



**NAM**

# Groningen Meet- en Regelprotocol

---

29 mei 2017

## Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	5
1.1	Doel en strekking Meet- en Regelprotocol.....	5
1.2	Juridische context .....	6
2	Leeswijzer Meet- en Regelprotocol .....	7
3	Algemene structuur risico-beheerssysteem .....	8
4	Technische context .....	9
4.1	Uitgangspunten voor dit protocol .....	9
4.2	Metten van relevante grootheden.....	9
4.3	Oppakken van signalen die kunnen duiden op afwijkende ontwikkelingen .....	9
4.4	Categorieën van te nemen maatregelen .....	10
4.5	Timing van maatregelen .....	11
4.6	Effectiviteit van maatregelen.....	12
5	Risico beheerssysteem – bow-tieperspectief .....	12
5.1	Ondergrondse dreigingen (rode blokjes).....	14
5.2	Barrières (groene blokjes).....	14
5.3	Gevolgen beperken (paarse blokjes) .....	15
5.4	Gebruik bow-tie .....	16
6	Structuur van het signaleringssysteem.....	16
6.1	Signaleringssysteem in het algemeen.....	16
6.2	De niveaus.....	18
6.3	De gekozen parameters .....	19
6.3.1	PGA.....	19
6.3.2	Activity Rate .....	19
6.3.3	Aardbevingsdichtheid .....	19
6.3.4	PGV.....	20
6.3.5	Damage State .....	20
6.3.6	Herziening van grenswaarden in de toekomst .....	20
6.4	Bouwkundig versterken .....	20
7	Overwegingen bij potentiële maatregelen .....	20
7.1	Identificatie maatregelen.....	20
7.2	Te nemen maatregelen.....	22

7.3	Soort gebeurtenis.....	24
7.3.1	Impact van de seismische gebeurtenis .....	24
7.3.2	Hoe verontrustend is de seismische gebeurtenis .....	25
7.3.3	Onverwacht element .....	25
7.4	Integratie van de context van beheersmaatregelen.....	25
7.4.1	Operationele uitvoerbaarheid: werking Groningen productiesysteem .....	26
7.4.2	Leveringszekerheid .....	27
7.4.3	Eerdere beheersmaatregelen .....	27
7.4.4	(Onbedoelde) negatieve gevolgen.....	27
7.5	Voorbeelden van maatregelen .....	28
7.6	Conclusie .....	28
8	Escalatiestructuur .....	28
8.1	Overzicht .....	28
8.2	De betrokken NAM-teams .....	29
8.3	Andere betrokken partijen.....	29
8.4	Besluitvorming .....	30
8.5	Communicatie .....	30
9	ISO 14001 .....	31
9.1	Integratie in bedrijfsvoeringssysteem .....	31
9.2	Rapportage en evaluatie .....	31
10	Kwaliteitsborging .....	31
10.1	Opbouw van het dreigings- en risicomodel .....	31
10.2	Gegevensvergaring .....	32
10.3	Borgingsprocessen .....	33
10.4	Kwaliteitsbewaking .....	34
10.5	Mogelijkheid tot verkeerde voorspellingen uit het model .....	34
10.6	Voorkomen van verkeerde voorspellingen.....	37
10.7	Kwaliteitsborging halfjaarlijkse rapportages en maatregelen .....	37
11	Periodieke rapportages.....	38
11.1	Algemeen .....	38
11.2	Meetresultaten .....	38
11.3	Analyses .....	39

11.4	Optimalisatie van de verdeling van de productie over het veld.....	39
12	Flexibiliteit van het Meet- en Regelprotocol .....	40

# 1 Inleiding

## 1.1 Doel en strekking Meet- en Regelprotocol

Het doel van het Meet- en Regelprotocol is dat er:

*op basis van metingen – en analyses van die metingen – ingegrepen kan worden in het productiesysteem van het Groningenveld, zodra de ontwikkelingen (seismiciteit, grondversnellingen, etc.) daartoe aanleiding geven. (p. 29 Instemmingsbesluit)*

Met andere woorden: het Meet- en Regelprotocol heeft als doel de gaswinning uit het Groningenveld op zo'n manier te laten plaatsvinden dat het seismisch risico zoveel als redelijkerwijs mogelijk wordt beperkt. Mochten er afwijkende signalen zijn, dan wordt in dit Meet- en Regelprotocol aangegeven welke maatregelen worden genomen naar aanleiding van die afwijkende signalen. Daarnaast wordt een signaleringssysteem gehanteerd waarbij vaste waarden gelden voor parameters die gemonitord worden. Bij overschrijding van de waarden die gekoppeld zijn aan de parameters zullen maatregelen worden voorgesteld.

Met 'afwijkende signalen' wordt bedoeld signalen die afwijken ten opzichte van wat verwacht kan worden op basis van de seismische historie (trends) en context van het Groningenveld, maar ook afwijkend ten opzichte van de door NAM gebruikte modellen. Een afwijking kan positief of negatief zijn. Een afwijking is positief wanneer er sprake is van minder seismiciteit dan verwacht. Een dergelijke afwijking geeft geen reden tot zorg en extra maatregelen. Is een gesignaleerde afwijking negatief – bijvoorbeeld omdat er meer seismiciteit is dan verwacht – dan treedt het escalatiemodel van dit Meet- en Regelprotocol in werking en wordt dat toegepast.

Inleidend merkt NAM op dat de regelbaarheid van het Groningensysteem begrenzingen kent. Ter toelichting daarop het volgende. Drie soorten maatregelen lijken in het verleden effect te hebben gehad op de seismiciteit van het Groningenveld: (i) het verminderen van de productie op veldschaal en (ii) het verminderen van productie op lokale schaal. (iii) Ook vlakke productie heeft mogelijk een positief effect op de seismiciteit. Dit soort maatregelen zijn in het verleden reeds opgenomen in de Instemmingsbesluiten voor het Groningenveld en geïmplementeerd. Aanvullende maatregelen zouden kunnen worden ingevoerd om het gebruik van het Groningenveld verder te optimaliseren, maar daarbij moet wel bedacht worden dat dit effecten kan hebben op bijvoorbeeld de seismiciteit in een ander gebied en de leveringszekerheid. Welke afwegingen gemaakt moeten worden voordat een maatregel kan worden genomen is beschreven in dit Meet- en Regelprotocol.

Daarnaast kost het enige tijd voordat een maatregel effect heeft: het is niet zo dat als (bijvoorbeeld) een beving met een kracht van 4,0 op de schaal van Richter zou plaatsvinden, het verder terugregelen van de productie direct een positieve impact heeft op de seismiciteit. Het duurt namelijk enige tijd voordat het effect van de maatregelen meetbaar wordt.

NAM verricht continu onderzoek met als doel de productie van het Groningenveld op dusdanige wijze plaats te laten vinden dat het seismisch risico zoveel als redelijkerwijs mogelijk beperkt wordt. Voortschrijdende inzichten zullen worden verwerkt in dit onderzoek en in dit Meet- en Regelprotocol

(zie ook hoofdstuk 12). Dit Meet- en Regelprotocol geeft hier structuur aan en biedt transparantie naar de buitenwereld. Helaas zullen aardbevingen en de daarmee gepaard gaande schade en overlast in enige vorm blijven bestaan.

## 1.2 Juridische context

Uitgangspunt van dit Meet- en Regelprotocol is dat met het productieniveau dat is toegestaan in het geldende Instemmingsbesluit<sup>1</sup>, wordt voldaan aan de voorschriften, beperkingen en aannames van het Instemmingsbesluit. De Minister van Economische Zaken heeft daarbij overwogen dat hij het belangrijk vindt dat er een goed Meet- en Regelprotocol is, waarmee op basis van metingen – en analyses van die metingen – ingegrepen kan worden in het productiesysteem van het Groningenveld, zodra de ontwikkelingen (seismiciteit, grondversnellingen, etc.) daartoe aanleiding geven. In artikel 5 van het Instemmingsbesluit staan de eisen genoemd waar het Meet- en Regelprotocol aan moet voldoen om “ten genoegen van de inspecteur-generaal der mijnen” te zijn:

*De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. dient uiterlijk op 1 juni 2017 bij de Minister van Economische Zaken een nieuw Meet- en Regelprotocol in, waarin tot genoegen van de inspecteur-generaal der mijnen wordt beschreven:*

- a. het risicobeheerssysteem waarmee het seismisch risico en de schade zo veel mogelijk worden beperkt;*
- b. de beslis- en escalatiestructuur;*
- c. de inpassing in het bedrijfsmilieuzorgsysteem (ISO 14001);*
- d. de halfjaarlijkse publicatie van meet- en monitoringsresultaten;*
- e. de methodiek waarmee een optimale verdeling van de productie uit oogpunt van seismisch risico wordt bepaald.*

De Minister van Economische Zaken en het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) hebben diverse keren een zogenaamde “verwachtingenbrief” gestuurd aan NAM. In deze brief vermeldt SodM wat zij belangrijk vindt bij het opstellen van het Meet- en Regelprotocol. In het kader van dit Meet- en Regelprotocol heeft SodM drietal brieven opgesteld: één op 30 september 2016 (verwachtingenbrief) , één op 25 januari 2017 (reactie op plan van aanpak) en één op 24 april 2017 (reactie concept Meet- en Regelprotocol). De kaders en verwachtingen geven aan dat het Meet- en Regelprotocol in ieder geval de volgende onderdelen dient te bevatten:

- Het Meet- en Regelprotocol dient invulling te geven aan de zorgplicht, zoals die is vastgelegd in artikel 33 van de Mijnbouwwet. In de actualisatie wordt rekening gehouden met alle randvoorwaarden waarbinnen de productie dient te worden geoptimaliseerd, te weten:
  - o normstelling ten aanzien van het veiligheidsrisico; en

---

<sup>1</sup> Op het moment van indienen van het Meet- en Regelprotocol zijn van kracht het Instemmingsbesluit winningsplan Groningenveld d.d. 30 september 2016 en het Wijziging instemmingsbesluit winningsplan Groningenveld d.d. 24 mei 2017.

- o zoveel als redelijkerwijs mogelijk voorkómen van schade aan gebouwen en infrastructurele werken of de werking daarvan.

Al deze punten zijn verwerkt in dit Meet- en Regelprotocol, waarbij de normstelling niet primair bij NAM ligt maar bij de overheid. Aan de onderdelen “normstelling” en “voorkómen van schade” is invulling gegeven met de keuze van de signaalparameters en de daaraan gekoppelde signaalwaarden.

Als laatste wordt gewezen op de zorgplicht als beschreven in artikel 33 Mijnbouwwet. Dit artikel is met ingang van 1 januari 2017, en dus ten opzichte van eerdere versies van dit Meet- en Regelprotocol, gewijzigd in het kader van de implementatie van Richtlijn 2013/30/EU (de zgn. Offshore Safety Directive). De reeds bestaande verplichtingen zijn blijven bestaan, welke in de kern betekenen dat NAM afdoende maatregelen moeten treffen om de risico's als gevolg van de gaswinning voor mens en milieu vroegtijdig te beheersen. In het Winningsplan en de daaraan ten grondslag liggende 'bow-tie' is reeds aangegeven op welke integrale wijze NAM de beheersing van de risico's voorstaat.

## 2 Leeswijzer Meet- en Regelprotocol

Het Meet- en Regelprotocol is als volgt opgezet. Om te beginnen wordt een algemene uitleg gegeven van de werking van het Meet- en Regelprotocol. Daarna wordt in ieder hoofdstuk een detail van die werking beschreven. Eerst worden de technische achtergronden van het document besproken, waarna wordt ingegaan op het bow-tiemodel en aan de hand van de bow-tie wordt inzichtelijk gemaakt waar het Meet- en Regelprotocol invloed op kan uitoefenen om de seismiciteit te beperken.

Vervolgens wordt ingegaan op het zogenaamde signaleringssysteem: wat doet NAM op welk moment en hoe wordt geprobeerd te voorkomen dat een bepaalde parameter wordt overschreden. Vervolgens wordt besproken wat die parameters zijn en waarom voor die parameters is gekozen. De mogelijke maatregelen worden in het daarop volgende hoofdstuk besproken

Bij dit Meet- en Regelprotocol is een Technisch Addendum gevoegd dat de technische achtergronden beschrijft van dit protocol.

Deze invulling van het Meet- en Regelprotocol is ook volledig in lijn met de eisen van het Instemmingsbesluit. De onderwerpen die daar zijn benoemd zijn terug te vinden in de volgende hoofdstukken:

- het risicobeheerssysteem is beschreven in de hoofdstukken 3 tot en met 6;
- de beslis- en escalatiestructuur is terug te vinden in hoofdstuk 7 en 8
- de inpassing in het ISO-14001 systeem is opgenomen in hoofdstuk 9;
- de halfjaarlijkse publicatie van meet- en monitoringsresultaten in hoofdstuk 11; en
- de methodiek zoals genoemd in sub e (par. 1.2, hierboven) beschreven in hoofdstuk 6 van het Technisch Addendum bij het Meet- en Regelprotocol.

### 3 Algemene structuur risico-beheersysteem

Het meten en regelen in dit protocol bestaat uit vijf onderdelen:

1. Meten en signaleren
2. Analyseren
3. Besluiten over te nemen maatregel
4. Nemen maatregel
5. Evalueren

Het doel van al deze onderdelen is hetzelfde: om het gas uit het Groningenveld zo te produceren dat de seismiciteit zo veel als redelijkerwijs mogelijk wordt beperkt. Het Meet- en Regelprotocol maakt inzichtelijk wat wordt gemonitord en op welke wijze de gevolgen van gaswinning worden onderzocht. Daarnaast laat dit Meet- en Regelprotocol zien welke maatregelen mogelijk effectief zijn indien er aanleiding is om maatregelen te treffen. Ook wordt inzichtelijk gemaakt wie het besluit neemt om een maatregel te nemen.

