

Seismisch risico voor “kleine velden”

(onshore velden, exclusief het Groningen gasveld en ondergrondse gasopslagen Norg en Grijpskerk)

- Achtergronden
- Risicoduiding
- Seismisch Risicobeheersplan

Versies:

Versie 1.0: Originele versie

Versie 1.1: Grijpskerk gasopslag toegevoegd aan lijst met gasvelden

Versie 1.2: Toevoeging lokale risicoduiding en communicatieplan voor 9 gasvelden

Versie 1.3: Actualisatie van beheersmaatregelen en communicatie, na gesprekken met Veiligheidsregio's

Versie 1.4: Lokale risicoduiding Gaag, Maasdijk en Monster, actualisatie communicatie en schadeprotocol

Versie 1.5: Lokale risicoduiding Botlek, Coevorden DC, Pernis-West

Versie 2.0: Na beoordeling SodM (met verwerking adviezen), toevoeging Commissie Mijnbouwschade

Versie 2.1: Toevoeging Rotterdam en Schoonebeek olieveld

Versie 2.2: Samenvoeging van tabellen 2 en 3; aantal figuren en tabellen vernieuwd (tot 1-10-2023)

Versie 2.3: Toevoeging van Westbeemster in de sectie "specifieke locaties"

Versie 2.4: Toevoeging van Schoonebeek gasveld en aanpassing Warffum in de sectie "specifieke locaties"

Inhoud

1	Over dit document	5
1.1	Leeswijzer voor dit document	6
2	Achtergrond van geïnduceerde bevingen boven kleine velden	8
2.1	Historische aardbevingen	8
2.1	Toekomstige aardbevingen	12
3	Monitoring van aardbevingen	13
4	Seismisch risicobeheersplan	17
4.1	Seismisch Risicobeheersteam (SRBT)	17
4.2	Seismisch risicobeheerssysteem	17
4.3	Wat gebeurt er bij een beving in een specifieke locatie?	18
4.3.1	Generiek communicatie-overzicht (van toepassing bij Cat.1 velden)	19
4.3.2	Annerveen	21
4.3.3	Bedum	22
4.3.4	Botlek, Pernis-West	23
4.3.5	Coevorden	24
4.3.6	Gaag, Maasdijk en Monster	25
4.3.7	Kollum-Noord	27
4.3.8	Middelie	28
4.3.9	Munnekezijsl	29
4.3.10	Rustenburg	30
4.3.11	Saaksum-West	31
4.3.12	Warffum	32
4.3.13	Westbeemster	34
4.3.14	Westerveld (Eleveld, Vries)	35
4.3.15	Schoonebeek gasveld	36
5	Mogelijke gevolgen van een beving	38
5.1	Inschatting van de realistisch sterkste beving	38
5.2	Schade door aardbevingen	38
5.3	Welke Peak Ground Velocity is theoretisch mogelijk?	41
5.4	Welke schade is mogelijk bij zo'n maximale Peak Ground Velocity?	42
5.5	Kan "gevolgrisco" optreden?	43
5.6	Conclusie	44

6	Schadeafhandeling.....	45
7	Referenties.....	46
8	Bijlage A: Waar liggen de gasvelden van NAM?	47
9	Bijlage B: Seismische risico-inventarisatie volgens SodM leidraad.....	53
9.1	Toekennen seismische risicocategorie	54
9.2	Implicaties van het vaststellen van de seismische risicocategorie	55
10	Bijlage C: GMPE voor kleine velden	56
11	Bijlage D: Kwaliteitsborging	58
11.1	NAM-milieuzorg volgens ISO 14001	58
11.2	Interne audits en reviews	58
11.3	Externe audits ISO 14001.....	58

1 Over dit document

Gaswinning¹ kan in sommige gevallen leiden tot aardbevingen. Dit soort aardbevingen worden ook wel geïnduceerde bevingen genoemd. De afgelopen 15 jaar is het aantal en de zwaarte van de bevingen boven de onshore gasvelden buiten het Groningen gasveld beperkt. Geïnduceerde bevingen kunnen echter nooit volledig worden uitgesloten.

Dit document geeft een beschrijving van de belangrijkste informatie rond geïnduceerde bevingen boven de onshore velden behalve Groningen, ook wel “**kleine velden**” genoemd. Het geeft ook een overzicht van de maatregelen die NAM heeft getroffen om oorzaken en gevolgen van deze risico’s te beheersen.

Het doel van dit document is om de toezichthouder (Staatstoezicht op de Mijnen, hierna SodM) en belanghebbenden (gemeente, bewoners) transparant te informeren over het seismisch risico behorend bij gaswinning uit kleine velden. Het document probeert daarmee de volgende vragen te beantwoorden voor kleine velden:

- Welke bevingen hebben plaatsgevonden en wat voor bevingen kunnen theoretisch plaatsvinden?
- Hoe monitort NAM bevingen en de bijbehorende effecten buiten het Groningen veld?
- Wat wordt gedaan om (herhaling van) bevingen te voorkomen?
- Welke schade zou kunnen plaatsvinden en hoe wordt deze afgehandeld?
- Wat betekent dit voor specifieke gemeenten?

De specifieke risico’s per veld en bijbehorende beheersmaatregelen staan beschreven in het winningsplan behorend bij dat gasveld. Voor de ondergrondse gasopslag Norg, dat een onderdeel is van het Groningensysteem, is een vergelijkbaar Seismisch Risicobeheerssysteem opgesteld.

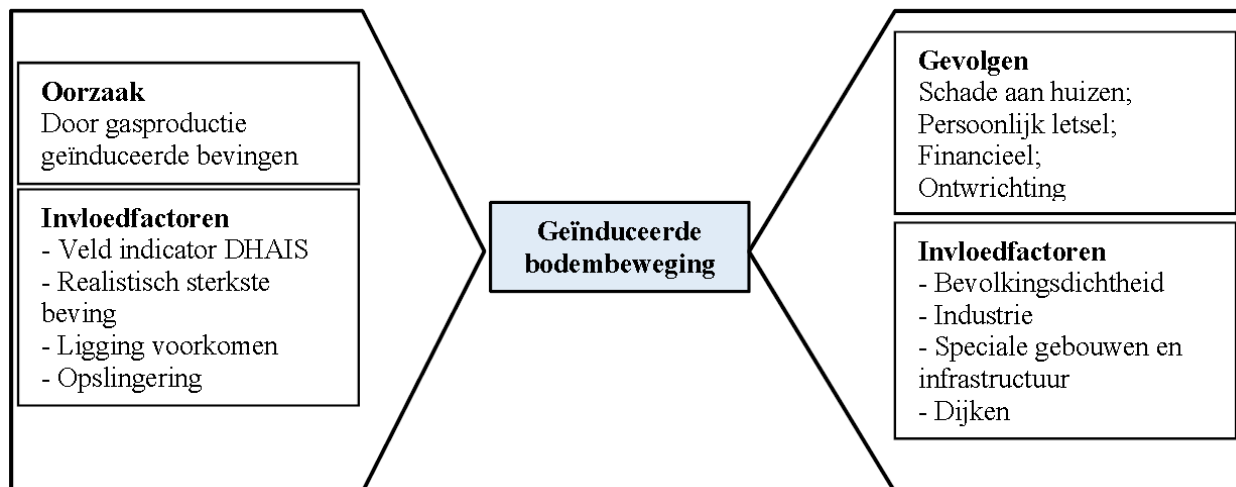
Dit document hoopt te bereiken dat er begrip is voor het verschil in seismisch risico tussen het Groningen veld en de kleine velden. Bij kleine velden is de seismische dreiging kleiner en geldt een ander risico. Voor het Groningen veld wordt rekening gehouden met een veiligheidsrisico. Voor de kleine velden wordt de waarde voor de maximale magnitude lager ingeschat waardoor er alleen over een schaderisico wordt gesproken.

Versie 1.5 van dit risicobeheersplan is positief beoordeeld door SodM (Ref. 1). SodM adviezen zijn verwerkt in versie 2.0.

¹ In dit document wordt gesproken over gaswinning omdat uit veruit de meeste velden gas wordt gewonnen. Dit beheersplan dekt echter ook de oliewinning uit de velden Rotterdam en Schoonebeek.

1.1 Leeswijzer voor dit document

SodM heeft in 2016 een leidraad geschreven voor de risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning. In deze leidraad staat een vlinderdasmodel (*“bow-tie analysis”*, zie hieronder). Een vlinderdasmodel beschrijft een ongewenste situatie – in dit geval een geïnduceerde bodembeweging – met links de oorzaken en rechts de mogelijke gevolgen. Door het toevoegen van barrières aan de linkerkant zou de bodembeweging voorkomen of beperkt kunnen worden. Door het toevoegen van barrières aan de rechterkant kunnen negatieve gevolgen voorkomen, beperkt of verzacht worden.



De indeling van dit document volgt het vlinderdasmodel, zoals aangegeven in de figuur hierboven. De verschillende aspecten uit dit model komen terug in de verschillende hoofdstukken van dit document, zoals hieronder beschreven.

Hoofdstuk 2 geeft een **achtergrond en oorzaak van bevingen** boven kleine velden. Er wordt stilgestaan bij historische bevingen en bij mogelijke toekomstige bevingen.

Hoofdstuk 3 beschrijft welke **monitoring** van de **Geïnduceerde bodembeweging** die NAM uitvoert voor bevingen. Ook wordt stilgestaan bij metingen rond effecten op de bovengrond (versnellingsmeters).

Hoofdstuk 4 beschrijft welke acties (**Barrières**) worden genomen indien er een aardbeving door gaswinning uit kleine velden optreedt. Dit **Seismisch Risicobeheersplan** komt voort uit de verplichting volgens de SodM leidraad voor gasvelden met een verhoogd seismisch risico (de zogenaamde Categorie 2 velden). Door het generieke karakter zal dit beheersplan ook worden toegepast voor gasvelden met een laag seismisch risico (de zogenaamde Categorie 1 velden). Het Seismisch Risicobeheersplan beschrijft acties rond communicatie na een beving en maatregelen om herhaling te voorkomen.

Hoofdstuk 5 beschrijft wat theoretisch de **gevolgen** kunnen zijn van een beving in kleine velden (risicoduiding). In de meeste gevallen zullen velden niet beven of zullen bevingen niet gevoeld worden en gelukkig geen schade geven. Theoretisch kan in het ergste geval schade van “Gradatie 2” optreden aan gebouwen (lichte constructieve schade).

Hoofdstuk 6 beschrijft specifiek het belangrijkste mogelijke gevolg **schade aan huizen** en hoe eventuele schade snel en transparant wordt afgehandeld door de onafhankelijke Commissie Mijnbouwschade.

In een aantal bijlagen worden verdere details gegeven rond

- A. De locatie van gasvelden van NAM.
- B. Hoe de SodM leidraad voor seismische risico-inventarisatie werkt.
- C. Welke wiskundige formules gebruikt worden om de magnitude van een beving te vertalen in grondsnelheden.
- D. Hoe NAM zorgt dat het risicobeheersplan goed onderhouden blijft.

De aardbevingen in het Groningen veld hebben grote invloed op het beleid rond gaswinning en aardbevingen. Dit document (met name de informatie rond monitoring en schadeafhandeling) zal in de komende tijd aangepast worden aan nieuwe ontwikkelingen.

2 Achtergrond van geïnduceerde bevingen boven kleine velden

Wanneer de druk in de ondergrond daalt als gevolg van gaswinning, kunnen spanningsveranderingen in de ondergrond optreden. Deze spanningsveranderingen kunnen vervolgens leiden tot een plotselinge beweging van een bestaande natuurlijke breuk in de ondergrond: een aardbeving.

Bij de meeste kleine gasvelden is de kans op voelbare aardbevingen gering, maar een aardbeving is theoretisch nooit helemaal uit te sluiten. In ongeveer 10 procent van de 175 gasvelden in Nederland hebben voelbare aardbevingen plaatsgevonden. Het KNMI is de Nederlandse autoriteit op het gebied van aardbevingen. Het KNMI meet, analyseert en publiceert alle aardbevingen in Nederland. Een overzicht van de bevingen in Nederland tot oktober 2023 is te vinden in Figuur 1. Ten zuiden van het gebied getoond in dit figuur wordt wel gas gewonnen maar zijn geen bevingen waargenomen. Het meest recente overzicht van alle door KNMI geregistreerde bevingen is beschikbaar op de KNMI-website² en een “Interactieve kaart” op www.nam.nl, onder “Feiten en cijfers”.

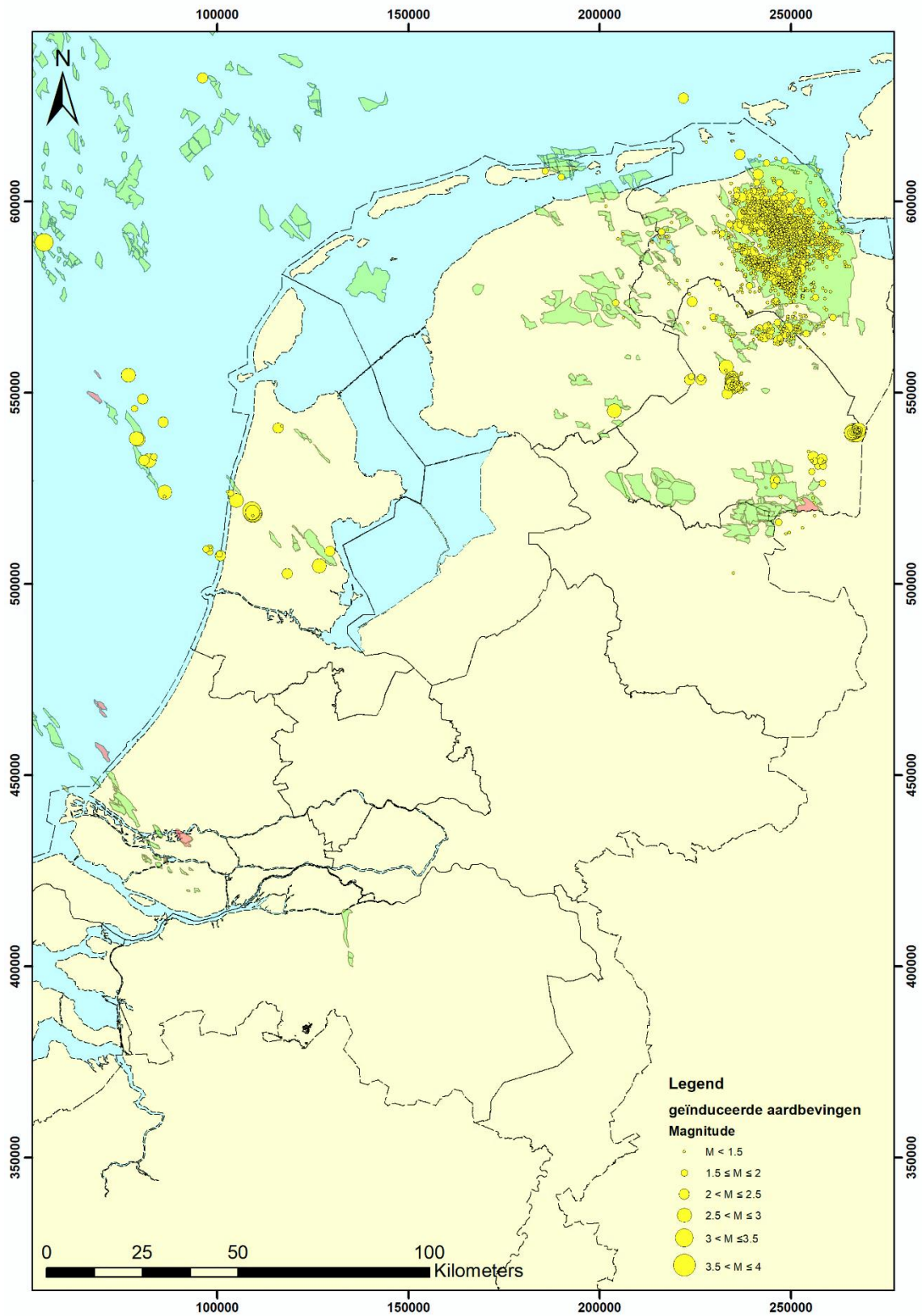
2.1 Historische aardbevingen

De sterkte van een beving wordt weergegeven als magnitude volgens de schaal van Richter (M). Deze schaal is logaritmisch: een beving van magnitude 3 heeft 1000 keer meer energie dan een beving met magnitude 1 – zie voetnoot³.

Voelbare aardbevingen hebben een magnitude boven $M=1,5$. Bevingen tot $M=3,0$ worden doorgaans “zeer licht” genoemd in categorisaties van de schaal van Richter. Hierbij moet wel de kanttekening worden geplaatst dat geïnduceerde bevingen ondieper plaatsvinden dan tektonische bevingen (natuurlijke bevingen door bewegingen in aardplaten). Geïnduceerde bevingen kunnen daardoor gemakkelijker gevoeld worden dan tektonische bevingen.

² <https://www.knmi.nl/nederland-nu/seismologie/aardbevingen>

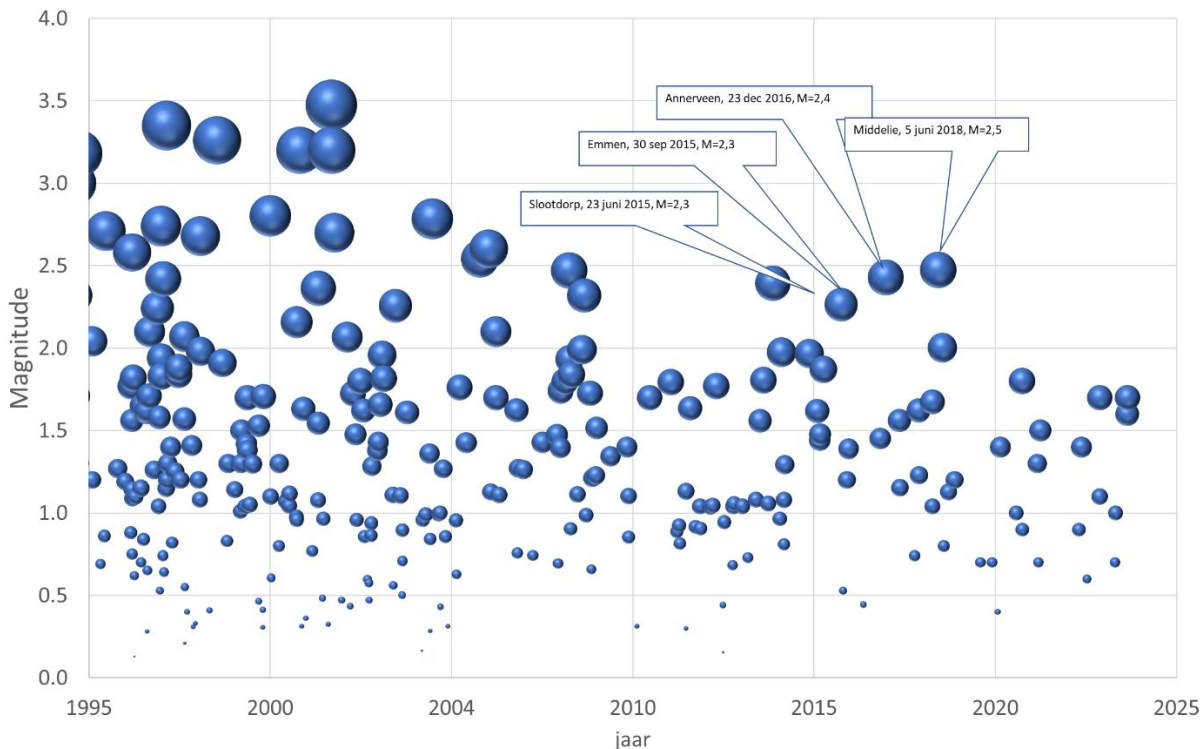
³ Er staat een factor $2/3$ in de logaritmische relatie tussen energie en magnitude. Hierdoor is er niet de gebruikelijke factor 10 in energietoename voor elke stap in magnitude, maar een factor 1000 in energietoename voor elke 2 stappen in magnitude.



Figuur 1: Overzicht van geïnduceerde bevingen in Nederland vanaf het begin van de metingen in 1986 tot oktober 2023. Gasvelden zijn in groen weergegeven (bron: www.nam.nl).

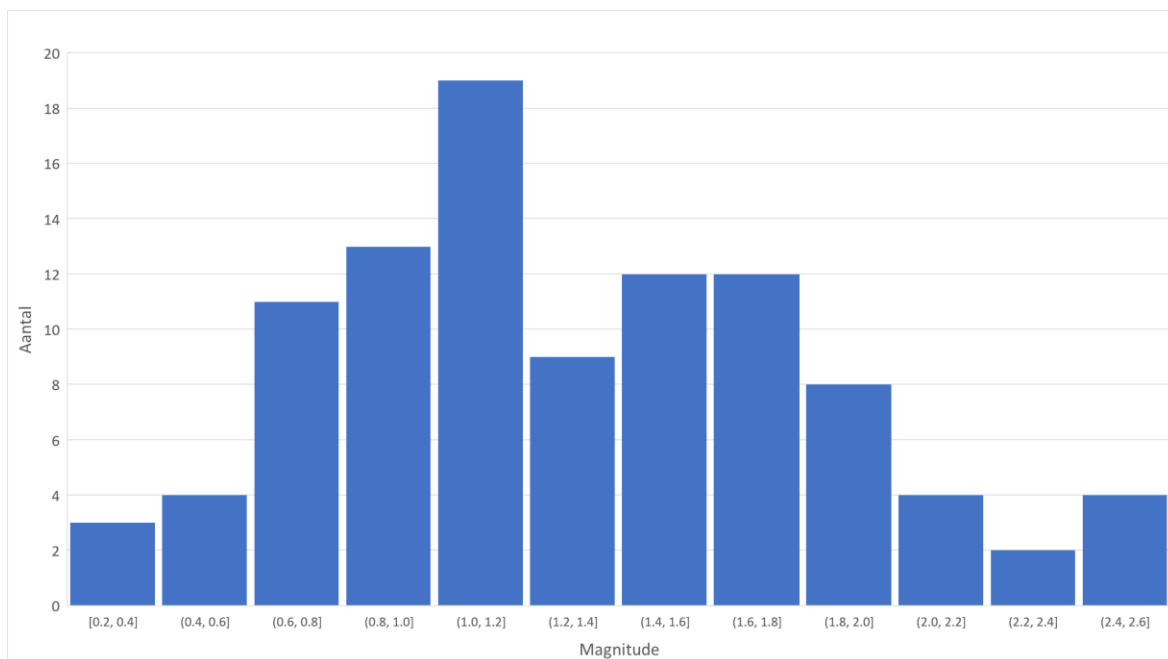
De KNMI-aardbevingscatalogus kent ongeveer 1840 datapunten, waarvan ongeveer 1540 aardbevingen boven en rondom het Groningen veld zijn geobserveerd. In het verleden vonden een aantal bevingen met magnitude boven $M=3,0$ plaats boven het Bergermeer veld en het Roswinkel veld. Het Roswinkel veld is inmiddels afgesloten en het Bergermeer veld functioneert nu als gasopslag waarbij sinds de verhoging van de druk er geen voelbare aardbevingen ($M>1,5$) meer zijn waargenomen.

