



BEZORGEN

Het Ministerie van Economische Zaken
De minister, zijne excellentie de heer H.G.J. Kamp
t.a.v. de directie Energiemarkt
Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC Den Haag

Uw ref: DGTEM-
EM/13216580

Onze ref: EP201312212241

Assen, 23 december 2013

Onderwerp: Toelichting op gewijzigd Winningsplan Groningenveld

Excellentie,

Bij brief met bovengenoemde kenmerk heeft u NAM verzocht de op 29 november jongstleden ingediende wijziging van het winningsplan Groningen op bepaalde punten nader toe te lichten. U heeft aangegeven dat u de toelichting graag uiterlijk 24 december aanstaande ontvangt.

Hierbij treft u deze toelichting aan.

Vragen

U heeft de volgende vragen gesteld.

1. De set nog door NAM door te rekenen productiescenario's dient (ten minste) te bestaan uit:

- het NAM 'market demand'-scenario;
- het NAM 'market demand'-scenario met insluiting van de vijf clusters rond Loppersum (LRM, OVS, PAU, POS, ZND).

Elk bovengenoemd productiescenario dient te zijn doorgerekend met het RTCM of isotach compactiemodel met lage waterinstroming vanuit het noorden, gebruikmakend van veldgeoptimaliseerde compressabiliteit.

2. Voor de diverse scenario's dient bepaald te worden wat het effect is op de bodemdaling, de seismische hazard, het seismisch risico voor het gebied rondom Loppersum en op de totale Groningenproductie. Zowel voor een periode van 3 jaar, 5 jaar als voor een periode van 10 jaar. De gewenste output voor ieder scenario zijn PGA-hazardmaps bij overschrijdingskansen van 2%, 10% en 50% (zoals figuur 8.6 op bladzijde 125 van de technische bijlage bij het winningsplan) en een grafiek en tabel van de PGA tegen de overschrijdingskans (zoals op bladzijde 126 in de technische bijlage). Bij voorkeur als getallen in digitale vorm. En daarnaast de gebruikelijke output zoals bodemdalingskaarten en het verloop van het compactievolumen en de bodemdaling (lijn en mapview) in de tijd.

3. Ten slotte ontvang ik graag een beschouwing met betrekking tot de risico's en de weging daarvan. In het winningsplan wordt weliswaar verwezen naar de onderliggende rapporten, maar het is behulpzaam ten behoeve van de verdere besluitvorming dat deze nog eens in samenhang worden geduid.

Ad 1 en 2

De door u gevraagde gegevens zijn opgenomen in **bijlage 1** bij deze brief.

Ad 3:

De door u gevraagde beschouwing is uiteengezet in een interne notitie, die bij deze brief is gevoegd als **bijlage 2**.

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Hoogachtend,
Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.



5.1.2e

B.E.C. van de Leemput
Directeur

Bijlagen:

1. Technische bijlage
2. Notitie Risicobenadering seismisch risico Groningen

Bijlage 1



NAM Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

Supplementary information to the "Technical Addendum of the Winningsplan Groningen 2013"

Business Approval:

Name	Ref. Indicator	Role	Signature	Date

Version Control:

Version	Objective	Comment	Issue Date

Document Number: EP201312212261

Contents

Executive Summary	4
1 Introduction	6
2 Groningen Model Realisations	6
3 Additional Depletion Scenarios	7
4 Compaction Modelling	11
4.1 Aquifer Model	11
4.2 Compaction Model	11
5 Hazard Assessment	14
5.1 Depletion Scenario 1	14
5.2 Depletion Scenario 2	16
6 Discussion and Conclusions	18
7 Appendix A – PGA comparison for the additional depletion scenarios	19
8 Appendix B – Subsidence data for depletion scenario 1	21
9 Appendix C – Subsidence data for depletion scenario 2	23

Executive Summary

Following the submission of the Groningen Winningsplan 2013 on 29th November 2013, a request was made by the Ministry of Economic Affairs to evaluate additional production scenarios. The objective of this supplement is to discuss these additional production scenarios.

In addition to the production scenarios described in the “Technical Addendum to the Winningsplan, Groningen 2013” another two scenarios have been evaluated, one to test a different compaction model in combination with a different aquifer model (Depletion Scenario 1) and another one to test a different way of depletion aiming to reduce seismicity in the core area (at least temporarily) by changing the offtake pattern (Depletion Scenario 2):

1. A Market Demand scenario with the isotach compaction model and with a weak aquifer in the north of the field (G2). For the isotach model, a compaction coefficient was taken that is in line with the compaction coefficient used for the time-decay compaction model.
2. A 30 Bcm/year production scenario with the isotach compaction model and with a weak aquifer in the north of the field (G2), with 5 production clusters (LRM, OVS, PAU, POS and ZND) around Loppersum closed in.

The second scenario is for the initial years (2014 – 2017) similar to the Alternative Production Philosophy presented in the “Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013” (scenario option A2 in table 3.2 of the Technical Addendum, page 50). In this scenario the same 5 production clusters around Loppersum are closed in until 2017.

The maximum PGA (Peak Ground Acceleration) values for the 2 additional scenarios are shown in the table below:

Scenario 1	Period	Maximum PGA		
		P ₅₀	P ₁₀	P ₂
	2013 - 2016	0.02g	0.16g	0.39g
	2013 - 2018	0.04g	0.23g	0.52g
	2013 - 2023	0.08g	0.40g	0.79g

Scenario 2	Period	Maximum PGA		
		P ₅₀	P ₁₀	P ₂
	2013 - 2016	0.02g	0.13g	0.33g
	2013 - 2018	0.03g	0.19g	0.43g
	2013 - 2023	0.05g	0.30g	0.65g

Scenario 1

The fit between measured subsidence and modelled subsidence is worse for the weak aquifer model (G2) than for the moderate aquifer model (G1).

The seismic hazard (expressed as maximum PGA) for the subsurface realisation with a weak aquifer (G2) is higher than the seismic hazard predicted on the basis of the subsurface realisation with a moderate aquifer (G1). This is related to overprediction of subsidence in particularly the north-western part of the Groningen field (the G2 model shows a poor match with observed subsidence data in particularly that part of the field).

Seismic hazard maps indicate that the area with the highest PGA value has moved to the north-west for the the subsurface realisation with a weak aquifer (G2) compared to the subsurface realisation with a

moderate aquifer (G1). This has moved the area with the highest PGA value away from the area with highest observed seismicity.

Scenario 2

The following observations can be made for this scenario:

- This alternative production scenario temporarily reduces compaction and consequently the seismic hazard in the area with the highest level of seismicity.
- A pressure differential builds up over the field, leading to an increased pressure differential across faults (NAM's current production philosophy aims at minimising pressure differentials across the field). These higher pressure differentials may increase stresses across faults and may consequently increase seismicity. The combined impact on the seismic hazard of reduced compaction with increased pressure differentials cannot be determined with the current model. A 3D geomechanical model including faults offers the possibility to assess the combined effect. Such model allowing effective subsurface stress management is under development.
- Production is stable at 30 Bcm/yr for 4 years and thereafter rapidly declines further.

Based on these results, we conclude that:

- The weak aquifer model provides a poor match with observed subsidence data, especially in the north-western part of the field, and consequently overestimates the seismic hazard
- The close-in of 5 clusters around Loppersum provides a temporary 15-18% reduction of the maximum PGA in the area with the highest level of seismicity, but
 - The associated increase in pressure differentials across the field may in turn increase seismicity. The combined effect of reduced compaction and increased pressure differentials can only be assessed by means of a 3D geomechanical model. Such model is currently under development
 - After a short plateau of 4 years the production level rapidly declines.

1 Introduction

Following the submission of the Groningen Winningsplan 2013 on 1st December 2013, a request was made by the Ministry of Economic Affairs to evaluate additional production scenarios. The objective of this supplement is to discuss these additional production scenarios.

2 Groningen Model Realisations

As part of the Groningen field review (2012), a set of subsurface realisations of the Groningen field has been developed, capturing the full subsurface uncertainty range. This set is based on a single structural and static model, while reservoir properties (e.g. transmissibility of major faults and the strength of critical aquifers) differ between the different realisations in this set. Different combinations of these reservoir properties led to different qualities of match between the modelled reservoir pressure and water encroachment and the observed reservoir pressure and water encroachment in the field.

The recent review of the static and dynamic models of the Groningen field by SGS Horizon focussed on the best matched model, but also addressed whether the set of selected subsurface realisation models (based on the quality of the history match) reflected the full reservoir uncertainty. In their Opinion Letter, SGS Horizon states *"The (computer assisted) history matching methodology, which employs Shell proprietary software, is clearly documented and is thorough. This has resulted in a suite of acceptable history matched reservoir realisations."* The suite of acceptable history matched models included models with different transmissibility of major faults and the strength of critical aquifers (including the northern aquifers).

Two of these subsurface realisations of the Groningen field were used in the "Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013"; these are labelled G1 and G2. The G2 model is the best matched model from the history matching process, based on reservoir pressure and water encroachment from the aquifers in the north of the field. For this reason, it is used as the base case for development planning in the Groningen field. However, compaction modelling based on this reservoir realisation model showed some discrepancies with the measured subsidence at surface in the north of the field and adjacent aquifers. It has been suggested that this might be attributed to a lower actual reservoir porosity in this area than the average modelled porosity. A possible explanation for such a discrepancy could be the limited well and therefore data density in this peripheral part of the field. Some of the models in the set of realisations showed a better match between the modelled and the observed subsidence.

A subsurface realisation with a stronger aquifer north of the field resulted in an improved match between the modelled and the observed subsidence. Note that this realisation still overpredicts the subsidence in this peripheral area. While the match for reservoir pressure was still acceptable, the modelled water encroachment in the north of the field was slightly larger than seen in the observation wells. This suggests that a further improved match can possibly be achieved with a model based on a lower local porosity. In the coming year, such a model will be constructed and history matched to investigate this hypothesis. In the technical studies in support of the winningsplan, the model with the larger aquifer and closer correspondence between the modelled and observed subsidence in the north of the field was labelled G1. As compaction plays a crucial role for induced earthquakes, this G1 model was preferred and used for the seismic hazard assessment.

In section 3.6 (pg 49) of the "Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013", the labels for these two models have erroneously been switched in the following sentence:

"Two geological models were used, i.e. the best history matched model based on reservoir pressure (G1) and a model with additional changes in the porosity and aquifer strength in the northwest of the field to improve the match of the modelled subsidence with the measured subsidence data (G2)"

3 Additional Depletion Scenarios

In addition to the production scenarios described in the "Technical Addendum to the Winningsplan, Groningen 2013" another two scenarios have been evaluated:

1. A Market Demand scenario with the isotach compaction model and with a weak aquifer in the north of the field (G2). For the isotach model, a compaction coefficient was taken that is in line with the compaction coefficient used for the time-decay compaction model.
2. A 30 Bcm/yr production scenario with the isotach compaction model and with a weak aquifer in the north of the field (G2), with 5 production clusters (LRM, OVS, PAU, POS and ZND) around Loppersum closed in.

In the "Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013", an alternative production philosophy aimed at reducing production in the Loppersum area has been evaluated (labelled A2, see table 3.1 on page 50). In this philosophy, the clusters located at a larger distance from the seismically more active Loppersum area are produced preferentially, while production from the clusters located closer to this area is reduced. Sensitivities associated with the implementation of this philosophy were presented in the "Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013" with curtailment to 30 Bcm/year and 40 Bcm/year.

When this alternative production philosophy is implemented for subsurface realisation model G1 (stronger aquifer) with a curtailment to 30 Bcm/year, the clusters near Loppersum (ZND, OVS, PAU, POS and LRM) are producing only minimal volumes (<1 Bcm/year) for the period 2014 to 2017. These 5 clusters are in this scenario effectively closed-in for this four-year period, refer figure 3.1a and 3.1b.

The production philosophy where 5 clusters are closed-in (as in the additional scenario 2) is for the period 2014 to 2017 very similar to the scenario presented in the "Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013", based on the G1 model where the alternative depletion scenario was implemented with curtailment to 30 Bcm/year.

The production forecast for the additional scenario with a 30 Bcm/yr curtailment, where 5 clusters in the north of the field are closed-in, is shown in figures 3.2a and figure 3.2b. In this scenario, the production decline starts in 2018, consistent with the start of the ramp up of the northern clusters in case of the alternative production strategy.

The Ministry of Economic Affairs also requested to evaluate a Market Demand scenario with the 5 northern clusters closed-in. This is effectively a scenario with 40 Bcm/yr in 2014 (the maximum production level with 5 clusters closed-in) and steadily declining production levels down to 30 Bcm/yr around 2019 and further down in later years (see Figure 3.3a and 3.3b). In this scenario, there is already in the near-term no excess capacity available as all clusters are produced full out. The Norg underground gas storage is in this case the only supplier of flexible capacity. This facility is currently being expanded to a working volume of 7 Bcm in 2017. The resulting seismic hazard for this scenario was not assessed in detail, but will be between the values for the end-member scenarios 1 and 2.

Closing-in of 5 clusters also affects the recovery from the field. At the current base case abandonment date of 2080, the difference in recovery at this date between production from all clusters and production with 5 clusters closed-in is some 36 Bcm (based on subsurface realisation model G2).

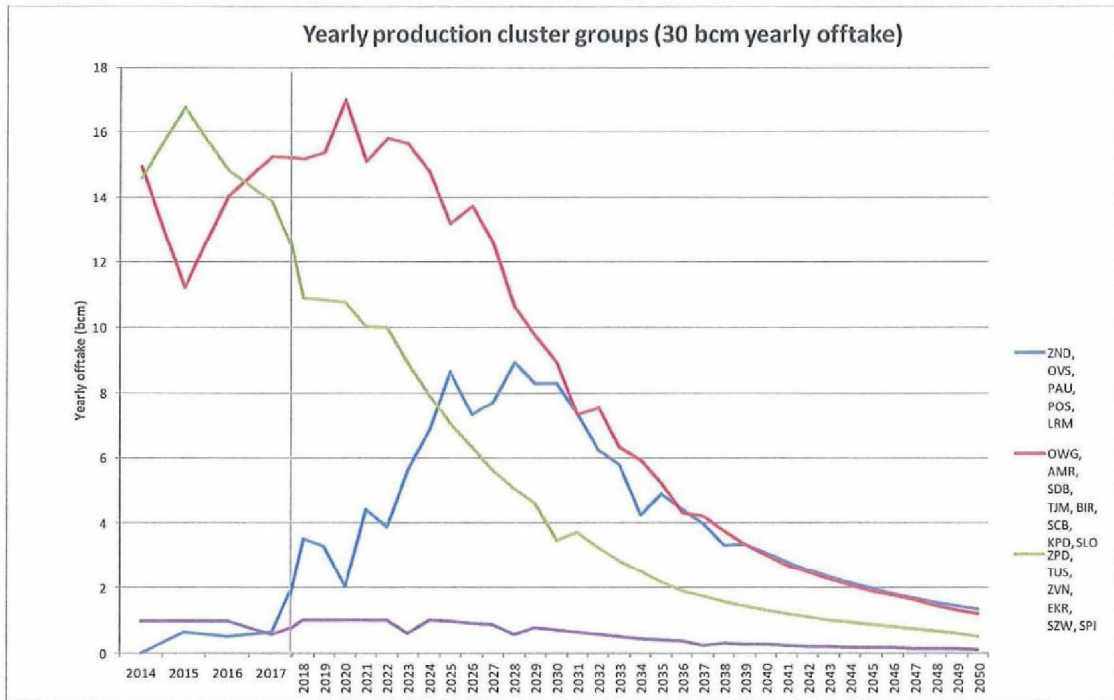


Figure 3.1a Production forecast using the G1 model for the alternative production philosophy with production curtailment to 30 Bcm/year. The contributions to the gas production of the northern clusters (blue), the central clusters (red), the southern clusters (green) and Eemskanaal cluster (purple) is shown. The time-axis has been split to highlight the period 2014 to 2017.

