

Aanvullende rapportage werkgroep Maatgevende aardbevingsbelasting voor de industrie

Aanvullende inzichten over de LoC-toets op de aardbevingsbestendigheid van de chemische industrie in Groningen.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1. Aanleiding, vraagstelling	5
2. Advies over gebruik van de methode als bestuurlijk afwegingskader	7
3. Technisch advies verfijning en uitbreiding LoC-methode	13
<i>Bijlage Antwoorden op de meest gestelde vragen over de LoC-methode</i>	16
<i>Bijlage Samenstelling werkgroep</i>	21

Samenvatting

De werkgroep maatgevende aardbevingsbelasting is in april 2016 gevraagd om een advies uit te brengen over een simpele, robuuste toets voor de veiligheid van de chemische industrie in Groningen tegen geïnduceerde aardbevingen. De primaire aanleiding voor het instellen van de werkgroep was dat een sinds 2014 in ontwikkeling zijnde methode die probeerde aan te sluiten bij de klassieke risicoberekeningen in de industrie nog niet tot een werkbaar resultaat was gekomen.

Voor de zomer van 2016 heeft de werkgroep een concept-methode opgeleverd in een tussenrapportage die vervolgens gedurende de zomer is toegepast op een viertal pilotbedrijven. Dit heeft geleid tot een verfijning van enkele aspecten van de methode.

Het eindadvies van de werkgroep is op 7 november 2016 uitgebracht aan de NCG en bevatte de gevraagde relatief simpele methode om te bepalen welke (delen van de) chemische industrie prioritair versterkt zouden moeten worden en tot welk niveau. De methode bepaalt in essentie of bij de gekozen maatgevende aardbevingsbelasting (de verwachte seismische belasting bij een ergst denkbare geïnduceerde aardbeving, d.w.z. een aardbeving van magnitude 5 op de schaal van Richter in het kerngebied) er volgens internationaal geaccepteerde rekenwijzen niets constructiefs faalt zodat er geen gevaarlijke stoffen vrijkomen

In december 2016 is door de stuurgroep Industrie bepaald dat de voorgestelde methode in het eerste helft van 2017 bij zoveel mogelijk BRZO-bedrijven in Groningen zou moeten worden toegepast, waarna de stuurgroep uiterlijk 1 juli 2017 een besluit neemt over de vanaf dat moment te hanteren methode(n).

De stuurgroep had daarbij de volgende vragen over de LoC-toets:

- Onder welke condities kan deze toets de basis vormen voor uitspraken over de veiligheid van de onderzochte installaties voor de omgeving?
- Hoe kan de toets meer expliciete aandacht geven aan arbeidsveiligheid?

Begin 2017 is de werkgroep Maatgevende aardbevingsbelasting opnieuw ingesteld, met uitbreiding met deskundigen op het gebied van arbeidsveiligheid en constructietechniek, en gevraagd om nogmaals naar haar eerdere advies te kijken naar aanleiding van enkele nieuwe inzichten en enkele vragen die leefden bij verschillende actoren. De werkgroep heeft in de periode februari tot april 2017 haar werkzaamheden verricht die hebben geleid tot het voorliggende aanvullende advies.

Verzoeken vanuit de NCG

De NCG heeft vier typen vragen gesteld aan de werkgroep:

1. advies over gebruik van de methode als bestuurlijk afwegingskader
2. technisch advies over mogelijkheid tot uitbreiding toetsmethodiek
3. deelname aan de vergelijking met de andere methode
4. opstellen van Q en A's over de methode

Verzoek 1 hangt sterk samen met de eerste vraag van de stuurgroep. De *kernvraag* is dan of het veiligheidsniveau als 'voldoende' kan worden beschouwd als de chemische industrie voldoet aan de eerder voorgestelde toets. Het antwoord van de werkgroep daarop is dat het vaststellen van wat 'voldoende' is, een essentieel bestuurlijke keuze is waaraan adviseurs slechts kunnen bijdragen door zo waardevrij mogelijk relevante feiten te verstrekken op een wijze die transparant is over de onzekerheden.

De hoofdredenering van de werkgroep is de volgende:

- Er is essentiële onzekerheid over de (ontwikkeling van de) seismische hazard in de aankomende jaren
- Het is daarmee zinloos de bestaande onzekerheid verdergaand in detail te modelleren
- Er kan zodoende de aankomende jaren geen definitieve toets worden uitgevoerd
- Aanpassingen in constructies bij de chemische industrie is altijd een proces van jaren waarbij als altijd de aanpassing zelf ook een zeker maar onbepaald risico met zich meebrengt

- De veiligheid van Groningen vergt echter een snelle bestuurlijke keuze
- De bestuurlijke keuze ziet daarmee op de mate van voorzorgsmaatregelen die getroffen moeten worden. Dit is een spectrum dat kan uiteenlopen van het (tijdelijk of gedeeltelijk) opschorten van een activiteit tot niets doen tot er voldoende zekerheid is.
- Het algemeen Nederlandse veiligheidsbeleid gaat uit van proportionele voorzorg: de kosten en baten van veiligheidsbeleid moeten in verhouding staan. Onzekerheid is daarbij geen reden om geen actie te ondernemen maar die actie zal dan bij voorkeur bestaan uit het vaststellen van een minimumniveau van no-regret maatregelen en het inrichten van een proces van monitoring en veerkrachtige reactie op het risico.
- Wanneer een constructie niet aan de LoC-toets voldoet dan zijn maatregelen nodig. In eerste instantie worden structurele versterkingen beoogd. Als de periode dat structurele versterkingen nog niet zijn doorgevoerd te lang duurt (jaren), is het nodig tijdelijke maatregelen te treffen, dit bedoelen we met een veerkrachtige reactie.

Zie verder hoofdstuk 2.

Conclusie: Naar de mening van de werkgroep biedt haar methode een te verantwoorden minimumniveau, dat overigens conform haar eerdere advies gecompleteerd moet worden met een adequaat traject van kennisontwikkeling en risicomonitoring.

In verzoek 2 komt vooral de vraag van de stuurgroep naar voren over de geschiktheid van de LoC-toets voor het beoordelen van de arbeidsveiligheid van constructies bij de industrie. Het *technische advies* van de werkgroep over het toepassingsdomein van de methode is dat de methode in essentie bepaalt of bij de gekozen maatgevende aardbevingsbelasting (de verwachte seismische belasting bij een ergst denkbare geïnduceerde aardbeving, d.w.z. een $M = 5$ aardbeving in het kerngebied) er niets constructiefs faalt zodat er geen gevaarlijke stoffen vrijkomen. De methode geeft daarmee ook voor niet chemische industrie, voor milieurisico's en voor de arbeidsveiligheid een bruikbare toets. Onderkend moet worden dat (ook) deze methode niet kan uitsluiten dat losliggende objecten door trillingen vallen en vervolgens schade of letsel veroorzaken.

Zie verder hoofdstuk 3.

Conform verzoek 3 van de NCG heeft de werkgroep eraan meegewerkt om een vergelijking met de andere in ontwikkeling zijnde methode mogelijk te maken, door het geven aan informatie aan een door de NCG ingestelde werkgroep van deskundigen die onder meer de consequenties van de twee methoden eind mei met elkaar zal vergelijken en daarover begin juni zal rapporteren.

Verzoek 4 van de NCG heeft geresulteerd in een aantal antwoorden op veel gehoorde (bestuurlijke) vragen ter verduidelijking van de methode. Deze zijn opgenomen in bijlage 2.

1. Aanleiding, vraagstelling

De ontwikkeling van een methode voor de normering van de aardbevingssterkte voor de chemische industrie in Groningen door Deltares en TNO bevond zich in zijn derde jaar toen de stuurgroep Industrie in het voorjaar van 2016 besloot dat er, op zijn minst voor de korte termijn, een snellere methode ontwikkeld moest worden op basis van het advies van de commissie Meijdam.¹

De werkgroep Maatgevende Aardbevingsbelasting (werkgroep MA) heeft in een half jaar de methode uitgewerkt en toegepast op vier pilotbedrijven.

