NAM

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

Aanvraag Instemming Winningsplan Westerveld

Inleiding

De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM) is houder van de winningsvergunning Drenthe II en Groningen. Conform de Mijnbouwwet (Mw) dient de winning van koolwaterstoffen te gebeuren overeenkomstig een Winningsplan. In het Mijnbouwbesluit (Mb) is in artikel 24 aangegeven welke informatie het Winningsplan moet bevatten.

De gasvelden die (via verschillend locaties) produceren naar de locatie Westerveld zijn samengevoegd in het "Winningsplan Westerveld". Dit Winningsplan bestaat uit vier onderdelen:

A. Algemene gegevens
B. De bedrijfs- en productiegegevens. Dit onderdeel beschrijft de winningsstrategie, de ondergrondse geologie van de laag waaruit gewonnen wordt, de aanwezige infrastructuur, de stoffen die worden geproduceerd en een beschrijving van de toekomstige plannen om de winning te optimaliseren.
C. Informatie over bodemdaling ten gevolge van de winning.
D. Informatie over bodemtrilling ten gevolge van de winning inclusief mogelijke aardbevingen en maatregelen.

Bijlage 1,2 & 3 geven meer informatie ten ondersteuning van onderdeel C en D.
Bijlage 4 bevat de geologische kaarten.

Onderdeel B1 probeert een algemeen overzicht van de plannen te geven. Technische details worden in verdere onderdelen beschreven.

Een klein onderdeel van het Winningsplan (onderdeel E) wordt apart toegezonden aan het Ministerie van Economische Zaken. Dit vertrouwelijke deel bevat bedrijfsgevoelige informatie en kan NAM's concurrentiepositie in gevaar brengen en is daarom niet openbaar. Het onderdeel E bevat met name informatie over de verwachte productiekosten en investeringskosten.

Formulier aanvraag instemming winningsplan ex artikel 34 lid 1 Mijnbouwwet (Mw) juncto artikel 24 Mijnbouwbesluit (Mb)

Indienen in 6-voud bij:
Ministerie van Economische Zaken
Directie Energieproductie
Postbus 20101
2500 EC DEN HAAG

Artikel 1)	***Onderwerp***	***Beschrijving***
Mw 34 lid 1	**Verzoek om instemming voor een wijziging/actualisatie van het winningsplan** Westerveld	☐ een winningsplan voor voorkomens in het continentaal plat vanaf de 3 zeemijlszone ☒ een winningsplan voor voorkomens in Nederlands territoir tot 3 zeemijl De wijziging/actualisatie bestaat voornamelijk uit een vernieuwing van de seismische risico analyse en actualisatie van productie- en bodemdalings-voorspellingen.
	A) Algemene gegevens	
	A1.1) Naam indiener	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
	A1.2) Adres	Postbus 28000 9400 HH Assen
	A1.3) Contactpersoon	[redacted] (tel: [redacted])
	A1.4) E-mail	[redacted]@shell.com
	A1.5) Fax	[redacted]
Mw 22	***A1.6) Indiener***	☒ is houder van de vergunning ☐ is uitvoerder cf artikel 22 Mw
	A2) Winningsvergunningsgebied(en)	☐ winningsvergunning(en) - Drenthe II (K.B. 4/11/1968, laatstelijk gewijzigd d.d. 17 juli 2007 bij beschikking ET-EM-7075840) - Groningen (K.B. 30/5/1963)
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	***A2.1) Voorkomens koolwaterstoffen***	• Assen • Assen-Zuid • Een • Eleveld • Vries-Noord • Vries-Centraal • Vries-Zuid • Witten • Witterdiep • Zevenhuizen • Zevenhuizen-West
Mb 24 lid 1a	***A2.2) Soort koolwaterstof die wordt gewonnen***	☐ olie ☒ hoog calorisch gas ☐ Groningen kwaliteit gas ☐ laag calorisch gas ☐ zwavelhoudend gas ☒ aardgascondensaat Uit alle voorkomens wordt hoogcalorisch gas gewonnen.
Mr 1.2.1 lid 3	***A3) Bestaande of nieuwe winning***	☒ winningsplan voor reeds bestaande winning (inclusief voorziene uitbreiding) ☐ winningsplan voor nieuwe winning
Mw 38	***A4) Samenloop vergunningen Wet milieubeheer***	☒ nee ☐ ja: te weten:

B) Bedrijfs- en productiegegevens

Mw 35 lid 1

B1) Beknopte beschrijving van het winningsplan

De redenen voor de actualisatie van het winningsplan voor het Westerveld systeem zijn:

1. een vernieuwde seismische risico analyse
2. de stopzetting van productie uit de velden Appelscha, Roden en Norg-Zuid
3. een actualisatie van productie- en bodemdalingsvoorspellingen en
4. voorziene activiteiten om de productie in stand te houden.

Het winningsplan Westerveld omvat 11 gasvelden (voorkomens):

Gasveld	Locatie
Assen	ASN
Assen-Zuid	WIT
Een	NOR-3
Eleveld	ELV en WIT
Vries-Noord	VRS-4
Vries-Centraal	VRS-2
Vries-Zuid	VRS-1
Witten	WIT
Witterdiep	WIT
Zevenhuizen	ZVH
Zevenhuizen-West	ZVH

Sectie B3 geeft een overzicht van de ligging van de locaties. Alle productie wordt per pijpleiding getransporteerd naar de behandelingslocatie VRS-4. Het geproduceerde gas wordt na behandeling (ontwaterd en op hogere druk gebracht) op de VRS-4 locatie per pijpleiding getransporteerd naar de locatie Westerveld (WTV) en daar afgeleverd aan GasTerra B.V.

De voorkomens Appelscha, Roden en Norg-Zuid maakten in het verleden ook deel uit van het winningsplan Westerveld. De productie in deze velden is echter inmiddels gestopt en de putten en productielocaties zijn veiliggesteld (“gesuspendeerd”). Ook zijn er op dit moment geen actieve herontwikkelingsplannen. De productie vanuit deze voorkomens wordt derhalve niet meer genoemd in dit winningsplan. De faciliteiten zijn nog wel onderdeel van het productiesysteem en worden als zodanig wel vermeld in dit winningsplan. Ook zijn de contouren van deze drie voorkomens aangegeven op de overzichtskaart. De historische bodemdaling veroorzaakt door deze velden is vanzelfsprekend meegenomen in sectie C. Bodemdaling.

De nieuwe bodemdalingsprognose geeft minder bodemdaling aan dan de prognose in het vorige winningsplan: de verwachte bodemdaling door toekomstige productie uit de velden beschreven in dit winningsplan is minder dan 2 cm. De seismische risicoanalyse laat zien dat de voorkomens in dit winningsplan in de laagste seismische risicocategorie vallen.

Het winningsplan zal aangepast worden als de bodemdaling of seismische risicoanalyse afwijkt van de prognose zoals in dit winningsplan beschreven. Als voorzien wordt dat de cumulatieve productie uit een voorkomen gaat uitkomen boven de prognose van de uiteindelijke cumulatieve productie zoals in dit winningsplan beschreven, zal dit besproken worden met de regulerende overheden. Eventuele toekomstige activiteiten op de locaties (b.v. compressie) of in het reservoir (b.v. extra putten) zullen de gangbare vergunningsprocedures volgen en behoeven geen aanpassing van het winningsplan.

Mw 35 lid 1c
Mb 24 lid 1c,d

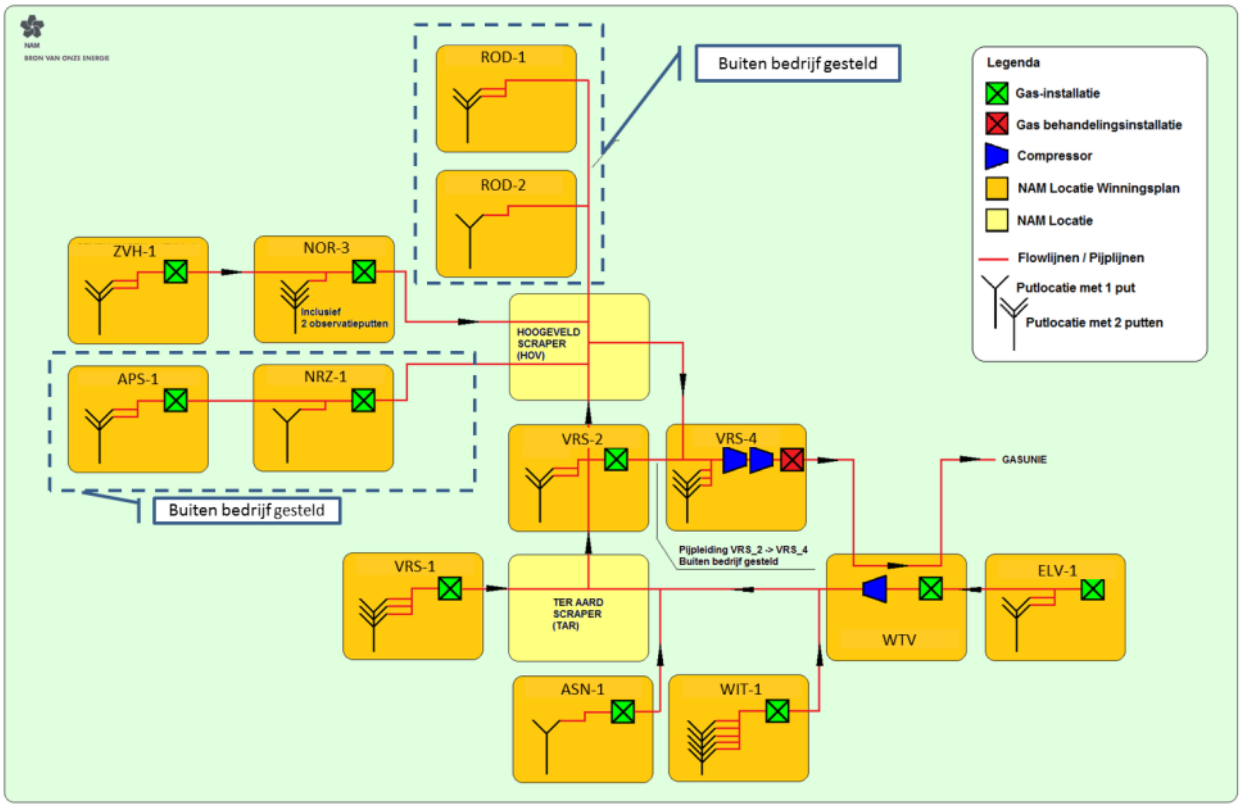
B1.1) Beknopte beschrijving van wijze van winning door middel van (een) mijnbouwwerk(en)

De onbehandelde productie van de verschillende satellietlocaties komt samen op de behandelingslocatie VRS-4, zoals in de figuur hieronder is aangegeven. Productie van locatie ELV wordt onder lage druk gewonnen en op de locatie WTV gecomprimeerd om de VRS-4 locatie te kunnen bereiken.

Op de behandelingslocatie VRS-4 worden de met het gas meegeproduceerde vloeistoffen (water en aardgascondensaat) van het gas gescheiden. Deze vloeistoffen worden vanaf deze locatie afgevoerd. Het aardgascondensaat wordt uiteindelijk in Delfzijl van het water gescheiden waarna het aardgascondensaat aan raffinaderijen wordt geleverd en het water bij Borgsweer in de diepe ondergrond wordt geïnjecteerd.

De resulterende gasstroom wordt op VRS-4 via druk- en temperatuurbehandeling op specificatie gebracht en naar WTV getransporteerd voor aflevering aan GasTerra B.V.

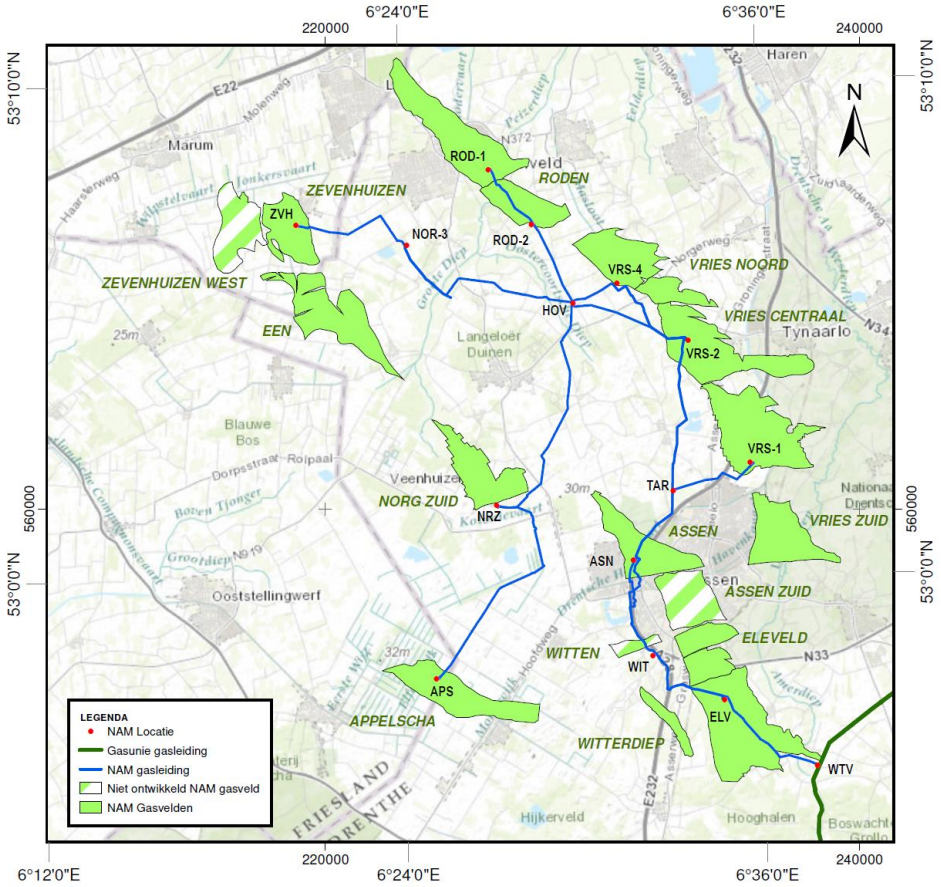
Schematische voorstelling van de gasstromen



Mb 24 lid 1a	***B2) Geologische beschrijving van voorkomen(s)*** Het gas is gevormd in de koollagen van het geologische tijdperk Carboon. Vervolgens is het gas gemigreerd naar bovenliggende zandsteenlagen in het Rotliegend. Dit reservoir wordt afgesloten door een dikke zoutlaag van de Zechstein formatie.
Mb 24 lid 1a Mb 24 lid 1b	***B2.1) Geologische doorsnede van voorkomen(s)*** Bijlage 4 bevat voor elk voorkomen een doorsnede en kaart van de Top Rotliegend. De figuren zijn naar een bijlage verplaatst om de leesbaarheid van het document te verbeteren.

Mw 35 lid 1a
Mb 24 lid 1d,e

B3) Overzicht ligging voorkomens, gasputten



In het navolgend overzicht zijn voorkomens met de bijbehorende putten aangegeven.

Voorkomen	Locatie	Producerende putten	Gesuspendeerde putten	Geabandonneerde putten	Observatie putten
Roden	ROD-1 (Roden-1)	-	2	-	-
Roden	ROD-2 (Roden-2)	-	1	-	-
Zevenhuizen Zevenhuizen-West	ZVH (Zevenhuizen)	1	 1	 -	 -
Een	NOR-3 (Norg-3)	1	-	-	2*
Appelscha	APS (Appelscha)	-	2	-	-
Norg-Zuid	NRZ (Norg-Zuid)	-	1	-	-
Vries-Zuid	VRS-1 (Vries-1)	2	1	1	-
Vries-Centraal	VRS-2 (Vries-2)	2	-	-	-
Vries-Noord	VRS-4 (Vries-4)	3	-	-	-
Assen	ASN (Assen)	1	-	-	-
Witterdiep Eleveld Witten Assen-Zuid	WIT (Witten)	1 2	 1 1	 -	 -
Eleveld	ELV (Eleveld)	2	-	-	-

*Deze 2 observatieputten zijn geboord in het Norg veld (maakt geen deel uit van dit winningsplan)

Mb 24 lid 1d,e,g

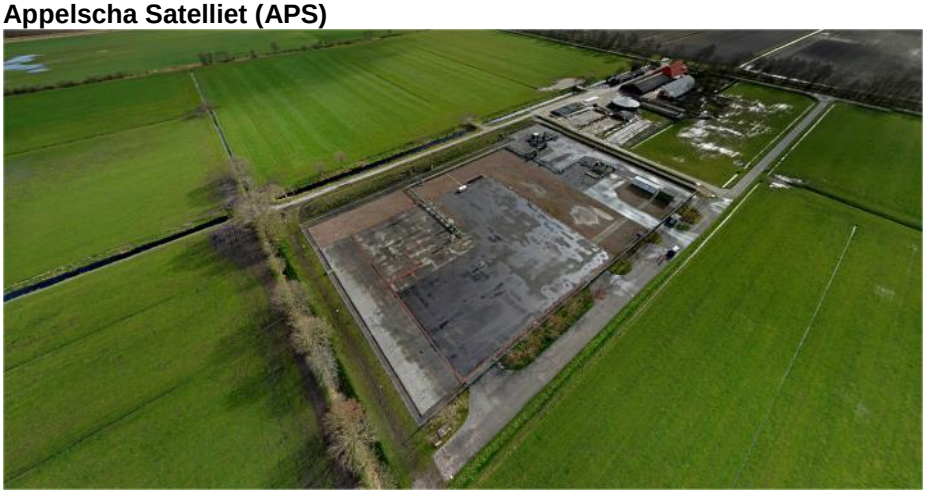
B3.1) Situering mijnbouwwerken situatietekening /eventueel foto

Overzicht mijnbouwlocaties, gesorteerd per gemeente

Locatie	Gesuspendeerd	Gemeente	Provincie
APS	Ja	Ooststellingwerf	Fryslân
ASN	Nee	Assen	Drenthe
ELV	Nee	Aa en Hunze	Drenthe
NRZ	Ja	Noorderveld	Drenthe
NOR3	Nee	Noorderveld	Drenthe
ROD-1	Ja	Noorderveld	Drenthe
ROD-2	Ja	Noorderveld	Drenthe
VRS-1	Nee	Tynaarlo	Drenthe
VRS-2	Nee	Tynaarlo	Drenthe
VRS-4	Nee	Tynaarlo	Drenthe
WTV	Nee	Aa en Hunze	Drenthe
WIT	Nee	Assen	Drenthe
ZVH	Nee	Leek	Groningen

Foto's van mijnbouwlocaties, alfabetisch gesorteerd

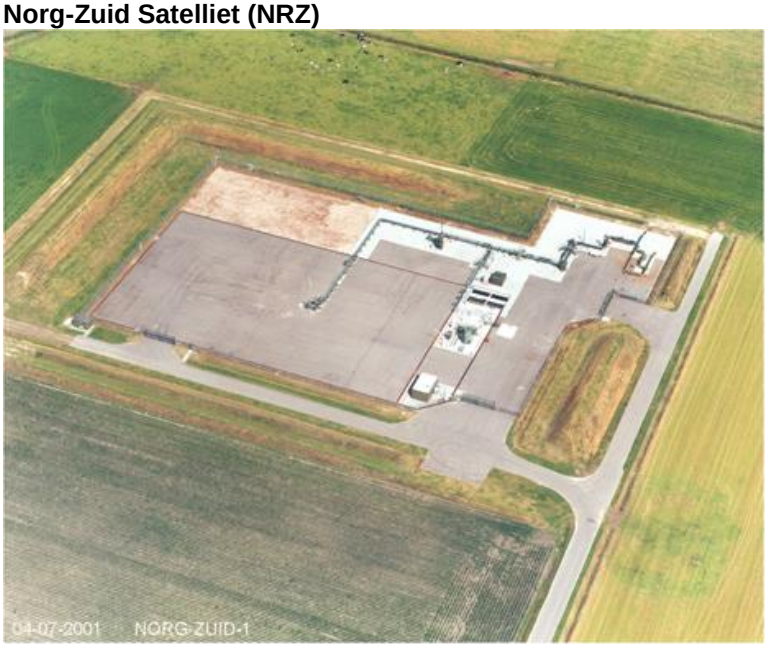
Appelscha Satelliet (APS)



Assen Satelliet (ASN)

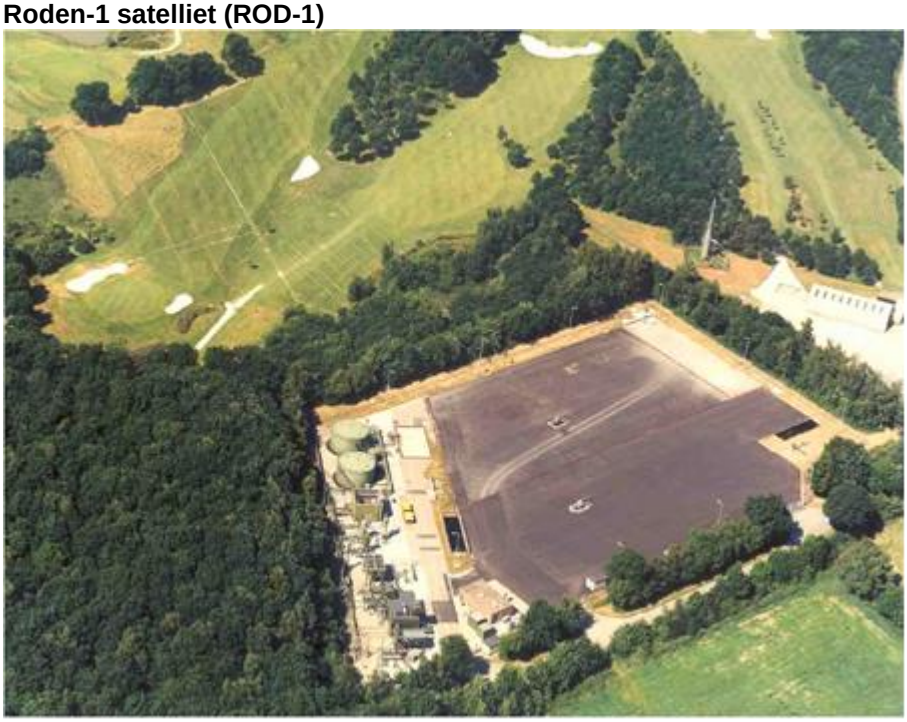
Eleveld Satelliet (ELV)

Norg-Zuid Satelliet (NRZ)



Norg-3 Satelliet (NOR3)

Roden-1 satelliet (ROD-1)



Roden-2 satelliet (ROD-2)

Vries-1 satelliet (VRS-1)

Vries-2 satelliet (VRS-2)

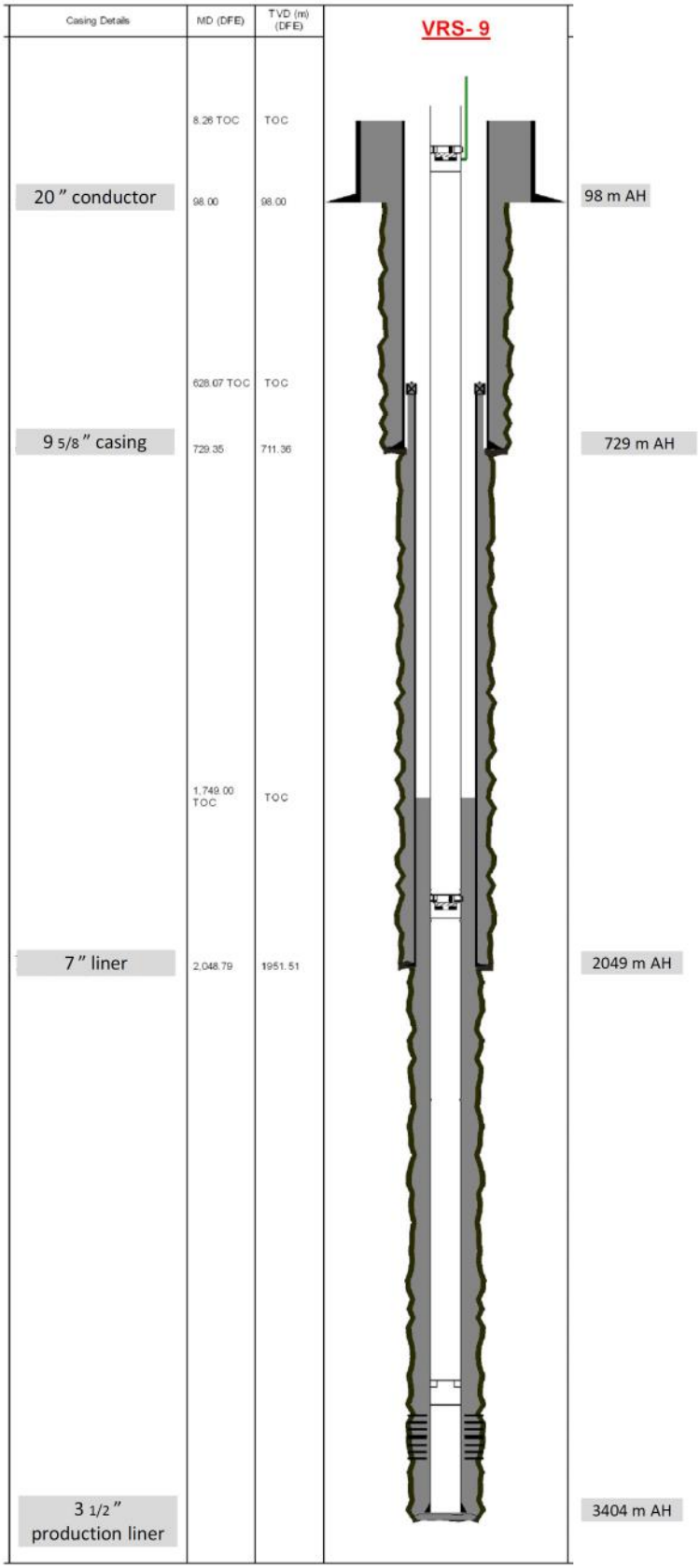
Vries-4 Productie Faciliteit (VRS-4)

Westerveld Productie Faciliteit (WTV)

Witten satelliet (WIT)

Zevenhuizen satelliet (ZVH)

Mb 24 lid 1e,f	***B4) Overzicht boringen in voorkomen(s)*** Het is mogelijk dat er in de toekomst nog één of meerdere putten in de in dit winningsplan genoemde voorkomens geboord gaan worden. Mogelijke activiteiten worden in sectie B5.2 genoemd. Eventuele toekomstige activiteiten zullen de gangbare vergunningsprocedures volgen.
Mb 24 lid 1g	***B4.1) Schematische voorstelling putverbuizing(en)***



Mb 24 lid 1h

B4.1) Plaats en wijze waarop koolwaterstoffen in verbuizing treden

De putten zijn tussen 2700 en 3700 meter (verticaal) diep en verbonden met de gashoudende Rotliegend formatie op een diepte tussen 2600 en 3250 meter beneden NAP (Normaal Amsterdams Peil) Zie ook B.2.1.

