

**Advies Werkgroep Maatgevende Aardbevingsbelasting (WMA) over de gevolgen van de afnemende gaswinning op de uitkomsten en bruikbaarheid van de LoC-toets op de aardbevingsbestendigheid voor de industrie in Groningen.**

**Samenvatting**

De snel afnemende aardgaswinning in Groningen zorgt voor een sterk afnemende kans op geïnduceerde aardbevingen. De vraag is wat dat betekent voor de toetsing van de (chemische) industrie op aardbevingsbestendigheid.

De LoC-methode om de aardbevingsbestendigheid van de chemische industrie te toetsen gaat uit van een maximale aardbeving van 5 op de schaal van Richter. Hoewel de kans op zwaardere aardbevingen afneemt voorziet het KNMI geen daling van de maximaal mogelijk zwaarte van geïnduceerde aardbevingen. De LoC-toets zal daarom niet lichter worden als gevolg van de afnemende kans op aardbevingen.

De LoC-toets is in de uitvoering in 2019 wel significant lichter geworden dan in de periode 2016-2017 door het gebruik van het meest recente grondmodel GMM v5 van het KNMI in 2018. Het nieuwste grondmodel resulteert in vergelijking met het vorige model bij een aardbeving van een gelijke sterkte in een lagere verwachte belasting op een bepaalde afstand van het epicentrum van de aardbeving.

De WMA is in principe voorstander van het gebruik van een probabilistische methode voor risicoberekeningen maar brengt in herinnering dat de redenen om vooralsnog voor een robuuste deterministische toets als de LoC te kiezen nog steeds overeind staan. Deterministisch, omdat er een aantal onzekerheden zijn over de aardbevingsdreiging in relatie tot de sterkte van industriële constructies, die het gebruik van een reguliere probabilistische methode in de weg staan. Robuust, omdat op advies van de Commissie Meijdam de minister in 2016 als beleid heeft vastgesteld dat geïnduceerde aardbevingen geen extra risico met zich mee mogen brengen voor de omgeving van Brzo-bedrijven.

De WMA beveelt aan om het selectie criterium dat bepaalt welke onderdelen van risicovolle bedrijven (waaronder de Brzo-bedrijven vallen) getoetst moeten worden, verder door te ontwikkelen zodat voorkomen wordt dat in de huidige situatie van afnemende aardbevingsdreiging nodeloos veel delen van bedrijven getoetst worden aan de strenge LoC-norm.

## 1. Vraagstelling

Sinds 2017 zijn door de rijksoverheid enkele vergaande besluiten genomen over de snelle afbouw van de aardgaswinning in Groningen.

De Industrietafel wil graag weten wat de gevolgen van het gaswinningsbesluit voor de onderzoeks- c.q. versterkingsaanpak van de industriële installaties zijn en dan met name voor het gebruik van de LoC-methode. In het voortraject heeft het zogenaamde hooglerarenpanel al over het stopzetten van de gaswinning geadviseerd aan EZK.

### De LoC-methode in een notendop

De LoC-methode toets in drie stappen de sterkte van een industriële constructie:

**Stap 1:** bepaling van Mmax en het kerngebied waarin deze kan voorkomen,

**Stap 2:** berekening van de verwachte grondversnelling op een bepaalde industriële locatie ten gevolge van een maximale aardbeving op een locatie in het kerngebied die zo dicht mogelijk bij die industriële locatie ligt (dus de maximaal te verwachten grondversnelling),

**Stap 3:** berekening van het effect van die grondversnelling op de industriële constructie.

Deze mag dan niet falen met toepassing van de eurocodes.

In overleg met EZK is afgesproken dat NCG aan de WMA een advies vraagt over de gevolgen van het gaswinningsbesluit voor het gebruik van de berekeningsmethodieken (fase 2) en dan met name t.a.v. het gebruik van de LoC-methode. De NCG heeft daarom in februari 2019 de WMA<sup>1</sup> opnieuw bijeengeroepen met de vraag of de WMA aanvullend wil adviseren over de gevolgen van het gaswinningsbesluit voor de LoC-methode. De WMA wordt gevraagd om daarbij in ieder geval in te gaan op de eventuele gevolgen voor de uitgangspunten en technisch/inhoudelijke aspecten van de methodiek en de gevolgen voor de onderzoeken die nog moeten plaatsvinden.

