

Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken

ROK 1.3

Addendum Aardbevingen

t.b.v. de ZUIDELIJKE RINGWEG GRONINGEN

Datum	Januari 2016
Status	Definitief

Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken

ROK 1.3 Addendum Aardbevingen

RTD 1001:2015/A:Aardbevingen:2016

Datum	Januari 2016
Status	Definitief

Versie 1.1: wijzigingen zijn in blauw

Versie 1.2: aanvullende wijzigingen zijn in rood

Colofon

Uitgegeven door	RWS GPO
Informatie	rok-info@rws.nl
Datum	15-01-2016
Status	Definitief
Versienummer	1.2

Voorwoord

Met het publiceren van de Eurocode-delen (EC's) met bijbehorende Nationale Bijlagen van de EC-cluster Bruggen zijn Europese Normen beschikbaar gekomen voor het beoordelen van Rijkswaterstaat Kunstwerken. Met ingang van 1 april 2012 wijst het Bouwbesluit 2012 de Eurocodes (EC's) aan als normen waarmee de constructieve veiligheid en duurzaamheid van bouwwerken moet worden aangetoond.

De EC's zijn in Europees verband vastgesteld in de periode 2002 t/m 2005. Voor het toepassen van de Eurocodes in Nederland, moeten deze worden gebruikt in samenhang met de Nationale Bijlage per Eurocode-deel.

Hoe om te gaan met deze Eurocodes binnen aanleg- en onderhoudsprojecten staat beschreven in de Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken (ROK) voor nieuwe bouwwerken en in de Richtlijnen Bestaande Kunstwerken (RBK) voor bestaande bouwwerken.

Tot nu toe is er geen aanleiding geweest om Nationale Bijlagen bij de Eurocodes ten behoeve van het ontwerp en de berekening van aardbevingbestendige constructies – de EN 1998-serie – op te stellen. Ondanks het ontbreken van een Nationale Bijlage wordt Eurocode 8 wel van toepassing verklaard op dit werk, waarbij voor de ontbrekende parameters en aanvullende eisen de gegevens uit dit document dienen te worden toegepast.

In Noord Nederland komen aardbevingen voor die ontstaan ten gevolge van het inklinken van de grond op relatief geringe diepte onder het aardoppervlak, met als oorzaak de winning van gas uit het Groninger gasveld. Deze zogenoemde "geïnduceerde" aardbevingen onderscheiden zich van de in de wereld veel voorkomende en algemeen bekende "tektonische" aardbevingen, die optreden ten gevolge van grondbewegingen in de diepe aardkorst.

Door het ontbreken van de Nationale Bijlage per Eurocode-deel zijn, ten behoeve van het project Zuidelijke Ringweg Groningen, projectspecifiek de NDP's bepaald voor de volgende Eurocodedelen:

NEN-EN 1998-1:2005 (en) incl. C1:2009 incl. A1:2013	Eurocode 8 - Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies - Deel 1: Algemene regels, seismische belastingen en regels voor gebouwen (inclusief correctieblad C1:2009 en wijzigingsblad A1:2013)
NEN-EN 1998-2:2006 (en) incl. A1:2009 incl. C1:2010 incl. A2:2011	Eurocode 8 - Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies - Deel 2: Bruggen (inclusief correctieblad C1:2009 en wijzigingsbladen A1:2009 en A2:2011)
NEN-EN 1998-3:2005 (en) Incl C2:2013	Eurocode 8 - Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies - Deel 3: Beoordeling en vernieuwing van gebouwen (Inclusief correctieblad C2:2013)
NEN-EN 1998-5:2005 (en)	Eurocode 8 - Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies - Deel 5: Funderingen, grondkerende constructies en geotechnische aspecten

Deze NDP's zijn in dit document gegeven, daarnaast worden, waar nodig, aanvullingen gegeven.

Inhoudsopgave

1	Toepassingsgebied ROK Addendum Aardbevingen	8
1.1	Inleiding	8
1.2	Doelstelling	8
1.3	Definitie kunstwerkcategorieën	8
2	Overzicht normatieve verwijzingen	9
2.1	NEN normen	9
2.2	Onderzoeksrapporten en literatuur, RWS richtlijnen en overige documenten	10
3	Aanvullingen op de Eurocodes en overige ontwerprijtlijnen (inclusief Nationaal Bepaalde Parameters)	11
3.1	Van toepassing zijnde richtlijnen en hun rangorde	11
3.2	Leeswijzer	11
4	Eurocode – Grondslagen van het constructief ontwerp	13
4.1	Aanvullingen op NEN-EN 1990 + NB; algemeen	13
4.2	Aanvullingen op NEN-EN 1990; toepassing voor bruggen	13
4.3	Aanvullingen op NEN-EN 1990 + NB; toepassing voor de verdiepte ligging	14
4.4	Aanvullingen op NEN-EN 1990 + NB; toepassing voor beweegbare bruggen	14
4.5	Aanvullingen op NEN-EN 1990 + NB; toepassing voor geluidschermen	14
4.6	Aanvullingen op NEN-EN 1990 + NB; toepassing voor verkeerskundige draagconstructies	14
4.7	Aanvullingen op NEN-EN 1990 + NB; toepassing voor grondkerende constructies	15
5	Eurocode 8: Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies	16
5.1	Deel 1: Algemene regels, seismische belastingen (en regels voor gebouwen)	16
5.2	Deel 2: Bruggen	28
5.3	Deel 3: Beoordeling en vernieuwing (van gebouwen)	33
5.4	Deel 5: Funderingen, grondkerende constructies en geotechnische aspecten	35
Bijlage A	Contourkaart van de piekgrondversnellingen a_g, ref in g op maaiveldniveau bij een herhalingstijd van 475 jaar.	36
Bijlage B	Time-history events ten behoeve van een niet-lineaire dynamische time-history analyse	37

1 Toepassingsgebied ROK Addendum Aardbevingen

1.1 Inleiding

Dit Addendum is enkel bedoeld voor de kunstwerken die benoemd zijn als object binnen het Project Zuidelijke Ringweg Groningen. Aan andere projecten van Rijkswaterstaat en andere processen van Rijkswaterstaat zijn de artikelen in dit kader niet gekalibreerd.

Gebruik van dit Addendum (en de ROK en RBK) door andere partijen voor andere objecten is geheel voor de verantwoording van desbetreffende partij.

1.2 Doelstelling

Met de ROK, RBK en dit Addendum wil Rijkswaterstaat, als deskundig opdrachtgever, eenduidige richtlijnen aangeven voor het ontwerpen van alle kunstwerken van het Project Zuidelijke Ringweg Groningen.

1.3 Definitie kunstwerkcategorieën

De Eurocodes onderscheiden drie categorieën:

- Gebouwen
- Bruggen
- Overige constructies

Silo's, opslagtanks, pijpleidingen, torens, masten en schoorstenen worden in dit addendum niet behandeld.

Veel typen kunstwerken van RWS worden niet genoemd in de Eurocodes. In dit Addendum zijn daarom de volgende 6 categorieën benoemd:

- Bruggen
- Verdiepte ligging
- Beweegbare bruggen
- Geluidsschermen
- Verkeerskundige draagconstructies
- Grondkerende constructies

De categorieën Gebouwen en Overige constructies worden niet beschouwd als 'kunstwerken van RWS' en komen daarom niet voor in dit Addendum.

De algemene definities van de categorieën zoals te hanteren voor dit project zijn opgenomen in de ROK. Hierbij dient de "verdiepte ligging" voor de ROK te worden beschouwd als een "tunnel".

2 Overzicht normatieve verwijzingen

In dit Addendum worden normen, rapporten, richtlijnen, e.d. genoemd zonder de actuele versies aan te duiden. In de hierna opgenomen overzichten worden hun officiële naam, versienummer en jaar van uitgifte vastgelegd.

Toelichting:

Het overzicht is niet bedoeld als complete lijst van documenten die voor het ontwerp van belang zijn. De ontwerper is verantwoordelijk voor het hanteren van relevante normen, richtlijnen, etc. bij het ontwerp.

In dit Addendum worden alleen de normen, rapporten, richtlijnen e.d. genoemd die, aanvullende op de ROK 1.3 lijst, relevant zijn voor het project Zuidelijke Ringweg Groningen (ZRG).

2.1 NEN normen

Tabel 2-1: Eurocode delen

Versie : jaar (taal)	Titel
NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011 (nl)	Eurocode – Grondslagen van het constructief ontwerp
NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011/NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011
NEN-EN 1991-1-7+C1:2011 (nl)	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-7: Algemene belastingen – Buitengewone belastingen: stootbelastingen en ontploffingen
NEN-EN 1991-1-7+C1:2011/NB:2011 (nl)	Nationale bijlage bij NEN-EN 1991-1-7+C1:2011
NEN-EN 1998-1:2005 (en) incl. C1:2009 incl. A1:2013	Eurocode 8 - Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies - Deel 1: Algemene regels, seismische belastingen en regels voor gebouwen (inclusief correctieblad C1:2009 en wijzigingsblad A1:2013)
NEN-EN 1998-2:2006 (en) incl. A1:2009 incl. C1:2010 incl. A2:2011	Eurocode 8 - Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies - Deel 2: Bruggen (inclusief correctieblad C1:2009 en wijzigingsbladen A1:2009 en A2:2011)
NEN-EN 1998-3:2005 (en) Incl C2:2013	Eurocode 8 – Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies – Deel 3: Beoordeling en vernieuwing van gebouwen (Inclusief correctieblad C2:2013)
NEN-EN 1998-5:2005 (en)	Eurocode 8 – Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies – Deel 5: Funderingen, grondkerende constructies en geotechnische aspecten
NPR 9998:2015 (ter info)	Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren – Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen.

2.2 Onderzoeksrapporten en literatuur, RWS richtlijnen en overige documenten

Achterliggende onderzoeksrapporten, RWS richtlijnen worden in het kader van de aanbesteding van het Project Zuidelijke Ringweg Groningen door de aanbesteder ter beschikking gesteld.

De eigen richtlijnen van RWS zijn vanaf de volgende website te downloaden:

http://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/bouwrichtlijnen_infrastructuur/

3 Aanvullingen op de Eurocodes en overige ontwerprichtlijnen (inclusief Nationaal Bepaalde Parameters)

3.1 Van toepassing zijnde richtlijnen en hun rangorde

De in dit Addendum genoemde bepalingen zijn bindend van toepassing op de 6 kunstwerkcategorieën uit paragraaf 1.3 van dit document en moeten gezien worden als een aanvulling op de vigerende ROK.

Daar waar gegevens onderling strijdig zijn, geldt de volgende rangorde:

- 1 Eisen uit het contract;
- 2 **Bepalingen in dit Addendum**;
- 3 ROK en RBK bepalingen;
- 4 Eigen RWS richtlijnen;
- 5 EC's + NB's en NEN-normen.

Bij tegenstrijdigheden tussen bindende documenten die vallen onder dezelfde rangorde, gaat het meest recente document boven het document van een vroegere datum.

3.2 Leeswijzer

Per deel worden eventuele aanvullingen gegeven waarbij in een kader van twee cellen het volgende wordt vermeld:

A.2.1(1)	Eis/NDP/NDP (NPR)/NPR
----------	-----------------------

- Cel 1: **Artikelnummer**: hierop is de eraan toegevoegde tekst van toepassing;
- Cel 2:
 - **Eis**: de tekst is een eis waar aan moet worden voldaan;
 - **NDP**: invulling van een Nationaal te bepalen Parameter;
 - **NDP (NPR)**: invulling van een Nationaal te bepalen Parameter, overeenkomstig NPR 9998;
 - **NPR**: aanvulling overeenkomstig NPR 9998.

Toelichtingen en opmerkingen zijn in cursief geschreven.

Voor aanvullingen in dit Addendum die geen betrekking hebben op Eurocode delen of andere normen, is de genoemde cel-indeling niet gebruikt. Deze aanvullingen moeten als eisen worden gelezen, tenzij dit uitdrukkelijk anders is aangegeven.

4 Eurocode – Grondslagen van het constructief ontwerp

4.1 Aanvullingen op NEN-EN 1990 + NB; algemeen

6.4.3.4	Eis
---------	-----

Blijvende en tijdelijke ontwerpsituaties	Blijvende belastingen		Voorspanning	Aardbevingsbelasting	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende	
	Ongunstig	Gunstig			Belangrijkste	Andere
Aardbeving	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	P	$\gamma_1 \cdot A_{Ek}$	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$ $i > 1$

Generiek	Eis
----------	-----

Voor het project Zuidelijke Ringweg Groningen mogen geen lagere waarden aangehouden worden voor de piekgrondversnelling a_{gc} dan $0,7 a_{gR}$.

4.2 Aanvullingen op NEN-EN 1990; toepassing voor bruggen

A.2.1(1)	Eis
----------	-----

Hoewel voor veel bestaande en nieuwe bruggen in de Zuidelijke Ringweg Groningen een ontwerplevensduur gevraagd wordt die groter is dan 50 jaar, heeft voor de aardbevingsbelasting geen grotere referentieperiode te worden aangehouden dan 50 jaar.

A.2.3.2	Eis
---------	-----

Voor bestaande en nieuwe bruggen en viaducten in de Zuidelijke Ringweg Groningen moet op aardbevingsbelasting worden gerekend. De aardbevingsbelastingcombinatie moet worden beschouwd. De aardbevingsbelasting bestaat uit een gebiedsafhankelijk horizontale versnelling en ~~een~~ verticale versnelling.

B.3.1	Eis
-------	-----

Bruggen van RWS moeten worden ingedeeld in gevolgklasse 3, tenzij anders in het contract is voorgeschreven.

Toelichting:

*De meeste wegen in het beheer van RWS zijn hoofdwegen en de meeste vaarwegen in het beheer van RWS zijn hoofdvaarwegen (zie de Nota Mobiliteit voor een overzicht van de hoofdwegen en hoofdvaarwegen die bedoeld worden). Daarom is CC3 voorgeschreven. Voor bepaalde bruggen die niet in of over hoofdwegen of hoofdvaarwegen liggen is een indeling in CC3 te hoog, omdat de gevolgen voor bezwijken of het slecht functioneren beperkter zijn dan voor CC3 is aangegeven in tabel B1. **Voor deze gevallen kan in het contract CC2 zijn voorgeschreven.***

4.3 Aanvullingen op NEN-EN 1990 + NB; toepassing voor de verdiepte ligging

A.2.1(2)	Eis
----------	-----

Hoewel voor de verdiepte ligging in de Zuidelijke Ringweg Groningen een ontwerplevensduur gevraagd wordt die groter is dan 50 jaar, heeft voor de aardbevingsbelasting geen grotere referentieperiode te worden aangehouden dan 50 jaar.