Mb 24 lid 2

B5) Productieontwikkeling strategie

In navolgend overzicht wordt de verwachte totale gaswinning per voorkomen gegeven. De “statische GIIP” geeft de hoeveelheid gas die oorspronkelijk in het reservoir aanwezig was. De ”Mid Case” en “High Case” verwijzen naar de voorspellingen zoals beschreven in sectie B5.3.

Voorkomen	Statische GIIP [miljard Nm3]	Totale winning tot eind 2015 [miljard Nm3]	Verwachte totale winning (Mid Case) [miljard Nm3]	Verwachte totale winning (High Case) [miljard Nm3]	Verwacht winnings-percentage (Mid Case)	Verwacht winnings-percentage (High Case)
Assen	0,755	0,210	0,246	0,304	33%	40%
Assen-Zuid	0,285	0,000	0,000	0,057	0%	20%
Een	0,654	0,074	0,090	0,125	14%	19%
Eleveld	11,975	8,327	9,044	10,399	76%	87%
Vries-Noord	4,472	2,945	2,991	3,141	67%	70%
Vries-Centraal	3,111	2,264	2,370	2,572	76%	83%
Vries-Zuid	5,498	1,643	2,022	2,206	37%	40%
Witten	0,218	0,000	0,000	0,044	0%	20%
Witterdiep	0,700	0,413	0,413	0,428	59%	61%
Zevenhuizen	0,140	0,100	0,105	0,108	75%	77%
Zevenhuizen-West	0,540	0,000	0,000	0,108	0%	20%

Voor de Assen, Een en Vries-Zuid voorkomens geldt dat het winningspercentage relatief laag uitvalt door waterproductie en een matige kwaliteit van het reservoir. Voor de voorkomens Zevenhuizen-West, Assen-Zuid en Witten geven evaluatieresultaten van de boringen aan dat de winbare hoeveelheden gas waarschijnlijk zeer gering zullen zijn. Er zijn daarom momenteel geen winbare volumes aan deze velden toegekend in de Mid Case. Ook voor het voorkomen Witterdiep wordt geen verdere productie verwacht in de Mid Case.

Mb 24 lid 2

B5.1) Productie filosofie

De voorkomens genoemd in dit winningsplan worden dusdanig geproduceerd dat er optimaal gebruik wordt gemaakt van de productiefaciliteiten. De locaties ASN, ELV, NOR-3, VRS-4, VRS-1, VRS-2, WIT, ZVH en WTV worden voor een belangrijk deel op afstand bestuurd. De installaties kunnen altijd van afstand veilig uitgeschakeld worden. Niet alle faciliteiten kunnen op afstand gestart worden. Er vinden regelmatig bezoeken plaats door operators voor controle en eventuele reparaties.

De productie uit alle voorkomens genoemd in dit winningsplan gebeurt met behulp van compressie op VRS-4 (en tevens op WTV voor het deel van het Eleveld veld dat vanaf de locatie ELV wordt gewonnen). Eventuele verdere installatie van compressiecapaciteit zal de gangbare vergunningsprocedures volgen.

Mb 24 lid 2

B5.2) Reservoir management

Voor alle voorkomens binnen dit winningsplan geldt dat er via regelmatige drukmetingen in de productieputten informatie wordt verkregen over de ontwikkeling van drukken in de gasvoorkomens.

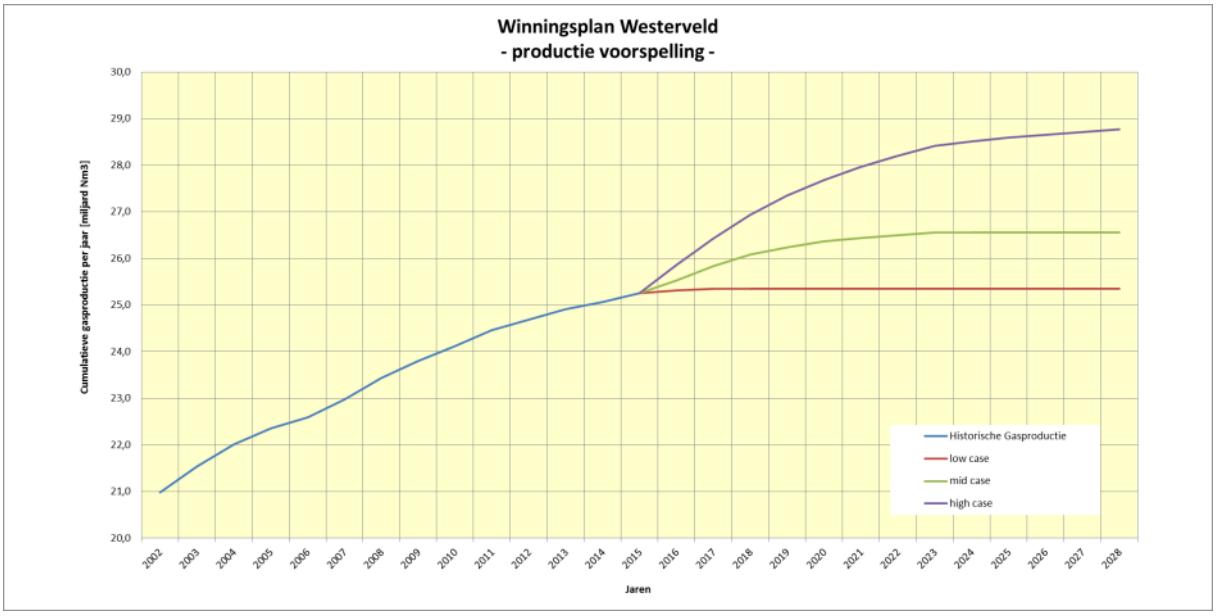
De waterproductie wordt continu gecontroleerd op systeem niveau. Verschillende maatregelen worden getroffen om waterproductie te minimaliseren.

Vries voorkomens (Noord/Centraal/Zuid)
Het reservoir gesteente van de voorkomens Vries-Centraal en Vries-Zuid bestaat grotendeels uit conglomeraten waarvan de productiviteit slecht is in vergelijking met de zandsteen reservoirs. Vries-Noord heeft meer zandsteen in de gaszone en daardoor een betere productiviteit. De huidige Vries putten produceren naast gas ook formatiewater. De gasproductie wordt geoptimaliseerd door toepassing van “continuous foam” installaties (waarbij schuimende zeep onderin de put wordt ingebracht) door gecontroleerde onderbroken productie om de druk onderin de productieputten te doen toenemen en door waterpreventiemaatregelen. In het

	Vries-Zuid veld is eind 2015 een extra productieput geboord (VRS-10) ter vervanging van de VRS-3C put die in 1994 is geabandonneerd na overmatige waterproductie. Verder wordt er gestudeerd op de mogelijkheid om op termijn nog putten te boren ten westen en ten oosten van het Vries-Zuid veld. **Een** Door de lage permeabiliteit zal de productie van de huidige put door middel van productiecycli gebeuren. Dit betekent dat de putproductie zal worden onderbroken door steeds langer wordende tijdsintervallen. **Eleveld** Dit veld wordt geproduceerd vanaf 2 locaties, ELV (met putten ELV-101 en ELV-102) en WIT (put WIT-5). De ELV locatie wordt geproduceerd met behulp van bovengrondse compressie van het geproduceerde gas; put ELV-101 produceert momenteel terwijl de productie van ELV-102 gestopt is. Put WIT-5 is begin 2015 in productie genomen. Deze put is geboord naar het noordelijk deel van het Eleveld voorkomen. **Assen** Het voorkomen Assen laat een snelle afname in productie zien, hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door waterproductie en zoutafzetting in de put. Mogelijkheden tot productieoptimalisatie worden bekeken om het niveau van de productie uit dit voorkomen te herstellen. **Witterdiep** De reservoirdruk van dit voorkomen wordt regelmatig gecontroleerd. Metingen suggereren dat er een langzame toestroom van gas naar de put plaatsvindt door slechte communicatie tussen de verschillende ondergrondse compartimenten van het voorkomen. Mochten verdere drukmetingen uitwijzen dat niet alle ondergrondse compartimenten van het voorkomen geproduceerd worden dan is het mogelijk dat er in de toekomst nog een extra put wordt geboord. **Zevenhuizen** Als gevolg van de lage reservoirdruk in de put vindt productie plaats door middel van onderbroken productiecycli. De reservoirdruk wordt regelmatig gecontroleerd. Het is mogelijk dat er in de toekomst een nieuwe put naar het westelijk deel van het Zevenhuizen veld zal worden geboord. Naast metingen aan de productie van de gasvelden, worden ook metingen gedaan aan de integriteit van de putten. Beide bronnen van informatie kunnen leiden tot activiteiten waarvoor mogelijk een boorinstallatie nodig is. Ook het (mechanisch of chemisch) stimuleren van de productie in een klein gedeelte van de putten behoort tot de mogelijkheden.

Mw 35 lid 1a,d Mb 24 lid 1a 0	***B5.3) Omvang winning (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)*** De aanvraag om een winningsplan gaat uit van drie productiescenario's (Low, Mid en High Case). Reden hiervoor is dat de productie niet precies op voorhand kan worden ingeschat. Het lage productiescenario ("Low Case") gaat uit van de resterende hoeveelheden gas die op basis van een conservatieve inschatting met de huidige putten geproduceerd kunnen worden. Hiertoe is met behulp van een "decline curve analysis" (DCA) gekeken naar een trend in de afname van het productieniveau ten opzichte van de cumulatieve productie, waarbij wordt aangenomen dat de productie ophoudt wanneer de minimum stroomsnelheid van een put bereikt wordt. Het midden productiescenario ("Mid Case") gaat uit van de resterende hoeveelheden gas die op basis van een gemiddelde inschatting met de huidige putten geproduceerd kunnen worden. Hierin zijn tevens de verwachte productieprofielen van de onlangs geboorde WIT-5 put en de eind 2015 geboorde put in het Vries-Zuid veld (VRS-10) meegenomen. Ook is hierin de verwachte bijdrage van verdere "continuous foam" injecties, productie optimalisatie en ontwateringsactiviteiten in putten in het Vries voorkomen meegenomen. Het hoge productiescenario ("High Case") gaat uit van de resterende hoeveelheden gas die op basis van een optimistische inschatting met de huidige putten geproduceerd kunnen worden. Hierin zijn tevens de "high case" productieprofielen van de WIT-5 put en de VRS-10 put meegenomen, alsook een verlengd gasproductie profiel ten gevolge van optimalisatie en ontwateringsactiviteiten in putten in het Vries voorkomen. In geen van deze scenario's zijn bijzondere omstandigheden meegenomen waardoor de productie bijvoorbeeld voor langere tijd stil zou kunnen komen te liggen. In onderstaande grafiek wordt naast de historische productie van 2003-2015 ook de verwachte productie

weergegeven (Low-Mid-High scenario's) van de nog te verwachten gasproductie uit de voorkomens zoals omschreven in dit winningsplan.



Onderstaande tabel geeft de historische jaarlijkse productie uit de voorkomens zoals opgenomen in dit winningsplan.

Winningsplan Westerveld		Historische productie t/m 2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Cumulatief Historisch t/m 2015
Historische productie Totaal	miljard Nm3	20,974	0,562	0,470	0,345	0,235	0,381	0,463	0,372	0,313	0,341	0,233	0,223	0,155	0,183	25,249
Appelscha	miljard Nm3	1,508	0,228	0,148	0,046	0,053	0,036	0,000	0,006	0,002	0,013	-	-	-	-	2,041
Assen	miljard Nm3	-	-	-	-	-	0,031	0,065	0,063	0,034	0,007	0,007	0,004	-	-	0,210
Een	miljard Nm3	-	-	-	0,030	0,017	0,006	-	-	-	-	-	-	-	0,021	0,074
Eleveld	miljard Nm3	7,192	0,081	0,067	0,045	0,034	0,043	0,031	0,105	0,160	0,173	0,128	0,084	0,060	0,123	8,327
Norg-Zuid	miljard Nm3	0,477	0,062	0,068	0,052	0,029	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,688
Roden	miljard Nm3	6,543	0,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,544
Vries-Noord	miljard Nm3	2,377	0,099	0,092	0,112	0,042	0,024	0,031	0,007	0,013	0,035	0,032	0,038	0,032	0,013	2,945
Vries-Centraal	miljard Nm3	1,606	0,072	0,083	0,053	0,058	0,064	0,076	0,051	0,040	0,052	0,043	0,022	0,019	0,025	2,264
Vries-Zuid	miljard Nm3	1,269	0,020	0,010	0,006	0,003	0,087	0,080	0,050	0,006	0,000	0,000	0,070	0,042	0,000	1,643
Witterdiep	miljard Nm3	-	-	-	-	-	0,091	0,147	0,072	0,049	0,035	0,018	0,000	-	-	0,413
Zevenhuizen	miljard Nm3	-	-	-	-	-	-	0,033	0,018	0,009	0,027	0,005	0,005	0,003	0,001	0,100

De volgende tabel geeft de verwachte totale productie uit de voorkomens zoals opgenomen in dit winningsplan. De drie eerder genoemde scenario's (Low-Mid-High) geven de onzekerheid aan met betrekking tot de nog te verwachten hoeveelheden geproduceerd gas.

Jaarlijkse verwachte productie per voorkomen [miljard Nm3]		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Assen	L.case	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	M.case	0,005	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	H.case	0,042	0,030	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Assen-Zuid	L.case	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	M.case	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	H.case	0,000	0,029	0,017	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Een	L.case	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	M.case	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	H.case	0,021	0,017	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Eleveld	L.case	0,055	0,028	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	M.case	0,163	0,181	0,139	0,096	0,070	0,022	0,020	0,026	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	H.case	0,362	0,300	0,254	0,211	0,182	0,159	0,137	0,120	0,091	0,080	0,068	0,058	0,050
Vries-Noord	L.case	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	M.case	0,015	0,015	0,004	0,008	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	H.case	0,032	0,029	0,027	0,025	0,023	0,021	0,020	0,019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Vries-Centraal	L.case	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	M.case	0,017	0,032	0,032	0,014	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	H.case	0,047	0,044	0,041	0,039	0,037	0,035	0,033	0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Vries-Zuid	L.case	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	M.case	0,054	0,064	0,057	0,041	0,048	0,042	0,038	0,035	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	H.case	0,094	0,102	0,089	0,066	0,063	0,054	0,050	0,046	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Witten	L.case	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	M.case	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	H.case	0,000	0,000	0,000	0,029	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Witterdiep	L.case	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	M.case	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	H.case	0,000	0,007	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Zevenhuizen	L.case	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	M.case	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	H.case	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Zevenhuizen-West	L.case	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	M.case	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	H.case	0,000	0,000	0,055	0,029	0,016	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Totale verwachte productie per jaar [miljard Nm3]

Winningsplan Westerveld	L.case	0,068	0,028	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	M.case	0,275	0,312	0,242	0,160	0,133	0,064	0,059	0,061	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	H.case	0,607	0,558	0,526	0,409	0,335	0,277	0,241	0,217	0,091	0,080	0,068	0,058	0,050

Cumulatieve verwachte productie per jaar [miljard Nm3]

Winningsplan Westerveld	L.case	25,317	25,345	25,345	25,345	25,345	25,345	25,345	25,345	25,345	25,345	25,345	25,345	25,345
	M.case	25,525	25,836	26,078	26,238	26,371	26,434	26,493	26,554	26,554	26,554	26,554	26,554	26,554
	H.case	25,856	26,414	26,940	27,349	27,683	27,961	28,201	28,418	28,509	28,589	28,657	28,715	28,765

Mw 35 lid 1b

B5.4) Duur van de winning (per voorkomen)

De verwachte einddatum van de productie in het Westerveld systeem is volgens de huidige voorspellingen gesteld op 2023, maar kan uitlopen tot 2028 volgens het hoge productiescenario. Het gedrag van de bestaande en mogelijke toekomstige putten is moeilijk te voorspellen aangezien het veld bijna leeg is. Hierdoor is de onzekerheidsmarge met betrekking tot de precieze einddatum van productie aanzienlijk.
De winning zal worden beëindigd indien de totale kosten van de productie de opbrengsten van de productie zullen overtreffen dan wel zoveel eerder indien door onvoorziene technische of andere oorzaak voortzetting van de winning niet plaats kan vinden.

Mb 24 lid 1i	***B6) Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd*** Met de gasproductie worden water en aardgascondensaat meegeproduceerd. De geproduceerde hoeveelheid water en aardgascondensaat is afhankelijk van de totale gasproductie. De hoeveelheid aardgascondensaat wordt gegeven door de (aardgas-) Condensaat Gas Ratio (CGR) en het water door de Water Gas Ratio (WGR). Navolgend overzicht geeft bij benadering de waarden van de CGR en de WGR per voorkomen:

Voorkomen	CGR (m3/mln m3 gas)	WGR (m3/mln m3 gas)
Assen	30-35	~30
Assen-Zuid	30	30
Een	~2	~14
Eleveld	~10	~30
Vries-Noord	~70	~500
Vries-Centraal	~40	~300
Vries-Zuid	~37	~50
Witten	30	30
Witterdiep	~9	~40
Zevenhuizen	~10	bijna uitgewaterd
Zevenhuizen-West	10	20

De waarden voor de WGR stijgen naarmate de druk in het reservoir afneemt.

Mb 24 lid 1i	***B7) Jaarlijks eigengebruik bij winning*** Voor eigen gebruik wordt op de locatie WTV per jaar ca. 0,02 mln Nm3 aangewend. Op de centrale behandelingslocatie VRS-4 wordt per jaar voor eigen gebruik (incl. fornuis + fakkel spoelgas + fakkel waakvlam) ca. 0,64 mln Nm3 gas aangewend.
Mb 24 lid 1j	***B8) Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen*** Het volume koolwaterstoffen dat jaarlijks op de locatie Westerveld (WTV) wordt afgeblazen (ten gevolge van het afgaan van veiligheidskleppen dan wel onderhoud) is ca. 0,001 mln Nm3. Op de locatie VRS-4 wordt per jaar gemiddeld 0,1 mln Nm3 gas afgefakkeld dan wel afgeblazen. Het volume op VRS-4 is hoger dan op Westerveld aangezien op de VRS-4 locatie de daadwerkelijke gasbehandeling plaatsvindt om gas op specificatie te kunnen afleveren, terwijl op WTV slechts compressie plaatsvindt. Deze gegevens zijn gebaseerd op de waarden uit de jaren 2011 t/m 2014 en dienen als indicatie gebruikt te worden voor de latere jaren.
Mb 24 lid 1k	***B9) Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen*** Het vrijkomende productiewater wordt via een injectieput op de Borgsweer locatie geïnjecteerd in de diepe ondergrond.

