo worden gelezen dat deze impact wordt verwacht. Lichtere aardbevingen zijn wel een reëel scenario. Wij bevelen daarom aan vervolgonderzoek te doen gericht op de meer risicovolle objecten bij lichte aardbevingen. Hierbij zouden alle ingeschatte parameters voor deze QuickScan moeten worden geverifieerd.

Ook dient het aanbeveling inzicht te verschaffen in hoe schade en slachtoffers samenhangen met bijvoorbeeld het al dan niet nemen van een aantal niet-bouwkundige en niet-fysische parameters zoals het nemen van voorzorgsmaatregelen en een aantal niet technische aspecten zoals een deugdelijk calamiteitenplan en goede communicatie hierover.

Tot slot is het, om de effecten van een aardbeving op de stad Groningen, in termen van schade en slachtoffers, inzichtelijk te maken het aan te bevelen aanvullend onderzoek te doen naar de effecten van de schade aan essentiële infrastructuur als ondergrondse (water)leidingen en het elektriciteitsnetwerk. De aanvullende indirecte, hoofdzakelijk economische, schade veroorzaakt door schade aan de infrastructuur kan groot zijn.

6 Conclusie

De gebouwen in de stad Groningen zijn niet ontworpen op aardbevingsbelasting. Voor de stabiliteit is ontworpen op de horizontale krachten uit een storm die in veel gevallen aanzienlijk kleiner zijn dan die bij een matige aardbeving.

Bij een aardbevingsbestendig ontwerp van een gebouw zou met de volgende uitgangspunten rekening moeten worden gehouden:

Aardbevingsbestendig ontwerp

Geen gebouwen met langgerekte plattegrond, lengte – breedte verhouding maximaal 1 :4

Geen gebouwen met L-, T- of U-vormige plattegrond (tenzij ontkoppeld)

Plaats de stabiliserende voorzieningen dusdanig dat het rotatiepunt samenvalt met het zwaartepunt

Plaats kolommen recht boven elkaar

Vermijd korte kolommen

Geen grote uitkragingen, maximaal 2 m

Maak stijve vloerschijven

Maak hoofddilataties dusdanig breed dat de gebouwen elkaar bij een aardbeving niet raken

Situatie in Groningen

Rijtjeswoningen en galerijflats voldoen hier vaak niet aan.

Dit komt in Groningen veelvuldig voor, de hoek wordt juist gebruikt om stabiliseren.

In Groningen zijn de plaatsen afgestemd op de windbelasting, deze komt vaak niet overeen met het zwaartepunt.

Bij overgang van functies zijn er soms overdrachtsconstructies (bv. een balk) toegepast.

Komt voor in prefab. gevelelementen en bij half verdiepte parkeergarages.

Gebouwen met grote vides of houten vloeren voldoen hier vaak niet aan.

De in Nederland gebruikelijke maat van 20 mm is hiervoor onvoldoende.

Wanneer gebouwen op één of meer punten niet aan deze regels voldoen zullen die tegen minder zware aardbevingen bestand zijn. Daarnaast zijn gebouwen met meerdere woningen vanwege de hoge eisen aan de geluidsisolatie van wanden en vloeren in Nederland relatief zwaar. Dit is ongunstig voor de aardbevingsbestendigheid van die gebouwen. In de stad Groningen zitten in een groot deel van de gebouwen meerdere woningen.

In ieder gebouw zijn, in mindere of meerdere mate, bouwkundige constructies aanwezig zoals gevels, niet dragende wanden, muurafwerking en trappen. Deze verhogen de stabiliteit en kunnen instorting bij een aardbeving voorkomen. Hierbij kan echter wel bouwkundige schade optreden.

Naast dat de constructies sterk genoeg moeten zijn om een aardbeving te weerstaan moeten ze ook robuust zijn gedetailleerd. Wanneer dat niet het geval is kunnen constructieonderdelen, die op zich sterk genoeg zijn, los van elkaar komen met instorting van (een deel) van een gebouw als gevolg. Denk hierbij aan houten balken die ingekast zijn in metselwerk maar daar niet in zijn verankerd of aan prefab. balkonplaten die los op een console liggen. Een deel van de in Nederland gangbare detailleringen is onvoldoende robuust voor aardbevingen.