A.2.3.2	Eis
---------	-----

Voor de verdiepte ligging in de Zuidelijke Ringweg Groningen moet op aardbevingsbelasting worden gerekend. De aardbevingsbelastingcombinatie moet worden beschouwd. De aardbevingsbelasting bestaat uit een gebiedsafhankelijk horizontale versnelling en een verticale versnelling. En voor die onderdelen die onderhevig zijn aan verkeersbelasting is NEN-EN 1998-2 van toepassing.

B.3.1	Eis (Verdiepte ligging)
-------	-------------------------

Verdiepte ligging in en onder hoofdwegen en onder hoofdvaarwegen moet worden ingedeeld in gevolgklasse 3.

4.4 Aanvullingen op NEN-EN 1990 + NB; toepassing voor beweegbare bruggen

In gesloten stand moet de beweegbare brug voldoen aan dezelfde aardbevingsbestendigheidseisen als een overeenkomstige "vaste" brug (zie paragraaf 4.2) inclusief de keuze van de gevolgklasse.

In open stand worden geen aardbevingsbestendigheidseisen aan een beweegbare brug gesteld.

Toelichting:

Globaal mag worden aangenomen dat de tijd dat de Euvelgunnerbrug open staat een factor 100 kleiner is dan de tijd dat de brug dicht is. De kans dat een aardbeving optreedt tijdens het open staan van de brug is daarom een factor 100 kleiner. Indien we normaal uitgaan van een importancefactor 1,3 voor een kans van 1/1000 jaar, dan zouden we in geopende toestand moeten rekenen met een factor 0,28.

Bij de Euvelgunsebrug zouden we dan moeten rekenen met een a_g van circa $0,28 \times 0,12 = 0,034 g$. Volgens NEN-EN 1998-1 3.2.1(5) en dit Addendum heeft dan geen rekening te worden gehouden met een aardbevingsbelasting.

4.5 Aanvullingen op NEN-EN 1990 + NB; toepassing voor geluidsschermen

Voor geluidsschermen moet een risicobeschouwing worden uitgevoerd en de daaruit volgende beheersmaatregelen moeten worden toegepast.

Geluidsschermen op kunstwerken dienen als meotrillende massa te worden meegenomen bij de beoordeling van de aardbevingsbestendigheid van het betreffende kunstwerk.

4.6 Aanvullingen op NEN-EN 1990 + NB; toepassing voor verkeerskundige draagconstructies

Aan verkeerskundige draagconstructies (portalen en uithouders) worden geen aardbevingsbestendigheidseisengesteld, met dien verstande dat het ophangstelsel van verkeersborden dubbel gezekerd moet zijn.

4.7 Aanvullingen op NEN-EN 1990 + NB; toepassing voor grondkerende constructies

Grondkerende constructies die een constructief onderdeel vormen van een kunstwerk moeten conform dezelfde gevolgklasse (CC) als het kunstwerk worden beschouwd.

Voor de overige grondkerende constructies moet een risicobeschouwing worden uitgevoerd en de daaruit volgende beheersmaatregelen moeten worden toegepast.

5 Eurocode 8: Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies

5.1 Deel 1: Algemene regels, seismische belastingen (en regels voor gebouwen)

Invulling van de National Determined Parameters en aanvullende eisen op NEN-EN 1998-1.

Algemeen	Eis
----------	-----

Waar in NEN-EN 1998-1 wordt verwezen naar EN 1990:2002 moet worden gelezen NEN-EN 1990+NB.

1.1.2(7)	NDP
----------	-----

- Annex A is niet van toepassing voor project Zuidelijke Ringweg Groningen.
- Annex B moet als informatief beschouwd worden.
- Annex C is niet van toepassing voor project Zuidelijke Ringweg Groningen.

2.1 (1)P	NDP (NPR)
----------	-----------

De fundamentele eisen hebben een relatie met de mate van beschadiging van de bouwconstructie. Rijkswaterstaat onderscheidt een extra grenstoestand wat leidt tot de volgende grenstoestanden:

- De bouwconstructie staat vrijwel op instorten (Near Collapse, NC);
- Significante beschadiging (Serious Damage, SD);
- Schadebeperking (Damage Limitation, DL).

Binnen het project Zuidelijke Ringweg Groningen behoeft alleen de grenstoestand SD te worden beschouwd. SD is een UGT-berekening met hoge materiaalfactoren die behoren bij een persitent en transient belastingcombinatie.

Met het voldoen aan grenstoestand SD toont men aan dat:

- 1) De eerder genoemde constructies veilig genoeg zijn voor gebruikers van de Zuidelijke Ringweg Groningen en mensen die zich in de omgeving van de Zuidelijke Ringweg Groningen begeven;**
- 2) De eerder genoemde constructies genoeg restcapaciteit na een beving bezitten, om gebruikt te kunnen worden door hulpdiensten.**

De referentie herhalingstijd T_{NCR} van de seismische belasting voor de grenstoestand SD bedraagt 475 jaar.

Toelichting:

Er is besloten geen gebruik te maken van grenstoestanden NC en DL. Bij grenstoestand NC kan niet worden aangetoond dat bij voldoen aan deze grenstoestand de constructies nog voldoende restcapaciteit hebben om gebruikt te worden door de hulpdiensten.

Bij grenstoestand DL is nog te onduidelijk welke eisen en maatregelen moeten worden genomen om aan deze grenstoestand te voldoen.

Als definitie van DL mag men aanhouden dat de constructie slechts licht beschadigd is, waarbij constructieve elementen niet significant zijn vervormd en hun sterkte- en stijfheidseigenschappen hebben behouden. Niet dragende elementen mogen enige scheuren vertonen die eenvoudig kunnen worden gerepareerd.

Enkele voorbeelden van Damage Limitation:

- *Maximale scheurvorming tijdens en na beving*
- *Maximale vervorming tijdens en na beving*
- *Maximale lekkage tijdens en na beving*
- *Etc.*

3 (ROK)	Eis
---------	-----

Voor de horizontale en verticale versnellingen gelden de eisen van dit Addendum.

3.1.1(4)	NDP (NPR)
----------	-----------

Ten behoeve van het project Zuidelijke Ringweg Groningen moet een goed inzicht in de ondergrond zijn verkregen. Voor nieuwbouw en bestaande bouw moeten minimaal de volgende onderzoekgegevens beschikbaar zijn:

- CPT: elektrische conus sondering (Cone Penetration Test), inclusief meting plaatselijke wrijving (conform NEN 9997-1);
- SCPT/VSPT: seismische sonderingen (Seismic Cone Penetration Test), bij een geavanceerde aanpak of gebouwen in CC3 minimaal één per constructie;
- boringen (conform eis NEN 9997-1).

Het grondonderzoek moet worden uitgevoerd volgens hoofdstuk 3 van NEN 9997-1. Uit het grondonderzoek moet de grondopbouw voor de berekeningen worden bepaald. De benodigde parameters zijn afhankelijk van het type berekening en de daarin gebruikte grondmodellen.

Overall waar SPT (Standard Penetration Test) in NEN-EN 1998-5 wordt genoemd mag met equivalente CPT waarden worden gerekend.

Rekening moet worden gehouden met de meest ongunstige conditie gegeven de belastingcombinaties als gesproken wordt over sterkteparameters van de grond. De ongedraineerde schuifsterkte tijdens de aardbeving mag voor normaal geconsolideerde klei gelijk worden gesteld aan die welke behoort bij de statische condities.

Als er geen of geen betrouwbare meting van de schuifgolfsnelheid (V_s) beschikbaar is, mag de waarde van de schuifmodulus G voor een eerste berekening op grond van de conusweerstand worden geschat. Deze benadering mag alleen worden gebruikt voor de eerste berekening. Indien blijkt dat het resultaat van de berekening gevoelig is voor kleine afwijkingen van deze waarde, dan moet de schuifgolfsnelheid alsnog ter plaatse worden gemeten. De geschatte waarde voor $G_{\max}$ is afhankelijk van de grondsoort en volgt uit:

- zand: $G_{\max} = 1634 * q_c^{0,25} * \sigma'_v{}^{0,375}$
- klei/veen $G_{\max} = \rho * 3,06 * q_c^{1,254}$

waarin:

q_c = de sondeerweerstand, in kPa

σ'_v = de effectieve verticale spanning, in kPa

ρ = de volumieke massa, in t/m³.

3.1.2(1)	(NPR)
----------	-------

De frequentieopbouw door van de door aardbevingen veroorzaakte versnellingen aan het maaiveld en de respons van een gebouwconstructie daarop worden gerepresenteerd door het 'elastisch responspectrum'. Onderstaande figuur geeft de procedure om de meest geschikte methode te bepalen om het elastisch response spectrum af te leiden.

Er zijn twee methoden mogelijk om het elastisch respons spectrum te bepalen. Deze methoden zijn de algemene methode of de locatiespecifieke methode. In het geval een grotere nauwkeurigheid is vereist, moet de locatiespecifieke methode worden toegepast of behoort gebruik te worden gemaakt van niet-lineaire tijdsdomeinberekeningen (zie 3.2.3).

Voor de niet-lineaire dynamische berekeningen is de seismische belasting gedefinieerd in 3.2.3 door middel van representatieve versnellingstijdreeksen. OPMERKING 1 Voor bouwconstructies waarvan de gevolgen van bezwijken groot zijn (gevolgklasse CC3), behoren topografische effecten te worden meegenomen (zie bijlage A van NEN-EN 1998-5).

Voor het toepassingsgebied van dit Addendum zijn twee typen bodemcondities vastgesteld. Deze typen zijn de 'normale bodemcondities' en de 'speciale bodemcondities'. Het merendeel van de bodemcondities in de regio is geclassificeerd als normale bodemcondities en bestaat uit grondlagen met een schuifgolfsnelheid (shear wave velocity; v_s ;30) tussen 150 m/s en 275 m/s. Speciale bodemcondities zijn gerelateerd aan bodemcondities met vergelijkbare schuifgolfsnelheden, maar waarbij in de bovenste 10 m van de bodem veenlagen voorkomen met een totale dikte van meer dan 1 m.

Voor locaties met 'normale bodemcondities' wordt geadviseerd de algemene methode te gebruiken om het elastisch responspectrum te bepalen (zie 3.2.2.2). Tevens mag voor deze locaties de locatiespecifieke methode worden toegepast.

Voor locaties met 'speciale bodemcondities' moet de locatiespecifieke methode worden toegepast om het elastisch responspectrum te bepalen (zie 3.2.2.2). Als alternatief mag voor deze locaties gebruik worden gemaakt van de algemene methode om het elastisch respons spectrum te bepalen, waarbij in dat geval het spectrum met een factor 1,5 vermenigvuldigd moet worden.

3.2.1(1)	NDP
----------	-----

Het maximale persoonlijke risico voor het gehele project Zuidelijke Ringweg Groningen is bepaald op 10^{-5} per jaar.

3.2.1(2)	NDP
----------	-----

De piek grondversnellingen $a_{g,ref}$ in g (zwaartekrachtsversnelling) op maaiveldniveau bij de referentie herhalingstijd van 475 jaar moet worden ontleend aan de contourplot van het KNMI in bijlage A.

3.2.1(4)	NDP
----------	-----

Daar, waar de piekgrondversnelling op maaiveldniveau a_g groter is dan 0,04 g maar kleiner dan 0,08 g en waar het product van de bodemfactor en de piek grondversnelling $S \cdot a_g$ groter is dan 0,05 g maar kleiner dan 0,1 g, moet een

kwalitatieve risicoanalyse per constructietype aantonen of er rekening dient te worden gehouden met een aardbevingsbelasting.

Opmerking:

In de regel betekent een risicoanalyse dat minimaal aangetoond moet worden dat belastingcombinaties zonder aardbevingsbelasting ondergeschikt zijn aan belastingcombinaties met aardbevingbelasting: $E_{d+e} \leq E_{d-e} (\leq R_d)$.

3.2.1(5)	NDP
----------	-----

Er behoeft geen rekening te worden gehouden met een aardbevingsbelasting daar, waar de piekgrondversnelling op maaiveldniveau a_g kleiner is dan 0,04 g en waar het product van de bodemfactor en de piekgrondversnelling $S \cdot a_g$ kleiner is dan 0,05 g.

3.2.2.1(4)	NDP
------------	-----

Zie 3.1.2(1).