Meer specifiek gaat het om de beantwoording van de volgende vragen:

1. Kan WMA een advies geven over de wenselijkheid en mogelijkheid om tot een technische/normatieve aanpassing van de LoC-methode te komen? Wat is hiervoor nodig en op welke termijn?  
Op welk moment is de afname van seismiciteit zodanig concreet en stabiel dat voor het (niet) treffen van maatregelen hierop kan worden geanticipeerd. Dit is met name van belang voor de bedrijven met industriële installaties die de LoC-toets niet (hebben) doorstaan.  
Kan WMA voor deze bedrijven adviseren ten aanzien van de (vervolg) onderzoeken die zij doen om te bezien op welke wijze wel aan de LoC-toets wordt voldaan?  
Kan WMA iets zeggen over de vraag of, hoe en wanneer het wenselijk is om de LoC-toets af te bouwen?

---

<sup>1</sup> Aangevuld met prof. dr. Eric Cator zodat de facto ook het gehele hooglerarenpanel dat in de zomer van 2018 de minister van EZ heeft geadviseerd betrokken is.

2. Kan aanvullend advies worden gegeven over de vraag hoe de industrie kan omgaan met de verwachte seismische afname ten aanzien van hun industriële installaties en de aardbevingsbestendigheid daarvan?

Zou overwogen kunnen worden te kiezen voor een methodiek waarin de frequenties van seismiciteit wel meegenomen wordt, en/of is wellicht op grond van de inmiddels vergaarde kennis over de zwakste plekken in de meest voorkomende constructies een eenvoudiger beoordelingsmethodiek denkbaar?

In het kader van het opstellen van dit advies heeft een vertegenwoordiging van de WMA ook een oriënterend overleg gevoerd met een vertegenwoordiging van de Technische commissie bodembeweging (Tcbb).

## 2. Voorgeschiedenis, standpunten en besluiten tot heden

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 had geleid.

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 hoofddedenering van de werkgroep was de volgende:

- er is essentiële onzekerheid over de (ontwikkeling van de) seismische hazard in de aankomende jaren;
- er is ook hetzelfde tekort is aan gevalideerde modelonderzoeken over de dynamische weerstand (fragility) van de te toetsen constructies bij de mogelijke grondbewegingen als enkele jaren geleden;
- het is daarom niet zinvol 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 een proces van jaren waarbij 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 zogenaamde "no-regret" maatregelen en het inrichten van een proces van monitoring en veerkrachtige reactie op het risico;
- als een constructie niet aan de LoC-toets voldoet zijn vervolgonderzoek en mogelijk 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.

De ontwikkelde LoC-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 geen falen van constructies plaatsvindt van de procesinstallaties of relevante dragende constructies, opdat er geen gevaarlijke stoffen vrijkomen.

Begin 2017 is de werkgroep Maatgevende aardbevingsbelasting opnieuw ingesteld, uitgebreid 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 en met april 2017 haar werkzaamheden verricht die hebben geleid tot een aanvullend advies dat is uitgebracht op 15 mei 2017.

Door de stuurgroep Industrie, waarin de NCG vertegenwoordigd is, is in de zomer van 2017 besloten dat het bedrijven vrij staat te kiezen tussen de LoC-methode en een probabilistische toets. Die laatste op de Groningse industrie toegesneden toets was op dat moment nog niet geheel uitontwikkeld. Sinds 2017 is dan ook gebleken dat de LoC-toets vanaf dat moment voor de komende 3 jaar de standaard keuze van de industrie is.

### **Leeswijzer**

In dit voorliggend advies wordt ingegaan op de gestelde aanvullende vragen. In paragraaf 4 wordt de bredere context van de vraag geschetst. In paragraaf 5 wordt de vraag beantwoord wat de afbouw van de gaswinning betekent voor de toepassing van de LoC-methode. In paragraaf 6 worden de huidige beperkingen van de LoC-methode geschetst en de opties om die met de opgedane kennis en nieuwe ontwikkelingen aan te passen voor verder toekomstig gebruik.

### 3. Toelichting algemeen: een veranderende context

In de Industrietafel (werkgroep en stuurgroep industrie) zijn afspraken gemaakt over de aanpak van de (chemische) industrie. Deze afspraken zijn vastgelegd in het Meerjarenprogramma 2017-2021 van NCG en het daarbij behorend addendum, en zijn geldig totdat anders is besloten.