Figuur 2 laat zien dat er sinds 2006 buiten het Groningen veld geen bevingen zijn geweest met magnitude boven $M=2,5$.



Figuur 2: Bevingen tegen de tijd die geregistreerd zijn tot oktober 2023 boven onshore gasvelden (excl. Groningen)

Omdat de Bergermeer en Roswinkel bevingen niet (meer) relevant zijn, betreft de analyse hieronder de periode vanaf 2007. Figuur 3 toont de verdeling van bevingen die hebben plaatsgevonden in de periode 2007-2023 boven onshore gasvelden (excl. Groningen). De bevingen boven de Noordzee velden zijn vanwege een beperkt meetnetwerk niet meegenomen in het histogram. In totaal zijn er in deze periode 101 bevingen geregistreerd waarvan er 29 gevoeld kunnen zijn ($M > 1,5$). In Tabel 1 staan de 25 bevingen in de periode 2007-2023 boven kleine velden met magnitude boven 1,6. Er zijn 7 bevingen geweest boven magnitude $M=2,0$. Ongeveer 1/3 van alle bevingen buiten het Groningen veld is toe te schrijven aan productie uit het Annerven veld. Het Annerven veld produceert niet meer vanaf medio 2021.



Figuur 3: Aantal door gaswinning geïnduceerde bevingen boven onshore gasvelden 2007-2023 (excl. Groningen). Bevingen onder magnitude $M=1,5$ worden beperkt geregistreerd.

Tabel 1: Bevingen met magnitude boven $M=1,6$ boven onshore gasvelden 2007-2023 (excl. Groningen).

Plaats	Datum	Magnitude	Gasveld	PROVINCIE
Nieuw Annerveen	05/01/2008	1,7	Annerveen	Drenthe
Zuidlaren	17/02/2008	1,8	Annerveen	Drenthe
Ekehaar	02/04/2008	2,5	Eleveld	Drenthe
Ekehaar	02/04/2008	1,9	Eleveld	Drenthe
Nieuw Annerveen	22/04/2008	1,8	Annerveen	Drenthe
Emmen	05/08/2008	2,0	Emmen	Drenthe
Geelbroek	26/08/2008	2,3	Eleveld	Drenthe
Hooghalen	26/10/2008	1,7	Witterdiep	Drenthe
Wildervank	21/06/2010	1,7	Annerveen	Groningen
Annen	16/01/2011	1,8	Annerveen	Drenthe
Noordzee (nabij Schoorl)	19/04/2012	1,8	Bergen	Noord-Holland
Waddenzee (nabij Buren)	09/08/2013	1,8	Ameland	Friesland
Annen	09/11/2013	2,4	Annerveen	Drenthe
Assen	05/02/2014	2,0	Eleveld	Drenthe
Amen	11/11/2014	2,0	Eleveld	Drenthe
Emmen	05/04/2015	1,9	Emmen	Drenthe
Anna Paulowna	23/06/2015	2,3	Slootdorp (Vermilion)	Noord-Holland
Emmen	30/09/2015	2,3	Emmen	Drenthe
Zuidlaren	23/12/2016	2,4	Annerveen	Groningen
Lauwerzijl	07/04/2018	1,7	Saaksum-West	Groningen
Warder	05/06/2018	2,5	Middelie	Noord-Holland
Dalen	17/07/2018	2,0	Dalen	Drenthe

Plaats	Datum	Magnitude	Gasveld	PROVINCIE
Winde	27/09/2020	1,8	Vries-Noord	Drenthe
Kommerzijl	17/11/2022	1,7	Kommerzijl	Groningen
Winde	23/08/2023	1,7	Vries-Noord	Drenthe

2.1 Toekomstige aardbevingen

Helaas is het voorspellen van plaats, tijdstip en magnitude (M) van aardbevingen nog niet goed mogelijk, voor zowel natuurlijk optredende als geïnduceerde aardbevingen.

In het algemeen gedragen aardbevingen zich volgens de Gutenberg-Richter relatie. Deze relatie beschrijft de verhouding tussen de sterkte van bevingen (magnitude) en hoe vaak deze bevingen voorkomen (frequentie). Deze relatie is logaritmisch en geeft aan dat bij het optreden van een enkele beving, de kans op magnitude M=2 ongeveer 10 keer zo klein is als de kans op magnitude M=1. De kans op een beving met magnitude M=3 is ongeveer 100 keer zo klein als de kans op magnitude M=1.

Er is geen methode om aardbevingen te voorspellen, of uit te sluiten. Maar we kunnen wel alle kennis op het gebied van aardbevingen inzetten om een goed onderbouwde risico inschatting te maken. Voor de gaswinning in Nederland heeft dit geleid tot de leidraad van SodM (Ref. 2). Deze leidraad bevat een methode om een Seismische Risico Analyse (SRA) uit te voeren. Deze methode is samengevat in Hoofdstuk 1. De leidraad bevat een theoretische berekening van *de magnitude van de sterkst mogelijke beving* in een veld en *de kans dat enige beving* zal plaatsvinden.

In veel gevallen leidt de berekening volgens de leidraad tot een “reële kans op een beving”. Deze berekening is gebaseerd op ondergrondse kenmerken van de gasvelden. De kans heeft betrekking op het mogelijke voorkomen van vooral kleine, niet voelbare bevingen. De kans op voelbare bevingen is kleiner. De kans op bevingen die schade kunnen veroorzaken is nog weer kleiner.

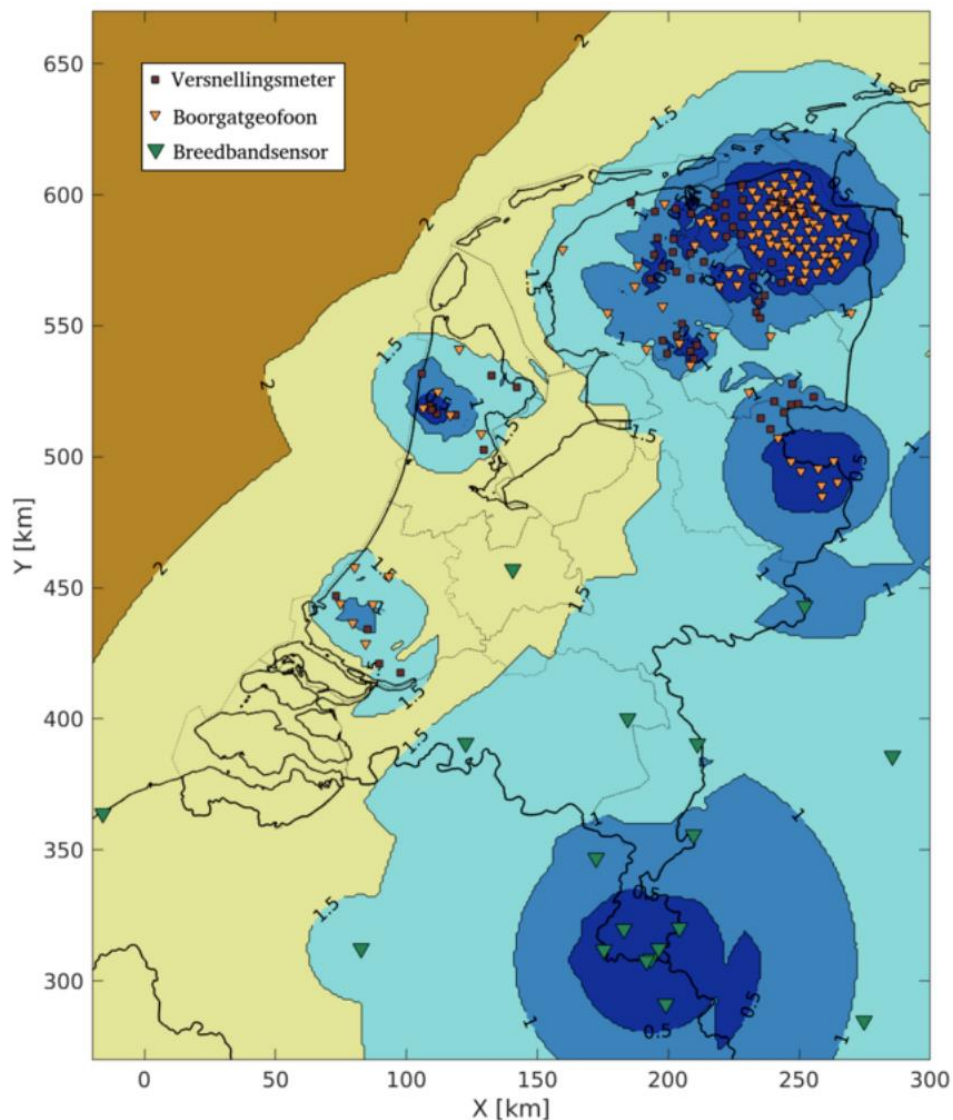
Tabel 1 toont dat de bevingen met magnitude boven de M=2,0 zich lijken te beperken tot een paar velden. Figuur 1 toont dat dat er geen geïnduceerde bevingen zijn waargenomen onder de lijn Amsterdam-Arnhem. Het is nog niet goed bekend waarom deze regionale verschillen bestaan. Ondanks het feit dat er na decennia gaswinning nooit een beving in het gebied onder de lijn Amsterdam-Arnhem is waargenomen, voorspelt de SRA voor sommige velden toch een reële kans op beven. Theoretisch – op basis van ondergrondse kenmerken – kan een beving dus niet worden uitgesloten.

De SRA-berekening geeft regelmatig waarden voor een sterkst mogelijke beving tot M=4 voor gebieden waar nooit voelbare bevingen hebben plaatsgevonden. De sterkst mogelijke beving zoals de leidraad berekent is nog nooit waargenomen in een veld. De conclusie lijkt gerechtvaardigd dat de SRA conservatief is in haar voorspellingen.

Voor ieder producerend onshore gasveld is een SRA uitgevoerd. Omdat de SRA aangeeft dat een beving meestal niet uit te sluiten is, beschrijft dit document een generiek seismisch risicobeheersplan. De specifieke risico's per veld en bijbehorende beheersmaatregelen staan beschreven in het winningsplan behorend bij dat gasveld.

3 Monitoring van aardbevingen

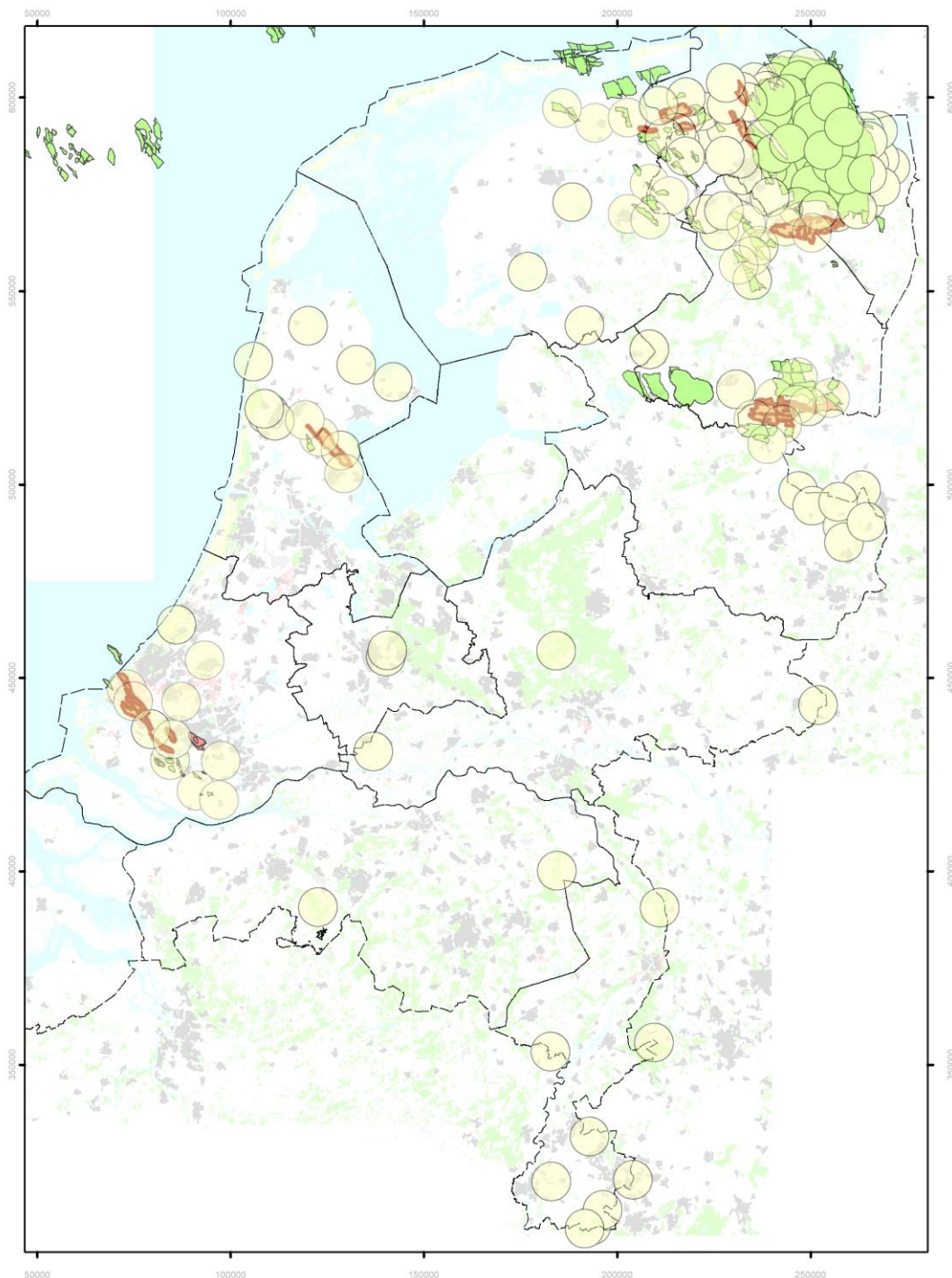
Seismische monitoringstations (**geofoons**) zijn geïnstalleerd boven en in de nabijheid van gasvelden en staan met een onlineverbinding in contact met het KNMI. Een gefoon wordt op verschillende dieptes *onder het aardoppervlak* aangebracht (ook wel boorgaten genoemd, zoals aangegeven in Figuur 4). Geregistreerde aardbevingen worden automatisch vermeld op de website van KNMI. Na interpretatie van de gegevens door de specialisten van het KNMI kan een kleine aanpassing van de sterkte en/of locatie plaatsvinden. De locatiedrempel is een maat voor de gevoeligheid van het netwerk. Deze drempel geeft de laagste aardbevingsmagnitude waarbij de locatie van de beving nog bepaald kan worden, de beving is dan door ten minste 3 monitoringstations waargenomen. Voor het merendeel van de onshore gasvelden ligt de locatiedrempel tussen magnitude 1,0 en 1,5. Rondom het Groningen veld is een fijnmazig netwerk van monitoringstations aangelegd en ligt de drempelwaarde zelfs rond de 0,5 (Figuur 4). In de laatste jaren is op verschillende plekken uitbreiding van het netwerk uitgevoerd (Zuidwest Nederland, Noord-Holland, Drenthe, rond Coevorden).



Figuur 4: Overzicht van de stations en de bijbehorende locatiedrempel in Nederland in 2022 (KNMI-website update september 2022).

Alle geofoons die de afgelopen jaren zijn geïnstalleerd zijn aan het maaiveld uitgerust met een **versnellingsmeter** of **accelerometer**. Deze versnellingsmeters geven informatie over de aardbevingsgolven *aan het aardoppervlak* (maaiveld). De grondbeweging aan het oppervlak zegt iets over de mogelijke gevolgen van aardbevingen. De Technische commissie bodembeweging (Tcbb) heeft geadviseerd dat het installeren van een netwerk van versnellingsmeters een effectievere maatregel is voor het duiden van schade dan het uitvoeren van nulmetingen aan gebouwen (Ref. 12). Het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat heeft dit advies gebruikt bij instemmingsbesluiten voor winningsplannen.

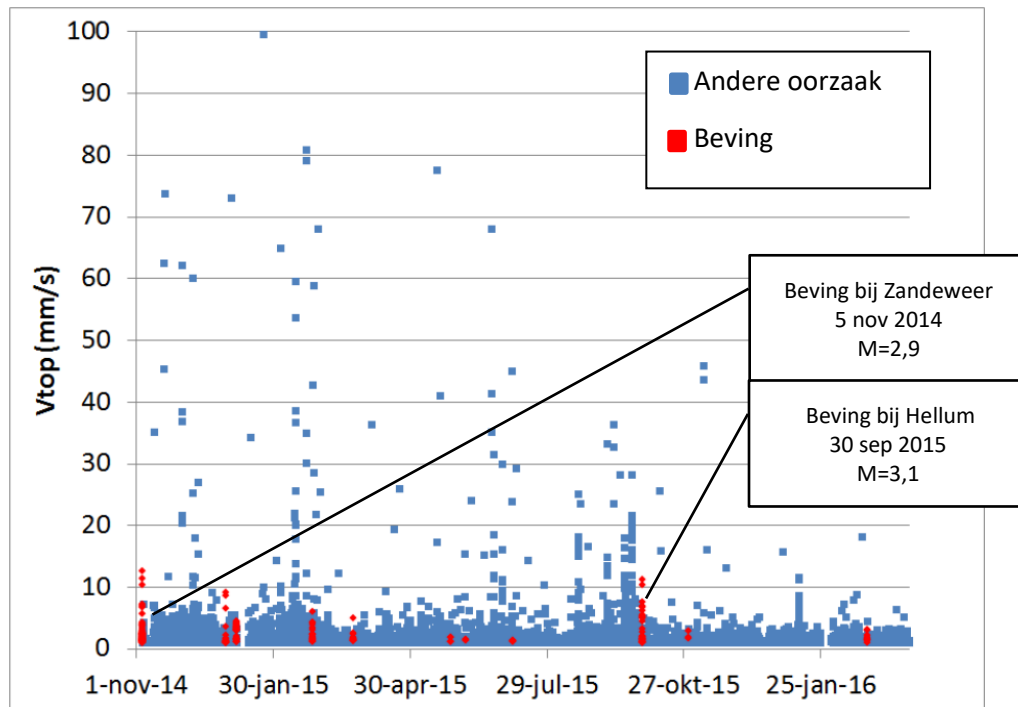
Figuur 5 toont een overzichtskaart van alle versnellingsmeters. Na 2021 zijn nog een aantal seismische stations geïnstalleerd en daarmee is het netwerk verbeterd. De cirkels laten het dekkinggebied zien van de individuele meters waarbij een straal wordt gehanteerd van 5 km, met de locatie van de meter in het midden van de cirkel. Deze ontwerpmethode voor het meetnetwerk is goedgekeurd door het KNMI en het Ministerie van EZK. De kaart toont dat bijna alle gasvelden (in groen) zijn gedekt door versnellingsmeters.



Figuur 5: Kaart met daarop aangegeven het dekingsgebied van de versnellingsmeters (gele cirkels). De gasvelden zijn in groen aangegeven, waarbij de bruin omrande velden de categorie II velden aangeven.

Dichtbij sommige bevende velden (vooral in Groningen) zijn in het verleden *in gebouwen* **gebouwsensoren** geplaatst. Deze meten hoe een oppervlaktetrilling doorwerkt op een gebouw. Vanzelfsprekend geven deze gebouwsensoren alle trillingen in het gebouw weer (passerende vrachtwagens, slaande deuren), zoals zichtbaar in Figuur 6. De trillingen door aardbevingen zijn de rode blokjes in de grafiek. Alle gebouwen met een gebouwsensor in het invloedsgebied van een beving zullen

de trilling op ongeveer hetzelfde moment meten. Hoe dichterbij het epicentrum van de beving hoe groter de gemeten trilling. Dit verklaart dat in onderstaande grafiek een beving zich manifesteert als een serie rode blokjes boven elkaar, met de hoogste snelheid het dichtst bij het epicentrum. De grafiek illustreert waarom het vaak moeilijk is om de oorzaak van schade onomstotelijk vast te stellen. In onderstaand voorbeeld worden de grootste trillingen veroorzaakt door andere oorzaken. In een recente studie door TNO (Ref. 15) zijn de metingen van tientallen gebouwsensoren over een periode van de afgelopen 5 jaar boven het Groningen veld onderzocht. Uit de studie blijkt dat van de 33.345 metingen met een snelheid van 1 mm/s of hoger er slechts 188 metingen (0,6%) gerelateerd kunnen worden aan aardbevingen.



Figuur 6: Alle metingen door TNO-gebouwsensoren netwerk boven het Groningen veld voor de periode november 2014 t/m januari 2016 (Ref. 13).

Er bestaan dus de volgende soorten trillingsmeters:

- Geofoon: in de grond. Voor bepaling van bevingsbron onder de grond (hypocentrum en magnitude),
- Versnellingsmeter: op de grond. Voor bepaling van grondbeweging aan het maaiveld, i.v.m. mogelijke schade,
- Gebouwsensor: in een huis. Voor bepaling van trillingen in een specifiek huis.