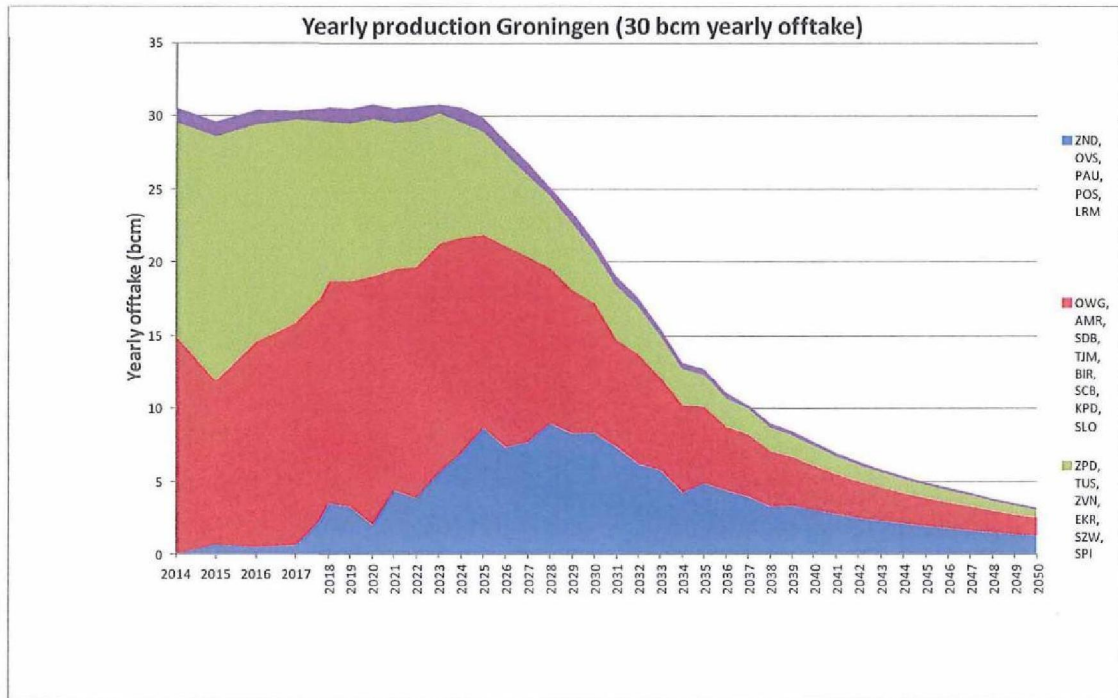


Figure 3.1b Production forecast using the G1 model for the alternative production philosophy with production curtailment to 30 Bcm/year. The stacked contributions to the gas production of the northern clusters (blue), the central clusters (red), the southern clusters (green) and Eemskanaal cluster (purple) is shown. The time-axis has been split to highlight the period 2014 to 2017.

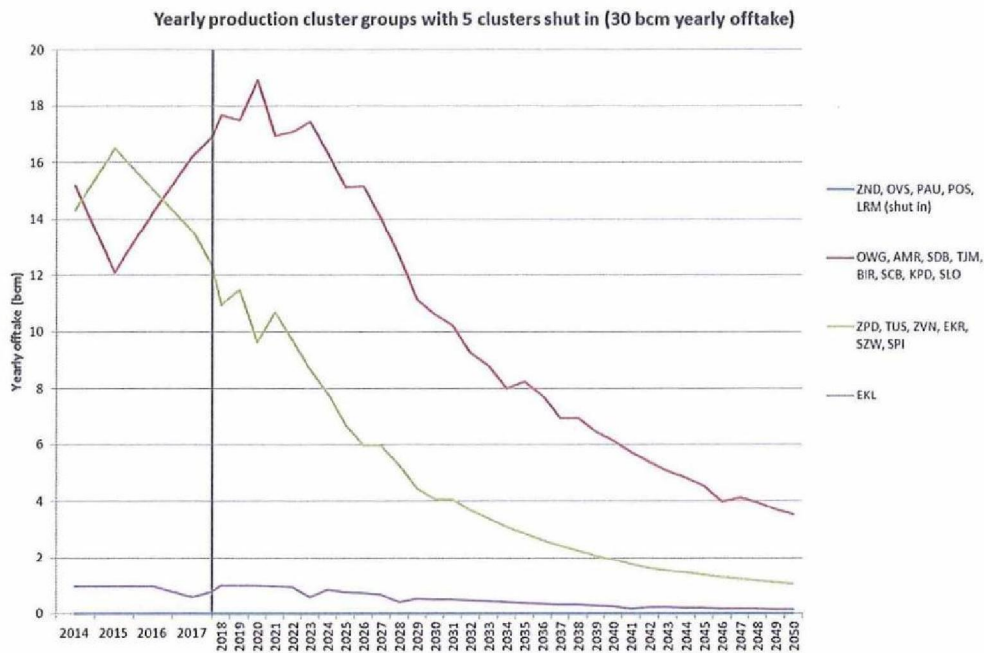


Figure 3.2a Production forecast using the G2 model with the 5 northern clusters closed-in with production curtailment to 30 Bcm/year. The contributions to the gas production of the northern clusters (blue), the central clusters (red), the southern clusters (green) and Eemskanaal cluster (purple) is shown. The time-axis has been split to highlight the period 2014 to 2017.

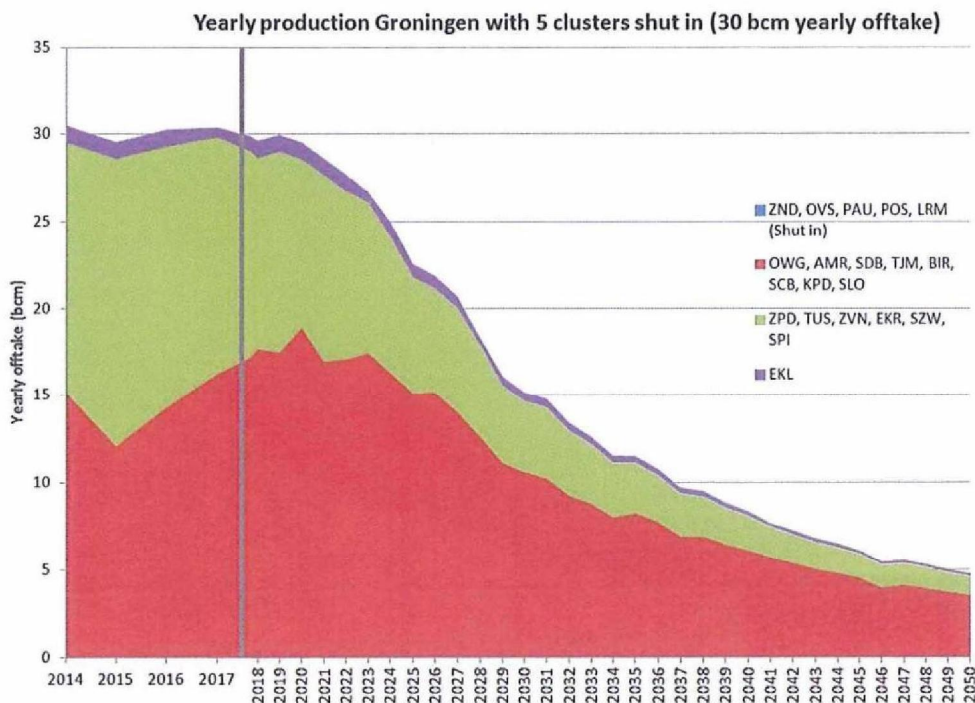


Figure 3.2b Production forecast using the G2 model with the 5 northern clusters closed-in with production curtailment to 30 Bcm/year. The stacked contributions to the gas production of the northern clusters (blue; not shown), the central clusters (red), the southern clusters (green) and Eemskanaal cluster (purple) is shown. The time-axis has been split to highlight the period 2014 to 2017.

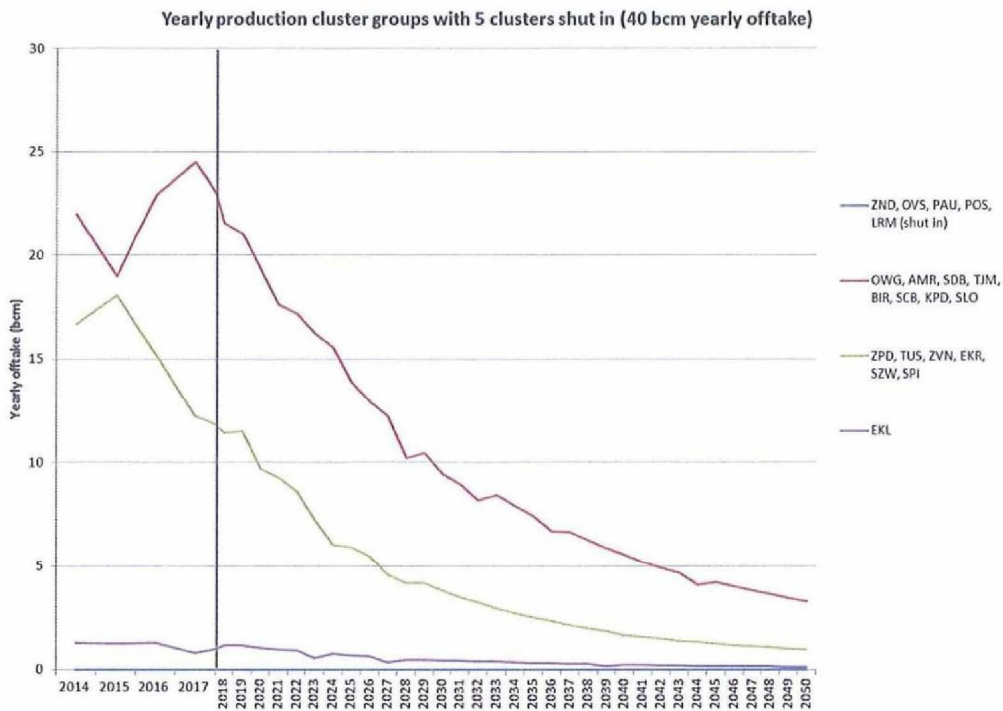


Figure 3.3a Production forecast using the G2 model with the 5 northern clusters closed-in with production curtailment to 40 Bcm/year (as the field is not able to produce at higher levels, this is also the market demand scenario). The contributions to the gas production of the northern clusters (blue), the central clusters (red), the southern clusters (green) and Eemskanaal cluster (purple) is shown. The time-axis has been split to highlight the period 2014 to 2017.

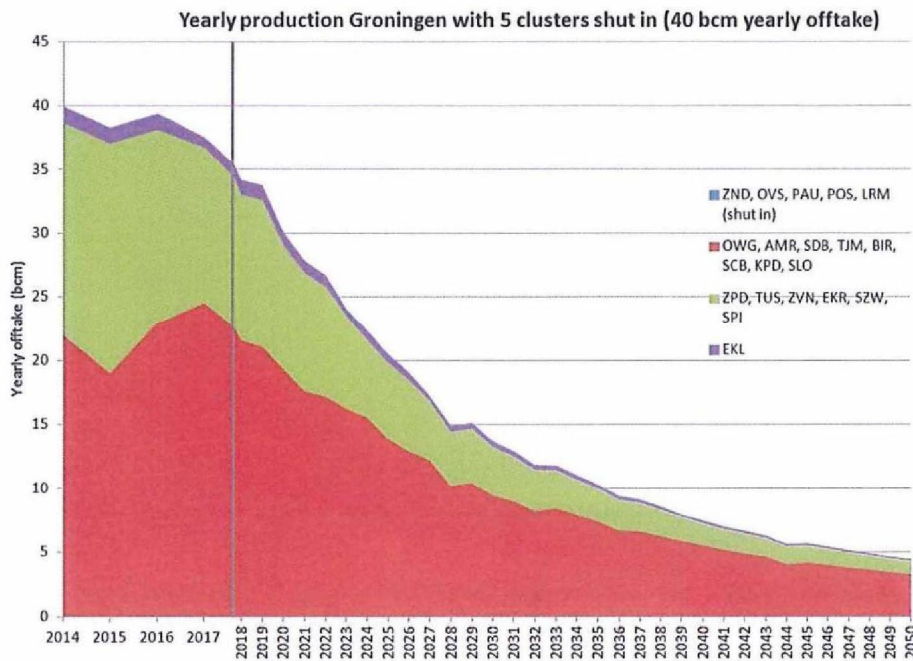


Figure 3.3b Production forecast using the G2 model with the 5 northern clusters closed-in with production curtailment to 40 Bcm/year (as the field is not able to produce at higher levels, this is also the market demand scenario). The stacked contributions to the gas production of the northern clusters (blue; not shown), the central clusters (red), the southern clusters (green) and Eemskanaal cluster (purple) is shown. The time-axis has been split to highlight the period 2014 to 2017.

4 Compaction Modelling

This section first describes the aquifer model and the compaction model used for the additional scenarios and subsequently discusses the predicted subsidence and seismic hazard for the two scenarios.

4.1 Aquifer Model

In general, with stronger aquifer support of the gas reservoir, the pressure decline in the aquifer will be less, but felt in a larger area of the aquifer. This will impact the compaction of the aquifer rock. The uncertainty in aquifer behaviour therefore impacts compaction and subsidence predictions and consequently also the seismic hazard.

In the history matching process the reservoir model is conditioned to reproduce the measured pressure data throughout the production history. A very extensive data set of more than 1700 pressure measurements in the gas column is available. The history matching process results in a well-conditioned model, which can serve to predict future reservoir pressure with confidence.