Conform afspraken onderzoeken bedrijven die werken met grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen hun installaties op aardbevingsbestendigheid. Het gaat hierbij om ongeveer 45 bedrijven die op de prioriteringslijst staan.

De onderzoeken vinden plaats aan de hand van een overeengekomen toetskader dat bestaat uit twee fasen:

- Fase 1: waarin op basis van een kwalitatieve risicoanalyse wordt onderzocht of en zo ja welke installaties doorgerekend (fase 2) moeten worden;
- Fase 2: waarin installaties worden doorgerekend om de aardbevingsbestendigheid te kunnen beoordelen. Voor de kwantitatieve rekentoets kunnen bedrijven kiezen uit twee methoden:
  - 1) De Loss of Containment-methode (LoC) ontwikkeld door de Werkgroep Maatgevende Aardbevingsbelasting (WMA), of
  - 2) De rekenmethodiek ontwikkeld door Deltares/TNO.

Beide methodieken uit fase 2 zijn goedgekeurd. Tot nu toe gebruiken bedrijven vooral de LoC-methode.

In het voorjaar van 2018 heeft het kabinet besloten om de gaswinning op termijn stop te zetten. Over de gevolgen van dit besluit voor de versterkingsaanpak heeft de Mijnraad op 2 juli 2018 een advies uitgebracht. In dit advies wordt alleen op de gevolgen voor de versterking van gebouwen ingegaan, en niet op die van industriële installaties.

Uitvoering van het kabinetsbesluit om de gaswinning op termijn te stoppen leidt tot een afnemende winning en daarmee tot een afname in seismiciteit. NEN heeft in 2018 voorgesteld<sup>2</sup> om bij gebouwen te rekenen met drie perioden, gerelateerd aan de gasafbouw. De drie perioden zijn:

- t1: de periode waarin een geleidelijke afname plaatsvindt tot aan het gereedkomen van de stikstoffabriek;
- t2: de periode waarin de stikstoffabriek in gebruik wordt genomen;
- t3: de afbouw tot aan 2030 (naar nul).

---

<sup>2</sup> Hieraan gekoppeld is het voorstel om te monitoren of de gasafbouw daadwerkelijk gaat conform het geplande scenario. Daarvoor dient een jaarlijkse controle plaats te vinden en zal zo nodig – bij grote afwijkingen – bijstelling moeten plaatsvinden.

Op grond hiervan heeft de KNMI in 2018 nieuwe seismische kaarten voor Groningen gemaakt. KNMI heeft op verzoek van NCG aan de hand van deze kaarten ook de shakemaps – die voor de LoC-methode worden gebruikt – geactualiseerd.

Verder wordt momenteel een selectiemethodiek ontwikkeld. Met deze selectiemethodiek moet op basis van de in fase 1 (kwalitatieve risicoanalyse) geïdentificeerde mogelijk risicovolle delen van (proces)installaties kunnen worden geïdentificeerd, vastgelegd en verantwoord welke onderdelen verdere studie in fase 2 (de kwantitatieve risicoanalyse) behoeven, en welke onderdelen geen verder onderzoek meer behoeven.

N.B. de WMA benadrukt dat de LoC-methode met name bedoeld was voor een robuuste toets van installaties met een effect 'buiten de poort'. Het is niet op voorhand voor de hand liggend om een dergelijk strenge toets voor alle installaties te vereisen. Alsdan kan hiervoor in een specifiek (al dan niet gedeeltelijk aanvullend) toetstraject worden voorzien.

N.B. de WMA observeert dat voor de laatste stap van de LoC-toets, d.w.z. de bepaling van de weerstand (fragility) van industriële constructies gegeven een bepaalde seismische belasting, de inzichten de afgelopen drie jaar niet zijn verdiept. In tegenstelling tot het uitgebreide onderzoek voor woonhuizen is voor zover de WMA bekend geen experimenteel laboratorium- of veldonderzoek naar het dynamische gedrag van industriële constructies onder seismische belastingen verricht. Nog steeds lijkt er een essentieel gebrek aan kennis te zijn over hoe op een correcte wijze de kwetsbaarheid van industriële constructies kan worden beschreven als een functie van PGA, PGV of een andere kwantitatieve indicator waarbij horizontale en verticale groundbewegingen een rol spelen. Deze kennis is nodig in probabilistische berekeningen die een dieper inzicht geven in de precieze kwetsbaarheden van constructies. De LoC-toets omzeilt dit probleem door op een conservatieve wijze de eurocodes toe te passen.