De door de werkgroep voorgestelde LoC-methode karakteriseert zich als een scenario-analyse:

- Bepaal de *maximale* sterkte van de *geïnduceerde* aardbevingen: dit is volgens het KNMI en internationale experts zeker niet meer dan een beving met de kracht 5 op de schaal van Richter in het Groningse kerngebied (het desbetreffende KNMI-rapport is onderdeel van het eerdere rapport van de werkgroep)²
- Bepaal de daarbij behorende *verwachte* grondversnelling op de vier industrielocaties met gebruik making van het meest recente grondmodel waarin de effecten van de ondiepe ondergrond (demping dan wel versterking van de ondergrondse trilling) zijn meegenomen. Voor dit deterministische scenario is shake maps de aangewezen methodiek.
- Gebruik de internationale conventies zoals vastgelegd in de Eurocodes voor bepaling wanneer er constructiedelen zo falen dat er gevaarlijke stoffen kunnen vrijkomen. Dit vrijkomen wordt onaanvaardbaar geacht in de LoC-methode, omdat de veiligheid volgens het kabinet niet achteruit mag gaan. Deze toetsing is uitgewerkt in een Generic Basis of Design (GBoD) als onderdeel van het eerdere rapport van de werkgroep. Naar aanleiding van de pilots met de methode is onder auspiciën van de werkgroep nog een aanvullend document opgesteld.³

De werkgroep MA heeft op 7 november 2016 rapport uitgebracht aan Hans Alders, de Nationaal Coördinator Groningen. Het rapport is eerst aangeboden aan de stuurgroep Industrie en vervolgens aan de minister van Economische Zaken, die het op 23 december 2016 heeft opgestuurd naar de Tweede Kamer als bijlage bij het Meerjarenprogramma NCG.⁴

In dat meerjarenprogramma NCG is de volgende aanpak voor de chemische industrie vastgelegd:

- In de eerste helft van 2017 worden de voornaamste installaties doorgerekend bij zoveel mogelijk bedrijven, in volgorde van de prioriteringslijst van alle 45 bedrijven. Per bedrijf worden de objecten gekozen waar volgens het kwalitatieve onderzoek ("fase 1") het meeste risico mee geassocieerd is. Uit de berekening moet blijken of verwacht kan worden dat er gevaarlijke stoffen vrijkomen bij de zwaarste aardbeving. De toetsmethode is gebaseerd op een advies van de werkgroep Maatgevende aardbevingsbelasting. Als een installatie niet voldoet aan de toets, wordt enig nader onderzoek gedaan en volgen zo nodig versterkingsmaatregelen en/of maatregelen in het bedrijfsproces.
- Tegelijkertijd wordt het rekengedeelte in de methode van Deltares/TNO afgerond en uitgetoetst bij een aantal bedrijven. De NCG stuurt erop aan dat voor 1 juli 2017 een besluit wordt genomen over de methode(n) waarmee vanaf dat moment gerekend kan worden bij de bedrijven die werken met grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen.
- Later in 2017 wordt ook gestart met onderzoek bij de circa 200 andere bedrijven op de Groningse risicokaart.

¹ Brief 18 december 2015 van de minister van EZ over o.m. de gaswinning in Groningen en het eindadvies van de commissie Meijdam (TK 33 529, nr. 212).

² In de bijeenkomst van internationale experts is overigens gewezen op de theoretische mogelijkheid dat een geïnduceerde aardbeving een tektonische aardbeving op grote diepte in een nog onbekende breuklijn zou kunnen veroorzaken. De werkgroep is hier niet vanuit gegaan.

³ A. Tsouvalas, A.V. Metrikine en J. Rots, *Explanatory notes for the "LoC toets" in application to the industrial facilities in Groningen*. Gepubliceerd op de website van de NCG.

⁴ Rapport werkgroep vindt u [hier](#). Kamerbrief vindt u [hier](#).

De stuurgroep Industrie had in november 2016 de volgende vragen t.a.v. de LoC-toets:

- onder welke condities kan de LoC-toets de basis vormen voor uitspraken over de veiligheid van de onderzochte installaties voor de omgeving?
- hoe kan de toets meer expliciete aandacht geven aan arbeidsveiligheid?

Op 14 juni bespreekt de stuurgroep Industrie het voorliggende advies, ten eerste om expliciet af te spreken welke conclusies ten aanzien van veiligheid getrokken kunnen worden uit de op dat moment uitgevoerde of lopende LoC-onderzoeken. De onderzoeken met de LoC-toets leiden tot nu immers alleen tot de conclusie of er naar verwachting wel of geen gevaarlijke stoffen zullen vrijkomen in het onderzochte scenario. Tevens zal de stuurgroep bepalen of de LoC-toets meer is dan een tijdelijke methode voor prioriteren, en voortaan als een volwaardige rekenmethode beschouwd kan worden om te bepalen of er maatregelen nodig zijn om industriële constructies voldoende aardbevingsbestendig te maken uit het oogpunt van omgevingsveiligheid en/of arbeidsveiligheid.

De NCG heeft aan de oorspronkelijke werkgroep, uitgebreid met deskundigen op het gebied van arbeidsveiligheid en constructietechniek (zie bijlage voor samenstelling van de werkgroep), gevraagd om een aanvullend advies uit te brengen.

Daarbij zijn de volgende verzoeken benoemd.

Verzoek 1: advies over gebruik van de methode als bestuurlijk afwegingskader

- Handvat voor een bestuurlijke keuze van voldoende veiligheid, gerelateerd aan proportionaliteit, doorwerking op andere domeinen en mogelijke imagoschade voor het gebied, en afgezet tegen de omgang met andere onzekere risico's elders in het land. Goede uitlegbaarheid is een belangrijk onderdeel van dit handvat

Verzoek 2: technisch advies over mogelijkheid tot uitbreiding toetsmethodiek

- Welke extra inzichten geeft een uitbreiding van de toetsmethodiek voor de beoordeling van de veiligheid van industriële chemische installaties en constructies bij een eventuele zware aardbeving? Het betreft in ieder geval arbeidsveiligheid.
- Wat zijn de eventuele nadere inzichten n.a.v. de onderzoeken bij 15 bedrijven tot aan de zomer van 2017 voor de methodiek?
- Is een variant van de methodiek bruikbaar voor onderzoek van objecten die geen gevaarlijke stoffen bevatten maar desondanks een arbeidsrisico kunnen vormen bij een aardbeving? (NB onderzoek naar een aantal van dat soort objecten, zoals warehouses, is gepland in de periode tot aan de zomer)

Verzoek 3: deelname aan de vergelijking met de andere methode

- Informatie op basis waarvan door de NCG een vergelijk kan worden gemaakt tussen de LoC-methode van de werkgroep en de nog in ontwikkeling zijnde methode van Deltares en TNO.
- Deelname aan een expertbijeenkomst ter vergelijking van (consequenties van) beide methoden.

Verzoek 4: Q en A's

- Een lijst met antwoorden op veel gestelde vragen omtrent deze methode, onder meer over de keuze voor de seismische belasting

*De werkgroep heeft op 15 mei 2017 haar rapportage opgeleverd. De rapportage is op 30 mei besproken in de werkgroep Industrie waarna enkele verduidelijkingsvragen volgden. Beantwoording van deze vragen vond plaats middels een aparte notitie in de werkgroep Industrie van 9 juni 2017. Deze notitie is vervolgens in onderliggende versie verwerkt. In deze periode publiceerde het KNMI tevens haar update van de hazardkaart Groningen 2017 (15 juni 2017). Aanvullend is de werkgroep in vraag 11 van de Q and A ingegaan op de mogelijke implicaties van deze update voor de LoC-methode (zie bijlage *Antwoorden op de meest gestelde vragen over de LoC-methode*).*

2. Advies over gebruik van de methode als bestuurlijk afwegingskader

"Voor het kabinet is het uitgangspunt dat het bestaande veiligheidsniveau bij de industrie in Groningen niet mag worden aangetast door het risico als gevolg van geïnduceerde aardbevingen. Het ontbreken van technische normen maakt het in de praktijk realiseren van dat uitgangspunt tot een ingewikkelde opgave."⁵

2.1 Introductie

De werkgroep heeft in haar eindadvies van november 2016 geschreven dat de voorgestelde LoC-methode bruikbaar is als relatief simpele⁶, robuuste toets op basis waarvan de eventueel noodzakelijke versterking van de chemische industrie geprioriteerd kan worden.

Een centrale vraag vanuit de stuurgroep Industrie is of de LoC-methode voldoende is om de veiligheid van de chemische industrie te beoordelen.

In de analyse van de werkgroep zijn de belangrijkste aandachtspunten voor beantwoording van de vraagstelling de volgende:

- a) de mate van onzekerheid van de seismische dreiging in Groningen,
- b) de wijze waarop de LoC-toets voor Groningen past binnen de gangbare uitgangspunten voor algemeen Nederlands risicobeleid
- c) de wijze waarop de LoC-toets past bij internationale kennis en conventies.

Natuurlijk geldt in algemene zin dat een methode om de aardbevingsbestendigheid te bepalen op een wetenschappelijk adequate manier voldoende inzicht behoort te geven in de aardbevingsbestendigheid om te bepalen bij welke installaties maatregelen nodig zijn. Gezien de omvang van de onderzoeksopgave mag van de methode ook verwacht worden dat die pragmatisch en uitvoerbaar is en niet te gevoelig voor veranderingen in de diverse kennisonzekerheden.