A good pressure match with historical pressure data can be obtained with different levels of pressure support from the aquifer. The geological model used for the evaluation of different production scenarios, as described in the "Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013", was based on a moderate strength aquifer in the north of the field (G1). With this aquifer both observed pressures and observed subsidence can be matched well, but the rise of the water level in the north is overpredicted. An alternative geological model is one with a weak aquifer (G2). With this model a good match can be obtained with both observed pressures and the rising water level in the north. This weak aquifer model does however overpredict subsidence in the north of the field.

Given that compaction is the driver behind seismicity in NAM's seismic hazard model, a good match of measured subsidence data was deemed more important than a good match of rising water levels. This has led to a preference for the moderate aquifer model for the seismic hazard study (G1).

The additional depletion scenarios evaluated in this supplement (to the "Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013") are based on a weak aquifer (G2).

4.2 Compaction Model

For the modelling of compaction and subsidence for the Winningsplan three compaction models were used: the time-decay model, the linear isotach model and the bi-linear model. These models are described in detail in Chapter 4 of the "Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013".

A good fit with measured subsidence can be obtained for each of these three models. For the time-decay and bi-linear models the compaction coefficient needs to be adjusted from core measured values to obtain a good fit with measured subsidence levels. The isotach model is the only model that allows a good fit to measured subsidence levels without applying a correction to the core measured compaction coefficient. A good fit to observed subsidence data can however also be obtained for the isotach model with a compaction coefficient that is in line with the coefficient used for the time-decay model.

The additional depletion scenarios discussed in this supplement are based on an isotach compaction model with a compaction coefficient that is in line with the coefficient used for the time-decay model as described in Section 4.6.5 of the "Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013".

Using this compaction model in combination with the weak aquifer reservoir model, the fit between the measured and modelled subsidence is less good, as shown below in figures 4.1 and 4.2. From comparing this figure with figure 4.29 in the "Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013", it can be concluded that using the weak aquifer model does not improve the fit between modelled and measured subsidence data.

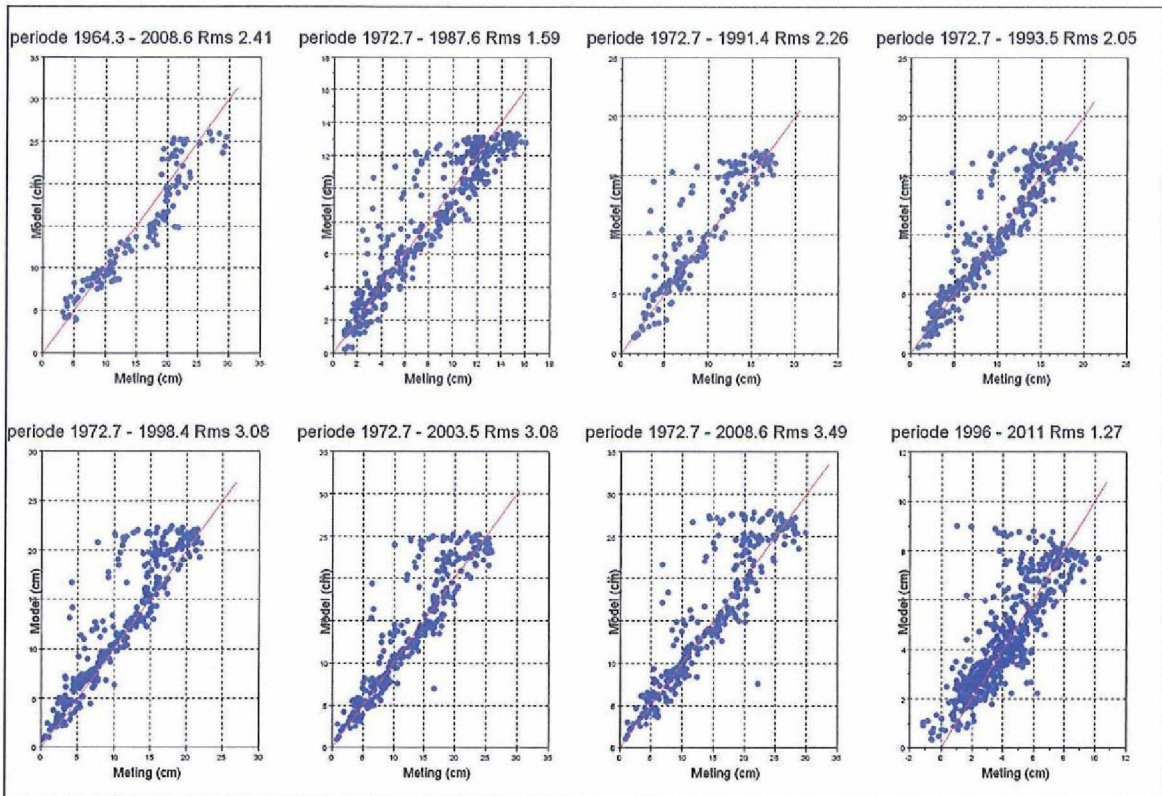


Figure 4.1 Measured vs. modeled subsidence for the full levelling and insar surveys (1996-2011)

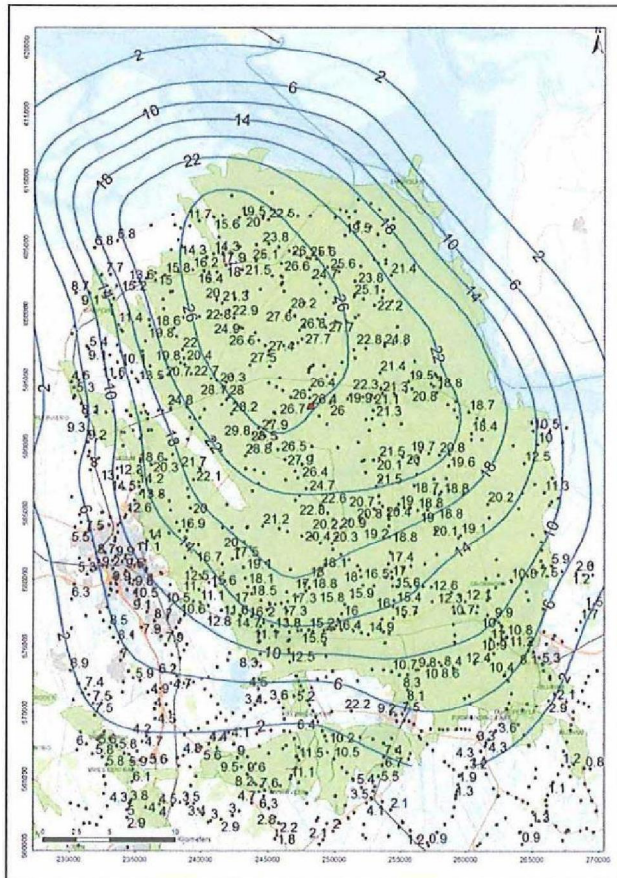


Figure 4.2

Subsidence measured in 2008 (since 1972) shown at the benchmarks with contours of the modelled subsidence in cm (1964 - 2008). Modelled contours indicate subsidence as a result from gas production exclusively from the Groningen field (G2). The red dot indicates the 7E00333 benchmark.

Figure 4.2 shows the poor match between modeled and measured subsidence for the G2 model especially in the north-western part of the field (difference of a factor 2 to 3 can be observed around the 18 and 22 cm contours).

Figure 4.3 shows the forecast of the subsidence at the end of the field life using the compaction model described above, again in combination with the weak aquifer reservoir model.

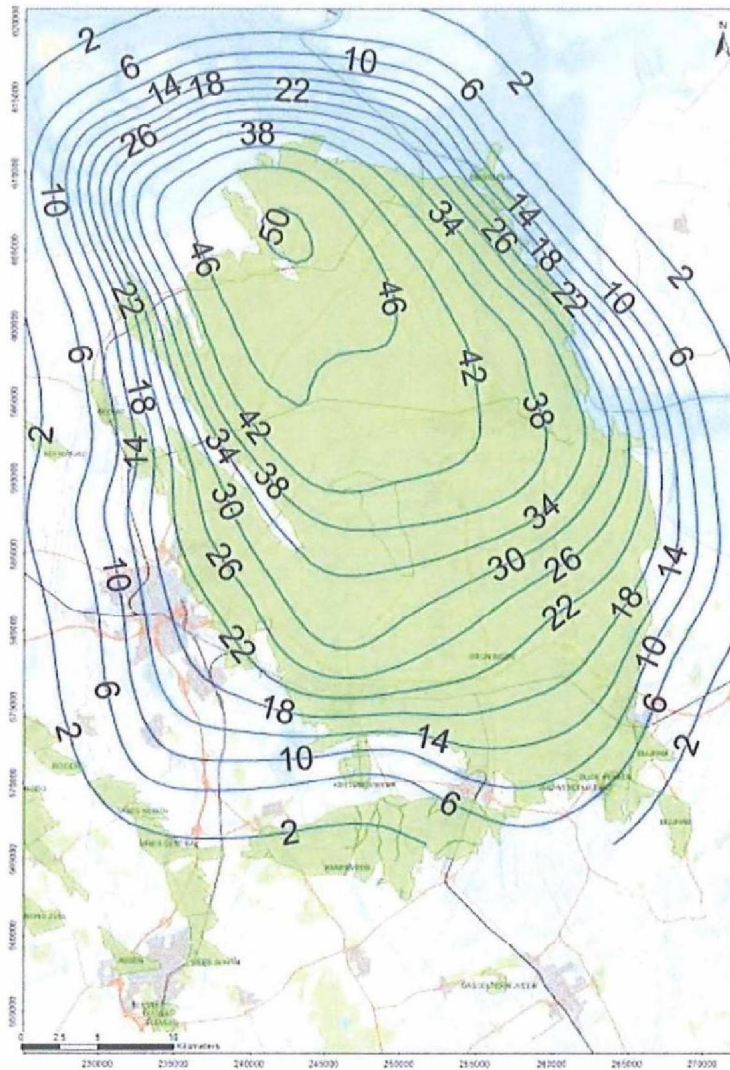


Figure 4.3 Subsidence prognosis (in cm) at the end of field life, based on the isotach model using the C_m values determined by calibration with the time decay model, in combination with a weak aquifer model.

5 Hazard Assessment

5.1 Depletion Scenario 1

Hazard maps (Peak Ground Acceleration – PGA) for this depletion scenario are shown in figures 5.1-5.3 for 3, 5 and 10 years, respectively.

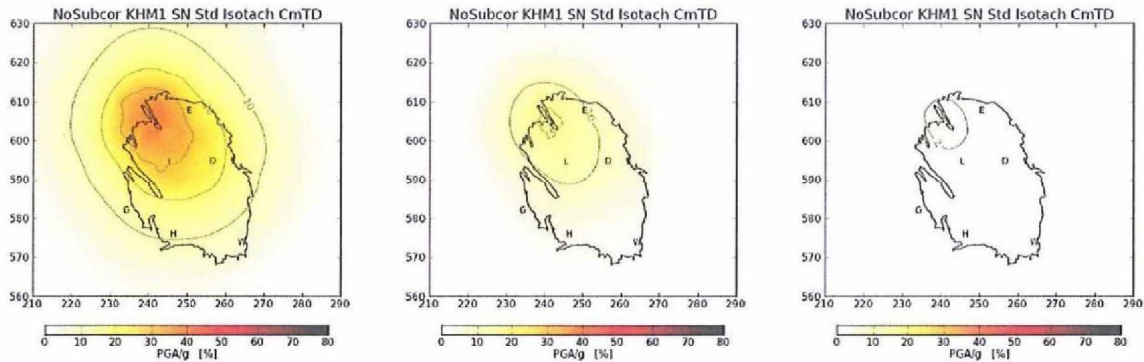


Figure 5.1 PGA hazard maps for the 3 years from 2013 to 2016 with a (a) 2%, (b) 10% and (c) 50% chance of exceedance. The maximum PGA in each case is (a) 0.39g, (b) 0.16g, and (c) 0.02g.

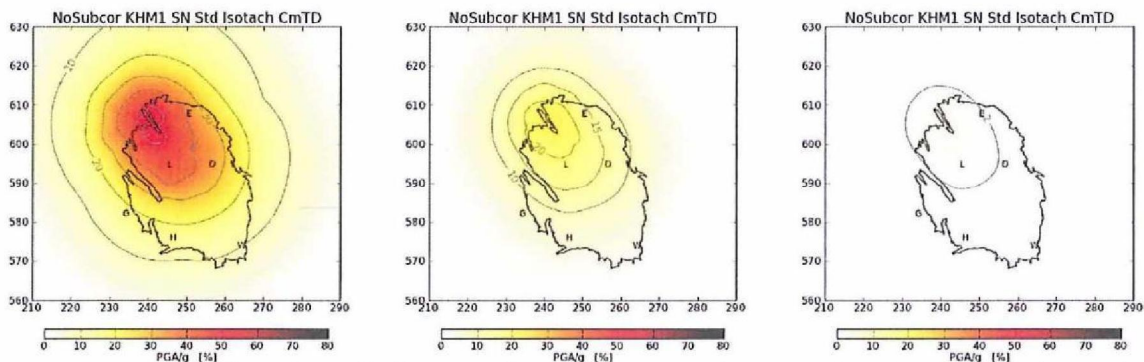


Figure 5.2 PGA hazard maps for the 5 years from 2013 to 2018 with a (a) 2%, (b) 10% and (c) 50% chance of exceedance. The maximum PGA in each case is (a) 0.52g, (b) 0.23g, and (c) 0.04g.

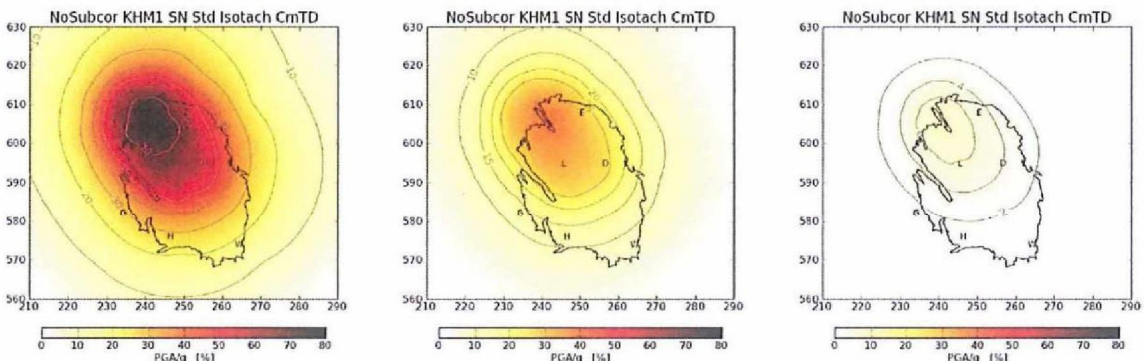


Figure 5.3 PGA hazard maps for the 10 years from 2013 to 2023 with a (a) 2%, (b) 10% and (c) 50% chance of exceedance. The maximum PGA in each case is (a) 0.79g, (b) 0.40g, and (c) 0.08g.