Een laatste type meter is de **tiltmeter**. Een tiltmeter meet kleine wijzigingen in de helling van de grond of een gebouw. Een tiltmeter kan gebruikt worden bij lokale verzakking van huizen of de bodem, bijvoorbeeld door inklinking. Het is geen meetapparaat dat effectief gebruikt kan worden bij bevingen.

Alle metingen zijn te volgen op de “Interactieve kaart” op www.nam.nl, onder “Feiten en cijfers”. Om privacy-redenen kan niet van alle gebouwsensoren de data worden getoond.

4 Seismisch risicobeheersplan

Het seismisch risicobeheersplan beschrijft welke maatregelen genomen worden om de mogelijke consequenties van gaswinning zo veel mogelijk te beperken. Dit kunnen maatregelen zijn waardoor bodembeweging voorkomen of beperkt kan worden, of maatregelen waarmee negatieve gevolgen voorkomen, beperkt of verzacht worden.

In dit plan wordt vastgelegd wat er met seismische gegevens wordt gedaan en welke situaties aanleiding geven tot het nemen van een mitigerende actie. In dit beheersplan is gekozen voor de aanpak met de zogenaamde "verkeerslicht" methode, waarbij per kleur wordt beschreven wat de mogelijke acties zijn en hoe er intern (binnen NAM) en extern wordt gecommuniceerd.

In overleg met SodM worden eventueel maatregelen op productie genomen om de kans op nieuwe bevingen te beperken. NAM stopt direct met gasproductie uit een "klein veld" als er een beving met magnitude boven 3,0 plaatsvindt in dat veld.

4.1 Seismisch Risicobeheersteam (SRBT)

NAM beschikt over een multidisciplinair team, genaamd het een seismisch risicobeheersteam (SRBT) dat geïnduceerde bevingen in Nederland monitort.

SRBT komt maandelijks bij elkaar voor overleg over:

- de correcte werking van het meetsysteem (bijvoorbeeld geofoons en versnellingsmeters) en voortgang van de geplande meters;
- eventuele (trends in) seismische activiteit door KNMI geregistreerd en gelokaliseerd.

Bij seismische activiteit volgt het SRBT het escalatieproces zoals beschreven in het seismisch risicobeheerssysteem in sectie 4.2. Het SRBT coördineert tevens de rapportage naar externe partijen.

4.2 Seismisch risicobeheerssysteem

Tabel 2 geeft een overzicht van de feitelijke invulling van het risicobeheersplan. Hierin is vastgelegd welke stappen worden gezet als sprake is van een aardbeving door gaswinning:

- **Productie:** Welke situaties geven aanleiding tot het nemen van een mitigerende actie. Te denken valt aan het verminderen of stoppen van productie van (een deel van) het veld.
- **Communicatie:** Op welke manier met de omgeving en belanghebbenden wordt gecommuniceerd na registratie van een aardbeving. Behalve van de sterkte van een beving hangt dit ook altijd af van specifieke lokale factoren en publieke reacties. Sectie 4.3 geeft meer informatie over de communicatie, met specifieke beschrijvingen voor Cat.2 gasvelden.
- **Escalatie:** Indien nodig kan het NAM Crisis Management Team (CMT) ingezet worden. Het CMT wordt geleid door een afgevaardigde van de NAM-directie.

Er zijn de volgende uitzonderingen voor deze tabel:

- Velden die voor gasopslag worden gebruikt kunnen een kritische rol spelen in de leveringszekerheid van aardgas in Nederland. Voor deze velden zal eerst overleg plaatsvinden

met de overheid (EZK/SodM) alvorens wordt besloten om eventuele productiebeperking/stop te implementeren.

- Een herhaling van bevingen kan zorgen voor een escalatie in het beheerssysteem volgens het schema in Figuur 7. Bijvoorbeeld, als er meer dan twee bevingen zijn geweest met $M=1,8$ gedurende de laatste 12 maanden, zal het SRBT overgaan naar het escalatieniveau “oranje” (verhoogde seismische activiteit), met bijbehorende maatregelen. Een veld wordt ingesloten bij een beving van $M>3,0$ en gaat pas open na overleg met de toezichthouder (SodM) en communicatie met omgeving. De situatie van 2 of meerdere bevingen met $M>3,0$ binnen één jaar zal zich daarom niet voordoen. Dit is aangegeven met het grijze vlak in Figuur 7.

Aantal bevingen in hetzelfde gasveld in één jaar

→

		1 beving	2 bevingen	3 bevingen	meer dan 3 bevingen
Magnitude	$M \leq 1,5$				
	$1,5 < M \leq 2,0$				
	$2,0 < M \leq 3,0$				
	$M > 3,0$		Veld ingesloten		

Figuur 7: Matrix behorend bij het seismische risicobeheerssysteem.

4.3 Wat gebeurt er bij een beving in een specifieke locatie?

Deze sectie beschrijft in meer detail welke communicatie plaatsvindt bij een beving. Eerst generiek in sectie 4.3.1, en daarna specifiek voor sommige velden. Voor communicatie wordt verondersteld dat

- SodM vragen rond veiligheid moet kunnen beantwoorden, bijvoorbeeld van landelijke bestuurders;
- Veiligheidsregio voldoende informatie moet hebben om een eventuele crisis effectief te kunnen beheersen. Ook moet de Veiligheidsregio vragen van gemeenten, provincies, omgevingsdiensten, waterschappen en het publiek kunnen beantwoorden;
- B&W vragen van burgers en lokale pers moet kunnen beantwoorden.

De communicatie zal bijvoorbeeld informatie uitwisselen rond

- Locatie en sterkte van de beving (zoals berekend door KNMI);
- Welk gasveld dit betreft, en welke vergunningen voor de winning aanwezig zijn;
- Waar men eventuele schade kan melden (Commissie Mijnbouwschade);
- Andere zorgen, bijvoorbeeld over kans op naschokken of herhaling;
- Gewenste vervolg-communicatie.

4.3.1 Generiek communicatie-overzicht (van toepassing bij Cat.1 velden)

De laatste vier kolommen van Tabel 2 geeft informatie over met wie en wanneer contact opgenomen wordt. De seismische monitoring, analyse en rapportage wordt uitgevoerd door het KNMI. NAM neemt contact op met belanghebbenden binnen de genoemde tijd, gerekend vanaf het moment dat NAM op de hoogte is (gebracht) van het optreden van een aardbeving. De tijdsduur tussen een aardbeving en het moment dat NAM op de hoogte is gesteld is afhankelijk van de magnitude van de beving en de snelheid van handelen door het KNMI. Bij aardbevingen met een magnitude groter dan 2 communiceert het KNMI binnen 6 uur met veiligheidsregio en met NAM. Bij kleinere bevingen kan dit tot enkele dagen duren.

De communicatie door NAM is “maatwerk” en afhankelijk van lokale factoren, de actualiteit en publieke reacties. De informatiebehoefte is doorgaans groter wanneer een beving wordt geregistreerd terwijl er activiteiten plaatsvinden zoals boringen of onderhoudswerkzaamheden die terecht of onterecht in verband kunnen worden gebracht met een beving. Ook is de informatiebehoefte anders als NAM recent in het lokale/regionale nieuws is geweest, bijvoorbeeld vanwege lopende vergunningprocedures.

Details van het communicatieplan, zoals bellijsten, worden door NAM in overleg met betrokken overheden actueel gehouden en zijn voor NAM beschikbaar. Dit communicatie-overzicht wordt regelmatig aangepast met ervaringen.

Bijlage A geeft per gemeente aan

- Welke gasvelden in de gemeente liggen.
- Welke seismische risicocategorie deze gasvelden zijn (voor Cat.2 velden is veldnaam vetgedrukt).
- Of deze velden eerder hebben gebeefd.

Tabel 2: Risicobeheerssysteem: communicatie- en actieplan bij een waargenomen beving in “kleine velden”.

Magnitude	Escalatie	Interne communicatie	Acties	Externe communicatie: NAM website	Externe communicatie: SodM	Externe communicatie: B&W van relevante* gemeenten	Externe communicatie: Veiligheidsregio(s)
$M \leq 1,5$	Normaal werkgebied		SRBT bekijkt maandelijks eventuele ontwikkelingen in het patroon van seismische waarnemingen.			NAM neemt contact op (binnen 48 uur) wanneer noodzakelijk of gewenst	
$M \leq 1,5$ in niet eerder bevend veld	Normaal werkgebied <i>Kans dat vragen komen</i>	SRBT komt binnen 48 uur of op de eerste werkdag nadat de aardbeving is geregistreerd bijeen.	SRBT vergelijkt de plaats van de aardbeving met het geologische model, de locatie van putten en breuken.	NAM plaatst informatie op de website.	NAM informeert z.s.m. **	NAM informeert z.s.m. ** wanneer noodzakelijk of gewenst	
$1,5 < M \leq 2,0$	Seismische activiteit <i>Kans dat beving gevoeld is</i>	SRBT komt binnen 48 uur of op de eerste werkdag nadat de aardbeving is geregistreerd bijeen.	- SRBT vergelijkt de plaats van de aardbeving met het geologische model, de locatie van putten en breuken. - Indien nodig worden aanbevelingen geformuleerd.	NAM plaatst informatie op de website.	NAM informeert z.s.m. **	NAM informeert z.s.m. **	
$2,0 < M \leq 3,0$	Verhoogde seismische activiteit. <i>Kans op schade</i>	- Indien nodig, zal het SRBT het NAM Crisis Management Team (CMT) direct informeren. - Met grootst mogelijke spoed (binnen 24 uur) komt het SRBT bijeen om aanbevelingen te formuleren.	NAM overlegt met toezichthouder (SodM) over eventuele productiemaatregelen.	NAM plaatst informatie op de website.	- NAM informeert z.s.m. (binnen 12 uur). - Analyse voorgenomen maatregelen binnen 1 week.	NAM informeert z.s.m. (binnen 12 uur)	- KNMI informeert de veiligheidsregio bij $M \geq 2,5$ - Bij $M \geq 2,5$ of bij sociale onrust zal het NAM Crisis Management Team (CMT) in werking treden. Het CMT belt z.s.m. de veiligheidsregio(s).
$M > 3,0$	Hoge seismische activiteit. <i>Verhoogde kans op schade</i>	- Het NAM Crisis Management Team (CMT) wordt direct bijeengebracht. - Het CMT stuurt het SRBT aan om te assisteren.	- NAM stopt productie van het veld. - NAM zal productie pas hervatten na overleg met de toezichthouder (SodM) en communicatie met omgeving.	NAM plaatst informatie op de website.	- NAM informeert z.s.m. (binnen 12 uur). - Analyse maatregelen binnen 48 uur.	NAM informeert z.s.m. (binnen 12 uur)	- KNMI informeert de veiligheidsregio. - Het NAM CMT belt ook z.s.m. de veiligheidsregio(s).

*De gemeente waar de beving heeft plaatsgevonden en gemeenten waar de beving gevoeld kan zijn.

** Binnen 48 uur of op de eerste werkdag nadat de aardbeving is geregistreerd bijeen.

4.3.2 Annerveen

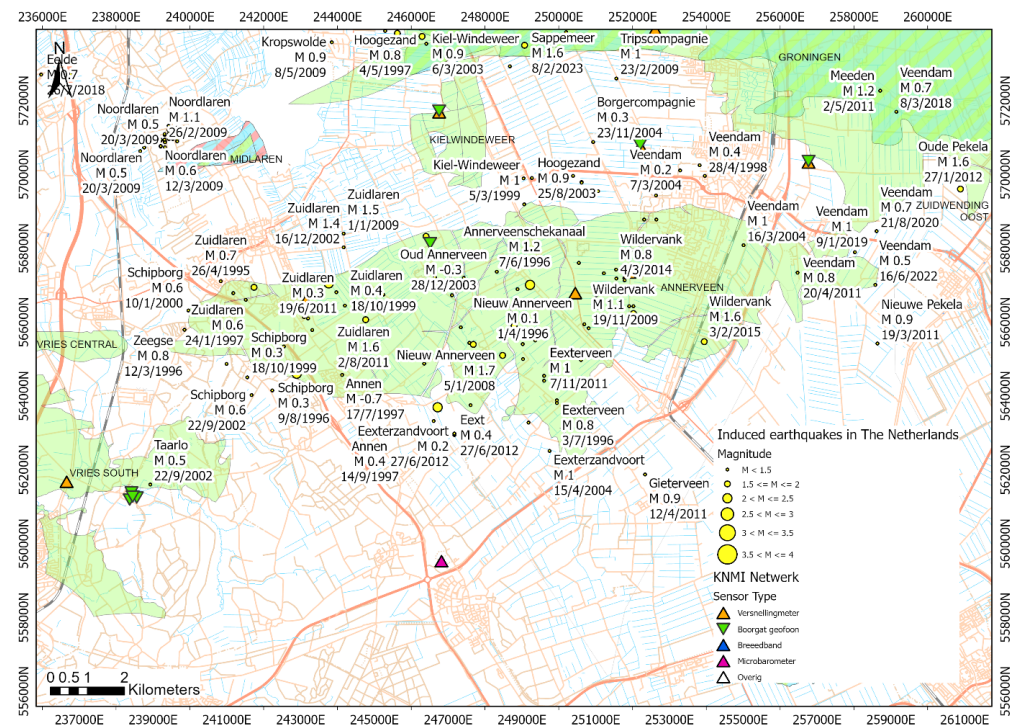
Het Annerveen gasveld ligt onder de **gemeenten Tynaarlo en Aa en Hunze (veiligheidsregio Drenthe, provincie Drenthe)** en onder de **gemeenten Midden-Groningen en Veendam (veiligheidsregio Groningen, provincie Groningen)**

Boven het Annerveen gasveld zijn meerdere bevingen geregistreerd. De twee zwaarste bevingen hadden een magnitude 2,4. Eén heeft plaatsgevonden bij Annen op 9 november 2013 en de tweede beving vond plaats op 23 december 2016 bij Zuidlaren. Het Annerveen veld produceert niet meer vanaf medio 2021.

Lokale aspecten die besproken worden met de Veiligheidsregio's:

- **Industriële inrichting:** De meeste industriële inrichtingen zijn gerelateerd aan gasproductie of gastransport van de NAM en Gasunie. Maar er zijn tevens andere zoals pompstations, zwembaden en de rioolwaterwaterzuivering Veendam. Voorlopige resultaten van studies in Groningen geven aan dat het risico van uittreding van gevaarlijke stoffen door een beving laag is.
- **Speciale gebouwen en vitale infrastructuur:** Het Ommelander Ziekenhuis Servicepunt Veendam bevindt zich aan de rand van het gasveld. Ook bevinden zich meerdere klinieken, scholen, tehuizen en/of publieksgebouwen (zwembaden, sporthallen, buurthuizen, horecagelegenheden, kerken/gebedshuizen) direct boven het veld. In Groningen analyses wordt het risico van ketenschade door dit soort gebouwen en infrastructuur verwaarloosbaar geacht.
- **Dijken:** Er zijn een aantal secundaire dijken rond het A.G. Wildervanckkanaal die boven het oostelijke deel van het gasveld liggen. Studies in Groningen hebben aangetoond dat het risico voor schade aan dijken door een beving verwaarloosbaar is.

Bij een beving boven het gasveld Annerveen wordt het Risicobeheerssysteem gevolgd en kunnen de betreffende gemeentes en veiligheidsregio's worden geïnformeerd.



4.3.3 Bedum

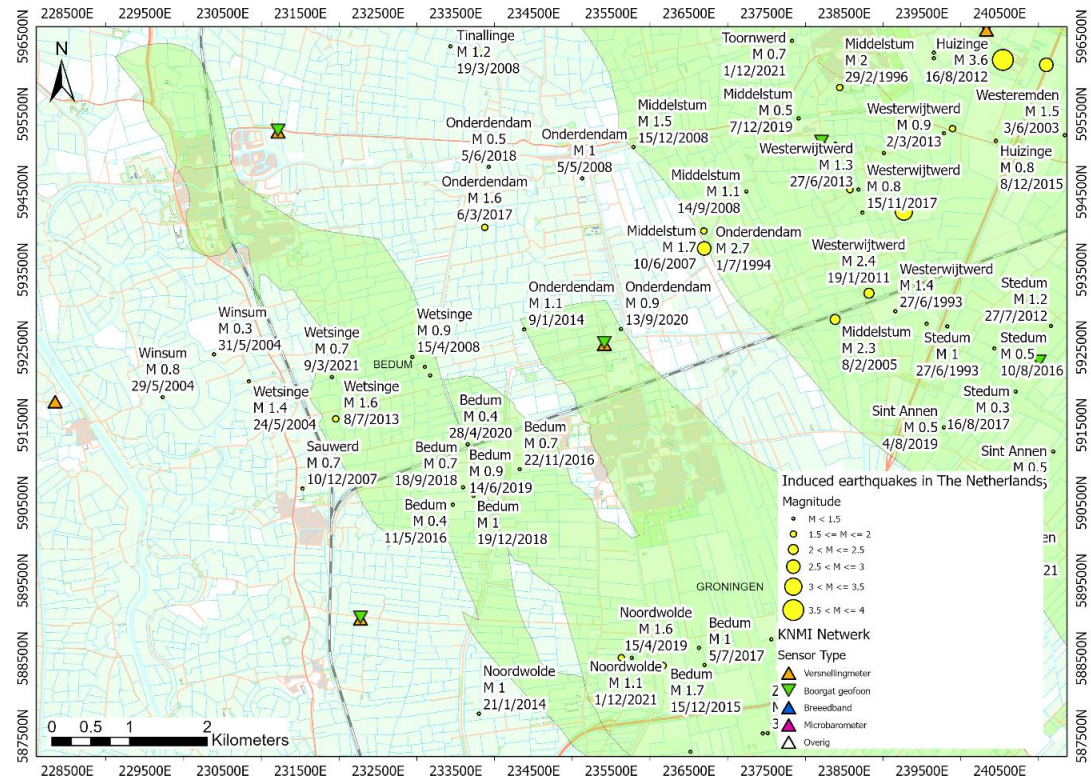
Het Bedum (Rotliegend) gasveld ligt onder de **gemeente Het Hogeland** binnen de **provincie Groningen**. De veiligheidsregio betreft **Groningen**.

Boven het voorkomen Bedum zijn lichte bevingen geregistreerd. De sterkste beving had een magnitude 1,6 en heeft plaatsgevonden bij Westinge op 8 juli 2013

Lokale aspecten die besproken worden met de Veiligheidsregio:

- Industriële inrichting: Er bevindt zich 1 industrieel object boven het gasveld, dit betreft een NAM-productielocatie. Voorlopige resultaten van studies in Groningen geven aan dat het risico van uittreding van gevaarlijke stoffen door een beving laag is.
- Speciale gebouwen en vitale infrastructuur: Er bevinden zich geen ziekenhuizen boven het veld. Wel liggen in Winsum diverse scholen en publieksgebouwen boven het veld. In Groningen analyses wordt het risico van ketenschade door dit soort gebouwen en infrastructuur verwaarloosbaar geacht.
- Dijken: Binnen de 5 km zone om het gasveld heen liggen alleen secundaire dijken. Er ligt één dijk boven het veld: Wolddijk. Studies in Groningen hebben aangetoond dat het risico voor schade aan dijken door een beving verwaarloosbaar is.

Bij een beving boven het gasveld Bedum wordt het Risicobeheerssysteem gevolgd en kunnen de betreffende gemeentes en veiligheidsregio's worden geïnformeerd.



4.3.4 Botlek, Pernis-West

Gasvelden Botlek en Pernis-West liggen in de **provincie Zuid-Holland, veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond**. En betreft de volgende gemeenten:

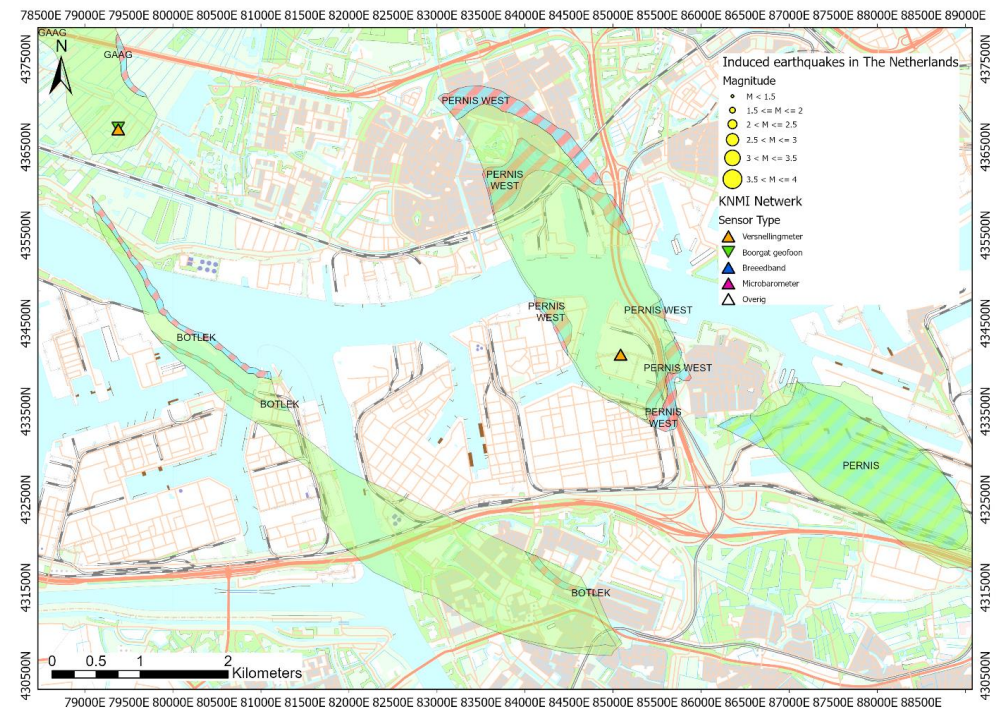
- Botlek: **gemeente Rotterdam en Vlaardingen**
- Pernis-West: **gemeente Rotterdam, Vlaardingen en Schiedam**

Er hebben geen aardbevingen plaats gevonden boven deze gasvelden. De gasvelden vallen binnen een Seismisch Risico Categorie 2. Monitoring van eventuele seismische activiteit vindt plaats d.m.v. een bestaande geofoon “NL.ZH01” (tussen Maassluis en Vlaardingen), vijf extra geofoons in het gebied in opdracht van EZK (gepland voor 2019) en een nog mogelijk extra te plaatsen versnellingsmeter op de locatie Pernis West voor verdere dekking van bebouwd gebied.