Het (1) meten en signaleren en (2) analyseren wordt gedaan door NAM. Aan de hand van een aantal vaste parameters en gebeurtenissen wordt gekeken of er “afwijkende” trends ontstaan. Als uit de analyse van de onderzoeken blijkt dat er inderdaad een dergelijke trend lijkt te zijn en deze is negatief, of er is sprake van een overschrijding van een parameter in het signaleringssysteem, dan wordt (3) met de betrokken vertegenwoordigers van de instanties zoals beschreven in hoofdstuk 8 besloten (4) welke maatregelen genomen zouden kunnen worden. Daarnaast is in het Technisch Addendum al in grote lijnen aangegeven welke maatregelen genomen kunnen worden en welke beperkingen, onzekerheden en mogelijkheden daar bij horen.

NAM stelt zelf voor welke maatregel zij denkt dat er genomen moet worden. Zolang de ontwikkelingen zich nog op het laagste niveau in de escalatiestructuur bevinden (zie hoofdstuk 6) zal zij hier over overleggen met SodM en de maatregel zelfstandig doorvoeren. Indien de gebeurtenissen op het middelste niveau zitten, dan zal SodM actiever betrokken worden alvorens een maatregel wordt doorgevoerd. De Minister van Economische Zaken zal vervolgens worden geïnformeerd over het uiteindelijke besluit welke maatregel er wordt genomen. Indien een gebeurtenis optreedt van het hoogste niveau, dan is het waarschijnlijk dat een afweging moet worden gemaakt van verschillende maatschappelijke belangen. Dat is niet de taak van NAM maar van de Minister van Economische Zaken. Vanzelfsprekend zal NAM hier weer zo snel als mogelijk alle benodigde informatie verstrekken.

Nadat de maatregel is doorgevoerd zullen de effecten daarvan worden (5) geëvalueerd. Daarbij wordt niet alleen beoordeeld of en in hoeverre de maatregel effectief was, maar ook of de maatregel geen onverwachte negatieve bijwerkingen had (zoals een verhoogde seismiciteit in een ander gebied dan waar de maatregel betrekking op had).



## **4 Technische context**

### **4.1 Uitgangspunten voor dit protocol**

Er zijn de afgelopen jaren veel geomechanische en statistische studies gedaan naar de relatie tussen de seismiciteit en productie van het Groningenveld (zie Technisch Addendum voor de samenvatting). Hierdoor is meer duidelijkheid ontstaan over hoe het Groningenveld werkt en waarom aardbevingen plaatsvinden. Omdat de oorzaken van de seismiciteit duidelijker zijn geworden, kan nu ook beter worden beoordeeld welke maatregelen zorgen voor een mogelijke beperking van de seismiciteit. De werking van het Meet- en Regelprotocol verloopt volgens een aantal stappen, die in het vorige hoofdstuk al kort zijn toegelicht.

### **4.2 Meten van relevante grootheden**

Om te kunnen “regelen” en reageren zal eerst moeten worden gemeten: eerst moet duidelijk zijn wat er gebeurt in het veld, voordat kan worden besloten welke maatregelen kunnen/moeten worden genomen indien er sprake is van afwijkende signalen. In dat kader wordt het monitoren van de volgende grootheden van belang geacht omdat deze in het verleden geassocieerd waren met hogere bevingsintensiteit (zowel qua magnitude als qua aantal bevingen):

1. Totale drukdaling
2. Drukdaling per tijdseenheid
3. Totale compactie
4. Compactie per tijdseenheid
5. Aantal bevingen (12-maandsgetal)
6. Bevingsdichtheid (12-maandsgetal) en
7. Verhouding tussen kleine en grote bevingen

Alle parameters en gebeurtenissen die worden voorgesteld in dit Meet- en Regelprotocol om te bepalen of onderzoek naar trends moet worden gedaan en/of er maatregelen moeten worden genomen, zijn gebaseerd op deze grootheden. De signaalparameters van het signaleringssysteem zijn de PGA, PGV, Activity Rate en Damage State (zie verder paragraaf 6.3). De gebeurtenissen die daarnaast in de gaten worden gehouden zijn beschreven in paragraaf 4.3. De hierboven genoemde zeven grootheden zullen in de periodieke rapportage worden gemonitord (zie ook hoofdstuk 11). In de periodieke rapportages worden daarnaast ook de parameters opgenomen en tevens wordt de omvang van de productie en het aantal graaddagen gerapporteerd aan de Minister van Economische Zaken.

### **4.3 Oppakken van signalen die kunnen duiden op afwijkende ontwikkelingen**

De tweede stap in het proces is het analyseren van de reacties van het Groningenveld. Voor het voorspellen van toekomstige seismiciteit – en als afgeleide, het risico – wordt gebruik gemaakt van modellen. Deze modellen maken gebruik van fysisch verklaarbare relaties, zoals de verhouding tussen winningsvolume en compactie in het gasreservoir. De door NAM gehanteerde modellen – die wetenschappelijk en door externen zijn beoordeeld – worden continu getoetst aan de laatste

meetgegevens en inzichten. Naast een modelmatige aanpak is het ook belangrijk om trendmatig naar seismiciteit te kijken. Trendanalyse kan namelijk indicaties geven die (nog) niet fysisch verklaard kunnen worden, of binnen de bandbreedte van de modelvoorspellingen liggen, maar toch als waarschuwing of als mogelijke nieuwe studierichting dienen.

Een van de uitbreidingen van deze versie van het Meet- en Regelprotocol ten opzichte van eerdere versies betreft daarom het benoemen en monitoren van gebeurtenissen die grotendeels buiten de huidige conceptuele (en numerieke) modellen en verwachtingen vallen. Dit zijn dus gebeurtenissen die bekeken worden naast de signaalparameters en de bijbehorende signaalwaarden, hoewel het wel in de lijn der verwachting ligt dat daar (deels) een overlap zal zijn. NAM zal daarbij de focus leggen op de volgende gebeurtenissen:

- Toenemende seismiciteit in een nieuw gebied
- Een aardbeving met veel grotere kracht dan verwacht
- Seismiciteit waarbij een ondiepe breuk geactiveerd wordt
- Eerder terugkomen van hogere seismiciteit dan verwacht
- Klimmende seismische events afkomstig van één breuk
- Veranderende verhouding kleine en grote bevingen
- Lokale clustering van bevingen (ook als niet vast te stellen of ze van één breuk komen)
- Schadepatroon met veel meer schade dan verwacht
- Versnelde bodemdaling
- Gemeten onverwacht hoge grondversnellingen
- Het ontstaan van DS4 of DS5 schade bij beving met een kleine magnitude

Door het kijken naar deze gebeurtenissen wordt voorkomen dat de werking van het Meet- en Regelprotocol te afhankelijk is van een model. Het risico dat het model dat NAM gebruikt niet volledig blijkt te zijn of niet voldoende betrouwbaar is op de gebruikte variabelen, wordt hiermee gemitigeerd. Het oppakken van deze signalen vormt nu een integraal onderdeel van dit protocol en ook combinaties van de bovenstaande gebeurtenissen zijn en worden geadresseerd.

Het modelleren van schade is nog in volle gang en op basis van kalibratie met experimenten zal – conform de eisen van het Instemmingsbesluit – een prognose voor schade in november van 2017 gereed zijn. De signaalparameter “Damage State” is wel opgenomen in dit Meet- en Regelprotocol. Op basis van de resultaten van het onderzoeksprogramma (modellering en experimented) zal NAM in november 2017 een aanpassing van de signaalwaarden van deze parameter voorstellen.

#### **4.4 Categorieën van te nemen maatregelen**

De derde en vierde stappen zijn het daadwerkelijk nemen van maatregelen. De praktijk heeft laten zien dat de maatregelen die de Minister van Economische Zaken al heeft genomen lijken te hebben geleid tot een (al dan niet tijdelijke) afname van de seismiciteit. Door de productie uit het Groningenveld te verminderen en de gasproductie rondom Loppersum te verminderen, is de frequentie van de bevingen afgenomen en lijken ze ook af te nemen in magnitude. Op grond van wetenschappelijke studies en deze

ervaringen wordt ervan uit gegaan dat de volgende categorieën maatregelen kunnen worden genomen om de seismiciteit te beïnvloeden:

1. Totaal productievolume
2. Productievolume per regio en per cluster
3. Vlakke productie op veldschaal
4. Vlakke productie op kortere tijdschalen en per cluster

Alle maatregelen die in dit Meet- en Regelprotocol worden voorgesteld, kunnen worden ingedeeld in een van deze vier categorieën. Met deze ingrepen lijkt de totale hoeveelheid aardbevingen per tijdseenheid te kunnen worden beïnvloed, zowel voor het Groningenveld als geheel als per regio. Daarnaast lijkt het erop dat wellicht een deel van de opgebouwde spanning door deze maatregelen a-seismisch weglekt. Met andere woorden: door de ingrepen lijken er niet alleen minder aardbevingen te zijn in een jaar, maar er lijken daarnaast ook bij elkaar opgeteld over de jaren waarin het Groningenveld nog geproduceerd wordt, minder aardbevingen te zijn en de bevingen lijken in grootte af te nemen. Er zou dus niet alleen sprake kunnen zijn van “uitstel” maar ook mogelijk van “afstel” van bevingen. Het studieprogramma van NAM is in belangrijke mate gericht op het bevestigen/bestendigen van deze theorie.

#### **4.5 Timing van maatregelen**

De in hoofdstuk 7 genoemde maatregelen om seismiciteit te beperken werken niet direct en/of het kost tijd om de maatregelen uit te voeren. Daarnaast zal voor een aantal maatregelen gelden dat deze enkel kunnen worden genomen nadat een nadere belangenafweging is gemaakt door de Minister van Economische Zaken (bijvoorbeeld op het gebied van leveringszekerheid).

De tijdsvertraging is een belangrijke onzekerheid in de huidige fysische modellen en het is bijvoorbeeld moeilijk een exacte voorspelling te geven van de ontwikkelende seismiciteit op een breuk, als gevolg van een verandering in de productie van een nabij cluster. Mogelijk hebben de maatregelen een trager effect dan de gebruikte modellen nu aangeven. “Indirecte grootheden” zijn beter voorspelbaar, zoals drukdaling per tijdseenheid; er is een redelijk betrouwbare schatting mogelijk van de tijd die nodig is om door een productie-ingreep de drukdaling op een bepaalde plek te beïnvloeden. Echter, drukdaling per tijdseenheid is nog niet direct te relateren aan een seismische grootheid. Met andere woorden, het regelen op basis van indirecte grootheden is makkelijker, maar het doel is de seismiciteit te beïnvloeden en niet slechts de indirecte grootheden.

Dat betekent dat er ten behoeve van het inschatten van de benodigde tijd die nodig is om de effecten van de genomen maatregelen waar te nemen, gebruik moet worden gemaakt van meer kwalitatieve (dus meer beschrijvende) en semi-kwantitatieve (statistische), historische gegevens. In recente publicaties van TNO en CBS (zie referenties in Technisch Addendum), wordt gesuggereerd dat veranderingen in productie een tijdsvertraging van tussen de twee en acht maanden lieten zien. In het Meet- en Regelprotocol wordt daarom impliciet een schatting van zes maanden gehanteerd voordat een maatregel effect heeft op de seismiciteit, en voorbereiding van een (grote) maatregel kan ook nog eens

zes maanden in beslag nemen (om te voorkomen dat er, bijvoorbeeld, een leveringszekerheidsprobleem of operationeel probleem ontstaat).

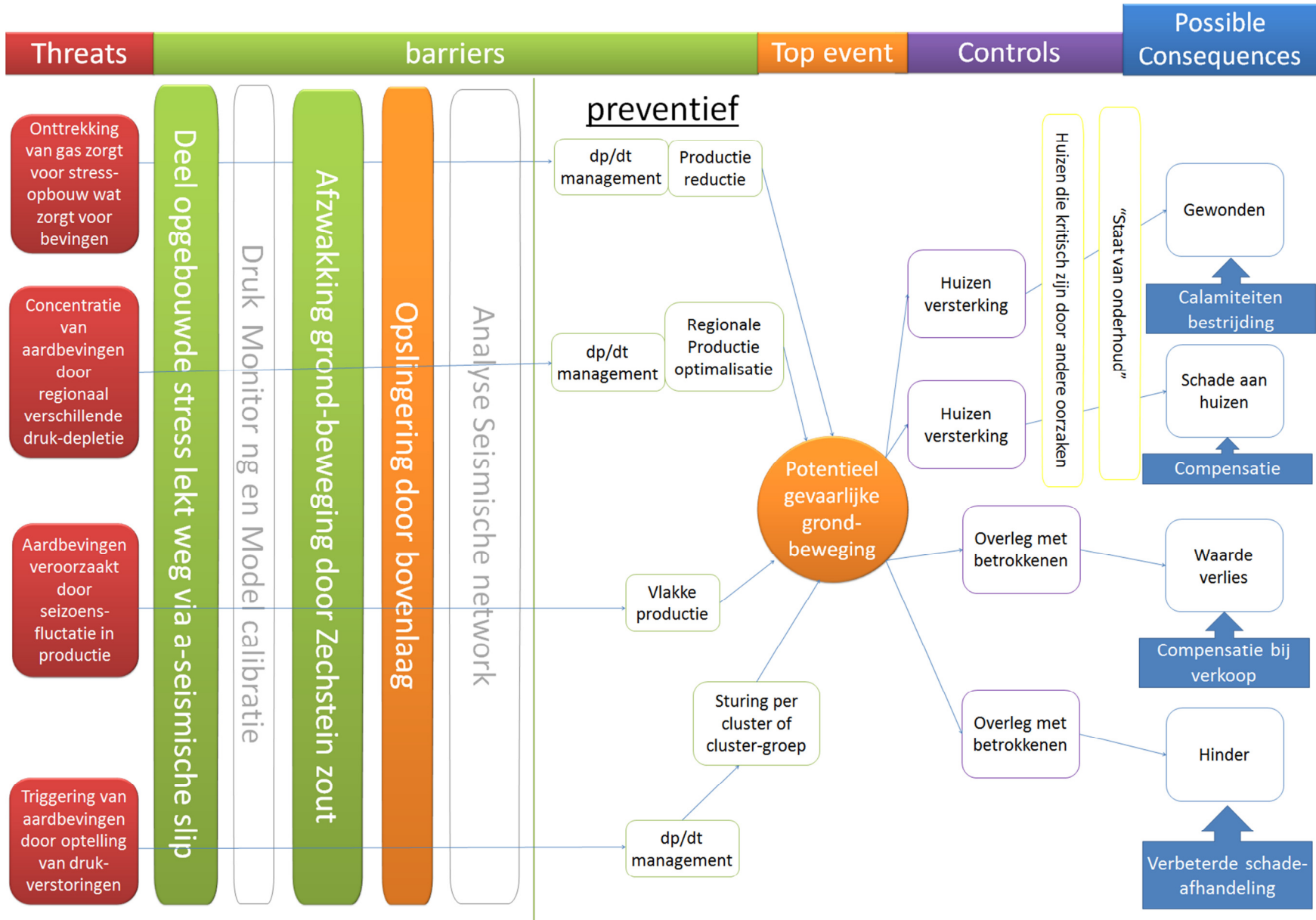
Vanwege de verwachting dat het dus enige tijd zal duren voordat een maatregel effect heeft, is het temeer van groot belang dat al in een vroeg stadium wordt begonnen met het signaleren van eventuele afwijkende trends en het identificeren van maatregelen. Het Meet- en Regelprotocol is daarom zo ingericht dat de eerste onderzoeken naar potentiële afwijkende trends en mogelijke oplossingen indien deze trend zich doorzet, al worden ingezet bij relatief lage waarden van de gekozen signaalparameters. Een verdere uitwerking van dit systeem wordt gegeven in hoofdstuk 6.