Figure 5.4 compares the probabilities of PGA exceedance for the 10-, 5- and 3-year assessments at the location of maximum PGA.

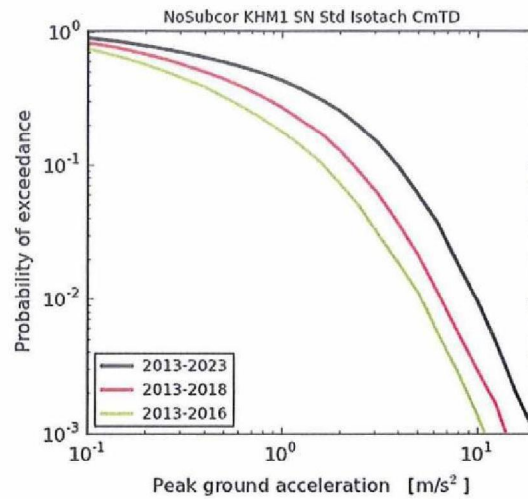


Figure 5.4 The probability of exceedance for the maximum peak ground acceleration within the Groningen Field for three different assessment intervals: 3, 5, and 10 years.

A table comparing maximum PGA's for the different depletion scenarios, including the scenarios discussed in the "Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013", is provided in Appendix A. Plots with the resulting subsidence for this scenario are provided in Appendix B.

5.2 Depletion Scenario 2

Hazard maps (Peak Ground Acceleration – PGA-maps) for this depletion scenario are shown in figures 5.5-5.7 for 3, 5 and 10 years, respectively.

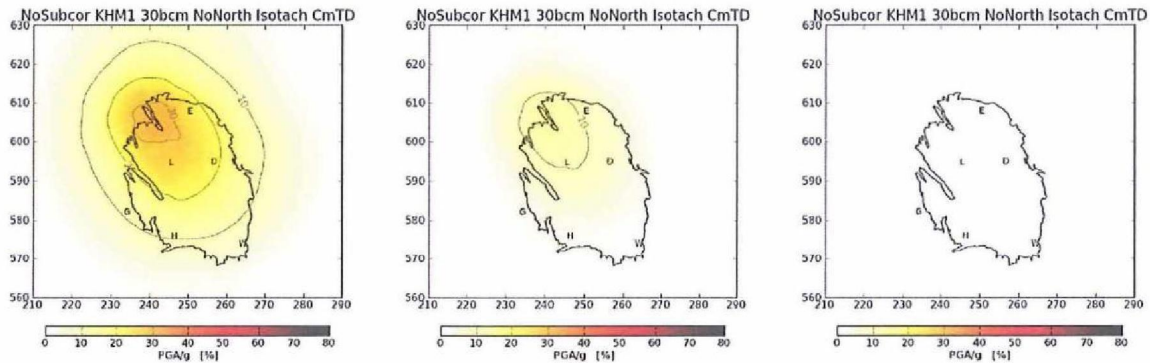


Figure 5.5 PGA hazard maps for the 3 years from 2013 to 2016 with a (a) 2%, (b) 10% and (c) 50% chance of exceedance. The maximum PGA in each case is (a) 0.33g, (b) 0.13g, and (c) 0.02g.

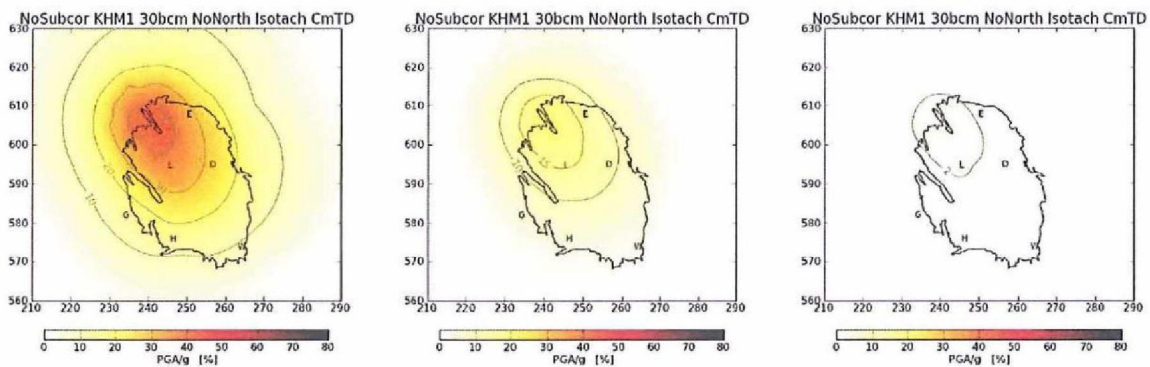


Figure 5.6 PGA hazard maps for the 5 years from 2013 to 2018 with a (a) 2%, (b) 10% and (c) 50% chance of exceedance. The maximum PGA in each case is (a) 0.43g, (b) 0.19g, and (c) 0.03g.

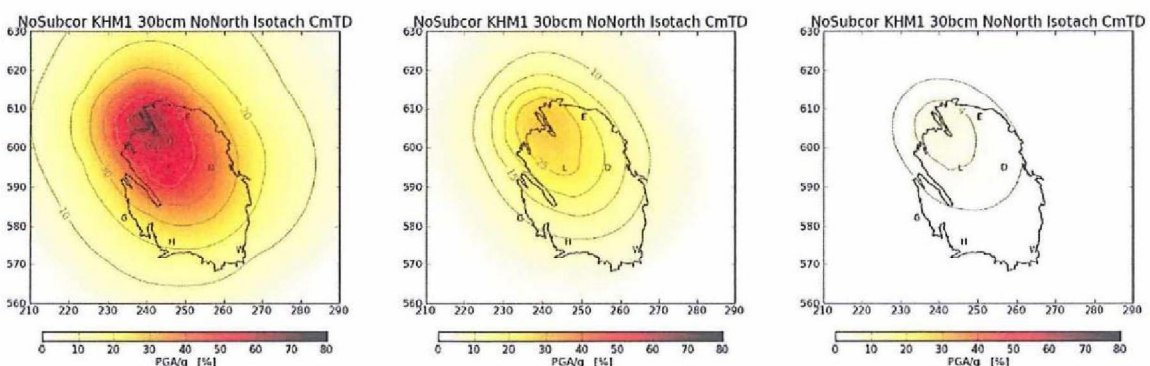


Figure 5.7 PGA hazard maps for the 10 years from 2013 to 2023 with a (a) 2%, (b) 10% and (c) 50% chance of exceedance. The maximum PGA in each case is (a) 0.65g, (b) 0.30g, and (c) 0.05g.

Figure 5.8 compares the probabilities of PGA exceedance for the 10-, 5- and 3-year assessments at the location of maximum PGA. The results of figure 5.8 and 5.4 are very similar.

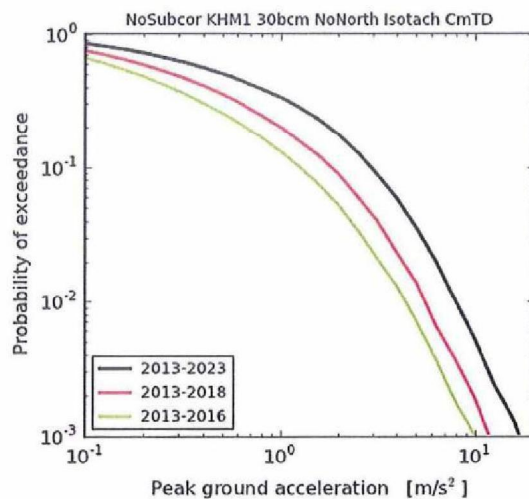


Figure 5.8 The probability of exceedance for the maximum peak ground acceleration within the Groningen Field for three different assessment intervals: 3, 5, and 10 years. A table comparing maximum PGA's for the different depletion scenarios is provided in Appendix A. Plots with the resulting subsidence for this scenario are provided in Appendix C.

6 Discussion and Conclusions

In the case of the G1 model the inflow of water from the aquifers to the north of the field is larger. This improves the subsidence match in this part of the field. In the case of the G2 model, this inflow is smaller and as a result, the area north of the field shows a larger pressure depletion in the aquifer region. This will also result in a larger compaction in this very northern area. However, this area of larger compaction in the G2 model is an area of lower exposure reaching into the Waddenzee. It has to be noted that a small section of this compacting aquifer area (Waddenzee) is not captured within the sub-surface models.

The match of the subsidence prediction based on the G2 model is worse than that based on the G1 model. When using the G2 model the subsidence is overpredicted. The deepest point of the subsidence predicted with this model is shifted further towards the north, compared to the G1 aquifer model. This is also reflected in the corresponding hazard analysis, where the area of highest predicted seismicity (based on PGA exceedance) is not conform the observed area of highest seismicity.

The hazard predicted using the G2 reservoir model with the weaker aquifer, is higher than that predicted based on the G1 model. However, this is mainly a result of the higher modelled compaction and subsidence which is an overprediction of the observed subsidence in the field.

An additional scenario was evaluated, where 5 clusters in the north of the field are closed-in. In the "Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013" a scenario was presented with an alternative production philosophy, which favoured production from the clusters in the south of the field. In this scenario, for a curtailment of production to 30 Bcm/yr, the same 5 clusters in the north of the field are also closed in until 2017. In effect these scenarios are very similar for the first 4 years.

Whereas the current production philosophy aims at minimizing pressure differentials across the field, the alternative production philosophy aims at a reduction of the annual depletion in areas where earthquakes occur more frequently and could be implemented by preferentially producing the clusters in areas with no or only infrequent earthquakes. In periods with increased demand, also clusters in the area with occasional earthquakes are taken into production. The clusters in the area with frequent earthquakes are only taken into production during periods with high demand – see also scenario A2, refer table 3.2 of the "Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013".

The alternative production philosophy temporarily reduces compaction in the areas with the highest level of seismicity. As a negative consequence, the pressure differential between the northern and southern part of the field will increase. These higher pressure differentials may increase stresses across faults and may consequently increase seismicity. The combined impact on the seismic hazard of reduced compaction with increased pressure differentials cannot be confidently determined with the current model, used to generate PGA hazard maps. This model does not contain faults explicitly. A 3D geomechanical model including faults offers the possibility to assess the combined effect. Such model allowing effective subsurface stress management is under development.

7 Appendix A – PGA comparison for the additional depletion scenarios

Scenario 1	Period	Maximum PGA		
		P ₅₀	P ₁₀	P ₂
	2013 - 2016	0.02g	0.16g	0.39g
	2013 - 2018	0.04g	0.23g	0.52g
	2013 - 2023	0.08g	0.40g	0.79g

Scenario 2	Period	Maximum PGA		
		P ₅₀	P ₁₀	P ₂
	2013 - 2016	0.02g	0.13g	0.33g
	2013 - 2018	0.03g	0.19g	0.43g
	2013 - 2023	0.05g	0.30g	0.65g

Table A.1 Variability in the maximum PGA for the two additional depletion scenarios presented in this supplement. P₅₀, P₁₀, P₂ denote 50%, 10% and 2% chances of exceedance respectively over the 3, 5 and 10-year interval from 2013.

For ease of comparison the PGA values in the table below have been copied from the conclusions of section 8.11 of the "Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013".

Period	Maximum PGA		
	P ₅₀	P ₁₀	P ₂
2013 - 2016	0.02g	0.12g	0.30g
2013 - 2018	0.03g	0.18g	0.42g
2013 - 2023	0.06g	0.33g	0.67g

These values are for the Market Demand scenario with the G1 Subsurface realisation model with the time-decay compaction model.

For comparison the full Table 8.4 of the "Technical Addendum to the Winningsplan" is also copied below. This table compares the maximum PGA for the different scenarios evaluated in the Technical Addendum.

Scenario	Maximum PGA			Maximum PGV		
	[g]			[cm/s]		
	P_{50}	P_{10}	P_2	P_{50}	P_{10}	P_2
SN STD Linear	0.05	0.27	0.56	1.8	10.2	22.4
KHM1 C40 STD Timedecay	0.06	0.34	0.69	2.3	13.1	28.4
NWPSWP SN STD Timedecay	0.06	0.34	0.68	2.4	13.2	27.9
NWP SN STD Timedecay	0.06	0.34	0.68	2.3	12.9	28.0
SN STD Timedecay	0.06	0.33	0.66	2.2	12.5	27.2
KHM1 SN Tremor Timedecay	0.05	0.31	0.64	2.1	11.9	26.2
KHM1 C40 Tremor Timedecay	0.05	0.30	0.64	2.0	11.2	25.9
C30 STD Timedecay	0.05	0.31	0.64	2.1	11.9	26.5
KHM1 C30 Tremor Timedecay	0.05	0.27	0.58	1.8	10.4	23.5
KHM1 SN Emergencystop Timedecay	0.03	0.17	0.41	0.9	6.5	15.8
NWP SN STD Isotach	0.07	0.41	0.82	2.8	16.3	36.8
KHM1 C40 STD Isotach	0.07	0.41	0.82	2.7	16.0	36.0
NWPSWP SN STD Isotach	0.07	0.40	0.81	2.8	16.1	36.5
SN STD Isotach	0.07	0.41	0.81	2.8	16.0	35.9
KHM1 SN Tremor Isotach	0.07	0.40	0.79	2.6	15.9	34.7
KHM1 C40 Tremor Isotach	0.06	0.37	0.78	2.5	14.4	33.5
C30 STD Isotach	0.06	0.37	0.76	2.4	14.6	33.8
KHM1 C30 Tremor Isotach	0.05	0.31	0.67	1.9	11.8	28.1
KHM1 SN Emergencystop Isotach	0.02	0.14	0.36	0.8	5.4	14.1

Table A.2 Table 8.4 of the "Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013". Variability in the maximum PGA and PGV with different reservoir compaction models and production scenarios. P_{50} , P_{10} , P_2 denote 50%, 10% and 2% chances of exceedance respectively over the 10-year interval from 2013 to 2023. These results are listed in descending order of the P_2 maximum PGA for each compaction model.