De volgende lokale aspecten worden besproken met de Veiligheidsregio:

- Industriële inrichting: Boven gasveld Botlek bevinden zich 3 BRZO bedrijven (“LBC Rotterdam” tank terminals en 2 Gasunie gasmengstations) en 11 BRZO bedrijven boven Pernis-West. Daarnaast zijn er nog een aantal industriële inrichtingen als opslagplaatsen, gasontvangststations en tankstations. Voorlopige resultaten van studies in Groningen geven aan dat het risico van uittreding van gevaarlijke stoffen door een beving laag is.
- Speciale gebouwen en vitale infrastructuur: Er bevinden zich boven het gasveld kwetsbare objecten als een kantoorpand van het R.E.T., sporthallen in Hoogvliet, basisscholen, kinderdagverblijf locaties, tehuizen en tunnels zoals de Botlektunnel en de Beneluxtunnel. In Groningen analyses wordt het risico van ketenschade door dit soort gebouwen en infrastructuur verwaarloosbaar geacht.
- Dijken: Boven het gasveld bevinden zich alleen primaire waterkerende dijken langs de rivieren “Het Scheur” en de “Nieuwe Maas”. Studies in Groningen hebben aangetoond dat het risico voor schade aan dijken door een beving verwaarloosbaar is.

Bij een beving boven de gasvelden Botlek en Pernis-West wordt het Risicobeheerssysteem gevolgd en kunnen de betreffende gemeentes en veiligheidsregio's worden geïnformeerd.



4.3.5 Coevorden

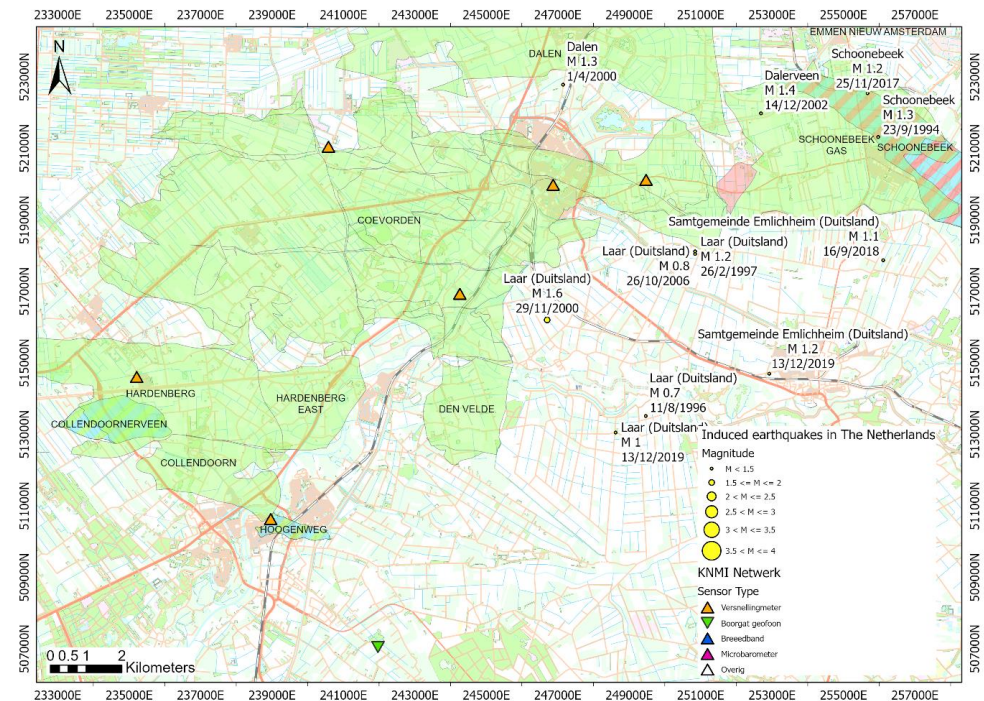
Het Coevorden gasveld ligt onder de **gemeenten Hardenberg (veiligheidsregio IJsselland, provincie Overijssel), Coevorden en Hogeveen (veiligheidsregio Drenthe, provincie Drenthe)**.

In het gebied ten oosten van het Coevorden gasveld zijn 4 niet voelbare bevingen (met magnitude kleiner dan 1,6) geregistreerd. Twee bevingen (met magnitudes $M=0,8$ en $1,2$) zijn gelokaliseerd op de oostelijke extensie van het veld, terwijl de andere twee bevingen (met magnitudes $M=0,7$ en $1,6$) dichtbij het Emlichheim veld liggen.

Lokale aspecten die besproken worden met de Veiligheidsregio:

- Industriële inrichting: Er bevindt zich 1 BRZO bedrijf boven het gasveld: biovergistingsbedrijf “BGA Coevorden”. En daarnaast nog een aantal industriële inrichtingen als pluimveebedrijf “Vermeltfoort”, NAM-locaties, zwembaden “De Krim Onder Ons” en “De Swanenburg”, tankstations en Gasunie gasontvangststations. Voorlopige resultaten van studies in Groningen geven aan dat het risico van uittreding van gevaarlijke stoffen door een beving laag is.
- Speciale gebouwen en vitale infrastructuur: Er bevinden zich een aantal kwetsbare objecten als kerken, onderwijsinstellingen, zorgcentrums, hotels, kinderopvang locaties en een sporthal (Drostenthal). In Groningen analyses wordt het risico van ketenschade door dit soort gebouwen en infrastructuur verwaarloosbaar geacht.
- Dijken: Er bevinden zich boven het gasveld alleen maar secundaire (regionale) waterkerende dijken, namelijk langs het Coevorden-Vecht kanaal, Afwateringskanaal, Coevorden-Zwinderen kanaal, Stieltjeskanaal en Coevorden-Alte Picardie kanaal. Studies in Groningen hebben aangetoond dat het risico voor schade aan dijken door een beving verwaarloosbaar is.

Bij een beving boven het gasveld Coevorden wordt het Risicobeheerssysteem gevolgd en kunnen de betreffende gemeentes en veiligheidsregio's worden geïnformeerd.



4.3.6 Gaag, Maasdijk en Monster

Gasvelden Gaag, Maasdijk en Monster liggen in de **provincie Zuid-Holland**, onder de volgende gemeenten en veiligheidsregio's:

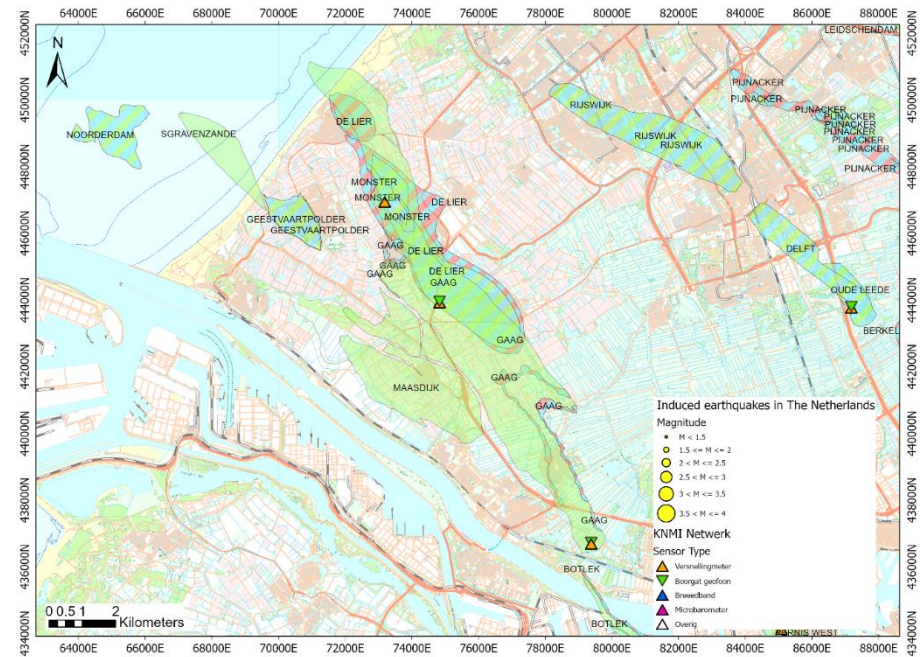
- Gaag: **gemeenten Midden-Delfland en Westland (veiligheidsregio Haaglanden)** en **gemeenten Maassluis en Rotterdam (veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond)**
- Maasdijk: **gemeenten Midden-Delfland en Westland (veiligheidsregio Haaglanden)** en **gemeenten Maassluis en Vlaardingen (veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond)**
- Monster: **gemeente Westland (veiligheidsregio Haaglanden)**

Boven geen van deze gasvelden zijn bevingen geregistreerd. De gasvelden vallen binnen een Seismisch Risico Categorie 2 en daarom wordt er extra seismische monitoring toegepast (Artikel 1 van Instemmingsbesluit winningsplan Gaag-Monster, d.d. 14-2-2019). Monitoring vindt plaats d.m.v. een bestaande geofoon

“NL.ZH01” (tussen Maassluis en Vlaardingen), vijf extra geofoons in het gebied in opdracht van EZK (gepland voor 2019) en een extra nog te plaatsen versnellingsmeter op de locatie 's-Gravenzande voor verdere dekking van bebouwd gebied.

Lokale aspecten die besproken worden met de Veiligheidsregio:

- Industriële inrichting: Direct boven de gasvelden bevinden zich een aantal industriële inrichtingen: NAM locaties (gasbehandeling- en productie faciliteiten), ammoniak opslaglocaties bij bedrijven als Nature's pride, J.A. Stolze De Lier BV en Kraaijeveld Groente en Fruit B.V., gasontvangststations van de Gasunie en een Shell pompstation. Voorlopige resultaten van studies in Groningen geven aan dat het risico van uittreding van gevaarlijke stoffen door een beving laag is.
- Speciale gebouwen en vitale infrastructuur: Er bevinden zich kwetsbare objecten direct boven de gasvelden zoals publieksgebouwen (kerken, sporthallen, zwembaden en onderwijsinstellingen), een aantal zorgcentra, hotels en gebouwen met een gezondheidsfunctie als het



poliklinisch behandelcentrum Westland van het Reinier de Graaf ziekenhuis. In Groningen analyses wordt het risico van ketenschade door dit soort gebouwen en infrastructuur verwaarloosbaar geacht.

- Dijken: Daarnaast zijn er ook dijken aanwezig als primaire en regionale waterkeringen. Een primaire waterkering bij Ter Heijde langs de Noordzee (direct boven het gasveld Monster) en binnen de 5 km zone om de velden heen langs de Nieuwe Waterweg (van Hoek van Holland t/m Vlaardingen). Regionale waterkeringen langs de Naaldwijksche Vaart (Naaldwijk), de Zwethkanaal (tussen Naaldwijk en De Lier), de Breelee (De Lier) en de Noord- en Middelvliet (Maasland). Studies in Groningen hebben aangetoond dat het risico voor schade aan dijken door een beving verwaarloosbaar is.

Bij een beving boven de gasvelden Gaag, Maasdijk en Monster wordt het Risicobeheerssysteem gevolgd en kunnen de betreffende gemeentes en veiligheidsregio's worden geïnformeerd.

4.3.7 Kollum-Noord

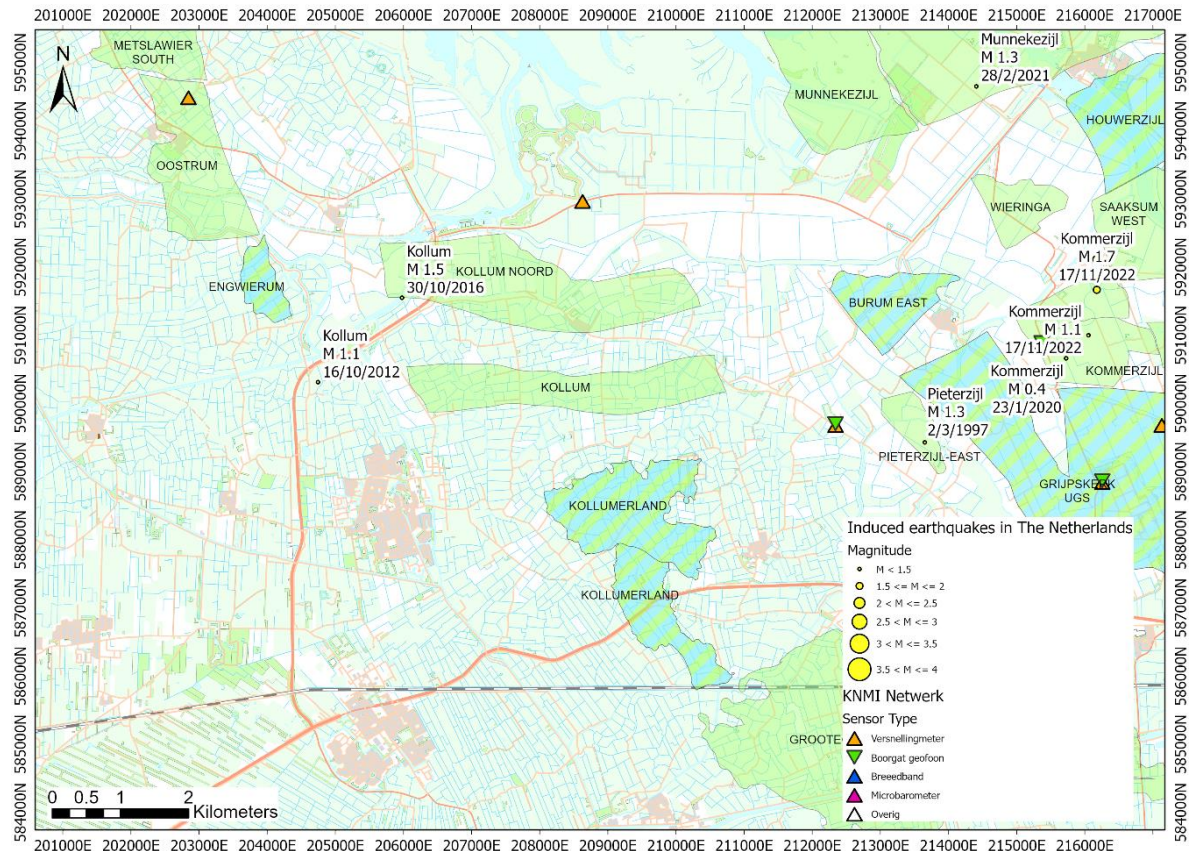
Het Kollum-Noord gasveld ligt onder de **gemeente Noardeast-Fryslân** binnen de **provincie Fryslân**. De veiligheidsregio betreft **Fryslân**.

Boven het voorkomen Kollum Noord is één beving geregistreerd. Deze beving had een magnitude 1,5 en heeft plaatsgevonden bij Kollum op 30 oktober 2016.

Lokale aspecten die besproken worden met de Veiligheidsregio:

- Industriële inrichting: 2 industriële objecten bevinden zich boven het veld, waarvan 1 object een boerderij betreft met een vergunning voor opslag. Voorlopige resultaten van studies in Groningen geven aan dat het risico van uittrekking van gevaarlijke stoffen door een beving laag is.
- Speciale gebouwen en vitale infrastructuur: er komen geen ziekenhuizen voor in het gebied. Wel ligt er een school boven het veld. In Groningen analyses wordt het risico van ketenschade door dit soort gebouwen en infrastructuur verwaarloosbaar geacht.
- Dijken: Er zijn een aantal secundaire dijken aanwezig zowel boven het veld als in de omgeving van het veld. Studies in Groningen hebben aangetoond dat het risico voor schade aan dijken door een beving verwaarloosbaar is.

Bij een beving boven het Kollum-Noord gasveld wordt het Risicobeheerssysteem gevolgd en kunnen de betreffende gemeentes en veiligheidsregio's worden geïnformeerd.



4.3.8 Middelie

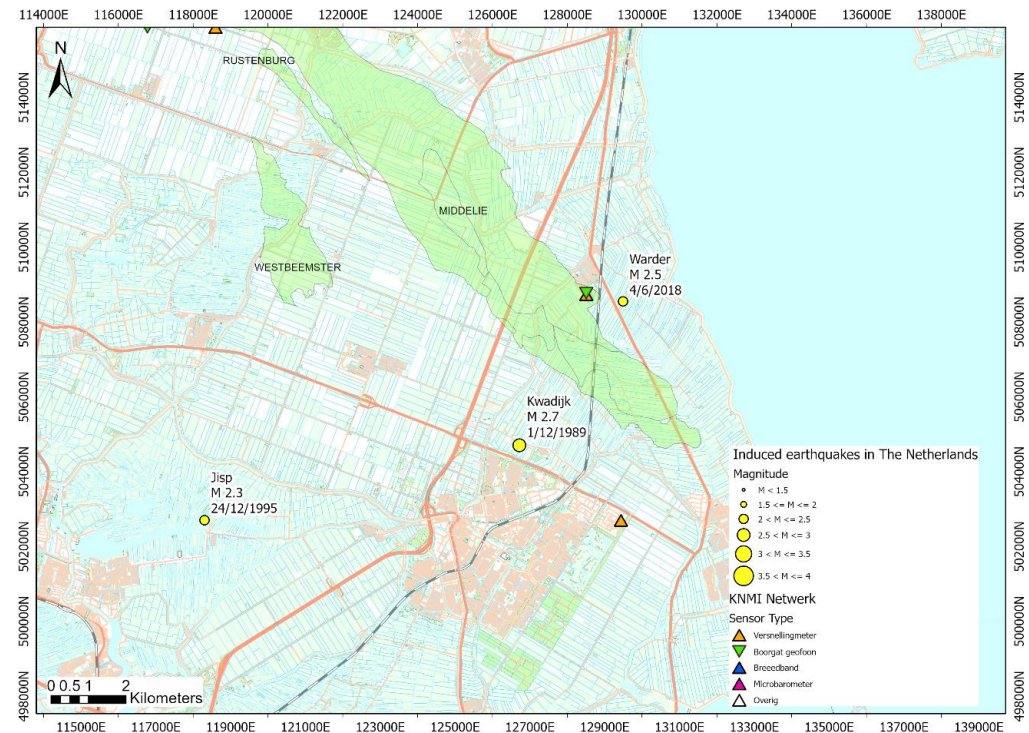
Het Middelie (Rotliegend) gasveld ligt onder de **gemeente Edam-Volendam, Beemster en Purmerend** binnen de **provincie Noord-Holland**. De veiligheidsregio betreft **Zaanstreek-Waterland**.

Het veld heeft in het verleden twee keer gebeefd (zie figuur rechts, de gele stippen geven voor eerdere bevingen de datum yyyy-mm-dd en magnitude). Het veld valt in Seismische Risico Categorie 2. Dit betekent dat extra seismische monitoring geplaatst is om een eventuele beving beter te kunnen lokaliseren.

Lokale aspecten die besproken worden met de Veiligheidsregio:

- Industriële inrichting: Alleen de gasproductie en behandelingslocatie van de NAM bevindt zich boven het veld. Voorlopige resultaten van studies in Groningen geven aan dat het risico van uittreding van gevaarlijke stoffen door een beving laag is.
- Speciale gebouwen en vitale infrastructuur: Het Waterlandziekenhuis in Purmerend, Westfriesgasthuis in Hoorn en Behandelcentrum Waterland in Volendam bevinden zich op meerdere kilometers afstand van het gasveld. Overige infrastructuur zoals klinieken, scholen, tehuizen en/of publieksgebouwen (zwembaden, sporthallen, buurthuizen, horecagelegenheden, kerken/gebedshuizen) bevinden zich hoogstens aan de rand of buiten de directe omvang van het veld. In Groningen analyses wordt het risico van ketenschade door dit soort gebouwen en infrastructuur verwaarloosbaar geacht.
- Dijken: Er zijn een aantal secundaire dijken rond o.a. de Beemstervaart die boven het gasveld liggen. De primaire dijken langs het Markermeer liggen op 2 tot 5 kilometer afstand van het gasveld. Studies in Groningen hebben aangetoond dat het risico voor schade aan dijken door een beving verwaarloosbaar is.

Bij een beving boven het Middelie gasveld wordt het Risicobeheerssysteem gevolgd en kunnen de betreffende gemeentes en veiligheidsregio's worden geïnformeerd.