#### **4.6 Effectiviteit van maatregelen**

Het is op het moment van schrijven van het Meet- en Regelprotocol niet mogelijk om een volledig kwantitatief beeld te geven van de effectiviteit van maatregelen. Wel is er zoals eerder aangegeven de afgelopen jaren enige ervaring opgedaan met het effect van grootschalige reductie van volume op seismiciteit en een aantal lokale ingrepen (Loppersum, zuidwesten van het veld). Er is reden om te veronderstellen dat de effectiviteit van maatregelen zal verschillen in de tijd en per locatie. Daar waar mogelijk zal de eerder opgedane kennis over effectiviteit van een maatregel meegenomen worden in de weging van de proportionaliteit van een maatregel. Dit kan betekenen dat een zwaardere maatregel wordt gebruikt daar waar een lichtere maatregel niet effectief gebleken is. Dat kan ook betekenen dat de effectiviteit van kleine maatregelen groter is dan verwacht en dus breder kan worden toegepast.

### **5 Risico beheerssysteem – bow-tieperspectief**

De inventarisatie van mogelijke seismische dreigingen en gevolgen is geïllustreerd in het winningsplan met behulp van een bow-tie (vlinderdas) model. De bow-tie in deze paragraaf is een specifieke invulling van die bow-tie voor dit Meet- en Regelprotocol. In deze paragraaf wordt gekeken naar een “actual event” en het voorkómen althans beheersen ervan. Er wordt niet gekeken naar het vermijden van het inzetten van de verkeerde beheersmaatregelen, dat wordt besproken in hoofdstuk 10.



Figuur 1 Bow-tie actual event

Figuur 1 bevat aan de linkerkant de seismische dreiging die wordt bepaald door ondergrondse factoren. De 'knoop' van de vlinderdas is het optreden van een mogelijk gevaarlijke trilling. De rechterkant toont de mogelijke gevolgen en beheersmaatregelen die verdere escalatie voorkomen (maar ook de factoren die escalatie juist verergeren). Deze onderdelen worden in de volgende paragrafen toegelicht.

## 5.1 Ondergrondse dreigingen (rode blokjes)

De ondergrondse dreigingen staan in rood-omlijnde tekstblokjes. Dit zijn de volgende dreigingen:

- Gasonttrekking die zorgt voor de bevingen
  - o Gasonttrekking uit het Groningse Rotliegendes-reservoir is de oorzaak van de seismiciteit. Groningen kent geen of een verwaarloosbaar kleine natuurlijke seismiciteit.
- Concentratie van aardbevingen door regionaal verschillende drukafname
  - o De snelheid waarmee de druk afneemt kan onder bepaalde omstandigheden een veroorzaker zijn van seismiciteit. Deze drukafname kan regionaal verschillen door (in veel gevallen benodigde) productieinzet van de productieclusters.
- Aardbevingen veroorzaakt door seizoensfluctuatie in productie
  - o Uit statistisch onderzoek is het vermoeden ontstaan dat seizoensfluctuaties kunnen bijdragen aan de ontwikkeling van seismiciteit.
- Opwekken van aardbevingen door optelling van drukverstoringen
  - o Op een breukvlak zullen de effecten van productie van de verschillende clusters voelbaar zijn. Omdat elk cluster op een andere tijdschaal met een deel van het reservoir communiceert, zullen deze drukverschillen hun oorsprong vinden in andere tijdstippen van het jaar.

## 5.2 Barrières (groene blokjes)

De groen-omlijnde blokjes geven de preventieve maatregelen weer die worden gebruikt om de seismiciteit te verminderen en derhalve worden gebruikt in dit Meet- en Regelprotocol. De beschreven barrières zijn op te delen in twee soorten: barrières die simpelweg aanwezig zijn en waar NAM geen invloed op heeft, en barrières die NAM zelf in het leven kan roepen:

- Weglekken van opgebouwde "stress" in het reservoir via "a-seismische slip"
  - o Niet alle opgebouwde stress vertaalt zich in seismiciteit; een deel lekt mogelijk weg dit wordt a-seismische slip genoemd; dit kan potentieel enigszins beïnvloed worden door productiemaatregelen.
- Afzwakking grondbeweging door eigenschappen Zechstein-zout
  - o Het Zechstein-zout heeft een sterk dempende werking op de voortplanting van seismische golven in de ondergrond en vormt daarmee een natuurlijke barrière voor hogere grondbeweging bovengronds. Dit kan NAM niet beïnvloeden, maar hier wordt wel rekening mee gehouden bij het bepalen van de maatregelen die genomen moeten worden. Dit wordt gedaan door de invloed van het Zechstein-zout mee te nemen in de berekening van de te verwachten grondbeweging aan het oppervlak.

- Opslingering en demping door bovenlaag
  - o De Groningse bovengrond speelt een belangrijke rol in de overdracht van de seismiciteit van de ondergrond naar de bovengrond. Deze rol is verwerkt in de zogenaamde “Ground Motion Prediction Equation”. Dit is een koppeling van een aantal modellen en laat zien op welke wijze de seismische beweging in de ondergrond uiteindelijk resulteert in seismische beweging aan het oppervlakte (‘opslingering’ genaamd). De uitkomsten van dit onderzoek laten zien dat een verschillende bovenlaag in de ondergrond leidt tot verschillende effecten aan de bovengrond. Een beving met bijvoorbeeld magnitude 3 op de schaal van Richter heeft daardoor in het ene gebied een groter effect dan in het andere. Dit is niet iets wat NAM kan beïnvloeden, maar is wel waar rekening mee wordt gehouden bij de te nemen maatregelen.
- Management van drukdaling per tijdseenheid (dp/dt)
  - o De drukdaling per tijdseenheid speelt waarschijnlijk een rol bij de zogenaamde “partitioning-factor”. Dat is de verhouding tussen seismische en a-seismische relaxatie van opgebouwde stress. Oftewel: komt de opgebouwde spanning in de ondergrond tot uiting in een aardbeving of vloeit die spanning weg zonder beving (a-seismische slip).
- Productiereductie
  - o Vermindering van de productie van gas uit het Groningenveld kan gebruikt worden om in het hele Groningenveld de drukdaling te beïnvloeden. Het gevolg daarvan is dat de hoeveelheid bevingen in een jaar zullen afnemen.
- Regionale productieoptimalisatie
  - o Delen van het veld vertonen meer seismiciteit dan andere en eenzelfde hoeveelheid productie uit sommige delen van het veld lijkt meer seismiciteit te veroorzaken dan in andere delen van het veld. Er zijn bovendien sterke statistische aanwijzingen dat seismiciteit gecorreleerd is aan de dikte van de “hydro-carbon” kolom. Door op lokaal niveau de productie van het gas aan te passen kunnen mogelijk lokaal de aardbevingen worden verminderd.
- Vlakke productie
  - o Vlakke productie, waarbij er zo weinig mogelijk verschil is in gasproductie tussen zomer en winter, zou mogelijk seismiciteit kunnen verminderen.
- Sturing per cluster of per clustergroep
  - o Het beperken van productie van een aantal clusters met veel seismiciteit zou mogelijk de drukdaling regionaal kunnen beperken en daarmee de seismiciteit op kritische breuken kunnen verminderen.

### 5.3 Gevolgen beperken (paarse blokjes)

De paars-omlijnde blokjes aan de rechterkant van de bow-tie beschrijven de maatregelen die tot doel hebben de gevolgen te beperken. Deze stap maakt geen onderdeel uit van dit Meet- en Regelprotocol en is slechts opgenomen om een zo volledig mogelijk overzicht te geven:

- Huizenversterking
  - o Het huizenversterkingsprogramma onder regie van de Nationaal Coördinator Groningen (NCG) vormt een belangrijke pijler bij het voorkomen van persoonlijk letsel.
- Compensatie van schade
  - o Indien bewoners schade hebben geleden ten gevolge van de aardbevingen worden zij hiervoor gecompenseerd of wordt de schade hersteld.
- Mitigeren hinder en maatschappelijke gevolgen
  - o Door middel van het verbeteren van het schadeafhandelingproces door het Centrum Veilig Wonen (CVW), wordt de ervaren overlast door de schade zoveel als mogelijk beperkt. NAM is zelf op afstand geplaatst in het schadeafhandelingstraject.

## 5.4 Gebruik bow-tie

In de volgende hoofdstukken zal worden beschreven aan de hand van welke parameters de groundbeweging wordt gemonitord. Daarnaast zal worden beschreven welke barrières NAM zal voorstellen als de reeds bestaande barrières niet afdoende (b)lijken te zijn om afwijkende signalen op te vangen dan wel indien de waarden van de parameters in het signaleringssysteem worden overschreden.

De maatregelen die kunnen worden genomen zijn steeds gebaseerd op de activiteiten die in de bow-tie vermeld staan onder “preventieve maatregelen”. De vier hoofdmaatregelen zijn in hoofdstuk 4 al geïdentificeerd als maatregelen die mogelijk effect hebben op de seismiciteit. In de volgende hoofdstukken zal een uitwerking worden gegeven van het signaleringssysteem, de gebruikte parameters, de mogelijke maatregelen en de manier waarop tot deze maatregelen wordt gekomen.

## 6 Structuur van het signaleringssysteem

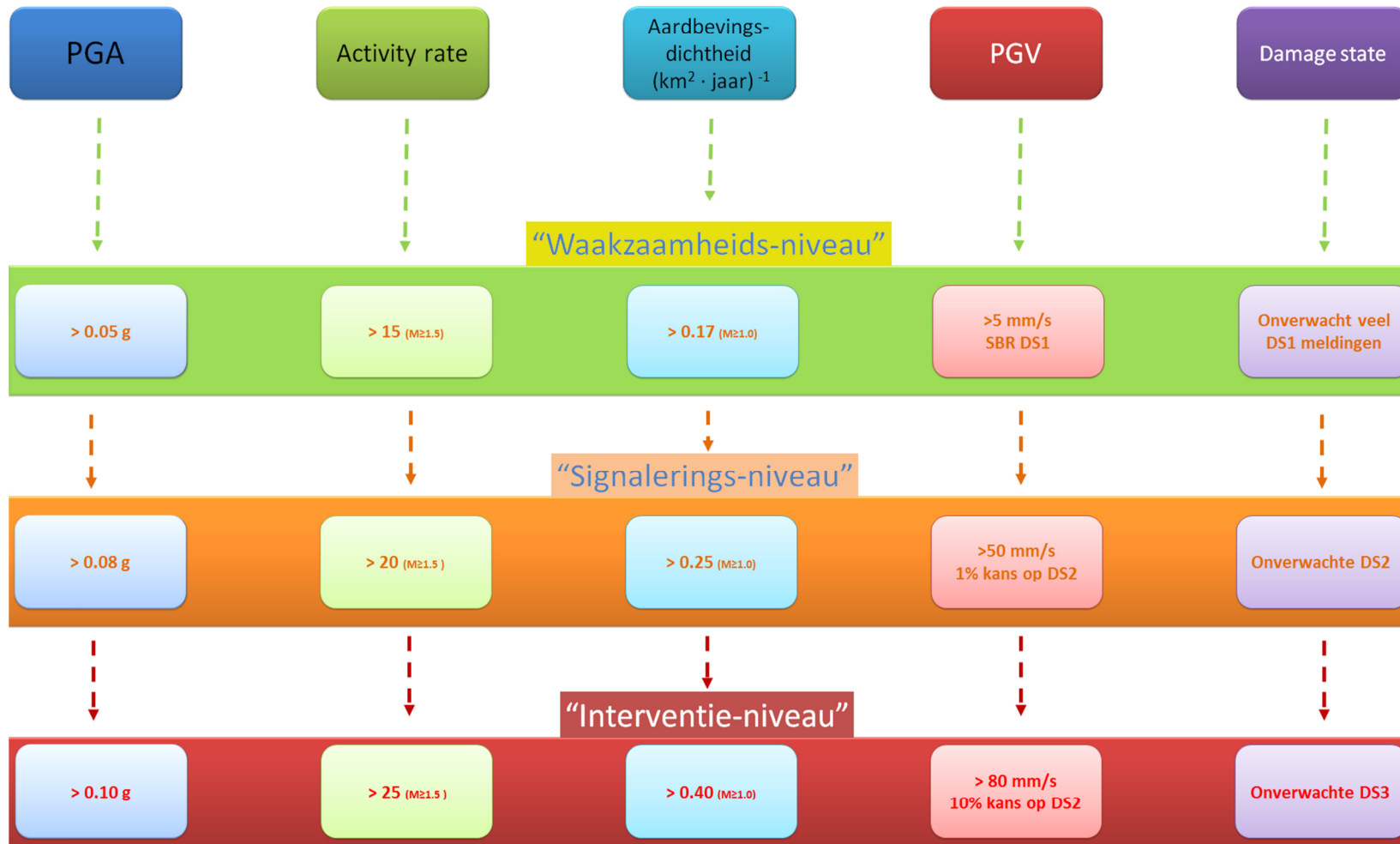
### 6.1 Signaleringsysteem in het algemeen

De structuur van het signaleringssysteem staat schematisch weergegeven in figuur 2. De daar in weergegeven bovenste “balk” met tekstboxen geeft de grootheden (parameters) aan waarop gemonitord en gestuurd wordt. Hierin staan de signaalparameters PGA, Activity Rate, Aardbevingsdichtheid, PGV en Damage State. De betekenis en achtergrond van deze parameters worden beschreven in paragraaf 6.3, maar in het algemeen kan gezegd worden dat er aangesloten is bij de grootheden zoals beschreven in paragraaf 4.2..