#### 4. De gevolgen van minder gaswinning en betere kennis over de ondergrond voor de LoC-methode

Zoals al eerder uitgelegd bestaat de rekenkern van de LoC-methode uit drie stappen:

**Stap 1:** bepaling van  $M_{max}$  en het kerngebied waarin deze kan voorkomen,

**Stap 2:** berekening van de verwachte grondversnelling op een bepaalde industrielocatie ten gevolge van een maximale aardbeving op een locatie in het kerngebied die zo dicht mogelijk bij die industrielocatie ligt (dus de maximaal te verwachten grondversnelling),

**Stap 3:** berekening van het effect van die grondversnelling op de industriële constructie. Deze mag dan niet falen met toepassing van de eurocodes.

We zullen voor elke stap beschrijven wat de gevolgen van minder gaswinning en betere kennis over de ondergrond zijn.

**Stap 1:** De vermindering van de gaswinning heeft evident effect op de frequentie van aardbevingen van een bepaalde sterkte: deze frequentie wordt steeds minder. Het is echter naar de mening van het KNMI nog niet zo evident dat ook de maximaal mogelijke geïnduceerde aardbeving in kracht afneemt.

Een vergelijk met het bekende voorbeeld van de relatief zware geïnduceerde aardbeving voor de kust van Bergen (Nood-Holland) jaren na beëindiging van de gaswinning daar illustreert dat het niet voor de hand ligt dat de  $M_{max}$  de aankomende jaren naar beneden zal gaan.

Op dit moment wordt gedacht dat de inschatting van de maximaal mogelijke geïnduceerde aardbeving mogelijk nog wel 10 jaar op 5 SvR blijft staan. Dus hoewel de kans op een zware aardbeving wel (sterk) afneemt, heeft in deze stap de vermindering van de gaswinning geen invloed op de LoC-methode.

**Stap 2:** In 2018 heeft het KNMI een nieuwe versie van het model dat de voortplanting van trillingen door de Groningse ondergrond beschrijft uitgebracht. De zogenaamde GMM versie 5 bevat meer nieuwe kennis, daardoor minder onzekerheden en komt daardoor uit op lagere grondversnellingen (een grotere onzekerheid betekent dat bij het berekenen van het verwachte risico, we rekening moeten houden met veel nadelige scenario's, waardoor het verwachte risico hoger uitvalt. Bij meer zekerheid valt een aantal van deze scenario's weg, waardoor het risico kleiner wordt. Het rekenen met een dergelijk verwacht risico is ook op soortgelijke wijze door het hooglerarenpanel voor de berekening van het individueel risico voor huizen in de zomer van 2018 geadviseerd. Dit advies werd breed onderschreven en is door de minister overgenomen).



Toepassing van het grondmodel GMM v5 leidt tot gemiddeld ongeveer een kwart lagere grondversnellingen.<sup>3</sup>

Voor alle duidelijkheid: deze vermindering is niet rechtstreeks toe te schrijven aan de vermindering van de aardgaswinning.

**Stap 3:** de berekening van de actuele sterkte van constructies staat los van de verminderde gaswinning en betere kennis van de ondergrond. De berekening is gebaseerd op rechtstreekse toepassing van de Eurocodes (met een conservatieve q-factor).

Daarmee is een eerste conclusie dat de vermindering van de gaswinning sec. geen invloed heeft (tenminste de aankomende jaren) op de resultaten van de LoC-methode. Het uitgangspunt is immers robuustheid.

De toegenomen kennis over de ondergrond leidt wel tot een lagere verwachte grondversnelling en daarmee lagere verwachte belasting van industrie constructies. De WMA heeft eerder al geadviseerd om altijd met de meest recente kennis over de grondversnellingen te werken.

Een voor de hand liggende conclusie is daarmee dat constructies die tot op heden voldeden dat ook in de toekomst zullen blijven doen.