3.2.2.2	(NPR)
---------	-------

Vervangen door:

Algemene methode horizontaal elastisch responspectrum

Indien de bodemcondities als normaal mogen zijn beschouwd, dan moet het elastisch responspectrum worden bepaald met gebruikmaking van onderstaande stappen en bijhorende uitdrukkingen:

a) bepaal de rekenwaarde van de piekgrondversnelling, a_g als fractie van g;

b) bepaal de spectrale versnellingen voor korte perioden (S_S) en lange perioden (S_{L1}), waarbij:

$$S_S = 2,2 \times a_g$$

$$S_{L1} = 0,65 \times a_g$$

c) bepaal de locatietoëfficiënten voor korte perioden (F_S) en voor lange perioden (F_L), waarbij:

$$F_S = -0,50 \times \ln(a_g) + 0,65$$

$$F_L = -0,87 \times a_g + 2,44$$

d) bepaal de ontwerpwaarden van de spectrale versnellingen voor de korte periode S_{MS} en voor de lange periode S_{ML1} , waarbij:

$$S_{MS} = F_S \times S_S$$

$$S_{ML1} = F_L \times S_{L1}$$

e) bepaal de punten T_B en T_C van het elastisch responspectrum, zie figuur 3.1 van NEN-EN 1998-1, waarbij de getalwaarden van T_B en T_C een tijdseenheid weergeven en dus moeten worden uitgedrukt in s:

$$T_B = 0,2 \times T_C$$

$$T_C = \sqrt{(S_{ML1}/S_{MS})}$$

Het elastisch responspectrum is gedefinieerd door de volgende uitdrukkingen.

$$T = 0 : S_e(T) = S_{MS}/3$$

$$0 \leq T \leq T_B : S_e(T) = S_{MS}/3 \times [1 + T / T_B \times (\eta \times 3 - 1)]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_e(T) = S_{MS} \times \eta$$

$$T_C \leq T : S_e(T) = S_{ML1} \times \eta / T^2$$

Waarin, afwijkend van NEN-EN 1998-1:

a_g = de rekenwaarde van de grondversnelling op maaiveldniveau ($a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$)

S_S = spectrale versnelling voor de korte periode, in g;

S_{L1} = spectrale versnelling voor de lange periode, in gm/s²;

F_S = de locatiecoëfficiënt voor korte perioden;

F_L = de locatiecoëfficiënt voor lange perioden;

S_{MS} = de ontwerpwaarde van de spectrale versnelling voor de korte periode, in g;

S_{ML1} = de ontwerpwaarde van de spectrale versnelling voor de lange periode, in g;

T_B = de getalwaarde van de ondergrens van de perioden waarvoor de spectrale versnelling constant is, in s;

T_C = de getalwaarde van de bovengrens van de perioden waarvoor de spectrale versnelling constant is, in s;

T = de trillingsperiode van een lineair systeem met één vrijheidsgraad, in s;

$S_e(T)$ is het elastisch responspectrum, in m/s²;

η = de dimensieloze dempingscorrectiefactor met een referentiewaarde van $\eta = 1$ voor 5 % viskeuze demping (zie ook NEN-EN 1998-1 3.2.2.2(3))

Locatiespecifieke methode horizontaal elastisch responspectrum

De voorwaarden in deze paragraaf gelden indien de locatiespecifieke methode moet worden toegepast volgens 3.2.2.1.

Modelleren van grondcondities

Een locatieafhankelijke grond respons behoort te worden ontwikkeld gebaseerd op de kleine rek geleidingsmodulus (G_0), schuifgolfsnelheid (v_s), niet-lineaire spannings-rek relatie (G/G_0), ongedraineerde schuifsterkte (c_u) en soortelijke massa's. Elke grondlaag moet worden gekarakteriseerd met een dichtheid en een afschuifspanning-afschuifrek eigenschap.

OPMERKING Bepaling van deze parameters op basis van in-situ proeven wordt aanbevolen, echter bij afwezigheid van zulke meetwaarden kunnen correlaties met andere gemeten parameters worden gehanteerd, zolang deze aantoonbaar gevalideerde waarden opleveren voor de grondtypen ter plaatse.

Indien de snelheid waarmee de belasting wordt aangebracht een significant effect heeft op de resultaten, dan moet dit worden meegenomen.

Gepubliceerde G/G_0 - krommen mogen worden gebruikt om de vorm van de spannings-rekcurve te bepalen, waarbij bij grote rekken de curve asymptotisch behoort te worden beperkt door de 'waarde van de afschuifsterkte van de grond. Hierbij behoort rekening te worden gehouden met een hogere sterkte bij snel optredende belastingen vergeleken met de sterkte bij statische belastingen.

Schuifgolfsnelheden bij lage rekniveau's behoren te worden bepaald uit gegevens afkomstig van ter plaatse uitgevoerde veldproeven of volgen uit metingen van vergelijkbare gronden in de nabijheid.

De onzekerheden in grondeigenschappen behoren te worden geschat en behoren te worden begrensd (bovengrens, verwachtingswaarde en ondergrens van de grond parameters), door een variatiecoëfficiënt van 50 % rondom G_0 . Waar zeer diepe grondprofielen het maken van een grondmodel tot de gesteentelaag ('bedrock') onpraktisch maken, mag het model worden afgekapt daar waar de schuifgolfsnelheid ten minste 200 m/s is.

Locatiespecifieke responsanalyse

Het effect dat grondlagen aan het de oppervlakte op de horizontale componenten van de referentie grondbewegingen veroorzaakten, behoort te worden voorspeld door niet-lineaire locatie-afhankelijke responsanalyses, die gebruikmaken van de conventionele zich verticaal voortplantende schuifgolven en tijdsafhankelijke methoden.

Locatiespecifiek horizontaal elastisch responsspectrum

De waarde van de spectrale respons ontwerpversnelling voor elke periode behoort ten minste 80 % te zijn van de waarde volgens algemene methode horizontaal elastisch responsspectrum te zijn.

Waar de locatiespecifieke procedure wordt gehanteerd voor de bepaling van het elastische respons spectrum, behoren de volgende voorschriften te worden aangehouden:

- a) De parameter S_{MS} wordt gelijkgesteld aan de spectrale versnelling S_e , verkregen uit het locatiespecifieke spectrum op een periode van 0,2 s.
- b) S_{MS} mag niet lager aangehouden worden dan 90 % van de hoogste spectrale versnelling S_e bij elke periode langer dan 0,2 s;
- c) De parameter S_{ML1} wordt gelijkgesteld aan de grootste waarde van de spectrale versnelling S_e bij een periode van 1 s, of tweemaal de spectrale versnelling S_e bij een periode van 2 s.

3.2.2.2(2)P	NDP
-------------	-----

Zie 3.1.2(1).

3.2.2.3	Eis
---------	-----

Vergelijkingen 3.8 t/m 3.11 dienen te worden vervangen door:

$$0 \leq T < T_{B,vert} : S_{ve}(T) = a_{vg} \times [1 + T / T_{B,vert} \cdot (2,75 \times \eta - 1)]$$

$$T_{B,vert} \leq T < T_{C,vert} : S_{ve}(T) = a_{vg} \times 2,75 \times \eta$$

$$T_{C,vert} \leq T : S_{ve}(T) = a_{vg} \times 2,75 \times \eta \times (T_{C,vert} / T)^{1,2}$$

De parameters voor het verticaal elastisch responspectrum moeten worden ontleend aan de volgende tabel:

Grondtype	a_{vg}/a_g	$T_{B,vert}$	$T_{C,vert}$
Groningen	1,0	0,05 sec	0,15 sec

3.2.2.5(4)P	Eis (NPR)
-------------	-----------

Vergelijkingen 3.13 t/m 3.16 moeten worden gewijzigd in:

$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = S_{MS}/3 \times [1 + T / T_B \times (3/q - 1)]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = S_{MS}/q$$

$$T_C \leq T : S_d(T) = (S_{ML1}/T^2) / q$$

Waarin de parameters in de vergelijkingen moeten worden ontleend aan 3.2.2.2 van dit Addendum.

Nota Bene:

In het projectgebied van ZRG mag men ervan uitgaan dat er geen schuifgolfsnelheden voorkomen met $v_{s,30} > 250$ m/s.

3.2.2.5(5)	Eis
------------	-----

Voor de verticale component van de seismische belasting moet voor alle materialen en constructieve systemen in het algemeen een gedragfactor q tot maximaal 1,5 aangenomen worden; deze mag niet aanvullend met 1,33 worden vermenigvuldigd.

3.2.3.1.2/3	Eis
-------------	-----

Voor de berekening van een niet-lineaire dynamische berekening moet gebruik worden gemaakt van de accelerogrammen, zoals die zijn opgenomen in Bijlage B.

Deze accelerogrammen moeten worden aangepast aan:

- 1 De rekenwaarde van de piek grondversnelling op maaiveldniveau ($a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$)
- 2 De bodemcondities ter plaatse van het bouwwerk, in relatie tot de bodemcondities van de plek waar de accelerogrammen zijn opgenomen.

Het gebruik van series van grondversnellingen die zijn afgestemd op de vorm van het responspectrum op maaiveldniveau of op een ander gekozen niveau, wordt aanbevolen (spectral matching). Het responspectrum op maaiveldniveau is gegeven in 3.2.2.2 van dit Addendum. Het response spectrum op een diepte van 30 meter of op een equivalente diepte waar de grondlagen een schuifgolfsnelheid van 300 m/s hebben wordt beschreven door de volgende uitdrukkingen.

$$0 \leq T < T_B : S_a(T) = a_g \times [1 + T / T_B \cdot (2,2 \times \eta - 1)]$$

$$T_B \leq T < T_C : S_a(T) = a_g \times 2,2 \times \eta$$

$$T_C \leq T : S_a(T) = a_g \times 2,2 \times \eta \times (T_C / T)^{1,75}$$

De parameters voor het verticaal elastisch responspectrum moeten worden ontleend aan de volgende tabel:

Grondtype	S	T_B	T_C
Groningen	1,0	0,15 sec	0,50 sec

3.2.4 (4)	Eis
-----------	-----

EN 1990:2002 moet worden vervangen door NEN-EN 1990 + NB.

4.2.3.2(8)	NDP
------------	-----

Geen referenties.

4.2.4(2)P	NDP
-----------	-----

De factor ϕ brengt in rekening dat een belasting Q:

- niet over de gehele constructie aanwezig is.;
- De gereduceerde deelname van zijn massa in de beweging van de constructie.

Zonder nauwkeurige beschouwing moet voor $\phi = 1,0$ worden aangehouden.

4.2.5(5)P	NDP
-----------	-----

De volgende waarden voor de belangrijkheidsfactoren γ_I moeten worden aangehouden.

Gevolgklasse	belangrijkheidsfactor γ_I
	nieuwbouw
CC1A	
CC1B	0,8
CC2	1,0
CC3	1,3

4.3.3.1(4)	NDP (NPR)
------------	-----------

Beton

Bij niet-lineaire push-over berekeningen wordt in het algemeen het vervormingsgedrag van de betonconstructie beschreven vanuit de interactie tussen normaalkracht, moment en kromming. Bij het beschrijven van deze relatie moet rekening worden gehouden met de gevolgen van de aanwezige detaillering voor de vervormingscapaciteit van de constructie. Aanvullend behoort te worden beoordeeld of de dwarskrachtcapaciteit van de constructie voldoende is om de beschreven vervormingen te kunnen ondergaan. Hierbij kan als dwarskrachtcapaciteit het karakteristieke niveau dat in NEN-EN 1992-1-1 is beschreven, aangehouden worden.

De maximale vervormingscapaciteit wordt gevonden als aan één van de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- 1 in een doorsnede van de betonconstructie is de maximale vervorming van het beton onder druk gelijk aan de grenswaarde van de betonstuik 0,0035;

- 2 in een doorsnede van de betonconstructie is de maximale rekvervorming van het betonstaal of het voorspanstaal gelijk aan de rek bij maximale belasting ε_{uk} ;
- 3 er treedt instabiliteit op, en
- 4 de weerstand van de constructie is afgenomen tot 80% van de maximaal gevonden weerstand.

4.3.3.1(8)	NDP (NPR)
------------	-----------

De importance factor blijft de importance factor behorende bij de gevolgklasse.

4.3.3.4.1(4)	(NPR)
--------------	-------

Materiaaleigenschappen

Beton

De gemiddelde materiaaleigenschappen voor beton mogen zijn ontleend aan Tabel 3.1 van NEN-EN 1992-1-1 waarbij voor de spanning-rekrelatie van beton onder druk mag worden uitgegaan van 3.1.5 van NEN-EN 1992-1-1. Aan de trekzijde mag deze spanning-rekrelatie worden uitgebreid met een lineaire tak tot een spanning van $2/3 * f_{ctm}$, gevolgd door een lineaire trek-softeningtak tot een rek van 0,1 %.

OPMERKING Met de beschreven trek-softeningtak wordt in het algemeen een voldoende nauwkeurige momentkrommingsrelatie verkregen voor gewapende doorsneden die op buiging (en normaaldrukkracht) worden belast.

De rek van 0,1 % aan het einde van de trek-softeningtak is ontleend aan CUR-rapport 94-13.

De gemiddelde materiaaleigenschappen voor betonstaal mogen worden ontleend aan een spanningrekrelatie van betonstaal conform het geschematiseerde diagram in 3.2.7 van NEN-EN 1992-1-1 met de volgende modificaties:

- een eerste tak tot een spanning $1,1 * f_{yk}$ met een bijbehorende rek van $1,1 * f_{yk} / E_s$;
- een hellende bovenste tak tot een spanning $k * 1,1 * f_{yk}$ met een bijbehorende rek ε_{uk} waarin $k = (f_t / f_y)$.

4.4.1	NDP (NPR)
-------	-----------

Dit Addendum legt de nadruk op de beoordeling van de grenstoestand SD (Significant Damage). Beoordeling mag plaats vinden via controle van doorsneden, elementen en de gehele constructie.

4.4.2.1	NDP (NPR)
---------	-----------

Vervang de bestaande tekst voor 4.4.2.1 door de navolgende tekst:

Aan de eis ten aanzien van grenstoestand SD bij de seismische ontwerpsituatie is voldaan indien aan de hierna beschreven voorwaarden betreffende de sterkte in de doorsnede, het voorkomen van brosse breuk, de stabiliteit van het bouwwerk, de sterkte van de horizontale schijfvormige elementen, de stabiliteit van de fundering en de sterkte van de verbindingen is voldaan.

4.4.2.5(2)	NDP (NPR)
------------	-----------

Voor schijven/wanden moeten de seismische belastingen worden vermenigvuldigd met een belastingfactor γ_d gelijk aan:

- 1,3 voor bros bezwijkgedrag zoals bij afschuiving in schijven beton;

- 1,1 voor ductiel bezwijkgedrag.

5.2.1(5)	NDP (NPR)
----------	-----------

Ductiliteitsklassen DCM en DCH mogen overal worden toegepast. Voor bouwwerken mogen, in geval $a_g (= \gamma_I \cdot a_{gR}) > 0,2 g$, uitsluitend constructies worden toegepast die voldoen aan de eisen behorende bij de ductiliteitsklassen DCM en DCH.

5.2.2.2(10)	NDP
-------------	-----

Er mogen geen hogere waarden voor q_o worden gebruikt (die afhankelijk zijn van een speciaal en formeel Systeem Kwaliteitsplan).

5.2.4(3)	NDP (NPR)
----------	-----------

De partiële (materiaal)factoren γ_m voor betonconstructies in de grenstoestand SD moeten worden ontleend aan de volgende tabel:

Ontwerpsituatie	γ_c voor beton	γ_s voor betonstaal	γ_s voor voorspanstaal
Seismisch	1,5	1,15	1,1

Opmerking:

- Factoren zijn opgenomen om marge te hebben ten opzichte van grenstoestand Near Collapse;
- Factoren in de doorsnedeberkening gedaan op basis van de karakteristieke materiaaleigenschappen.