Naast de signaalparameters zijn er ook drie “niveaus van signalering” vastgesteld (zie verder paragraaf 6.2). Elk niveau is gekoppeld aan steeds hogere waarden van de gehanteerde parameters. Elk niveau geeft daarbij een verschillende urgentie en verschillende maatregelen aan. Naarmate het niveau van signalering hoger wordt, zullen de maatregelen die genomen worden ook een grotere impact hebben op de werking van het Groningensysteem (zie hoofdstuk 7).



## Structuur van het signalerings-systeem met voorgestelde grenswaarden



Figuur 2

structuur van het signaleringssysteem

## 6.2 De niveaus

Er zijn drie niveaus te onderscheiden in dit Meet- en Regelprotocol:

- Waakzaamheidsniveau (groen). Het eerste niveau (waakzaamheidsniveau) wordt weergegeven in de tweede – groen-omkaderde – balk. NAM monitort en analyseert de verschillende parameters. Op dit niveau worden gerichte analyses uitgevoerd om significante trends en/of ontwikkelingen te identificeren en eventuele maatregelen te treffen. De aanleiding voor deze onderzoeken zijn zowel de in paragraaf 4.3 beschreven afwijkende ontwikkelingen als de waardes van de signaalparameters op dit niveau. De waardes van de parameters zijn zo laag gekozen dat in de toekomst nagenoeg continu in het waakzaamheidsniveau zal worden geopereerd.

De intentie is dat wordt geprobeerd op dit niveau een oranje of rood niveau zo veel als redelijkerwijs mogelijk te voorkomen en/of dat de maatregelen worden voorbereid die nodig zijn op het moment dat wordt aangekomen in het escalatiedeel (oranje en rood) van dit model. Deze voorbereiding houdt ook in (waar relevant) de afstemming met Gasunie Transport Services (verder: “GTS”) en GasTerra en het uitwerken van de operationele aspecten van beheersmaatregelen.

- Signaleringsniveau (oranje). Het tweede niveau (signaleringsniveau) en het begin van het escalatiemodel, staat weergegeven in de derde – oranje-omkaderde – balk. Op dit niveau wordt in principe een directe actie geformuleerd, in eerste instantie door het NAM Risk Coördination Team Earthquakes dat binnen 48 uur een korte analyse van de gebeurtenis geeft met een set van bijbehorende maatregelen die binnen een tijdsbestek van enkele weken uitgevoerd kunnen worden. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de maatregelen die reeds geïdentificeerd zijn op het waakzaamheidsniveau. Een voorgestelde maatregel heeft in de regel een regionaal karakter. In de meeste gevallen wordt deze maatregel genomen na overleg met GTS en GasTerra, en in sommige gevallen na goedkeuring van de Minister van Economische Zaken.
- Interventieniveau (rood). Het derde en laatste niveau (interventieniveau), tevens het hoogste niveau van de escalatiestructuur, is weergegeven in de vierde – rood-omkaderde – balk. Dit is het niveau waarbij vrijwel altijd direct een ingreep in het systeem wordt gedaan, indien nodig op veldschaal. Indien wordt gekozen voor een ingreep op veldschaal, dan zal in veel gevallen goedkeuring van de Minister van Economische Zaken nodig zijn omdat hiervoor mogelijk een wijziging van het Instemmingsbesluit is vereist. Een gebeurtenis op het interventieniveau betekent overigens *niet* dat automatisch sprake is van een gebeurtenis waarbij de veiligheid in het geding is.

Combinaties van grenswaarden die overschreden worden, leiden in het algemeen tot verdere escalatie van maatregelen.

Voor alle niveaus geldt dat het niveau van de signaalparameters aanleiding is voor actie, maar tegelijk geldt dat het niveau maar één van de indicatoren is om te bepalen *welke* maatregel moet worden genomen. In hoofdstuk 7 wordt concreet ingegaan op de maatregelen die kunnen worden genomen gekoppeld aan de diverse niveaus, en welke afwegingen hierin nog meer een rol spelen.

### 6.3 De gekozen parameters

Zoals beschreven, zijn vijf parameters vastgesteld om te beoordelen of sprake is van afwijkende gebeurtenissen die onderzoek dan wel maatregelen behoeven. De termen die voor deze parameters zijn gebruikt worden hieronder verder uitgewerkt. De achtergrond bij de grenswaarden worden toegelicht in het Technisch Addendum..

#### 6.3.1 PGA

PGA staat voor peak ground acceleration, de aan de oppervlakte gemeten grondversnelling als gevolg van een seismische gebeurtenis. De waarde wordt gemeten door het KNMI, op basis van een netwerk van meetstations. Een kaart met gemeten PGA wordt alleen gepubliceerd voor gebeurtenissen met een magnitude van krachtiger dan 2,0 op de schaal van Richter. De belangrijkste reden om de PGA te monitoren, is dat dit een sleutelparameter is in de groundbeweging en daarmee voor de seismische risico's.

Schade aan gebouwen en het risico voor diegenen die in deze gebouwen aanwezig zijn, is voornamelijk afhankelijk van de horizontale component van de PGA. Gebouwen worden ontworpen om verticale krachten goed te kunnen weerstaan. De grenswaarden voor PGA (figuur 2) hebben dan ook alleen betrekking op de horizontale componenten (radiaal en transversaal) van de PGA.

#### 6.3.2 Activity Rate

Bij de "Activity Rate" wordt het aantal seismische gebeurtenissen bijgehouden met een magnitude groter dan 1,5 op de schaal van Richter. De belangrijkste reden voor die ondergrens van 1,5 is dat deze ondergrens het mogelijk maakt om de hoeveelheid gebeurtenissen betrouwbaar te vergelijken voor de gehele historie van het Groningenveld (sinds 1993). Bevingen met een kleinere magnitude ( $M > 1,0$ ) worden immers pas sinds kort gemeten. De magnitude wordt berekend door het KNMI aan de hand van meetgegevens verkregen met de gefoon en versnellingsmeter. De Activity Rate wordt berekend door middel van een 12-maandsgetal (som van bevingen over 12 maanden, waarbij de eerste en de laatste maand steeds één keer verspringt). Het belangrijkste doel van het bijhouden van de Activity Rate is dat het een indicator kan zijn van een gebeurtenis met een hogere magnitude in de toekomst en een maatstaf is voor de hoeveelheid seismiciteit.

#### 6.3.3 Aardbevingsdichtheid

Aardbevingsdichtheid wordt gemeten als het aantal aardbevingen per vierkante kilometer per jaar met een magnitude groter dan 1.0 op de schaal van Richter. De gebruikte berekeningsmethode is gebaseerd op een internationaal aanvaarde methode (quartic kernel function). Ook de aardbevingsdichtheid wordt berekend aan de hand van een 12-maandsgetal. Er zijn twee belangrijke redenen om aardbevingsdichtheid te monitoren; in de eerste plaats omdat het een indicatie kan zijn van komende,

hogere seismiciteit (hogere magnitudes) in een bepaalde regio en in de tweede plaats de verhoogde lokale seismiciteit zelf.

#### **6.3.4 PGV**

De PGV (Peak Ground Velocity) is een nieuwe waarde die in dit protocol geïntroduceerd wordt als signaalparameter. De reden om deze parameter te introduceren is dat deze belangrijk is voor schade- (voorspelling). De berekeningsmethode volgt die van de meest recente GMPE, voor alle events met een magnitude groter dan 2,0 op de schaal van Richter op basis van KNMI-data.

#### **6.3.5 Damage State**

De laatste grootheid die deel uitmaakt van het protocol is de “Damage State” van schade. De definitie van Damage State is kwalitatief, maar wel internationaal aanvaard. In het Technisch Addendum bij het Meet- en Regelprotocol wordt een korte uitleg gegeven van de verschillende Damage States. DS3 wordt gedefinieerd als significante schade aan dragende delen van de constructie, DS2 als beginnende schade aan dragende constructies en DS1 als “cosmetische” schade. In dit protocol wordt voorgesteld om voorlopig te monitoren op onverwachte schade, deze onverwachte schades zijn de signaalparameters die worden gebruikt. De vaststelling van de schade zou kunnen gebeuren op basis van proactieve schade-inspecties uitgevoerd op verzoek van NAM.

#### **6.3.6 Herziening van grenswaarden in de toekomst**

Vrijwel alle grenswaarden zijn gebaseerd op steeds voortschrijdend inzicht. Het ligt dan ook in de lijn der verwachting dat deze waarden in de toekomst naar boven of naar beneden bijgesteld moeten worden op basis van nieuwe academische of statistische inzichten, dan wel beleidsveranderingen. Meer over de flexibiliteit van het Meet- en Regelprotocol en de procedure die daarvoor dient te worden gevolgd, staat in hoofdstuk 12.

### **6.4 Bouwkundig versterken**

Hoewel bouwkundig versterken een integraal onderdeel is van de beperking van de seismische risico's, betreft dit een mitigerende maatregel (rechterkant bow-tie). Dit valt niet binnen het bereik van het Meet- en Regelprotocol en hier zal dus niet verder op worden ingegaan.

## **7 Overwegingen bij potentiële maatregelen**

### **7.1 Identificatie maatregelen**

Zoals aangegeven in hoofdstuk 4 zijn de praktische maatregelen die genomen kunnen worden in te delen in vier categorieën:

1. Totaal productievolume
2. Productievolume per regio en per cluster
3. Vlakke productie op veldschaal
4. Vlakke productie op kortere tijdschalen en per cluster

Figuur 3 toont een overzicht van de maatregelen die hieronder besproken worden in relatie tot de drie niveaus in het signaleringssysteem. De maatregelen die hier genoemd staan worden in paragraaf 7.2 verder uitgewerkt.

In figuur 3 is ook duidelijk uitgewerkt welke maatregelen overwogen zullen worden op welk niveau van het signaleringssysteem. Bij overschrijding van het waakzaamheidsniveau zullen de te nemen maatregelen in de regel variëren van maatregel 1 (speciale rapportages) tot aan maatregel 6 (productiebeperking cluster). Bij overschrijding van het signaleringsniveau zullen de maatregelen in beginsel variëren van maatregel 1 ( een speciale rapportage, enkel in bijzondere situaties) tot maatregel 8 (volume reductie). Een overschrijding van een waarde op het interventieniveau zal in de regel een zwaardere maatregel betekenen, variërend van maatregel 4 (voorbereiding van een productieperking van de cluster(s)) tot maatregel 10 (voor langere tijd slechts een klein deel van de ring opereren). Het afwegingskader waarmee uiteindelijk gekozen wordt voor een maatregel is verder uitgewerkt in hoofdstuk 7

## Koppeling signalerings-systeem met maatregelen



Figuur 3. Koppeling signaleringssysteem aan de te nemen maatregelen. Figuur 3 geeft weer bij welk niveau welk type maatregelen overwogen zal worden. De kolom naast de maatregelen geeft het afwegingskader weer met daarin (een selectie van) de gebruikte criteria om maatregelen af te wegen. De laatste kolom tenslotte geeft de partijen weer die de afweging in principe zullen maken. Maatregelen 1 t/m 8 zullen in de regel genomen kunnen worden zonder tussenkomst van de Minister. Maatregelen 9 en 10 zullen vrijwel altijd tussenkomst van de Minister vergen.

## 7.2 Te nemen maatregelen

De vier categoriën van maatregelen genoemd in paragraaf 7.1 zijn verder uitgewerkt in een aantal concrete maatregelen die genomen kunnen worden indien de situatie hier om vraagt (zie ook verder paragraaf 7.3 en 7.4). Deze maatregelen worden in het onderstaande verder uitgewerkt.