8 Appendix B – Subsidence data for depletion scenario 1

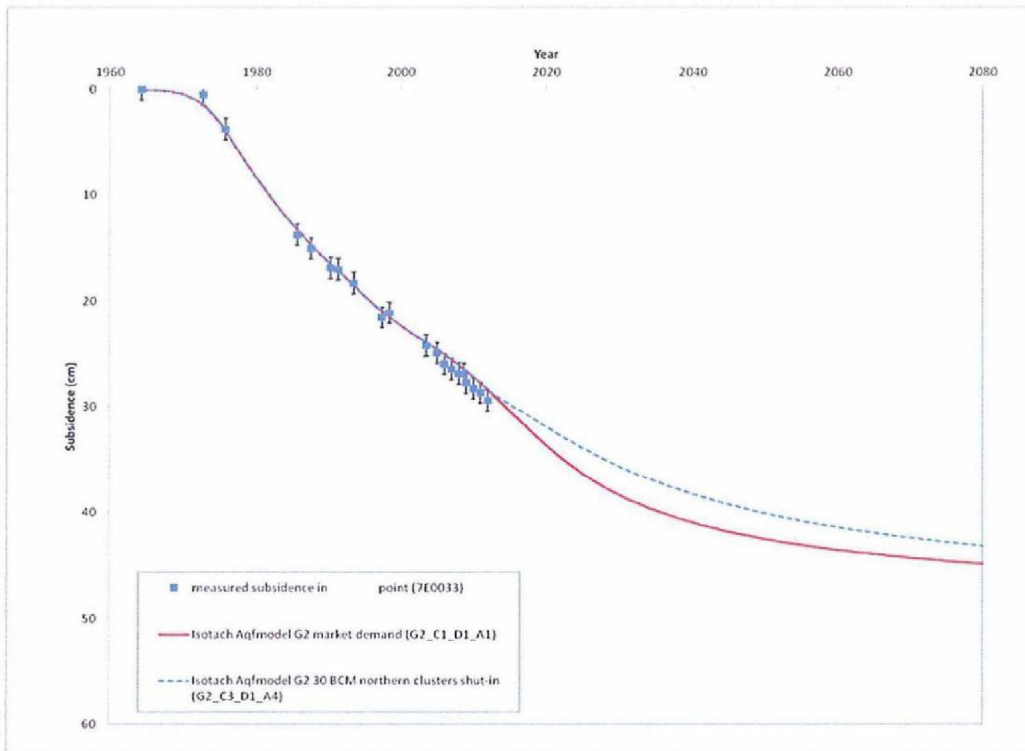


Figure B.1 Comparison of subsidence forecast at the location of benchmark 7E0033 according to the two different production scenarios. For ease of comparison with figure 4.30 in the “Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013” the same benchmark location was chosen.

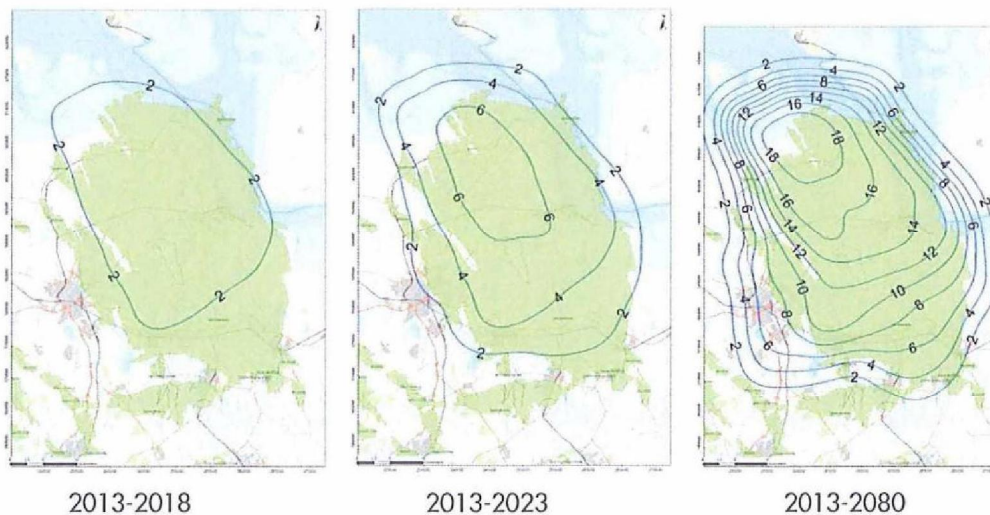


Figure B.2 Development through time of the prognosed subsidence based on the isotach compaction model, and using the C_m values determined by calibration with the time decay model.

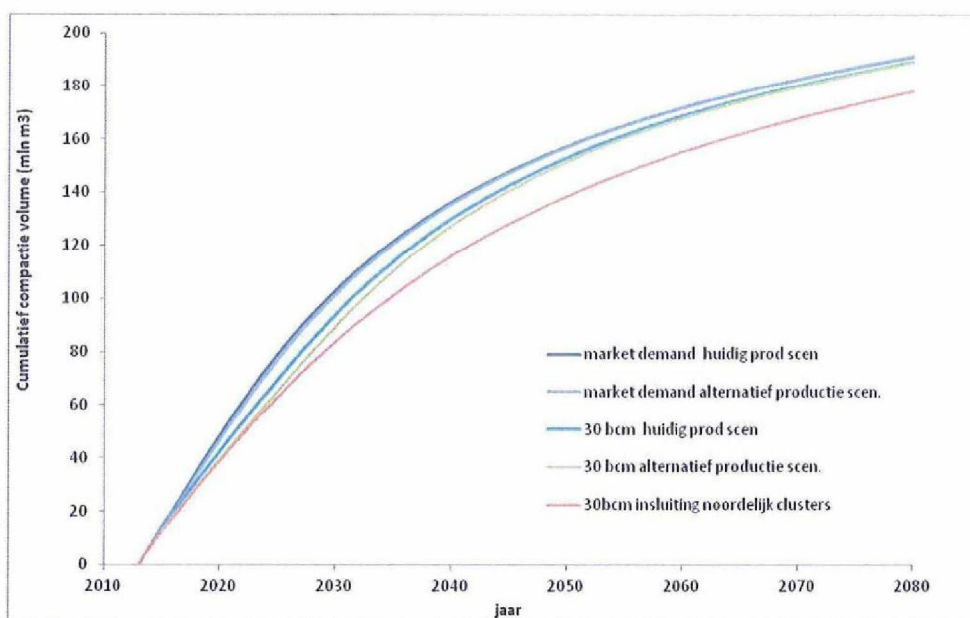


Figure B.3 Development through time (2013 – 2080) of the compaction volumes based on the isotach compaction model, and using the C_m values determined by calibration with the time decay model.

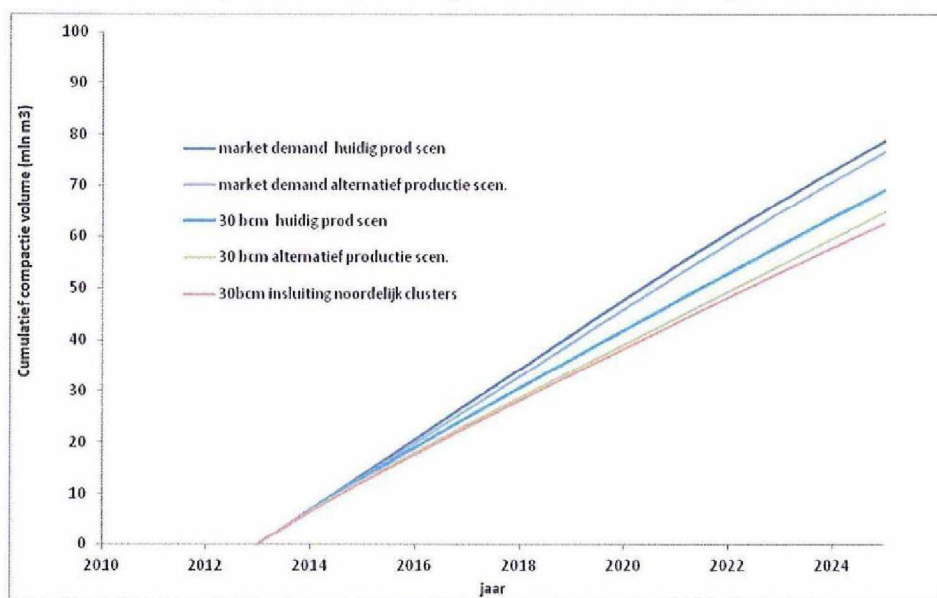


Figure B.4 Development through time (2013 – 2025) of the compaction volumes based on the isotach compaction model, and using the C_m values determined by calibration with the time decay model.

9 Appendix C – Subsidence data for depletion scenario 2

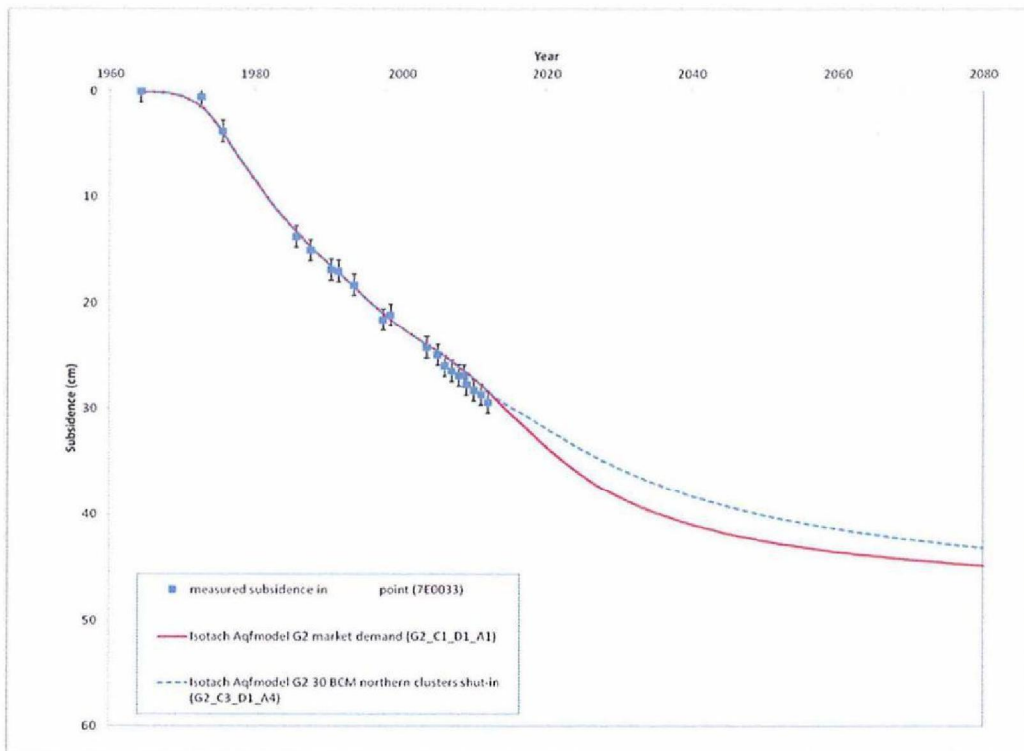


Figure C.1 Comparison of subsidence forecast at the location of benchmark 7E0033 according to the two different production scenarios. For ease of comparison with figure 4.30 in the “Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013” the same benchmark location was chosen.

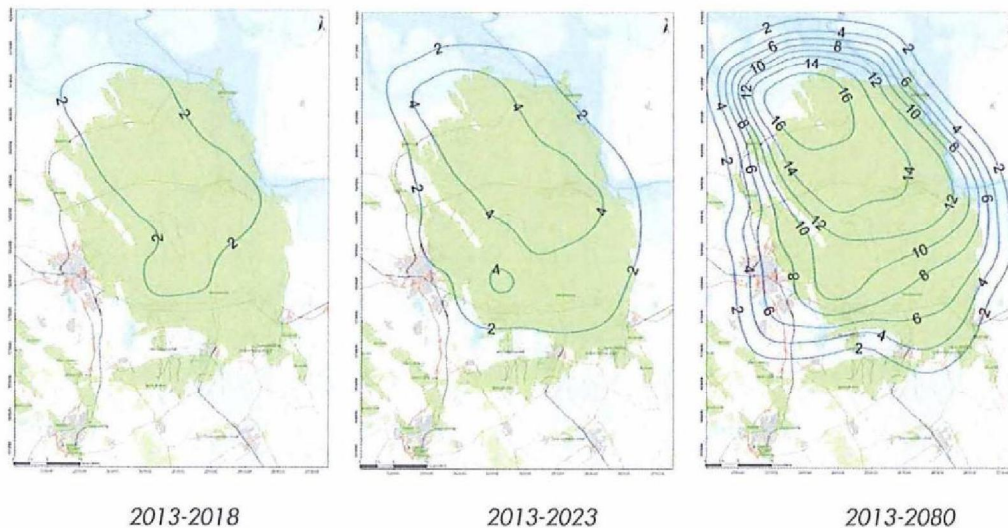


Figure C.2 Development through time of the prognosed subsidence based on the isotach compaction model, and using the C_m values determined by calibration with the time decay model.

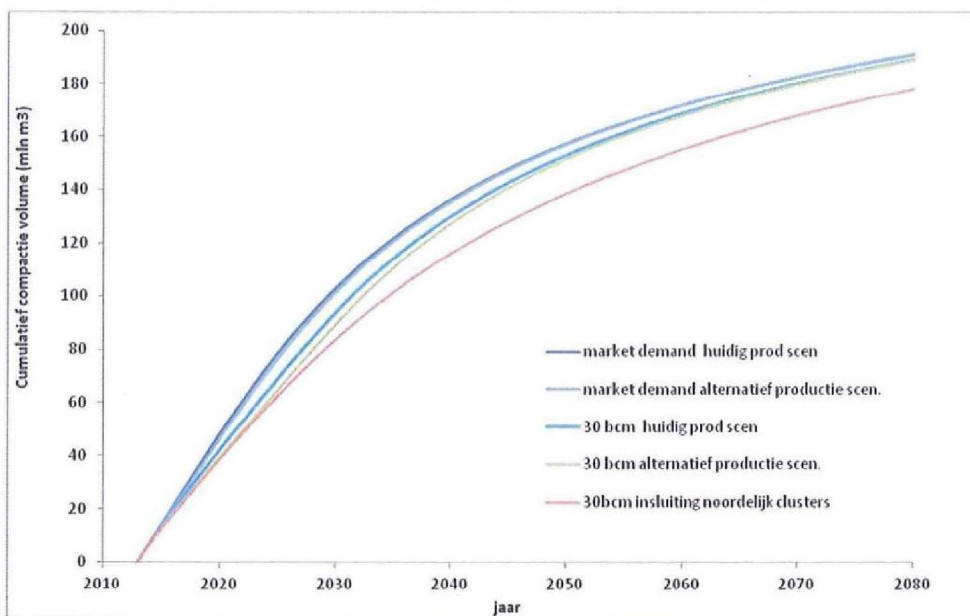


Figure C.3 Development through time (2013 – 2080) of the compaction volumes based on the isotach compaction model, and using the C_m values determined by calibration with the time decay model.