Voor de factor γ_{ov} voor het in rekening brengen van de oversterkte van het materiaal staal moet de waarde $\gamma_{ov} = 1,25$ worden gebruikt.

Voor beton moet de waarde $\gamma_{ov} = 1,35$ worden gebruikt.

$\gamma_R = 1,0$ (als bedoeld in NPR artikel 4.4.2.2).

5.4.3.5.2(1)	NDP (NPR)
--------------	-----------

De waarde voor $\rho_{w,min}$ moet gelijk aan 0,2 % worden genomen.

5.8.2(3)	NDP (NPR)
----------	-----------

Funderingsbalken en verbindingsbalken die de verbinding vormen tussen funderingsbalken:

- De waarde voor $b_{w,min}$ moet gelijk zijn genomen aan 0,25 m.
- De waarde voor $h_{w,min}$ moet gelijk zijn genomen aan 0,50 m.

5.8.2(4)	NDP (NPR)
----------	-----------

De waarde voor t_{min} moet gelijk zijn genomen aan 0,20 m.

De waarde van $\rho_{s,min}$ moet gelijk zijn genomen aan 0,2%.

5.8.2(5)	NDP (NPR)
----------	-----------

De waarde voor $\rho_{b,min}$ moet gelijk zijn genomen aan 0,4%.

5.11.1.3.2(3)	NDP (NPR)
---------------	-----------

Voor bouwwerken in prefab beton mogen, in het geval $a_g (= \gamma_I \cdot a_{gR}) \geq 0,2 g$, uitsluitend constructies worden toegepast die voldoen aan de eisen behorende bij ductiliteitsklassen DCM en DCH.

5.11.1.4	NDP (NPR)
----------	-----------

De waarde k_p moet gelijk zijn genomen aan 1,0 voor constructies met verbindingen conform 5.11.2.1.1, 5.11.2.1.2 of 5.11.2.1.3;

De waarde k_p moet gelijk zijn genomen aan 0,5 voor constructies met andere verbindingen.

5.11.1.5(2)	NDP (NPR)
-------------	-----------

De waarde A_p moet gelijk zijn genomen aan 30%.

5.11.3.4(7)e	NDP (NPR)
--------------	-----------

De waarde $\rho_{c,min}$ moet gelijk zijn aan 1%.

6.1.2(1)P	NDP (NPR)
-----------	-----------

De bovengrens voor laag-dissipatief constructiegedrag moet gesteld worden op 1,5.

Voor nieuw te bouwen constructies mogen in het toepassingsgebied van dit Addendum uitsluitend de ductiliteitsklassen DCM en DCH worden toegepast.

Als bij een bestaande constructie wordt geconstateerd dat de q -waarde kleiner of gelijk aan 1,5 is, dan moet de constructie zodanig worden aangepast dat de constructie ten minste kan worden ingedeeld in de ductiliteitsklasse DCM.

6.1.3(1)	NDP (NPR)
----------	-----------

Om de mogelijke degradatie door wisselend deformeren van staal in rekening te brengen moet de partiële factor voor staal $\gamma_m = 1,00$ (γ_m is γ_M in NEN-EN 1993-1-1) worden gebruikt.

6.2(3)	NDP (NPR)
--------	-----------

Voor de factor γ_{ov} voor het in rekening brengen van de oversterkte van het materiaal staal moet de waarde $\gamma_{ov} = 1,25$ worden gebruikt.

Voor beton moet de waarde $\gamma_{ov} = 1,35$ worden gebruikt.

6.2(7)	NDP (NPR)
--------	-----------

Ten aanzien van het gebruik van NEN-EN 1993-1-10 bij het maken van een seismisch ontwerp wordt geen nadere informatie gegeven.

6.5.5(7)	NDP (NPR)
----------	-----------

Voor het ontwerpen van verbindingen in dissipatieve zones wordt verwezen naar ECCS Publicatie Nr. 131/2013 "Assessment of EC8 Provisions for seismic design of steel structures" hoofdstuk 4 "Design rules for connections in dissipative zones".

6.7.4(2)	NDP (NPR)
----------	-----------

Voor de factor γ_{pb} , voor het in rekening brengen van de na-kritische weerstand van een op druk belaste diagonaal in een stalen raamwerk met V-verbanden, mag niet

meer dan de waarde $\gamma_{pb} = 0,5 \frac{N_{b;Rd}}{N_{pl;Rd}}$ in rekening worden gebracht. Hierin is $N_{b;Rd}$

de rekenwaarde van de knikweerstand van de op druk belaste diagonaal berekend volgens 6.3.1 van NEN-EN 1993-1-1.

7.1.2(1)P	NDP (NPR)
-----------	-----------

De bovengrens voor laag-dissipatief constructiegedrag moet gesteld worden op 1,5.

Voor nieuw te bouwen constructies mogen in de het toepassingsgebied van dit Addendum uitsluitend de ductiliteitsklassen DCM en DCH worden toegepast.

Als bij een bestaande constructie wordt geconstateerd dat de q -waarde kleiner of gelijk aan 1,5 is, dan moet de constructie zodanig worden aangepast dat de constructie ten minste kan worden ingedeeld in de ductiliteitsklasse DCM.

7.1.3(1), (3)P	NDP (NPR)
----------------	-----------

De partiële (materiaal)factoren voor betonconstructies in de grenstoestand SD moeten zijn ontleend aan de volgende tabel:

Ontwerpsituatie	γ_c voor beton	γ_s voor betonstaal	γ_s voor voorspanstaal
Seismisch	1,5	1,15	1,1

Opmerking:

- Factoren zijn opgenomen om marge te hebben ten opzichte van grenstoestand Near Collapse;
- Factoren in de doorsnedeberkening gedaan op basis van de karakteristieke materiaaleigenschappen.

Om de mogelijke degradatie door wisselend deformerend van staal in rekening te brengen moet de partiële factor voor staal $\gamma_m = 1,00$ (γ_m is γ_M in NEN-EN 1994-1-1) worden gebruikt.

7.7.2(4)	NDP (NPR)
----------	-----------

Voor de reductiefactor r voor de stijfheid van het betongedeelte van een doorsnede van een staalbetonkolom moet een waarde van $r = 0,5$ worden aangehouden

9.1	EIS
-----	-----

Dragende en grondkerende constructies in metselwerk zijn niet toegestaan.

10.3(2)P	EIS
----------	-----

Er wordt verhoogde betrouwbaarheid van isolatiesystemen (i.e. tussen fundering en de rest van de constructie) gevraagd.

De waarde voor γ_x moet gelijk aan 1,2 worden genomen.

5.2**Deel 2: Bruggen**

Invulling van de National Determined Parameters en aanvullende eisen op NEN-EN 1998-2.

1.1.1(4)	Eis
----------	-----

Beweegbare bruggen behoren binnen project Zuidelijke Ringweg Groningen wel tot de scope van NEN-EN 1998-2. Met de voorwaarde zoals omschreven in paragraaf 4.4 van dit Addendum.

1.1.1(8)	NDP
----------	-----

- Annex A moet als informatief beschouwd worden.
- Annex B moet als informatief beschouwd worden.
- Annex C moet als informatief beschouwd worden.
- Annex D moet als informatief beschouwd worden.
- Annex E moet als informatief beschouwd worden.
- Annex F moet als informatief beschouwd worden.
- Annex H moet als informatief beschouwd worden.
- Annex JJ moet als informatief beschouwd worden.
- Annex K moet als informatief beschouwd worden.

Informatieve Annex A van de Eurocode geeft aan hoe omgegaan dient te worden met seismische belastingen in de bouwfase met een korte referentieperiode ($t_c \leq 5$ jaar).

Voor het project Zuidelijke Ringweg Groningen mogen geen lagere waarden aan gehouden worden voor de piekgrondversnelling a_{gc} dan $0,7 a_{gR}$.

2.1(3)P	NDP
---------	-----

De referentie herhalingstijd T_{NCR} van de seismische belasting voor de grenstoestand SD bedraagt 475 jaar.

2.1(4)P	NDP
---------	-----

Bruggen van Rijkswaterstaat worden in dezelfde belangrijkheidsklasse ingedeeld als de gevolgklasse van de brug. Zie ook art. 4.2 van dit Addendum.

2.1(6)P	NDP
---------	-----

De volgende waarden voor de belangrijkheidsfactoren γ_I moeten worden aangehouden.

Gevolgklasse	belangrijkeheidsfactor γ_I
	nieuwbouw
CC1A	
CC1B	0,8
CC2	1,0
CC3	1,3

2.2.2(5)	NDP
----------	-----

De constructie dient in alle gevallen te voldoen aan grenstoestand SD, waarbij de volgende belastingcombinatie dient te worden beschouwd:

Blijvende en tijdelijke ontwerpsituaties	Blijvende belastingen		Voorspanning	Aardbevings-belasting	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende	
	Ongunstig	Gunstig			Belangrijkste	Andere
Aardbeving	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	P	$\gamma I \cdot A_{Ek}$	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$ $i > 1$

2.3.5.3(1)	Eis
------------	-----

Bij toepassing van plastische scharnieren wordt de maximale vervormingscapaciteit gevonden als aan één van de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- In een doorsnede van de betonconstructie is de maximale vervorming van het beton onder druk gelijk aan de grenswaarde van de betonstuik ϵ_{cu3} ;
- In een doorsnede van de betonconstructie is de maximale rekvervorming van het betonstaal of het voorspanstaal gelijk aan de rek bij maximale belasting ϵ_{uk} ;
- Er treedt instabiliteit op;
- De weerstand van de constructie is afgenomen tot 80% van de maximaal gevonden weerstand.

Toepassing van de informatieve Annex E van NEN-EN 1998-2 (waaronder de vergelijking E.19 voor de lengte van de plastische zone) is zonder verdere argumenten niet toegestaan.

2.3.6.3(5)	NDP
------------	-----

De volgende reducties mogen worden aangehouden:

- De waarde voor p_E moet gelijk aan 0,4 worden genomen;
- De waarde voor p_T moet gelijk aan 0,5 worden genomen.

2.3.7(1)	NDP
----------	-----

Voor bruggen mogen geen vereenvoudigde ontwerpcriteria gebruikt worden.

3.2.2.3	NDP
---------	-----

Er behoeft geen rekening te worden gehouden met seismische effecten ten gevolge van de nabijheid van een breukvlak.

3.2.3	Eis
-------	-----

Voor de berekening van een niet-lineaire dynamische berekening moet gebruik worden gemaakt van de accelerogrammen, zoals die zijn opgenomen in Bijlage B.

Deze accelerogrammen moeten worden aangepast aan:

- 1 De rekenwaarde van de piek grondversnelling op maaiveldniveau ($a_g = \gamma I \cdot a_{gR}$)
- 2 De bodemcondities ter plaatse van het bouwwerk, in relatie tot de bodemcondities van de plek waar de accelerogrammen zijn opgenomen.

3.3(1)P	NDP
---------	-----

De seismische eigenschap en gedrag van de grond mogen uniform worden beschouwd, indien de lengte van de brug (statisch onbepaald over meerdere steunpunten) L_{lim} niet overschrijdt.

De waarde voor L_{lim} moet gelijk aan 300 m worden genomen.

3.3(6)	NDP
--------	-----

De afstand waarover de seismische grondverplaatsing geen correlatie meer vormt L_g :

- De waarde voor L_g moet gelijk aan 300 m worden genomen.
- De waarde voor β_r moet gelijk genomen worden aan:
 - 0,5 alle drie de oplegpunten dezelfde grondopbouw hebben
 - 1,0 wanneer de grondopbouw bij een van de oplegpunten anders is dan bij de overige 2.

4.1.2(4)P	NDP
-----------	-----

Momentaanfactoren voor seismische belastingen.

De momentaanfactoren moeten ontleend worden aan NEN-EN 1990+A1+A2/C2:2011/NB:2011 tabel NB.9

Voor verkeersbruggen

Belasting	Symbool	Ψ_2
Verkeersbelasting	LM1 TS	0,4
	LM1 UDL	0,4
	Horizontale belasting	0,4
	Voet- en fietspadbelasting	0,4
Thermische belastingen	T_k	NC: 0,0 SD: 0,0 DL: 0,3
Belastingen tijdens de bouw	Q_c	1,0

Voor voetgangers- en fietsbruggen

belasting	symbool	Ψ_2
verkeersbelasting	Gelijkmatige belasting	0,4
	Horizontale belasting	0,4
Thermische belastingen	T_k	NC: 0,0 SD: 0,0 DL: 0,3
Belastingen tijdens de bouw	Q_c	1,0

Opmerking:

Er behoeft geen rekening te worden gehouden met een dienstvoertuig.

Voor belastingtypen die niet genoemd worden in bovenstaande tabellen mag $\Psi_2=0$ aangehouden worden.

4.1.8(2)P	NDP
-----------	-----

Toepasbaarheid van de gedragsfactor q .

De onderbouw van een brug gedraagt zich regulier voor seismische belastingen indien de sterkte eigenschappen van de verschillende onderdelen van de brug niet teveel verschillen.

De waarde voor p_o moet gelijk aan 2,0 worden genomen.

4.2.4.4 (2)(c)	Eis
----------------	-----

Bij toepassing van plastische scharnieren wordt geacht te worden voldaan aan de eisen aan de maximale vervormingscapaciteit als aan één van de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- In een doorsnede van de betonconstructie is de maximale vervorming van het beton onder druk gelijk aan de grenswaarde van de betonstuik ε_{cu3} ;
- In een doorsnede van de betonconstructie is de maximale rekvervorming van het betonstaal of het voorspanstaal gelijk aan de rek bij maximale belasting ε_{uk} ;
- Er treedt instabiliteit op;
- De weerstand van de constructie is afgenomen tot 80% van de maximaal gevonden weerstand.