We brengen in herinnering dat wanneer een industriële constructie niet door de LoC-toets komt omdat een dragende constructie van een procesinstallaties partieel faalt dat niet perse betekent dat de inhoud van de procesinstallatie zelf vrijkomt. De LoC-toets is nu eenmaal simpel en streng. Bij aanvullende en/of meer gedetailleerde berekeningen kan blijken dat de installatie toch veilig genoeg is en geen fysieke maatregelen noodzakelijk zijn.

---

<sup>3</sup> N.B. voor alle duidelijkheid de problemen met het Groningse meetnetwerk in de tweede helft van 2018 waardoor een aantal onjuiste metingen werden gedaan aan de randen van het aardbevingsgebied hebben geen invloed op de validiteit van het nieuwe GMM voor de industrielocaties.

## 6. Mogelijkheden voor doorontwikkeling of uitfasering van de LoC-methode

De WMA denkt dat er slechts beperkte mogelijkheden zijn tot doorontwikkeling van de LoC-methode. De robuustheid verhoudt zich niet goed met verfijningen. Daarvoor zou dan eerder een probabilistische methode (door)ontwikkeld moeten worden.

Op twee punten kan de toepassing van de LoC-methode worden geoptimaliseerd:

- Een simpele extra 'spelregel' die de WMA voorstelt, is dat als de verwachte piek-grondsnelheid (PGV) uit stap 2 van de LoC-toets kleiner is dan 3 mm/s (hetgeen correspondeert met bijvoorbeeld de trillingen veroorzaakt door treinen op 15 meter afstand van het spoor) dat dan stap 3 van de LoC-toets niet meer hoeft te worden ingezet. De WMA adviseert om een constructief advies te vragen aan een deskundige partij wat de beste indicator (PGV, PGA of een andere indicator die de groundbeweging karakteriseert) is en wat een zekere grenswaarde voor de indicator is die voor deze spelregel gebruikt kan worden in plaats van de geadviseerde grens van tenminste 3 mm/s.<sup>4</sup>
- TUD heeft in haar 'Lessons learned: LoC Toets in application to the industrial facilities in Groningen' de leerpunten van toepassing van stap 3 op een rij gezet waardoor toekomstige berekeningen simpeler kunnen worden. Onder meer het rekenen met een minder conservatieve q-factor is hier onderdeel van mits dit kan worden onderbouwd door middel van experimenteel onderzoek, meetdata en gevalideerd modelonderzoek voor de constructies en hun specifieke belastingen. De WMA adviseert de leerpunten te incorporeren in de GBoD die voor stap 3 van de LoC-methode wordt gebruikt.

Op enige termijn zal de Mmax ook naar beneden gaan. Gezien het oorspronkelijke uitgangspunt dat de aardbevingen in Groningen geen extra risico moeten opleveren is het volgens de WMA wenselijk om robuust te blijven toetsen. Dit lijkt de WMA geen onredelijke / disproportionele eis, mede omdat gebleken is dat de geconstateerde beperkte gebreken in de industriële constructies ook achteraf begrepen werden en als rechtvaardig werden beschouwd. Uitfasering van de eis dat industriële constructies die een extern veiligheidseffect hebben tegen de verwachte belasting van een Mmax van 5 in het kerngebied moeten kunnen, is daarmee volgens de WMA de aankomende 10 jaar niet voorzienbaar.

---

<sup>4</sup> Voor alle duidelijkheid: in de LoC-toets wordt voor specifiek voor tanks in het GBoD conform de Eurocodes al een PGA-grenswaarde gebruikt van 0,04g. Over een soortgelijke PGA-grenswaarde specifiek voor buisleidingen wordt momenteel nagedacht.

## 7. Samenvattende antwoorden op de vragen

Kan WMA advies geven over de wenselijkheid en mogelijkheid om tot een technische/normatieve aanpassing van de LoC-methode te komen? Wat is hiervoor nodig en op welke termijn.

*De WMA ziet geen noodzaak of mogelijkheid tot een conceptuele wijziging van de LoC-toets te komen. De zwaarte van de LoC-toets varieert met de maximaal te verwachten aardbeving en de te verwachten propagatie daarvan door de ondergrond. De maximaal te verwachten aardbeving zal naar huidige inschatting de aankomende 10 jaar niet naar beneden gaan. Het nieuwe grondmodel (GMM v5) heeft wel tot een vermindering van ongeveer 25% van de belasting geleid; dit is echter het gevolg van de extra kennis die beschikbaar is gekomen en niet van afnemende gaswinning. Een verdere vermindering ligt niet voor de hand.*

Op welk moment is de afname van seismiciteit zodanig concreet en stabiel dat voor het (niet) treffen van maatregelen hierop kan worden geanticipeerd. Dit is met name van belang voor de bedrijven met industriële installaties die de LoC-toets niet (hebben) doorstaan.

