



Seismiciteit Respons Protocol – ECW Geo Holding B.V.

ECW Energy aardwarmte project Middenmeer III – doublet MDM-GT-08/MDM-GT-09

ECW Geo Middenmeer B.V.
Agriport 109
1775 TA Middenmeer

Mijnbouwlocatie Middenmeer III
Tussenweg 21
1775 RK Middenmeer

versie 1.0 – 22 september 2022

Samenvatting

Dit *Seismiciteit Respons Protocol* beschrijft hoe en door wie gehandeld wordt in het geval van seismische activiteit in de directe omgeving van de geothermische operatie Middenmeer III (doublet MDM-GT-08/MDM-GT-09) van ECW Energy (hierna: ECW) in Middenmeer. De acties, en interne en externe communicatie zijn afhankelijk van drempelwaarden, welke gedefinieerd zijn in het *Traffic Light System* (TLS). In het normale werkgebied (*groen*, seismiciteit <M1.5) wordt seismische activiteit gedocumenteerd. Bij registratie van een event tussen M1.5 en M2.5 (*geel*) wordt een onderzoek gestart en eventuele productie maatregelen overlegd. Bij een event >M2.5 (*rood*) wordt direct onderzoek gestart, productie maatregelen overlegd, en extern gecommuniceerd. De verschillende niveaus van het TLS zijn tevens afhankelijk van de frequentie van seismische events.

1. Inleiding

Mijnbouwactiviteiten gaan gepaard met risico's, zo ook geothermie. Beheersing en mitigatie van deze risico's, zoals het mogelijk veroorzaken van seismiteit, is van groot belang bij de Nederlandse aardwarmteprojecten. Hoewel de consensus is dat het risico op mogelijke seismiteit bij het type geothermie zoals in Middenmeer (i.e. lage-enthalpie geothermie in matrix-gedomineerde zandsteenreservoirs) laag is (e.g., TNO., 2019; Hooglerarenpanel, 2020; TNO-AGE, 2020), is vooralsnog geen consensus over hoe dit risico in te schatten. In afwezigheid van een duidelijke systematiek wordt de seismische dreiging ten gevolge van aardwarmtewinning in Nederland momenteel geëvalueerd aan de hand van de IF Technology/Q-con leidraad (IF Technology & Q-con, 2016). In lijn met deze methode heeft ECW middels de *Quick Scan* geconcludeerd dat de kans op geïnduceerde seismische events als gevolg van de geothermische operatie Middenmeer III *matig* is. Derhalve is een locatie-specifieke seismische dreiging analyse (SHA) en locatie-specifiek seismisch risico analyse (SRA) zoals omschreven in de IF Technology/Q-con leidraad uitgevoerd door PanTerra Geoconsultants. Deze analyse wijst uit dat met de voorgestelde operationele condities het risico op geïnduceerde seismiteit ten gevolge van de geothermische operaties (Middenmeer I, II, en III) in Middenmeer *verwaarloosbaar* is (Panterra, 2020).

Deze evaluatie van de seismische dreiging is een verplicht onderdeel van het verzoek tot instemming met het tijdelijk winningsplan aardwarmte, welke ECW voor het aardwarmte project Middenmeer III op 23 juli 2021 heeft ingediend bij het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (ECW, 2021). Op 13 juni 2022 heeft het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat ECW verzocht een *Seismiciteit Respons Protocol* op te stellen en in te dienen.

Ondanks het resultaat van de locatie-specifieke seismische dreiging evaluatie stelt ECW dat het raadzaam is om *proactief te monitoren op seismiteit* in het gebied waar geothermie plaatsvindt, en tevens een zogenaamd *Traffic Light Systeem* (TLS) aan te houden. Dit TLS dicteert hoe ECW handelt bij overschrijding van drempelwaarden of een bepaalde frequentie van voorkomen van geïnduceerde seismiteit, met als doel de veiligheid voor de omgeving te waarborgen. De drempelwaarden en acties zijn samen met een communicatiematrix gevat in het *Seismiciteit Respons Protocol*. Dit protocol dicteert hoe en door wie gehandeld wordt in alle situaties, en met wie gecommuniceerd dient te worden.