C) *Gegevens inzake bodemdaling als gevolg van de winning van koolwaterstoffen.*

Mw 35 lid 1f

C1) Aard van de bodemdaling

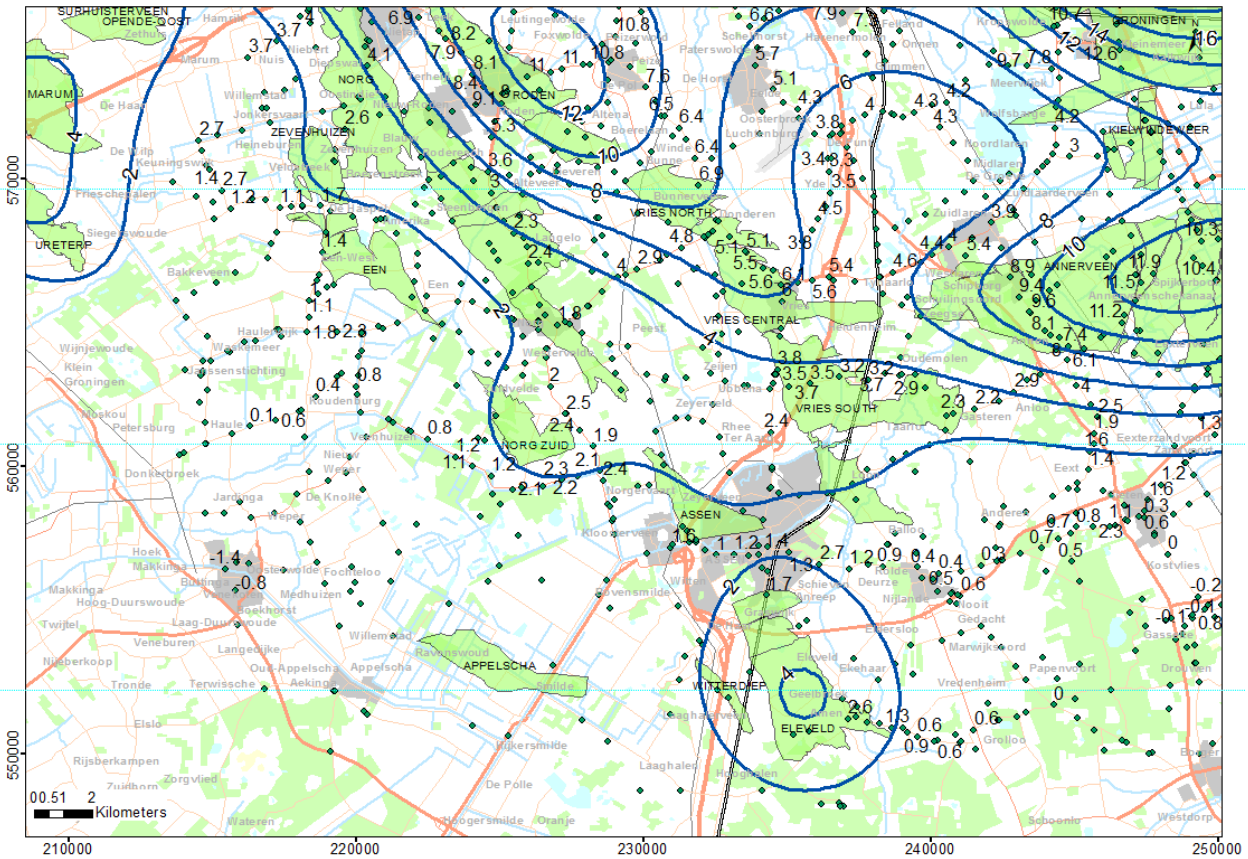
Door de winning van koolwaterstoffen uit olie- en gasvoerende gesteentelagen zal de druk in de poriën van het gesteente verminderen waardoor compactie van de olie- en gasvoerende lagen optreedt. Dit manifesteert zich aan de oppervlakte in de vorm van bodemdaling. Zie voor een uitgebreide beschrijving van het bodemdalingsproces "*Bodemdaling door Aardgaswinning –NAM-velden in Groningen, Friesland en het Noorden van Drenthe– Status Rapport 2015 en Prognose tot het jaar 2080"* (EP201511213444).

Mb 24 lid 1m
Mb 24 lid 1n
Mb 24 lid 1o

C2) Gekalibreerde bodemdaling en bodemdalingprognoses (uiteindelijk verwachte mate van bodemdaling)

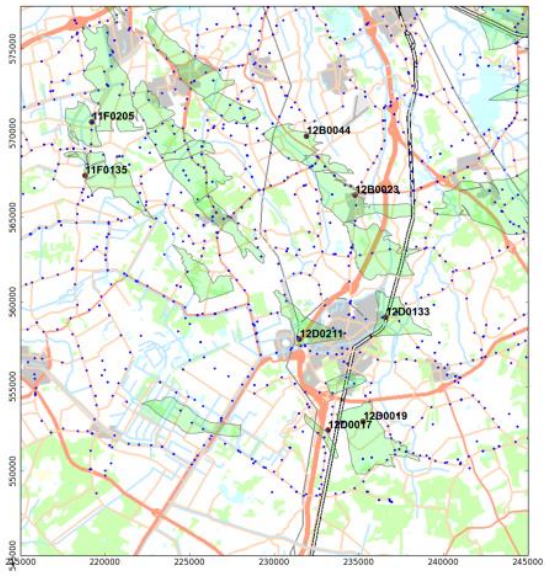
Gekalibreerd bodemdalingsmodel

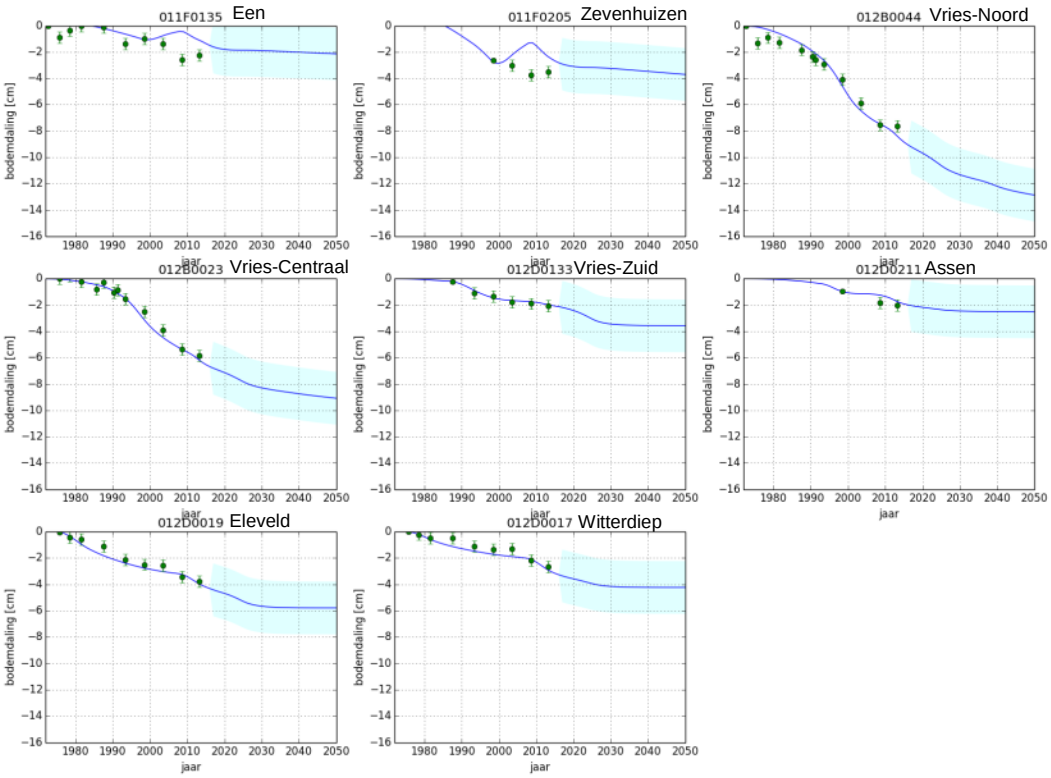
De meest recente uitgebreide bodemdalingsmeting in dit gebied heeft plaatsgevonden in het jaar 2013 (Meetregister bij de meetplannen Noord Nederland 2014). Deze en alle andere beschikbare metingen uit het verleden zijn gebruikt om een bodemdalingsmodel te kalibreren. In figuur C1 wordt de in 2013 op de peilmerken gemeten daling sinds de nulmeting in 1975 weergegeven door punten. De blauwe lijnen geven de contouren van de gemodelleerde bodemdaling door gaswinning.



Figuur C1: In 2013 gemeten daling in cm op de peilmerken (sinds 1975) en contourlijnen van de ***gemodelleerde*** *bodemdaling voor het jaar 2013 ten gevolge van gaswinning uit de in dit winningsplan beschreven voorkomens én naburige voorkomens.*

Om inzicht te verkrijgen over de kwaliteit van het model ten opzichte van historische metingen is boven de in dit winningsplan genoemde producerende voorkomens een meetpunt geselecteerd waar meerdere keren in de tijd bodemdaling is gemeten. Figuur C2 toont de resultaten voor deze meetpunten. Tevens laat dit figuur de nog te verwachten totale bodemdaling zien. Deze totale bodemdaling wordt veroorzaakt door productie uit het voorkomen zelf en de bodemdaling die wordt veroorzaakt door omliggende producerende voorkomens. De tijdelijke stijging die te zien is in de modelresultaten voor punten boven Een en Zevenhuizen wordt veroorzaakt door de injectie van gas in de Norg gasbuffer.





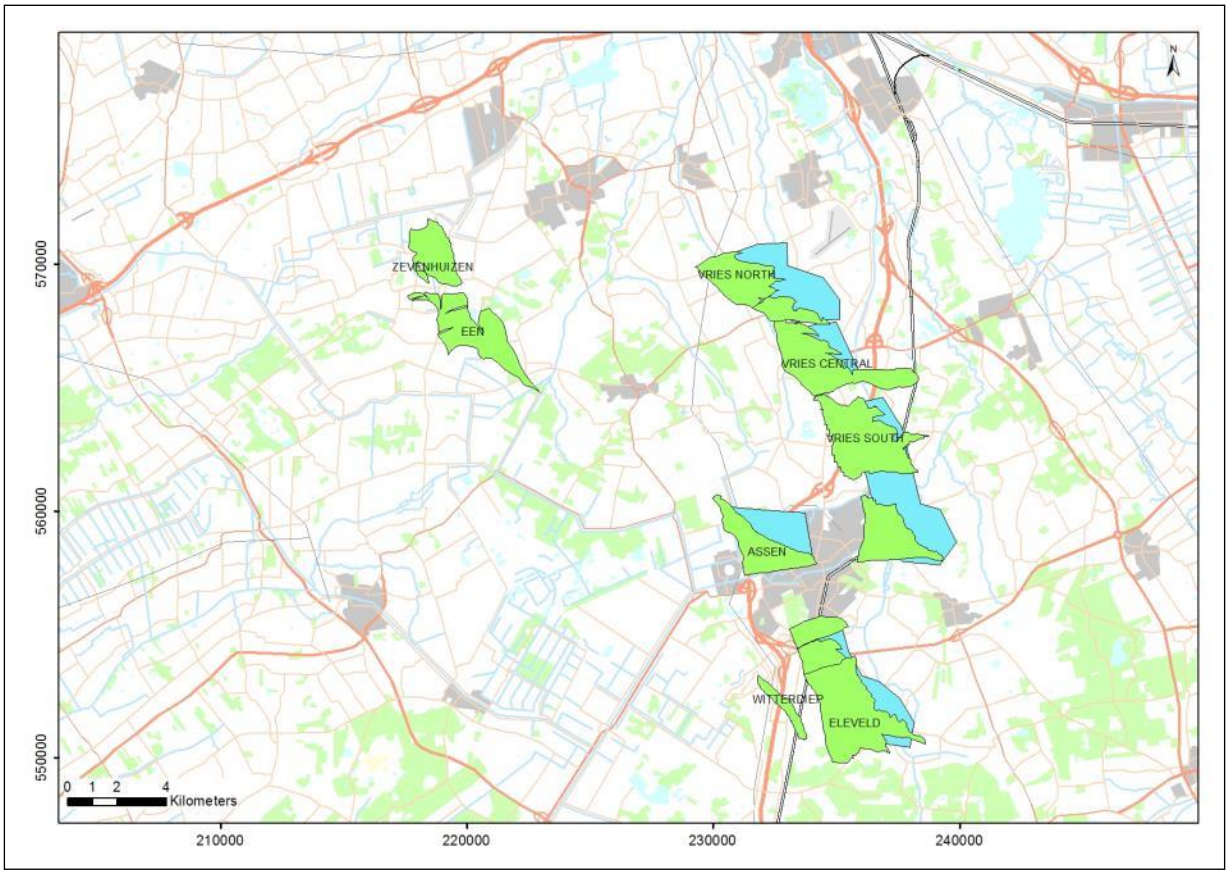
Figuur C2: Vergelijking van gemeten (groene punten) en voorspelde bodemdaling voor een peilmerk boven ieder producerend voorkomen genoemd in dit winningsplan. De meetonzekerheid in de metingen (gekozen als één standaard deviatie) bedraagt 4mm per meetpunt. De blauwe lijn toont de voorspelde bodemdaling op deze locatie, met de onzekerheid (licht blauwe gebied) op de uiteindelijke bodemdaling. De minimale onzekerheid voor de voorspelling is +/- 2cm.

Meer informatie over de bodemdalingsmodellering en prognoses is terug te vinden in het rapport "*Bodemdaling door Aardgaswinning –NAM-velden in Groningen, Friesland en het Noorden van Drenthe– Status Rapport 2015 en Prognose tot het jaar 2080"* (EP201511213444)[1].

[1] http://s00.static-shell.com/content/dam/shell-new/local/business/nam-2/Downloads/pdf/rapportages-bodemdaling/status-report-december-2015.pdf

Toekomstige bodemdaling

De nog te verwachten bodemdaling door gaswinning uit de voorkomens zoals beschreven in dit winningsplan is weergegeven in figuur C3[2]. De nog te verwachten bodemdaling die wordt veroorzaakt door gasproductie uit de voorkomens in dit winningsplan bedraagt **minder dan 2 cm**. Aangezien het niet mogelijk is een dergelijke kleine daling met voldoende precisie te meten, zijn er verder geen figuren getoond die de toekomstige bodemdaling tonen boven de individuele voorkomens. Indien een significante afwijking van de bodemdaling plaatsvindt ten opzichte van de huidige voorspelling, zal deze worden beschreven in een herziening van het winningsplan.



Figuur C3: Nog te verwachten bodemdaling die wordt veroorzaakt door gasproductie uit de voorkomens in dit winningsplan (2016 – 2023). De omvang van het gasvoerend gedeelte van de reservoirs is in groen weergegeven, die van het watervoerend gedeelte in blauw. Aangezien de verwachte bodemdaling minder dan 2cm is, zijn geen contouren getekend.

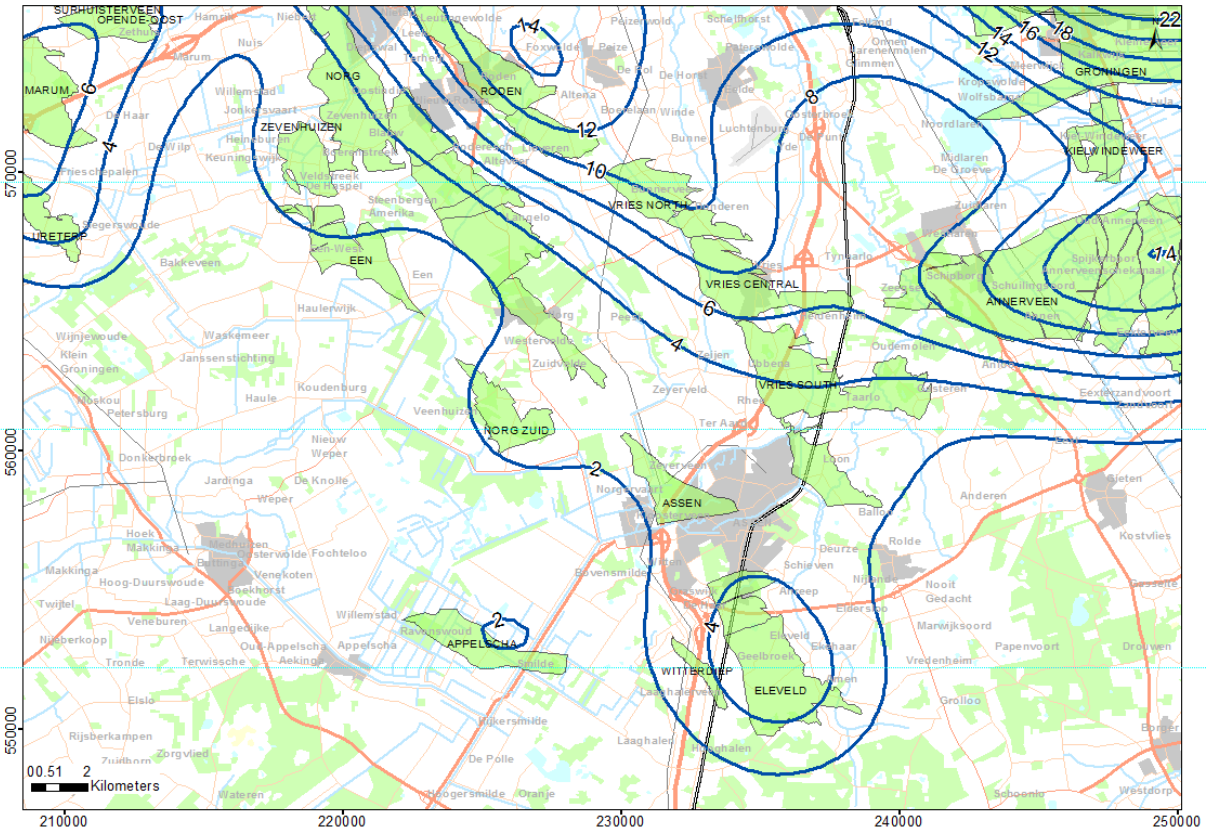
Figuur C4 toont de totale bodemdaling als gevolg van gaswinning voor het jaar 2025. Figuur C5 toont de situatie ruim na afloop van de in dit winningsplan beschreven productieprofielen (het jaar 2080).

Het dient benadrukt te worden dat Figuur C4 en C5 de totale bodemdaling geven als gevolg van gaswinning uit de in dit winningsplan genoemde voorkomens én de omliggende voorkomens (waaronder het Groningen veld in het noordoosten), waar Figuur C3 de (bijna afwezige) bodemdaling laat zien door de productie van voorkomens beschreven in dit winningsplan.

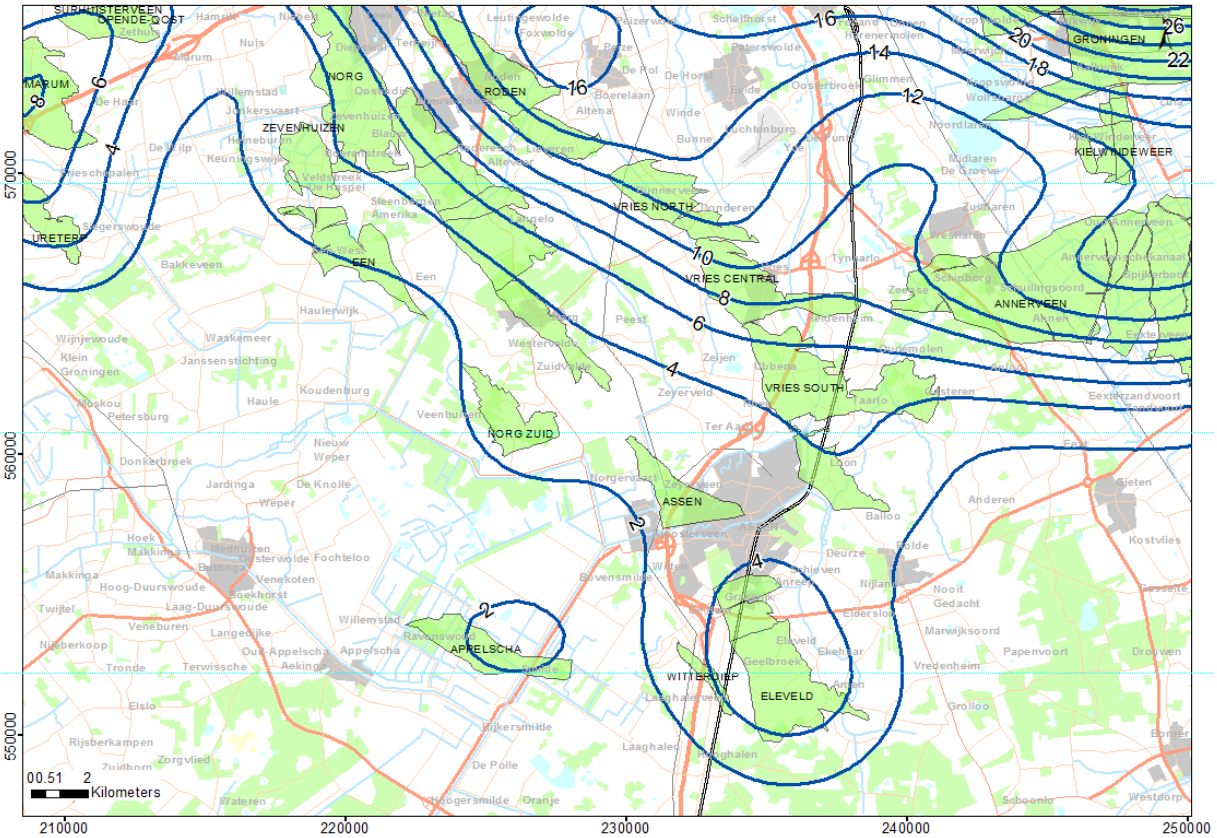
Onzekerheid in verwachte bodemdaling

Bijlage 1 in dit winningsplan geeft een overzicht van de kentallen die gebruikt zijn in de berekening van de bodemdaling. Deze bijlage beschrijft ook de onzekerheidsanalyse voor deze bodemdalingsprognose resulterend in een maximum en minimum bodemdalingscenario. De analyse laat zien dat ook in het maximale scenario de verdere bodemdaling als gevolg van gaswinning uit de in dit winningsplan genoemde voorkomens in de toekomst onder de 2 cm blijft.

[2] In het verwachte “Mid Case” productiescenario zullen de voorkomens Assen-Zuid, Witten en Zevenhuizen-West niet produceren. Mogelijke bodemdaling in het “High case” productiescenario wordt beschreven in de onzekerheidsanalyse beschreven in Bijlage 1.



Figuur C4: Prognose van de totale bodemdaling als gevolg van gaswinning uit de in dit winningsplan genoemde voorkomens en de omliggende voorkomens voor 2025. De contourlijnen geven de bodemdaling in cm aan.



Figuur C5: Verwachte eindsituatie (2080) van de totale bodemdaling als gevolg van gaswinning uit de in dit winningsplan genoemde voorkomens en de omliggende voorkomens. De contourlijnen geven de bodemdaling in cm aan

Mb 24 lid 1q	***C3) Omvang en aard van de schade*** **C3.1 Algemeen** Bodemdaling door gaswinning manifesteert zich aan de oppervlakte in de vorm van een platte, zeer gelijkmatige schotel. Die schotel veroorzaakt een zeer geringe helling van maximaal een paar centimeter over een kilometer afstand aan het maaiveld. Zoals in figuur C3 is aangegeven, bedraagt de nog te verwachten bodemdaling door gaswinning uit de in dit winningsplan beschreven voorkomens minder dan 2 cm over een periode van meer dan 10 jaar. **C3.2 Schade aan openbare infrastructuur door bodemdaling** Omdat bodemdaling een geleidelijk en gelijkmatig verloop heeft, wordt geen directe schade aan infrastructuur verwacht. Niet uitgesloten is echter dat de bodemdaling gevolgen kan hebben voor het normale beheer en het onderhoud van waterkeringen en waterlopen. Voor zover dat beheer onvermijdelijk te maken meerkosten met zich meebrengt die, in overeenstemming met het gestelde in onderdeel C5, voor vergoeding in aanmerking komen dan rust op NAM de verplichting die schade overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht te vergoeden. In sommige gevallen loopt dat via een hiertoe ingestelde commissie. In andere gevallen kunnen afspraken worden gemaakt in bilateraal verband met de betreffende waterschappen. **C3.3 Schade aan bouwwerken door bodemdaling** Omdat bodemdaling door gaswinning een geleidelijk en gelijkmatig verloop heeft en de resulterende vervorming (zoals scheefstand, kromming en horizontale rek) van de bovengrond zeer klein is, wordt geen directe schade aan bebouwing verwacht. Hierbij wordt verwezen naar “Studieresultaten betreffende ongelijkmatige zakkingen in verband met aardgaswinning in de provincie Groningen; een uitgave van de Commissie Bodemdaling door Aardgaswinning; maart 1987”. Meer recente rapporten die mogelijke oorzaken van schade in het gebied rondom West-Groningen[3] en Loppersum[4] beschrijven bevestigen dit beeld. **C3.4 Schade aan natuur en milieu door bodemdaling** Bij een daling van minder dan 2 cm in gebieden met een kunstmatig peilbeheer is de mate van bodemdaling aanzienlijk kleiner dan de jaarlijkse schommelingen in de waterstand (verschil zomer- en winterpeil). De waterhuishouding in het gebied dat wordt beïnvloed door bodemdaling ten gevolge van gaswinning is in de loop van eeuwen tot stand gekomen en wordt tegenwoordig volledig kunstmatig geregeld. Waterpeilen zijn vastgelegd in peilbesluiten. Indien een relatieve stijging van het waterpeil t.o.v. het maaiveld de geldende norm dreigt te overschrijden, zal dit worden tegengegaan door aanpassingen in de waterafvoer (compartimentering, versnelde afvoer waterbezwaar). Het waterschap is verantwoordelijk voor het waterbeheer in het beheersgebied. De totale bodemdaling boven de voorkomens is echter groter dan deze twee centimeter en indien nodig zullen afspraken worden gemaakt met de betreffende waterschappen om zorg te dragen dat de geldende normen niet worden overschreden.
Mb 24 lid 1r	***C4) Maatregelen om bodemdaling te voorkomen / te beperken*** Dit winningsplan beschrijft productie met behulp van al bestaande faciliteiten uit al producerende voorkomens. De effecten door verdere bodemdaling als gevolg van de nog resterende gasproductie zijn gering. Er worden daarom geen extra maatregelen voorzien.
Mb 24 lid 1s	***C5) Maatregelen die gevolgen van schade door bodemdaling beperken of voorkomen*** Zoals beschreven in sectie C3 wordt geen schade aan bouwwerken verwacht. Indien als gevolg van bodemdaling door gaswinning de waterhuishouding of andere waterstaatkundige werken wel in betekenende mate worden beïnvloed dan kunnen waterhuishoudkundige maatregelen worden getroffen. Als met het nemen van maatregelen niet alle door gaswinning veroorzaakte schade afdoende kan worden voorkomen dan rust op NAM de verplichting die schade overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht te vergoeden.