Als een draagconstructie van een gebouw sterk en robuust genoeg is om een aardbeving te weerstaan kan er nog steeds schade aan het gebouw en gevaar voor personen ontstaan. Bouwkundige elementen en installaties

kunnen bezwijken of loskomen doordat deze niet op aardbevingen zijn ontworpen. Onderdelen die slechts een beperkte aardbevingsbestendigheid hebben zijn bijvoorbeeld:

- Dakpannen;
- Gemetselde schoorstenen;
- Gemetselde borstweringen en dakranden;
- Zware gevels of buitenbladen;
- Verlaagde plafonds.

Tot slot kan ook nog gevaar ontstaan door de inrichting van de gebouwen. Hoge zware elementen zouden moeten worden vastgemaakt aan muren om omvallen te voorkomen. Denk hierbij aan dossierkasten in kantoren of boekenkasten in woningen.

Op basis van onze analyses in het kader van deze QuickScan verwachten wij de volgende impact in de gemeente Groningen bij aardbeving van respectievelijk 3,9, 4,8 en 5,3 op de schaal van Richter uitgaande van het epicentrum in Harkstede.

6.1 Aardbeving van 3,9 op de schaal van Richter:

Voor veel gebouwen geldt dat de hoofddraagconstructie sterk genoeg is om de krachten die bij de aardbeving ontstaan op te nemen. Naar schatting zal bij 1/3-deel van de gestapelde woningbouw en een klein deel van de rijtjeswoningen gelden dat de krachten niet volledig door de hoofddraagconstructie kunnen worden opgenomen. De bouwkundige constructies bij deze gebouwen, zoals de niet dragende gevels, zullen naar verwachting voldoende sterk zijn om te voorkomen dat de gebouwen instorten maar bij een deel van deze gebouwen kan hierdoor bouwkundige schade optreden. Deze kan enkele honderden miljoenen euro's bedragen.

Wij verwachten dat de schade aan onderdelen van gebouwen zeer beperkt zal zijn. Het kan niet worden uitgesloten dat er een dakpan losraakt ergens een stuk van een gevel valt. De kans dat er gewonden zullen vallen bij een aardbeving van 3,9 op de schaal van Richter is niet zo groot.

6.2 Aardbeving van 4,8 op de schaal van Richter:

De krachten die ontstaan bij een aardbeving van 4,8 op de schaal van Richter zijn 5,5 keer zo groot als die bij een aardbeving van 3,9 op de schaal van Richter. Voor de gestapelde woningbouw en rijtjeswoningen geldt dat er dan een reëel gevaar zou zijn dat er gebouwen instorten. Dit geldt ook in mindere mate voor twee-onder-een-kapwoningen en in nog mindere mate voor vrijstaande woningen. Wij verwachten dat enkele honderden woningen zouden instorten bij een aardbeving van 4,8 op de schaal van Richter waarbij tientallen fatale slachtoffers en tientallen zwaargewonden zouden kunnen vallen.

De bouwkundige schade bestaat naast de instortingen ook uit een grote hoeveelheid scheuren, verzakkingen en het bezwijken van onderdelen van gebouwen. Hierdoor zou de bouwkundige schade oplopen tot enkele miljarden euro's.

6.3 Aardbeving van 5,3 op de schaal van Richter:

De krachten die ontstaan bij een aardbeving van 5,3 op de schaal van Richter zijn twee keer zo groot als die bij een aardbeving van 4,8 op de schaal van Richter. Voor alle type bebouwing geldt dat er dan een reëel gevaar zou zijn dat er gebouwen instorten. Wij verwachten dat vele honderden gebouwen zouden instorten bij een aardbeving van 5,3 op de schaal van Richter waarbij vele tientallen fatale slachtoffers en vele tientallen zwaargewonden zouden vallen.

Een groot gedeelte van de gebouwen zou bouwkundige schade oplopen. Wij schatten dat de bouwkundige schade vijf miljard euro zal bedragen.