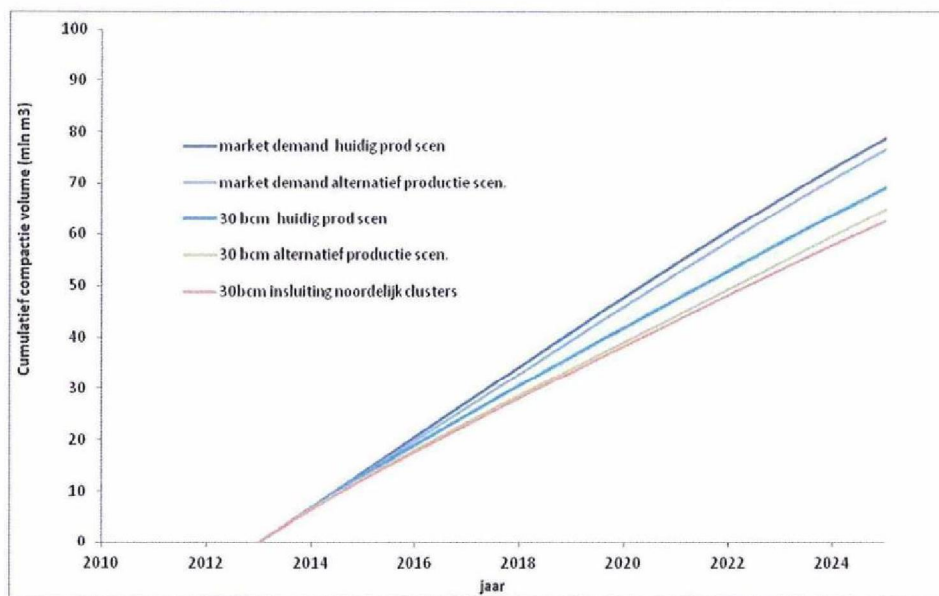


Figure C.4 Development through time (2013 – 2025) of the compaction volumes based on the isotach compaction model, and using the C_m values determined by calibration with the time decay model.

Bijlage 2

NOTITIE

Risicobenadering seismisch risico Groningen

December 2013

Introductie

In deze notitie vat de NAM samen welke risicobenadering zij hanteert inzake het seismisch risico van het Groningen-veld en welke modellen daarbij zijn gebruikt. Daarbij komen achtereenvolgens aan de orde: een besluitvormingsmodel dat de olie- en gaswinningsbranche hanteert, de *Risk Assessment Matrix* (RAM) en de bijbehorende 'bowtie'. Daarnaast wordt aandacht besteed aan kwantitatieve en kwalitatieve externe analogieën. De elementen en resultanten van deze benadering zijn herkenbaar in het winningsplan en de daaraan ten grondslag liggende (technische) documenten.

In de aanpak laat de NAM zich leiden door het ALARP-beginsel¹. Dit biedt een kader voor acties en maatregelen ten aanzien van de risico's die zijn gelegen tussen de zonder meer acceptabele risico's en zonder meer onacceptabele risico's. Het betreft geen theoretische benadering, maar vindt een uitwerking in de nadere studies en met name de aanzienlijke technische en financiële inspanningen om gebouwen te versterken.

De wettelijke grondslag van deze inspanningen door de NAM is gelegen in artikel 33 van de Mijnbouwwet. In dat artikel is – kort samengevat – aangegeven dat de houder van een winningsvergunning alle maatregelen neemt die redelijkerwijs van hem gevergd kunnen worden om te voorkomen dat als gevolg van de winningsactiviteiten schade door bodembeweging wordt veroorzaakt.

¹ "as low as reasonably practical". Het beginsel gaat er in essentie van uit dat risico's zo ver als redelijk mogelijk worden gemitigeerd. In het element "redelijkheid" valt een afweging te maken waarin feiten en omstandigheden van het geval kunnen worden betrokken, zoals de tijd, de kosten en de opbrengst (in risicoreductie) die de maatregelen met zich brengen. In het navolgende komt het ALARP-beginsel nog nader aan bod.

De NAM vervult die zorgplicht naast de Rijksoverheid en andere overheden, eigenaren van onroerend goed en andere partijen die elk een eigen zorgplicht hebben. In het kader van de invulling van de zorgplicht op basis van artikel 33 Mijnbouwwet speelt ook het niet gecodificeerde voorzorgsbeginsel² een rol.

² Een definitie van het voorzorgsbeginsel: "wanneer er op basis van de best beschikbare informatie redelijke gronden zijn om te vrezen voor een ernstige en/of onomkeerbare schade, moet effectieve en proportionele actie ondernomen worden om die schade te voorkomen en/of tegen te gaan, mede in situaties van wetenschappelijke onzekerheid aangaande de oorzaak, omvang en/of waarschijnlijkheid van de mogelijke schade." Trouwborst, "Precautionary Rights and Duties", Leiden, 2006; overgenomen uit: Barkhuysen en Onrust, "De betekenis van het voorzorgsbeginsel voor de Nederlandse (milieu)rechtspraak", p. 51.

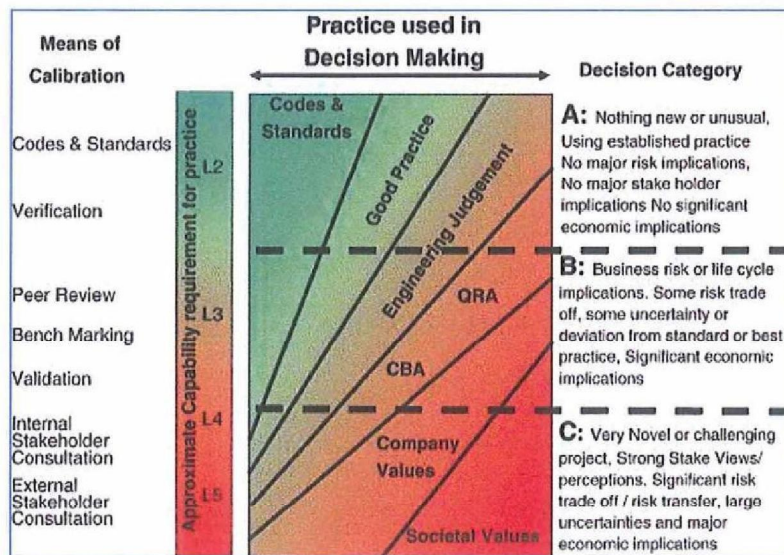
Risicobenadering

In afwezigheid van een veiligheidsnormering voor aardbevingen dient aansluiting te worden gezocht bij interne standaarden en bij passende externe analogieën.

Door de Britse olie- en gaswinningsbrancheorganisatie Oil & Gas UK wordt een beslismodel (figuur 1 hieronder) gehanteerd waarbinnen de besluitvorming rond veiligheidsaspecten van activiteiten voortschrijdend wordt gespiegeld tegen stand van de kennis, de daarbij behorende afwegingskaders en validatiestappen. Dit model is door de NAM gehanteerd om inzicht te geven in de wijze waarop invulling wordt gegeven aan de zorgplicht.

Besluitvorming is het minst complex wanneer de risico's bekend zijn en weinig onzekerheden bestaan. Er zijn dan veelal standaarden en een aanzienlijke 'best practice' voorhanden. Voor meer ingewikkelde onderwerpen kan ook "expert judgement" een basis vormen. In dit geval valt het risico echter in de categorie C: het is een nieuw soort risico, met significante onzekerheden, een grote sociaal/economische impact en sterke (afwijkende) zienswijzen en belangen. De tussenliggende QRA en kosten-baten-analyse (CBA) is maar ten dele een valide instrument om een solide brug te vormen.

De 'company values' vormen de kern van deze notitie (en gekozen insteek) omdat deze ingaat op het NAM-interne beleid en standaarden rond risicobeheersing.



figuur 1: besluitvormingsinstrumenten

Het element 'societal values' is in deze notitie niet in detail geduid, met name omdat het (nog) ontbreekt aan een geschikt nationaal beleid in respons op de beslissingscategorie C. Ook wordt nog een belangrijke input verwacht vanuit de op te zetten Dialoogtafels, die in feite de "external stakeholder dialogue" nader vorm gaan geven met een representatie van maatschappelijke partijen en burgers.

In de navolgende paragraaf komen deze societal values wel indirect aan de orde in termen van de ondergrens van 10^{-4} in de ALARP-discussie. In deze stap wordt ook expliciet erkend dat risicoperceptie en -beleving af kan wijken van een risico-berekening of bijvoorbeeld 'expert judgement'. De bekende factoren die een risico zwaarder doen 'voelen' dan berekend (bijvoorbeeld onvrijwilligheid en verdeling van 'lasten en lusten'), zijn door de NAM meegenomen in de ontwikkeling van het uitgebreide pakket aan maatregelen die mede als doel hebben de risicoperceptie en -acceptatie te verbeteren.

1. Interne standaarden

De interne standaarden van de NAM zijn onderdeel van het HSSE & SP managementsysteem (VG-zorgsysteem in Nederlandse begrippen¹). Op basis van het interne beleid en de Risk Assessment Matrix (RAM – zie paragraaf 2) dienen risico's die worden ingeschat binnen bepaalde kaders van de matrix te worden gecontroleerd en gemitigeerd tot het niveau 'As Low As Reasonably Practical' (ALARP) waarbij bij voorkeur een Bow-Tie "of een equivalente methodiek" (zie 1.2) wordt gehanteerd.

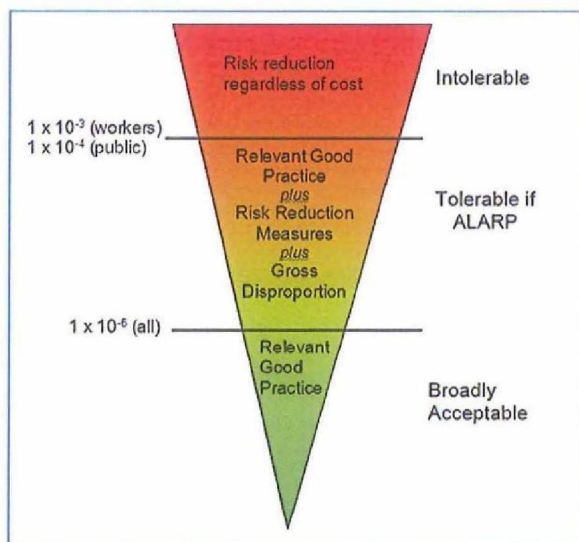
1.1 *As low as reasonably practical*

ALARP is een – hier gehanteerd en van oorsprong Brits³ – begrip dat wordt gehanteerd ten behoeve van de duiding van veiligheidskritische activiteiten. Het beginsel (gevisualiseerd in figuur 2) gaat er in essentie van uit dat een restrisico zo ver als redelijk mogelijk – onder afweging van het reductiepotentieel en de daarmee gepaard gaande kosten – is teruggebracht.

Een risiconiveau van 10^{-6} (een kans van 1 op 1 miljoen per jaar dat een persoon sterft als gevolg van de risico's) of lager is algemeen geaccepteerd. Bij een hoger risiconiveau bepaalt het doorlopen van diverse ALARP-stappen of die risico's nog (tijdelijk) acceptabel zijn.

Feitelijk betreft het ALARP-gebied (in de Nederlandse situatie) de 10^{-5} als het basisveiligheidsniveau, welke waarde ook een grondslag vindt in bestaande en/of tijdelijke situaties (zie paragraaf 3). De ondergrens van 10^{-4} wordt in de aangehaalde literatuur¹ weliswaar geïllustreerd door onvrijwillige risico's, afkomstig van activiteiten van nationaal belang, maar is daarin mede begrensd door het maatschappelijk draagvlak; grotere risico's zullen ook in de bredere maatschappij niet op draagvlak kunnen rekenen. Kortom: risico's boven de 10^{-4} worden in het algemeen niet geaccepteerd.

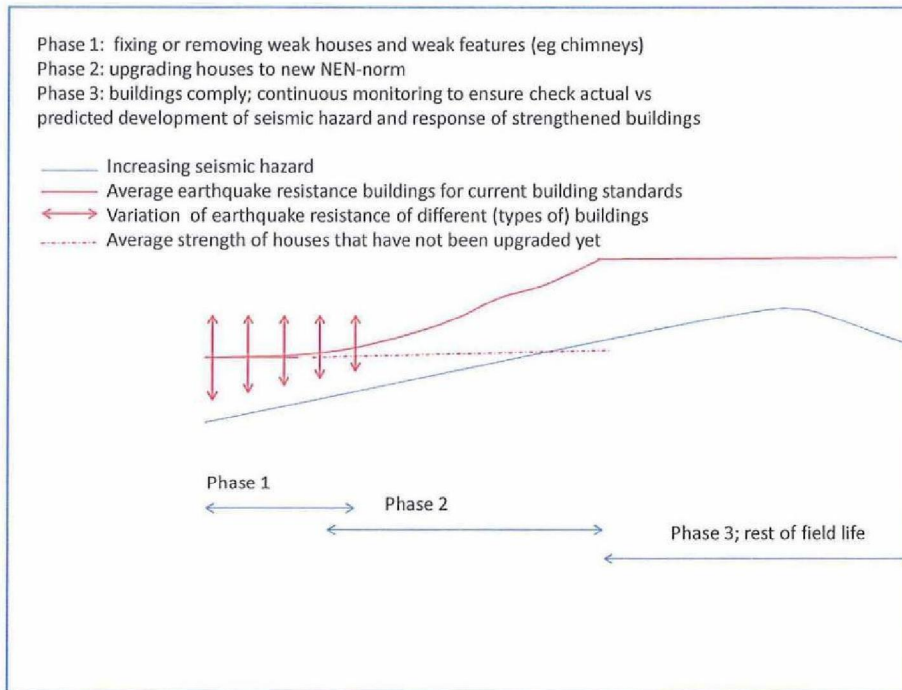
³ www.hse.gov.uk/risk/theory/alarp1.htm, onder meer met de publicatie "Reducing risks, protecting people, HSE's decision-making process". De Nederlandse olie- en gasindustrie hanteert dit systeem in grote lijnen. De Nederlandse situatie wijkt qua onderliggende principes licht af van de Britse, maar kent vergelijkbare uitkomsten (zie ook Tolerable or Acceptable: a Comparison of Risk Regulation in the United Kingdom and the Netherlands, B.J.M. Ale, Risk Analysis volume 25, no.2 2005).



figuur 2: visualisatie van het ALARP-beginsel

Het ALARP-gebied beslaat derhalve het gebied van 10^{-5} en de gangbare praktijken en risicobeperkende maatregelen die daarbinnen proportioneel worden geacht. Er bestaan meerdere methoden om de proportionaliteit te duiden, een kwantitatieve methode wordt gehanteerd in de genoemde Cost Benefit Analysis (CBA). Vergelijkbaar aan de DALY-methodiek (beschreven door Helsloot – zie paragraaf 4) bestaan proportionele maatregelen uit maatregelen waarvan de kosten en baten tot elkaar in verhouding staan. Verder geldt in Nederland ook dat voor nieuwe risico's (of bestaande risico's waarover nieuwe inzichten zijn) er vaak een beperkte periode hogere risiconiveaus acceptabel zijn. Een periode van 5 jaar is een gebruikelijke termijn voor zo'n saneringsperiode.