[3] http://www.namplatform.nl/gaswinning-en-aardbevingen/aardbevingen/onderzoek-aardbevingsschade-buiten-contour/_jcr_content/par/textimage_1820293032.stream/1458749672644/cc9011210377240167e4d080487a1027fb06bca3eaa92200320c265291faad95/addendum-bodem-and-water-groningen-west-4b.pdf

[4] http://www.commissiebodemdaling.nl/files/1202097-000-BGS-0003-r-Gebouwschade%20Loppersum_def_par_20110421.pdf

D) Gegevens inzake bodemtrilling als gevolg van de winning van koolwaterstoffen.

Mw 35 lid 1f

D1) Aard van de bodemtriling

Compactie van de olie- en gasvoerende lagen kan onderlinge beweging tussen gesteentelagen veroorzaken. Dit kan zich soms aan de oppervlakte manifesteren in de vorm van bodemtrillingen. Deze Sectie D beschrijft de risicoanalyse en mogelijke maatregelen gerelateerd aan gasproductie beschreven in dit winningsplan.

Om de doorlatendheid van het gashoudende gesteente te vergroten kunnen operators gebruikmaken van de hydraulische stimulatie of zuurstimulatie. De kans op schadelijke bodembeweging (trilling en daling) die zou kunnen volgen uit deze operaties wordt als verwaarloosbaar ingeschat. Bijlage 2 geeft hiervoor een onderbouwing.

Mb 24 lid 1p

D2) Risicoanalyse bodemtrilling

D2.1 Risico voor bodemtrillingen als gevolg van geïnduceerde bevingen door gasproductie

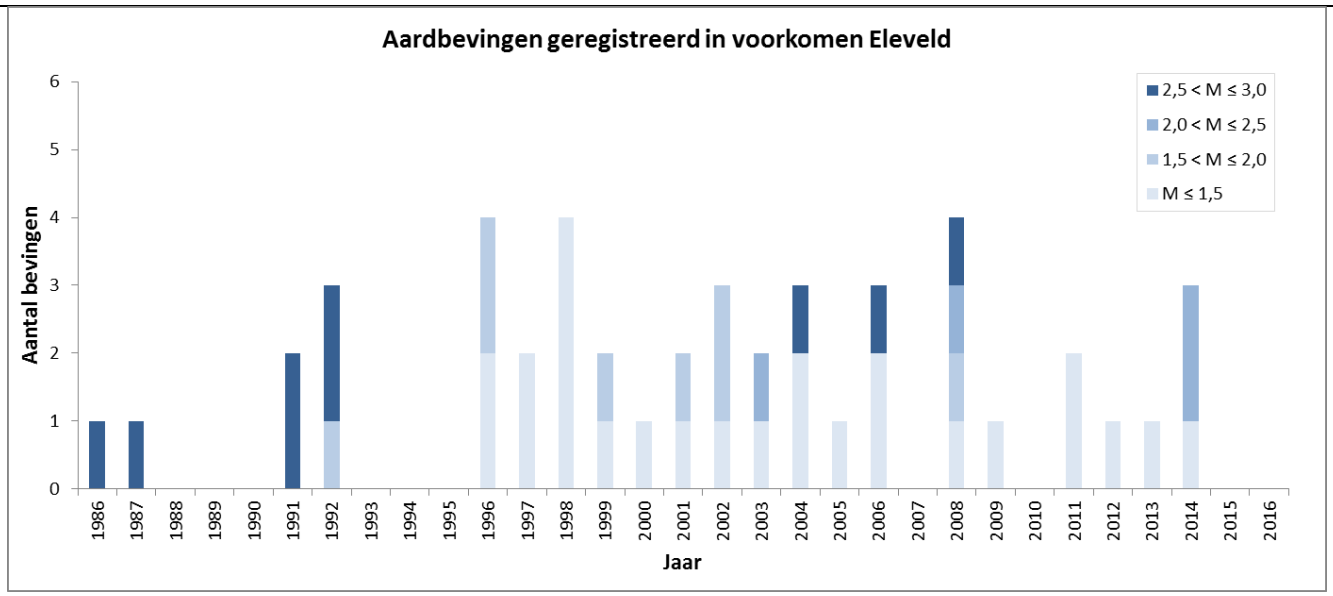
De winning van aardgas gaat gepaard met een daling van de druk in de ondergrond met als gevolg een verandering van de gesteentespanningen. Deze verandering van spanning kan leiden tot plotselinge bewegingen langs bestaande breuken, waardoor mogelijk een lichte aardbeving kan plaatsvinden. In Nederland is/wordt uit ongeveer 140 olie- en gasvelden op het vasteland geproduceerd. Boven ongeveer 20% van de velden zijn bevingen geregistreerd. Boven 11 velden zijn bevingen geregistreerd die ook duidelijk aan het oppervlak voelbaar waren (Magnitude meer dan 2,0 op de schaal van Richter).

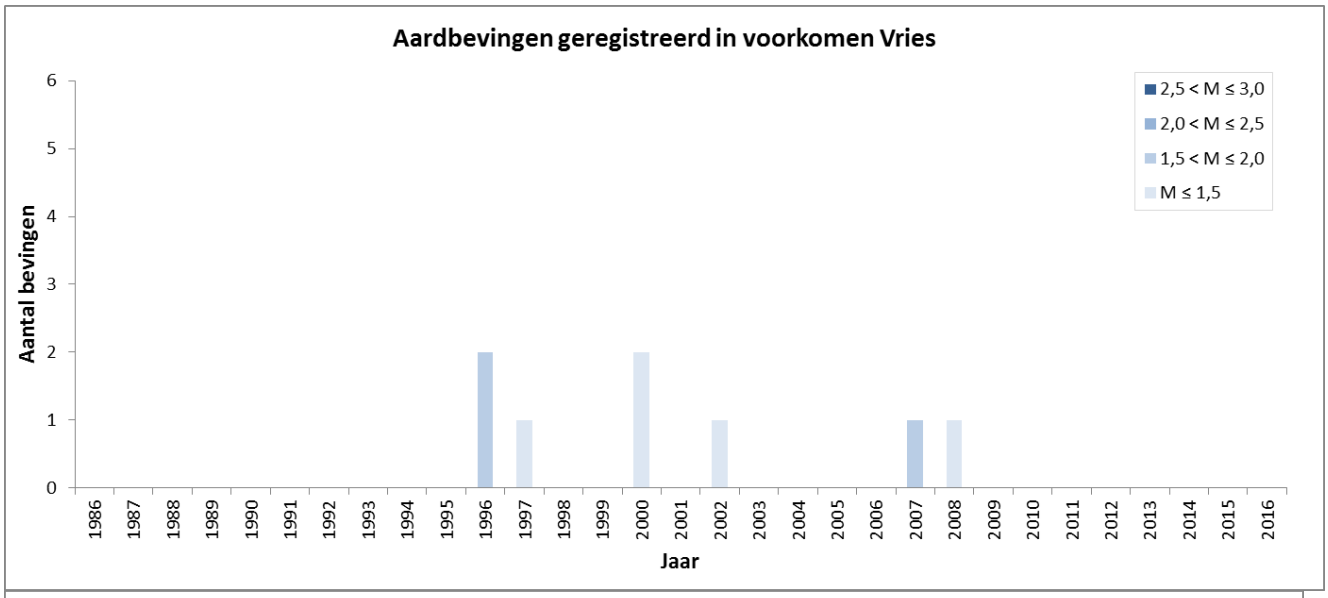
In tabel D1 is voor de voorkomens in dit winningsplan weergegeven of deze seismisch actief zijn geweest. Tevens is per voorkomen de beving weergegeven met de grootste magnitude die in dat veld is geregistreerd. Hieruit blijkt dat alleen bij Eleveld aan het oppervlak duidelijk voelbare bevingen zijn geweest (de laatste in 2014).

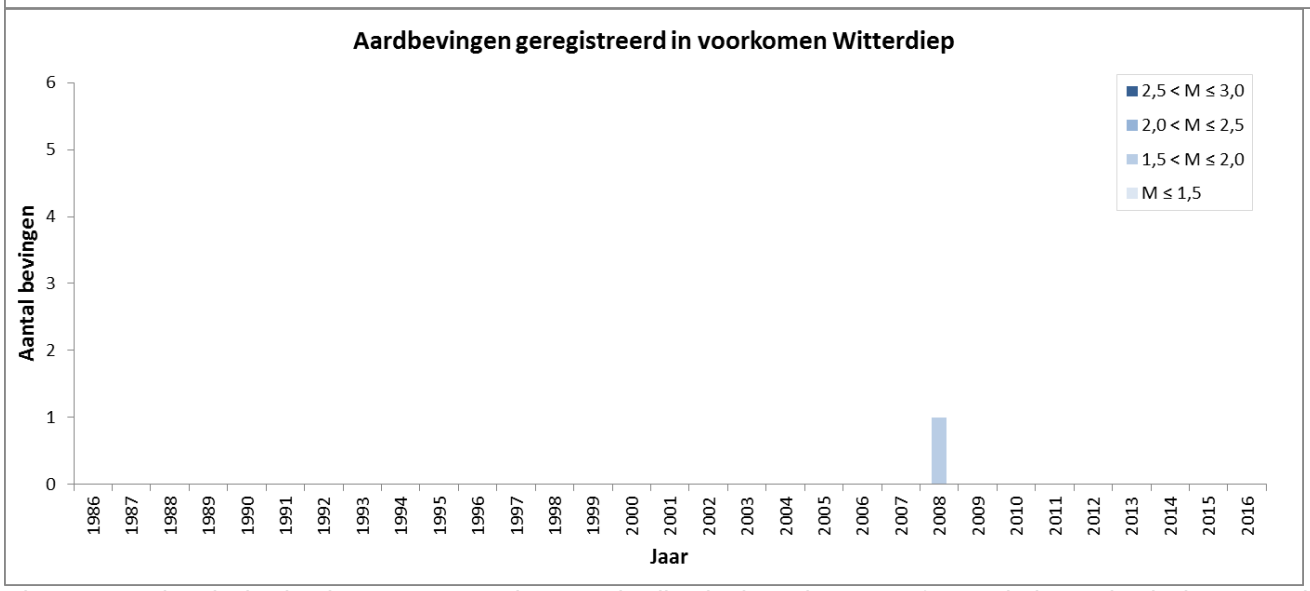
Tabel D1: Overzicht van historische seismiciteit boven de producerende voorkomens in het Westerveld winningsplan. Per voorkomen is de beving met de grootste magnitude die ooit boven het betreffende voorkomen is geregistreerd weergegeven.

Voorkomen	Historische bevingen	Maximale gemeten magnitude	Locatie	Jaar
Assen	nee	-	-	-
Een	nee	-	-	-
Eleveld	ja	2,8	Geelbroek (Zuid)	2004
Vries Centraal	ja	1,2	Vries (West)	2008
Vries Noord	ja	1,9	Winde	1996
Vries Zuid	ja	1,5	Vries (Zuid)	2007
Witterdiep	ja	1,7	Geelbroek (West)	2008
Zevenhuizen	nee	-	-	-

Onderstaande grafieken in figuur D1 geven de observaties aan voor het aantal bevingen en de magnitudes van de bevingen per voorkomen. De laatste grafiek laat zien dat de laatste 7 jaar alleen bevingen boven Eleveld zijn geregistreerd.







Figuur D1: Historische bevingen voor voorkomens in dit winningsplan. Vanaf 1996 is het seismische netwerk voldoende accuraat om ook kleine (niet voelbare bevingen) betrouwbaar te kunnen registreren.

Sinds het begin van de jaren negentig houden verschillende instanties, waaronder de overheid, kennisinstituten en mijnbouwmaatschappijen, zich gezamenlijk met deze problematiek bezig.[5,6,7,8] Sinds 2002 zijn bovengenoemde instanties verenigd in het Technisch Platform Aardbevingen (TPA). Hiermee is de aanwezige kennis op het gebied van aardtrillingen gebundeld en wordt deze kennis optimaal ingezet met gebruikmaking van de meest actuele stand der techniek. In respons op het in het Mijnbouwbesluit is onder begeleiding van het TPA een risicoanalyse omtrent bodemtrillingen als gevolg van winning van olie of gas uitgevoerd[9,10,11]. Tevens is in dit kader een samenvattend rapport uitgebracht waarin de resultaten van bovengenoemde studies zijn geïntegreerd[12]. Deze rapporten zijn gepubliceerd op http://www.nlog.nl/nl/hazards/subsidence.html.

Recent heeft SodM een tijdelijke leidraad voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd[13]. De SRA voorziet in een analyse van het seismisch risico op basis van veld-specifieke kwantitatieve parameters en geeft een richtlijn voor maatregelen die passend zijn bij een bepaalde risicocategorie die uit de analyse volgt. De basis van de analyse en de toepassing van deze leidraad op de Westerveld voorkomens wordt beschreven in bijlage 3.

Seismische Risico Analyse (SRA) voor de voorkomens in dit winningsplan
Bijlage 3 geeft een uitgebreid overzicht van de waarden van de parameters die gebruikt worden in de formules zoals gehanteerd in de SRA[13] en hoe deze bepaald zijn.

De voorkomens Assen-Zuid, Witten en Zevenhuizen-West zullen volgens het verwachte “mid case” scenario niet produceren waardoor er geen drukdaling zal plaatsvinden. Ook in het “high case” productiescenario voor deze voorkomens zal de drukdaling gering zijn, waarmee de kans op seismiciteit voor dit scenario volgens de DHAIS methodiek “verwaarloosbaar” is. Volgens de SRA zijn verdere analyses in stap 2 voor deze voorkomens niet nodig.

Voor de voorkomens Eleveld, Assen, Een, Vries-Noord, Vries-Centraal, Vries-Zuid, Witterdiep en Zevenhuizen binnen het winningsplan Westerveld is het nodig gebleken om de risico matrix te gebruiken (“Stap 2” van de SRA zoals beschreven in bijlage 3). Voor elke factor die bepaald is voor de onder- en bovengrond wordt een score gegeven waarbij de som van de scores een positie geeft in de matrix.

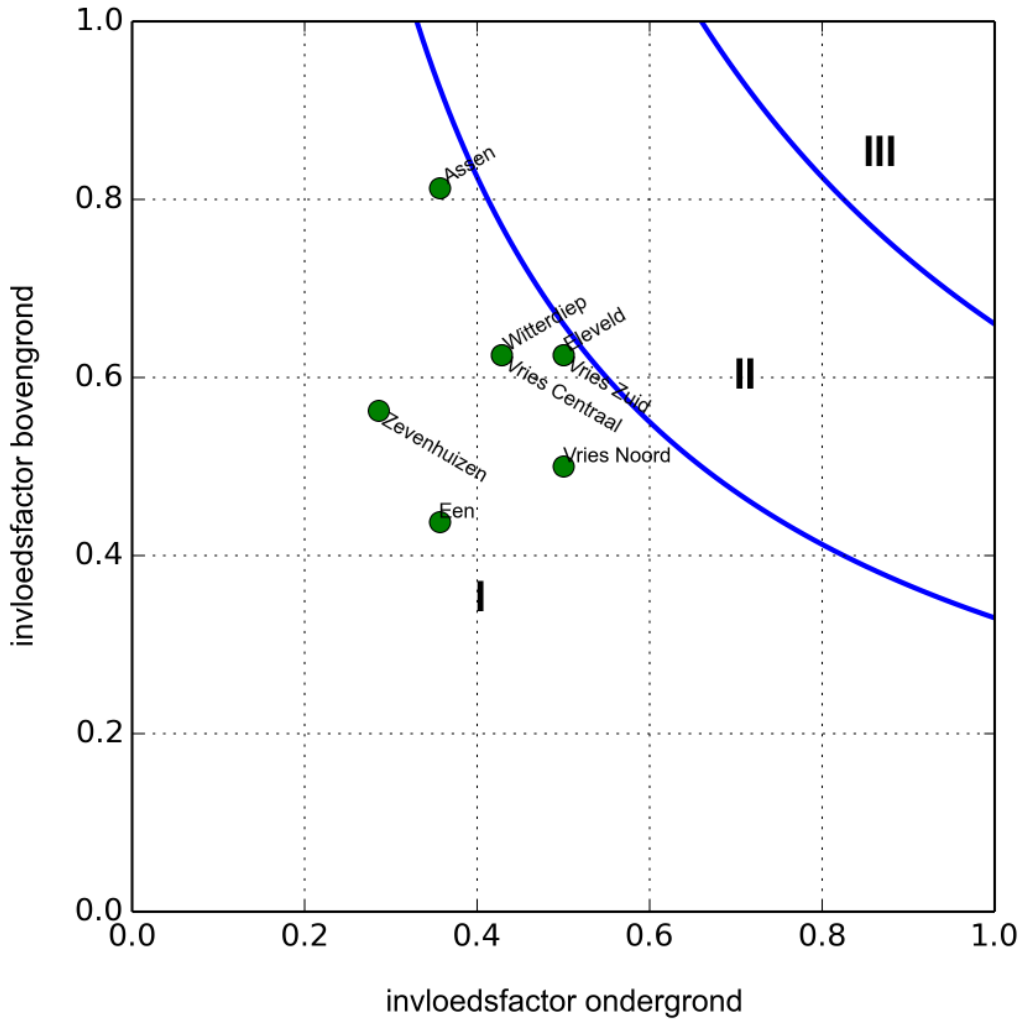
- De som van de scores voor “invloedfactoren ondergrond” (genormeerd voor de maximale score) geeft de positie op de x-as.
- De som van de scores voor “invloedfactoren bovengrond” (genormeerd voor de maximale score) geeft de positie op de y-as weer.

Details voor de score van elke factor is weergeven in bijlage 3.

Uitkomst van de Seismische Risico Analyse (SRA*)*

Figuur D2 geeft het resultaat van de SRA analyse voor de voorkomens in dit winningsplan. Uit de SRA analyse volgt dat alle voorkomens in Categorie I vallen (laagste seismische risicocategorie).

[5] Eindrapport multidisciplinair onderzoek naar de relatie tussen Gaswinning en Aardbevingen in Noord-Nederland; Begeleidingscommissie Onderzoek Aardbevingen, 1993
[6] De relatie tussen schade aan gebouwen en lichte ondiepe aardbevingen in Nederland; TNO Bouw, 1998
[7] Seismisch risico in Noord-Nederland; de Crook et al., KNMI, 1998
[8] Kalibratiestudie schade door aardbevingen” TNO-034-DTM-2009-04435 (2009)
[9] Seismisch hazard van geïnduceerde aardbevingen; Wassing et al
[10] TNO-NITG rapporten 03-185-C (2003), 03-186-C (2004), 04-233-C (2004)
[11] Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit (DHAIS); TNO-rapport R10198, 2012
[12] Seismisch hazard van geïnduceerde aardbevingen, integratie van deelstudies; TNO/KNMI, TNO 2012 R11139
[13] Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016



Figuur D2: Uitkomst van de Seismische Risico Analyse (SRA). Alle voorkomens in dit winningsplan vallen in risico Categorie I.

In sectie D3 en D4 wordt beschreven welke mogelijke risico's en maatregelen gekoppeld zijn aan deze risicocategorie. In onderdeel D5 worden de schade beperkende maatregelen en condities voor eventuele vergoedingen in geval van schade uiteengezet.

Mb 24 lid 1q

D3) Omvang en aard van de schade

D3.1 Schade aan openbare infrastructuur door bodemtrillingen

In het verleden is onderzoek uitgevoerd naar de mogelijke schade aan buisleidingen door potentiele aardbevingen[14]. Hierin wordt onder andere geconcludeerd dat mogelijke schade door geïnduceerde aardbevingen klein zal zijn (zowel in mogelijk aantal als ernst).

D3.2 Schade aan bouwwerken door bodemtrillingen

De praktijkervaring met gasproductie in Nederland over de afgelopen jaren leert dat lichte aardbevingen ten gevolge van gasproductie in de meeste gevallen niet leiden tot schade. Toch kan de kans op schade aan bebouwing in de nabije omgeving van het epicentrum van een geïnduceerde aardbeving niet worden uitgesloten. Hierbij speelt zowel kwetsbaarheid van de bebouwing als de intensiteit van de beving een belangrijke rol. Al in 1998 is voor Noord-Nederland door het KNMI beschreven[7] dat de maximaal te verwachten intensiteit bij het optreden van een dergelijke geïnduceerde aardbeving ongeveer VI-VII op de Europese Macroseismische Schaal is. Dat betekent (kwalitatief) dat in het ernstigste geval in de nabijheid van het voorkomen lichte, niet constructieve schade kan optreden aan meerdere gebouwen en matige schade (lees, scheuren in muren tot constructieve schade in het uiterste geval) aan enkele gebouwen. Dit laatste wordt bevestigd door de resultaten van de seismische hazard studie van TNO-NITG[15].In deze studie zijn ook voor de Vries en Eleveld voorkomens

[14] Deltares 2010 Schade aan buisleiding door aardbeving
[15] Wassing en Dost, 2012, TNO 2012 R11139

de resultaten getoond voor de berekeningen van de maximale horizontale pieksnelheden boven en rondom deze voorkomens. Deze berekeningen bevestigen dat er een kleine kans op schade bestaat door geïnduceerde bevingen boven of rondom deze voorkomens.

De omvang van het gebied waar mogelijk schade kan optreden wordt bepaald door de magnitude, de diepte en de duur van de beving en de lokale grondsamenstelling en aard en conditie van de bebouwing. Bij een beving die krachtig genoeg is om schade te veroorzaken, is het aantal potentiële schadegevallen binnen dit gebied sterk afhankelijk van de dichtheid van bebouwing, terwijl de mate van schade (geen, lichte, matige) op een bepaalde afstand van het epicentrum in grote mate wordt bepaald door het type bebouwing, de staat van onderhoud en de lokale bodemgesteldheid. Deze afhankelijkheid wordt verder beschreven in het TNO rapport[8].