4.3.9 Munnekezijl

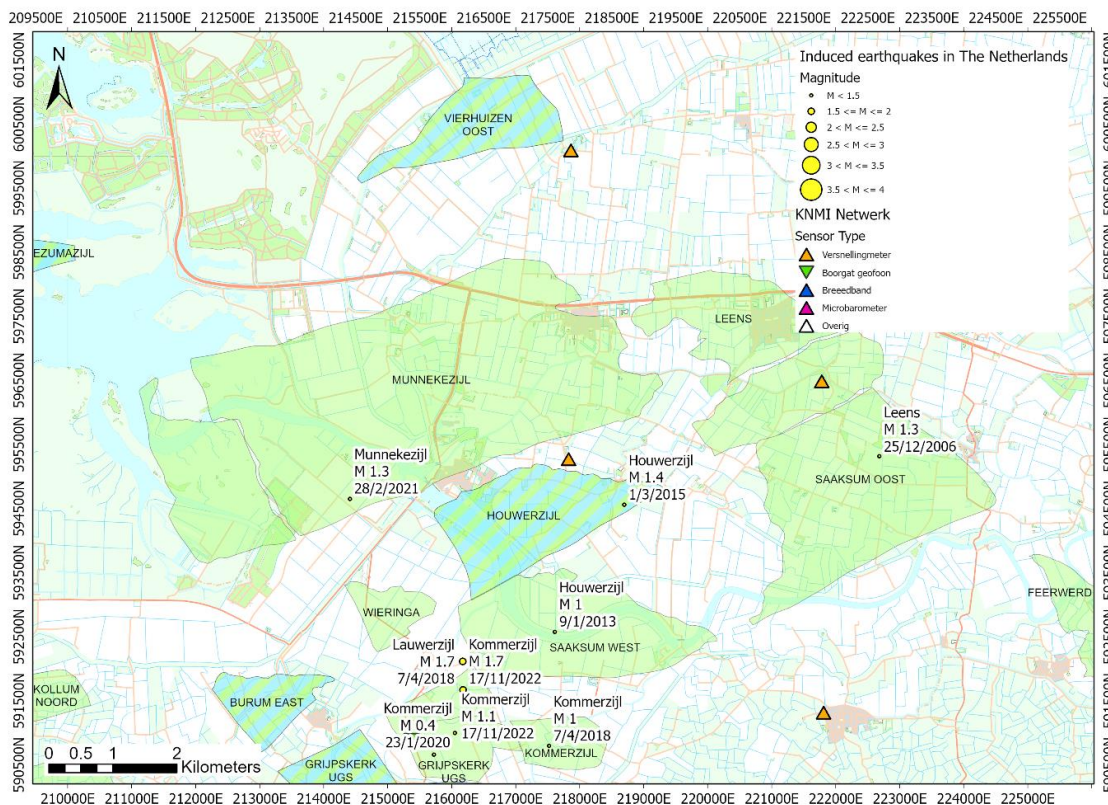
Het Munnekezijl gasveld ligt onder de **gemeenten Noardeast-Fryslân (veiligheidsregio Fryslân, provincie Fryslân), Het Hogeland (veiligheidsregio Groningen, provincie Groningen) en Westerkwartier (veiligheidsregio Groningen, provincie Groningen).**

Boven het voorkomen is op 28 februari 2021 een beving geregistreerd met een magnitude van 1,3.

Lokale aspecten die besproken worden met de Veiligheidsregio:

- Industriële inrichting: Twee industriële objecten bevinden zich boven het veld. Eén locatie betreft “Akkerbouwbedrijf Nieuw-Midhuizen”. Dit bedrijf wordt niet meegenomen als een industrieel object in de analyse. Het visverwerkingsbedrijf Heiploeg B.V. wordt wel als industrieel object meegenomen in de analyse. Voorlopige resultaten van studies in Groningen geven aan dat het risico van uittreding van gevaarlijke stoffen door een beving laag is.
- Speciale gebouwen en vitale infrastructuur: Er bevinden zich twee scholen en meerdere publieksgebouwen in Ulrum. In Groningen analyses wordt het risico van ketenschade door dit soort gebouwen en infrastructuur verwaarloosbaar geacht.
- Dijken: De zeedijk (primaire dijk) met de Waddenzee ligt binnen de 5km zone (om het gasveld heen) en er bevindt zich een secundaire dijk direct boven het veld. Studies in Groningen hebben aangetoond dat het risico voor schade aan dijken door een beving verwaarloosbaar is.

Bij een beving boven het Munnekezijl gasveld wordt het Risicobeheerssysteem gevolgd en kunnen de betreffende gemeentes en veiligheidsregio's worden geïnformeerd.



4.3.10 Rustenburg

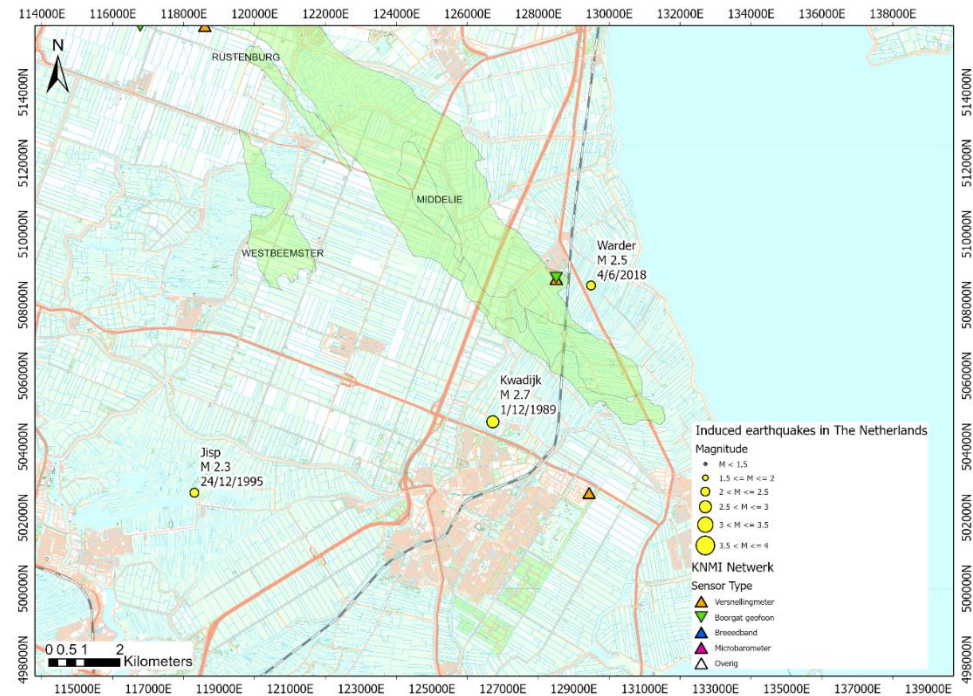
Het Rustenburg gasveld ligt onder de **gemeenten Alkmaar (veiligheidsregio Noord-Holland-Noord, provincie Noord-Holland), Koggenland (veiligheidsregio Noord-Holland-Noord, provincie Noord-Holland) en Purmerend (veiligheidsregio Zaanstreek-Waterland, provincie Noord-Holland)**

Boven het voorkomen Rustenburg zijn geen bevingen geobserveerd.

Lokale aspecten die besproken worden met de Veiligheidsregio:

- Industriële inrichting: Boven het gasveld bevinden zich geen industriële inrichtingen, maar wel binnen de 5 km zone om het veld heen. Zoals elektriciteitsverdeelstation Oterleek, vuilstort Heerhugowaard, NAM-locatie: Middelie-300, tankstations en een aantal andere bedrijven. Voorlopige resultaten van studies in Groningen geven aan dat het risico van uittreding van gevaarlijke stoffen door een beving laag is.
- Speciale gebouwen en vitale infrastructuur: Ook hier bevinden zich geen speciale gebouwen en vitale infrastructuur direct boven het gasveld maar wel binnen de 5 km zone om het veld heen. Zoals basisscholen, kinderdagverblijven, een tehuis van het Breidablick instituut, horecagelegenheden, kerken/gebedshuizen, sporthallen en zwembad “de Waardergolf”. In Groningen analyses wordt het risico van ketenschade door dit soort gebouwen en infrastructuur verwaarloosbaar geacht.
- Dijken: Er zijn een aantal secundaire dijken direct boven het gasveld, deze zijn te vinden langs de Schermerringvaart, de Zwet en Beemsterringvaart. De overige secundaire dijken om het veld heen, binnen de 5 km zone, lopen langs de Ursummervaart en de Ringvaart van Heerhugowaard. Dichtstbijzijnde primaire dijken bevinden zich buiten de 5 km zone. Studies in Groningen hebben aangetoond dat het risico voor schade aan dijken door een beving verwaarloosbaar is.

Bij een beving boven het Rustenburg gasveld wordt het Risicobeheerssysteem gevolgd en kunnen de betreffende gemeentes en veiligheidsregio's worden geïnformeerd.



4.3.11 Saaksum-West

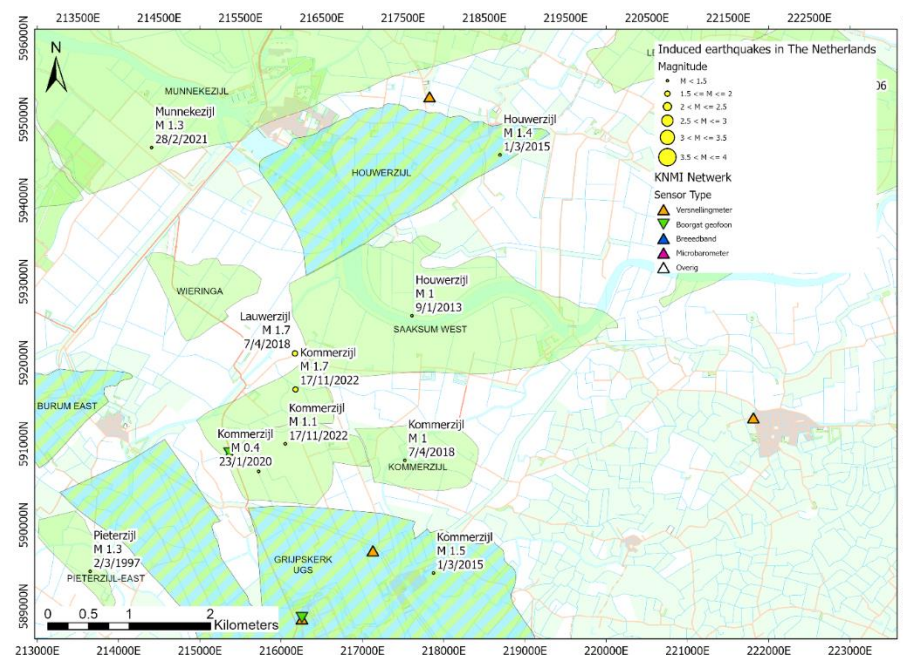
Het Saaksum-West gasveld ligt onder de **gemeenten Het Hogeland en Westerkwartier** binnen de **provincie Groningen**. De veiligheidsregio betreft **Groningen**.

Boven het voorkomen Saaksum West zijn twee bevingen geregistreerd. De sterkste beving had een magnitude 1,7 en heeft plaatsgevonden bij Lauwerzijl op 7 april 2018, de andere beving had een magnitude van 1,0 en heeft plaatsgevonden bij Houwerzijl op 9 jan 2013.

Lokale aspecten die besproken worden met de Veiligheidsregio:

- Industriële inrichting: Boven het gasveld zijn geen industriële inrichtingen, maar wel binnen de 5 km zone om het veld heen. Het gaat om 7 eigen locaties, Recreatiebad “De Marne”, een aantal bedrijven en 2 gasontvangststations in Warfhuizen en Saaksum. Voorlopige resultaten van studies in Groningen geven aan dat het risico van uittreding van gevaarlijke stoffen door een beving laag is.
- Speciale gebouwen en vitale infrastructuur: Één publieksgebouw staat direct boven het gasveld, namelijk zwembad Electra in Lauwerzijl. Binnen een straal van 5 km om het gasveld heen bevinden zich nog meerdere publieksgebouwen als kerken/gebedshuizen, horecagelegenheden en sporthallen. Daarnaast bevinden er zich nog onderwijsinstellingen (voornamelijk basisscholen) en tehuizen als “Zonnehuis de Marne” en “Kameleon” in Leens. In de categorie ander kwetsbaar object bevindt zich nog een camping/feestzaal “De Rousant” in Lauwerzijl. In Groningen analyses wordt het risico van ketenschade door dit soort gebouwen en infrastructuur verwaarloosbaar geacht.
- Dijken: Er zijn een aantal secundaire dijken die direct boven het gasveld liggen, namelijk langs het Reitdiep en het Munnekezijlsterried. Meerdere secundaire dijken bevinden zich in het westen en zuiden van het veld binnen een straal 5 km. De primaire dijken langs de Waddenzee bevinden zich buiten de 5 km zone. Studies in Groningen hebben aangetoond dat het risico voor schade aan dijken door een beving verwaarloosbaar is.

Bij een beving boven het Saaksum-West gasveld wordt het Risicobeheerssysteem gevolgd en kunnen de betreffende gemeentes en veiligheidsregio's worden geïnformeerd.

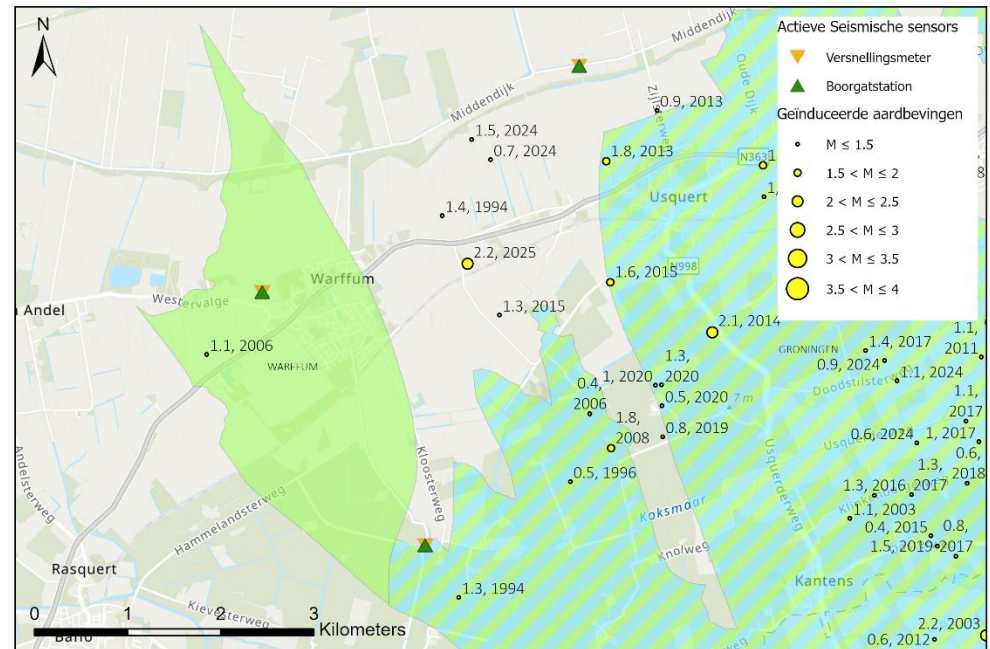


4.3.12 Warffum

Het Warffum gasveld ligt onder de **gemeente Het Hogeland** binnen de **provincie Groningen**. De veiligheidsregio betreft **Groningen**.

Boven het voorkomen Warffum is één beving geobserveerd. Deze kleine beving had een magnitude 1,1 en heeft plaatsgevonden bij Warffum op 23 april 2006.

Warffum ligt ten westen tegen het ingesloten Groningen veld aan, maar staat niet in verbinding met het Groningen veld. Door na-ijlende drukvereffeningen in het Groningen veld kunnen in de toekomst nog bevingen boven en rondom dit veld ontstaan, ook in de regio rondom Warffum. Door deze na-ijlende seismiciteit uit het niet meer producerende Groningen veld en de verdere productie uit het Warffum veld is er sprake van een hoger aardbevingsrisico voor Warffum en omgeving. Daarom stelt de NAM voor om, in deze situatie als extra voorzorg, bij een geregistreerde beving boven het Warffum veld met een magnitude van $M=2,6$ t/m $M=3,0$ de productie uit dit veld te stoppen en pas te hervatten na toestemming van de Minister van Klimaat en Groene Groei. Dit houdt in dat een extra categorie (kleur) aan het verkeerslicht voor het Warffum veld is toegevoegd.



Magnitude	Escalatie	Interne communicatie	Acties	Externe communicatie: NAM website	Externe communicatie: SodM	Externe communicatie: B&W van relevante* gemeenten	Externe communicatie: Veiligheidsregio(s)
$M \leq 1,5$	Normaal werkgebied		SRBT bekijkt maandelijks eventuele ontwikkelingen in het patroon van seismische waarnemingen.			NAM neemt contact op (binnen 48 uur) wanneer noodzakelijk of gewenst	
$M \leq 1,5$ in niet eerder bevend veld	Normaal werkgebied <i>Kans dat vragen komen</i>	SRBT komt binnen 48 uur of op de eerste werkdag nadat de aardbeving is geregistreerd bijeen.	SRBT vergelijkt de plaats van de aardbeving met het geologische model, de locatie van putten en breuken.	NAM plaatst informatie op de website.	NAM informeert z.s.m. **	NAM informeert z.s.m. **	wanneer noodzakelijk of gewenst
$1,5 < M \leq 2,0$	Seismische activiteit <i>Kans dat beving gevoeld is</i>	SRBT komt binnen 48 uur of op de eerste werkdag nadat de aardbeving is geregistreerd bijeen.	- SRBT vergelijkt de plaats van de aardbeving met het geologische model, de locatie van putten en breuken. - Indien nodig worden aanbevelingen geformuleerd.	NAM plaatst informatie op de website.	NAM informeert z.s.m. **	NAM informeert z.s.m. **	
$2,0 < M \leq 2,5$	Verhoogde seismische activiteit. <i>Kans op schade, direct rondom het epicentrum</i>	- Indien nodig, zal het SRBT het NAM Crisis Management Team (CMT) direct informeren. - Met grootst mogelijke spoed (binnen 24 uur) komt het SRBT bijeen om aanbevelingen te formuleren.	NAM overlegt met de toezichthouder (SodM) over eventuele productiemaatregelen.	NAM plaatst informatie op de website.	- NAM informeert z.s.m. (binnen 12 uur). - Analyse voorgenomen maatregelen binnen 1 week.	NAM informeert z.s.m. (binnen 12 uur)	- KNMI informeert de veiligheidsregio bij $M \geq 2,5$ - Bij $M \geq 2,5$ of bij sociale onrust zal het NAM Crisis Management Team (CMT) in werking treden. Het CMT belt z.s.m. de veiligheidsregio(s).
$M > 2,5$	Verhoogde seismische activiteit. <i>Kans op schade, wijder rondom het epicentrum</i>	- Het NAM Crisis Management Team (CMT) wordt direct bijeengebracht. - Het CMT stuurt het SRBT aan om te assisteren.	- NAM stopt productie van het veld. - NAM overlegt met de toezichthouder (SodM) over eventuele productiemaatregelen (en schadebeeld). - NAM communiceert met omgeving - NAM zal productie pas hervatten na toestemming van de Minister van Klimaat en Groene Groei	NAM plaatst informatie op de website.	- NAM informeert z.s.m. (binnen 12 uur). - Analyse maatregelen binnen 48 uur.	NAM informeert z.s.m. (binnen 12 uur)	- KNMI informeert de veiligheidsregio. - Het NAM CMT belt ook z.s.m. de veiligheidsregio(s).
$M > 3,0$	Hoge seismische activiteit. <i>Verhoogde kans op schade</i>	- Het NAM Crisis Management Team (CMT) wordt direct bijeengebracht. - Het CMT stuurt het SRBT aan om te assisteren.	NAM stopt productie van het veld.	NAM plaatst informatie op de website.	- NAM informeert z.s.m. (binnen 12 uur). - Analyse maatregelen binnen 48 uur.	NAM informeert z.s.m. (binnen 12 uur)	- KNMI informeert de veiligheidsregio. - Het NAM CMT belt ook z.s.m. de veiligheidsregio(s).

4.3.13 Westbeemster

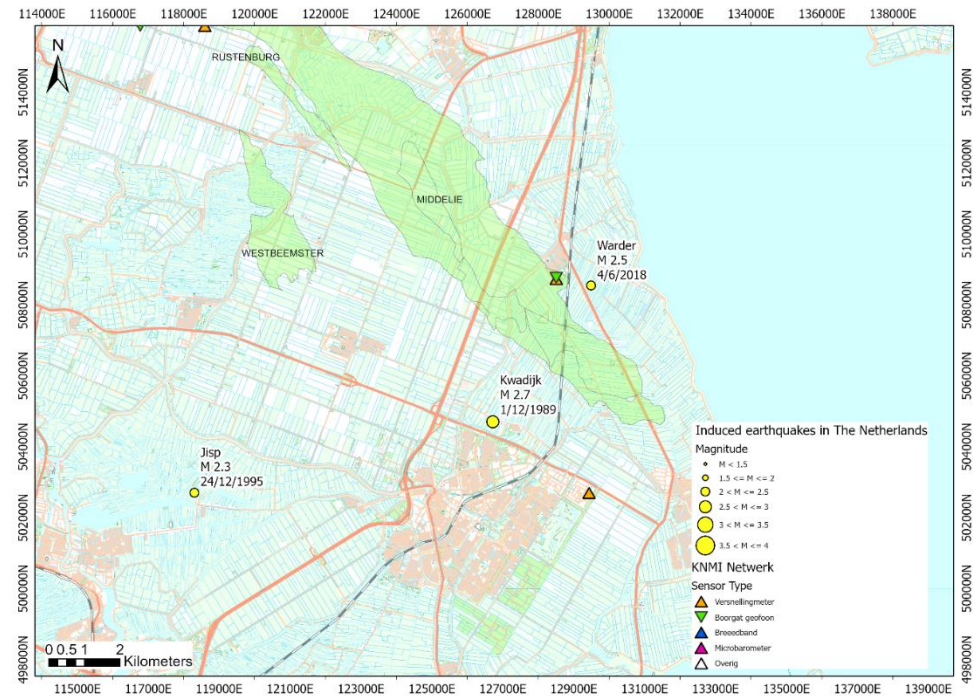
Het Westbeemster gasveld ligt onder de **gemeenten Alkmaar (veiligheidsregio Noord-Holland-Noord, provincie Noord-Holland) en Purmerend (veiligheidsregio Zaanstreek-Waterland, provincie Noord-Holland)**

Boven het voorkomen Westbeemster zijn geen bevingen geobserveerd.

Lokale aspecten die besproken worden met de Veiligheidsregio:

- Industriële inrichting: Boven het gasveld bevinden zich geen industriële inrichtingen, maar wel binnen de 5 km zone om het veld heen. Voorlopige resultaten van studies in Groningen geven aan dat het risico van uittreding van gevaarlijke stoffen door een beving laag is.
- Speciale gebouwen en vitale infrastructuur: Ook hier bevinden zich geen speciale gebouwen en vitale infrastructuur direct boven het gasveld maar wel binnen de 5 km zone om het veld heen, zoals horecagelegenheid “Brasserie De Kerckhaen”. In Groningen analyses wordt het risico van ketenschade door dit soort gebouwen en infrastructuur verwaarloosbaar geacht.
- Dijken: Er zijn een aantal secundaire dijken direct boven het gasveld, zoals de Molendijk en de Westdijk. Studies in Groningen hebben aangetoond dat het risico voor schade aan dijken door een beving verwaarloosbaar is.