*Zoals hiervoor vermeld zal voor de LoC-methode naar huidige inschatting tenminste de aankomende tien jaar geen vermindering van de  $M_{max}$  aan de orde zijn. Daarmee blijft naar de mening van de WMA, gezien de beleidsuitgangspunten van een robuuste toets en geen extra risico voor de omgeving, een toets aan  $M_{max} = 5$  relevant.*

Kan WMA voor deze bedrijven adviseren ten aanzien van de (vervolg) onderzoeken die zij doen om te bezien op welke wijze wel aan de LoC-toets wordt voldaan?

*De WMA heeft consequent geadviseerd dat bedrijven die niet aan de (zware) LoC-toets voldoen een verdiepend onderzoek doen naar waarom hun constructies niet voldoen. In de lezing door de WMA van de nadere onderzoeken blijkt dat de nadere onderzoeken begrepen constructieve zwaktes uitwijzen waarvan ook redelijkerwijs verwacht mag worden dat bedrijven die kunnen oplossen tegen beperkte kosten. De WMA heeft nog geen onbegrepen knelpunten vernomen.*

Kan WMA iets zeggen over de vraag of, hoe en wanneer het wenselijk is om de LoC-toets af te bouwen?

*De overgang naar een andere wijze van toetsen is een beleidsmatig besluit.*

*In principe is de WMA een voorstander van een probabilistische methode. De WMA wil wel meegeven dat op dit moment niemand een werkelijke inschatting kan maken van juist de zeer kleine kans op een aardbeving in de bovenste percentielen van de verdeling van aardbevingssterkte. Een probabilistische toets waarin die onbekende kans centraal staat, is daarom met zeer grote onzekerheden omgeven. Ook het inzicht in de sterkte van industriële constructies*

*als functie van PGA, PGV of andere indicatoren is nog steeds niet verder ontwikkelt dan drie jaar geleden.*

Kan aanvullend advies worden gegeven over de vraag hoe de industrie kan omgaan met de verwachte seismische afname ten aanzien van hun industriële installaties en de aardbevingsbestendigheid daarvan?

*Zie hiervoor. Zolang het KNMI geen kleinere Mmax voorziet en het beleidsmatig uitgangspunt blijft dat (conform Meijdam) voor de BRZO-bedrijven de kans op geïnduceerde aardbevingen geen extra risico voor de omgeving met zich meebrengt, blijft een robuuste toets pragmatisch. Een doorontwikkeling en validatie van een probabilistische methode kan op termijn nieuwe handvatten bieden. Kosten en doorlooptijd van zo'n ontwikkeling moeten worden afgewogen tegen de baten ervan in een situatie van sterk afnemende hazard en een meerderheid van de bedrijven die al getoetst zijn.*

Zou overwogen kunnen worden te kiezen voor een methodiek waarin de frequenties van seismiciteit wel meegenomen wordt, en/of is wellicht op grond van de inmiddels vergaarde kennis over de zwakste plekken in de meest voorkomende constructies een eenvoudiger beoordelingsmethodiek denkbaar?

*In principe zijn probabilistische methodes de gebruikelijke wijze van toetsen in Nederland. De LoC-toets is echter ontwikkeld vanwege een aantal essentiële (beleidsmatige) problemen met de ontwikkeling van een probabilistische toets juist voor de chemische industrie. De WMA heeft nog geen indicaties gezien dat die problemen zijn opgelost (zie ook hierboven).*

**Bijlage: samenstelling WMA t.b.v. aanvullend advies 2019**

prof. dr. Ira Helsloot (vz, RUN),  
prof. dr. ir. Jan Rots, Dr. Apostolos Tsouvalas (TUD),  
prof. dr. Laslo Evers, Dr. Jesper Spetzler (KNMI),  
prof. dr. Eric Cator (RUN),  
Dr. Pieter van Geel (review).

Kees Theune M.Sc, Mr. Jacoba Westinga (NCG, secr.).

E. Mobach (NAM, waarnemer).