2.2 Specifiek Groningse problematiek, de onzekerheid over de seismische hazard

Lichte door aardgaswinning geïnduceerde bevingen zijn in Nederland sinds begin van de jaren negentig op verschillende plaatsen bekend. De zwaardere bevingen in de provincie Groningen uit 2012 deden echter vrezen dat er behalve een schadeprobleem ook een veiligheidsprobleem zou zijn. Er is sindsdien zeer veel wetenschappelijk onderzoek gedaan, dat onder meer het volgende duidelijk heeft gemaakt:

- Een werkelijk betrouwbaar inzicht in de ontwikkeling van de bevingen zelf is nog niet voorhanden. Alle voorspellende modellen blijken tot nu toe niet meer dan een jaar houdbaar in de zin dat na elk jaar een essentieel veranderd model moet worden gebruikt.⁷
- Veel is ondertussen bekend over de voortplanting van lichte bevingen vanaf 3 km onder de grond naar de oppervlakte. Hoewel er ook hier nog onzekerheden zijn, zijn die veel kleiner dan op de andere plekken in de keten beving-voortplanting-effect bovengronds. Daarentegen zijn er nog geen aardbevingen voorgekomen die zwaarder waren dan een magnitude van 3,6, en daarom is er geen *empirische* data over hoe geïnduceerde aardbevingen van hogere magnitudes (zich voortplanten door de Groningse bodem).

⁵ Kamerbrief 23 december 2016, TK 33 529 nr. 321.

⁶ Het woord 'simpel' moet hier gelezen worden als zo eenvoudig mogelijk als het probleem toestaat. De LoC-methode maakt geen gebruik van over gesimplificeerde modeleringen van de werkelijkheid maar gebruikt de internationale modelering conform de Eurocodes. In de LoC-methode is er voor gekozen geen complexe niet-lineaire analyse te gebruiken omdat dergelijk schijnbaar exacte analyses a) een gedetailleerde input vergen die voor bestaande constructies niet beschikbaar is en b) kennis over de relatie tussen de componenten van de seismische input en de niet-lineaire eigenschappen van constructies die simpelweg niet beschikbaar is. Preciezer rekenen levert dus vooral schijnnaauwkeurigheid op.

⁷ Overigens is de oorspronkelijk door het KNMI gestelde maximale aardbevingssterkte van 3,8 op de schaal van Richter nog nooit bereikt dus het is nog niet gebleken dat die oorspronkelijke aanname onjuist was.

- Voor bestaande bouwwerken is het effect van bevingen op de constructie slechts met beperkte nauwkeurigheid te voorspellen, tenzij de gehele constructie uit elkaar wordt gehaald.

Deze onzekerheden zullen niet binnen enkele jaren kunnen worden opgelost, zo heeft bijvoorbeeld recent ook Staatstoezicht op de Mijnen gesteld in haar advies van 13 april 2017.⁸ Specifiek voor het aardbevingsrisico van de industrie is er overigens nog nauwelijks wetenschappelijk onderzoek gedaan. Het is daarom in de redenering van de werkgroep noodzakelijk om op basis van de bestaande kennis in actie te komen. Anderzijds, een aanpak die een interpretatie van voorzorg kiest waardoor objecten in Groningen even robuust moeten zijn als die in gebieden met een hoog tektonisch risico, leidt al snel tot overdimensionering van de versterkingsopgave. Dit is naar de mening van de werkgroep onwenselijk om meerdere redenen. De versterkingsopgave gaat dan zeer lang duren, en de overlast en de impact op de leefbaarheid van een dergelijke aanpak is enorm. Ook scheidt dit voor onbepaalde tijd een imago van onveiligheid in het gebied.

De spanning tussen deze onzekerheid enerzijds en een enorme versterkingsopgave als uitgegaan wordt van een versterking tot het niveau van aardbevingsgebieden met een hoog tektonisch risico geldt bij de benadering van de veiligheid binnen alle domeinen: van woningen, via dijken en infrastructuur tot de chemische industrie.

In haar eerdere advies heeft de werkgroep daarom gepleit voor de toepassing van een relatief simpele methode die een robuuste en redelijke veiligheidsinschatting geeft op basis waarvan mogelijk kwetsbare industriële constructies met voorrang kunnen worden aangepakt.

Absolute zekerheid is er niet te geven gezien het bovenstaande, dus uitspraken over "de veiligheid" zijn betrekkelijk. De LoC-methode is een tijdsgebonden inschatting, bedoeld om te bepalen of er op korte termijn maatregelen nodig zijn.

Het specifieke onzekere risicokarakter van de geïnduceerde aardbevingen in Groningen vergt daarom dat er naast deze toets ook aandacht is voor:

- *Monitoring*: monitoring van de seismiciteit gebeurt met wat inmiddels zo ongeveer het beste meetnetwerk ter wereld is en daarnaast monitoren meerdere bedrijven de effecten van ook kleinere aardbevingen op hun industriële installaties. De werkgroep beveelt aan om na te gaan of en waar op representatieve kritische constructies additionele versnellingsmeters nuttig zijn om de invloed op de constructies in de praktijk te kunnen beoordelen en waar nodig in het proces te kunnen ingrijpen door bijvoorbeeld het acuut kunnen afsluiten van delen van de installatie ('inblokken'),
- *Kennisontwikkeling*: diverse kennisprogramma's: voor de ondergrond o.m. de eventuele verplaatsing van het seismische zwaartepunt in het gebied, voor de bovengrond o.m. de sterkte van constructies. Bij het laatste aspect kunnen de genoemde versnellingsmeters helpen de LoC-methodiek verder te valideren en verbeteren
- *Jaarlijkse check op seismische kerninzichten*: voor deze methode gaat het om de Mmax en om de locatie van het kerngebied waar deze kan optreden, als deze substantieel veranderen zullen ook de uitkomsten van de LoC – toets mee veranderen)

In de bijlage van dit aanvullend advies (Q7) is beschreven hoe de begrippen monitoring en kennisontwikkeling preciezer ingevuld kunnen worden.

Waar risico's onzeker zijn, zijn naast technische monitoring en kennisontwikkeling ook de niet-technische aspecten van belang. De werkgroep beveelt daarom aan specifiek aandacht te besteden aan:

- het opstellen van uniforme publieke samenvattingen door bedrijven van de toetsresultaten,
- het inrichten van een vervolgproces over hoe om te gaan met de resultaten van de methode in termen van de periode tot versterking en de rechtszekerheid voor bedrijven, dat wil zeggen dat geaccordeerde versterking ook bij eventuele wijziging van de toetsmethodiek van kracht blijft .

⁸ Advies SodM Groningen gasveld, 13 april 2017, kenmerk: 17057629.

- een goede communicatie door NCG, samen met de meest betrokken partijen en stakeholders met de Groningse samenleving, over de aanpak, de achtergrond daarvan en hetgeen op grond van die aanpak wel en niet verwacht kan worden.

2.3 Relatie met gangbaar algemeen risicobeleid in Nederland

In het gangbare algemene beleid ten aanzien van risico's⁹ speelt proportionaliteit een grote rol¹⁰ (afweging van kosten en baten, zie bijvoorbeeld de "haalbaarheid en betaalbaarheid" die altijd een rol spelen bij onzekere omgevingsrisico's). Het algemene Nederlandse veiligheidsbeleid gaat uit van proportionele voorzorg: de kosten en baten van veiligheidsbeleid moeten in verhouding staan, waarbij onzekerheid over risico's overigens geen reden is om geen actie te ondernemen. In het geval van de Groningse aardbevingen hebben we echter te maken met een expliciet kabinetsstandpunt over gelijkblijvende veiligheid, een standpunt dat niet nader gekwalificeerd is ten aanzien van de ruimere interpretatie 'de veiligheid mag niet significant achteruitgaan'.

De werkgroep MA constateert dat het voor Groningen te lang gaat duren voordat met voldoende zekerheid kan worden aangetoond hoe groot de risico's in dit geval zijn, en dat het maatschappelijk ongewenst is om daarop te wachten. De werkgroep verwijst naar het feit dat ook SodM in haar advies van april 2017 voor het eerst expliciet onderkent dat de gangbare modelleringsmethoden tot op heden geen betrouwbare voorspellingen hebben kunnen doen over de ontwikkeling van de (kracht en frequentie van) door gaswinning geïnduceerde aardbevingen, en dat dit ook de aankomende jaren niet wordt verwacht. Dit past bij de eerdere stellingname van de werkgroep dat de aankomende jaren geen betrouwbaar beeld mogelijk is op basis van probabilistische modellering van de ontwikkeling van de (kracht en frequentie van) geïnduceerde aardbevingen. Precies daarom heeft de werkgroep gekozen voor een scenario-analyse methode, zoals in dergelijke situaties overigens gebruikelijk is.