Dit document geeft uitvoering aan het voornoemd verzoek van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, en beschrijft het *Seismiciteit Respons Protocol* voor de geothermische operatie Middenmeer III van ECW.

2. Seismiciteit Respons Protocol (SRP)

In het *Seismiciteit Respons Protocol* worden verschillende elementen samengebracht: de drempelwaarden die het TLS definiëren, de acties die verbonden zijn aan het overschrijden van drempelwaarden, en de communicatiematrix, maar ook de herstelactiviteiten om weer op een lager risiconiveau terecht te komen. De operator is verantwoordelijk voor het volgen van dit SRP. In het geval van significante verandering in de operationele of ondergrondse situatie nabij de mijnbouwlocatie kan dit SRP in overleg met het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat geactualiseerd worden.

2.1 Seismisch Risico Coördinatie Team (SRCT)

In het kader van de beheersing en mitigatie van het seismisch risico bij de geothermische operaties in Middenmeer is het *Seismisch Risico Coördinatie Team* (SRCT) gevormd (Tabel 1). Het SRCT bestaat uit vertegenwoordigers van de operator met ondersteuning van Veegeo B.V. Het SRCT vormt het eerste contactpunt voor alles inzake seismiciteit. Het SRCT is verantwoordelijk voor de verwerking, analyse, documentatie, en communicatie van de geregistreerde seismische activiteit nabij de mijnbouwlocatie.

Tabel 1. Gegevens Seismisch Risico Coördinatie Team (SRCT).

Persoon	Organisatie	Functie	Contactgegevens
[REDACTED]	ECW Energy	Productie geoloog/ reservoir engineer	[REDACTED]@ecwenergy.nl
[REDACTED]	ECW Energy	Manager Geosystemen	[REDACTED]@ecwenergy.nl
[REDACTED]	ECW Energy	QHSE manager	[REDACTED]@ecwenergy.nl
[REDACTED]	ECW Energy	Directeur	[REDACTED]@ecwenergy.nl
[REDACTED]	Veegeo	Sr. Geoloog / Expert Seismiciteit	[REDACTED]@veegeo.nl

2.2 TLS en drempelwaarden

De drempelwaarden die in het TLS gebruikt worden zijn weergegeven in Tabel 2. Hierbij gaat het om een seismisch event in de *directe omgeving* van de geothermische operatie (zie Technische bijlage 4.1 voor bepaling van *directe omgeving*). Bij seismiciteit beneden M1.5 is de dreiging verwaarloosbaar en is het zeer waarschijnlijk dat events niet eens voelbaar zijn. Tussen de magnitude 1.5 en 2.0 is een event wellicht voelbaar. Tussen de magnitude 2.0 en de 2.5 is er een kleine kans op schade, en boven de M2.5 neemt de kans op schade toe.

In het recente rapport aangaande de risico's van eventuele seismiciteit bij geothermie beschouwt TNO-AGE een magnitude grenswaarde (Mmax) van 3.5 als substantieel voor geothermie (TNO-AGE, 2020). Echter is volgens het advies van het hooglerarenpanel aangaande het risicobeleid seismiciteit van geothermie een Mmax niet meer dan 1.5 op de schaal van Richter realistisch (Hooglerarenpanel, 2020). Desalniettemin concludeert TNO-AGE (2020) dat in het geval van een geïnduceerde event van M3.5 ten gevolge van geothermische activiteit de schade beperkt blijft tot *damage state 2* (DS2, volgens de EMS-98 Europese Macroseismische Schaal): beperkte tot herstelbare schade. Bovendien erkent het hooglerarenpanel dat bij een dergelijk Mmax=3.5 het Lokaal Persoonlijk Risico (LPR – i.e., de kans op slachtoffers aan het oppervlakte) kleiner dan 10^{-5} is; dit valt binnen het Nederlandse risicobeleid voor seismische veiligheidsrisico voor alle vormen van geothermie (Hooglerarenpanel, 2020). Daarenboven verwacht de Technische commissie bodembeweging (Tcbb) in haar adviezen inzake de winningsplannen van de nabij gelegen, vergelijkbare geothermische operaties in Middenmeer (Middenmeer I en Middenmeer II) dat er bij het optreden van een geïnduceerde event de schade in de buurt van het epicentrum voor het merendeel van cosmetische, niet constructieve aard zal zijn, en dat enige lichte constructieve schade kan optreden (Tcbb, 2020a & b).