1. *Ad-hoc maatregelen met weinig tot geen impact op de (wijze van) productie uit het Groningenveld*
  - Speciale rapportage
    - Het doel van het Meet- en Regelprotocol is niet zozeer het voorkomen van alle seismiciteit (en schade). Seismiciteit is namelijk inherent aan de gaswinning uit het Groningenveld. Dat betekent dus ook dat seismiciteit op zichzelf geen afwijkende gebeurtenis is. Wel worden alle aardbevingen meegenomen in de continu lopende onderzoeken die plaatsvinden om de seismiciteit ten gevolge van de gaswinning in Groningen beter te begrijpen.
    - Doel van de speciale rapportages is aan de hand van een analyse van de gebeurtenis duidelijk te krijgen of deze gebeurtenis ook een trend in de seismiciteit laat zien die afwijkend is en/of er wellicht voorbereidingen moeten worden getroffen voor een nadere maatregel. Het kan ook zijn dat de trend zelf geen aanleiding geeft tot verder handelen, maar wel nieuwe informatie geeft voor de modellen die NAM gebruikt. Als hoofdregel wordt een speciale rapportage altijd gemaakt als de waarden op het waakzaamheidsniveau van het signaleringssysteem worden overschreden en indien de in paragraaf 4.3 beschreven afwijkende ontwikkelingen zich voordoen. De waarden zijn zo laag gekozen dat dit in de toekomst eigenlijk een continu proces is dat door NAM zal worden uitgevoerd.
    - Speciale rapportages worden daarnaast gemaakt indien zou blijken dat daar een maatschappelijke vraag naar is. Met het maken van de speciale rapportages wordt immers ook een (wetenschappelijke) uitleg gegeven voor de ontwikkelingen van de seismiciteit, wat zorgt voor meer transparantie naar de bewoners boven het Groningenveld.
    - Met een speciale rapportage als maatregel zal op het signaleringsniveau slechts in uitzonderlijke gevallen kunnen worden volstaan. Wel kan op signaleringsniveau een speciale rapportage worden gemaakt in combinatie met een andere maatregel.
  - Proactieve schade-inspecties
    - Proactieve schade inspecties hebben tot doel om op korte termijn duidelijk te krijgen wat de impact is van een gebeurtenis op de schadeontwikkeling. Met een speciaal inspectieteam zal worden gekeken of sprake is van onverwachte DS1, DS2 of DS3 schade. De aanleiding zal – conform het signaleringssysteem – het aantal meldingen zijn dat in die categorie wordt gedaan. NAM zal hierover geïnformeerd moeten worden door de partij die de schademeldingen beheert. Hierover zullen nadere afspraken worden gemaakt met de NCG nadat duidelijk is geworden hoe “NAM op afstand” geëffectueerd zal worden.
  - Opregelprocedure clusters aanpassen

- Het opregelen van een productiecluster zou in theorie een stressverandering teweeg kunnen brengen die op zijn beurt een beving zou kunnen veroorzaken. Hier zijn ook statistische aanwijzingen voor, maar concreet wetenschappelijk bewijs voor deze koppeling ontbreekt voornamelijk. Het trager opregelen van de clusters is een maatregel die gecontroleerd genomen kan worden indien de seismische omwikkelingen in dit cluster daar aanleiding voor geven, zodat dit beter kan worden onderzocht.

## 2. *Maatregelen met een regionaal karakter*

- Vlakke productie cluster
  - Op dit moment wordt geprobeerd om veldbreed zo vlak mogelijk te produceren, wat betekent dat de volumes die per kalendermaand worden onttrokken uit het veld vrijwel gelijk zijn (+/- 20% variatie). Een mogelijke maatregel is om bij een cluster dat onverwacht hoge seismiciteit laat zien, gekozen wordt om dat cluster (nagenoeg) volledig vlak te produceren, dus bijvoorbeeld met een fluctuatie van maximaal 5%.
- Individuele clusters (tijdelijk) insluiten
  - Naar voorbeeld van de Loppersum clusters zouden andere clusters geheel of gedeeltelijk kunnen worden ingesloten indien de (lokale) seismiciteit daartoe aanleiding geeft.
- Groep clusters terugregelen
  - Naar voorbeeld van het Loppersum cluster zou er voor kunnen worden gekozen om meerdere clusters met – bijvoorbeeld 20-30% terug te regelen indien de (lokale) seismiciteit daar aanleiding voor geeft. Afhankelijk van de situatie hoeft dit niet automatisch te betekenen dat er minder uit het veld geproduceerd wordt.
- Regionale vlakke productie
  - Door het uitgangspunt van vlakke productie ook regionaal door te voeren – dus niet op veldniveau – kan die regionale seismiciteit wellicht worden beïnvloed.
- Groep clusters voor onbepaalde tijd (al dan niet gedeeltelijk) insluiten
  - Met het insluiten van een aantal clusters wordt aansluiting gezocht bij de maatregelen die eerder zijn genomen met het terugregelen van bijvoorbeeld de Loppersum clusters, maar ook met het reduceren van het totale volume dat wordt gewonnen uit het Groningenveld.

## 3. *Maatregelen met een veld-brede impact*

- Vlakke productie regionaal met veld-brede effecten
  - Vlakke productie doorvoeren op regionaal niveau kan tot gevolg hebben dat minder (piek)productie kan plaatsvinden uit het Groningenveld als geheel.
- Volumereductie veldschaal (preferentieel opereren met Norg)
  - Door het productieniveau van het Groningenveld naar beneden bij te stellen zal de inzet zijn om de seismiciteit veldbreed te beïnvloeden.
- Regionale productiebeperkingen die niet gecompenseerd kunnen worden in andere delen van het Groningenveld.

- Het is goed mogelijk dat de regionale maatregelen (bijvoorbeeld het insluiten van bepaalde clusters) per saldo leiden tot veld-brede reductie van het volume dat gewonnen wordt. Het is namelijk niet altijd zo dat de verminderde productie uit het ene deel van het veld gecompenseerd kan worden met een grotere productie uit een ander deel van het veld. De redenen hiervoor kunnen zijn dat praktisch gezien die capaciteit niet beschikbaar is, maar bijvoorbeeld ook dat een verhoging in een ander deel van het veld onacceptabel is in verband met verhoogde risico's op seismiciteit.
- Alleen de zuidelijke ring opereren samen met Norg
  - Met het sluiten van noordelijke ring wordt geprobeerd de seismiciteit in die specifieke delen van het veld te beïnvloeden. Wanneer deze maatregel voor langere tijd ingezet wordt, dan is dit potentieel de maatregel met de grootste leveringszekerheidsconsequentie.

Welke maatregel dient te worden genomen is afhankelijk van twee factoren: de soort gebeurtenis (paragraaf 7.3) en de uitvoerbaarheid van de maatregel (paragraaf 7.4). Daarnaast kan ieder van de gebeurtenissen en rapportages die daaruit volgen leiden tot input in het Studie- and Data-acquisitieprogramma van NAM. Andersom zal dit programma ook zorgen voor input voor een eventuele verbetering van de rapportages die NAM doet in het kader van het Meet- en Regelprotocol. Bij al deze maatregelen zullen de vraagstukken die in paragraaf 7.3 en 7.4 benoemd worden, integraal worden meegewogen.

### 7.3 Soort gebeurtenis

De te nemen maatregel is, naast de technische analyse en het technisch inzicht, mede afhankelijk van de gebeurtenis waarop dient te worden gereageerd. Daarbij spelen drie elementen een rol:

- De (maatschappelijke) impact van de seismische gebeurtenis
- Hoe verontrustend is de seismische gebeurtenis
- Is er sprake van een onverwacht element

Elk van deze drie onderdelen wordt hierna toegelicht.

#### 7.3.1 Impact van de seismische gebeurtenis

De (maatschappelijke) impact van de seismische gebeurtenis is concreet gemaakt met de beschrijving van het signaleringssysteem. Naarmate het niveau hoger wordt – van waakzaamheidsniveau naar signaleringsniveau naar interventieniveau – is het in beginsel gerechtvaardigd dat de impact van de maatregel groter is.

Een gebeurtenis op het interventieniveau betekent *niet* dat automatisch sprake is van een gebeurtenis die de veiligheid in het geding brengt. De parameters op dit niveau zijn met name gekozen op basis van historische gegevens over de waarde van de gekozen parameters waarbij grote maatschappelijke onrust is ontstaan of verwacht wordt dat dit zal ontstaan, niet omdat niet meer voldaan zou worden aan de veiligheidsnormen.

Indien een gebeurtenis op het interventieniveau ertoe zou leiden dat de inzichten ten aanzien van de veiligheid moeten worden bijgesteld, zal NAM alle maatregelen nemen die noodzakelijk zijn.



### 7.3.2 Hoe verontrustend is de seismische gebeurtenis

Eén van de verschillen met de voorgaande versie van het Meet- en Regelprotocol is dat uitdrukkelijk wordt gekeken naar factoren die (nog) niet zijn meegenomen in de modellen van NAM. De signalen die gemonitord worden en waarover gerapporteerd wordt zijn beschreven in paragraaf 4.3. Uit de analyses van deze gebeurtenissen kan naar voren komen dat – al dan niet naast de overschrijding van één van de parameters op één van de drie niveaus in het signaleringssysteem – er een opvallend element zit in de ontwikkeling van de seismiciteit. Een voorbeeld hiervan is dat wordt gezien dat in korte tijd binnen een bepaald gebied een escalatie te zien is van de magnitude van de aardbevingen die daar plaatsvinden. In korte tijd een beving van (bijvoorbeeld) 1,5, 2,0 en 2,5 op de schaal van Richter past op zich binnen de toegepaste modellen, maar is wel opvallend.

De voornaamste actie die genomen wordt na het constateren van dergelijke ontwikkelingen is het maken van een analyse van de gebeurtenis om beter te begrijpen wat er gebeurt met de ontwikkeling van seismiciteit in het Groningenveld. De uitkomsten van de analyse kan vervolgens consequenties hebben voor het gebruik van de modellen, maar kan ook laten zien dat de modellen grotere onzekerheden hebben dan aanvankelijk werd gedacht. In dat geval zullen maatregelen moeten worden overwogen.

### 7.3.3 Onverwacht element

Het laatste element die van belang is bij het bepalen van de te nemen maatregel, is het antwoord op de vraag of de seismische gebeurtenis een onverwacht element in zich heeft. Een onverwachte gebeurtenis wordt in dit Meet- en Regelprotocol gedefinieerd als een gebeurtenis die niet past binnen de door NAM gebruikte modellen dan wel een gebeurtenis die een significante afwijking van een trend vormt (trendbreuk). Een aantal gebeurtenissen kan bijvoorbeeld op interventieniveau plaatsvinden, maar niet onverwacht zijn gelet op de voorspellingen van de modellen die NAM gebruikt. Een gebeurtenis die voorspelbaar en geen trendbreuk is zal minder snel leiden tot een maatregel die een grote impact heeft op de (wijze van) productie uit het Groningenveld.

Bij onverwachte gebeurtenissen ligt dit anders. Bij onverwachte gebeurtenissen zal primair worden vastgesteld of de gebeurtenis moet leiden tot een aanpassing in de modellen en (dus) van de voorspellingen van het veiligheidsrisico. Afhankelijk van de ernst van de gebeurtenis en de mate van afwijking van de modellen, zal de onvoorspelbaarheid van de gebeurtenis op zichzelf al een reden kunnen zijn om (tijdelijke) veldbrede maatregelen te nemen.

## 7.4 Integratie van de context van beheersmaatregelen

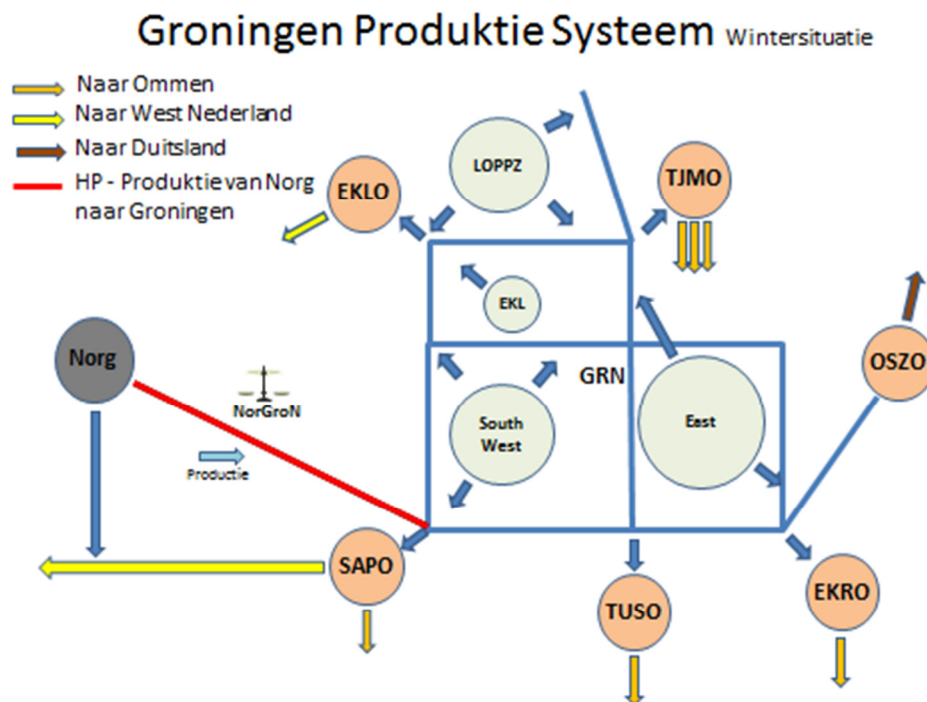
Bij het voorstellen van maatregelen worden de volgende vier aspecten meegenomen in de voorbereiding:

- Operationele uitvoerbaarheid
- Impact op leveringszekerheid (toets gedaan door GTS/GasTerra).
- Impact op het effect van andere al actief zijnde beheersmaatregelen (zoals bijvoorbeeld vlak produceren).
- Mogelijke (onbedoelde) negatieve gevolgen.

Daarnaast merkt NAM op dat deze maatregelen ook van invloed zullen zijn op het bedrijfsbelang van NAM. Dit vraagt om proportionele maatregelen, waarbij vanzelfsprekend de veiligheid voorop staat.