Vanwege de urgentie om snel inzicht te krijgen in de aardbevingsbestendigheid kiest de werkgroep ervoor om het gebruikelijke proportionaliteitsbeginsel niet centraal te stellen maar juist een voorzichtige interpretatie te volgen van het voorzorgbeginsel. Het gevolg daarvan is dat de LoC-toetsnorm maatregelen kan voorschrijven ook in enkele situaties waar het risico (zeker qua kans op het verlies aan levens) erg klein/onbekend is, waardoor maatregelen in zulke gevallen strikt bezien mogelijk disproportioneel zijn. Gezien het belang van snelle actie vindt de werkgroep dit beter dan langdurige berekeningen die de precieze omvang van het risico proberen te bepalen.

De maatregelen die genomen moeten worden om aan de LoC-toets te voldoen zijn i.h.a. structurele versterkingen. Niet elke maatregel hoeft te bestaan uit constructieve versterking, een aanpassing in het bedrijfsproces zou ook kunnen volstaan. Onderscheid kan verder worden gemaakt tussen een tijdelijke veerkrachtige reactie en meer definitieve structurele maatregelen. De veerkrachtige reactie kan bestaan uit tijdelijke versterking van de constructie, tijdelijke aanpassing van het bedrijfsproces maar ook van een tijdelijke verhoging van de bedrijfsnoodcapaciteit. Een veerkrachtige reactie op een feitelijk optredende aardbeving wordt mogelijk gemaakt door monitoring, overigens hoeft ook niet iedere versterkingsmaatregel jaren te duren. Maar in gevallen als versterking de enige optie blijkt en het een complex project wordt met een lange doorlooptijd, dan kunnen er tijdelijke maatregelen volgen zolang de versterking nog niet is doorgevoerd. Voor versterkingen die nodig blijken na een feitelijk opgetreden aardbeving geldt hetzelfde.

De LoC-methode is in zoverre drastisch, dat bij het verwacht ontsnappen van stoffen er hoogstens enig beperkt rekenwerk kan worden gedaan ter verificatie, maar dat er vervolgens maatregelen

⁹ Zie bijvoorbeeld: Kabinetsvisie Nuchter Omgaan met Risico's (IenM, 2006), Omgaan met onzekere technische risico's (RIVM, 2008), Omgaan met omgevingsrisico's en onzekerheden. Hoe doen we dat samen? IenM werkconferentie 'De burger centraal, 2012, Bewust omgaan met veiligheid: rode draden: visie op een aantal onderdelen van het afwegingskader (voorzorgprincipe) en uitgangspunten voor het beleidsproces (IenM, 2015), Handreiking en kabinetsbrief Bestuurlijk balanceren met risico's en verantwoordelijkheden (BZK, 2015), Nota Modernisering omgevingsveiligheid, Uitvoeringsprogramma 2015 – 2018 (IenM 2015), de risicoparagraaf in het Energierapport (EZ, 2016).

¹⁰ Zie onder meer het Energierapport.

getroffen moeten worden. Dit is gebaseerd op het kabinetsstandpunt dat de veiligheid niet mag afnemen als gevolg van de effecten van geïnduceerde aardbevingen. Dit wijkt af van de risicobenadering waarin eerst een gekwantificeerde schatting wordt gemaakt van het risico, gebaseerd op de hoeveelheid stoffen die in een bepaald scenario vrijkomen, hun aard en het aantal mensen dat eraan blootgesteld kan zijn. Uit zo'n berekening kan volgen dat de toename van het risico niet significant is, zodat beoordeeld kan worden of het proportioneel is om een maatregel te nemen.

Het bepalen van proportionaliteit is bij uitstek een bestuurlijke afweging. Zo is de vraag wanneer het gerechtvaardigd is bij grote methodische onzekerheden over te gaan tot maatregelen waarvan de noodzaak niet goed aangetoond kan worden een bestuurlijke keuze, geen wetenschappelijke. Daarbij gaat het in Groningen om de balans tussen snel versterken om een significante veiligheidswinst tegen redelijke kosten te behalen versus de noodzakelijke zorgvuldigheid die tijd vraagt op basis waarvan definitieve uitspraken over veiligheid gedaan kunnen worden met mogelijk grote consequenties.

De LoC-methode past onder bovenstaande aannames bij wat gebruikelijk is in Nederland voor onzekere risico's: een scenario-analyse methode waar bestuurlijk het realistische worst-case scenario en de berekeningswijze worden vastgesteld. De werkgroep wijst erop dat dit juist bij de chemische industrie de gebruikelijk methode is: voor BRZO-bedrijven worden maatgevende bedrijfsongeval scenario's opgesteld, die vervolgens worden doorgerekend met de wettelijke vastgelegde rekenmethode Safeti in beheer bij het RIVM.¹¹ In de Safeti-methode wordt gerekend met verwachte waarden voor bijvoorbeeld de relatie tussen afstand en slachtoffers bij het vrijkomen van gevaarlijke stoffen op basis van werkelijk voorgekomen gebeurtenissen. Deze omgang is overigens tot stand gekomen na een decennium van discussie over methoden en berekeningswijzen, die niet heeft geleid tot consensus onder experts en daarom bestuurlijk is beslecht door de staatssecretaris van Milieu.

Over het vergelijk met ander risicobeleid in Nederland vallen ook nog de volgende opmerkingen te maken.

Relatie met Nederlands aardbevingsbeleid: Nederland kent nog geen landelijk aardbevingsbeleid voor tektonische aardbevingen, hoewel de verwachte grondversnellingen in Zuid-Limburg zeker niet onderdoen voor de verwachte grondversnellingen in Groningen. Het is een politiek-bestuurlijke keuze om geen bestuurlijke en wetgevende aandacht te besteden aan tektonische bevingen maar wel specifiek beleid te ontwikkelen voor de geïnduceerde bevingen in Groningen.¹² Er is dus binnen het rijksbeleid geen specifiek kader om de aardbevingen als gevolg van de gaswinning anders te beschouwen dan als een risico dat zich specifiek en voor een betrekkelijk beperkte periode in Groningen voordoet, en waarvoor een adequate ad hoc-aanpak nodig is.

Relatie met beleid gericht op cumulatie van risico's: Als het cumulatie-aspect in ogenschouw wordt genomen is een absoluut vergelijk met de rest van Nederland lastig: in het Rijnmondgebied zijn er een 50-tal hoog risicobedrijven, soms op korte afstand van de woonbebouwing. Een vergelijk met de Groningse situatie waar er minder chemische industrie is maar één aardbeving meerdere bedrijven tegelijkertijd kan treffen, is ingewikkeld. De werkgroep wijst overigens nogmaals op de situatie in Limburg, waar de combinatie van chemische industrie en tektonische aardbevingen eveneens een bepaald cumulatief risiconiveau veroorzaakt waarvoor nog geen specifiek beleid is. Ook is er geen landelijk normering voor de cumulatie van risico's.

Relatie met arbeidsveiligheidsbeleid: bij arbeidsveiligheid (ook wel interne veiligheid genoemd) is er geen traditie van probabilistische benadering. Hoewel kansberekening juist op dat domein goed mogelijk is voor veel arbeidsrisico's, past die benadering niet bij de daar gangbare opvatting dat een situatie ofwel "veilig" is ofwel "onveilig". De scenario-analyse methode (middels de wettelijk

¹¹ Voor transport van stoffen, al dan niet in buisleidingen, bestaan er separaat vastgelegde methodieken.

¹² Geen misverstand: deze observatie is geen pleidooi om hier anders mee om te gaan. Ook aan de chemische industrie in het Duitse Ruhrgebied, waar een gelijk tektonisch aardbevingsrisico is, worden geen extra eisen gesteld door de Duitse overheid.

verplichte zogenaamde RI&E die bedrijven moeten verrichten) is op dit domein de gangbare benadering. Zo is de arbeidsveiligheidsaanpak bij mijnbouw gebaseerd op scenario's, zoals die waarbij een schip tegen een boortoren aan vaart.

Relatie met ander beleid over onzekere risico's: in het Nederlandse risicobeleid wordt bij onzekere risico's doorgaans een vorm van voorzorg gehanteerd waarbij uitdrukkelijk wordt aangegeven dat daarvoor niet alle risico's doorgerekend, volledig geïnventariseerd of zelfs uitgesloten hoeven te worden. In dergelijke situaties met wetenschappelijke onzekerheden wordt van het publieke bestuur gevraagd om, alles afwegende, een acceptatiecriterium te bepalen. Cruciaal is volgens het gangbare beleid eveneens dat er een dialoog met de samenleving plaatsvindt op basis van feiten. Eveneens is er dan monitoring en kennisontwikkeling over het risico en de beheersingsmogelijkheden ervan noodzakelijk.