De tabel hieronder geeft de historische schademeldingen, gerelateerd aan bevingen in voorkomens genoemd in dit winningsplan. Voor al deze meldingen betreft het "*lichte, niet constructieve schade*" die vergoed is (of wordt) wanneer duidelijk is dat de schade veroorzaakt is door NAM.

Jaar van schademelding	Datum beving	Bevend veld	Aantal meldingen
2004	21-jun-04	Eleveld	2
2006	10-jan-06	Eleveld	1
2008	26-aug-08	Eleveld	1
2014	5-feb-14	Eleveld	7
2015	5-feb-14	Eleveld	4
2016	5-feb-14	Eleveld	1

Mb 24 lid 1r

D4) Maatregelen om bodemtrillingen te voorkomen / te beperken

Het KNMI kan met behulp van het huidige monitoringsnetwerk aardbevingen met een magnitude van 1,5 en groter lokaliseren. De leidraad[13], geeft aan dat voor de voorkomens in risicoklasse I geen additionele monitoringmaatregelen hoeven te worden getroffen.

Eventuele verdere monitoring zal evenwel in overweging genomen worden. Hierover zal overleg met de omgeving plaatsvinden. Hierbij kan gedacht worden aan het plaatsen van versnellingsmeters boven de seismisch actieve voorkomens in dit winningsplan.

Mb 24 lid 1s

D5) Maatregelen die gevolgen van schade door bodemtrillingen beperken of voorkomen

Voor mogelijke schade veroorzaakt door aardbevingen die worden veroorzaakt door gaswinning rust op de NAM de verplichting deze te vergoeden overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht. Er is een schaderegeling opgesteld voor schade veroorzaakt door aardbevingen als gevolg van gaswinning en/of opslag. Deze regeling is beschreven op de website www.namplatform.nl en in de folder "Bodemdaling" (www.nam.nl).

Ondertekening	Datum: Plaats: Assen
Naam: [redacted] Functie: Asset Manager Land	

Bijlage 1: Kentallen bodemdaling en onzekerheidsanalyse bodemdaling

Enkele algemene kentallen voor de in dit winningsplan beschreven voorkomens zijn samengevat in Tabel 1.1. Deze (gemiddelde) kentallen reflecteren een zeer vereenvoudigd model van de voorkomens. De omvang van de voorkomens worden weergegeven in figuur C3, waarbij in groen het gasvoerend en in blauw het watervoerend gedeelte is aangegeven van het reservoir dat expliciet wordt gemodelleerd in het reservoir model. Dit reservoirmodel ligt ten grondslag aan de bodemdalingsberekeningen zoals gepresenteerd in dit winningsplan.

Tabel 1.1: Enkele kentallen ter indicatie van de in dit winningsplan beschreven voorkomens.

	Assen	Assen-Zuid	Een	Eleveld	Vries-Centraal	Vries-Noord
Diepte veld [m][16]	2875	3150	2630	3140	3027	2960
Gemiddelde dikte reservoir [m][3]	50	150	45	100	149	138
Initiële druk [bar]	335	377	306	382	356	342
Druk in 2016 [bar]	166	377	213	75[1]	97	80
Eind druk	146	377[2]	189	33	94	66
C_m [10^{-5} bar^{-1}]	0,51	0,4	0,49	0,48	0,58	0,60

	Vries-Zuid	Witten	Witterdiep	Zevenhuizen	Zevenhuizen-West
Diepte veld [m]	3060	3080	2892	2625	2500
Gemiddelde dikte reservoir [m]	140	150	125	75	160
Initiële druk [bar]	356	360	343	306	288
Druk in 2016 [bar]	272	360	81	40	288
Eind druk [bar]	237	360[2]	81[2]	35	288[2]
C_m [10^{-5} bar^{-1}]	0,43	0,44	0,52	0,56	0,54

1) *Eleveld: De drukken in de tabel geven de gemiddelde reservoirdruk weer over de compartimenten.*
2) *Witterdiep, Assen-Zuid, Witten en Zevenhuizen-West: Geen verwachte (verdere) productie in Mid Case*
3) *Dit betreft de totale dikte van de zandsteenlaag (water- plus gasvoerend gedeelte). Voor het Assen voorkomen is de dikte van de gaskolom genomen omdat het watervoerend gedeelte van de zandsteenlaag in drukcommunicatie staat met de Norg UGS die zich op een hogere gemiddelde druk bevindt.*

Onzekerheidsanalyse voor de bodemdalingsprognose

Om een inschatting te maken van de onzekerheid over de toekomstige bodemdaling voor de voorkomens in dit winningsplan is de onzekerheid in de Cm (compressibiliteit) gecombineerd met de verschillende depletiewaarden (DP) die volgen uit de scenario's voor de productievoorspellingen. De Cm onzekerheid bevat meerdere componenten: onzekerheid over het compactiegedrag, onzekerheid over de depleterende dikte en onzekerheid over de compressibiliteit op basis van coreplug metingen. Niet al deze onzekerheden zijn kwantitatief te bepalen en daarom is er voor een inschatting ervaring uit het verleden gebruikt. Voor een nieuw voorkomen op land wordt deze onzekerheid geschat op 75% op basis van ervaring uit het verleden. Na één of meerdere bodemdalingsmetingen is meer kennis beschikbaar gekomen over de combinatie van de depleterende dikte en compressibiliteit waarmee de onzekerheid geschat wordt op 25%. De onzekerheid voor de DP volgt uit de reservoirmodellen voor de "low-mid-high case". De vermenigvuldiging van de Cm met de DP geeft een maat voor de compactie. Wanneer een hoge Cm met een hoge DP wordt vermenigvuldigd geeft dit een maximum scenario voor de onzekerheid. Een combinatie van lage waarden geeft een minimum.

[16] Voor "diepte veld" is hier de minimale diepte van de top structuurkaart gebruikt

De verwachte bodemdaling is doorgerekend met de Geertsma en van Opstal methode[17]. Om de impact van de onzekerheid in de gekozen parameters te berekenen is gebruik gemaakt van Geertsma[18]. Geertsma geeft een eenvoudige formule om de maximale bodemdaling te berekenen voor een cilindrisch compacterend reservoir:

$$H_{max} = 2\, C_m\, (1-\nu)\, \Delta P\, H \left(1 - \frac{D/R}{\sqrt{1 + \left(D/R\right)^2}} \right)$$

De straal van dit model (effectieve reservoir straal in Tabel 1.2) is dusdanig gekozen dat de verwachte bodemdaling in het diepte punt overeenkomt met de waarde die wordt berekend met het Geertsma en van Opstal model. Na deze kalibratiestap wordt de bovenstaande formule gebruikt om de onzekerheid voor de bodemdaling te bepalen.

Waarbij:
D: Diepte veld [m]
H: Depleterende reservoir dikte [m], in deze analyse constant gehouden omdat de onzekerheid over de depleterende dikte verdisconteerd is in de Cm onzekerheid.
ΔP: reservoir depletie (huidige druk – eind druk) [bar]
ν: Poisson's ratio [-]
R: "effectieve" straal van het veld [m], waarbij de straal wordt gekozen op basis van een vergelijking tussen de maximale voorspelde bodemdaling boven de verschillende voorkomens zoals berekend met het bodemdalingsmodel gebaseerd op de werkelijke veldgeometrie.
Cm: Compressibiliteit van het veld [10^{-5} bar^{-1}]

De parameters die gebruikt zijn in deze onzekerheidsanalyse zijn te vinden in Tabel 1.2. Tabel 1.3 toont de onzekerheden zoals bepaald voor de voorkomens in dit winningsplan.

Tabel 1.2: Parameters voor de bepaling van de bodemdalingsonzekerheid met de Geertsma formule

Voorkomen	Compressibiliteit (10^{-5} bar^{-1})	Nog te verwachten drukdaling (bar)	Depleterende reservoir dikte (m)	Reservoir diepte (m)	Effectieve reservoir straal (m)	Poisson's ratio
Assen	ZIE TABEL 1.1				1700	0,2
Assen-Zuid					1000	0,2
Een					1600	0,2
Eleveld					2350	0,2
Vries-Centraal					200	0,2
Vries-Noord					1800	0,2
Vries-Zuid					2250	0,2
Witten					200	0,2
Witterdiep					700	0,2
Zevenhuizen					1600	0,2
Zevenhuizen-West					900	0,2

[17] Geertsma J. and Van Opstal G., "A Numerical Technique for Predicting Subsidence Above Compacting Reservoirs Based on the Nucleus of Strain Concept", Verhandelingen Kon. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen., Vol. 28, pp. 63-78, 1973a.
[18] Geertsma, J., A basic theory of subsidence due to reservoir compaction: The homogeneous case, Verh. K. Ned. Geol. Mijnbouwkd. Genoot., 28, 43 – 62, 1973a.

Tabel 1.3: Onzekerheid voor de voorspelde bodemdaling per voorkomen door productie uit het betreffende voorkomen (2016 tot einde productie)

Voorkomen	Te verwachten drukdaling (bar)			Compressibiliteit (10^{-5} bar^{-1})	Onzekerheid compressibiliteit	Nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)	Ondergrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)	Bovengrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)
	Mid Case productie scenario	Low Case productie scenario	High Case productie scenario					
Assen	21	0	50	0,51	25%	<2	<2	<2
Assen-Zuid*	0	0	99	0,40	75%	Geen daling	Geen daling	<2
Een	24	0	107	0,49	25%	<2	<2	<2
Eleveld	42	18	55	0,48	25%	<2	<2	<2
Vries-Centraal	3	0	34	0,58	25%	<2	<2	<2
Vries-Noord	14	0	26	0,6	25%	<2	<2	<2
Vries-Zuid	36	0	49	0,43	25%	<2	<2	<2
Witten*	0	0	92	0,44	75%	Geen daling	Geen daling	<2
Witterdiep	0	0	7	0,52	25%	<2	<2	<2
Zevenhuizen	5	0	20	0,56	25%	<2	<2	<2
Zevenhuizen-West*	0	0	68	0,54	75%	Geen daling	Geen daling	<2

* De velden Assen-Zuid, Witten en Zevenhuizen-West zullen in het verwachte Mid Case en Low Case scenario nooit produceren waardoor er in deze scenario's voor deze voorkomens geen bodemdaling zal optreden door productie uit deze voorkomens.

Aquifers (watervoerende lagen)

Mogelijke drukdaling in de aquifers zal leiden tot bodemdaling. Voor de aquifers die behoren tot de voorkomens in dit winningsplan wordt aangenomen dat ze tijdens de productieperiode voor 50% meedalen met de gasdruk. Dit betekent dat wanneer de gasdruk met 200 bar is gedaald, de druk in de aangrenzende aquifers met 100 bar is gedaald. Na de productieperiode wordt aangenomen dat de druk in de aangrenzende aquifers gelijk is aan die in het gasveld.

De verwachting is dat met deze aanname de compactie in de aquifers en daarmee de bodemdaling boven deze aquifers overschat wordt in de berekeningen. Deze verwachting wordt bevestigd door de vergelijking tussen het model en de metingen zoals getoond in figuur C1: de gemodelleerde bodemdaling is over het algemeen hoger dan de gemeten bodemdaling boven de aquifers. Aangezien de aanname over de drukdaling in aquifers al conservatief is, is er verder geen onzekerheidsanalyse uitgevoerd voor de drukdaling in de aquifers.

Bijlage 2: Risico voor bodembeweging als gevolg van reservoirstimulatie

Risico voor bodembeweging als gevolg van zuurstimulatie van het reservoir
De kans op eventuele bodembeweging als gevolg van een kortdurende zuurstimulatie is verwaarloosbaar gezien de beperkte volumes die gebruikt worden. Dit is een activiteit die met grote regelmaat en wereldwijd in de olie en gas industrie toegepast wordt en voor zover bekend zijn dergelijke gevolgen nog nooit gerapporteerd.

Risico voor bodembeweging als gevolg van hydraulische stimulatie van het reservoir

Hydraulische stimulatie - Algemeen
Om de gaswinning te bevorderen, of op gang te brengen, zijn werkzaamheden op bestaande locaties mogelijk. Om de doorlatendheid van het gashoudende gesteente te vergroten gebruiken operators de hydraulische stimulatie-techniek. Deze techniek wordt al sinds de jaren 50 regelmatig en succesvol toegepast in Nederland. Dankzij gebruik van deze techniek wordt er meer aardgas uit bestaande en nieuwe gasvelden geproduceerd.
Bij hydraulische stimulatie wordt vloeistof onder hoge druk via de boorput in het gasveld gebracht. Door de hoge druk ontstaan op gecontroleerde wijze plaatselijk kleine scheuren in het gashoudende gesteente dat zich meestal op een diepte van ruim drie kilometer bevindt. De vloeistof bestaat uit water (90%), chemicaliën (2%) en kleine keramiek korrels (8%). De korrels blijven als opvulmiddel in het gesteente achter. Zij houden de gecreëerde scheuren open zodat het gas gemakkelijker naar de boorput kan stromen. Meer dan de helft van de vloeistof wordt weer teruggewonnen, de rest blijft achter in het gashoudende gesteente en kan daaruit niet vrijkomen.

Verdere uitleg over de techniek en werkzaamheden op locaties waar gestimuleerd wordt staan beschreven op de website van NAM (nam.nl). Onder de algemene informatie bevindt zich ook een document “Risico duiding conventioneel fracken in Nederland” waarin meer achtergrond informatie wordt gegeven.

Analyse van een mogelijk seismische dreiging
De seismische dreiging geassocieerd met hydraulische stimulatie in Nederland wordt als zeer laag ingeschat. In de afgelopen 50 jaar zijn in Nederland meer dan 220 stimulaties uitgevoerd. Hierbij zijn geen voelbare bevingen geconstateerd.

Dat de kans op seismiciteit zeer klein is wordt bevestigd in het rapport van Witteveen en Bos (W&B) uit 2013 (Witteveen en Bos, “Aanvullend onderzoek naar mogelijke risico’s en gevolgen van de opsporing en winning van schalie- en steenkoolgas in Nederland”, Rapport aan Ministerie EZ, 2013). In dit rapport is een mogelijk verband tussen hydraulische stimulatie en aardbevingen onderzocht, aan de hand van alle sinds 1986 uitgevoerde stimulaties in Nederland en de waarnemingen van aardbevingen gedurende die periode. Hierin wordt gesteld dat er geen duidelijk verband is tussen hydraulische stimulatie en aardbevingen. Van de 94 bestudeerde stimulaties kan er bij slechts 1 stimulatie een mogelijk verband met een aan het oppervlak niet voelbare beving niet volledig uitgesloten worden.

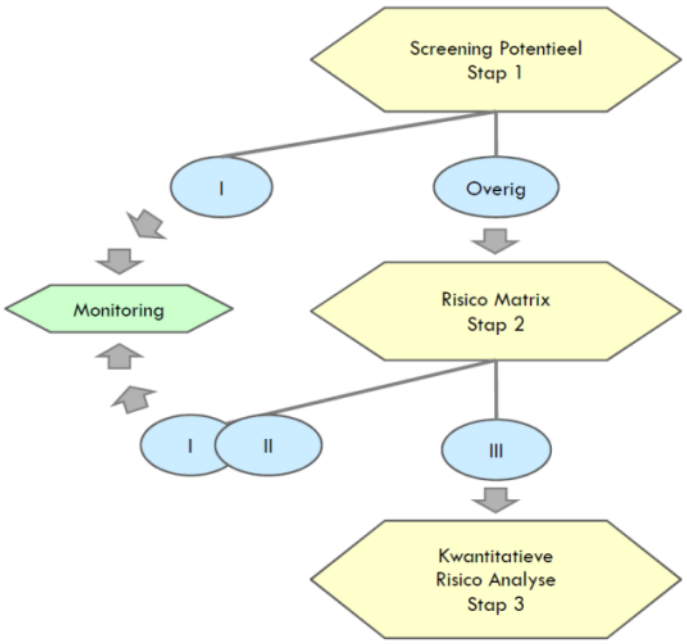
Locatie specifieke risico analyse voor hydraulische stimulatie
Zonder een specifiek boorplan (voor nieuwe putten) of, in geval van het stimuleren van een bestaande put, een specifiek stimulatieplan is het niet mogelijk om een locatie specifieke risico analyse of duiding te geven. Deze zal worden vastgelegd in een werkveiligheidsplan dat als onderdeel van een VG aanvraag ingediend zal worden bij elk gericht boorplan of stimulatieplan.

In die locatie specifieke risico analyse zal ingegaan worden op:
- Status en integriteit van de put
- Integriteit van de afdekkende lagen
- Hydraulische stimulatie (gebruikte vloeistof samenstelling en –volumes, afstand van gekarteerde breuken)
- Injectiedrukken en gevolg voor spanningscondities in het reservoir
- Locatie van de put ten opzichte van waterwingebieden en intrekgebieden

Bijlage 3: Samenvatting SRA en gebruikte gegevens m.b.t. de SRA voor de voorkomens in dit winningsplan

Samenvatting SRA

Recent heeft SodM een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd (methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016). De SRA gaat uit van het schema zoals getoond in Figuur 3.1.



Figuur 3.1: Schematische weergave van de verschillende stappen en risico categorieën (I, II, III) in de seismische risico inventarisatie (conform SodM, 2016)

Stap 1:
In stap 1 worden alle voorkomens bekeken. De voorkomens die direct in risicocategorie I (zeer laag seismisch risico) vallen worden gekarakteriseerd doordat ze:

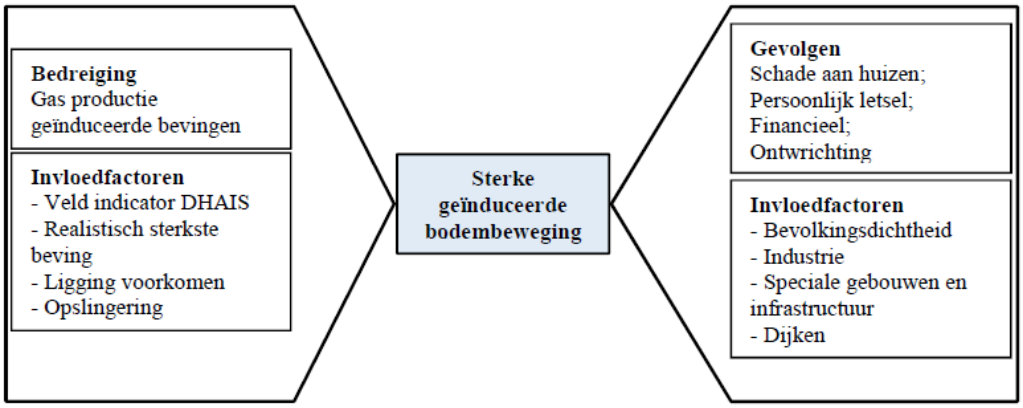
- Voorkomens zijn die niet seismisch actief zijn geweest.
- Voorkomens zijn waarvoor de kans laag is dat ze in de toekomst seismisch actief kunnen worden (volgens de DHAIS *"Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit"* methodiek) en/of waarvoor op basis van reservoircompactie of mogelijke breukverplaatsing de waarde voor de mogelijke maximale bevingsmagnitude (Mmax) laag uitvalt (M < 2,5).
- Voorkomens die niet meer produceren.

Voorkomens die niet aan deze criteria voldoen schuiven door naar stap 2.

Stap 2:
In deze stap worden alle voorkomens bekeken die

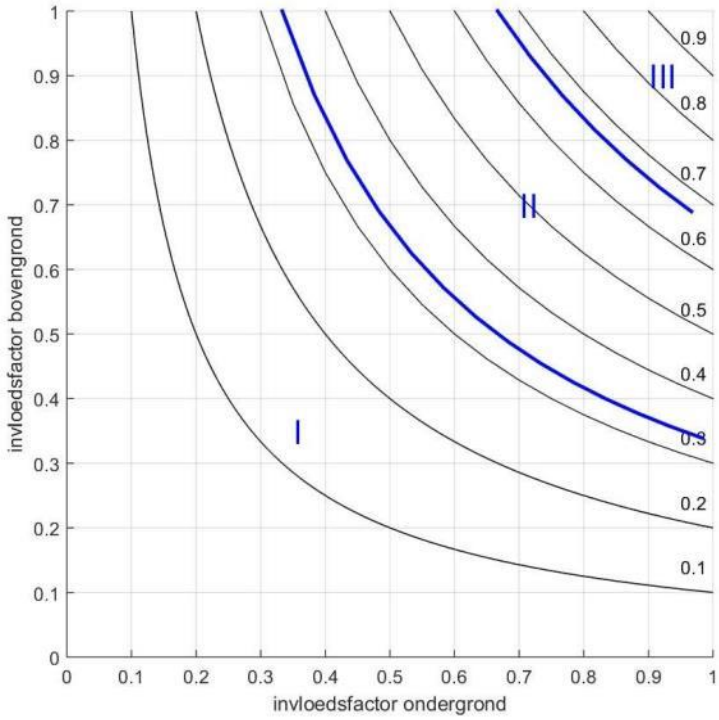
- seismisch actief zijn geweest en
- een hogere toekomstige kans op seismiciteit hebben (volgens de DHAIS methodiek) en waarvoor op basis van reservoircompactie of mogelijke breukverplaatsing de waarde voor Mmax ("maximale bevingsmagnitude") hoger uitvalt dan M=2,5

In stap 2 wordt op basis van een risico matrix benadering het risico van geïnduceerde aardbevingen verder gekwalificeerd. Figuur 3.2 geeft een schematische weergave van de verschillende factoren die bepalen of een geïnduceerde beving kan resulteren in een sterke grondbeweging (de "invloedfactoren ondergrond") en de verschillende factoren die invloed hebben op de grootte van de mogelijke gevolgen (de "invloedfactoren bovengrond").



Figuur 3.2: Schematische weergave van de bedreigingen en gevolgen van geïnduceerde bevingen en de verschillende invloedfactoren die daarbij een rol spelen (SodM, 2016).

In de risico matrix analyse worden de verschillende factoren zoveel mogelijk kwantitatief geanalyseerd en op basis van de uitkomst per factor gerankt. Over de scores van de individuele factoren wordt gesommeerd, zodat een totaalscore voor zowel de invloedfactoren ondergrond als de invloedfactoren bovengrond wordt bepaald. Deze worden genormaliseerd met het maximaal te behalen aantal punten voor ondergrond cq. bovengrond en in de risico matrix tegen elkaar uitgezet waarmee kwalitatief een risicocategorie wordt bepaald (zie figuur 3.3).



Figuur 3.3: De risicomatrix. De zwarte lijnen zijn lijnen van gelijk genormaliseerd risico. De verdeling in categorieën is gedaan op basis van 1/3 en 2/3 van het genormaliseerde risico. (SodM, 2016).

De mogelijke seismische dreiging volgt uit een analyse en score van de volgende invloedfactoren voor de ondergrond:

- Veld indicator DHAIS. Dit is een methode die beschrijft hoe – per voorkomen - de kans op het mogelijk optreden van een beving kan worden berekend aan de hand van ondergrondse kenmerken.
- Realistisch sterkste beving (Mmax).Voor een realistische inschatting van de sterkste beving zijn twee verschillende benaderingen genomen:
  1. een bepaling van de compactie-energie die beschikbaar is in een producerend gasveld en kan leiden tot een beving en
  2. een maat voor de mogelijke bevingsmagnitude als de langste breuk in het producerende veld in zijn geheel in één keer in beweging zou komen.

Methode [1] resulteert doorgaans in lagere waardes voor Mmax dan methode [2]. Dit kan er op duiden dat de totale hoeveelheid beschikbare energie die tot een beving kan leiden waarschijnlijk niet voldoende is om de grootste breuken in een veld in één keer in beweging te brengen.