Tabel 2. TLS en drempelwaarden voor seismisch risico beheersing en mitigatie.

Niveau	Magnitude	Seismiciteit en consequentie	Interne communicatie	Acties	Externe communicatie
Groen	$M < 1.5$	Normaal werkgebied Niet voelbaar, kans op vragen	SRCT komt elk kwartaal bijeen om SRP te evalueren	Documentatie seismische activiteit in omgeving	Geen
Geel	$1.5 < M < 2.0$	Voelbaar, kans op onrust	SRCT komt bijeen op eerste werkdag na publicatie event	Onderzoeken event t.o.v. geologisch model	SCRT neemt contact op met: - KNMI over event analyse
	$2.0 < M < 2.5$	Voelbaar en kleine kans op schade	SRCT komt bijeen op eerste werkdag na publicatie event	Onderzoeken event t.o.v. putactiviteit geologisch en geomechanisch model	SRCT neemt contact op met: - KNMI over event analyses - SodM voor productie maatregelen
Rood	$M > 2.5$	Voelbaar, kans op schade	SRCT komt binnen 12 uur na publicatie event bijeen	Onderzoeken event t.o.v. putactiviteit en geologisch en geomechanisch model	SCRT neemt contact op met: - Veiligheidsregio voor crisis management - KNMI over event analyse - SodM over productie maatregelen - informeert decentrale overheden, en externe stakeholders

Ook wanneer meerdere kleine events plaatsvinden in de *directe omgeving* van de mijnbouwlocatie binnen een bepaalde tijd kan sprake zijn van een toenemend risico. Daarom wordt ook daarop gestuurd, middels Tabel 3.

Tabel 3. Seismisch event frequentiematrix binnen één jaar.

Magnitude	Aantal seismische events binnen één jaar		
	1 seismisch event	3 seismische events	5 of meer seismische events
$0.5 < M < 1.0$			
$1.0 < M < 1.5$			
$1.5 < M < 2.0$			
$2.0 < M < 2.5$			
$M > 2.5$			

2.3 Acties en communicatie protocol

In overeenkomst met het aanwezige VG-zorgsysteem zijn het TLS en seismisch event frequentie verdeeld in drie oplopende niveaus: *groen*, *geel*, en *rood* (Tabellen 2 en 3). Hierbij is het gele niveau van het TLS opgedeeld in twee subcategorieën, welke afhankelijk zijn van de magnitude van het seismische event. De bijhorende acties, en interne en externe communicatie worden hieronder beschreven.

Niveau Groen (*normaal werkgebied*)

Normaal werkgebied, gedurende het jaar worden de volgende acties ondernomen:

- Documentatie en analyse van de door KNMI gepubliceerde events en gemeten bodemtrillingen in de regio (zie Technische bijlage 4.2 voor het *Seismisch Monitoring Plan*).
- Het SRCT komt eens per kwartaal bijeen om de resultaten van het *Seismisch Monitoring Plan* te evalueren en bespreken.

Niveau Geel (*verhoogde waakzaamheid, eventueel terugtoeren productie 20%*)

Binnen het gele niveau is de respons afhankelijk van de magnitude van het event: (a) $1.5 < M < 2.0$, en (b) $2.0 < M < 2.5$:

- a) Op eerste werkdag na de publicatie van het seismische event ($1.5 < M < 2.0$) door het KNMI:
- Het SRCT komt bijeen voor een nadere analyse van het seismische event ten opzichte van de locatie, het geologische ondergrondmodel, putlocatie, en breuken.
 - Het SRCT neemt contact op met het KNMI om de interpretatie (magnitude- en locatie-onzekerheid) nader te bespreken.
 - Geen productie maatregelen.
- b) Op de eerste werkdag na de publicatie van het seismische event ($2.0 < M < 2.5$) door het KNMI:
- Het SRCT komt bijeen voor een nadere analyse van het seismische event ten opzichte van de locatie, het geologische ondergrondmodel, putlocatie, en breuken.
 - Het SRCT neemt contact op met het KNMI om de interpretatie (magnitude- en locatie-onzekerheid en shake-maps) nader te bespreken.
 - Het SRCT evalueert mogelijke correlatie van het seismische event met putactiviteit.
 - Het SRCT neemt na onderzoek van het event contact op met Staatstoezicht op de Mijnen om eventuele productie maatregelen te overleggen (terugtoeren productie met 20%).
 - Het SRCT zal de aannames in het geologisch- en geomechanisch model en de seismisch risico analyse herzien, en op basis hiervan in overleg met Staatstoezicht op de Mijnen de productie maatregelen aanpassen.