5.3(4)	NDP
--------	-----

Voor de factor γ_o voor het in rekening brengen van de oversterkte van de toegepaste materialen moet de volgende waarde worden aangehouden:

$\gamma_{ov} = 1,35$ voor betonnen constructieelementen

$\gamma_o = 1,25$ voor stalen constructieelementen

5.4(1)	NDP
--------	-----

Voor de toename in het moment mag de volgende vergelijking worden aangehouden:

$$\Delta M = \frac{1+q}{2} d_{Ed} \cdot N_{Ed}$$

5.6.2(2)P	NDP
-----------	-----

Extra reductiefactor voor dwarskracht:

- De waarde voor γ_{Bd1} moet gelijk aan 1,0 worden genomen.

5.6.3.3(1)P	NDP
-------------	-----

Extra reductiefactor voor dwarskracht:

- De waarde voor γ_{Bd} moet gelijk aan 1,0 worden genomen.

6.2.1.4(1)P	NDP
-------------	-----

Dit Addendum stelt geen extra beperkingen op aan de vorm van de wapening van steunpunten ten opzichte van NEN-EN 1992-1-1 en NEN-EN 1992-2.

6.5.1(1)P	NDP
-----------	-----

Voor bruggen mogen geen vereenvoudigde ontwerptoetsen gebruikt worden.

6.6.2.3(3)	NDP
------------	-----

Elastomeer opleggingen moeten beschouwd worden als onderdeel van het isolerend systeem en moeten voldoen aan de eisen in 7.5.2 van NEN-EN 1998-2.

6.6.3.2(1)P	NDP
-------------	-----

Speciale maatregelen moeten worden genomen, indien de verticale reactiekracht, in tegengestelde richting aan de zwaartekracht, ten gevolge van een aardbevingsbelasting groter is dan een percentage p_H van de neerwaardse reactiekracht ten gevolge van blijvende belasting :

- $p_H = 80\%$ van de permanente verticale reactiekracht bij bruggen met een ductiel karakter;

- p_H = 50% van de permanente verticale reactiekracht bij bruggen met een gelimiteerd ductiel karakter.

6.7.3(7)	NDP
----------	-----

Daar waar de landhoofden constructief vast zijn verbonden aan het dek van een brug mogen de horizontale vervormingen van deze landhoofden niet te groot worden. De vervormingslimieten moeten worden ontleend aan de volgende tabel:

belangrijkheidsklasse	Vervormingslimiet d_{lim}
III (CC3)	30 mm
II (CC2)	60 mm
I (CC1)	Geen limiet

7.4.1(1)P	NDP
-----------	-----

Voor bruggen met een isolerend systeem moet een referentieperiode voor de aardbevingsbelasting van 50 jaar worden aangehouden en een referentie herhalingstijd van 475 jaar.

7.6.2(1)P /A1	NDP
---------------	-----

De extra belastingfactor voor elementen van het isolerend systeem is γ_{IS} .

- De waarde voor γ_{IS} moet gelijk aan 1,5 worden genomen.

7.6.2(5) /A1	NDP
--------------	-----

Materiaalfactor voor elastomeer rubberen oplettingen.

- De waarde voor γ_M moet gelijk aan 1,0 worden genomen.

7.7.1(2) /A1	NDP
--------------	-----

Waarde voor factor δ voor de zijdelings herstelcapaciteit van het isolerend systeem.

- De waarde voor δ moet gelijk aan 0,5 worden genomen.

J.1(2)	NDP
--------	-----

$$T_{min,b} = \psi_2 \cdot T_{min} + \Delta T_1$$

waarin:

$T_{min} = -25^\circ\text{C}$ (volgens NEN-EN 1991-1-5+C1/NB:2011)

$\psi_2 = 0,30$ (volgens NEN-EN 1990+A1+A2/C2/NB:2011)

ΔT_1 neemt de volgende waarden afhankelijk van brugdektype:

Dektype	ΔT_1
Dektype 1 - stalen kokerligger - stalen vakwerk- of vollewandligger	8 °C
Dektype 2 - staal betondek	4 °C
Dektype 3 - betonnen plaat - betonnen ligger - betonnen kokerligger	-3 °C

J.2(1)	NDP
--------	-----

De λ -factoren voor elastomeer oplettingen mogen ontleend worden aan NEN-EN 1998-2 Annex JJ.

5.3**Deel 3: Beoordeling en vernieuwing (van gebouwen)**

Invulling van de National Determined Parameters en aanvullende eisen op NEN-EN 1998-3.

1.1

Behalve voor gebouwen mag NEN-EN 1998-3, waar relevant, ook gebruikt worden voor "bouwwerken geen gebouw zijnde".

In die zin mag hij binnen het project zuidelijke ringweg Groningen ook gebruikt worden voor de volgende 6 categorieën:

- Bruggen
- Verdiepte ligging
- Beweegbare bruggen
- Geluidsschermen
- Verkeerskundige draagconstructies
- Grondkerende constructies

Onverkort blijft hetgeen gesteld in paragraaf 4.1 van dit Addendum van kracht.

1.1(4)

NDP

- Annex A moet als informatief beschouwd worden.
- Annex B moet als informatief beschouwd worden.
- Annex C moet als informatief beschouwd worden.

Annex A 'gewapend betonnen constructies', en Annex B 'stalen en staal-betonnen constructies' mogen niet los gezien worden van de Richtlijnen Beoordeling Kunstwerken. Annex C valt niet onder de scope van dit Addendum.

2.1(2)P

NDP

Binnen het project Zuidelijke Ringweg Groningen behoeft alleen de grenstoestand SD te worden beschouwd.

2.1(3)P

NDP

De RBK bepaalt dat voor de referentieperiode en restlevensduur de volgende tabel aangehouden dient te worden:

	Referentieperiode (jaar)	Restlevensduur (jaar)
Nieuwbouw	100*)	100
Verbouw	30	30
Gebruik	30	30
Afkeur	15	1

*) In dit addendum is al aangegeven dat voor de aardbevingsbelasting een referentieperiode van 50 jaar moet worden aangehouden.

Uitgaande van een referentieherhaaltijd van 475 jaar mag derhalve de volgende reductiefactoren gebruikt worden voor de belangrijkheidsfactor.

Referentieperiode 15 jaar: reductiefactor = $(15/50)^{1/4} \approx 0,7$

Referentieperiode 30 jaar: reductiefactor = $(30/50)^{1/4} \approx 0,85$

Gevolgklasse	Belangrijkeheidsfactor γ_i	
	Verbouw, gebruik	Afkeur
CC1A		
CC1B	0,7	0,6
CC2	0,85	0,7
CC3	1,1	0,9

2.2.1(7)P	NDP
-----------	-----

De partiële (materiaal)factoren voor betonconstructies in de grenstoestand SD moeten worden ontleend aan de volgende tabel:

Ontwerpsituatie	γ_c voor beton	γ_s voor betonstaal	γ_s voor voorspanstaal
Seismisch	1,5	1,15	1,1

Opmerking:

- Factoren zijn opgenomen om marge te hebben ten opzichte van grenstoestand Near Collapse;
- Factoren in de doorsnede-berekening gedaan op basis van de karakteristieke materiaaleigenschappen.

Om de mogelijke degradatie door wisselend deformeren van staal in rekening te brengen moet de partiële factor voor staal $\gamma_m = 1,00$ (γ_m is γ_M in NEN-EN 1994-1-1) worden gebruikt.

3	Eis
---	-----

Geheel hoofdstuk 3 is niet van toepassing. Voor informatie over toegepaste materialen e.d. moet gebruik gemaakt worden van de RBK en de NEN8700-serie.

4.4.2(1)P	NDP
-----------	-----

Er is geen maximale waarde voor de ratio $\rho_{\max}/\rho_{\min}$ van toepassing.

4.4.4.5(2)	NDP
------------	-----

Geen aanvullingen.

5.4 Deel 5: Funderingen, grondkerende constructies en geotechnische aspecten

Invulling van de National Determined Parameters en aanvullende eisen op NEN-EN 1998-5.

1.1(2)P

Behalve voor de genoemde bouwwerken mag NEN-EN 1998-5, waar relevant, ook gebruikt worden voor andere bouwwerken.

In die zin mag hij binnen het project zuidelijke ringweg Groningen gebruikt worden voor de volgende 6 categorieën:

- Bruggen
- Verdiepte ligging
- Beweegbare bruggen
- Geluidsschermen
- Verkeerskundige draagconstructies
- Grondkerende constructies

Onverkort blijft hetgeen gesteld in paragraaf 4.1 van dit Addendum van kracht.

1.1(4)

NDP

Annex A is niet van toepassing.

Annex C, D en F moeten als informatief gezien worden en aanvullend op NEN-EN 1997.

3.1(3)

NDP

Partiële factoren voor materiaaleigenschappen moeten worden ontleend aan de NEN 9997-1:2011 Bijlage A.

- Partiële factor voor de ongedraineerde schuifsterkte γ_{cu} bedraagt 1,5;
- Partiële factor voor de prismadruksterkte γ_{qu} bedraagt 1,5;
- Partiële factor voor de hoek van inwendige wrijving $\gamma_{\phi'}$ bedraagt 1,2;
- Partiële factor voor de cyclische ongedraineerde schuifsterkte γ_{tcu} bedraagt 1,5.

4.1.4(11)

NDP

De factor λ is onbekend, omdat geen liquefactie bekend is bij eerdere aardbevingen.

5.2(2)c

NDP

De factor p is onbekend.

Bijlage A

Contourkaart van de piekgrondversnellingen a_g , ref in g op maaiveldniveau bij een herhalingsdij van 475 jaar.

Bijlage B

Time-history events ten behoeve van een niet-lineaire dynamische time-history analyse

Bijlage A

Contourkaart van de piekgrondversnellingen ag,ref in g op maaiveldniveau bij een herhalingsstijd van 475 jaar.

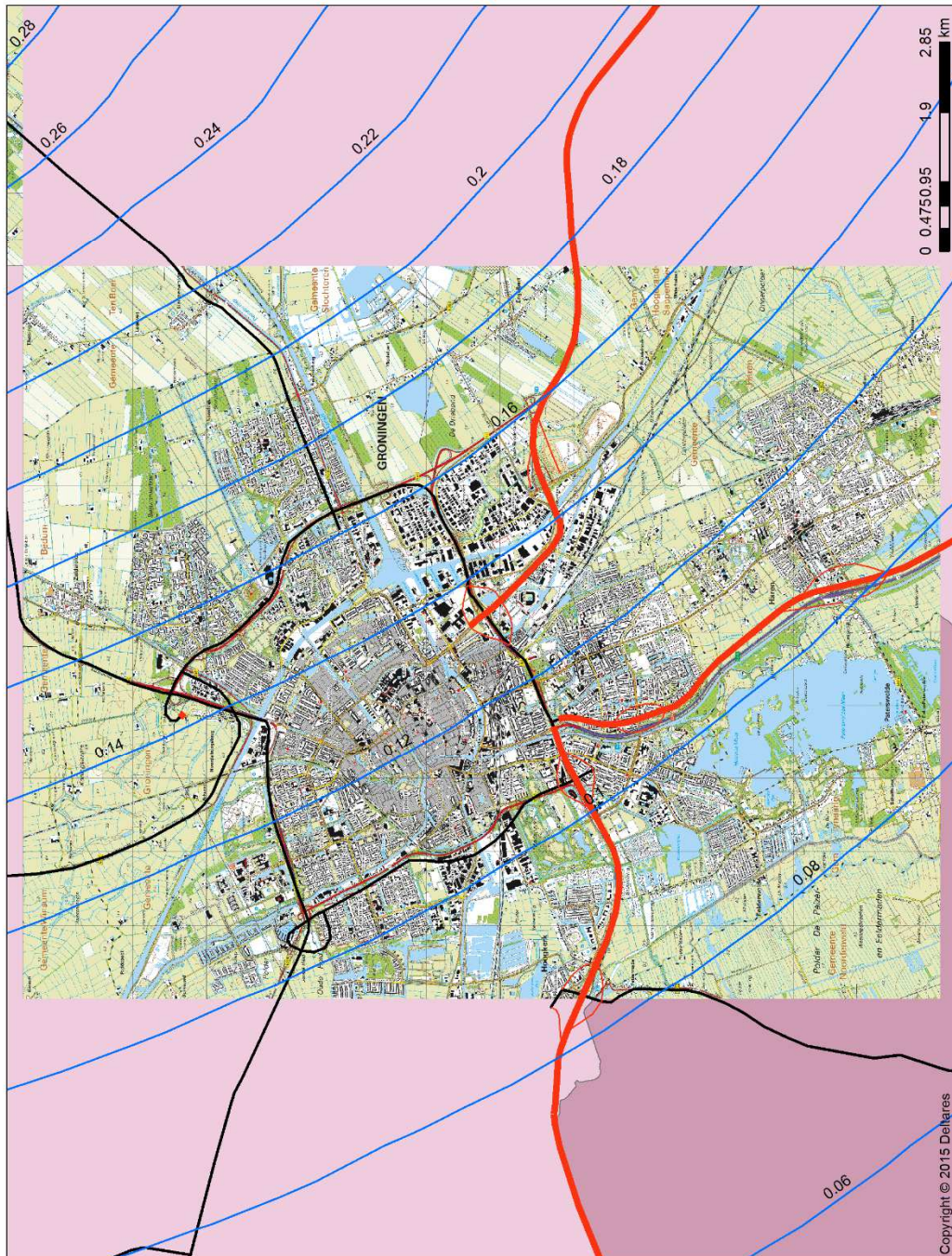
Deltares

Legenda
Contouren juli
2015
autoweg
hoofdweg



Figuur 0.0
Project nummer: 1210038
Datum: 2015-08-26
Status: Werkdocument
Versie: 1.00
Auteur: André Hendriks

Groningen
KNMI data



Bijlage B

Time-history events ten behoeve van een niet-lineaire dynamische time-history analyse