- Ligging van het voorkomen. In de SRA methodiek (SodM, 2016) wordt er een onderscheid gemaakt tussen velden ten noorden van de lijn Amsterdam-Arnhem en velden ten zuiden van deze lijn. Dit onderscheid is gemaakt op basis van observaties. Er is nog nooit een aardbeving waargenomen ten zuiden van de lijn Amsterdam-Arnhem.
- Opslingering; de ondiepe ondergrond kan een opslingering veroorzaken van de seismische golven en wordt daarom boven het veld gekarakteriseerd. Voor relatief slappe ondergrond (veen, klei) is dit effect groter dan voor relatief stevige ondergrond (zand)

Het mogelijke gevolg van een beving volgt uit een analyse en score van de invloedfactoren bovengrond: bevolkingsdichtheid, industrie, speciale gebouwen, vitale infrastructuur en de aanwezigheid van dijken.

- Voor de bepaling van de bevolkingsdichtheid wordt de CBS Statline data gebruikt; hierbij krijgt de categorie flats/appartementencomplexen extra aandacht in de uiteindelijke score.
- Industriële inrichtingen, speciale gebouwen en vitale infrastructuur en dijken worden in kaart gebracht m.b.v. de risicokaart. (http://www.risicokaart.nl)

De laatst genoemde drie factoren (speciale gebouwen, vitale infrastructuur en de aanwezigheid van dijken) zijn van invloed op een mogelijk gevolgrisico voor schade en veiligheid. Het is echter zeer onwaarschijnlijk dat de geïnduceerde bevingen kunnen leiden tot een dergelijk gevolgrisico omdat de bevingen te zwak zullen zijn om een bedreiging te vormen voor deze objecten. Deze gevolgen zijn tot nu toe dan ook nooit waargenomen.

Indien uit het voorgaande blijkt dat voorkomens binnen een Winningsplan in risico categorie III vallen gaan deze door naar Stap 3

Stap 3:
In deze stap worden alleen de voorkomens die in Categorie III vallen verder bestudeerd. Voor deze voorkomens dient een Kwantitatieve Risico Analyse uitgevoerd te worden. Van alle bekende voorkomens in Nederland valt alleen het Groningen gasveld in deze categorie.

Uitwerking SRA voor de voorkomens in dit winningsplan

Stap 1: Inschatten risicopotentieel voor de verschillende voorkomens

De kans op beven van een olie- of gasvoorkomen
In de studie 'Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit (DHAIS)[19] is onderzocht welke eigenschappen (geologische, productietechnische en geomechanische eigenschappen) van de olie- en gasvoorkomens invloed hebben op het wel of niet optreden van aardbevingen. In 2012 is een update van deze studie uitgevoerd, waarin alle nieuwe data zijn meegenomen tot mei 2010[20].
Aan de hand van de volgende parameters van een olie- of gasvoorkomen wordt de kans op beven van dat voorkomen bepaald:

- DP/Pini: De ratio van drukval (DP) en initiële druk (Pini) in het reservoir;

- E: de verhouding tussen de Young's moduli (stijfheidsmoduli) van de 'overburden' en het reservoirgesteente;

  Waarbij : $$E = \frac{E_{burden}}{E_{Reservoir}}$$

- B: een maat voor de breukdichtheid van het reservoir.

$$B = \frac{breukoppervlakte^{3/2}}{brutogesteentevolume} = \frac{l_b^{3/2} \cdot h^{3/2}}{A \cdot h} = \frac{l_b^{3/2} \cdot \sqrt{h}}{A}$$

Waarbij: l_b = De totale breuklengte van de intra reservoir breuken en de randbreuken van het voorkomen in meters;
h = De maximale dikte van de gaskolom van het voorkomen in meters;
A = De oppervlakte van het voorkomen gemeten binnen de GWC dieptecontour (in vierkante meters);

[19] TNO-rapport NITG 04-171-C. Van Eijs, 2004. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit
[20] TNO-rapport 2012 R10198. Van Thienen, 2012. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit in Nederland.

De combinatie van de parameterwaarden geven een kans op beven voor een bepaald voorkomen gedurende de productietijd.

Reeds bevende voorkomens	
$DP/P_{ini} \geq 28\%$	$B > 0{,}86$ en $E \geq 1{,}34$: $P_h = 0.42 \pm 0.08$
	$B > 0{,}86$ en $1{,}01 \leq E \leq 1{,}33$: $P_l = 0.19 \pm 0.05$
	$B < 0{,}86$ en/of $E < 1{,}01$: verwaarloosbare kans
$DP/P_{ini} < 28\%$	Verwaarloosbare kans

De waarden die zijn gebruikt in de bepaling van de DHAIS kans zijn gegeven in Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Invoergegevens voor de bepaling van de DHAIS en de DHAIS kansen

Voorkomen	Reservoir dikte / gaskolom** (m)	Initiële druk (bar)	Verwachte totale drukdaling (bar)	Totale breuk-lengte (km)	Reservoir opper-vlakte (km^2)	Maximale waargenomen aardbeving	Aantal aardbevingen per jaar	DHAIS E	DHAIS B	DHAIS kans
Assen	50	335	189	7,2	3,5	geen	<5 per jaar	2,55	1,24	42%
Een	45	306	117	12,7	6,2	geen	<5 per jaar	2,63	1,54	42%
Eleveld	100	382	349	23,2	12,9	2,8	<5 per jaar	2,55	2,72	bevend veld
Vries-Centraal	73	356	262	15,8	7,5	1,2	<5 per jaar	2,63	2,27	bevend veld
Vries-Noord	138	342	277	15,0	6,3	1,9	<5 per jaar	2,63	3,44	bevend veld
Vries-Zuid	89	356	119	37,5	16,0	1,5	<5 per jaar	2,63	4,28	bevend veld
Witterdiep	103	343	262	6,6	1,2	1,7	<5 per jaar	2,55	4,60	bevend veld
Zevenhuizen	68	306	271	9,0	3,6	geen	<5 per jaar	1,17	1,97	19%
Assen-Zuid	80	377	99*	3.3	1.0	geen	<5 per jaar	2.55	1.72	verwaarloosbaar
Witten	60	360	92*	4.3	0.8	geen	<5 per jaar	2.55	2.90	verwaarloosbaar
Zevenhuizen-West	75	288	68*	3.5	2.2	geen	<5 per jaar	1.17	0.80	verwaarloosbaar

* De getoonde drukdaling en de DHAIS waarden van de voorkomens Assen-Zuid, Witten en Zevenhuizen-West zijn volgens het High Case productie scenario. Omdat in het verwachte scenario deze voorkomens niet zullen produceren zal er geen drukdaling plaatsvinden en is de DHAIS kans voor deze voorkomens in de Mid Case verwaarloosbaar.
** Voor de DHAIS berekening wordt zowel de hoogte van de gaskolom als de totale reservoir dikte beschouwd. Het minimum van deze twee wordt gekozen voor de berekening van de "B" waarde zoals voorgeschreven door de DHAIS methodiek.

Realistisch sterkste beving

Naast de kans op beven, wordt ook de waarde voor de realistisch sterkste beving (Mmax) bepaald om tot een oordeel te komen of een niveau 2 analyse noodzakelijk is. Er worden twee methoden gebruikt om de Mmax waarde te bepalen: op basis van breukgeometrie en op basis van energiebalans. In de Seismisch Risico Analyse leidraad worden beide methoden gebruikt. Voor de berekeningen van de Mmax is uitgegaan van de standaardwaarden voor de "stress drop" en "partitie coëfficiënt" die gegeven zijn in de leidraad (respectievelijk 5 MPa en 0,01). De veld specifieke waarden die benodigd zijn voor de berekeningen en de uitkomsten voor de Mmax staan vermeld in Tabel 3.2 (behalve voor de voorkomens met verwaarloosbare DHAIS kans, zoals Assen-Zuid, Witten, Zevenhuizen-West).

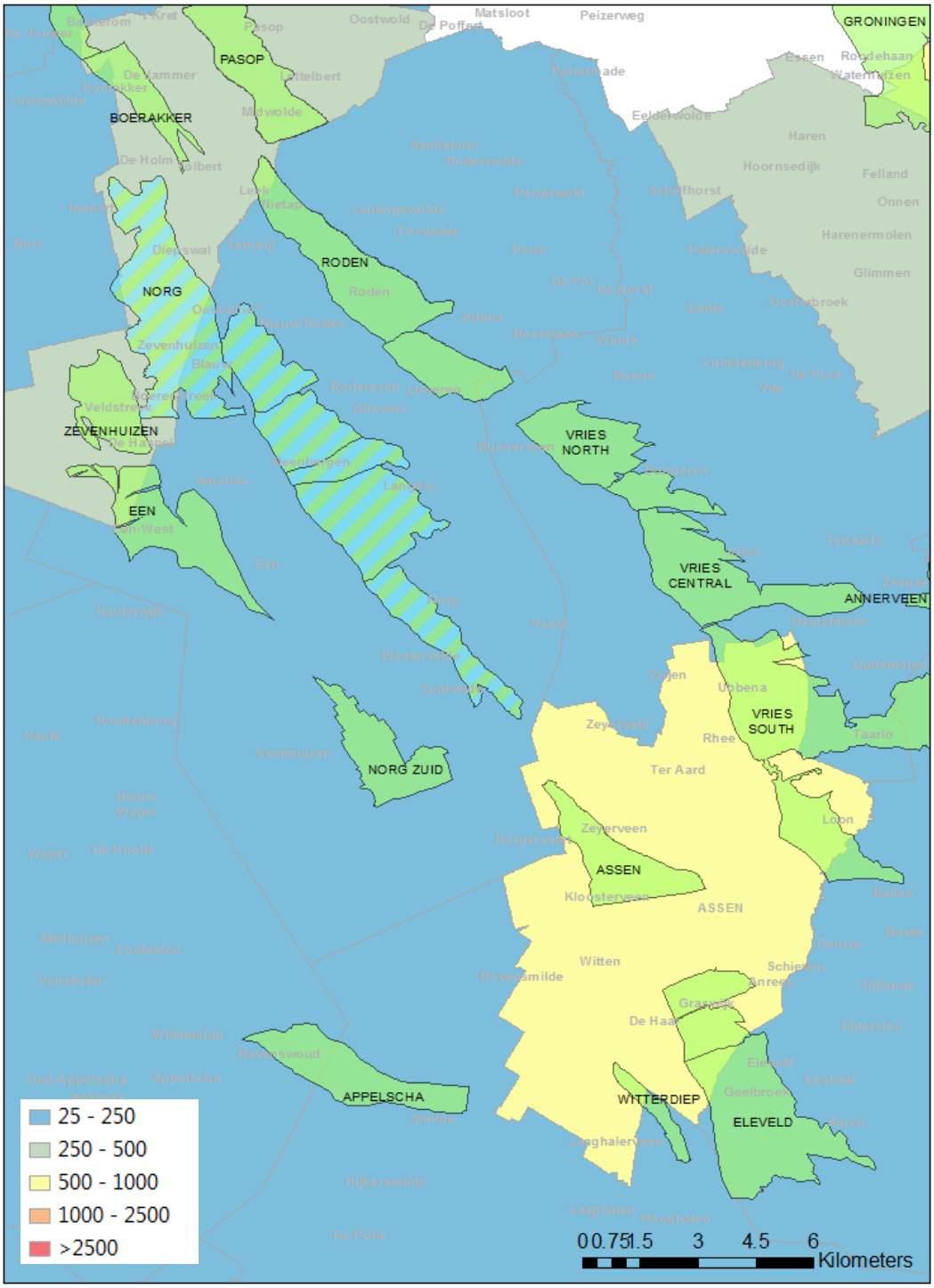
Tabel 3.2: Invoergegevens voor de bepaling van de Mmax, en de Mmax waarden volgens de twee methoden

Voorkomen	Langste breuklengte (km)	Poisson's ratio	Breukhoogte (m)	Mmax energiebalans	Mmax breukslip
Assen	3,6	0,2	55	2,7	3,1
Een	4,2	0,2	50	2,7	3,1
Eleveld	5,2	0,2	110	3,5	3,6
Vries-Centraal	3,5	0,2	81	3,2	3,4
Vries-Noord	3,9	0,2	152	3,3	3,7
Vries-Zuid	4,2	0,2	98	3,2	3,5
Witterdiep	3,4	0,2	114	2,7	3,5
Zevenhuizen	2,8	0,2	75	2,9	3,2

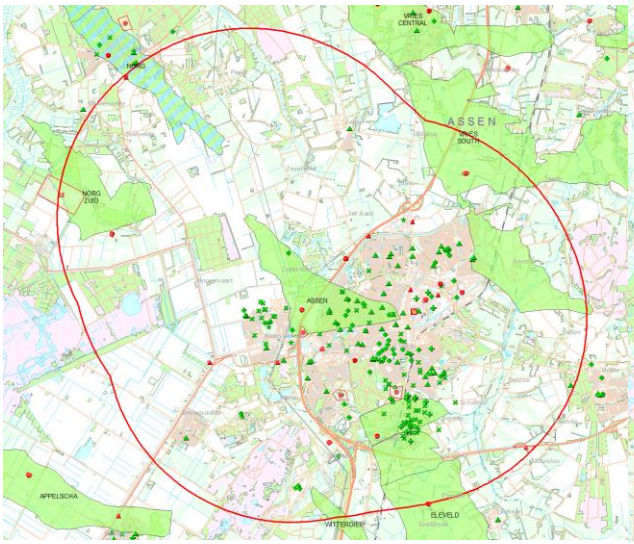
Stap 2: Risico matrix

De voorkomens Assen-Zuid, Witten en Zevenhuizen-West zullen volgens het verwachte “Mid Case” scenario niet produceren waardoor er geen drukdaling zal plaatsvinden. Ook in het high case productie scenario voor deze voorkomens zal de drukdaling gering zijn, waarmee de kans op seismiciteit voor dit scenario volgens de DHAIS methodiek “verwaarloosbaar” is. Volgens de SRA zijn verdere analyses in stap 2 voor deze voorkomens niet nodig. Voor de voorkomens Eleveld, Assen, Een, Vries-Noord, Vries-Centraal, Vries-Zuid, Witterdiep en Zevenhuizen binnen het winningsplan Westerveld is het nodig gebleken om de risico matrix te gebruiken (“Stap 2” van de SRA). Voor elke factor die bepaald is voor de onder- en bovengrond wordt een score gegeven waarbij de som van de scores een positie geeft in de risico matrix.

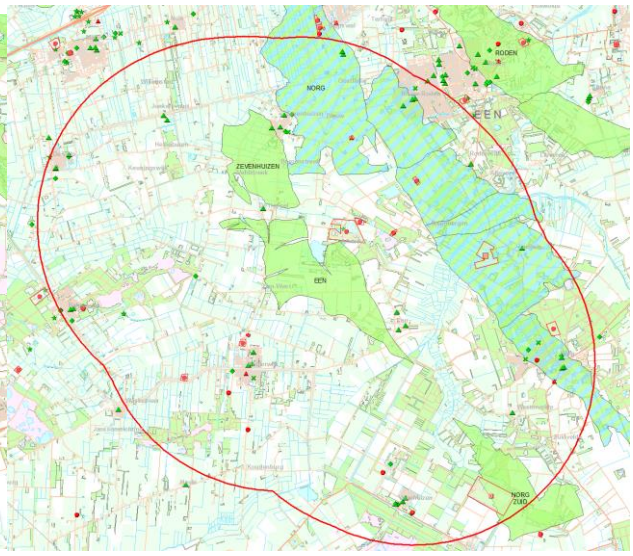
In dit deel van de bijlage worden de figuren en tabellen getoond die gebruikt zijn om tot een risicobeoordeling te komen. Figuur 3.4, 3.5 en 3.6 tonen de situaties voor respectievelijk “Bevolkingsdichtheid”, “Industriële inrichtingen”, “Speciale gebouwen en vitale infrastructuur” en ”Dijken”. Figuur 3.7 toon de kaart van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond kaart om de mate van opslingering te bepalen. Tabel 3.3 A en B toont de evaluatie en scores voor de invloedfactoren. De risico matrix is afgebeeld in Figuur D2 (sectie D van dit winningsplan).



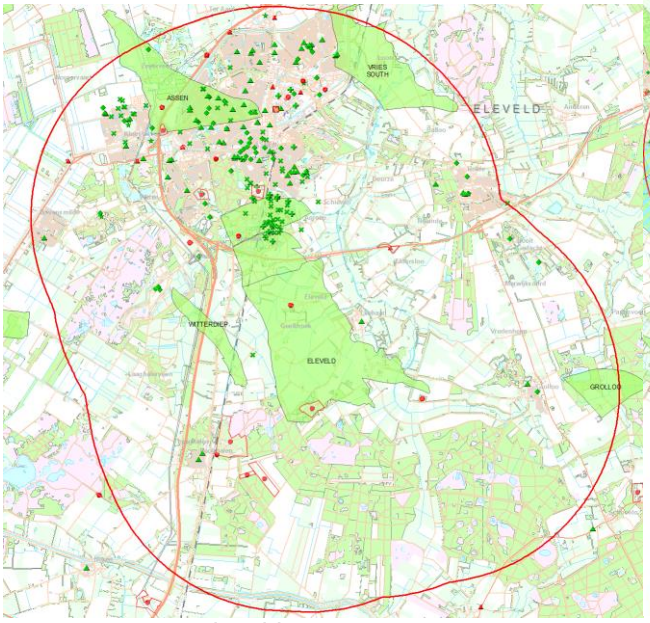
Figuur 3.4: Overzicht van de bevolkingsdichtheid boven de in dit winningsplan genoemde voorkomens.



Assen

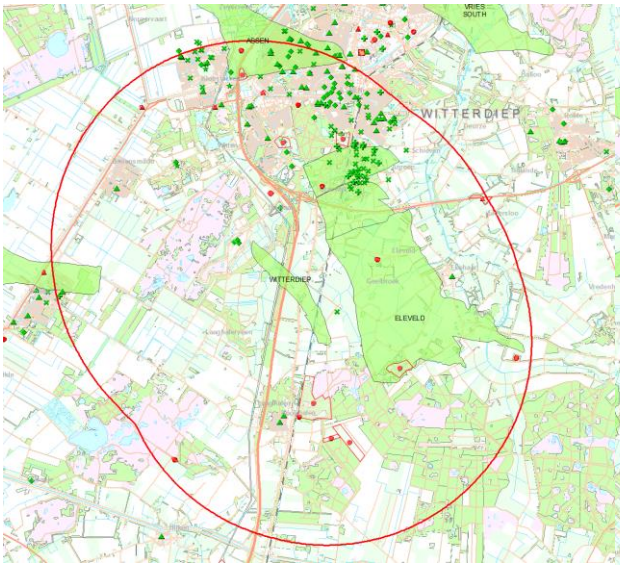


Een



Eleveld

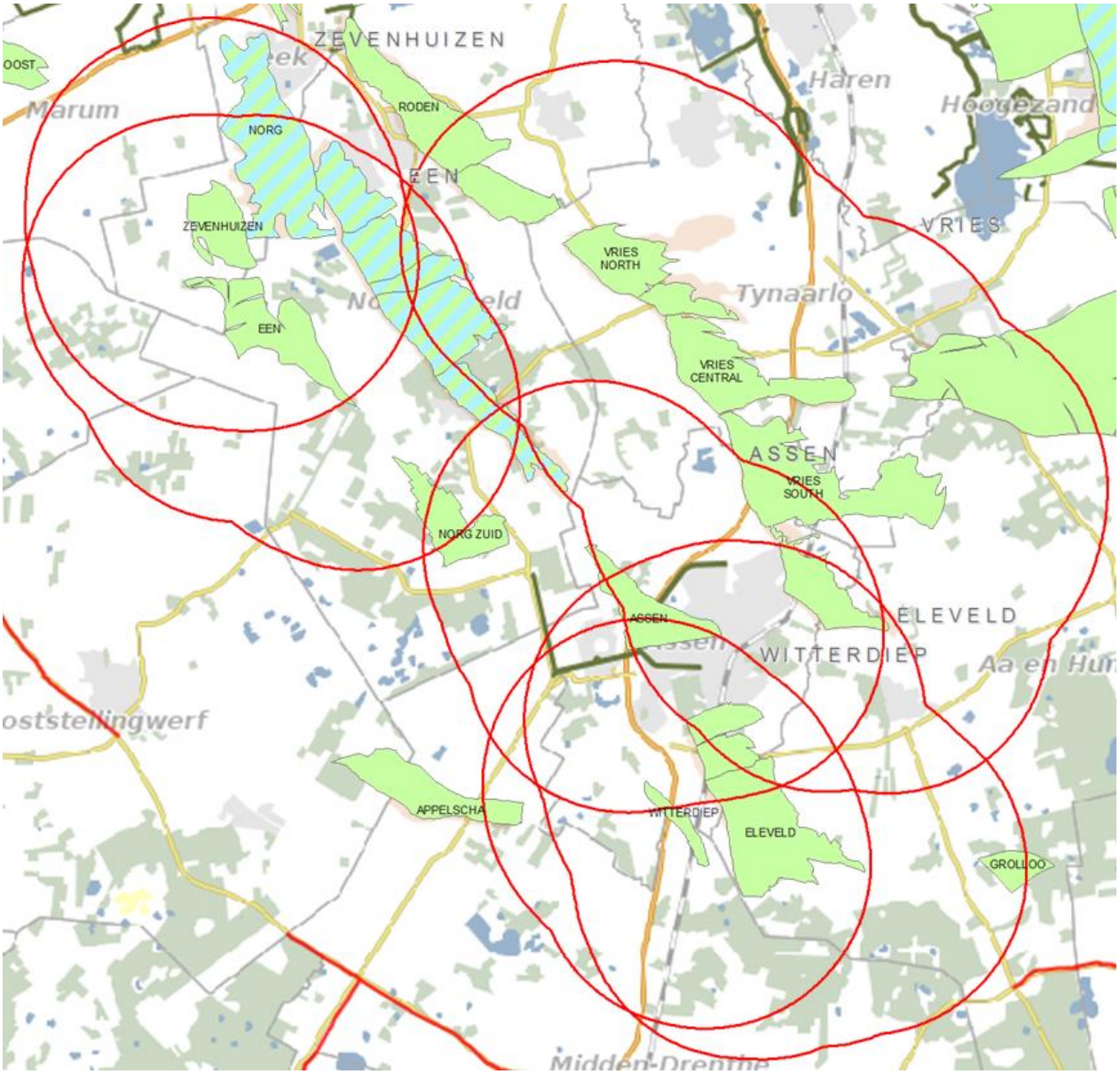
Vries (-Noord, -Centraal, -Zuid)



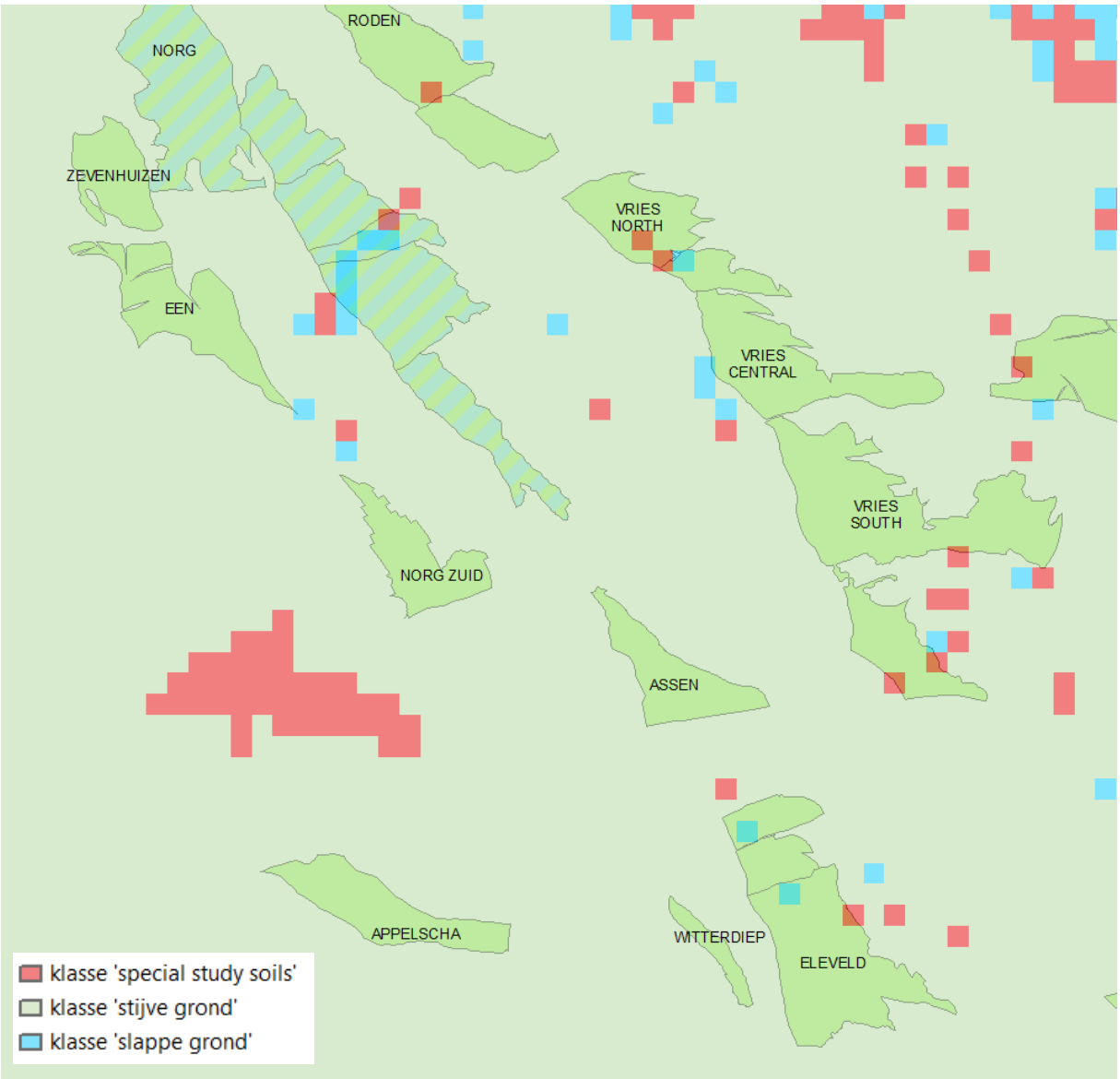
Witterdiep

Zevenhuizen

Figuur 3.5: Overzicht van de industriële inrichtingen (rode punt), ziekenhuizen (groene plus) onderwijsinstellingen (groene driehoek), tehuizen (groene x) en publieksgebouwen (groene ruit) boven de in dit winningsplan genoemde voorkomens. De rode cirkels geven de 5 km straal rond voorkomens aan die relevant is voor de SRA.