Niveau Rood (*terugtoeren productie 50%, onderzoek, externe communicatie*)

Binnen 12 uur na publicatie van het seismische event ($M > 2.5$) door het KNMI:

- Het SRCT neemt contact op met de veiligheidsregio Noord-Holland Noord voor crisis management.
- Het SRCT neemt contact op met het KNMI om de interpretatie (magnitude- en locatie-onzekerheid, en shake-maps) nader te bespreken.
- Het SRCT neemt contact op met Staatstoezicht op de Mijnen en bespreekt productie maatregelen (terugtoeren productie met 50%).
- Het SRCT neemt contact op met de gemeente Hollands Kroon om afspraken te maken over externe communicatie.

Binnen 48 uur na publicatie van het seismische event ($M > 2.5$) door het KNMI:

- Het SRCT stelt een specifiek actie- en communicatieplan op in overeenstemming met het bevoegd gezag.
- Het SRCT plaatst een persbericht op de webpagina van de geothermische operaties, inclusief verwijzing naar de locatie voor meldingen van schade.
- Het SRCT informeert het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, de provincie Noord-Holland, en het Hoogheemraadschap van Hollands Noorderkwartier.

Verdere acties na 48 uur na publicatie van het seismische event ($M > 2.5$) door het KNMI:

- Het SRCT komt bijeen voor een nadere analyse van het seismische event ten opzichte van de locatie, het geologische ondergrondmodel, putlocatie, en breuken.
- Het SRCT evalueert mogelijke correlatie van het seismische event met putactiviteit.
- Het SRCT zal de aannames in het geologisch- en geomechanisch model en de seismisch risico analyse herzien, en op basis hiervan in overleg met Staatstoezicht op de Mijnen de productie maatregelen aanpassen.

3. Contactlijst

Tabel 4 weergeeft de contactlijst voor de opvolging van een seismisch event in de omgeving van de mijnbouwlocatie is hieronder aangegeven. De lijst geeft aan welke personen/organisaties (inclusief contactgegevens) gecontacteerd worden afhankelijk van het niveau van het acties en communicatie protocol (sectie 2.3).