Representatieve tijdsignalen

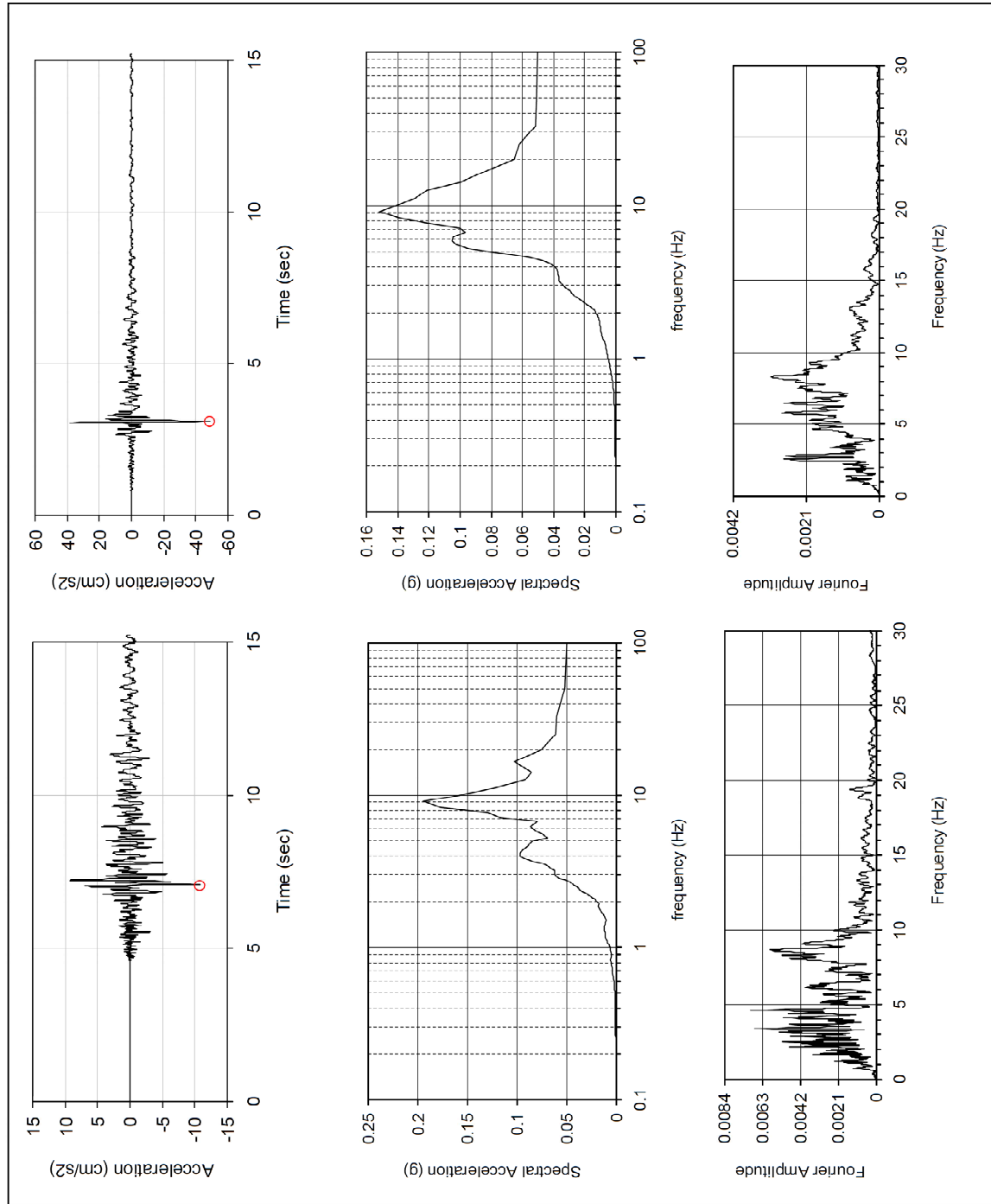
Voor het bepalen van de invloed van aardbevingen op het ontwerp van constructies in de zuidelijke ringweg Groningen kunnen tijdsignalen gebruikt worden van representatieve aardbevingsbelastingen.

Voor het maken van berekeningen in het tijdsdomein moeten volgens Eurocode 8 (NEN EN 1998-1, paragraaf 3.2.3.1.3) minimaal 3 accelerogrammen worden gebruikt.

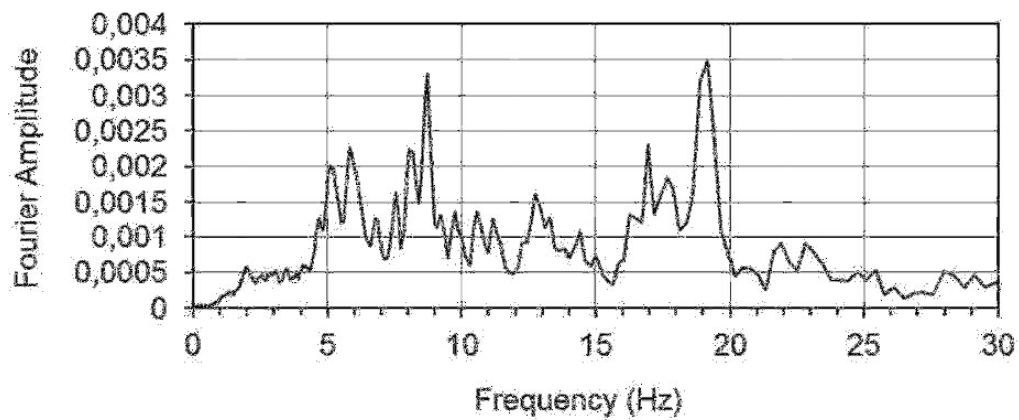
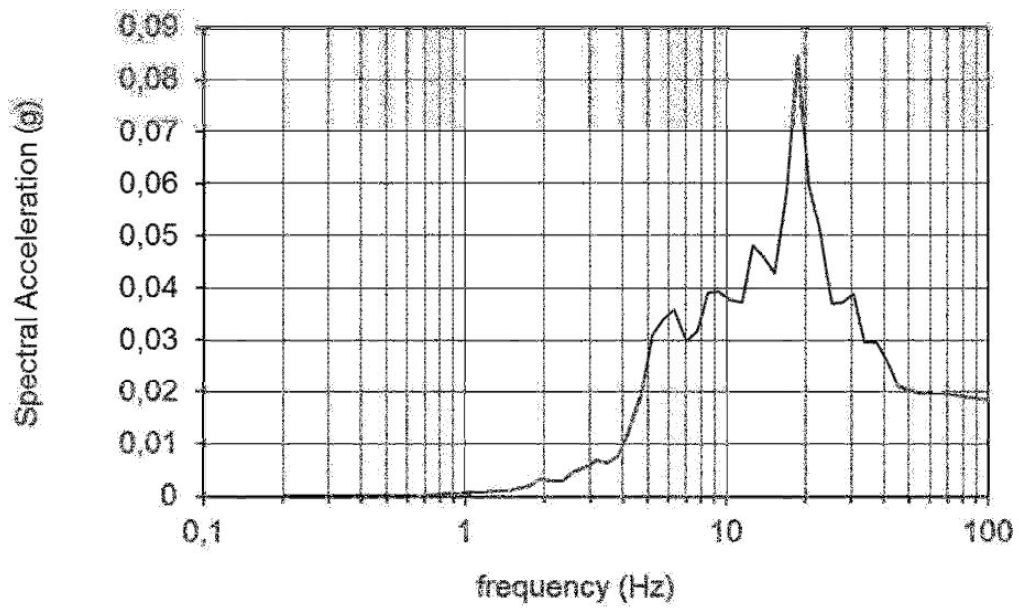
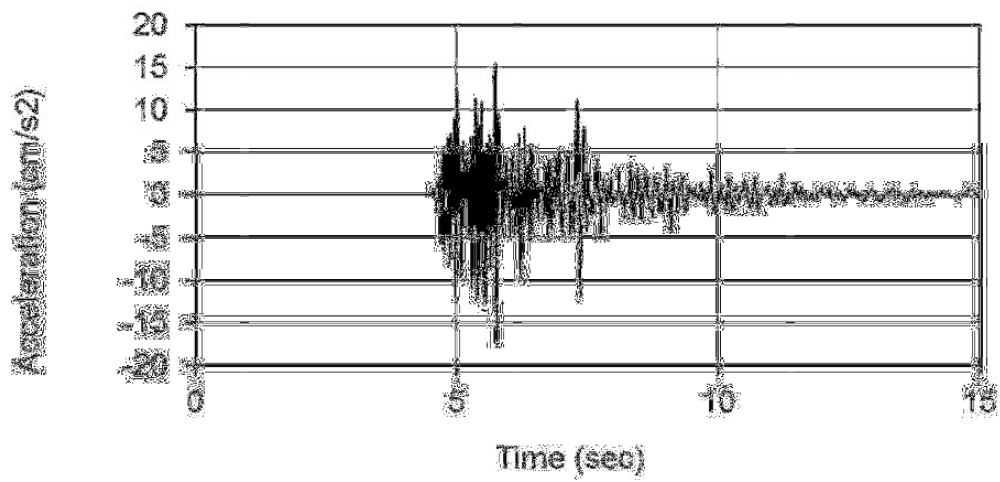
Tijdens de aardbevingsstudie [Deltares 2013] voor de gevolgen van aardbevingen op de kritische infrastructuur in Groningen zijn 4 gemeten signalen geselecteerd die representatief geacht worden voor de aardbevingen in Groningen. Dit is onder andere beschreven in [Deltares 2013a]. Er zijn nieuwe inzichten rondom het matchen van signalen aan het nieuwe response spectrum aanstaande, echter de signalen die daar uit komen zijn nog niet beschikbaar. Derhalve zijn de geselecteerde signalen gebruikt uit de 2013 studie:

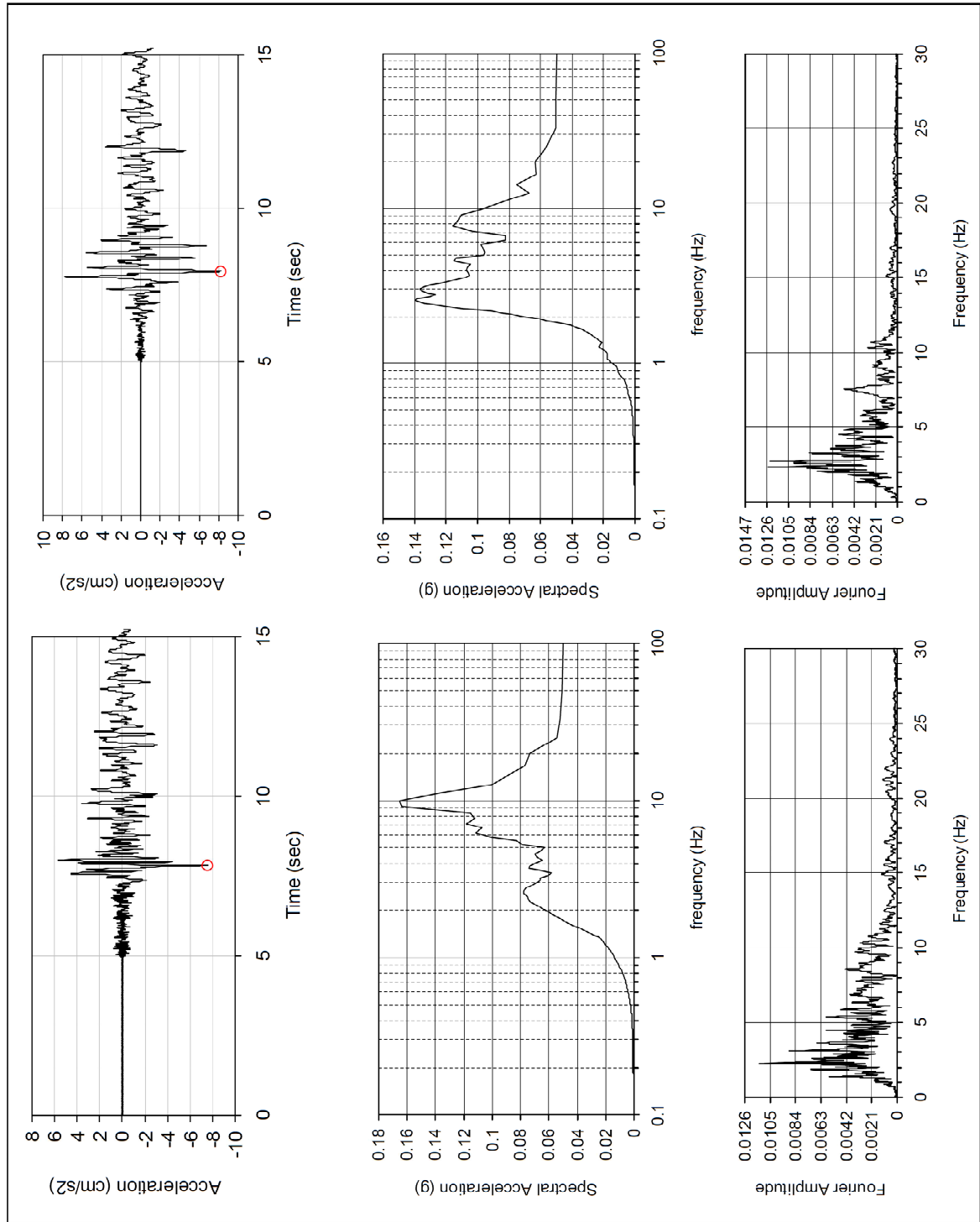
- Event 1: Westeremden, opnemer MID3 – $M_w = 3.4$, simpel signaal, 1 piek
- Event 6: Huizinge, opnemer WSE – $M_w = 3.6$, complex signaal, meerdere pieken
- Event 8: Zandweer, opnemer KANT – $M_w = 3.2$, tussenliggend signaal
- Event 5: Hoeksmeer, opnemer WSE – $M_w = 3.4$, groter aantal wisselingen

De gebeurtenissen zijn geselecteerd op grond van de karakteristieke lengte van de signalen, het aantal effectieve wisselingen en de verwachte waarden van deze karakteristieken bij magnituden $M_w > 5$. Voor elke gebeurtenis moeten zowel de radiale, de transversale en de verticale component in de berekening worden meegenomen. De karakteristieken van de radiale en transversale en verticale componenten zijn in de onderstaande figuren weergegeven.