Bij een beving boven het Westbeemster gasveld wordt het Risicobeheerssysteem gevolgd en kunnen de betreffende gemeentes en veiligheidsregio's worden geïnformeerd.



4.3.14 Westerveld (Eleveld, Vries)

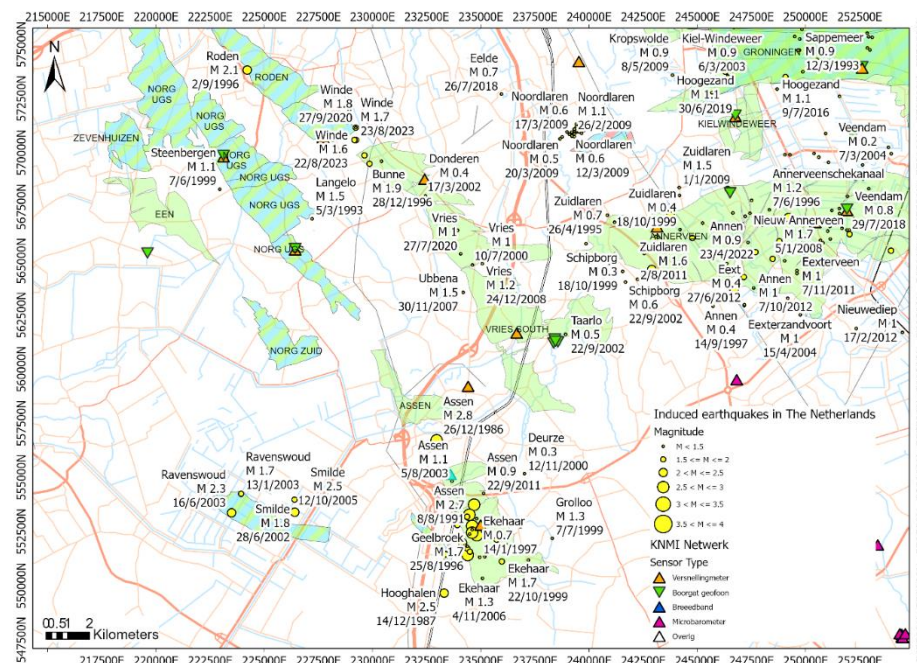
In het gebied van het winningsplan Westerveld liggen meerdere gasvelden die in het verleden gebeefd hebben. Het Eleveld voorkomen is inmiddels ingesloten. Deze velden liggen onder de **gemeenten Assen, Aa en Hunze, Midden-Drenthe en Tynaarlo** binnen de **veiligheidsregio Drenthe**.

Alle velden vallen in Seismische Risicocategorie 1. Dit betekent dat geen verdere maatregelen nodig zijn. Desondanks zijn boven de velden Eleveld en Vries in 2018 extra seismisch station geplaatst om een eventuele beving beter te kunnen lokaliseren. Recent (2020 en 2023) zijn een aantal lichte bevingen geobserveerd tussen Vries en het ingesloten gasveld Roden. Waarschijnlijk zijn deze bevingen veroorzaakt door drukdaling in een watervoerend blok tussen deze velden.

Lokale aspecten die besproken worden met de Veiligheidsregio:

- Industriële inrichting: Boven de velden Eleveld en Vries bevinden zich gasproductie en behandelingenlocaties van de NAM en GasUnie. Binnen 5 km afstand bevindt zich een BRZO-bedrijf met ondergrondse tanks voor de opslag van vloeibaar gas. Voorlopige resultaten van studies in Groningen geven aan dat het risico van uittreding van gevaarlijke stoffen door een beving laag is.
- Speciale gebouwen en vitale infrastructuur: Het Wilhelminaziekenhuis bevindt zich binnen 5 km van de velden Eleveld en Vries. Overige infrastructuur zoals klinieken, scholen, tehuisen en/of publieksgebouwen (zwembaden, sporthallen, buurthuizen, horecagelegenheden, kerken/gebedshuizen) bevinden zich voornamelijk aan de rand of buiten de directe omvang van de velden. In Groningen analyses wordt het risico van ketenschade door dit soort gebouwen en infrastructuur verwaarloosbaar geacht.
- Dijken: Boven het Vries veld ligt een aantal secundaire dijken rond o.a. het Noord-Willemskanaal. Studies in Groningen hebben aangetoond dat het risico voor schade aan dijken door een beving verwaarloosbaar is.

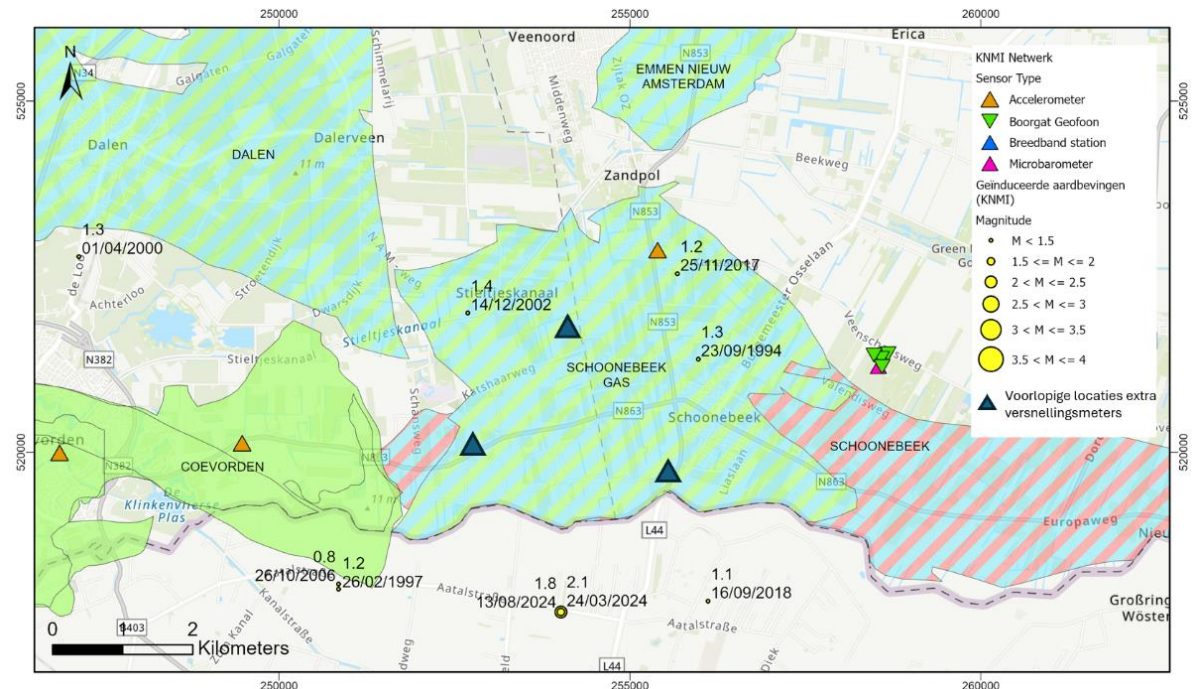
Bij een beving boven het Eleveld of Vries gasveld wordt het Risicobeheerssysteem gevolgd en kunnen de betreffende gemeentes en veiligheidsregio's worden geïnformeerd.



4.3.15 Schoonebeek gasveld

Het Schoonebeek gasveld ligt onder de **gemeenten Emmen en Coevorden (veiligheidsregio Drenthe)**. Boven het voorkomen Schoonebeek Gas zijn een drietal kleine bevingen geobserveerd in de periode 1994-2017. Bij een beving boven het Schoonebeek gasveld wordt het Risicobeheerssysteem gevolgd en kunnen de betreffende gemeentes en de veiligheidsregio Drenthe worden geïnformeerd (zie het communicatie- en actieplan voor het Schoonebeek gasveld, Tabel 3).

In het Schoonebeek gasveld is NAM voornemens tot injectie van het water dat wordt mee geproduceerd bij de oliewinning uit het Schoonebeek olieveld. Het debiet van waterinjectie in het gasveld zal hierdoor stijgen ten opzichte van historische niveaus. Tegelijkertijd wordt de gasproductie voortgezet. Hierom wordt het risicobeheerssysteem voor het Schoonebeek gasveld aangescherpt. NAM zal bij een lagere drempelwaarde, namelijk een beving groter dan $M=0,5$, zorgdragen voor een analyse en rapportage. Deze lagere drempelwaarde is noodzakelijk om in een zo vroeg mogelijk stadium het begrip van een mogelijk verband tussen de waterinjectie dan wel de gasproductie te verbeteren. Een beter begrip dient ervoor te zorgen om maatregelen te kunnen nemen om eventuele grotere bevingen te voorkomen. Boven het veld zullen additionele meters worden geplaatst die het mogelijk maken om iedere beving groter dan $M=0,5$ in het veld te kunnen lokaliseren. De zuidwestelijke locatie zal worden uitgerust met een combinatie van een versnellingsmeter en een boorgat geofoon. Het escalatie schema (Figuur 7) blijft gehandhaafd voor Schoonebeek, behalve dat alle bevingen met een magnitude groter dan 0,5 in de gele categorie (seismische activiteit) komen.



Tabel 3: Risicobeheerssysteem: communicatie- en actieplan bij een waargenomen beving in het Schoonebeek gasvoorkomen.

Magnitude	Escalatie	Interne communicatie	Acties	Externe communicatie (afhankelijk van lokale factoren en publieke reacties)
$M \leq 0,5$	Normaal werkgebied		Het NAM seismisch risicobeheersteam (SRBT) bekijkt maandelijks eventuele ontwikkelingen in het patroon van seismische waarnemingen.	NAM volgt actief nieuws en communiceert wanneer noodzakelijk of gewenst
$0,5 < M \leq 2,0$	Seismische activiteit (Kans dat beving gevoeld is als $M > 1,5$)	SRBT komt bijeen binnen 48 uur of op de eerste werkdag nadat de aardbeving is geregistreerd.	- SRBT vergelijkt de plaats van de aardbeving met het geologische model, de locatie van putten en breuken. - NAM verstrekt deze informatie aan de toezichthouder (SodM) en overlegt over aanbevelingen die daaruit volgen.	- NAM informeert B&W van relevante* gemeenten - NAM plaatst een bericht op de website
$2,0 < M \leq 3,0$	Verhoogde seismische activiteit. <i>Kans op schade</i>	- Indien nodig, zal het SRBT het NAM Crisis Management Team (CMT) direct informeren. - Met grootst mogelijke spoed (binnen 24 uur) komt het SRBT bijeen om aanbevelingen te formuleren.	NAM verstrekt informatie over de beving aan de toezichthouder (SodM) en overlegt over eventuele maatregelen.	- NAM informeert B&W van relevante* gemeenten en veiligheidsregio(s). - NAM plaatst een bericht op de website. - SRBT zal analyse en voorgenomen maatregelen met SodM delen.
$M > 3,0$	Hoge seismische activiteit. <i>Verhoogde kans op schade</i>	- Het NAM Crisis Management Team (CMT) wordt direct bijeengebracht. - Het CMT stuurt het SRBT aan om te assisteren.	NAM stopt waterinjectie en gaswinning in en uit het gasveld.	- NAM informeert B&W van relevante* gemeenten en veiligheidsregio(s). - NAM plaatst een bericht op de website - SRBT zal analyse en maatregelen met SodM delen.

5 Mogelijke gevolgen van een beving

Dit hoofdstuk gaat in op de duiding van de mogelijke gevolgen van aardbevingen voor onshore velden buiten het Groningen veld. Hierbij is gekeken naar een aardbeving met magnitude $M=2,5$ wat de sterkste beving is die in de laatste 15 jaar boven kleine velden is waargenomen. De conclusie van dit hoofdstuk is dat bij zo'n beving schade beperkt blijft tot "gradatie 1" (verwaarloosbare tot lichte schade) en dat er geen gevolgrisco is door grootschalige schade aan gebouwen, dijken of infrastructuur.

5.1 Inschatting van de realistisch sterkste beving

In de leidraad van SodM worden twee methoden voorgesteld om de magnitude te schatten van een "realistisch sterkste beving" (Ref. 2). Deze maximale magnitude wordt M_{max} genoemd. De twee methoden die genoemd worden in de leidraad geven een bereik voor de M_{max} in de kleine velden tussen magnitude $M=1,4$ en $M=4,1$ (Ref. 5). In Nederland heeft geen enkel gasveld (inclusief het Groningen veld) bevingen vertoond met een magnitude gelijk aan of hoger dan de berekende M_{max} voor dat gasveld.

In Hoofdstuk 2 is getoond dat er door gaswinning uit kleine velden boven land geen bevingen met magnitude boven $M=2,5$ geweest zijn sinds 2007. **In dit hoofdstuk is daarom de maximaal waargenomen magnitude van $M=2,5$ gebruikt om een realistische duiding van de mogelijke gevolgen van aardbevingen in kleine velden te verkrijgen.** In sectie 5.4 en 5.5 is beschreven wat de maximale gevolgen zouden kunnen zijn bij een theoretische beving met magnitude $M=4,1$.

5.2 Schade door aardbevingen

Aardbevingsschade kan worden geclassificeerd volgens de "*European Macroseismic Scale*", EMS-98. De schaal is opgebouwd uit 5 schadeklassen ("gradaties"). Een vertaling van deze schaal door Deltares (Ref. 6) is in Figuur 7 weergegeven voor metselwerk gebouwen, waar alleen de eerste 3 gradaties getoond worden.

Gradatie 1 betreft niet-constructieve schade zoals scheurtjes in het pleisterwerk. Bij gradatie 2 is sprake van "lichte constructieve schade", waarbij er ook scheurtjes in constructieve delen van het gebouw te zien kunnen zijn, echter er zullen geen delen van het gebouw omvallen of instorten. Voor gebouwen in gradatie 3 bestaat er zeer kleine kans dat de schade kan leiden tot gevolgschade.

Zelfs na de zwaarste geïnduceerde beving tot nu toe ($M=3,6$ in Huizinge) is voornamelijk schade binnen gradatie 1 geobserveerd. Lichte constructieve schade (gradatie 2) is de maximale schade die tot nu toe is geobserveerd in Nederland.



Gradatie 1: Verwaarloosbaar tot lichte schade (geen constructieve schade)

- Haarscheurtjes in een enkele muur;
- Neervallen van slechts kleine stukjes pleisterwerk;
- In een enkel geval vallen van loszittende stenen.



Gradatie 2: Matige schade (lichte constructieve schade)

- Scheuren in veel muren;
- Vallen van grotere stukken pleisterwerk;
- Vallen van delen van schoorstenen.



Gradatie 3: Aanzienlijke tot zware schade (matige constructieve schade)

- In de meeste muren grote en diepe scheuren;
- Dakpannen glijden weg;
- Schoorstenen breken op de daklijn;
- Breuk van enkele niet-constructieve onderdelen.

Figuur 8: Classificatie van schade voor metselwerk gebouwen volgens EMS-98. Illustratie afkomstig uit Ref. 6. Illustraties voor gradatie 4 en 5 zijn niet relevant voor dit document.

Enkele begrippen in dit document die nadere uitleg behoeven:

Wat wordt bedoeld met PGA en PGV?

Een **versnellingsmeter** meet de versnelling van een trilling aan het aardoppervlak in 3 richtingen en heeft als eenheid m/s^2 of g ($= 9,81 \text{ m/s}^2$).

De Peak Ground Acceleration of PGA is de maximale *versnelling* die gemeten wordt door een accelerometer. PGA is een maat voor kans op schade en is doorgaans de standaard grootte voor seismische dreigingskaarten.

PGV staat voor Peak Ground Velocity. Dit is de hoogste *snellheid* waarmee de grond beweegt op een bepaalde locatie gedurende een trilling aan het aardoppervlak die is veroorzaakt door een beving. De PGV wordt berekend door integratie van de grondversnelling gemeten door een versnellingsmeter. PGV is een alternatieve maat voor kans op schade. In Nederland bestaat er een norm voor schade door trillingen, zoals bijvoorbeeld trillingen veroorzaakt door heiwerkzaamheden (Ref. 11). Deze norm is gerelateerd aan de PGV. Voor schade is met name de horizontale component van de trilling belangrijk en deze kan op verschillende manieren worden ingeschat (Ref. 7). De Technische commissie bodembeweging (Tcbb) gebruikt de formule $\text{PGV} = \text{PGA} / (2 \pi f)$, en hanteert hierbij $f = 3,2 \text{ Hz}$.

Hoe voorspel je de PGV die hoort bij een beving van bepaalde sterkte?

Tussen aardbevingsmagnitude en PGV bestaat een relatie die de “*ground motion prediction equation*” (**GMPE**) wordt genoemd. Deze relatie wordt doorgaans gekalibreerd aan metingen. De GMPE is een functie die afhankelijk is van de magnitude en de afstand tot het epicentrum van de beving.

PGVgeo, PGVmax en PGVmaxrot

De Peak Ground Velocity (PGV) wordt vaak als algemene term gebruikt zonder dat het duidelijk is wat hier exact bedoeld mee wordt. Een versnellingsmeter bestaat uit 3 componenten: 2 horizontale (E, N) en een verticale component (Z). Onderstaande afbeelding (a) van het KNMI (Ref. 14) toont een voorbeeld van een signaal als gevolg van de bevingen in één van de Groningen meters. Ditzelfde signaal is uitgewerkt als horizontale beweging in figuur b, waarbij U_E en U_N de horizontale snelheden zijn. De horizontale beweging is bepalend voor mogelijke schade aan gebouwen.

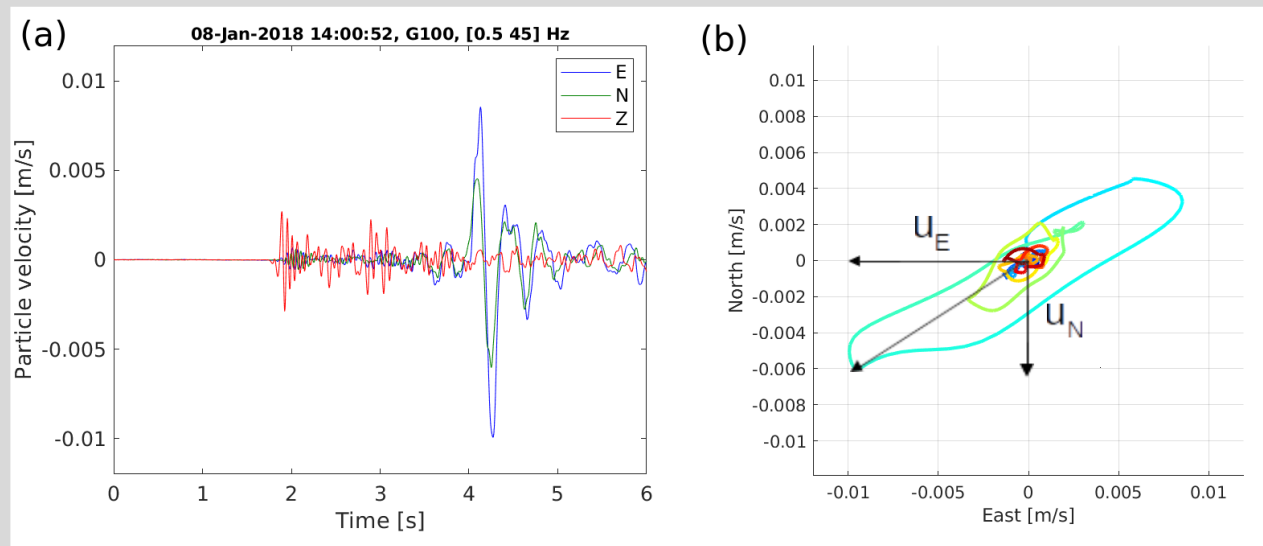
Er zijn 3 definities van de PGV in gebruik:

PGVgeo is het geometrische gemiddelde van de 2 horizontale uitslagen, waarbij uiteindelijk de maximale waarde uit de tijdserie gedestilleerd wordt: $PGV_{geo} = \max \sqrt{|U_E(t)| |U_N(t)|}$

PGVmax is de maximale uitslag gemeten in één van de horizontale componenten. In figuur b is dit de lengte van de pijl U_E .

PGVmaxrot is de maximum totale horizontale uitslag, aangegeven met de lange diagonale pijl in figuur b.

Een huis met muren parallel aan of loodrecht op de richting van PGVmaxrot zal dus de meeste beweging ervaren. Muren met een afwijkende richting zullen minder beweging ervaren. Daarom is de PGVmaxrot de maximale maat voor de PGV. In de literatuur wordt de PGV vaak niet verder gespecificeerd waardoor het lastig is om bijvoorbeeld publicaties over schade te koppelen aan de PGV (welke PGV?).



Wat wordt bedoeld met een vervolgrisico of ketenrisico?