Gerelateerd aan de maatregelen in het kader van de winning van het Groningenveld ligt de uitdaging mede in het dynamische karakter van de risico. Door de toenemende compactie in het veld neemt de kans op (zwaardere) bevingen langzaam toe. Doordat de productie gaat afnemen, gaat ook de kans afnemen. Het netto-effect is dat naar verwachting het seismisch gevaar nog enige tijd zal toenemen, maar op een gegeven moment zal afnemen (als het effect van afnemende productie sterker wordt dan het effect van toenemende compactie). Dit is schematisch weergegeven door de blauwe lijn in onderstaande figuur 3.



figuur 3: schematisch overzicht fasering in risico's

Fase 1: uit de initiële berekeningen (zie appendix) blijkt dat de risico's in deze periode 'autonoom' nog acceptabel zijn. Uit voorzorg is preventief begonnen met een 'grof naar fijn' inspectieprogramma om de zwakste huizen en zwakkere structurele elementen (bijvoorbeeld schoorstenen en ornamenten) zo snel mogelijk te identificeren en veilig te maken.

Fase 2: tijdens deze fase zal door nauwkeurige monitoring van zowel het seismisch gevaar (zwaarte, geografische spreiding) als de voortgang in versterking van huizen continu bepaald moeten worden of het risico nog acceptabel is en blijft. Hoe groot het gebied uiteindelijk gaat worden waarin versterkt moet worden kan nu nog niet gezegd worden. De modelonzekerheden voor de langere termijn voorspellingen zijn nu nog te groot. De verwachting is dat de modelonzekerheden zullen afnemen door het breed opgezette monitoring- en studieplan.

Fase 3: in deze fase is alles wat versterkt moet worden versterkt tot een bepaalde door de overheid vastgestelde norm. Veiligheidsrisico's zijn dan beperkt geworden en met name een gevolg van losse objecten die kunnen vallen ten gevolge van een aardbeving. Publiekscampagnes in de regio (samen met de Veiligheidsregio en de gemeenten) zullen daarom van belang blijven zolang aardbevingen kunnen optreden.

De figuur en aanpak schematiseert tevens dat productiebeperking minder relevant is, verkeerde verwachtingen schept of zelfs ‘disproportioneel’ is in de genoemde ALARP-termen. In de onderbouwende studies (de TBO-rapporten) is het geringe effect van productiemaatregelen nader uitgewerkt (zie ook de samenvattende tabel 1). Het preventief versterken is wel degelijk proportioneel indien afgezet tegen de tijdshorizon gevisualiseerd in figuur 3 en gebalanceerd tegen de nog bewegende risico-inschatting en -ontwikkeling.

	Maximale PGA (g) 2013-2023			
	<i>time decay</i>		<i>isotach</i>	
	P50	P90	P50	P90
marktvraag	0.06	0.33	0.07	0.41
marktvraag, alternatieve productiefilosofie	0.05	0.31	0.07	0.40
30 BCM	0.05	0.31	0.06	0.37
30 BCM, alternatieve productiefilosofie	0.05	0.27	0.05	0.31
productiestop in 2013	0.03	0.17	0.02	0.14

tabel 1: effecten van productiescenario's op PGA

1.2 Quantitative Risk Assessment

De genoemde ‘equivalente methodiek’ die gangbaar is binnen bepaalde industrietakken zoals de olie- en gaswinning is de Quantitative Risk Assessment (QRA)⁴. De mate waarin QRA en de uitkomsten daarvan in de praktijk worden gehanteerd komt tevens in de volgende paragraaf 3 aan de orde.

Welke bestaande normstellende kaders ook als richtinggevend worden beschouwd, zij zijn in hoge mate gebaseerd op stationaire industriële activiteiten: geografisch gebonden activiteiten waar door middel van (bron)maatregelen de ‘externe’ veiligheid kan worden beperkt tot de gewenste grens-, richt- of oriëntatiewaarde. Voor een dergelijke stationaire inrichting kan vervolgens ook een ‘plaatsgebonden’ risico worden bepaald.

De robuustheid van een QRA en mate waarin veiligheid numeriek kan worden uitgedrukt moet echter niet worden overschat. Op dit moment is een klassieke QRA niet realistisch voor aardbevingen omdat deze niet stationair zijn en de (vele) parameters die het risico bepalen een te hoge mate van onzekerheid kennen en moeilijk a priori te modelleren zijn. Ook is het evident⁵ dat het cijfermatig uitdrukken (en vergelijken) van risico's de besluitvorming niet optimaal steunt.

⁴ Doorgaans gedaan aan de hand van het HRB versie 3.2; voorheen de “Guidelines for quantitative risk assessment” PGS3, december 2005 (het Paarse Boek)

⁵ Onder meer WRR-advies “Evenwichtskunst” november 2011, en BIZa-rapport “Waarom burgers risico's accepteren” juni 2012

De risico's van aardbevingen kunnen op verschillende manieren berekend worden. Een vaak gebruikt onderscheid is tussen deterministische en probabilistische berekeningen. In de deterministische benadering worden de gevolgen van een specifiek scenario (aardbeving van een bepaalde zwaarte op een bepaalde lokatie) uitgewerkt. In probabilistische analyses wordt een heel spectrum van scenario's doorgerekend, elk scenario heeft dan een eigen kans van optreden en locatie. Het risico op groundbeweging kan vervolgens inzicht geven in de verwachte gebouwschade en letsel, dit door de combinatie van het risico met kwetsbaarheidsgrafieken, de zogeheten 'fragility curves'.

In de studies 1, 5 en 6 die ten grondslag liggen aan het winningsplan wordt het voorgaande in meer detail toegelicht en doorgerekend. In tabel 2 zijn de aannamen omtrent kracht (M), grondversnelling (PGA) en letsel weergegeven voor een 3-jarige en 5-jarige periode⁶ evenals de tweedeling naar P50 en P90⁷.

	M	M	Letaal letsel	Letaal letsel
	50% (P50)	90% (P90)	50% (P50)	90% (P90)
2013-2016	3.4	4.1	0	0
2013-2018	3.6	4.4	0	1

	PGA	PGA	Letaal letsel	Letaal letsel
	50% (P50)	90% (P90)	50% (P50)	90% (P90)
2013-2016	0.02	0.12	0	0
2013-2018	0.03	0.18	0	1 - 2

tabel 2: samenvatting veiligheidsrisico's

De waarden in de tabel zijn waarden voor het hele Groningenveld. Bijvoorbeeld is er 90% kans dat de maximale PGA boven het Groningen veld kleiner zal zijn dan 0.18 g in de komende 5 jaar (en kleiner dan 0.12 g in de komende 3 jaar). Er is dus ook 10% kans dat de maximale PGA groter is dan 0.18 g.

Op basis van deze gegevens – verder toegelicht in het vervolg van deze notitie – is geconcludeerd dat het veiligheidsrisico de komende 3 jaar nog binnen de in Nederland in analogie gehanteerde (ALARP- en andere) normen valt, maar ook dat preventief versterken noodzakelijk is om de risico's op langere termijn acceptabel te houden (de risico's lopen immers op voor een niet versterkte woningvoorraad). Het preventief versterken reflecteert ook de (voor)zorg en aanzienlijke inspanningen om risico's te mitigeren.

⁶ De periode van 10-jaar is in het kader van deze memo niet overgenomen omdat de (gecombineerde) onzekerheden over een dergelijke periode dusdanig groot zijn dat er geen zinvol beeld over kan worden gegeven. Ook is het op dit moment nog niet mogelijk om de effecten van het versterken van huizen (en het saneren van sterk verzwakte huizen) te verdisconteren in de risicoschattingen.

⁷ Een P98 (een overschrijdingskans van 2%) wordt wel gehanteerd voor bouwnormen zoals opgenomen in bijvoorbeeld de Eurocode, maar kent geen grondslag in risiconormeringen. Daarenboven gaat de Eurocode uit van een eeuwigdurend risico, hetgeen zich niet eenvoudig vertaalt naar de levensduur van het Groningen-veld.

Het volledig en in detail doorrekenen naar plaatsgebonden risico's (PR) – het groepsrisico biedt dusdanig weinig houvast⁸ dat deze niet berekend is – is dus overwogen voor dit risico. De (on)geschiktheid van de methode zij echter benadrukt en wel om de volgende redenen:

- Het betreft geen stationair(e) risico(bron)
- Er bestaan relatief grote modelonzekerheden
- Er zijn geen richtlijnen¹⁵ over de te volgen berekeningsmethodiek
- Het risico is sterk afhankelijk van de kwaliteit van individuele gebouwen
- De beperkte communicatieve waarde van dit soort berekeningen

Vanuit de genoemde Britse standaarden¹ en praktijk wordt om redenen als deze derhalve ook aanbevolen om een QRA te balanceren met meerdere, meer kwalitatieve analysemethoden. Dit doet mede opgeld voor 'ketenstudies' (vergelijk de keten *productievolume × compactie × energieopbouw × grondbeveiliging = effect*) waar voor de afzonderlijke schakels afwisselend meer kwantitatieve of kwalitatieve benaderingen worden gekozen. Risico's zullen niet systematisch worden onderschat wanneer een op de situatie toegesneden combinatie van methoden wordt gehanteerd.

Derhalve is tevens een aanzet gegeven tot een redelijke eerste, voorlopige inschatting van het plaatsgebonden risico (zie de appendix); dit risico heeft de komende 3 jaar een verwachte waarde 3×10^{-7} , maar kent nog veel onzekerheden. Zo kan de berekende waarde bij meer conservatieve aannamen ('plus sigma') oplopen tot 2×10^{-5} . Aan de andere kant reduceert het risico tot nul bij meer optimistische aannamen ('minus sigma').

⁸ In analogie met bijvoorbeeld de luchthaven Schiphol "is een zinvolle vergelijking met de voor stationaire bronnen ontwikkelde norm of vaststelling van een vergelijkbare norm daarom niet mogelijk", PKB Schiphol, Nota van toelichting, pagina 59 e.v. Tweede Kamer, vergaderjaar 1994–1995, 23 552, nr. 9.

2. RAM en Bow-Tie

Binnen de NAM wordt de Risk Assessment Matrix (figuur 4) gehanteerd om de potentiële of actuele effecten van incidenten op mensen (People), bedrijfsmiddelen (Assets), milieu (Environment) en/of de reputatie (Reputation) te duiden.

SEVERITY	CONSEQUENCES				INCREASING LIKELIHOOD				
	People	Assets	Environment	Reputation	A	B	C	D	E
					Never heard of in the Industry	Heard of in the Industry	Has happened in the Organisation or more than once per year in the Industry	Has happened at the Location or more than once per year in the Organisation	Has happened more than once per year at the Location
0	No injury or health effect	No damage	No effect	No impact					
1	Slight injury or health effect	Slight damage	Slight effect	Slight impact					
2	Minor injury or health effect	Minor damage	Minor effect	Minor impact					
3	Major injury or health effect	Moderate damage	Moderate effect	Moderate impact					
4	PTD or up to 3 fatalities	Major damage	Major effect	Major impact					
5	More than 3 fatalities	Massive damage	Massive effect	Massive impact					

figuur 4: generieke RAM

Hoewel deze methodiek niet geheel geschikt is voor de classificatie van aardbevingen (ook RAM gaat uit van stationaire activiteiten) zijn de uitgangspunten wel gehanteerd om een bijdrage te leveren aan de kwalitatieve en kwantitatieve analyse. Voor dit doel zijn de volgende definities aangenomen:

People: bewoners van de regio, risico op (letaal) letsel en mentale problemen

Assets: private en publieke gebouwen en infrastructuur als buisleidingen, wegen en dijken

Environment: de natuurlijke en ecologische omgeving

Reputation: het perspectief rond leefbaarheid (onveiligheid, hinder, werkgelegenheid etc.)

Gebaseerd op de aardbevingen in de afgelopen jaren, met name de bevingen met epicentra bij Huizinge (16-08-2012) en Zandweer (08-02-2013) is de volgende inschaling gemaakt:

People: A3P (A3 for People)

Actueel: 3; gebaseerd op mentaal effect (nog geen fysieke consequenties waargenomen)

Potentieel: 4/5; consequenties met meerdere slachtoffers

Assets: C5A (C5 for Assets)

Actueel: aanzienlijke schades (berekend op meer dan € 10 miljoen)

Potentieel: 5

Environment: A0E (A0 for environment)

Actueel: directe effecten zijn beperkt en van korte duur (effect van bodemdaling op waterstanden worden grotendeels gemitigeerd via andere instrumenten)

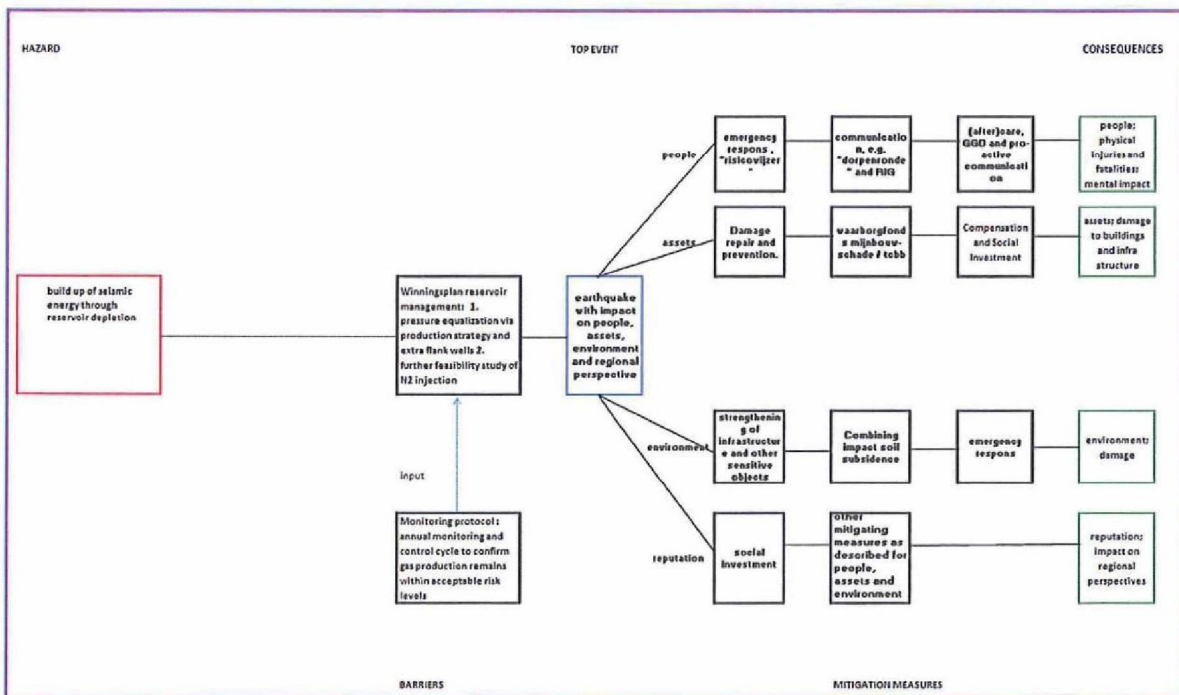
Potentieel: 4; bijvoorbeeld in geval van lekkende mestopslagen en beschadiging buisleidingen en infrastructuur

Reputation: C5R (C5 for reputation)

Actueel: aanzienlijke impact (hoog niveau van bezorgdheid bij bewoners, overheden en veel media aandacht)

Voor een inschatting die leidt tot dergelijke risico's in het gele en/of rode gebied van RAM dient vervolgens een Bow-Tie te worden opgesteld. Doel daarvan is kort gezegd het mitigeren van de risico's middels barrières tussen het gevaar en de consequenties.