#### 7.4.1 Operationele uitvoerbaarheid: werking Groningen productiesysteem

NAM is de vergunninghouder en operator van de clusters, het gasproductiesysteem en de overslagen. Het gasproductiesysteem van het Groningenveld bestaat uit verschillende clusters, die door middel van een complex pijpleidingnetwerk met kleppen en afsluiters onderling verbonden zijn (zie figuur 4). Deze zijn op hun beurt weer verbonden met zogeheten ‘overslagen’. Deze overslagen zijn de locaties waar het door NAM geproduceerde gas via meetpunten wordt ‘afgeleverd’ aan het aardgastransportnetwerk van GTS. Hieronder staat de typische situatie voor de inzet van het Groningenveld in de winter weergegeven:



Figuur 4 Groningen productiesysteem

De lichtgrijze bolletjes geven groepen productieclusters weer, het grijze bolletje de ondergrondse gasopslag Norg. De zes overslagen (oranje bolletjes) bedienen vanwege de ligging van het gastransportnetwerk van GTS (niet weergegeven) in beginsel elk een deel van de (geografische) markt. Zo is het geproduceerde gas dat wordt afgeleverd op overslag Oude Statenzijl (OSZO) bestemd voor de Duitse markt. Overslag Eemskanaal (EKLO) en overslag Sappemeer (SAPO) zijn primair bestemd om gas aan het GTS-aardgastransportnetwerk te leveren, wat daarmee voldoet aan de gasvraag uit de markt in het westen van Nederland.

Het geproduceerde laagcalorische gas uit het Groningenveld moet op de overslagstations voldoen aan de kwaliteitsspecificatie die door GTS wordt bepaald. In dat verband is van belang dat het gas uit het Eemskanaalcluster een hogere calorische waarde heeft dan het gas uit de overige clusters in het

Groningenveld (en daarmee buiten de bandbreedte van de kwaliteitsspecificaties van GTS valt). Het gas geproduceerd uit het Eemskanaalcluster moet daarom worden bijgemengd met gas uit andere clusters voordat het kan worden ingevoerd op het GTS-netwerk.

Bij het adviseren over de meest effectieve beheersmaatregel zal NAM rekening houden met de werking van dit productiesysteem. Beperking van de productie in de clusters in het oosten van het Groningen veld zullen bijvoorbeeld eerder leiden tot problemen met leveringszekerheid dan beperkingen met betrekking op de clusters in het zuiden van het Groningenveld.

#### **7.4.2 Leveringszekerheid**

Leveringszekerheid is een taak die belegd is bij GTS. Kort weergegeven: GTS heeft als landelijk netbeheerder op grond van de Gaswet tot taak ervoor te zorgen dat de samenleving niet zonder gas komt te zitten. NAM heeft nadrukkelijk niet de taak om leveringszekerheid te garanderen. Wel is het één van de belangen die de Minister van Economische Zaken heeft meegewogen bij het Instemmingsbesluit. Dat betekent dat als een ingreep een afwijking zou betekenen van de voorwaarden van het Instemmingsbesluit op het gebied van leveringszekerheid, de Minister een nieuwe afweging dient te maken.

Hierbij zal altijd een advies over de operationele consequenties nodig zijn om te bepalen welke maatregel het best past bij de dan vigerende omstandigheden.

#### **7.4.3 Eerdere beheersmaatregelen**

Het ander element waar rekening meer moet worden gehouden is het balanceren van twee maatregelen die al genomen zijn: productiebeperking en gelijkmatige productie van het Groningenveld. Deze twee maatregelen kunnen (lokaal) tegenstrijdig met elkaar zijn. Indien de productie te veel beperkt wordt terwijl wel hetzelfde niveau van leveringszekerheid moet worden behouden, betekent dit automatisch dat er meer fluctuaties in de gaswinning zullen plaatsvinden.

NAM zal bij het voorstellen van de te nemen maatregelen deze toets verrichten om aan te geven welke maatregelen kunnen worden ingezet en of eventuele nadelige effecten kunnen worden gemitigeerd. Voor een verdere uitwerking van de technisch aspecten bij het nemen van de maatregelen wordt verwezen naar het Technisch Addendum bij het Meet- en Regelprotocol.

Van belang hierbij is ook de rol van de UGS Norg (ondergrondse gasopslag). De UGS Norg zorgt er mede voor dat NAM het Groningenveld in de wintermaanden bij een piekvraag zo vlak mogelijk kan blijven produceren.

#### **7.4.4 (Onbedoelde) negatieve gevolgen**

Als laatste wordt gewezen op mogelijk onbedoelde negatieve effecten van de te nemen maatregelen. Voorbeelden van onbedoelde negatieve gevolgen zijn een toename van de verhouding grote/kleine bevingen en verplaatsing van seismiciteit naar dichter bevolkte gebieden. Deze (mogelijke) gevolgen zullen worden meegewogen in de besluitvorming rond beheersmaatregelen in het kader van een risicogewogen operatie van het Meet- en Regelprotocol.

## 7.5 Voorbeelden van maatregelen

In de Appendix “Cases bij het Groningen Meet en Regelprotocol” worden aan de hand van een seismisch scenario maatregelen uitgewerkt als voorbeeld van de praktische toepassing van het in dit hoofdstuk uiteengezette proces.

## 7.6 Conclusie

Het besluit om te komen tot een ingreep in de productie van het Groningenveld bij een afwijkende trend, moeten – naast de seismische aspecten – de volgende elementen worden meegewogen:

1. De gebeurtenis zelf:
  - De (maatschappelijke) impact van de gebeurtenis
  - Hoe verontrustend is de gebeurtenis
  - Is er sprake van een onverwacht element
2. De grenzen en impact van de te nemen maatregel:
  - Operationele uitvoerbaarheid
  - Impact op leveringszekerheid (toets gedaan door GTS)
  - Impact op het effect van andere al actief zijnde beheersmaatregelen
  - Mogelijke onbedoelde gevolgen.

NAM zal altijd zelf met een voorstel voor een maatregel komen. Welke partijen betrokken zijn bij de totstandkoming en keuze voor de maatregel hangt af van het niveau in het signaleringssysteem. Hierbij moet tevens rekening worden gehouden met de grenzen van het Instemmingsbesluit: op het moment dat daarbuiten wordt getreden is het aan de Minister om een nieuwe afweging te maken. De betrokkenheid van de partijen op elk van de drie niveaus in het signaleringssysteem wordt in het volgende hoofdstuk beschreven.

## 8 Escalatiestructuur

### 8.1 Overzicht

De escalatiestructuur behorend bij de verschillende niveaus in het signaleringssysteem staat weergegeven in onderstaande tabel:

Level	Analyse voorstel en maatregelen	Komt samen binnen	Geeft advies binnen	Informeert	Wie neemt in principe besluit
<b>Waakzaamheid</b>	NAM RCT	Enkele dagen	Enkele weken	SodM, GTS, GasTerra	NAM in overleg met SodM
<b>Signalering</b>	NAM RCT/ ECT	48 uur	1 week	SodM, GTS, GasTerra, Minister EZ	NAM/SodM
<b>Interventie</b>	NAM RCT/ECT (CMT)	24 uur	2 dagen	SodM, GTS, GasTerra, Minister EZ	Minister EZ

## 8.2 De betrokken NAM-teams

Binnen NAM zijn een aantal teams betrokken bij het reageren op incidenten en de uitvoering van het Meet- en Regelprotocol. Het eerste team is het zogenaamde NAM Emergency Coordination Team (ECT). Het tweede team betreft het Crisis Management Team (CMT) en als laatste is er nog het NAM RCT, het Risk Coordination Team Earthquakes.

Het ECT wordt ingeschakeld als sprake is van een lokaal incident dat niet onder controle is en waarbij ondersteuning nodig is vanuit de NAM "Emergency response organization". Een aardbeving kan in een gegeven situatie zorgen voor het activeren van het ECT. Het CMT wordt ingeschakeld als het incident van een lokale naar NAM-brede impact gaat. In extreme situaties kan het CMT dus ook worden ingeschakeld bij een incident veroorzaakt door aardbevingen. Beide teams zijn dus gericht op het reageren op en managen van acute incidenten.

Het RCT is opgericht met een veel breder doel dan het reageren op incidenten die zich voordoen. De doelstellingen van het RCT zijn:

- Regelmatig reviewen van het risicobeleid van NAM ten aanzien van aardbevingen en de voortgang m.b.t. de reductie van seismische risico's;
- Uitvoeren van de taken zoals beschreven in het Meet- en Regelprotocol;
- Faciliteren van geïntegreerde besluitvorming ten aanzien van risicomanagementzaken; en
- Faciliteren van voortgang van de onderzoeken naar de aandachtspunten binnen het risicomanagementsysteem van NAM.

Het RCT is primair verantwoordelijk voor het uitvoeren van onderzoeken en analyseren van data van het incident en dit te vertalen in adviezen voor potentiële maatregelen. De rol van het ECT (en indien nodig CMT) zal met name gericht zijn op het managen van het incident. Dat betekent dat zij veel informatie verzamelen over hetgeen zich heeft voorgedaan. Om deze reden zijn zij ook betrokken bij het verzamelen en analyseren van de data van een incident ten gevolge van seismiteit, en ondersteunen zij op die manier het RCT bij het uitvoeren van haar taken. Het RCT zal het primaire aanspreekpunt zijn voor SodM en EZ voor alle vragen met betrekking tot potentiële maatregelen en de data/onderzoeken die hieraan ten grondslag liggen.

## 8.3 Andere betrokken partijen

SodM, Gasterra, GTS en de Minister van Economische Zaken zijn de meest voor de hand liggende betrokken partijen bij de informatieverkrijging en de uiteindelijke besluitvorming. Daarbij zal ieder vanuit de eigen rol opereren. SodM als toezichthouder, GTS als verantwoordelijke voor de leveringszekerheid, GasTerra vanuit haar kennis van het gassysteem en de Minister van Economische Zaken als de vergunningverlener en politiek verantwoordelijke voor de gaswinning uit het Groningenveld. Een andere partij die een belangrijke rol kan spelen is het KNMI. Het KNMI beschikt immers over – bijvoorbeeld – de data afkomstig uit het meetnet.

## 8.4 Besluitvorming

Zoals beschreven in figuur 5 is NAM primair verantwoordelijk voor het verzamelen van de relevante data en het geven van het eerste advies over de – mogelijke – maatregelen in reactie op de gebeurtenis. Daarnaast zal NAM altijd vanuit haar eigen verantwoordelijkheid direct de maatregelen nemen die zij noodzakelijk acht. Voor zover daarbij de leveringszekerheid in het geding komt zal dit vooraf worden gemeld aan SodM, GTS en de Minister van Economische Zaken.

De mate van betrokkenheid van andere partijen buiten NAM is primair gekoppeld aan de drie niveaus in het signaleringssysteem. Gelet echter op het (veel) bredere afwegingskader (zie hoofdstuk 7) zijn er meer factoren van belang voor de vraag welke partijen – met name SodM en de minister – betrokken moeten worden bij de uiteindelijke besluitvorming. In het algemeen zal gelden dat naarmate de ernst van de gebeurtenis groter is, meer partijen betrokken zullen zijn bij de besluitvorming ten aanzien van de te nemen maatregel. Zo zal bijvoorbeeld bij een ontwikkeling zoals beschreven in paragraaf 4.3, die opvallend is maar niet leidt tot overschrijding van één van de parameters, NAM daarover rapporteren aan SodM. In overleg met SodM zal worden besloten wie van de partijen betrokken zullen zijn bij de te nemen beslissing en of er al dan niet een maatregel moet volgen.

Als onderdeel van het advies dat wordt gegeven binnen de periode zoals genoemd in figuur 5, kan ook worden opgenomen dat de data door alle betrokken partijen nader moet worden uitgewerkt met een grotere mate van wetenschappelijke zekerheid en controle (door middel van bijvoorbeeld peer-review) en dat daarvoor meer tijd nodig is. Bij het opstellen van de adviezen zal immers altijd een afweging moeten worden gemaakt tussen de snelheid waarmee een rapportage moet worden gemaakt en de mate van wetenschappelijkheid die het rapport kan hebben. Waar snelheid het belangrijkste is, kan eerst worden volstaan met een globaal rapport dat afdoende is om de besluitvorming op te kunnen faciliteren.

In de begeleidende brief aan de Minister bij dit Meet- en Regelprotocol is het voorstel gedaan om te kijken naar de instelling van een Technische Commissie die belast is met de advisering over de maatregelen zoals die genomen kunnen worden op grond van het Meet- en Regelprotocol. Indien een dergelijke commissie zou worden ingesteld dan dient dit hoofdstuk van het Meet- en Regelprotocol daar vanzelfsprekend op te worden aangepast.

## 8.5 Communicatie

De werking van het ECT en het RCT – inclusief eventuele communicatie naar bijvoorbeeld overheden – staat beschreven in twee BMS-procedures van NAM.

Daarnaast zal NAM haar rapportages – nadat deze zijn toegezonden aan SodM – publiceren op haar website [www.NAM.nl](http://www.NAM.nl). Daar waar behoefte blijkt te zijn aan een nadere toelichting bij bijvoorbeeld een gemeente of een dorp, zal NAM zorgen voor de juiste informatievoorziening. Hoe dit eruit zal zien, is afhankelijk van de omstandigheden van het geval. Dat kan bijvoorbeeld een gesprek met een burgemeester zijn, maar ook een dorpenronde of een publicatie in een lokale krant.

## 9 ISO 14001

### 9.1 Integratie in bedrijfsvoeringssysteem

Milieuzorg is volledig geïntegreerd in het bedrijfsvoeringssysteem (Business Management System, BMS) van NAM. Het bedrijfsvoeringssysteem is gericht op de aantoonbare beheersing van de bedrijfsprocessen. Voor elk bedrijfsproces is daarvoor een op risico's (waaronder risico's rond milieu en veiligheid) gebaseerd raamwerk van beheersmaatregelen en interne regelgeving opgesteld.