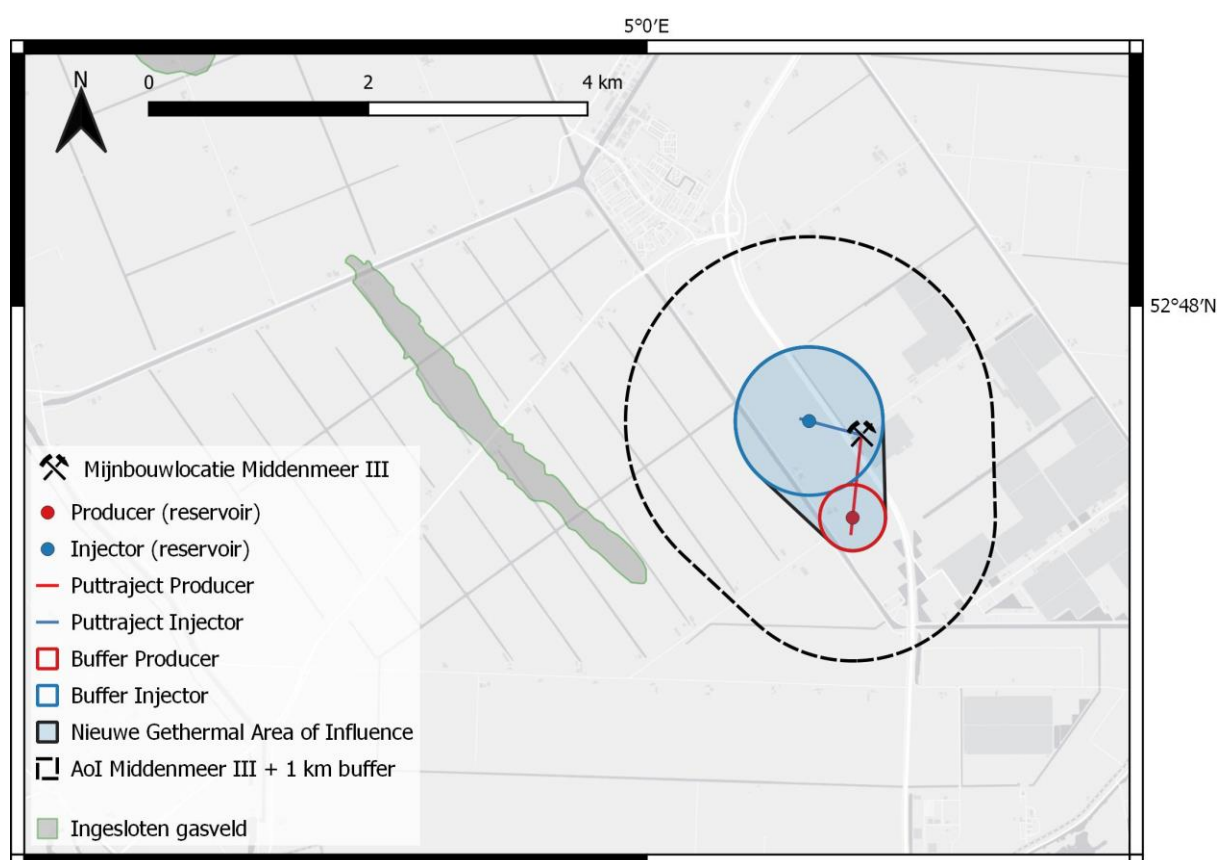
Tabel 4. Contactlijst voor de opvolging van een seismisch event in de omgeving.

Organisatie	Persoon	Contactgegevens
KNMI		@knmi.nl
		@knmi.nl
		/
Veiligheidsregio Noord-Holland Noord	Calamiteiten nummer	Bij nood: 112 Wel spoed, geen nood: 0900-0904
Staatstoezicht op de Mijnen	/	@sodm.nl /
	Calamiteiten nummer	/
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat		@minezk.nl /
		@minezk.nl
		/
Gemeente Hollands Kroon	Algemeen	088-331 50 00
	Calamiteiten	088-321 55 55
Provincie Noord-Holland	Servicepunt	0800-0200 600
		servicepunt@noord-holland.nl
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Algemeen	072-582 82 82
	Calamiteiten 24/7	0800-1430

4. Technische bijlage

4.1 Bepaling directe omgeving nabij mijnbouwlocatie

De *directe omgeving* van de mijnbouwlocatie is afhankelijk van de *Geothermal Area of Influence*. In de nieuwe versie van de seismische dreiging screening wordt dit gebied bepaald door de zone binnen twee buffers om de putmonden van de productie- en injectieput op reservoir niveau (Mijnlieff & Jaarsma, 2022). De buffer om de productieput (MDM-GT-08) is 300 m. De buffer om de injectieput (MDM-GT-09) is $0.7 \times \text{horizontale afstand tussen producer en injector op reservoirniveau}$. Voor de injector betreft dit $0.7 \times 961 = 673$ m. De *Geothermal Area of Influence* is het gebied dat deze twee buffers omhult. De *directe omgeving* van de mijnbouwlocatie waarbinnen het TLS geldt is afhankelijk van de *locatie-onzekerheid* van het KNMI-meetnetwerk (i.e. de onzekerheid van de locatie-bepaling van een seismisch event). Nabij Middenmeer is deze <1 km (KNMI, pers. comm, 2022). De *directe omgeving* nabij de mijnbouwlocatie is hierdoor gedefinieerd als de zone binnen de nieuwe *Geothermal Area of Influence* plus een buffer van 1 km (Figuur 1).