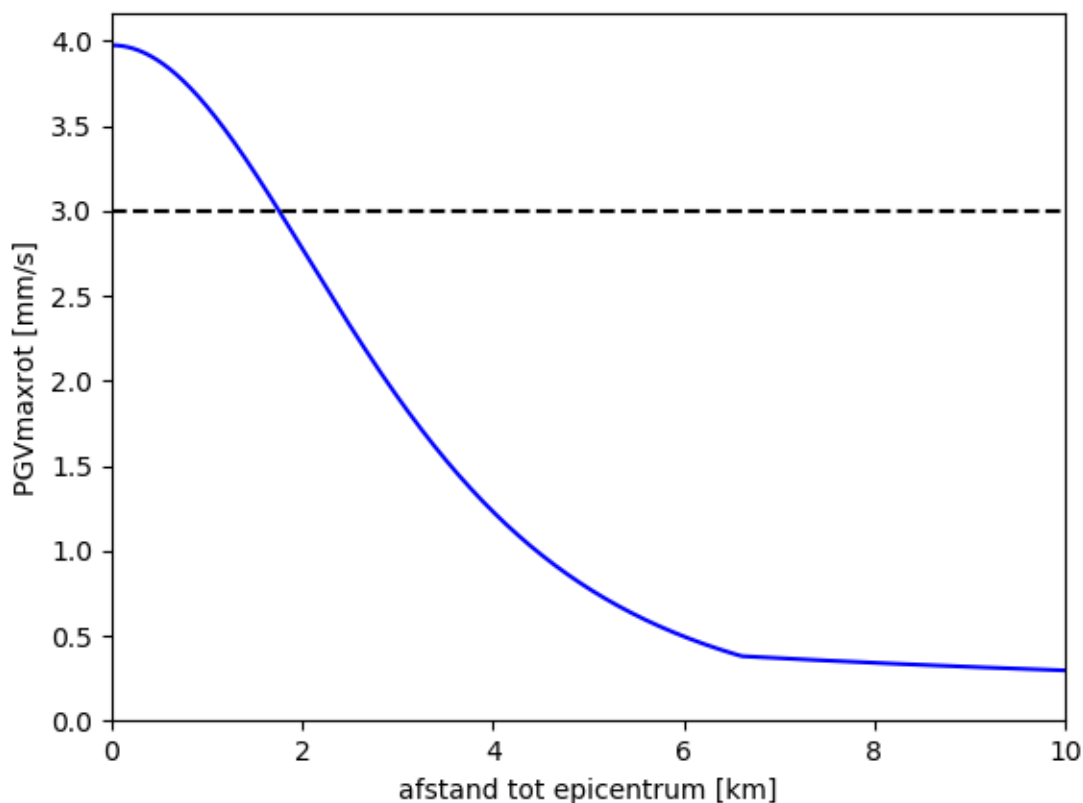
Met vervolgrisico wordt bedoeld een *indirect* schade- of veiligheidsrisico. Dit risico ontstaat doordat een aardbeving schade aanbrengt aan een belangrijk gebouw, dijk of installatie. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een veiligheidsrisico dat kan ontstaan als een leiding zou bezwijken door een aardbeving.

5.3 Welke Peak Ground Velocity is theoretisch mogelijk?

Zoals in het kader hierboven staat beschreven, is het verband tussen magnitude en groundbeweging (Peak Ground Velocity, of PGV) belangrijk voor het bepalen van “de gevolgen van een theoretische beving”. Dit verband wordt beschreven door de “*ground motion prediction equation (GMPE)*”.

Het KNMI heeft onlangs een functie gedefinieerd voor de GMPE die gebruikt kan worden voor de kleine gasvelden (Ref. 14). De PGV is in deze GMPE uitgedrukt als PGVmaxrot (zie grijze kader hierboven). In Bijlage C wordt deze PGV verder beschreven. De PGVmaxrot waarden voor een beving met $M=2,5$ zijn getekend in Figuur 8. Figuur 8 laat zien dat

- de PGV curve onder de 5 mm/s ligt;
- de PGV curve vanaf een afstand van ongeveer 2 kilometer van het epicentrum onder de 3 mm/s valt. De SBR Trillingsrichtlijn A uit 2017 (Ref. 11) geeft 3 mm/s als strengste grenswaarde waaronder de kans op schade zeer klein is⁴.



Figuur 9: PGVmaxrot voor een beving van $M=2,5$ als functie van de afstand tot het epicentrum volgens de KNMI GMPE (Ref. 14).

⁴ De waarde van 3 mm/s is gebaseerd op Ref. 11, waarbij de 5 mm/s voor categorie 2 bouwwerken van Figuur 7 is gecombineerd met een veiligheidsfactor 1,7 voor gebouwen met “monumentale status of in een gevoelige staat”. Voor snelheden onder de gestelde SBR normen geldt dat de kans op schade kleiner is dan 1%.

Tevens zijn de SBR normen gebaseerd op PGVmax in plaats van de hier gebruikte PGVmaxrot, wat de kans op schade nog verder verkleint.

5.4 Welke schade is mogelijk bij zo'n maximale Peak Ground Velocity?

De volgende stap is de relatie tussen PGV en schade. Voor de relatie met schade wordt met name gekeken naar mogelijke schade aan huizen, omdat hier veel gegevens over beschikbaar zijn. Speciale infrastructuur als dijken, industrie, ziekenhuizen en scholen zijn over het algemeen sterker gebouwd dan het zwakste type huizen. De PGV-grenzen die bepaald worden voor huizen zijn daarom een conservatieve benadering voor de grenzen die gelden voor deze speciale infrastructuur.

Zoals in Sectie 5.2 staat beschreven, wordt schade aan gebouwen uitgedrukt in schade-gradaties. Om aan te tonen dat geïnduceerde bevingen in de kleine velden van magnitude $M=2,5$ maximaal kunnen leiden tot gradatie 1 schade, toont Tabel 4 een aantal grenswaarden voor gradatie 2.

De tabel geeft aan dat:

- Een grenswaarde van 3 mm/s komt overeen met de laagste trillingssnelheid waarbij volgens de SBR Trillingsrichtlijn A schade zou kunnen ontstaan aan zwakke gebouwen (Ref. 11).
- Volgens Ref. 9 kunnen bij een PGV-waarde van 130 mm/s eerste haarscheurtjes ontstaan in de constructieve delen van een rijtjeshuis. Voor een vrijstaand huis is dit 175 mm/s. Volgens Ref. 10 zou bij een PGV-waarde van 120 mm/s tot 1% van gebouwen de eerste tekenen van schade aan constructieve delen zullen vertonen. Bij een PGV-waarde van 260 mm/s is dit percentage opgelopen tot 10%.

Tabel 4: PGV-waarden uit recente experimenten en literatuur.

Soort schade	Type huis	PGV (mm/s)	Bron
Gradatie 1 - grenswaarde	Metselwerk huis	3	Ref. 11
Gradatie 2 – eerste haarscheurtjes	Rijtjeshuis	130	Ref. 9
	Vrijstaand huis	175	
Gradatie 2 – 1%	Algemeen	120 - 350	Ref. 10, Ref. 8
Gradatie 2 – 10 %	Algemeen	260 – 480	

Volgens Tabel 4 ligt de meest conservatieve grens voor kans op gradatie 2 schade dus rond de 120 mm/s. In het Meet- en regelprotocol voor Groningen wordt de PGV als een *signaalwaarde* gebruikt voor mogelijke schades. Hierbij worden twee waarden genoemd. De laagste waarde is 50 mm/s met een 1% kans op DS2 schade en 80 mm/s met een kans van 10% op DS2 schade. Het meet- en regelprotocol schrijft het volgende over deze discrepantie:

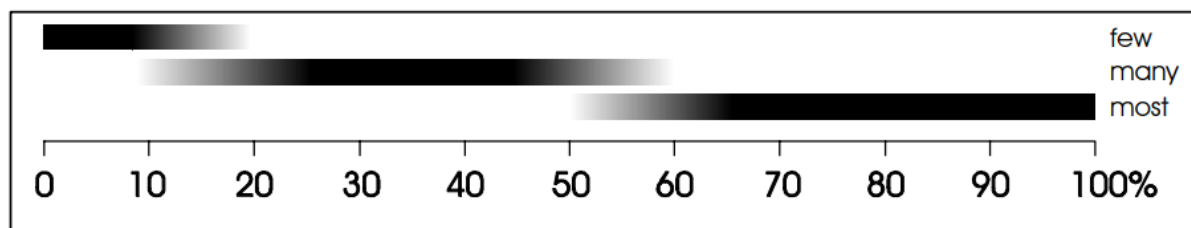
“De relatief laag gekozen waarden voor PGV (50 en 80 mm/s; ten opzichte van experiment en literatuurwaarden van ruim boven de 100 mm/s) in het signaleringssysteem komen voort uit het verlangen om zo vroeg in het onderzoek naar schade conservatieve waarden te kiezen (die mogelijk later dan, op basis van voortschrijdend inzicht, naar boven bijgesteld kunnen worden).”

Uit de theoretische snelheidscurves zoals getoond in Figuur 8 blijkt dat de maximale snelheid bij een beving van $M=2,5$ ver onder deze grenswaarde ligt. Bij een beving van $M=2,5$ blijft schade aan gebouwen dus met grote waarschijnlijkheid beperkt tot gradatie 1 in een klein gebied rond het epicentrum. Dit geldt

ook voor objecten zoals dijken, industrie etc. die genoemd zijn in de leidraad. Voor een $M=4,1$ beving wordt volgens deze GMPE een maximale snelheid (PGV_{maxrot}) berekend van 120 mm/s. Echter deze berekeningen zijn onzeker omdat we in Nederland nog geen bevingen met een magnitude rond 4 hebben gezien. Een voorzichtige conclusie is dat bij een beving met een dergelijke magnitude een kleine kans op DS2 schade bestaat in een beperkt (enkele kilometers) gebied rondom het epicentrum.

De schadebeschrijving in de (oudere) winningsplannen van NAM meldt meestal *“dat in het ernstigste geval in de nabijheid van het voorkomen lichte, niet constructieve schade kan optreden aan meerdere gebouwen en matige schade (bedoeld wordt scheuren in muren tot constructieve schade in het uiterste geval) aan enkele gebouwen”*. Deze woorden volgen de definities die gebruikt worden in de Europese Macroseismische Schaal. Het woord “meerdere” verwijst naar het woord “many” en ligt het schadepercentage tussen de 10-60% van de huizenpopulatie. Het woord “enkele” past bij het woord “few” waarbij het schadepercentage kleiner dan 20% is. Bij een hoge huizedichtheid rondom het epicentrum kan het dan nog steeds om enkele tientallen woningen gaan die matige schade (DS2) kunnen vertonen.

Definitions of quantity



Figuur 10; uitleg van de woorden “few” (enkele), “many” (meerdere) en “most” (de meeste) in de Europese Macroseismische Schaal.

Meer achtergrondinformatie over de mogelijke DS1-DS2 schade is te vinden in Ref. 16.

5.5 Kan “gevolgrisiko” optreden?

Bij een beving van $M=2,5$ blijft schade aan objecten zoals dijken, industrie, etc. beperkt tot gradatie 1. De EMS-98 laat zien dat een gevolgrisiko voornamelijk kan ontstaan indien een gebouw in gradatie 4 of 5 komt en dat er een kleine kans op een gevolgrisiko bestaat indien een object in gradatie 3 komt.

Zelfs voor een theoretisch maximale magnitude van $M=4,1$ met een maximale PGV_{maxrot} rond de 120 mm/s, wordt geen gradatie 3 schade verwacht. Het is daarom onwaarschijnlijk dat geïnduceerde bevingen een dussdanige schade kunnen veroorzaken aan de objecten “Industrie, speciale gebouwen, infrastructuur en dijken” (Ref. 2) dat een gevolgrisiko zou kunnen ontstaan.

Om deze constatering te verifiëren kunnen we kijken naar de gevolgen van de zwaarste beving die in Nederland ooit gemeten is, de Roermond beving in 1992. Voor deze beving, met een magnitude van 5,8, zijn grondsnelheden in de buurt van het epicentrum geschat van 140 mm/s. Echter dit is een schatting voor de PGV_{geo} , de PGV_{maxrot} zou dus veel hoger zijn voor deze beving. Ook heeft een diepe tektonische beving een aanzienlijk langere trillingsduur dan een geïnduceerde aardbeving, waardoor de

kans op schade hoger is bij een tektonische beving. Toch zijn ook in Roermond geen observaties bekend van gevolgrisco's.

NAM heeft twee studies uitgevoerd die nader ingaan op mogelijke gevolgrisco's:

1. Een studie voor een hypothetische beving van magnitude $M=4,1$ onder de Waddenzeedijk (Ref. 17). Deze studie laat zien dat er geen schade kan ontstaan aan de dijk ten gevolge van een dergelijke beving.
2. Een studie voor een hypothetische beving van magnitude $M=3,9$ in het kassengebied in het Westland (Ref. 18). Hier was de conclusie dat de mogelijke trillingen bij een dergelijke beving onder het niveau liggen waarbij glas kan breken of de constructie van een tuinbouwkas kan falen.

Zowel de observaties als de studies laten zien dat gevolgrisco's onwaarschijnlijk zijn voor geïnduceerde bevingen boven kleine velden.

Desalniettemin neemt NAM bij velden met seismische risicocategorie 2 contact op met de provincies/veiligheidsregio's om de seismische dreiging (maximale grondsnelheden) te bespreken. Veiligheidsregio's kunnen met deze informatie ketenrisico's verifiëren, met name bij BRZO bedrijven/instanties. Indien ketenrisico's geïdentificeerd worden, kan dit aanleiding zijn tot actualisatie van het Seismisch Risicobeheersplan. NAM zal bij een beving met een magnitude groter dan 2 op schaal van Richter met de relevante veiligheidsregio's in contact treden.

5.6 Conclusie

- Voor een beving met een magnitude van $M=2,5$ (de maximale beving die in de laatste 15 jaar is waargenomen boven kleine velden) geldt dat er kleine kans op gradatie 1 schade is voor een zeer beperkt gebied rondom het epicentrum van de beving.
- De maximale magnitude die geschat wordt voor de kleine velden varieert tussen magnitude 1,4 en 4,1. Zelfs bij de sterkste beving zal de mogelijke schade zich voornamelijk beperken tot gradatie 1 schade.
- De kans op vervolg- of ketenrisico door schade aan objecten zoals industrie, speciale gebouwen, infrastructuur en dijken is verwaarloosbaar.

6 Schadeafhandeling

Vanaf 1 juli 2020 kunnen particulieren en micro-ondernemers die denken dat zij schade hebben door mijnbouw zich bij de Commissie Mijnbouwschade melden. De Commissie Mijnbouwschade helpt de juiste route te volgen bij het melden van deze schades. De Commissie Mijnbouwschade is benoemd door de minister van Economische Zaken en Klimaat, en werkt volgens het instellingsbesluit en het schadeprotocol. Hierin staat dat de commissieleden volledig onafhankelijk zijn en beoordelen op basis van hun deskundigheid. De website van de Commissie Mijnbouwschade www.commissiemijnbouwschade.nl geeft verdere informatie.

Het uitgangspunt van de Commissie Mijnbouwschade bij het behandelen van een schademelding is dat dit laagdrempelig, transparant en snel is. Om de schadeafhandeling eenvoudig te maken, nemen ze in de praktijk de bewijslast van de schademelder over. De Commissie Mijnbouwschade doet onderzoek en geeft onafhankelijk en deskundig advies. De mijnbouwonderneming zal dit advies volgen en de toegekende schade door mijnbouwactiviteiten vergoeden.

7 Referenties

1. SodM (2020) Beoordeling seismisch risicobeheersplan kleine velden. Kenmerk 20171945 | INS-511
2. SodM (2016) Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning. Tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2.
<http://www.nlog.nl/geïnduceerde-seismiciteit>
3. Van Eijs, R.M.H.E., Mulders, F.M.M., Nepveu, M. (2004). Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit. TNO-rapport NITG 04-171-C.
4. Van Thienen-Visser, K., Nepveu, M. & Hettelaar, J.M.M. (2012). Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit in Nederland. (TNO 2012 R10198). Utrecht: TNO.
5. TNO (2015) Quick scan of Induced Seismicity Potential for small onshore depleting gas fields in The Netherlands.
6. Deltares (2011) Gebouwschade Loppersum. Rapport nr 1202097-000.
7. Bommer, J.J., Stafford, P.J., Ntinalexis, M. (2019) Updated Empirical GMPEs for PGV from Groningen Earthquakes – March 2019
<https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/groningen/en/980419ed-36e4-480a-bbd2-0e06a2b3d8ea>
8. Hancilar et al (2012) Empirical fragility assessment after the January 12, 2010 Haiti Earthquake. Risk Analysis VII: Eight international conference on simulation in risk analysis and hazard mitigation. WitPress ISBN 978-1-84564-620-2. P 353-365
9. NAM (2017) Technisch Addendum bij het MR Protocol 2017.
10. Okada, S. and Takai (2000) Classifications of structural types and damage patterns of buildings for earthquake field investigation. In: 12th World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand.
11. SBRCURnet (2017) SBR Trillingsrichtlijn A: Schade aan bouwwerken, december 2017
12. Technische commissie bodembeweging (Tcbb) (2018) Representatieve nulmeting aan gebouwen, www.tcbb.nl Uitgebrachte adviezen, oktober 2018
13. NAM (2016) Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2016, Chapter 9, “damage”.
14. Ruigrok, E. and Dost, B (2020) Advice on the computation of peakground-velocity confidence regions for events in gas fields other than the Groningen gas field. KNMI report TR-386
15. TNO (2019) Study of the heartbeat (1 minute maximum velocity) data from the building monitoring network. R11992. <https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/groningen/en/a65c9dda-1c9f-4489-9011-127831740bce>
16. NAM (2019) Inschatting van de bovengrens voor DS1-DS2 schade voor een beving met magnitude M=4,0. NAM notitie EP201906203170
17. GR8 GEO (2019) Estimate of Seismic Activity of the Ternaard Gas Field and Deformation Risk Assessment for the Adjacent Primary Levee, the Netherlands.
18. TNO (2019) Indicatief onderzoek naar de toelaatbare aardbevingsbelasting op Westlandse kassen. TNO-rapport R11948

8 Bijlage A: Waar liggen de gasvelden van NAM?

In deze Bijlage staan de gemeenten waar NAM gas wint of heeft gewonnen. Voor elk van de gemeenten is gegeven

- Bij welke veiligheidsregio de gemeente hoort;
- Welke gasvelden in de gemeente liggen. Gasvelden in seismische risicocategorie 2 zijn **vetgedrukt**;
- Bij welk winningsplan het gasveld hoort. Winningsplannen staan op <https://www.nlog.nl>
- Of het gasveld eerder gebeefd heeft (bijgewerkt tot 1 december 2018);
- Als productie uit het veld is gestopt, wanneer de laatste productie heeft plaatsgevonden.

Tabel 5: Gemeenten met NAM-gasvelden en bijbehorende veiligheidsregio en winningsplan. Nieuwe gemeentenaam per 1/1/2019 staat tussen haakjes. Gasvelden met extra monitoringsvoorschriften (SRA cat.2) zijn **vetgedrukt**

Gemeente	Veiligheidsregio	Gasveld	Winningsplan	Veld gebeefd? (voor 1/9/2023)	Uit productie genomen (jaar)*
Aa en Hunze	Drenthe	Annerveen	Annerveen	ja	2021
		Eleveld	Westerveld	ja	
		Gasselternijveen	Gasselternijveen	nee	2018
		Vries-South	Westerveld	ja	
Achtkarspelen	Fryslân	Grootevast	Grootevast	nee	
		Harkema	UMOG	nee	
		Kollumerland	Grootevast	nee	2014
		Surhuisterveen	UMOG	nee	
Albrandswaard	Rotterdam- Rijnmond	Barendrecht	Barendrecht	nee	2010
		Pernis	Pernis-West	nee	
Alkmaar	Noord-Holland- Noord	Middelie	Middelie	ja	
		Rustenburg	Middelie	nee	
		Westbeemster	Middelie	nee	
Ameland	Fryslân	Blija Ferwerderadeel	Blija	nee	
Assen	Drenthe	Assen	Westerveld	nee	
		Eleveld	Westerveld	ja	
		Vries-South	Westerveld	ja	
		Witterdiep	Westerveld	ja	2013
Barendrecht	Rotterdam- Rijnmond	Barendrecht	Barendrecht	nee	2010
		Rotterdam Olie	Rotterdam	nee	
		Barendrecht-Ziedewij	Barendrecht	nee	2012
Borger-Odoorn	Drenthe	Emmen	Zuidoost Drenthe Zuur	ja	2018
		Gasselternijveen	Gasselternijveen	nee	2018
Coevorden	Drenthe	Coevorden	Coevorden	ja	
			Zuidoost Drenthe		
		Dalen	Zuur	ja	2020
			Zuidoost Drenthe		
		Emmen	Zuur	ja	2018
			Zuidoost Drenthe		
		Oosterhesselen	Zuur	nee	
De Wolden	Drenthe	De Wijk Fase 2	De Wijk Fase 2	nee	
		Wanneperveen	Wanneperveen	nee	
Edam-Volendam	Zaanstreek- Waterland	Middelie	Middelie	ja	
Emmen	Drenthe	Emmen	Zuidoost Drenthe Zuur	ja	2018

Gemeente	Veiligheidsregio	Gasveld	Winningsplan	Veld gebeefd? (voor 1/9/2023)	Uit productie genomen (jaar)*
		Emmen Nieuw Amsterdam	Zuidoost Drenthe Zuur	ja	2019
		Schoonebeek olie	Schoonebeek olieveld	nee	
		Schoonebeek gas	Schoonebeek	ja	
Hardenberg	IJsselland	Coevorden	Coevorden	ja	
		Collendoorn	Collendoorn	nee	
		Collendoornerveen	Coevorden	nee	2018
		Den Velde	Hardenberg	nee	
		Hardenberg	Hardenberg	nee	
		Hardenberg-Oost	Hardenberg	nee	
		Hoogenweg	Hardenberg	nee	2006
Het Hogeland	Groningen	Bedum	Bedum	ja	
		Ezumazijl	Anjum	nee	
		Feerwerd	Grijpskerk-Noord	nee	
		Houwerzijl	Grijpskerk-Noord	ja	2010
		Lauwersoog-Oost	Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen	nee	2021
		Lauwersoog-West	Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen	nee	
		Leens	Grijpskerk-Noord	nee	
		Munnekezijl	Grijpskerk-Noord	nee	
		Saaksum-Oost	Grijpskerk-Noord	ja	
		Saaksum-West	Grijpskerk-Noord	ja	
		Vierhuizen-Oost	Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen	nee	2018
		Warffum	Warffum	ja	
Hoeksche Waard	Zuid-Holland-Zuid	Barendrecht-Ziedewij	Barendrecht	nee	2012
		De Klem	De Klem	nee	2015
		Heinenoord	Heinenoord	nee	
		Hekelingen	Spijkenisse 2	nee	
		Oud-Beijerland-Zuid	Spijkenisse 1	nee	
		Oudeland	Oudeland	nee	
		Oudendijk	Oudendijk	nee	2018
		Reedijk	Spijkenisse 1	nee	
Hoogeveen	Drenthe	Coevorden	Coevorden	ja	
		De Wijk Fase 2	De Wijk Fase 2	nee	
Koggenland	Noord-Holland-Noord	Middelie	Middelie	ja	
		Rustenburg	Middelie	nee	
Maassluis	Rotterdam-Rijnmond	Gaag	Gaag-Monster	nee	