Het milieuzorgsysteem van NAM is sinds 1996 gecertificeerd volgens de norm (thans) NEN-EN ISO 14001, als onderdeel van het bredere zorgsysteem voor veiligheid, gezondheid, welzijn en milieu (VGWM). Het zorgsysteem staat voor een systematische beheersing van de VGWM-aspecten die een bepaalde mate van risico met zich meebrengen. Verstoring van de bodem en ondergrond, inclusief bodemdaling en seismiciteit, is door de NAM onderkend als een belangrijk aspect, waarvoor interne regelgeving, een specifiek team en voorliggend Meet- en Regelprotocol zijn opgesteld.

### 9.2 Rapportage en evaluatie

Naast de jaarlijkse (her)certificatie-audits in het kader van ISO 14001 en de bevindingen van het RCT, wordt de rapportage en evaluatie momenteel met name bepaald door de halfjaarlijkse publicatie van de resultaten (artikel 5, lid 1 d) en de evaluatie- en rapportagevoorwaarde in het geval van een (dreigende) overschrijding van de gehanteerde waarden (hoofdstuk 6).

## 10 Kwaliteitsborging

### 10.1 Opbouw van het dreigings- en risicomodel

Het dreigings- en risicomodel voor geïnduceerde aardbevingen in Groningen fungeert als een fundamenteel modellerings- en voorspellingsraamwerk voor het Meet- en Regelprotocol. Dit model is in de afgelopen vijf jaar gebouwd, verder verbeterd en aangepast, en telkens gebaseerd op de meest recente gegevens en inzichten. Het model is overkoepelend opgebouwd uit een aantal sub-modellen (zie hierna ook figuur 6) en begint bij de oorzaak van de bevingen (de gasproductie uit het Rotliegend-reservoir) en maakt een inschatting van de gevolgen aan het oppervlak boven het Groningen gasveld: schade aan gebouwen en risico's voor mensen.

Belangrijk is dat dit model zoveel mogelijk gebaseerd is op metingen en gegevens verkregen in en specifiek voor Groningen, alsook dat het model wordt gevalideerd door meetgegevens. Het onderzoeksplan dat ten grondslag ligt aan de studies en gegevensvergaring die dit model ondersteunen is beschreven in het "Study and Data Acquisition Plan" dat met regelmaat wordt vernieuwd en aangepast (zie "Technisch Addendum bij het Meet- en Regelprotocol").

Op diverse manieren wordt geborgd dat:

- Het juiste model wordt gebruikt en
- De juiste conclusie wordt getrokken op basis van het gebruikte model.

Dit gebeurt door middel van drie processen:

1. Kwaliteitsbewaking:

Verwerken van de resultaten van de studies in codes van het dreigings- en risicomodel is van groot belang. Er worden daarbij processen gebruikt die moeten voorkomen dat daar fouten in worden gemaakt.

2. Borging:

Naast NAM zijn er diverse organisaties en personen die het gebruikte model toetsen aan historische en actuele data. Dit betreffen zowel mensen die direct en indirect voor NAM werken, toezichthouders als onafhankelijke experts en academici. Een uitwerking hiervan is opgenomen in het Technisch Addendum bij het Meet- en Regelprotocol.

3. Monitoring:

NAM toets voortdurend of nieuwe data passend is binnen de gebruikte modellen en indien dit niet zo is, wat daar de mogelijke consequenties van zijn. Een opsomming van de toetsing en mogelijke consequenties wordt gegeven in het "Technisch Addendum bij het Meet- en Regelprotocol".

Daarnaast is het vanzelfsprekend van groot belang dat er afdoende en correcte data beschikbaar is om te gebruiken in het model.

## 10.2 Gegevensvergaring

De activiteiten voor gegevensvergaring bestaan zowel uit (al dan niet herhaalde) meetcampagnes als uit het installeren en hanteren van continue monitoringssystemen.

De volgende tabel geeft de parameters die continue worden gemonitord in het Groningenveld en de systemen die daartoe zijn ingericht:

Reservoirdruk	Metingen worden verricht in diepe putten. De drukken aan de putmond worden continu geregistreerd, waarmee ook de druk op diepte kan worden bepaald.
Bodemdaling	Optische waterpassingen worden al sinds de vroege jaren 60 van de vorige eeuw met regelmaat uitgevoerd. InSAR satellietbeelden worden gebruikt om bodemdaling gedetailleerd in kaart te brengen. Verspreid over het veld zijn (12) GPS Stations zijn geplaatst.
Reservoircompactie	Metingen van de compactie die gebruik maken van markers geïnstalleerd in drie diepe putten. Experimentele opstelling: Met een glasvezelkabel wordt in de put ZRP-3 compactie gemeten.
Seismiciteit	KNMI meetnetwerk bestaat uit 70 putten met een diepte van 200 m waarin geofoons zijn geïnstalleerd. Geofoons geplaatst in diepe putten in het Loppersumgebied, op het niveau van het reservoir. Dit betreft zowel tijdelijk plaatsing in bestaande putten als meer permanente plaatsing in special hiervoor ontworpen en geboorde putten.
Grondversnelling	Bij alle (bovengenoemde) KNMI (gefoon)stations zijn ook versnellingsmeters



en snelheid	geplaatst. Verder zijn er aan de rand van het veld aanvullend ook nog versnellingsmeters geplaatst.
Versnelling en snelheid van het fundament van een gebouw	Door TNO zijn in meer dan 300 gebouwenversnellingsmeters (TNO-sensor) aan het fundament van een gebouw geplaatst. Dit zijn zowel publieke gebouwen (gemeentehuizen) als woningen.
Gebouwschade	De schadeclaims en schadebeoordelingen zijn beschikbaar voor onderzoek en trendanalyse. Gebouwen uitgerust met een TNO-sensor worden ook geïnspecteerd bij overschrijding van een drempelwaarde voor de versnelling.
Sociaal-maatschappelijke effecten	NAM heeft de sociaal-maatschappelijke effecten via de Maatschappelijke Effecten Inventarisatie (MEI) gemonitord. Ook – en aanvullend – onder de noemer van “Groninger Perspectief” worden met regelmaat onderzoeken gedaan naar sociaal-maatschappelijke effecten.

*Figuur 6 Overzicht monitoringsystemen in het Groningen gasveld*

Het “Technisch Addendum bij het Meet- en Regelprotocol” bevat een overzicht met referenties die deze monitoring verder beschrijven.

Naast de continue monitoring worden er ook nog specifieke meetcampagnes in het veld uitgevoerd. Voorbeelden van specifieke meetcampagnes zijn:

- Zwaartekrachtmetingen boven het hele veld en omliggende aquifers (zal over vijf jaar herhaald worden).
- Bodemonderzoek om de ondiepe ondergrond en aarde te beschrijven.
- Geofysische metingen bij de KNMI stations en met het flexibele gefoonnetwerk om mechanische eigenschappen (bijvoorbeeld shear-wavesnelheid) van de ondiepe ondergrond te bepalen.
- Metingen in het laboratorium van compactie en frictie aan kernmateriaal uit de Zeerijp-3 put.

In het Technisch Addendum is een lijst van referenties opgenomen die meer inzicht in deze meetcampagnes geven.

Gebaseerd op deze gegevensvergaring en (eventueel aanvullende) studies zal het dreigings- en risicomodel regelmatig worden geactualiseerd. Gegevens verzameld door onafhankelijke instituten en onderzoekers zullen – indien relevant en gevalideerd – daarbij ook worden gebruikt.

### 10.3 Borgingsprocessen

Fundatie van de onderliggende modellen op (lokale) gegevens en waarnemingen zorgt voor een eerste verankering. Verificatie en borgingsprocessen zorgen voor verder vertrouwen in de modellen. Met andere woorden: met deze processen wordt geborgd dat de juiste conclusies worden getrokken over de trends en activiteiten van het Groningenveld.

Het verificatie- en borgingsproces voor de studies waarop het model is gebouwd bestaat uit zeven lagen:

1. Interne borgingsprocessen van NAM;

2. Onafhankelijke borging op verzoek van NAM;
3. Onafhankelijke borging op verzoek van de Minister van Economische Zaken (voor WP2013 de TBO en TBB commissies en voor WP2016 de SAC commissie);
4. Onafhankelijke borging door de toezichthouder SodM;
5. Onafhankelijke borging op verzoek van de toezichthouder SodM;
6. Onafhankelijke en kritische experts;
7. Transparantie; studies worden op de onderzoekspagina van [www.nam.nl](http://www.nam.nl) beschikbaar gesteld en gepubliceerd in peer-reviewed wetenschappelijke publicaties.

Door deze borging wordt zoveel mogelijk gestreefd naar een op onafhankelijk en objectief onderzoek gebaseerd dreigings- en risicomodel.

## 10.4 Kwaliteitsbewaking

Naast de borging van de studies is ook kwaliteitsbewaking op de implementatie van de resultaten van de studies in codes van het dreigings- en risicomodel van groot belang. Deze worden daarom geïmplementeerd in twee onafhankelijke codes elk in een andere programmeertaal; in Python en in C-programmeertaal. Beide codes worden door verschillende programmeurs, die onafhankelijk implementatiekeuzes maken, bewerkt. Resultaten worden door beide codes onafhankelijk berekend en daarna vergeleken. Alleen wanneer de verschillen binnen nauwe toleranties vallen worden deze geaccepteerd. De kwaliteitsbewaking moet voorkomen dat fouten worden gemaakt.

## 10.5 Mogelijkheid tot verkeerde voorspellingen uit het model

Ondanks de sterke fundatie van het model op metingen en waarnemingen gedaan in Groningen, de uitgebreide borging van studies en kwaliteitsbewaking bij het programmeren, is het in principe toch mogelijk dat de ontwikkeling van seismiciteit zich buiten de onzekerheidsmarges van deze modellen begeeft. Vooral als dit significante afwijkingen in de prognose van belangrijke parameters betreft kan dit tot resultaat hebben dat voorspellingen niet juist zijn.

Zo'n verkeerde voorspelling kan aanleiding zijn om het Meet- en Regelprotocol te herzien. In figuur 7 wordt een oorzaak-gevolgdiagram<sup>2</sup> getoond voor dit geval. Links in de figuur staan de modellen die gebruikt worden in de dreigings- en risicoanalyse met de hierboven beschreven gegevensvergarig, kwaliteitsbewaking en borgingsanalyse.

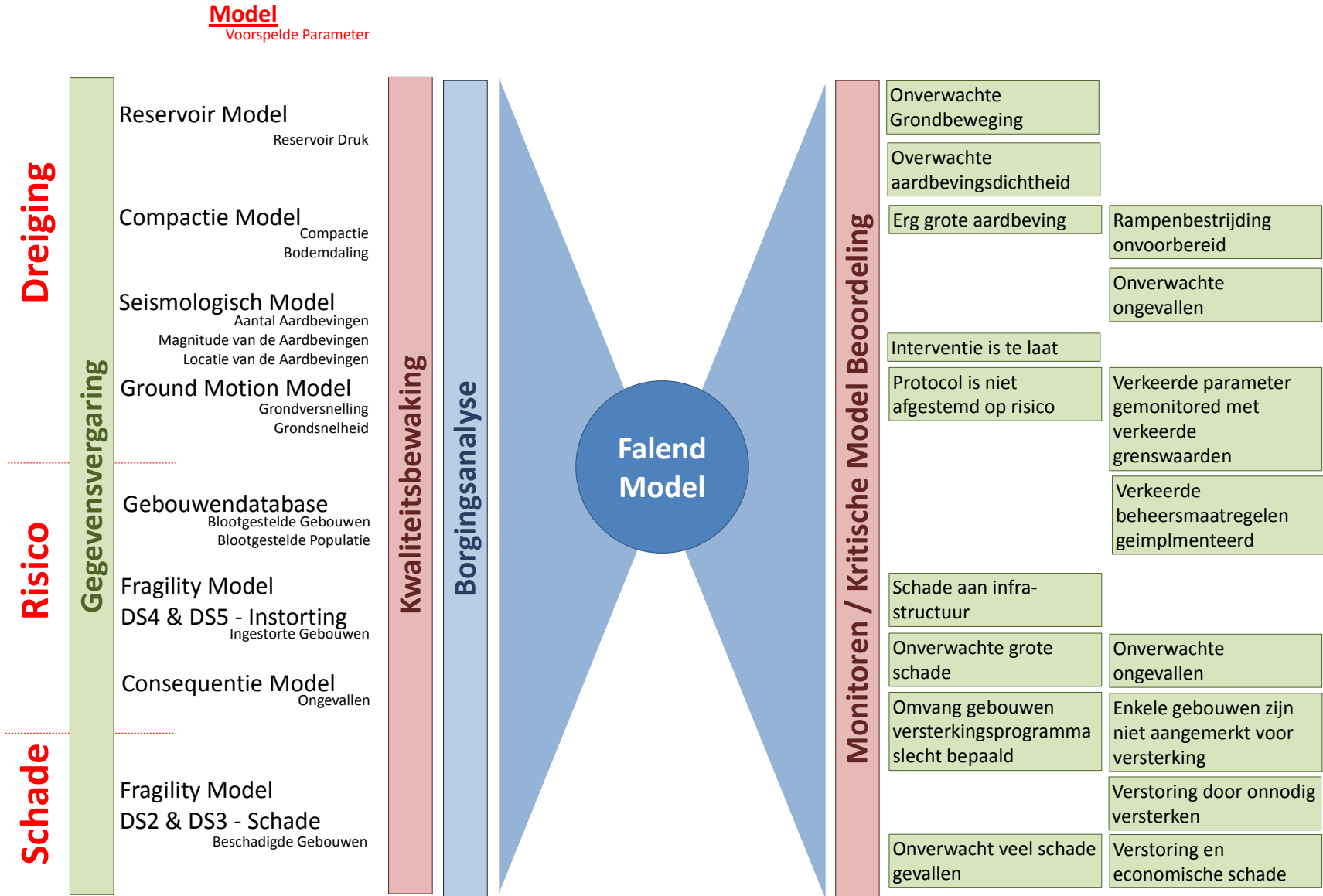
Rechts staat het monitoren van geprognosticeerde parameters, dat evaluatie van de prestatie van het model middels nieuwe waarnemingen moet ondersteunen. Naast onderbouwing door veel data zal ook praktische toetsing (verificatie) aan de ervaring gedurende de laatste jaren de validiteit van het protocol waarborgen.