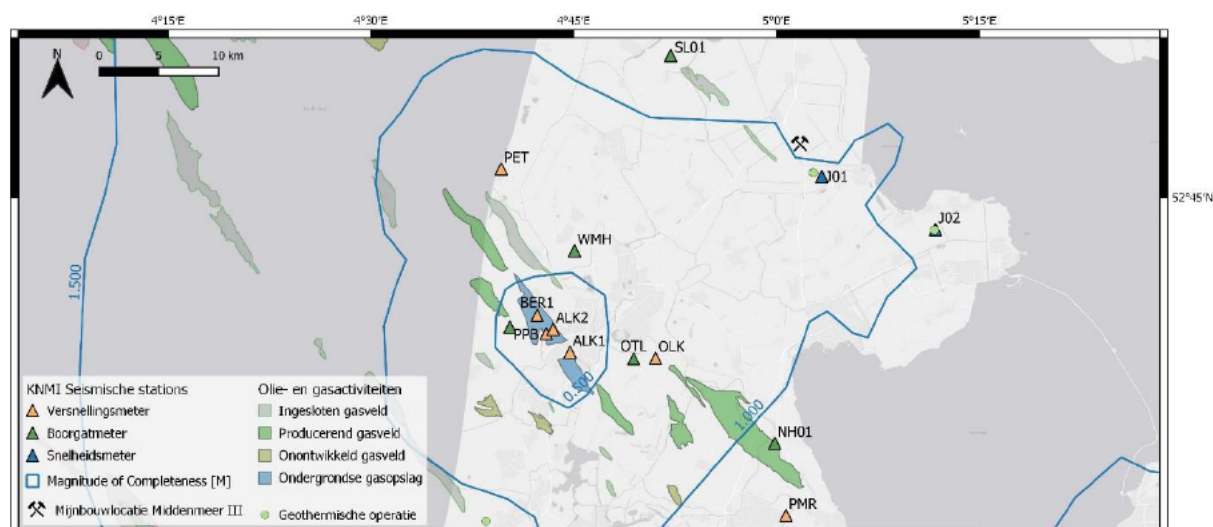
Figuur 1. De *directe omgeving* nabij de mijnbouwlocatie Middenmeer III in Middenmeer: de zone waarbinnen het TLS geldt.

4.2 Seismisch Monitoring Plan met integratie KNMI-data

Voor de monitoring van bodemtrillingen nabij geothermische operaties in Middenmeer wordt de operator ondersteund door Veegeo B.V. De monitoring, documentatie, en analyse van bodemtrillingen nabij de mijnbouwlocatie zijn op basis van de gepubliceerde events door KNMI en analyse van ruwe *waveform* data van de nabij gelegen meetstations van het KNMI meetnetwerk (KNMI, 1993) (Tabel 5 en Figuur 2). De *magnitude of completeness* (MoC) [M_L] van het KNMI meetnetwerk nabij de mijnbouwlocatie betreft 1.0–1,5 op de Schaal van Richter (Kruiver et al., 2021) (Figuur 2). Het *Seismische Monitoring Plan* kan geactualiseerd worden in overleg met het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en KNMI. Redenen voor actualisatie zijn onder andere analyse resultaten van de voorgaande monitoring periode en aanpassingen aan de meest recente technische en wetenschappelijke inzichten.

Tabel 5. Meetstations van het KNMI seismisch meetnetwerk in Noord-Holland

Station	Site naam	Type meetstation	Startdatum	Afstand tot Mijnbouwlocatie [km]
J01	Middenmeer	Snelheidsmeter	2014-06-01	3.20
J02	Andijk	Snelheidsmeter	2018-09-01	13.30
SL01	Anna Paulowna	Boorgatstation	2017-05-12	13.04
WMH	Warmenhuizen	Boorgatstation	1995-04-21	20.72
PPB	Philisteinsche Polder	Boorgatstation	1995-02-10	28.52
OTL	Oterleek	Boorgatstation	1995-04-21	22.54
NH01	Oosthuizen - Middelie	Boorgatstation	2019-12-16	24.90
PET	Petten	Versnellingsmeter	2019-07-24	24.92
BER1	Bergen - Nesdijk	Versnellingsmeter	2019-11-18	26.07
BER2	Bergen - Groeneweg	Versnellingsmeter	2019-07-25	26.31
ALK1	Alkmaar - Theater	Versnellingsmeter	2019-11-19	25.76
ALK2	Alkmaar - Bergerweg	Versnellingsmeter	2019-07-24	25.64
PMR	Purmerend	Versnellingsmeter	2022-03-25	30.86
OLK	Oterleek	Versnellingsmeter	2022-05-17	21.43