2.4 Aansluiting bij internationale praktijken

Op voorhand moet duidelijk zijn dat het fenomeen geïnduceerde aardbevingen wereldwijd pas recent de aandacht van beleidsmakers heeft, aangezien de meeste aardbevingen als gevolg van gaswinning plaatsvinden in zeer dunbevolkt gebied. Daarbij geldt dat de Groningse situatie uniek is, omdat het gaat om door gaswinning geïnduceerde aardbevingen in een van de grootste reservoirs ter wereld in een relatief dichtbevolkte omgeving, waar bovendien geen natuurlijk tektonische activiteit is.

Een vergelijk met de internationale praktijk is dan ook niet direct te maken, al kunnen daar wel enkele observaties gemaakt worden over het waarneembare pragmatisme.

- In de VS en Zwitserland kiest men in situaties van geïnduceerde aardbevingen (door schaliegaswinning en geothermie) voor een meet- en regelprotocol gebaseerd op de waarnemingen van het afgelopen jaar. Dus de waarnemingen van het laatste jaar zijn al dan niet reden om 'de hand aan de kraan te zetten'.¹³ Er worden daar geen bouwkundige eisen gesteld.
- Nadat in Nieuw-Zeeland op een NPR-achtige wijze probabilistisch gerekend was, is geconstateerd dat er geen huizen waren ingestort die tenminste tweederde van de aanbevolen sterkte hadden, waarna dat als constructieve norm bestuurlijk is vastgesteld.
- In Italië en Griekenland is de natuurlijke seismiciteit aanzienlijk, maar als ontwerpnorm voor nieuwbouw (zoals stadions en andere publieksgebouwen) worden maatgevende grondversnellingen gehanteerd die overeenkomen met de bekende KNMI pga-waarden in het centrum van het Groningse aardbevingsgebied.

Het is overigens goed te beseffen dat de gebruikelijke herhalingsperiode voor woningbouw van 475 jaar een conventie is voor probabilistische kansberekeningen van tektonische aardbevingen (technisch: overlijdenskans 10^{-5} , levensduur 50 jaar dus 10% overschrijdingskans in 50 jaar) ooit een politieke keuze geweest n.a.v. praktijk in Californië, Zuid-Europa, Japan bij stationaire tektonische bevingen. Deze conventie heeft geen relatie met de LoC-toets, die geen kansberekening hanteert voor de seismische input maar toetst aan de verwachte waarde van het zwaarste scenario van geïnduceerde aardbeving.

Shake maps zoals die gebruikt worden in de LoC-toets om de verwachte grondversnelling te berekenen op een locatie, worden ook gebruikt in bijvoorbeeld de VS na aardbevingen om de verwachte schade op verschillende locaties in beeld te brengen.

Wel moet duidelijk zijn dat de constructieve berekeningen uit de LoC-toets direct zijn overgenomen uit de Eurocodes. De conclusie dat er bij een bepaalde grenswaarde aan de constructie geen verlies van gevaarlijke stoffen verwacht wordt is dus gebaseerd op internationale praktijkervaringen. De

¹³ Volgens deze methodiek zou in de Nederlandse situatie worden geconstateerd dat de productievermindering in Groningen zeer effectief is geweest en het veiligheidsrisico heeft doen verdwijnen. In de Nederlandse situatie kijkt de KNMI naar het gemiddelde van de laatste 5 jaar zodat het effect van de productievermindering nog niet goed zichtbaar is.

LoC-methode gebruikt de shake maps op dezelfde wijze en stelt dus dat een constructie niet mag falen bij die verwachte grondversnelling.

2.5 Slotsom

De *kernvraag* aan de werkgroep is of het veiligheidsniveau als 'voldoende' kan worden beschouwd als installaties bij de chemische industrie voldoen aan de eerder voorgestelde toets. Het antwoord van de werkgroep daarop is dat het vaststellen van wat 'voldoende veilig' is, een essentieel bestuurlijke keuze is waaraan adviseurs slechts kunnen bijdragen door zo waardevrij mogelijk relevante feiten te verstrekken op een wijze die transparant is over de onzekerheden.

De hoofdrekening van de werkgroep is de volgende:

- Er is essentiële onzekerheid over de seismische hazard en de ontwikkeling daarvan in de aankomende jaren.
- De productieniveaus voor de gaswinning liggen niet vast en zijn in enkele jaren gehalveerd.
- Erg gedetailleerde berekeningen leveren daarom vooral schijnnaauwkeurigheid op. Er kan daarmee de aankomende jaren geen definitieve toets worden uitgevoerd
- Aanpassingen in constructies bij chemische installaties vergen doorgaans enkele jaren, waarbij als altijd de aanpassing zelf ook een onvermijdelijk maar onbepaald risico met zich meebrengt
- De veiligheid van Groningen vergt echter een snelle bestuurlijke keuze
- De bestuurlijke keuze ziet daarmee op de mate van voorzorgsmaatregelen die getroffen moeten worden. Maatregelen omvatten een spectrum dat loopt van het (tijdelijk of gedeeltelijk) opschorten van een activiteit tot niets doen tot er voldoende zekerheid is.
- Het algemeen Nederlandse veiligheidsbeleid gaat uit van proportionele voorzorg: de kosten en baten van veiligheidsbeleid moeten in verhouding staan. Onzekerheid is daarbij geen reden om geen actie te ondernemen. Acties zullen dan bij voorkeur bestaan uit het vaststellen van een minimumniveau van no-regret maatregelen, en het inrichten van een proces van monitoring van het risico en veerkrachtige reactie op situaties waarin het risico zich daadwerkelijk manifesteert.

Naar de mening van de werkgroep biedt haar methode een te verantwoorden minimumniveau. Met andere woorden: als een installatie die gevaarlijke stoffen bevat voldoet aan de LoC-toets, zijn er geen maatregelen nodig vanuit omgevingsveiligheid. Evenmin is dat nodig vanuit het oogpunt van arbeidsveiligheid en vanuit milieurisico's.

Overigens kan (ook) deze methode niet uitsluiten dat losliggende objecten door trillingen vallen en vervolgens schade of letsel veroorzaken.

Hierbij geldt conform haar eerdere advies dat een adequaat kennisontwikkelings- en risicomonitoringstraject noodzakelijk is, evenals een jaarlijkse check of inzichten uit de kennisontwikkeling en monitoring een aanpassing van de toetsnorm noodzakelijk maken.

Er zijn geen zwaardere bevingen geweest dan 3.6 op de schaal van Richter, dus het gedrag van zwaardere bevingen in de Groningse ondergrond is onbekend anders dan door simulatie. Volgens het KNMI is een magnitude 5 (let wel, waarbij 120 keer zoveel energie vrijkomt als een magnitude 3.6) een bovengrens voor de sterkte van geïnduceerde aardbevingen. Mocht er beleidsmatig gekozen worden om een veel hogere magnitude als maatgevend te beschouwen, bijvoorbeeld doordat (in afwijking van de rest van het land) ook rekening gehouden moet worden met tektonische aardbevingen, dan is de LoC toets met een maximaal scenario en een zeer strenge grenswaarde minder geschikt. Bij een veel hoger maximaal scenario zou dat waarschijnlijk leiden tot een exorbitante versterkingsopgave.

3. Technisch advies over verfijning en de mogelijkheid tot uitbreiding toetsmethodiek

3.1 Introductie

In dit hoofdstuk gaan we in op enkele technische vragen over de LoC-toets. Het betreft hier de volgende vraagstukken:

- Welke extra inzichten geeft een uitbreiding van de toetsmethodiek voor de beoordeling van de veiligheid van industriële chemische installaties en constructies bij een eventuele zware aardbeving? Het betreft in ieder geval arbeidsveiligheid.
- Is een variant van de methodiek bruikbaar voor onderzoek van objecten die geen gevaarlijke stoffen bevatten maar desondanks een arbeidsrisico kunnen vormen bij een aardbeving?

3.2 Verdere verfijningen van de methodiek

Tijdens de laatste fase van de ontwikkeling van de methode kwam in de pilots het nog niet in de methode beschreven faalmechanisme van shear buckling op: eenvoudig gezegd het effect van een klotsende tankinhoud op de tankwanden.

In haar eindadvies constateerde de werkgroep dat dit faalmechanisme nadere bestudering vergde om te zien of het daadwerkelijk een probleem was voor met name grote tanks in Groningen. Ondertussen is dat nadere onderzoek onder auspiciën van de TU Delft verricht (daaruit bleek overigens dat dit faalmechanisme tenminste in de pilot tanks geen probleem is).