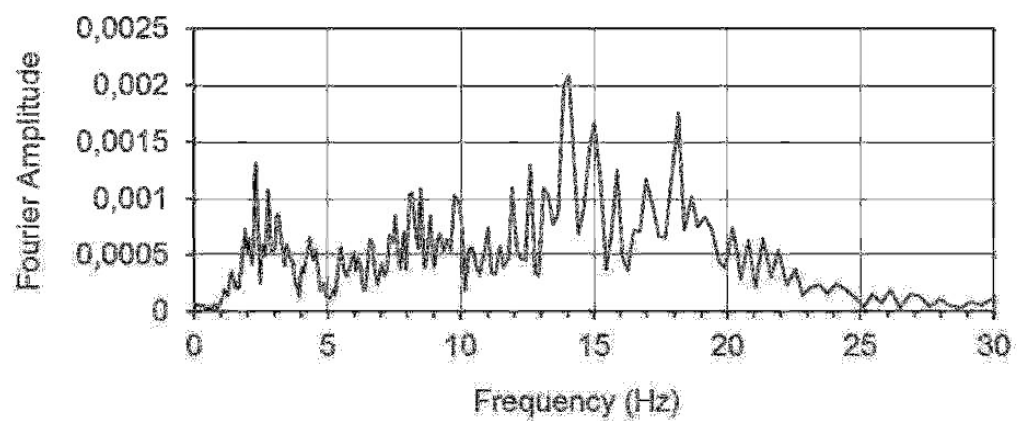
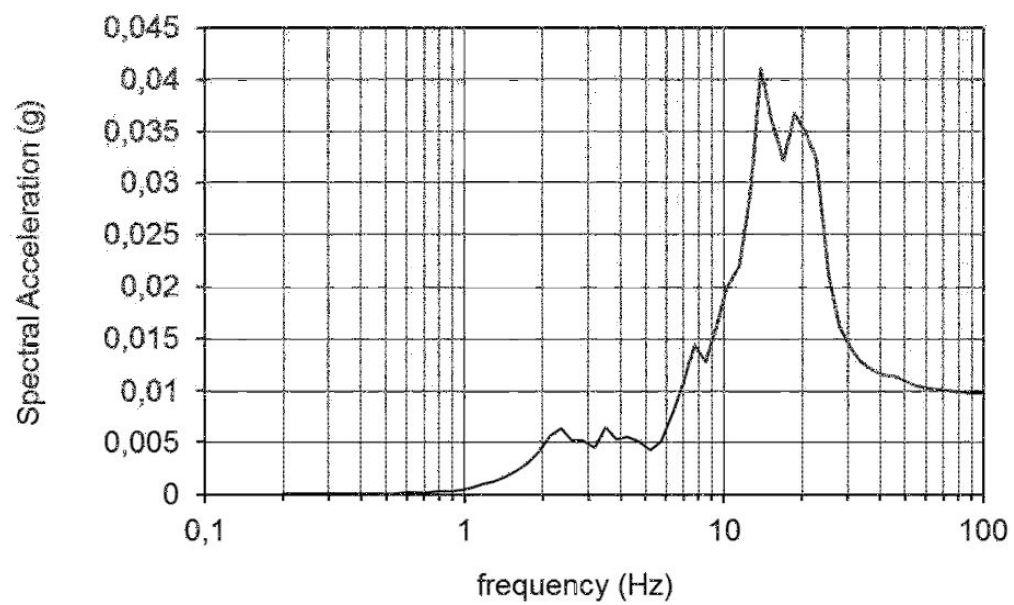
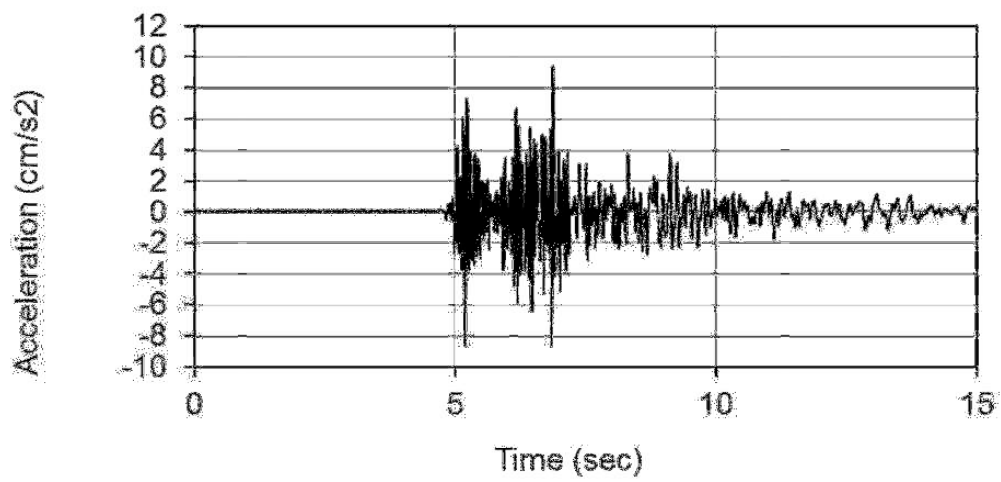


Event 1 (1060808mid3): radiaal (links) en transversaal (rechts)

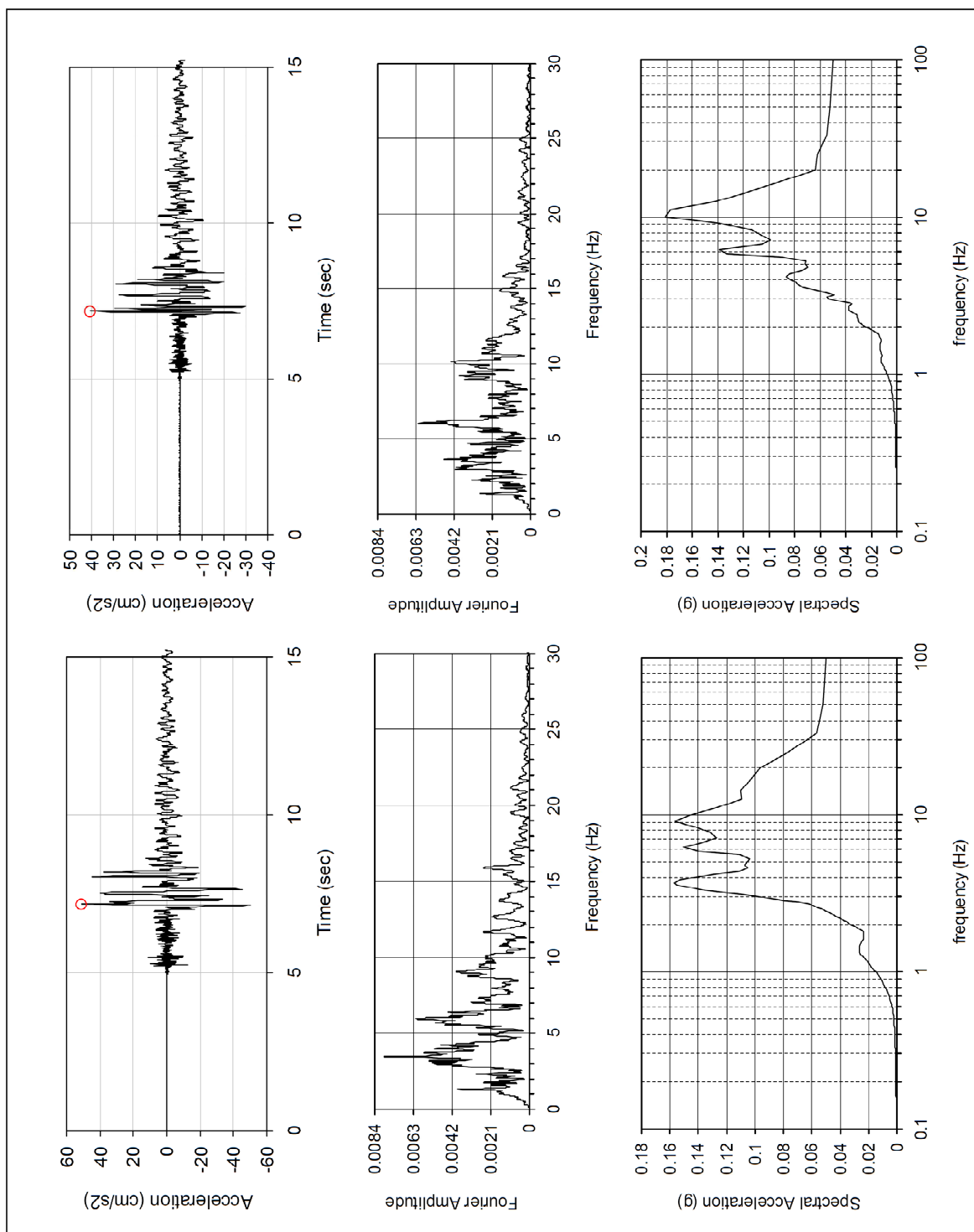


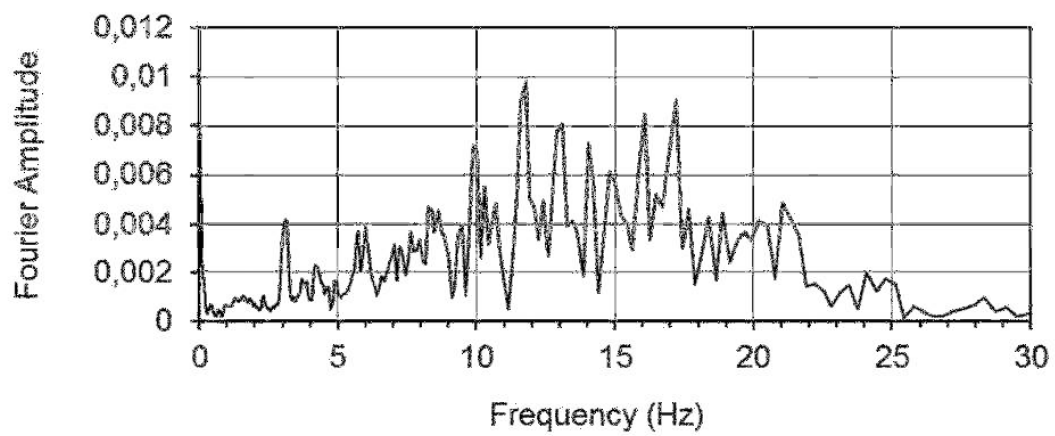
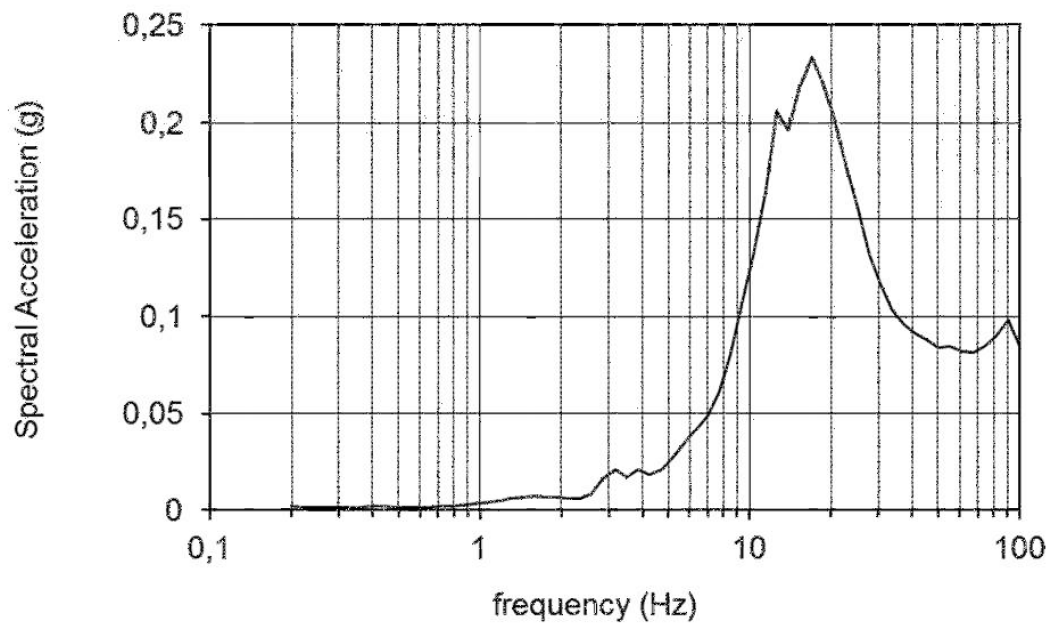
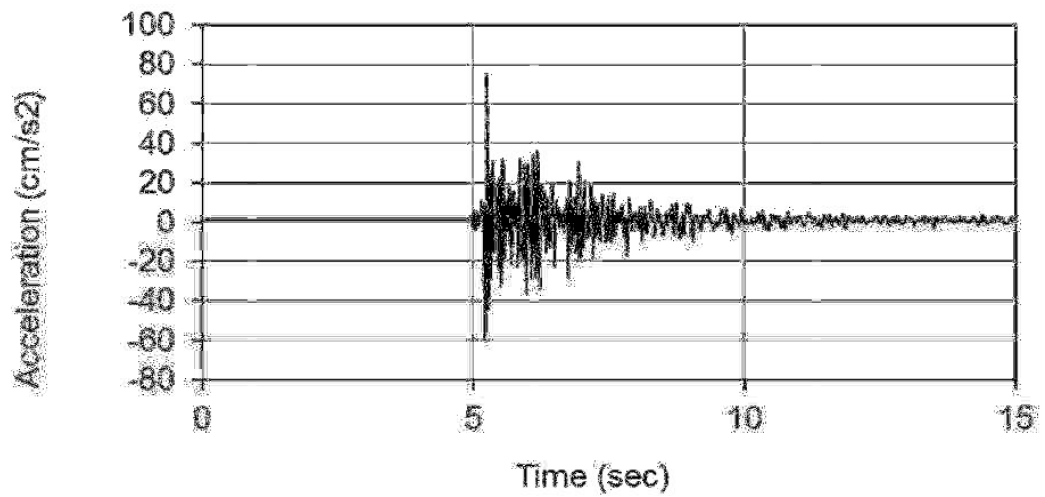


Event 5 (110627wse): radiaal (links) en transversaal (rechts)