Mogelijke gevolgen van een falend model zijn heel divers; afhankelijk van de parameter die niet goed is voorspeld kan het resulteren in een hoger dan verwacht risiconiveau, meer dan verwachte schade, een ineffectief versterkingsprogramma of implementatie van een niet doeltreffende andere beheersmaatregel. In voorgaande zijn alleen de 'negatieve' afwijkingen benoemd. Ook afwijkingen ten

---

<sup>2</sup> De diagram heeft vele kenmerken van een zogeheten bow-tie, maar is dat niet in een zuivere vorm.

gunste van het risico geven een indicatie dat het model niet functioneert, maar hebben een positiever effect.



Figuur 7 Oorzaak-gevolgdiagram voor het falen van het dreigings- en risicomodel voor geïnduceerde bevingen in Groningen.

## 10.6 Voorkomen van verkeerde voorspellingen

Om zoveel als mogelijk te voorkomen dat het model de verkeerde voorspellingen oplevert en/of om de effecten hiervan te minimaliseren zijn een aantal barrières ingebouwd. In hoofdzaak betreft dit:

- Monitoren van belangrijke parameters, zoals druk, bodemdaling, aantal aardbevingen en de verspreiding van de aardbevingen.
- Trendanalyses die tot doel hebben verontrustende ontwikkelingen vroegtijdig te identificeren.
- Analyse de ontwikkeling van de parameters om trends vinden voordat een ongewenst niveau wordt overschreden.
- Vergelijken met modelvoorspellingen voor vroege identificatie en eerste tekenen van modelfalen.
- Aanpassingen in het Studie- en Gegevensvergaringsplan (Study and Data Acquisition Plan), door hierin doelgerichte studies om een anomalie te verklaren op te nemen.
- Aanpassen van het dreigings- en risicomodel en het aanpassen van de verdeling van de gasproductie over de verschillende productieclusters.
- Vroegtijdige voorbereiden van beheersmaatregelen met het doel de trend te doorbreken

N.B.: in het Technisch Addendum zal een overzicht van referenties opgenomen worden die samen de laatste inzichten en toestand van de verschillende gegevensvergarings, monitoring en studie inzichten presenteren.

## 10.7 Kwaliteitsborging halfjaarlijkse rapportages en maatregelen

In het bovenstaande is beschreven hoe de kwaliteit van de basis van het Meet- en Regelprotocol – de wetenschappelijke modellen – wordt geborgd. Daarnaast vindt nog een kwaliteitscontrole plaats op de uitvoering van het Meet- en Regelprotocol, namelijk de rapportages en de genomen maatregelen.

Deze kwaliteitsborging vindt plaats door de externe wetenschappers betrokken bij het Study and Data Acquisition Plan van NAM, die een onafhankelijk oordeel geven over de halfjaarlijkse rapportages, de periodieke rapportages en de maatregelen. Deze controle zal halfjaarlijks worden gedaan.

## 11 Periodieke rapportages

### 11.1 Algemeen

NAM rapporteert periodiek aan SodM over de meet- en monitoringsresultaten en een analyse daarvan. De rapportage omvat naast geregistreerde aardbevings- en bodembewegingsdata ook data met betrekking tot productie en productieverdeling als mede de ontwikkeling van reservoirdruk.

De analyse zal de onderstaande thema's omvatten:

- Activity rate
- Aardbevingsdichtheid
- Trends alle signaalparameters
- Drukontwikkeling (dp/dt)
- Schadeontwikkeling
- Toetsing van de gebruikte modellen, inclusief vergelijking tussen gemeten waarden en de modelmatig verwachte waarden
- De ruimtelijke verdeling van de aardbevingen
- Aardbevingsfrequentie, aardbevingsdichtheid en productieveranderingen
- Vergelijking van de gemeten grondbeweging aan de GMPE voor bevingen van  $M > 2,0$
- Tijds- en ruimtelijke afhankelijkheid en de productiesnelheidsafhankelijkheid van de Gutenberg-Richter b-waarden (die de verhoudingen kleinere aardbevingen - grotere aardbevingen bepaalt).

Trends en correlaties van de meetgegevens kunnen belangrijke informatie leveren om aanpassingen voor te stellen voor de productieverdeling en/of het versterkingsprogramma met als doel het aardbevingsrisico te minimaliseren.

### 11.2 Meetresultaten

De meetgegevens gebruikt in de periodieke rapportages zijn publiek beschikbaar. Hieronder wordt een opsomming getoond van de meetgegevens, en de herkomst van de meetgegevens, die onderdeel zijn van de periode rapportage. Het is mogelijk dat wanneer beschikbaar, het rapport meer meetgegevens zal omvatten.

- Seismische activiteit, KNMI seismisch meetnetwerk ([www.knmi.nl](http://www.knmi.nl))
- Aardbevingslocaties, KNMI seismisch meetnetwerk ([www.knmi.nl](http://www.knmi.nl))
- Aardbevingsdichtheidkaart, voor het berekenen van de aardbevingsdichtheid wordt de Quartic Kernel-functie gebruikt zoals beschreven in het document "Density Estimation for Statistics and Data Analysis" door B.W. Silverman.
- Grondbeweging, KNMI seismisch meetnetwerk ([www.knmi.nl](http://www.knmi.nl)) voor aardbevingen met een magnitude  $M > 2,0$
- Gebouwbeweging, TNO sensornetwerk
- Productiegegevens, [www.NAM.nl](http://www.NAM.nl) en [www.nlog.nl](http://www.nlog.nl)

- Reservoirdrukken, [www.NAM.nl](http://www.NAM.nl). Reservoirdrukken worden gesimuleerd met het gekalibreerde reservoirsimulatiemodel MoRes
- Schademeldingen, [www.CVW.nl](http://www.CVW.nl)
- Graaddagenontwikkeling (rapportage van NAM op basis van artikel 2 Instemmingsbesluit)
- Bodemdaling (rapportage van NAM op basis van artikel 6 Instemmingsbesluit)

### 11.3 Analyses

Hieronder worden de thema's genoemd die in de rapportage zullen worden verwerkt.

- Toetsing van de gebuikte modellen, inclusief vergelijking tussen gemeten waarden en de modelmatig verwachte waarden
- De ruimtelijke verdeling van de aardbevingen
- Aardbevingsfrequentie, aardbevingsdichtheid en productieveranderingen
- Vergelijking van de gemeten grondbeweging aan de GMPE voor bevingen met een magnitude van  $M > 2,0$
- Tijds- en ruimtelijke afhankelijkheid en de productiesnelheidsafhankelijkheid van de Gutenberg-Richter b-waarden
- Statische analyse van de activity rate
- Verwachting van de ontwikkeling van seismische activiteit.

In het Technisch Addendum wordt voor zowel de speciale als de periodieke rapportage een gedetailleerde tabel gegeven met rapportage-elementen.

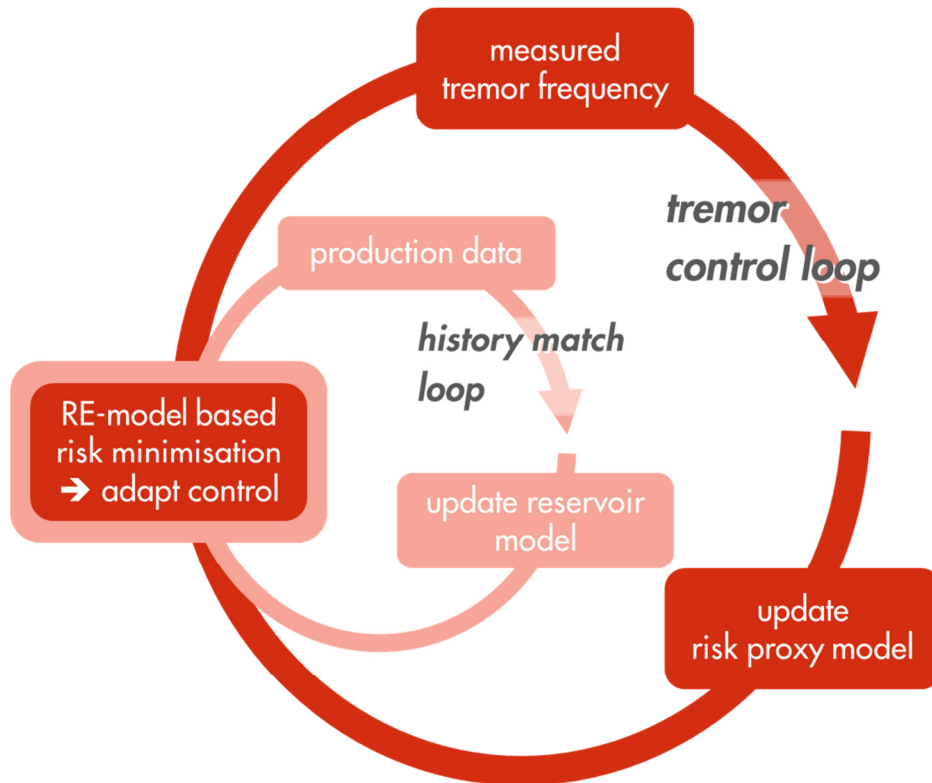
### 11.4 Optimalisatie van de verdeling van de productie over het veld

Het eerdergenoemde dreigings- en risicomodel wordt ook gebruikt voor de optimalisatie van de verdeling van de gasproductie over de verschillende productieclusters van het Groningen gasproductiesysteem. Dit vereist dat een groot aantal verschillende productiestrategieën moet worden doorgerekend en de effecten ervan moeten worden ingeschat en vergeleken. Gebaseerd op van tevoren vastgestelde criteria zal de optimale productiestrategie worden vastgesteld. Dit optimalisatieproces stelt hoge eisen aan de betrouwbaarheid van de voorspellingen van het dreigings- en risicomodel.

Het gaat hierbij dus om een zeer complexe en intensieve berekeningen die veel computertijd vereisen (figuur 8). Om praktische redenen moet hierbij in verschillende delen van het model gebruik worden gemaakt van vereenvoudigde modelimplementaties en vereenvoudigde modellen. Dit zijn de zogenaamde proxymodellen. De validiteit van deze proxymodellen moet, voor het parameterbereik dat voor de optimalisatie van belang is, worden getest en verzekerd. Daarnaast zal met een aantal testberekeningen door het volledige dreigings- en risicomodel worden gevalideerd dat het berekende en gevonden optimum inderdaad gebaseerd op de criteria een optimum is.

Van groot belang is dat de gevonden theoretische geoptimaliseerde verdeling van de productie uit de verschillende clusters ook in het veld praktisch geïmplementeerd kan worden binnen de gestelde beperkingen aan de productie, zoals eerder beschreven in de sectie "Operationele en Opgelegde Productie Beperkingen". Tegelijkertijd met dit Groningen Meet- en Regelprotocol zal ook een rapport

“Methodology - Optimisation of the Production Distribution over the Groningen field to reduce Seismicity”<sup>3</sup> aan SodM worden aangeboden. In dit rapport wordt de methodology voor deze optimalisatie beschreven en de laatste voorgang met het bouwen van de codes om dit te kunnen doen.



Figuur 8 Schematische weergave van de “model based optimization loop”

## 12 Flexibiliteit van het Meet- en Regelprotocol

Zoals al op een aantal punten in het Meet- en Regelprotocol is aangegeven, is het protocol tot op zekere hoogte flexibel. Dit dynamische karakter is noodzakelijk om steeds in te kunnen spelen op de meest recente inzichten en data uit recente onderzoeken en actualiteiten. Diverse redenen zijn denkbaar om in overleg met SodM te bezien of het Meet- en Regelprotocol moet worden aangepast. Een noodzaak tot aanpassing zou bijvoorbeeld kunnen zijn gelegen in:

- Het bekend worden van de resultaten uit het onderzoek naar de voorspellingen van schade op grond van artikel 7 van het Instemmingsbesluit.
- Wijzigende rolverdeling in het kader van NAM Op Afstand.
- Nieuwe inzichten op het gebied van seismische effecten uit het studieprogramma van de NAM.

<sup>3</sup> Dit rapport heet “Methodology - Optimisation of the Production Distribution over the Groningen field to reduce Seismicity” en is beschikbaar op [www.NAM.nl/feiten-en-cijfers/onderzoeksrapporten](http://www.NAM.nl/feiten-en-cijfers/onderzoeksrapporten).



- Nieuwe verwachtingen over het seismisch risico, bijvoorbeeld door de voortgang van het project bouwkundig versterken.
- Meer informatie over de gekozen parameters en het effect daarvan op de seismiciteit.
- Nieuwe inzichten in de effecten van Activity Rate, PGA en aardbevingsdichtheid.
- Wijziging van de richtlijn van de Stichting Bouw Research (SBR).

Het resultaat van deze nieuwe inzichten zou bijvoorbeeld kunnen zijn dat een nieuwe parameter wordt toegevoegd of een signaleringswaarde van een parameter wordt aangepast. Ook is het denkbaar dat de te nemen maatregelen worden aangepast, nog aanvullende maatregelen worden ontdekt of dat juist wordt vastgesteld dat voorgestelde maatregelen niet het gewenste effect hebben. Indien het Meet- en Regelprotocol gewijzigd dient te worden, zal op deze wijze de volgende procedure worden gevolgd:

- NAM doet een schriftelijk verzoek aan de Minister van Economische Zaken met daarin de onderbouwing voor de wijziging van het Meet- en Regelprotocol.
- SodM stelt een advies op voor de Minister van Economische Zaken over hoe om te gaan met het verzoek van NAM.
- De Minister van Economische Zaken besluit uiteindelijk of het Meet- en Regelprotocol wordt aangepast en op welke wijze.