Gemeente	Veiligheidsregio	Gasveld	Winningsplan	Veld gebeeft? (voor 1/9/2023)	Uit productie genomen (jaar)*
		Maasdijk	Gaag-Monster	nee	
Meppel	Drenthe	De Wijk Fase 2	De Wijk Fase 2	nee	
		Wanneperveen	Wanneperveen	nee	
Midden-Delfland	Haaglanden	Gaag	Gaag-Monster	nee	
		Maasdijk	Gaag-Monster	nee	
Midden-Drenthe	Drenthe	Appelscha	Westerveld	ja	2011
		Eleveld	Westerveld	ja	
		Witterdiep	Westerveld	ja	2013
Midden-Groningen	Groningen	Annerveen	Annerveen	ja	2021
		Kielwindeweer	Kielwindeweer	nee	2021
Nissewaard	Rotterdam- Rijnmond	Hekelingen	Spijkenisse 2	nee	
		Spijkenisse-Oost	Spijkenisse 2	nee	
		Spijkenisse-West	Spijkenisse 2	nee	2016
Noardeast-Fryslân	Fryslân	Anjum	Anjum	nee	
		Blija Ferwerderadeel	Blija	nee	
		Blija Zuid	Blija	nee	
		Blija Zuid-Oost	Blija	nee	
		Burum-Oost	Burum-Oost	nee	
		Engwierum	Kollum	nee	2003
		Ezumazijl	Anjum	nee	
		Grootegast	Grootegast	nee	
		Kollum	Kollum	ja	
		Kollum Noord	Kollum	ja	
		Kollumerland	Grootegast	nee	2014
		Kommerzijl	Grijskerk-Noord Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen	ja	
		Lauwersoog-West	Vierhuizen	nee	
		Metslawier	Anjum	ja	2016
		Metslawier-Zuid	Metslawier-Zuid Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen	nee	
		Moddergat	Vierhuizen	nee	
		Munnekezijl	Grijskerk-Noord Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen	nee	
		Nes	Vierhuizen	nee	
		Oostrum	Kollum	nee	
		Pieterzijl-Oost	Pieterzijl-Oost	nee	
		Wieringa	Wieringa	nee	
Noordenveld	Drenthe	Een	Westerveld	nee	
		Norg-Zuid	Westerveld	nee	2006
		Pasop	Grijskerk-Zuid	ja	2015

Gemeente	Veiligheidsregio	Gasveld	Winningsplan	Veld gebeefd? (voor 1/9/2023)	Uit productie genomen (jaar)*
		Roden	Westerveld	ja	2003
Ooststellingwerf	Fryslân	Appelscha	Westerveld	ja	2011
Opsterland	Fryslân	Marum	UMOG	nee	
		Ureterp	UMOG	ja	2021
Pekela	Groningen	Blijham	Oude Pekela	nee	
		Oude Pekela	Oude Pekela	nee	
		Zuidwending-Oost	Zuidwending-Oost	nee	
Purmerend	Zaanstreek- Waterland	Middelie	Middelie	ja	
		Rustenburg	Middelie	nee	
		Westbeemster	Middelie	nee	
Ridderkerk	Rotterdam- Rijnmond	Barendrecht-Ziedewij	Barendrecht	nee	2012
Rotterdam	Rotterdam- Rijnmond	Botlek	Botlek	nee	
		Maasdijk	Gaag-Monster	nee	
		Pernis	Pernis-West	nee	
		Pernis-West	Pernis-West	nee	
		Rotterdam olie	Rotterdam	nee	
		Spijkenisse-Oost	Spijkenisse 2	nee	
Schiedam	Rotterdam- Rijnmond	Pernis-West	Pernis-West	nee	
Schiermonnikoog	Fryslân	Lauwersoog-Centraal	Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen	nee	
		Lauwersoog-Oost	Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen	nee	2021
		Lauwersoog-West	Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen	nee	
		Moddergat	Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen	nee	
Smallerland	Fryslân	Marum	UMOG	nee	
		Ureterp	UMOG	ja	2021
Stadskanaal	Groningen	Blijham	Oude Pekela	nee	
Staphorst	IJsselland	De Wijk Fase 2	De Wijk Fase 2	nee	
		Wanneperveen	Wanneperveen	nee	
Steenwijkerland	IJsselland	Wanneperveen	Wanneperveen	nee	
Tynaarlo	Drenthe	Annerveen	Annerveen	ja	2021
		Kielwindeweer	Kielwindeweer	nee	2021
		Roden	Westerveld	ja	2003
		Vries-Central	Westerveld	ja	

Gemeente	Veiligheidsregio	Gasveld	Winningsplan	Veld gebeeft? (voor 1/9/2023)	Uit productie genomen (jaar)*
		Vries-North	Westerveld	ja	2019
		Vries-South	Westerveld	ja	
Veendam	Groningen	Annerveen	Annerveen	ja	
Vlaardingen	Rotterdam- Rijnmond	Botlek	Botlek	nee	
		Gaag	Gaag-Monster	nee	
		Pernis-West	Pernis-West	nee	
Westerkwartier	Groningen	Boerakker	Grijpskerk-Zuid	neeja	
		Een	Westerveld	nee	
		Faan	Faan	nee	
		Feerwerd	Grijpskerk-Noord	nee	
		Grootegast	Grootegast	nee	
		Houwerzijl	Grijpskerk-Noord	ja	2010
		Kommerzijl	Grijpskerk-Noord	ja	
		Marum	UMOG	neeja	
		Molenpolder	Grijpskerk-Zuid	nee	
		Munnekezijl	Grijpskerk-Noord	neeja	
		Opende-Oost	UMOG	nee	
		Pasop	Grijpskerk-Zuid	ja	2015
		Pieterzijl-Oost	Pieterzijl-Oost	nee	
		Roden	Westerveld	ja	2003
		Saaksum-Oost	Grijpskerk-Noord	ja	
		Saaksum-West	Grijpskerk-Noord	ja	
		Sebaldeburen	Grijpskerk-Zuid	nee	
		Surhuisterveen	UMOG	nee	
		Wieringa	Wieringa	nee	
		Zevenhuizen	Westerveld	nee	2018
Westerveld	Drenthe	Wanneperveen	Wanneperveen	nee	
Westerwolde	Groningen	Blijham	Oude Pekela	nee	
		Oude Pekela	Oude Pekela	nee	
Westland	Haaglanden	De Lier	Gaag-Monster	nee	
		Gaag	Gaag-Monster	nee	
		Geestvaartpolder	Gaag-Monster	nee	2015
		Maasdijk	Gaag-Monster	nee	
		Monster	Gaag-Monster	nee	
		s-Gravenzande	Gaag-Monster	nee	
Zwijndrecht	Zuid-Holland- Zuid	Barendrecht-Ziedewij	Barendrecht	nee	2012

9 Bijlage B: Seismische risico-inventarisatie volgens SodM leidraad

Het winnen van aardgas uit een gasveld wordt vastgelegd in een winningsplan. Kort gezegd beschrijft het winningsplan de technische aspecten van de winning (met nadruk op de ondergrond, zoals de geologie) en de mogelijke risico's en effecten met betrekking tot bodemdaling en -trilling, inclusief eventuele maatregelen. De winning kan alleen plaatsvinden indien de Minister van Economische Zaken & Klimaat (EZK) instemt met het winningsplan. Het uitgangspunt hierbij is de Mijnbouwwet, waaraan voldaan moet worden. Toezicht op veilige gaswinning wordt gedaan door het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM).

Hieronder is samengevat hoe het seismisch risico wordt geïnventariseerd in de winningsplannen. SodM (2016) heeft in een leidraad beschreven hoe de oorzaken die ten grondslag liggen aan het risico worden onderzocht tezamen met de mogelijke gevolgen (Ref. 2). NAM is verplicht deze leidraad te gebruiken in haar winningsplannen.

De analyse is gebaseerd op mogelijke bevingen veroorzaakt door gaswinning, waarbij de mogelijke beving zal leiden tot een versnelling van de grond (geïnduceerde bodembeweging) met mogelijke schade tot gevolg. Voor elk gasveld kunnen een aantal factoren worden ingeschat die invloed hebben op de kans en grootte van de geïnduceerde bodembeweging: de **“invloedfactoren ondergrond”**. Tegelijkertijd kunnen per veld ook een aantal factoren worden ingeschat die van invloed zijn op de gevolgen: de **“invloedfactoren bovengrond”**. Deze invloedfactoren worden hieronder samengevat.

Invloedfactoren ondergrond

1. Veld indicator DHAIS. De kans op het induceren van bevingen.

De kans dat bevingen worden geïnduceerd gedurende de winning van een veld wordt bepaald op basis van een analyse volgens de DHAIS methode (Ref. 3 en Ref. 4). Deze analyse combineert de statistiek van bevingen met geologische kenmerken van de velden.

2. Realistisch sterkste beving. De sterkste beving die theoretisch zou kunnen plaatsvinden.

Dit betreft een berekening van de magnitude van de sterkst mogelijke beving volgens de methodes die zijn beschreven in de leidraad van SodM (Ref. 2). Vanzelfsprekend beschrijft de kans op “een beving” in punt 1 hierboven niet de kans op zo’n sterkst mogelijke beving. De kans op zo’n sterkste beving is nagenoeg nihil gebaseerd op de observatie dat de realistisch sterkste beving nog nooit is geobserveerd (Ref. 5).

3. Ligging voorkomen. Ligt het voorkomen in een gebied dat gevoelig is voor aardbevingen?

Ten zuiden van de lijn Amsterdam-Arnhem zijn geen bevingen door gaswinning waargenomen.

4. Lokale opslingering. Zijn er lagen in de ondiepe ondergrond die een trilling kunnen versterken?

Een aardbeving veroorzaakt een drukgolf in de ondergrond die zich voortplant naar het aardoppervlak. Deze golf kan in de bovenste tientallen meters versterkt worden (“opslingering”) door bepaalde combinaties van grondsoorten.

Invloedfactoren bovengrond

1. Bevolkingsdichtheid & bebouwing. De bevolkingsdichtheid, oftewel het aantal inwoners per km².

De gevolgen van een beving kunnen groter zijn naarmate de bevolkingsdichtheid groter is.

De factoren die hieronder beschreven worden zijn indicatief voor een *gevolgrisico*. Een gevolgrisico houdt in dat een gebouw of object dusdanig beschadigd wordt door een aardbeving zodat er additionele ketenrisico's kunnen ontstaan. Zoals beschreven in sectie 5.5 is de kans op gevolgrisico verwaarloosbaar.

2. Industriële inrichtingen. Een zware beving zou een industriële inrichting kunnen beschadigen met een mogelijk gevolgrisico.

Met informatie op <http://www.risicokaart.nl> kan de aanwezigheid van industriële inrichtingen inzichtelijk worden gemaakt en kan deze factor worden geclassificeerd.

3. Speciale gebouwen en vitale infrastructuur. Speciale gebouwen zoals scholen en ziekenhuizen zijn extra kwetsbaar voor een mogelijk gevolgrisico.

Met informatie op <http://www.risicokaart.nl> kan de aanwezigheid van scholen, ziekenhuizen, tehuizen en publieke gebouwen waar veel mensen samenkomen in kaart worden gebracht en kan deze factor worden geclassificeerd.

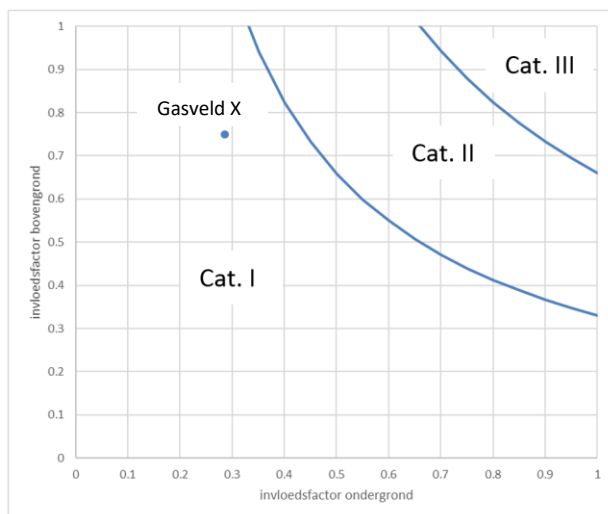
4. Dijken. Het beschadigen en doorbreken van dijken als gevolg van een aardbeving kan een bedreiging zijn voor de veiligheid en kan leiden tot schade.

De aanwezigheid van primaire en/of secundaire dijken kan op <http://www.risicokaart.nl> beschouwd worden.

9.1 Toekennen seismische risicocategorie

Voor alle genoemde invloedfactoren kan een waarde worden bepaald volgens de leidraad van SodM.

Deze score levert uiteindelijk een positie in de risicomatrix. Een voorbeeld wordt gegeven in Figuur 9. Dit voorbeeld toont een gasveld dat in risicocategorie 1 uitkomt.



Figuur 11: Voorbeeld van de risicomatrix

9.2 Implicaties van het vaststellen van de seismische risicocategorie

Na het vaststellen van de risicocategorie volgen acties met als doel het risico zo laag mogelijk te houden. Deze acties verschillen op basis van de risicocategorie waarbij de volgende acties worden onderscheiden:

Categorie I:

- Monitoring met het huidige geofoon- en versnellingsmeter-netwerk van het KNMI.

Categorie II:

- Duiding van de uitkomst van de risicomatrix analyse (Mbw 34.g en Mbb. 24.1.q),
- monitoring met een minimale cataloguscompleetheid in de omgeving van het veld van magnitude 1,5,
- monitoring in de omgeving van het veld aanvullen met versnellingsmeters op de geofoonlocaties,
- implementeren generiek seismisch-risicobeheersplan⁵.

Categorie III:

- Monitoring met een minimale cataloguscompleetheid vanaf magnitude 0,5,
- monitoring aanvullen met versnellingsmeters op de geofoonlocaties,
- monitoring van trillingen in huizen,
- onderzoeksprogramma,
- specifiek risicobeheersplan op basis van een Meet- en Regelprotocol.

Het overgrote deel van de Nederlandse onshore gasvelden valt in de seismische risicocategorie 1. Voor deze categorie volstaat het monitoren van mogelijke bevingen met behulp van het bestaande seismisch meetnetwerk. Een beperkt aantal velden valt in seismische risicocategorie 2. Voor deze velden wordt in de leidraad voorgeschreven dat een seismisch risicobeheersplan dient te worden opgesteld. Alleen het Groningen gasveld valt in seismische risicocategorie 3, waar speciale maatregelen nodig zijn. In dit document wordt niet ingegaan op de maatregelen voor het Groningen veld.

⁵ Een plan waarin de operator de maatregelen beschrijft welke genomen worden bij het optreden van bevingen met een bepaalde sterkte, zoals beschreven in dit document.

10 Bijlage C: GMPE voor kleine velden

De GMPE functie van Ruigrok en Dost (2020, Ref. 14) is voor de kleine velden de meest recente en geschikte functie om de PGV als functie van afstand tot het epicentrum te berekenen. Deze dempingsfunctie is gekalibreerd met alle gemeten bevingen boven de gasvelden (inclusief Groningen) en kent de volgende vorm:

$$\ln(PGV) = C_1 + C_2 M + g(R)$$

Met R in km een maat voor de afstand die afhankelijk is van de magnitude (M) en diepte (in km) en welke wordt gedefinieerd door:

$$R = \sqrt{R_{epi}^2 + D^2 + [\exp(0,06M + 1,13)]^2}$$

De R_{epi} is de afstand tot het epicentrum. De functie $g(R)$ bestaat uit 3 delen:

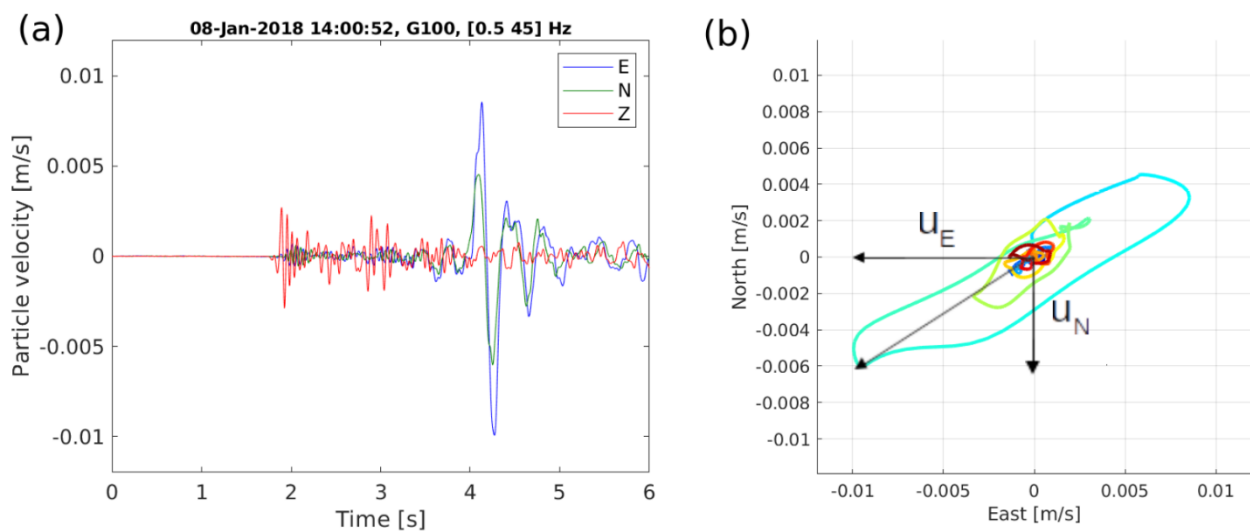
$$g(R) = C_4 \ln(R) \text{ voor } R \leq 8,1 \text{ km.}$$

$$g(R) = C_4 \ln(8,1) + C_{4a} \ln(R/8,1) \text{ voor } 8,1 < R \leq 11,62 \text{ km}$$

$$g(R) = C_4 \ln(8,1) + C_{4a} \ln(11,62/8,1) + C_{4b} \ln(R/11,62) \text{ voor } R > 11,62 \text{ km}$$

Verschillende waarden van C_1 , C_2 , C_4 , C_{4a} en C_{4b} worden gebruikt afhankelijk van de definitie van de horizontale PGV. Tabel 6 geeft de waarden die gelden voor de PGV_{maxrot} .

De maximaal geroteerde waarde, PGV_{maxrot} is de meest conservatieve maat voor de horizontale snelheid. Figuur 12 toont een voorbeeld van een trillingsopname van een aardbeving door een versnellingsmeter. De versnellingsmeter kan bewegen in 3 richtingen waarbij de horizontale componenten in verband worden gebracht met mogelijke schade. Het linker figuur toont de gemeten snelheid als functie van de tijd en het rechter plaatje de totale beweging in het horizontale vlak. Dit figuur toont aan dat de beweging complex is en dat er een maximale component wordt gevonden in de richting van de schuine pijl. Dit is de maximaal geroteerde PGV (PGV_{maxrot}). Objecten met muren loodrecht op deze richting hebben meer kans op schade. In de benadering van het KNMI wordt aangenomen dat deze maximale component geldt in alle richtingen.



Figuur 12: (a) Voorbeeld van een trillingsopname voor de 3 componenten van een versnellingsmeter (E=oost, N=noord en Z= de verticale component) in tijd. (b) de bijbehorende beweging in het horizontale vlak met daarin de grootste pijl die de waarde aangeeft voor de maximaal geroteerde PGV (uit Ref 14).

Tabel 6: Waarden voor de constanten in bovengenoemde formules

Coëfficiënt	Waarde
C_1	2,2800
C_2	2,2835
C_4	-4,2800
C_{4a}	-0,8000
C_{4b}	-1,7000

11 Bijlage D: Kwaliteitsborging

De kwaliteit van dit seismisch risicobeheersplan wordt geborgd door het NAM ISO 14001 bedrijfsvoeringsstelsel. Het bedrijfsvoeringsstelsel is voornamelijk gericht op de aantoonbare beheersing van de bedrijfsprocessen. Voor elk bedrijfsproces is een op risico's (waaronder risico's voor het milieu) gebaseerd raamwerk van beheersmaatregelen opgesteld (Process Management System). Hieronder volgt een nadere beschrijving van het borgingsstelsel.

11.1 NAM-milieuzorg volgens ISO 14001

Bij de NAM is milieuzorg volledig geïntegreerd in het bedrijfsvoeringsstelsel. Het bedrijfsvoeringsstelsel is voornamelijk gericht op de aantoonbare beheersing van de bedrijfsprocessen. Voor elk bedrijfsproces is een op risico's (waaronder risico's voor het milieu) gebaseerd raamwerk van beheersmaatregelen opgesteld (Process Management System). Voor elk proces is een Proces Eigenaar benoemd, die intern de naleving van de betreffende regelgeving bewaakt.

Het milieuzorgstelsel van de NAM is sinds 1996 gecertificeerd volgens de norm NEN-EN ISO 14001. Het milieuzorgstelsel staat voor een systematische beheersing van de milieuaspecten die een bepaalde mate van risico met zich meebrengen. Verstoring van bodem en ondergrond, inclusief bodembeweging, is door de NAM onderkend als een belangrijk milieuaspect.

Het auditsstelsel is trapsgewijs opgebouwd en bestaat uit interne en externe audits.

11.2 Interne audits en reviews

Bij interne audits wordt nagegaan of het bedrijfsvoeringsstelsel werkt zoals bedoeld. Deze controle vindt periodiek plaats door:

- Systeemaudits door Shell Internal Audit met betrokkenheid van NAM
- Het controleren van de werking en kwaliteit van het opgestelde risicobeheersplan door middel van "peer reviews" op iedere stap zoals beschreven in hoofdstuk 5 van dit document.
- Interne milieuzorgaudits (EMS-audits), waarbij onder meer het functioneren van de verschillende elementen van het milieuzorgstelsel en de werking van de procedures, werkinstructies en meetprotocollen wordt gecontroleerd.
-

11.3 Externe audits ISO 14001

Externe audits op het milieuzorgstelsel van NAM worden door een onafhankelijke geaccrediteerde instelling uitgevoerd. Deze audits vinden plaats in het kader van de ISO 14001 standaard.