Figuur 3.6: Overzicht van de dijken. De rode cirkels geven de 5 km straal rond voorkomens aan die relevant is voor de SRA.



Figuur 3.7: Overzicht van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond om de mate van opslingering te bepalen

Uit de analyse op basis van bovenstaande figuren volgen de scores voor de verschillende factoren. Deze zijn per voorkomen inclusief onderbouwing en uitkomst, weergegeven in Tabel 3.3.

Tabel 3.3: Kwantitatieve evaluaties (A) en daaruit voortkomende scores (B) voor de invloedfactoren onder- en bovengrond

A

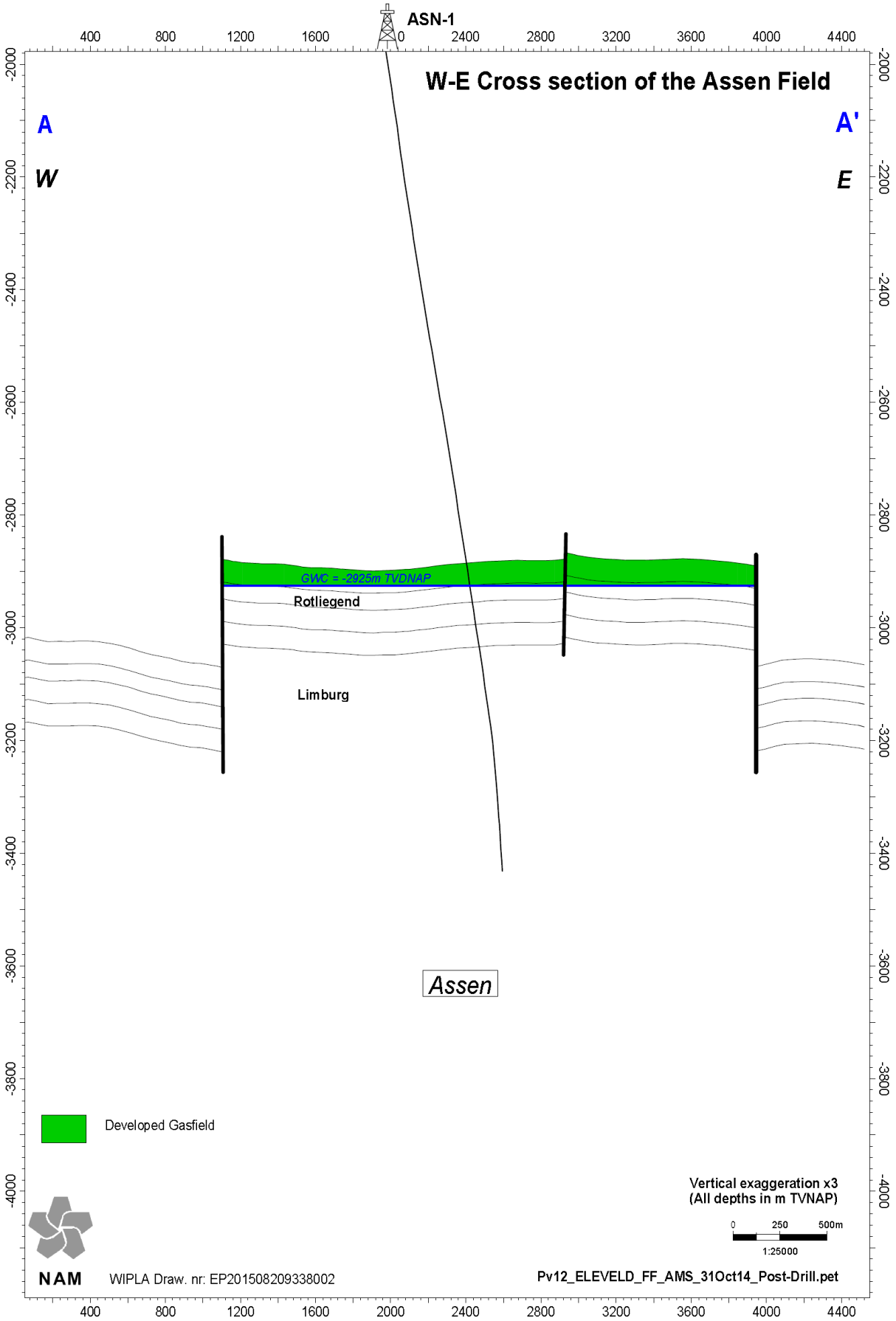
Voorkomen	Dhais	Mmax	Analoge velden	Opslingering	Bevolkingsdichtheid (aantal inwoners per km2)	Industriele inrichting	Speciale gebouwen en vitale infrastructuur	Dijken
Assen	P=42%	1 methode 3,1 - 3,5	Boven de lijn Amsterdam - Arnhem	< 10% slappe grond	1000 - 2500 en/of 500-1000 met flats/app.	Meerdere direct boven het veld	1 ziekenhuis en/of energievoorziening direct boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld. Meerdere scholen, tehuizen en/of publieksgebouwen direct boven het veld	Primaire dijken binnen 5 km rond het veld en/of secundaire dijken boven het veld
Een	P=42%	1 methode 3,1 - 3,5	Boven de lijn Amsterdam - Arnhem	< 10% slappe grond	500 - 1000 en/of 250-500 met flats/app.	1 boven het veld en/of meerdere binnen 5 km rond het veld.	1 school, tehuis en/of publieksgebouw boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld.	Geen dijken binnen 5 km rond het veld
Eleveld	M >= 1,5 minder dan 5 bevingen per jaar	1 methode 3,6 - 4,0	Boven de lijn Amsterdam - Arnhem	< 10% slappe grond	250 - 500 en/of <250 met flats/app.	Meerdere direct boven het veld	1 ziekenhuis en/of energievoorziening direct boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld. Meerdere scholen, tehuizen en/of publieksgebouwen direct boven het veld	Secundaire dijken binnen 5 km rond het veld
Vries-Centraal	Bevend veld met M kleiner dan 1,5	Alle methodes 3,1 - 3,5	Boven de lijn Amsterdam - Arnhem	< 10% slappe grond	250 - 500 en/of <250 met flats/app.	Meerdere direct boven het veld	1 ziekenhuis en/of energievoorziening direct boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld. Meerdere scholen, tehuizen en/of publieksgebouwen direct boven het veld	Secundaire dijken binnen 5 km rond het veld
Vries-Noord	M >= 1,5 minder dan 5 bevingen per jaar	1 methode 3,6 - 4,0	Boven de lijn Amsterdam - Arnhem	< 10% slappe grond	250 - 500 en/of <250 met flats/app.	1 boven het veld en/of meerdere binnen 5 km rond het veld.	1 school, tehuis en/of publieksgebouw boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld.	Secundaire dijken binnen 5 km rond het veld
Vries-Zuid	M >= 1,5 minder dan 5 bevingen per jaar	Alle methodes 3,1 - 3,5	Boven de lijn Amsterdam - Arnhem	< 10% slappe grond	1000 - 2500 en/of 500-1000 met flats/app.	1 boven het veld en/of meerdere binnen 5 km rond het veld.	1 school, tehuis en/of publieksgebouw boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld.	Secundaire dijken binnen 5 km rond het veld
Witterdiep	M >= 1,5 minder dan 5 bevingen per jaar	1 methode 3,1 - 3,5	Boven de lijn Amsterdam - Arnhem	< 10% slappe grond	1000 - 2500 en/of 500-1000 met flats/app.	1 boven het veld en/of meerdere binnen 5 km rond het veld.	1 school, tehuis en/of publieksgebouw boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld.	Secundaire dijken binnen 5 km rond het veld
Zevenhuizen	P=19%	1 methode 3,1 - 3,5	Boven de lijn Amsterdam - Arnhem	< 10% slappe grond	500 - 1000 en/of 250-500 met flats/app.	1 boven het veld en/of meerdere binnen 5 km rond het veld.	1 school, tehuis en/of publieksgebouw boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld.	Secundaire dijken binnen 5 km rond het veld

B

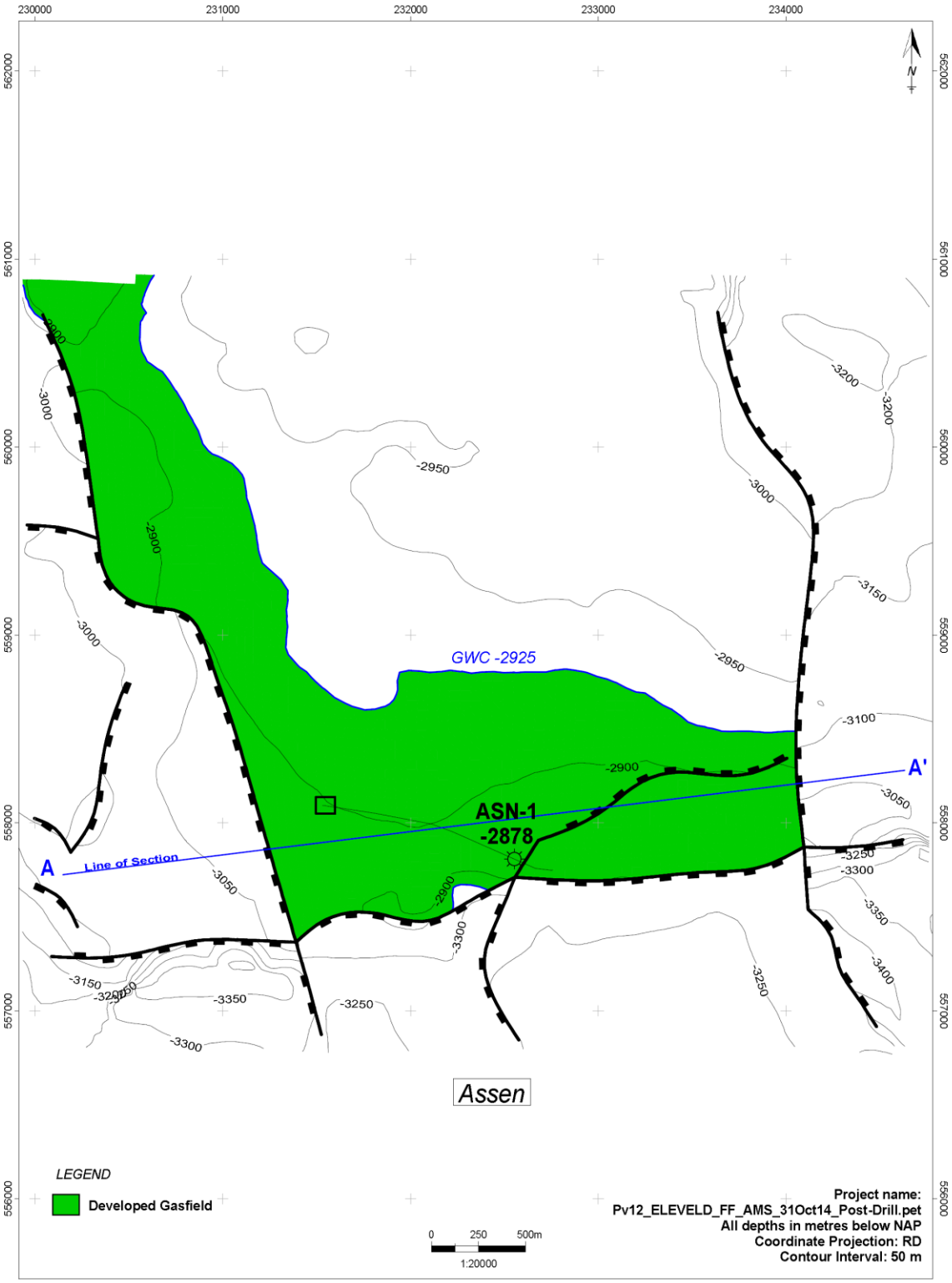
	score invloedfactoren ondergrond					score invloedfactoren bovengrond					
Voorkomen	**Kans op beven of waargenomen bevingen**	**Magnitude**	**Ligging voorkomen**	**Opslingering**	**Genormaliseerde totaalscore ondergrond**	**Bevolkings dichtheid**	**Industriele inrichtingen**	**Speciale gebouwen en vitale infrastructuur**	**Dijken**	**Genormaliseerde totaalscore bovengrond**	**Categorie**
Assen	2	1	2	0	0,36	3	4	3	3	0,81	I
Een	2	1	2	0	0,36	2	3	2	0	0,44	I
Eleveld	3	2	2	0	0,50	1	4	3	2	0,63	I
Vries-Centraal	2	2	2	0	0,43	1	4	3	2	0,63	I
Vries-Noord	3	2	2	0	0,50	1	3	2	2	0,50	I
Vries-Zuid	3	2	2	0	0,50	3	3	2	2	0,63	I
Witterdiep	3	1	2	0	0,43	3	3	2	2	0,63	I
Zevenhuizen	1	1	2	0	0,29	2	3	2	2	0,56	I

Bijlage 4: Geologische kaarten voor de voorkomens

Doorsnede Assen voorkomen

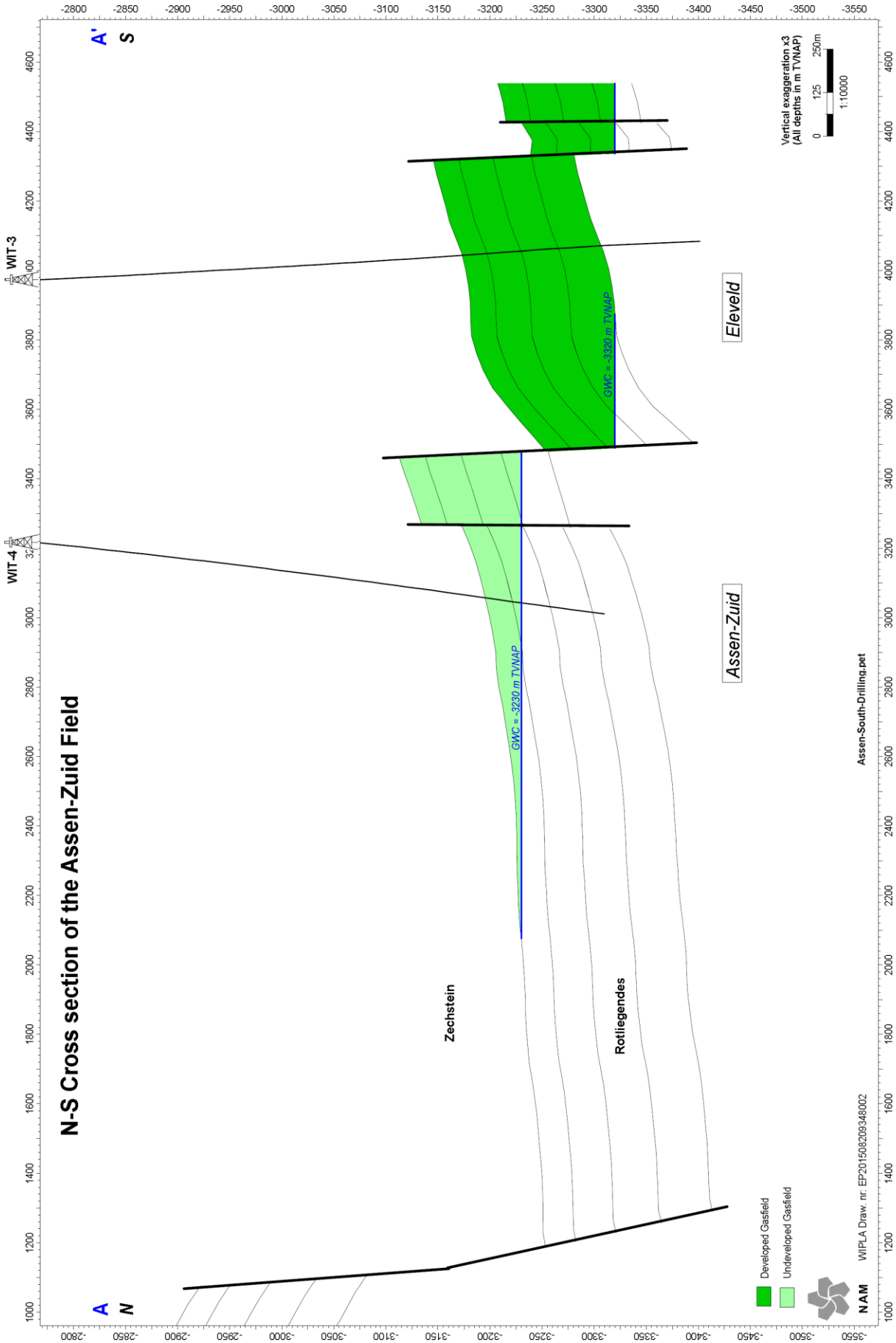


Kaart Assen voorkomen

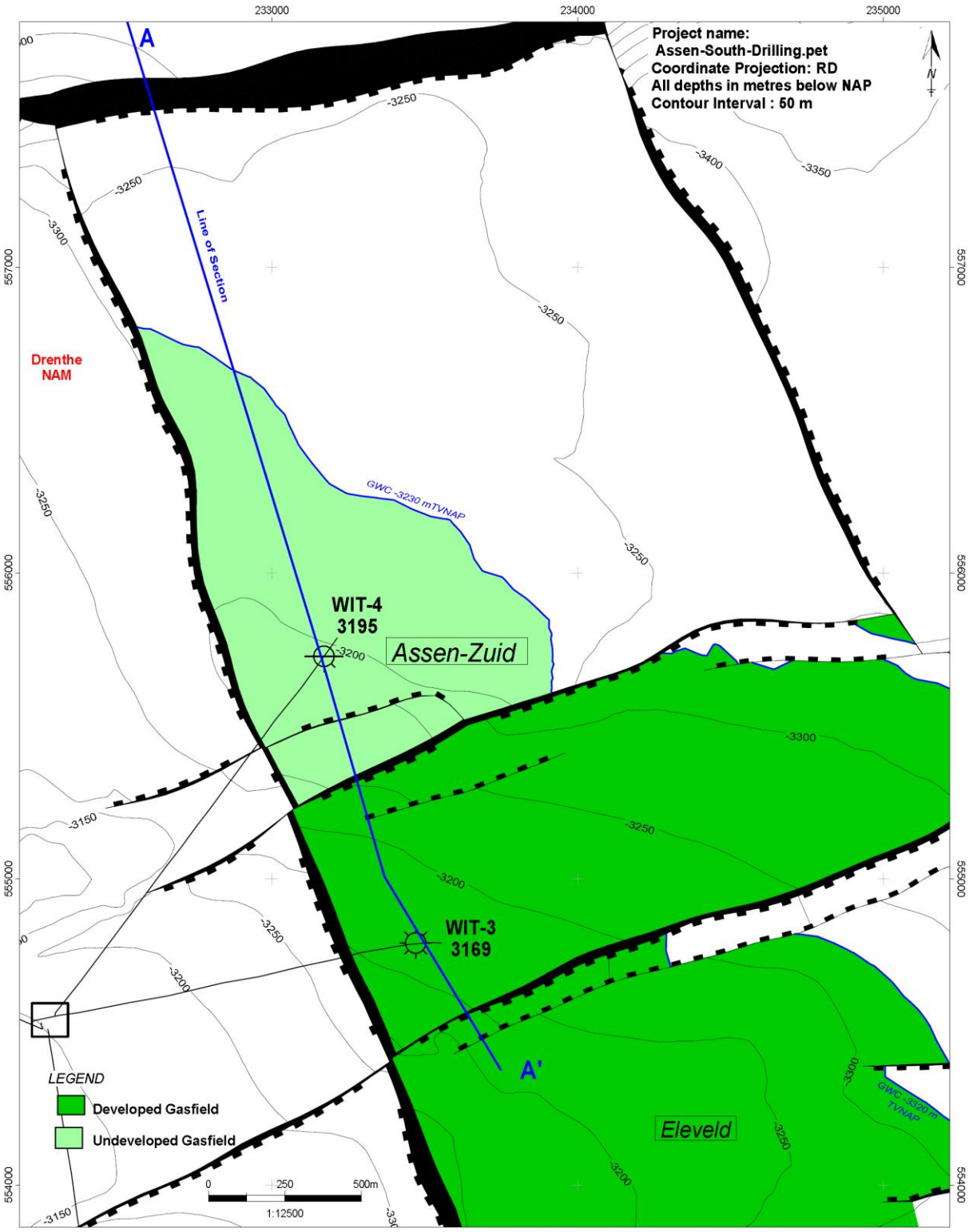


NAM	Assen Top Rotliegend (RO)			
	Nederlandse Aardolie Mij BV	Project: WIPLA	Author: Land Asset	Date: Aug 2015	Draw. No.: EP201508209338001