Er zijn meerdere mogelijkheden om een Bow-Tie in te richten; in casu is gekozen een aardbeving met effecten (lees: een beving met $M_{max} > 2$) te hanteren als 'top event'. De barrières om het top event te voorkomen zijn weergegeven aan de linkerzijde; het verkleinen van de effecten is weergegeven aan de rechterzijde. In het winningsplan, het monitoringsprogramma dan wel in andere relevante, flankerende stukken zijn deze barrières te herkennen en worden ze nader uitgewerkt. In tabel 3 wordt een verkort inzicht gegeven in de barrières en referenties.



figuur 5: Bow-Tie

barrière	intentie	referentie
Drukegalisatie	Onderzoek naar de effecten van verschillende productiestrategieën (extra putten, productiever schillen Noord / Zuid etc.) op geïnduceerde bevingen.	NAM, Deelonderzoek 6
Drukhandhaving	Onderzoek of drukhandhaving met een bepaald medium (o.m. stikstof) een haalbare optie is om geïnduceerde bevingen te voorkomen of te beperken.	NAM, Deelonderzoek 6
Noodorganisatie	Verhoging van de zelfredzaamheid van burgers en intensivering van de contacten van de Veiligheidsregio en de daarin vertegenwoordigde hulpverleningsdiensten.	Onder meer VR Risicowijzer, NAM “Emergency Responsplan Aardbevingen” en oefeningen.
Schadeherstel, inspectie en preventief versterken	Verdere verbetering van het schadeafhandelingsproces (o.m. op basis van aanbevelingen Tcbb) , inspectie en eliminatie van risicovolle elementen en snelle start van aanzienlijk programma tot preventief versterken (gefaseerd naar wegnemen onveilige situaties in fase 1 en structurele versterking in fase 2).	ARUP, Deelonderzoek 1
Versterking van infrastructuur	Risicoanalyse rond infrastructuur Chemiepark Delfzijl, Eemshaven, pijpleidingen, sluizen, gemalen, dijken etc.	EZ, Deelonderzoek 2 (NAM infrastructuur in Winningsplan)
Social investment	Versterking van de regionale leefbaarheid	NAM, SP/SD-plan

tabel 3: korte weergave van de gebanteerde (eerste) barrières

Het Meet- en Monitoringplan is geen barrière, maar een sterk instrument om jaarlijks te toetsen of het risico zich nog steeds binnen de acceptatiegrenzen (in brede zin, omdat de monitoring meerdere parameters beslaat) bevindt, dan wel zich in positieve of negatieve zin ontwikkelt, gegeven de getroffen maatregelen en nieuwe inzichten.

3. Kwantitatieve externe analogieën

Interne veiligheid

Gebaseerd op de Europese richtlijn voor veiligheid binnen de delfstoffenwinning (richtlijn 92/91/EU) vindt de veiligheid voor werknemers een nadere uitwerking in een Veiligheids- en Gezondheids- (VG) zorgsysteem en daaruit voortvloeiende VG-documenten voor inrichtingen (mijnbouwwerken) en bijzondere werkzaamheden. Deze regelgeving is geïmplementeerd via het Nederlandse regelgeving rond arbeidsomstandigheden (arbo)⁹.

In de kern bevat een VG-document een risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E) zoals bedoeld in de arbo-wetgeving. Deze RI&E (in VG-documenten ook wel als 'risico-analyse' geduid) is met name gericht op de bescherming van werknemers en de inrichting van de arbeidsplaats en toetst ultiem de aanwezige risico's en de 'noodzakelijk geachte risicoverminderende maatregelen' tegen acceptatiecriteria.

Binnen VG-documenten wordt doorgaans gewerkt met QRA's, welke tevens dienen als bron voor de PR-contouren zoals vereist voor inrichtingen (zie volgende paragraaf). Het is niet noodzakelijk om met een QRA te werken¹⁰, maar voor de bedoelde installaties en werkzaamheden is de beschikbare (probabilistische) data in de vorm van prestatienormen en faalkansen dusdanig, dat de uitdrukking in een numerieke waarde afdoende zeggingskracht heeft.

De systematiek in een dergelijk VG-document kan, naast enkele analogieën, niet¹¹ volledig gelijkgeschakeld worden met c.q. als substituut werken voor de risico-analyse rond bodemtrillingen¹². VG-documenten en -zorgsystemen hebben aldus een inherente, maar voor aardbevingen beperkte, externe werking.

⁹ Onder meer de artikelen 2.42 en 2.42f arbo-besluit en artikel 3.6 en verder van de arbo-regeling

¹⁰ Volgens artikel 3.2a van de arbo-regeling worden "de risico's in het kader van de risico-analyse [...] kwalitatief en, voor zover mogelijk, kwantitatief bepaald. De acceptatiecriteria (lees: grenzen waarbinnen risico's aanvaardbaar zijn) "worden, voor zover mogelijk kwantitatief bepaald. Voor zover niet mogelijk, worden deze grenzen kwalitatief bepaald". Dit artikel verwijst ook naar "prestatienormen" voor procesinstallaties en componenten, wel aangehaald als Safety Integrity Levels (SIL) voor dergelijke hardware, hetgeen geen toepassing kent met betrekking tot aardbevingen.

¹¹ Artikel 37 van het Mijnbouwbesluit bevat een soort 'dubbele bevestiging' dat VG-zorgsystemen en VG-documenten van toepassing zijn, maar daarentegen slechts een beperkte externe werking hebben vis-a-vis de genoemde opstallen, wegen en andere objecten in de buurt van mijnbouwwerken

¹² Artikel 24 lid 1p van het Mijnbouwbesluit

Inrichtingen, buisleidingen en transportroutes

Voor stationaire inrichtingen en buisleidingen waar wordt gewerkt met gevaarlijke stoffen worden waarden gehanteerd die de externe veiligheid uitdrukken. Doorgaans zijn dat QRA-berekeningen die moeten aantonen dat het risico 10^{-6} op kwetsbare objecten niet wordt overschreden.

Het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) gaat uit van nieuwe en bestaande situaties. Bestaande situaties¹³ zijn – vertaald naar de onderhavige situatie – (a) de activiteiten die bij inwerkingtreding van Bevi reeds worden verricht op basis van een geldende vergunning (lees: winningsplan) en (b) de op dat tijdstip aanwezige kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten binnen de invloedssfeer. Voor bestaande situaties gold een grenswaarde van 10^{-5} , met dien verstande dat het een overgangssituatie betreft waarbij een analogie kan worden getrokken met fase 1 in figuur 3.

Ook in het Bevb (Besluit externe veiligheid buisleidingen) worden ‘overgangstermijnen’ gehanteerd. Binnen de daarin gestelde termijn dien(d)en de bestaande situatie van 10^{-3} te voldoen aan de normering van 10^{-6} .

Bevi¹⁴ geeft aan dat nieuwe inzichten kunnen ontstaan in de hoogte van de risico's, zonder dat er materiële wijzigingen bij de risicobron worden aangebracht. Indien het opnieuw berekende plaatsgebonden risico voor (aanwezige en geprojecteerde) kwetsbare objecten hoger is dan 10^{-6} per jaar, maar lager dan 10^{-5} per jaar moet volgens Bevi worden overwogen om maatregelen te treffen overeenkomstig het ALARA¹⁵-beginsel.

Voor transportroutes is nog geen volwassen¹⁶ normering opgenomen in de detailregelgeving als het Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt). Wel lijkt zich een lijn af te tekenen dat primair de reguliere 10^{-6} norm wordt gehanteerd, maar indien niet (goed) mogelijk subsidiair wordt gewerkt met het ALARA-beginsel. Momenteel wordt volgens de beschikbare literatuur¹⁷ gewerkt vanuit 10^{-6} voor nieuwe situaties en voor bestaande situaties 10^{-5} .

Voor Bevt wordt geen beschouwing van het groepsrisico gevraagd voor bestaande situaties.

¹³ Artikel 24 Bevi

¹⁴ Paragraaf 12 van de Nota van toelichting Bevi, Staatsblad 2004, 250.

¹⁵ ALARA is de acroniem voor As Low As Reasonably Achievable, welke sterk lijkt op ALARP

¹⁶ Mid 2013 is de wijziging van de wet vervoer gevaarlijke stoffen gepubliceerd rond vervoer van gevaarlijke stoffen via het zogeheten 'basisnet'. Het Basisnet (bestaande uit rijksinfrastructuur) beoogt voor de lange termijn (2020, met uitloop naar 2040) aan de gemeenten duidelijkheid te bieden over de maximale risico's die het transport van gevaarlijke stoffen mag veroorzaken.

¹⁷ Onder meer het werkdocument "Veiligheid in Maatschappelijke Kosten-Baten Analyse", 1 februari 2012, Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer en Scheepvaart, pagina 54

4. Kwalitatieve externe analogieën

In afwezigheid van een normering werkt prof. Helsloot in opdracht van het ministerie van EZ momenteel aan het formuleren van een tijdelijk nationaal beleid rond aardbevingen¹⁸. Dit beleid zal naar alle waarschijnlijkheid niet tijdig beschikbaar zijn om als een gevalideerd toetsingskader te kunnen worden gehanteerd.

In de studie betreft Helsloot diverse (inter)nationale opvattingen, praktijkvoorbeelden en vergelijkbare beleidsterreinen om te komen tot een meer kwalitatief en tijdelijk aardbevingsbeleid.

¹⁸ Rapport "Hoofdlijn redelijk en begrijpelijk Groninger aardbevingsbeleid", Helsloot e.a. Crisislab, gehanteerde conceptversie 23-10-2013

Appendix

Deze appendix beschrijft de methodologie voor een eerste, voorlopige QRA berekening gerelateerd aan het seismisch risico zoals verwoord in de technische studies die ten grondslag liggen aan het winningsplan.

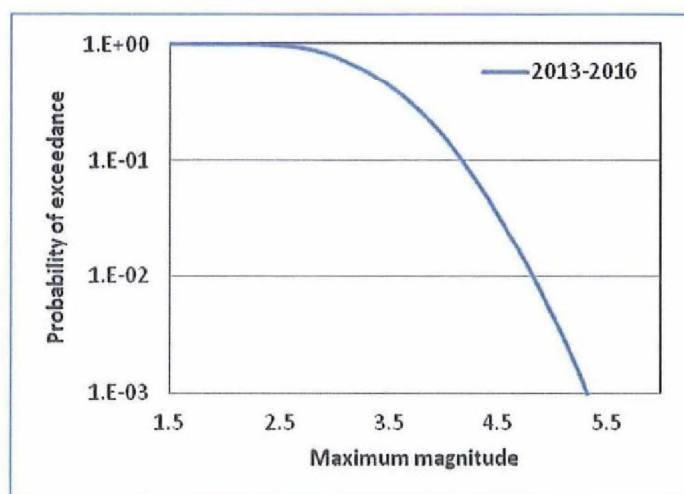
De QRA is op twee manieren ingeschat:

Methodologie 1

1. Arup heeft voor een aantal aardbevingsscenarios ($M= 3.6, 4.0, 4.5$ en 5.0) met verschillende geassocieerde PGA waarden (50- en 84-percentiel) de potentiële schade en het potentiële aantal slachtoffers uitgerekend.
2. Voor elke PGA is een overschrijdingskans bepaald voor de komende 3 jaar op basis van de overschrijdingscurve zoals gegeven in de Technische Bijlage van het Winningsplan (figuur 8.9 van de bijlage).
3. De QRA is dan bepaald op basis van het aantal potentiële slachtoffers dat bij elk scenario hoort, vermenigvuldigd met de overschrijdingskans voor dat scenario gemiddeld over het aantal personen dat in de toekomst blootgesteld zou kunnen worden aan het seismisch risico en dan vervolgens te cumuleren over alle scenarios.
4. Gebaseerd op deze methodologie ligt het PR op basis van 'verwachte' waarden op 2×10^{-6} . Op basis van 84-percent (plus sigma) berekeningen is het PR maximaal 1×10^{-5} , en op basis van 16% (minus sigma) berekeningen is het risico gelijk aan nul.

Methodologie 2

1. Arup heeft voor een aantal aardbevingsscenarios ($M= 3.6, 4.0, 4.5$ en 5.0) de potentiële schade en het potentiële aantal slachtoffers uitgerekend.
2. Voor elke M waarde is een overschrijdingskans bepaald voor de komende 3 jaar op basis van de overschrijdingscurve zoals gegeven in onderstaande figuur A.1.
3. De QRA is dan bepaald op basis van het aantal potentiële slachtoffers dat bij elk scenario hoort, vermenigvuldigd met de overschrijdingskans voor dat scenario gemiddeld over het aantal personen dat in de toekomst blootgesteld zou kunnen worden aan het seismisch risico en dan vervolgens te cumuleren over alle scenarios. Dit is gedaan voor zowel 50-percentiel als 84-percentiel PGA waarden behorende bij elke M.
4. Gebaseerd op deze methodologie ligt het PR op basis van 'verwachte' waarden op 3×10^{-7} . Op basis van 84-percent (plus sigma) berekeningen is het PR maximaal 2×10^{-5} , en op basis van 16% (minus sigma) berekeningen is het risico gelijk aan nul.



Figuur A.1 Overschrijdingskans voor de maximale magnitude voor de komende 3 jaar.