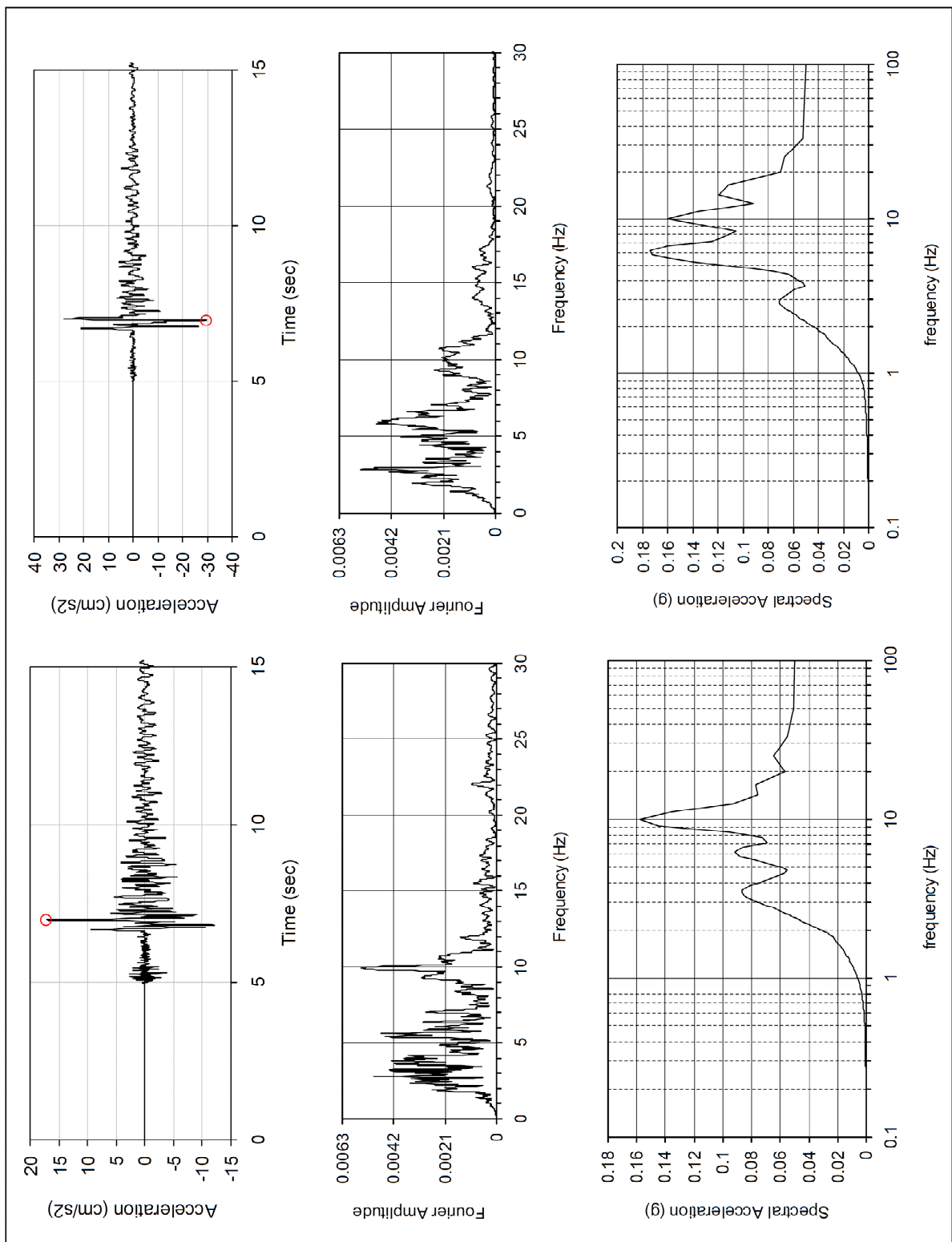


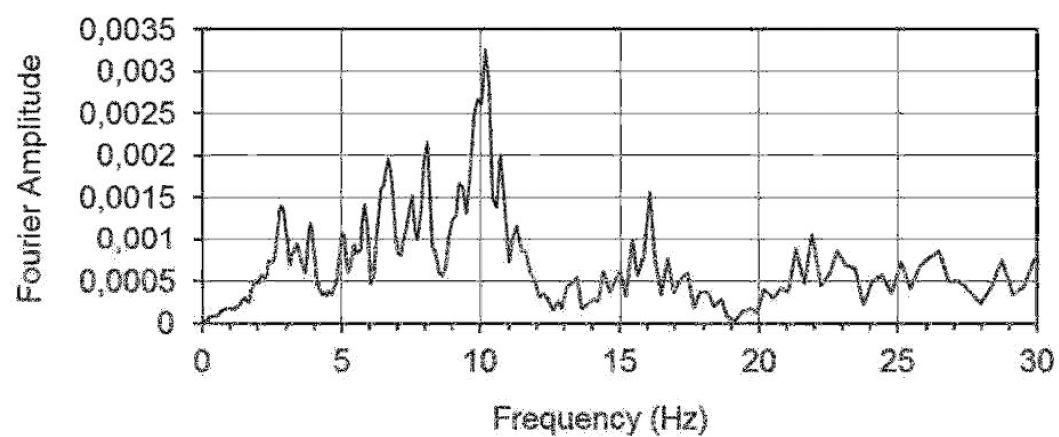
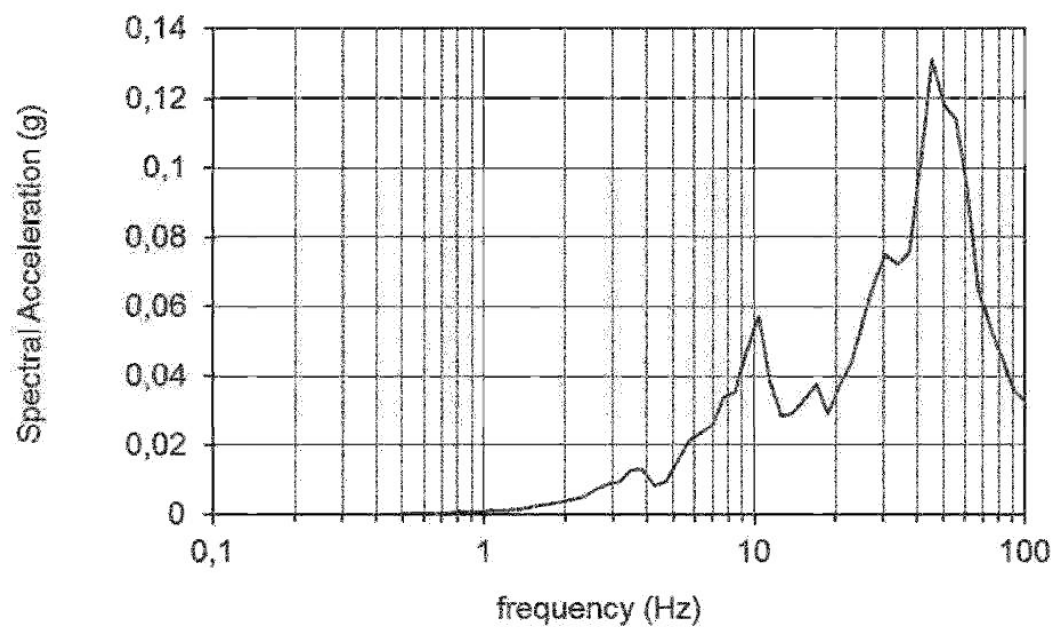
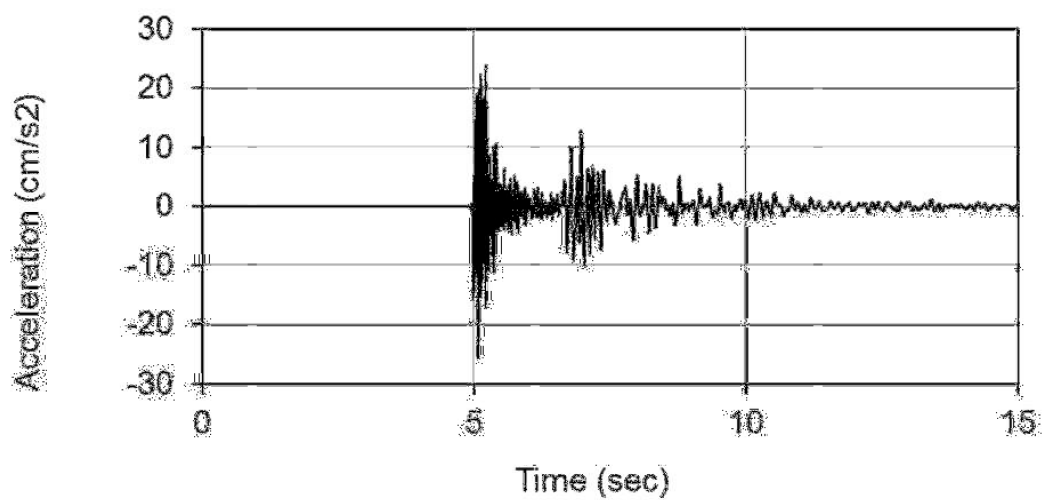
Event 6 (120816wse): radiaal (links) en transversaal (rechts)





Event 8. (130207kant): radiaal (links) en transversaal (rechts)





De volgende tabel geeft de piekwaarden van de geselecteerde gemeten signalen, weergegeven in figuren 3.3 t/m 3.10, uitgedrukt in m/s².

Event	Signaal	radiaal	Transversaal	verticaal
1	060808MID3	0,108	0,485	0,154
5	110627WSE	0,075	0,082	0,093
6	120816WSE	0,509	0,407	0,750
8	130207KANT	0,172	0,296	0,256

Piekwaarden $a_{g,ref}$ van de geselecteerde gemeten tijdsignalen [m/s²]

Verschaling van de signalen

Om de gemeten signalen om te zetten naar representatieve signalen, worden de geregistreerde aardbevingssignalen verschaald naar hogere magnitudes.

Een hogere (moment) magnitude betekent dat er meer energie vrijkomt tijdens de aardbeving. Dit kan alleen als het gemobiliseerde breukvlak groter is en/of dat de verplaatsing in de breuk groter is dan bij de geregistreerde beving. Dit heeft tot gevolg dat niet alleen de versnelling moet worden verschaald, maar dat ook de frequentie inhoud moet worden verschaald en dat er meer wisselingen ontstaan.

De aan het maaiveld gemeten signalen worden enerzijds geschaald op basis van de piekversnelling en anderzijds op de tijdsperiode tussen de pieken. De schaling in het tijdsdomein is gebaseerd op een verband tussen de piekperiodes bij verschillende magnitudes [Kalkan & Chopra, 2010] en een relatie tussen magnitude en piekversnelling [Akkar et al. 2013].

Verschaling piekversnelling

De verschaling betreft in de eerste plaats de piekwaarde bij de beschouwde kans van optreden, die verkregen is uit de door het KNMI uitgevoerde Probabilistic Seismic Hazard Analysis. De amplitude van de gekozen signalen wordt rekenkundig opgeschaald tot de gewenste amplitude. Als uitgangspunt voor de bepaling van de versnelling is de grootste absolute waarde van de versnelling in elk van de 3 richtingen genomen. De vermenigvuldigingsfactor voor de versnellingen is de ontwerpwaarde van de piekversnelling gedeeld door de grootste waarde van de versnelling in die richting. Een gevolg is dat de maximale versnelling in zowel de horizontale als de verticale richting even groot is en gelijk aan de ontwerpwaarde van de piekversnelling.

Verschaling frequenties

Bekend is dat bij hogere magnituden de piekfrequentie afneemt. Voor de bepaling van de verplaatsing wordt dit in het algemeen meegenomen door de grootte van de tijdstap te verscalen. De spaarzame literatuur voor het verscalen van de frequentie inhoud is gericht op de piekperiode in een responspectrum. In [2013a] is na analyse van literatuur geconstateerd dat alle literatuur aangeeft aan dat de piekperiode toeneemt met de magnitude. Er is wel een aanzienlijke spreiding. De studie [Akkar et al 2013] wordt momenteel als de meest op Groningen toepasbare beoordeeld [Deltares 2013a]. Dit resulteert in de volgende relatie:

$$\frac{T_{piek}}{T_{piek,ref}} = \exp\{0,3(a_g - a_{g,ref})\}$$

Waarin:

T_{piek} = de periode tussen de pieken bij piekversnelling $a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$

$T_{piek,ref}$ = de waarde van T_{piek} voor het ongeschaalde accelerogram

$a_{g,ref}$ = de waarde voor de piekgrondversnelling van het gemeten tijdsignaal

Opmerking

Een bezwaar tegen deze methode van verschaling is dat de hogere frequenties uit het signaal verdwijnen, terwijl deze in werkelijkheid wel aanwezig zullen blijven.

Faseverschil aankomst horizontale en verticale signalen

Omdat gebruik wordt gemaakt van daadwerkelijke signalen wordt het verschil in aankomsttijd van de verschillende componenten van het signaal automatisch meegenomen. In de signalen is duidelijk dat de verticale trillingen eerder aankomen dan de horizontale trillingen.

Versnelling op diepte

Voor niet-lineaire grondberekeningen moet een accelerogram (tijdssignaal) aan de basis van het model worden ingevoerd. Maar ook sterk afwijkende grondlagen tussen de plaats van de gemeten signalen en de plaats waar het bouwwerk wordt gerealiseerd kunnen van invloed zijn op de trillingen op maaiveldniveau. De methodiek van verschaling van de gemeten versnellingssignalen aan maaiveld naar signalen op diepte is onder andere beschreven in [Deltares 2013a]. Hier worden de belangrijkste stappen kort herhaald.

De gevolgde procedure om het accelerogram aan de basis af te leiden uit het door het KNMI gegeven accelerogram aan maaiveld bestaat uit de volgende stappen:

1. Op basis van het uitgevoerde grondonderzoek bij de stations wordt een grondlagen schematisatie ter plaatse vastgesteld.
2. Met daarvoor ontwikkelde programma's (als EERA en/of SHAKE2000) is vervolgens het versnellingssignaal op 30 m diepte bepaald dat het gemeten versnellingssignaal aan maaiveld geeft.
3. Dit signaal op diepte wordt verschaald voor de gewenste magnitude en piekversnelling.
4. Met het aldus verschaalde signaal wordt vervolgens de respons op de te onderzoeken locatie (met de daar geldende grondlagen schematisatie) berekend.

Daarbij dient de respons aan het maaiveld overeen te komen met het oorspronkelijke maaiveldsignaal. Indien dit substantieel afwijkt wordt een extra iteratie stap uitgevoerd waarbij het in de vorige stap bepaalde verschaalde signaal op diepte wordt gecorrigeerd.