Figuur 2. Overzicht van KNMI seismische meetstations en *magnitude of completeness*, olie- en gasvelden, en andere geothermische operaties in de omgeving van de mijnbouwlocatie.

In het geval dat het KNMI een seismisch event registreert in de omgeving van de mijnbouwlocatie wordt direct een *Automatisch Seismiciteit Alert* email verstuurd naar het SRCT. Dit is op basis van de FDSNWS client server waaraan het KNMI seismisch meetnetwerk verbonden is.

Daarnaast worden dagelijks de bodemtrillingen gemeten bij de dichtgelegen meetstations verwerkt (Tabel 1). Hierbij gaat het om de trilling-data van de oppervlaktemeters en de diepste boorgat sensoren. Per meetsensor wordt de ruwe data (MiniSEED) voor de drie meetrichtingen (*channels*) eerst voorbereikt (*pre-processing*) en gefilterd tussen 1 en 20 Hz, waarna verschillende absolute parameters per dag in mm/s worden berekend: gemiddelde *hourly median*, gemiddelde *hourly P90*, gemiddelde *hourly standard deviation*, en de *maximum amplitude*. Daarenboven worden *network coincidence triggers* (waarbij op een kort interval, bij verschillende meetstations hoge waarden gemeten worden) gekarakteriseerd en geanalyseerd.

Deze analyses van de bodemtrillingen nabij de mijnbouwlocatie worden vervolgens geëvalueerd door de tijd middels trend- en frequentieanalyse. De bevindingen worden maandelijks gesommeerd in het *Veegeo Seismisch Monitoring Dashboard*. Deze gaat gepaard met een toelichting waar de data en analyses in detail gedocumenteerd worden.

Referenties

- ECW Geo Holding B.V. (2021), *Aanvraag Tijdelijk winningsplan Aardwarmte Middenmeer III*, versie 14 oktober 2021
- Hooglerarenpanel (2020), *Advies hooglerarenpanel Risico beleid seismiciteit overige mijnbouw – Advies geothermie*, 25 november 2020
- IF Technology & Q-con (2016), *Defining the framework for seismic hazard assessment in geothermal projects*.
- KNMI (1993), *Nederlands Seismisch en Akoestisch Netwerk*, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. [10.21944/e970fd34-23b9-3411-b366-e4f72877d2c5](https://doi.org/10.21944/e970fd34-23b9-3411-b366-e4f72877d2c5)
- KNMI (2022), E. Ruigrok, persoonlijke communicatie per email op 18 februari 2022 aangaande voorlopige resultaten locatie-onzekerheid van KNMI seismisch meetnetwerk.
- Kruiver et al., 2021, *Ontwerp monitoringsnetwerk voor geïnduceerde seismiciteit ten gevolge van mijnbouwactiviteiten*, KNMI rapport TR-391
- Mijnlieff en Jaarsma (2022), *Concept SHRA deel 1: SHRA screening*, februari 2022, TNO-AGE/EBN
- PanTerra Geoconsultants B.V. (2020). *Middenmeer Seismic Hazard Analysis*, P2000116F
- Tcbb, (2020a), *Tcbb-advies inzake verzoek tot instemming met winningsplan Middenmeer I (aardwarmte)*, Technische commissie bodembeweging, 31 maart 2020
- Tcbb, (2020b), *Tcbb-advies inzake verzoek tot instemming met winningsplan Middenmeer II (aardwarmte)*, Technische commissie bodembeweging, 31 maart 2020
- TNO (2019), *Review of worldwide geothermal projects: mechanisms and occurrence of induced seismicity*, TNO report R100043.
- TNO-AGE (2020), *Risico's van eventuele seismiciteit bij geothermie*, TNO-AGE rapport AGE-20-10.036.