De correcte toetsing aan het faalmechanisme van shear buckling is inmiddels beschreven in de aangepaste GBoD, die gepubliceerd is op de website van de NCG.¹⁴

Een verfijning die nog niet is gerealiseerd is betreft het uitbreiden van het aantal 'rekenpunten' in het aardbevingsspectrum. Op dit moment maakt de LoC-methode gebruik van een karakterisering van het aardbevingsspectrum door de verwachte grondversnellingen te geven voor vier frequenties met gebruik van de internationale software voor shakemaps. De door het KNMI-waargenomen karakteristieke spectra voor Groningen worden dan aan die vier meetpunten gefit. Dit kan in de tussenliggende frequenties leiden tot een kleine over- of onderschatting van de grondversnellingen. Idealiter wordt die kleine onzekerheid verder verkleind door meer rekenpunten te gebruiken. De theoretische toename in de nauwkeurigheid is moeilijk te kwantificeren en daarmee is het ook lastig te bepalen of de extra opbrengst de ontwikkelingskosten waard zijn. In de praktijk echter kiezen adviesbureaus voor een conservatieve fit aan de vier rekenpunten zodat uitbreiding van het aantal rekenpunten door aanpassing van de shakemap-software nodeloos conservatisme kan voorkomen.¹⁵

Iets anders dan verfijning van de methode is actualisatie ervan. Zoals voor elke methode is een jaarlijkse update noodzakelijk naar aanleiding van nieuwe inzichten in de seismische input (de jaarlijkse update van het KNMI). De LoC-methode vergt dan een check op a) verschuiving van het kerngebied waarin een Mmax zich zou kunnen voordoen en b) de hoogte van de Mmax voor geïnduceerde aardbevingen. Beide verschuivingen zullen naar verwachting de aankomende jaren beperkt zijn en tenminste op de meeste locaties niet leiden tot extra eisen aan constructies.¹⁶ De LoC-methode is in die zin 'robuust'. Ook moeten wijzigingen in het grondmodel, de gmpe, in de LoC-methode verwerkt worden net zoals voor alle andere modellen. Voor de LOC-methode

¹⁴ [Hier](#) te vinden op de website van de NCG.

¹⁵ Geen misverstand: de LoC-toets maakt gebruik van de meest recente versie van de gmpe en dus zijn de meest recente inzichten over (het effect van) de samenstelling van de (ondiepe) ondergrond meegenomen.

¹⁶ Deze verwachting is gebaseerd op de inzichten van het KNMI, die geen grote verschuivingen voorziet in de veronderstelde hoogte van de Mmax en evenmin in de locatie van het seismische zwaartepunt (vanwege de bodemdaling die in het centrum van het gebied het grootste is). Geïnduceerde seismiciteit is echter niet-stationair en kan verschuiven. Het KNMI bepaalt jaarlijks op basis van observaties of er nog van dezelfde Mmax kan worden uitgegaan en of er een verschuiving plaatsvindt in het seismische zwaartepunt.

betekent dat het vervaardigen van nieuwe shake maps. De aankomende verfijningen van het grondmodel (zoals versie 4 die in juni beschikbaar komt) zullen echter slechts beperkte effecten hebben.

3.3 Uitbreiding voor arbeidsveiligheid

Zoals in hoofdstuk 2 al betoogd is geeft de LoC-toets inzicht of werknemers in de chemische industrie bij aardbevingen blootgesteld worden aan het risico van het bezwijken van de constructie en *daardoor* mogelijk aan het vrijkomen van gevaarlijke stoffen. Als constructies voldoen aan de LoC-toets, wordt de arbeidsveiligheid dus niet bedreigd door vrijkomende stoffen en evenmin door instortende constructies.

De LoC toets geeft overigens geen inzicht in het risico van vallende loszittende objecten, maar hiervoor bestaat geen enkele toets anders dan gezond verstand.

De LoC-toets is daarmee direct toepasbaar als arbeidsveiligheidstoets bij andere constructies dan de chemische industrie als arbeidsveiligheid wordt gedefinieerd als het afwezig zijn van het risico op het instorten van constructie onder de aannames van de LoC-toets. Let wel, dit kan conservatieve resultaten opleveren: zo is het bij toepassing van de LoC-toets bijvoorbeeld niet acceptabel dat een stalen constructie scheefzakt ook al zou door dit scheefzakken geen gevaar voor werknemers ontstaan.

In de pilottoepassingen van de LoC-toets die momenteel lopen onder begeleiding van de TU Delft en die in juli afgerond moeten zijn, zouden de consequenties en eenvoud van het gebruik van de LoC-toets voor 'gewone' constructies en constructieonderdelen zoals trappen duidelijk moeten zijn.

Op dit moment kan de werkgroep daarom geen definitieve uitspraak over deze uitbreiding doen. De werkgroep zal na afronding van de pilottoepassingen in een separate notitie de resultaten samenvatten ten behoeve van de NCHG en de stuurgroep Industrie.

N.B. maatregelen om de arbeidsveiligheid te garanderen kunnen natuurlijk breder zijn dan alleen de 'harde' constructieve veiligheid waarop de LoC-toets ziet. Een bijdrage aan de arbeidsveiligheid kan ook geleverd worden door zaken als bedrijfshulpverlening, voorlichting en specifieke procedures die in het veiligheidsmanagementsysteem een plaats hebben. In het geval dat een inrichting niet zou voldoen aan de LoC-toets kunnen dergelijke maatregelen een positief effect hebben in de periode waarin de (versterkings)maatregelen nog niet zijn afgerond. Een scenario-analyse methode is hierbij gebruikelijk in het arbeidsveiligheidsdomein.

3.4 Toepassing van de LoC-toets op infrastructuur

In de Kamerbrief van 23 december 2016 stelt de minister van EZ:

"De aanpak in de industrie is een nadere uitwerking van de contouren die de commissie Meijdam heeft geschetst van de wijze waarop een norm of ijkpunt voor het veiligheidsrisico voor industrie en infrastructuur tot stand kan komen. Ten aanzien van vitale infrastructuur en dijken is nog niet bepaald hoe die benadering zou kunnen werken en of die meerwaarde heeft in dit domein. Daarvoor moet eerst de aanpak op het gebied van industrie verder doorontwikkeld zijn."

De werkgroep ziet geen principiële bezwaar om de LoC-toets bestuurlijk vast te stellen voor het gebruik voor infrastructuur. De toets (die ziet op het niet bezwijken van constructies) is uitvoerbaar onder dezelfde condities en vanwege dezelfde argumentatie.

De grotere robuustheid van infrastructuur in vergelijking met andere (industriële) constructies maakt echter dat voor alle methoden zal gelden dat infrastructuur pas kwetsbaar wordt op een bepaalde

locatie als de andere constructies op die locatie (woningen en industrie) al falen. Dit is onafhankelijk van de te kiezen methode.

Bijlage

Enkele veel gestelde vragen en de antwoorden daarop

In deze bijlage reageert de werkgroep op verschillende vragen die haar gesteld zijn op verschillende momenten en door verschillende bestuurders.

Q1: wat is er precies eenvoudig aan de LoC-methode?

A: 'De LoC-toets is een eenvoudige' toets omdat

- a) er uitgegaan wordt van één (maximale) aardbeving die in het kerngebied het meest dichtbij de industrielocatie waarvan dan de verwachte waarde van de grondversnelling wordt berekend. Er hoeven dus niet met een Monte Carlo methode miljoenen aardbevingen doorgerekend te worden.
- b) de doorrekening van de constructies ook alleen bij de ene belasting hoeft plaats te vinden en alleen op het al dan niet bezwijken ervan. De mate van bezwijken en daarmee het risico voor de omgeving hoeft niet te worden berekend omdat elk bezwijken volgens deze toets onacceptabel is.
- c) de methode ongevoelig is voor wijzigingen in de inschatting van de aardbevingssterkten zolang het kerngebied en de M_{max} niet veranderen.

Let wel de LoC-toets is zo eenvoudig mogelijk als het probleem toestaat. De LoC-methode maakt geen gebruik van over gesimplificeerde modeleringen van de werkelijkheid maar gebruikt de internationale modelering conform de Eurocodes. In de LoC-methode is er voor gekozen geen complexe niet-lineaire analyse te gebruiken omdat dergelijk schijnbaar exacte analyses a) een zeer gedetailleerde input vergen die voor bestaande constructies niet beschikbaar is en b) kennis over de relatie tussen de componenten van de seismische input en de niet-lineaire eigenschappen van constructies die simpelweg niet beschikbaar is. Preciezer rekenen levert dus vooral schijnnaauwkeurigheid op.

Q2: zegt de LoC-methode dat het voldoende is om leidingbruggen door te rekenen, dus zonder de leidingen zelf?

A: Dit is niet het geval. De LoC-methode gaat ervan uit dat bij alle objecten niet alleen de constructie wordt doorgerekend, maar ook de voornaamste secundaire onderdelen die belangrijk zijn voor de veiligheid, zoals (vooral de koppelingen van) leidingen, opslagvaten, procesinstallaties, reactoren enzovoorts.

Gedurende de pilotfase van de LoC-methode was een van de objecten die doorgerekend werden een leidingenstelsel ondersteund door een leidingbrug. Er was op dat moment geen tijd om naast de leidingbrug ook de leidingen zelf door te rekenen. Eén van de aanbevelingen van de TUD bij het rekenrapport van de leidingbrug was: "Once the verification of the structural integrity is completed, a verification of the individual components of the industrial facility (pipelines, connections, process equipment, etc.) needs to be carried out in accordance with the existing international (and/or national) codes and practices." Deze aanbeveling is opgevolgd en het desbetreffende rekenwerk volgens de LoC-methode is momenteel gaande.

De verwachting is wel dat uit de doorrekening in de pilotbedrijven zal blijken dat de verwachting van experts dat de constructie i.h.a. bepalend is voor de sterkte zal kloppen en daarmee dat in de toekomst inderdaad de meeste secundaire onderdelen niet hoeven te worden doorgerekend wanneer experts dat 'met het blote oog' inschatten.

Q3: wat is nu precies het verschil tussen probabilistisch en (semi-)deterministisch?

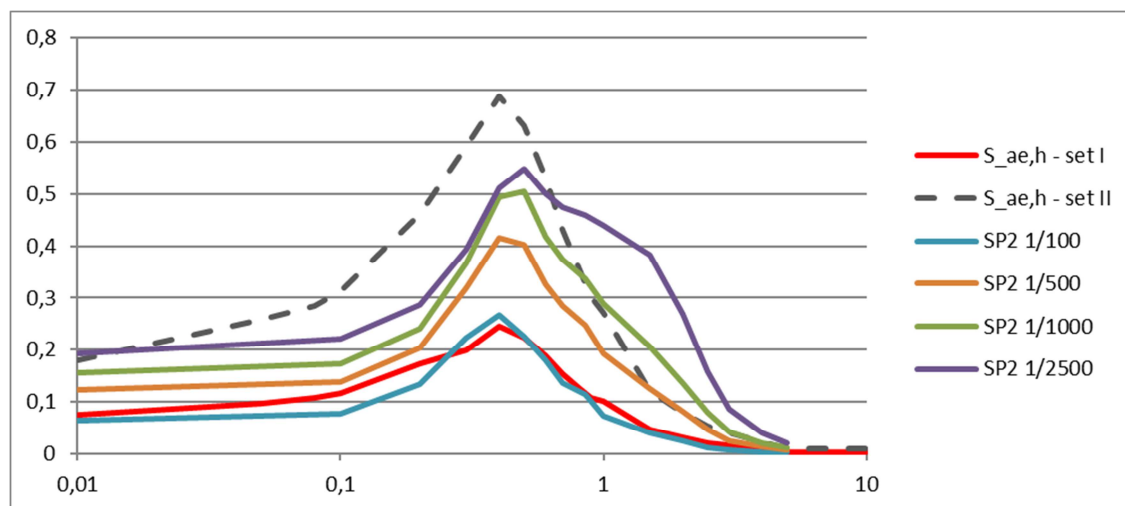
A: De werkgroep heeft ervaren dat de discussie over *probabilistisch versus (semi-)deterministisch* verwarring oproept. In dit aanvullend advies hebben we de LoC-methode daarom consequent gekarakteriseerd als een scenario-analyse methode. In de kern gaat het om het volgende onderscheid:

- Probabilistische methoden proberen de kans op gebeurtenissen te kwantificeren en daar een grens aan te stellen. Kernaanname is dan dat de gebeurtenissen met voldoende zekerheid te kwantificeren zijn.
- Scenario-analyse methoden (ook wel deterministische methoden genoemd) bezien de gevolgen van een (bestuurlijk) vastgesteld scenario. Aan die gevolgen worden dan eisen gesteld.

De betiteling *semi-deterministisch* voor de LoC-methode is ontstaan omdat in de methode ook met statistische elementen wordt gerekend, zoals de verwachte waarde van de grondversnelling.

Q4: in het eindrapport van de werkgroep is sprake van een tweede seismische belasting waarvoor de constructieve weerstand berekend wordt? Waarom wordt daar niet aan getoetst?

A: werkgroep heeft in haar eindrapport in de pilots de constructieve weerstand laten berekenen in de vier pilots bij een belasting van verwachte waarde van de grondversnelling en bij de verwachte waarde plus één standaarddeviatie, om te verkennen hoe gevoelig de uitkomsten zijn voor kleine veranderingen van de verwachte waarde. Meer precies: als de uitkomsten van berekening van de stochast van een kansverdeling tussen de verwachte waarde en één standaarddeviatie verder erg verschillen, dan is de onzekerheid zo groot dat probabilistische methoden erg kwetsbaar zijn. De werkgroep heeft daarmee deze berekeningen laten uitvoeren om te zien of de voorgestelde LoC-methode überhaupt wel noodzakelijk is. De uitkomsten suggereren dat inderdaad scenario-analyse methode wenselijk is.



Illustratie: de figuur laat de door Witteveen & Bos gemaakte grondversnellingen zien voor de NAM Tankenpark locatie behorende bij de LoC-toets (set I), de verwachte waarde plus één standaarddeviatie (set II) en grondversnellingen die volgens de KNMI-methode met een bepaalde jaarkans voorkomen (zie ook Q4). De standaard KNMI-kaart is gebaseerd op de frequentie van 0,01s. Het betreft de elastische waarden, dus zonder toepassing van een q-factor.

Q5: hoe verhoudt zich de maatgevende seismische belasting (de verwachte versnelling als gevolg van een $M = 5$ in het kerngebied) tot de seismische belasting volgens de KNMI pga-kaart?

A: Het simpele antwoord is dat die maatgevende belasting volgens de KNMI-kaart (dus bij een frequentie van 0.01s) ongeveer eens per 100 jaar zou kunnen voordoen op de betreffende

industrielocaties omdat er ook lichtere bevingen (buiten het kerngebied) zijn die een gelijke seismische belasting op de constructies opleveren. In de figuur hierboven is te zien dat voor een frequentie van bijvoorbeeld 0,1s dit ongeveer eens per 200 jaar kan optreden.

Het ingewikkelde antwoord is dat om bijvoorbeeld methodes te vergelijken, het vergelijk tussen de belastingen sec niet van belang is: methoden die een hogere seismische input hanteren maar 'accepteren' dat er wel constructief falen optreedt, zijn bijvoorbeeld niet veiliger dan de methode van de werkgroep. Naar de mening van de werkgroep introduceerden dergelijke methoden vooral weer Nederlandse afwijking van wat internationaal gebruikelijk is en daarmee een heel scala aan methodologische onzekerheden.

Het vergelijk met de 1 op de 475 jaar belasting voor woonhuizen is niet relevant: ook voor woonhuizen wordt een kleine kans geaccepteerd dat de woning bezwijkt, terwijl voor de LoC-toets juist niet geaccepteerd wordt dat er iets instort.

Overigens zijn de de pga-waarden volgens de KNMI-berekening naar internationale maatstaven hoog (zo zijn ze hoger dan de waarden waarmee gerekend wordt in landen met veel tektonische aardbevingen zoals Griekenland) omdat in de berekeningen de statische onzekerheid verwerkt is op een wiskundige wijze die als automatisch leidt tot hoger inschattingen. In landen met op zich een hoger tektonisch aardbevingsrisico is die statistische onzekerheid lager omdat de data daar over tientallen jaren bekend zijn en leiden de wiskundige berekeningen daarom tot, in vergelijk met Groningen, lagere spectrale waardes.

Q6: Wat levert de LoC-toets nu precies op?

A: De opbrengst van de LoC-toets is

- inzicht in de aardbevingsbestendigheid van constructies tegen bezwijken, i.h.b. of er maatregelen nodig zijn
- Verbinding met beleidsnorm dat de veiligheid niet achteruit mag gaan voor chemische industrie: Er ontsnappen geen stoffen, en dat rechtvaardigt de conclusie:
 - o de omgevingsveiligheid blijft op peil
 - o de interne veiligheid i.s.m. gevaarlijke stoffen blijft ook op peil
 - o er ontstaat geen schade aan het milieu
- als een constructie niet aan de toetsnorm voldoet, zijn maatregelen nodig (nl. de constructie op toetsnorm brengen door versterking en/of maatregelen in het bedrijfsproces, mogelijk aangevuld met mitigerende maatregelen voor de periode waarin maatregelen nog niet zijn doorgevoerd)
- Welke maatregelen specifiek nodig zijn volgt niet uit de LoC-toets, wel een indicatie omdat bepaalde faalmechanismen aangetoond worden en die betreffen bepaalde delen van de constructie. Exacter gaat niet, daarvoor moet een ingenieursbureau een aantal versterkingsopties gaan bedenken en doorrekenen.
- Voor beoordeling van tijdelijke maatregelen zoals aanpassingen in het bedrijfsproces of de BHV is de LoC-methode net zoals andere methoden die naar de constructie kijken niet geschikt.

Q7: Wat heeft de werkgroep MA voor ogen bij zijn aanbeveling voor kennisontwikkeling en monitoring? En wat betekent dit voor bedrijven (bv. conclusies en maatregelen die je op basis van monitoringsresultaten zou moeten/kunnen nemen)?

A: Het is belangrijk om de *feitelijke* effecten te monitoren die geïnduceerde aardbevingen hebben op de voornaamste installaties en onderdelen daarvan, in de eerste plaats omdat het een empirische validering geeft van de voorspellingen in de aannames over de sterkte van constructies. In landen met tektonische aardbevingen vormt de feitelijke respons van constructies op een bepaalde grondversnelling de empirische basis voor validering van modellen. Zo nodig worden modellen dan aangepast en dat verhoogt hun betrouwbaarheid.

Als de lineaire respons van constructies op relatief zwakke aardbevingen aanmerkelijk zou afwijken van de voorspellingen, dan is dat aanleiding voor onmiddellijke actie door het bedrijf zoals een visuele inspectie ter plaatse. En de ontwikkelaars van de methodiek kunnen de modellen verbeteren (zodat die toegepast kunnen worden op constructies die nog niet zijn doorgerekend).

Als een constructie sterker blijkt te reageren op een bepaalde grondversnelling dan verwacht, dan is dat relevant voor mogelijke constructieve achteruitgang. Dit moet dan snel worden onderzocht om plotseling instorten na een volgende zwaardere beving te voorkomen. Deze zogenaamde `structural health monitoring` is een bekende tak van wetenschap en wordt in regio`s met tektonische seismiciteit standaard toegepast op de voornaamste installaties als de middelen dat toelaten.

Monitoring draagt dus bij aan wetenschappelijke kennisontwikkeling waarmee de modellen betrouwbaarder gemaakt kunnen worden. Met monitoring kunnen bedrijven aan de praktijk toetsen hoe hun installaties zich gedragen wanneer bepaalde drempelwaarden van seismiciteit worden bereikt of overschreden (zoals NAM doet). Wanneer een bedrijf oplopende gradaties van mogelijke grondversnellingen planmatig verbindt aan preventieve en/of mitigerende maatregelen (tot aan een eventueel stilleggen van bepaalde onderdelen), geeft monitoring het bedrijf de mogelijkheid om snel en adequaat te reageren op de seismiciteit die zich ter plaatse feitelijk voordoet (o.a. AkzoNobel heeft een dergelijke planning gemaakt).

Het is overigens belangrijk dat op locaties waar constructies worden gemonitord, ook de grondbewegingen worden gemonitord en dat de metingen van grondbewegingen worden teruggekoppeld aan de aardbevingsmagnitude en het hypocentrum van de aardbeving. Dit is een taak van het KNMI. Vooral de verbinding tussen al die gegevens zal helpen om een betrouwbaarder inzicht te krijgen in de respons van constructies op geïnduceerde aardbevingen.

Q8: Wie is er eindverantwoordelijk voor de inhoud en het vaststellen van de gedragen en onafhankelijke - te verankeren- methodiek? Wie is verantwoordelijk voor het reviewproces dat in mei plaatsvindt?

A: De werkgroep in zijn geheel is verantwoordelijk voor de inhoud van de voorgestelde LoC-methodiek in zijn geheel. Voor onderdelen tekenen KNMI (seismische belasting inclusief Mmax) en TU Delft (methodiekonderdeel constructieberekeningen). Het vaststellen dat het toetsniveau voldoende veiligheid biedt is een bestuurlijke verantwoordelijkheid, de werkgroep adviseert hier positief over. De review van de LoC-methode wordt onafhankelijk gedaan in opdracht van NCG.

Q9: Als dit zo'n goede en eenvoudige methodiek is, waarom wordt die dan niet toegepast voor infrastructuur en voor woningen c.q. waarom gaan we die daar niet toepassen?

A: Deze methodiek is specifiek ontwikkeld voor industriële installaties, welke gewoonlijk overal op de wereld aan dezelfde normen voldoen. In principe is de methodiek ook toepasbaar voor infrastructuur, maar toepassing is aan het oordeel van NCG, bevoegd gezag en eigenaren.

Voor woningen lijkt de methode zonder aanpassingen vooralsnog minder geschikt omdat praktisch gesproken niet van elke woning afzonderlijk kan worden vastgesteld of zij aan de norm voldoet. In combinatie met een catalogusaanpak zou de methode ook voor woningen kunnen worden toegepast.

Q10: Waarom wordt soms gezegd dat de Mmax hoger dan 5 kan zijn?

A: Uit de KNMI-studie en de internationale review blijkt dat de maximale magnitude van een *geïnduceerde* aardbeving in Groningen zeker niet hoger dan 5 zal zijn. Verschillende recente publicaties stellen zelfs dat dit maximum nooit meer dan 4.2 – 4.4 kan zijn.¹⁷ Evident zou een dergelijk forse verlaging van de maximaal verwachte magnitude leiden tot een zeer forse verlaging van het seismisch risico zodat voor alle constructies `alleen` het schade probleem overblijft maar er geen veiligheidsrisico meer is.

¹⁷ Zie bijvoorbeeld G. Zöller and M. Holschneider, *The Maximum Possible and the Maximum Expected Earthquake Magnitude for Production-Induced Earthquakes at the Gas Field in Groningen*, The Netherlands, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 106, No. 6, December 2016.

In de internationale review is echter door sommige experts gewezen op het theoretische risico dat een geïnduceerde beving een tektonische beving zou kunnen 'triggeren'. De werkgroep volgt de resultaten van het Europese SHARE project¹⁸ waaraan alle Europese geologische instituten deelnemen in de redenering dat er geen natuurlijk seismiteit in Groningen is, en daarmee ook geen relevante kans op het triggeren van een tektonische aardbeving.

Q11: Welke consequenties heeft het voornemen van het KNMI om een verdelingsfunctie voor de Mmax te hanteren voor voor het advies van de werkgroep?

A: Het KNMI volgt in haar juni 2017 update van de pga-kaart (grondversnelling bij een herhalingstijd van 1:475 jaar en een frequentie van 0,01s) het advies van de door de NAM-werkgroep voorgestelde verdelingsfunctie van de Mmax te hanteren waarin ook de door de NAM-werkgroep gedachte kans op een getriggerde aardbeving is meegenomen.

De werkgroep beveelt (zie ook vraag 10) nog steeds aan om voor de LoC-toets alleen met het risico op geïnduceerde aardbevingen te werken, en dus niet met het risico van een getriggerde aardbeving. Derhalve kiest de werkgroep (conform het eerdere advies van het KNMI) voor Mmax 5 als de maximale sterkte van een geïnduceerde aardbeving zodat die Mmax gebruikt zou moeten worden in de LoC-toets.

Q12: Is de LoC-toets ook geschikt als maatstaf voor nieuw te bouwen industriële constructies?

A: De LoC-toets maakt geen onderscheid tussen nieuwbouw of bestaande bouw dus is voor beide in principe bruikbaar. Bij nieuwbouw zal het toetsingsproces wel eenvoudiger te doorlopen zijn omdat in het ontwerpproces de sterkte van constructie(onderdelen) veel beter bekend is dan voor bestaande bouw. Echter, de LoC-methode maakt nu gebruik van een conservatieve toets parameter (conservatieve q-factor) omdat van bestaande constructies de sterkte zoals gesteld niet bekend is en deze initieel niet ontworpen zijn tegen aardbevingen. In lijn met de Eurocodes zou daarom gekozen kunnen worden voor een minder conservatieve q-factor. De werkgroep heeft hier nog geen opinie over geformuleerd omdat haar opdracht betrekking had op bestaande constructies.

¹⁸ Zie de share seismic hazard map op www.share-org.eu.

Bijlage

Samenstelling van de werkgroep

De werkgroep is als volgt samengesteld:

- Prof. dr. Ira Helsloot (Crisislab, RUN), voorzitter
- Prof. dr. Láslo Evers (KNMI, TUD)
- Drs. Pieter van Geel (onafhankelijk adviseur)
- Kees Theune M. Sc. (onafhankelijk adviseur, o.a. voor IenM)
- Dr. Apostolos Tsouvalas (TU Delft)
- Prof. dr. ir. Jan Rots (TU Delft)
- Dr. Walter Zwaard (onafhankelijk adviseur arbeidsveiligheid)

De twee laatstgenoemde deskundigen zijn nieuw in de werkgroep.

Het secretariaat wordt vervuld door Jan van Tol en Jacoba Westinga (NCG).