Doorsnede Assen-Zuid voorkomen

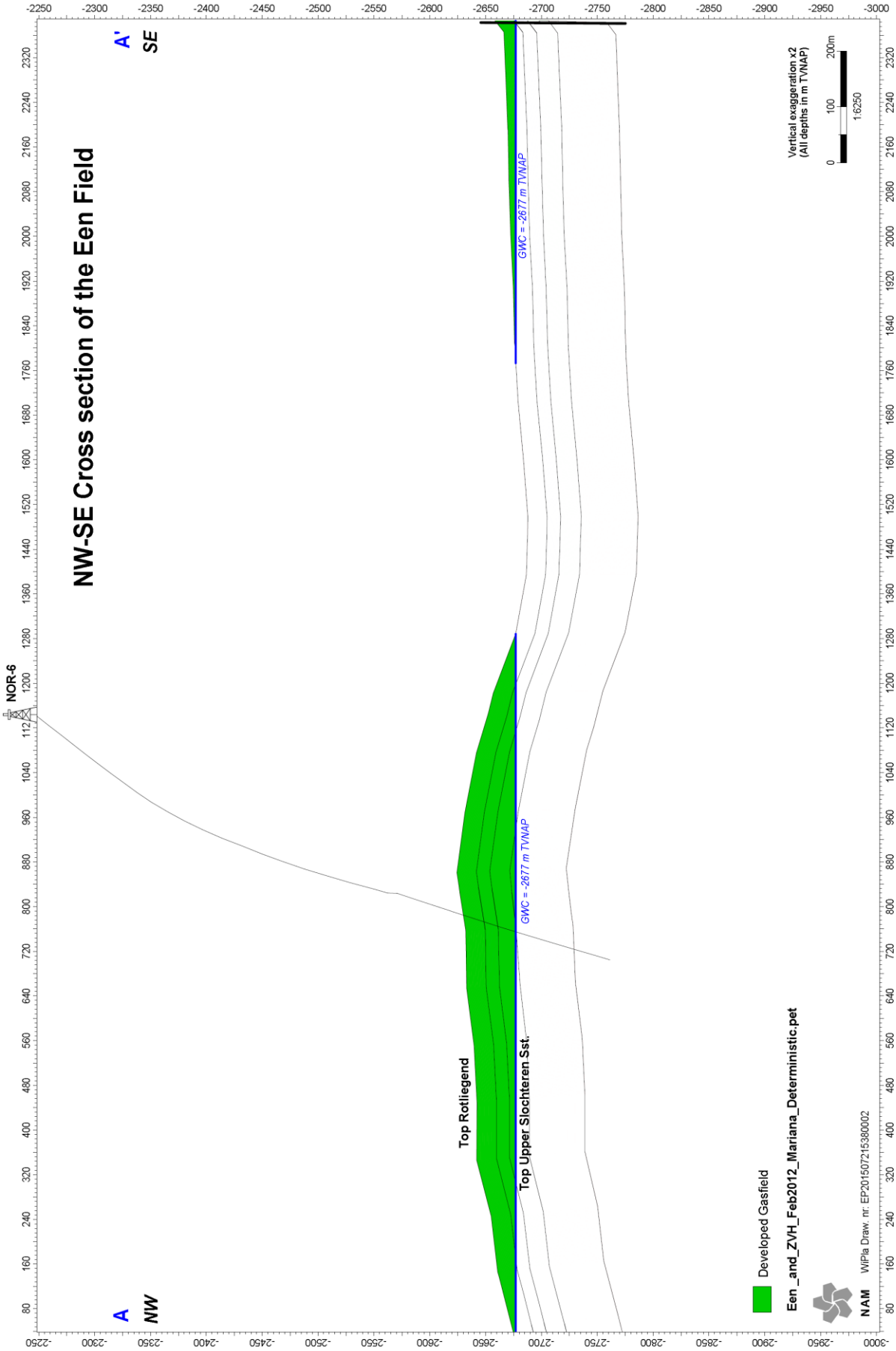


Kaart Assen-Zuid voorkomen

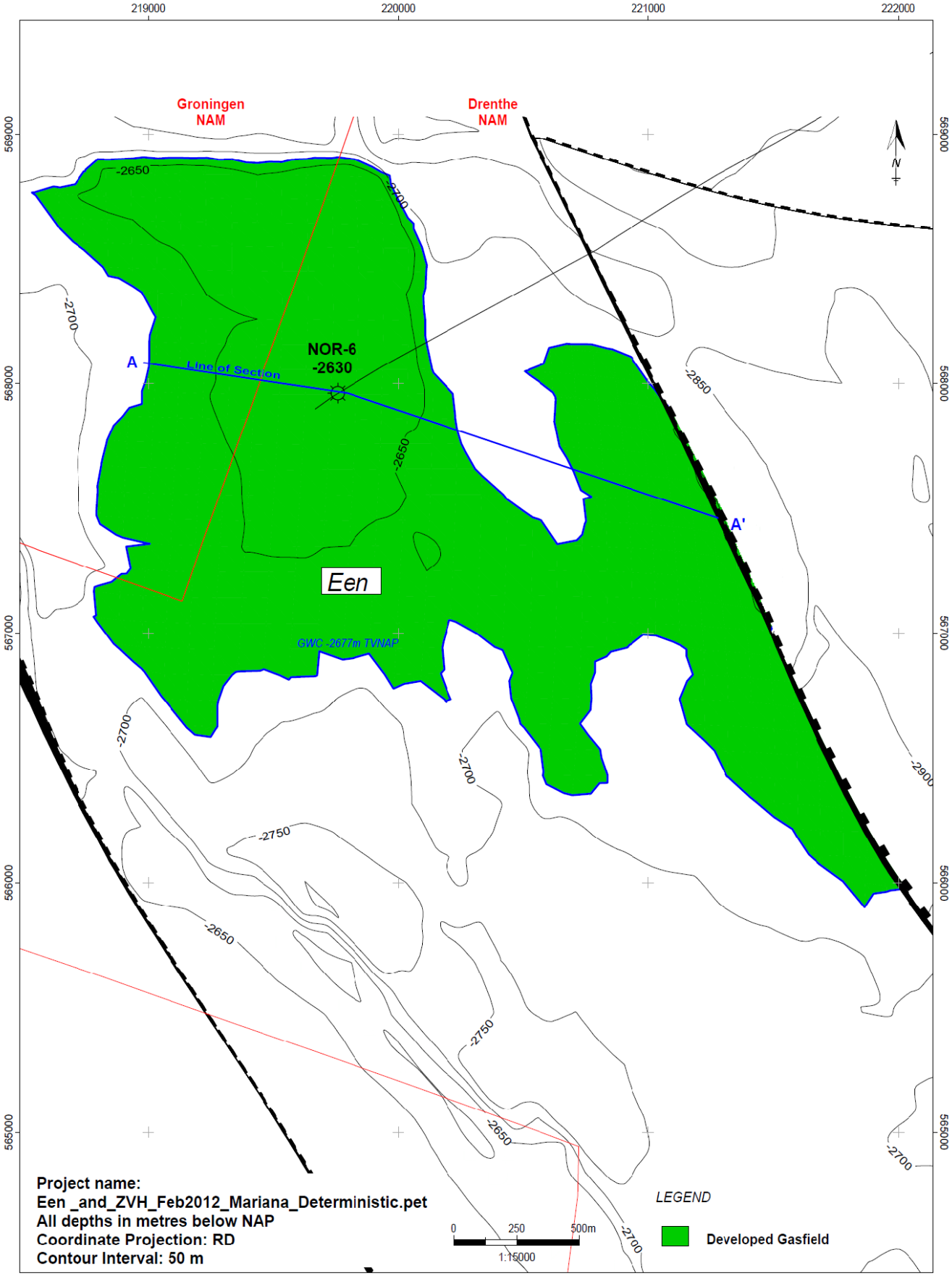


NAM	**Assen-Zuid** **Top Rotliegend** **(RO)**				
	Nederlandse Aardolie Mij BV	Project: WIPLA	Author: Land Asset	Date: August 2015	Draw. No.: EP201508209348001

Doorsnede Een voorkomen

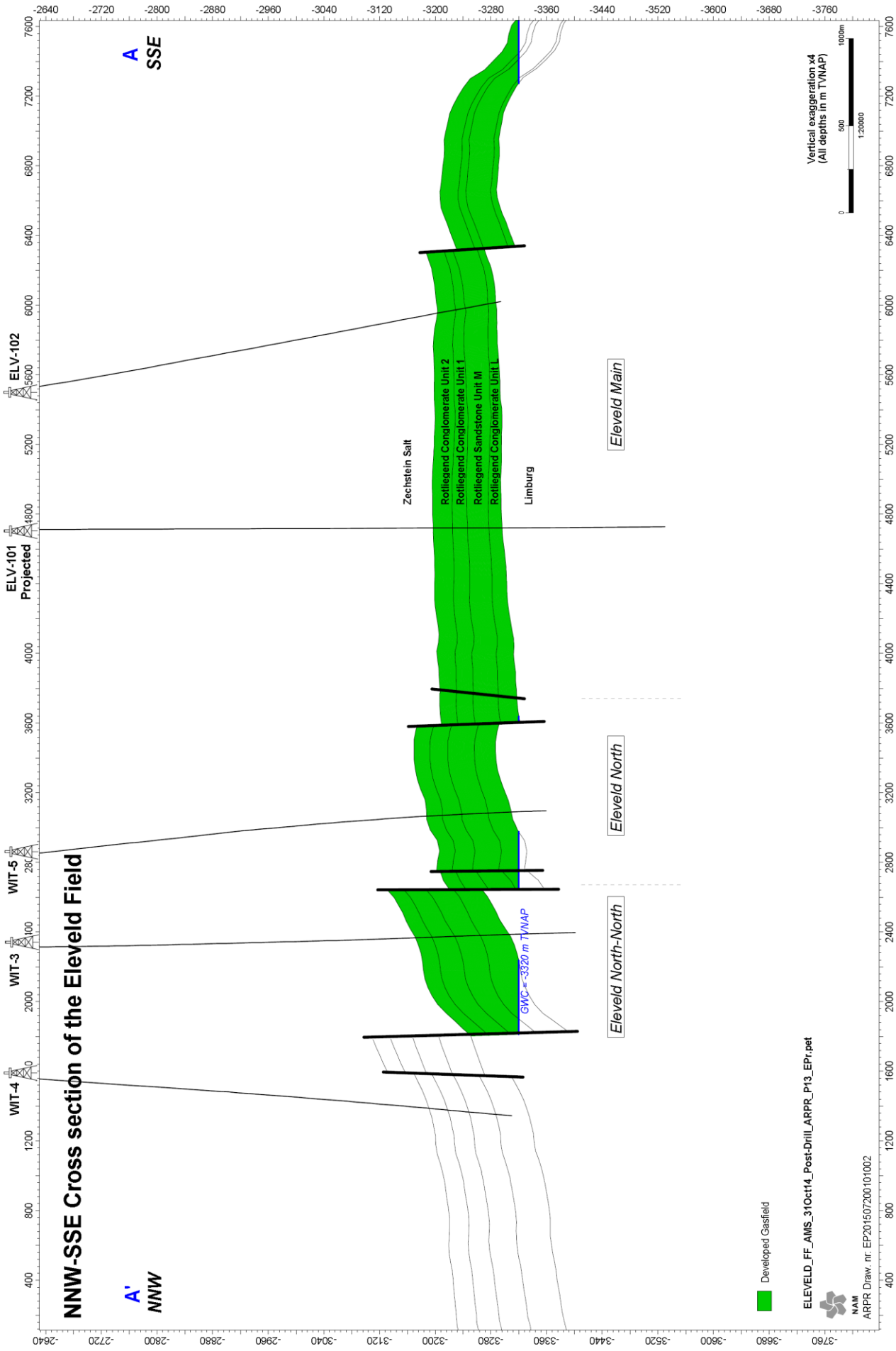


Kaart Een voorkomen

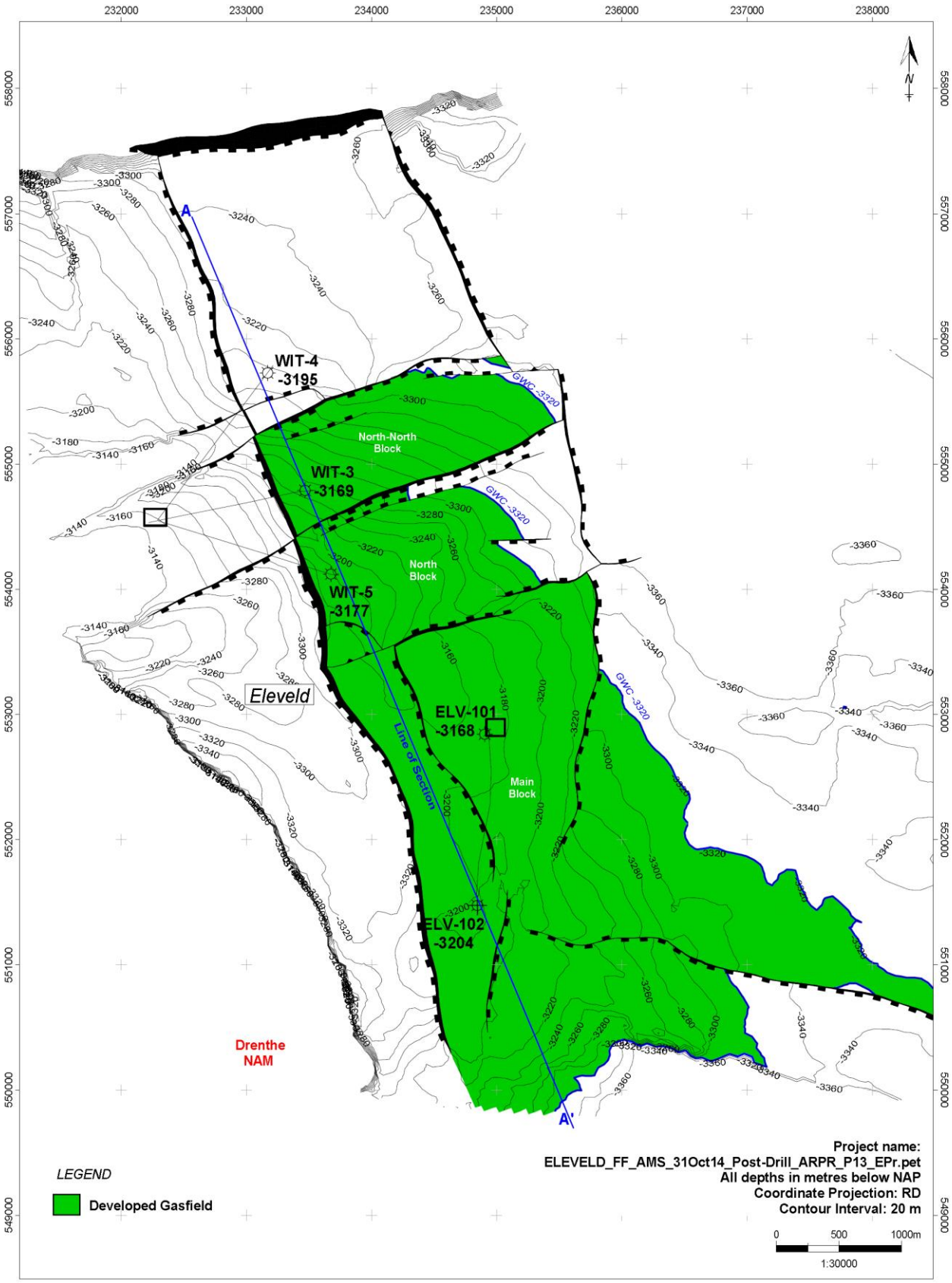


NAM	Een Top Rotliegend (RO)				
	Nederlandse Aardolie Mij BV	Project: WIPLA	Author: Land Asset	Date: Aug 2015	Draw. No.: EP201507215380003

Doorsnede Eleveld voorkomen

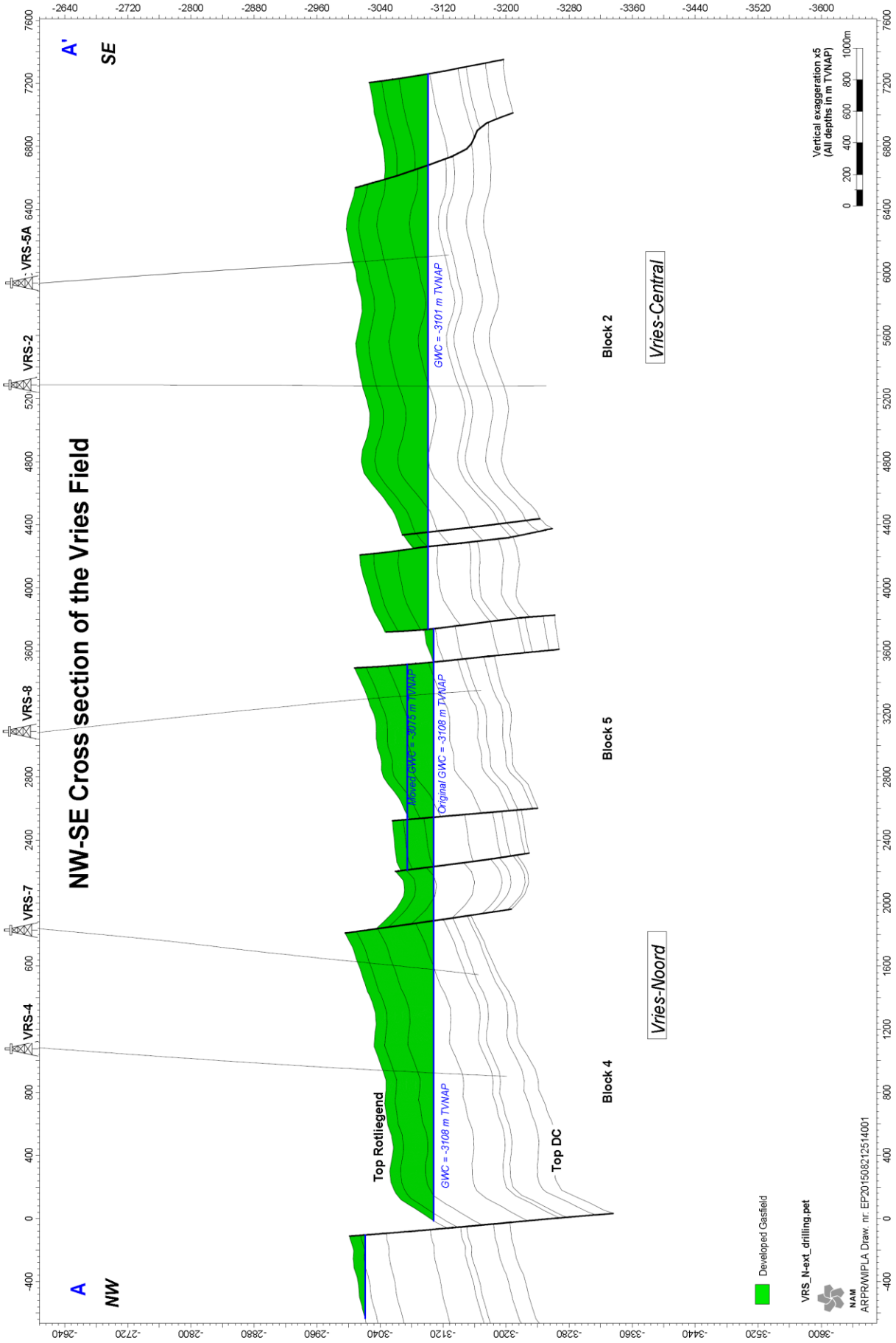


Kaart Eleveld voorkomen

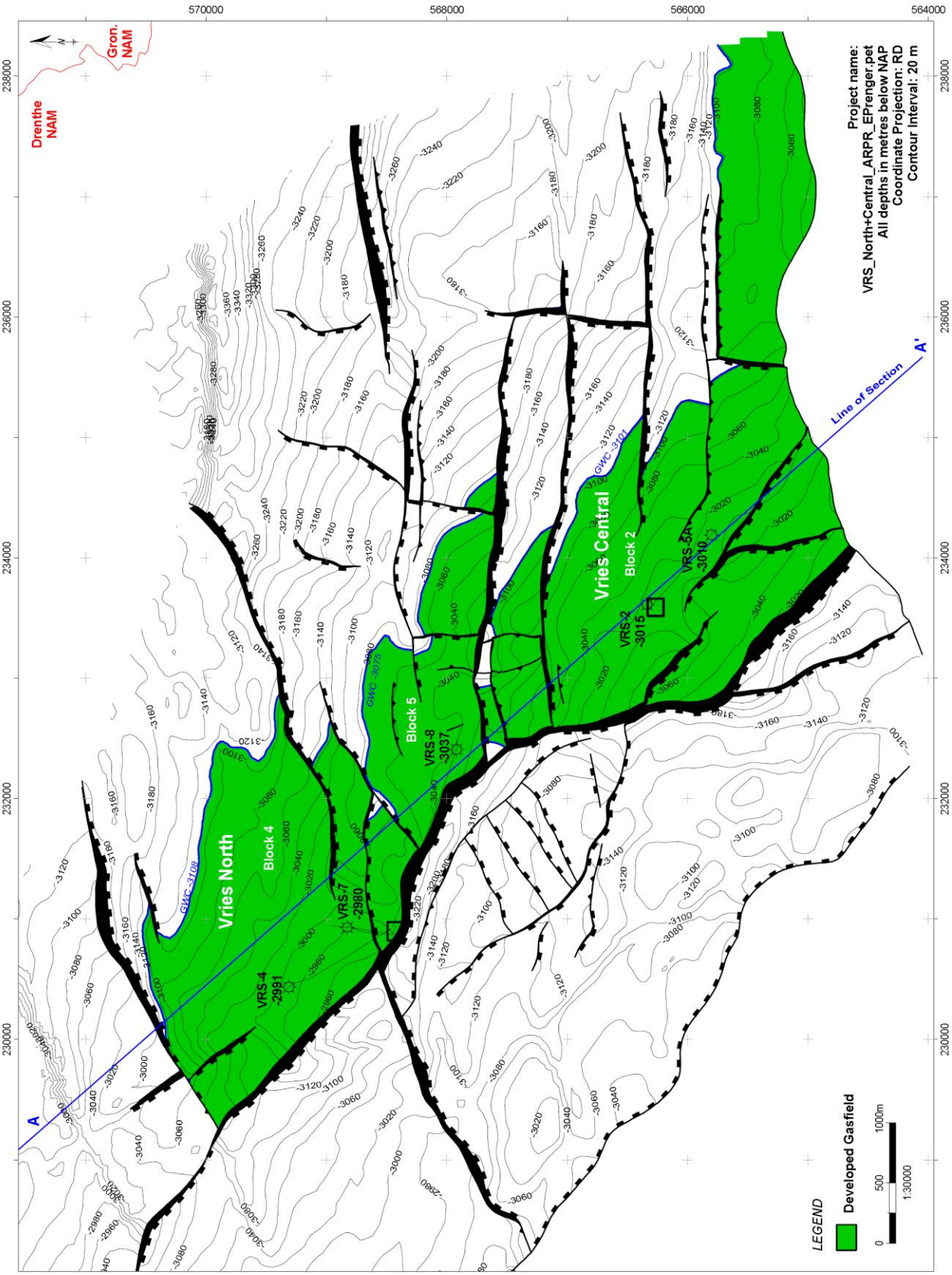


NAM	Eleveld Top Rotliegend (RO)			
	Nederlandse Aardolie Mij BV	Project: ARPR	Author: Land Asset	Date: Dec 2014	Draw. No.: EP201507200101001

Doorsnede Vries-Noord en Vries-Centraal voorkomens



Kaart Vries-Noord en Vries-Centraal voorkomens

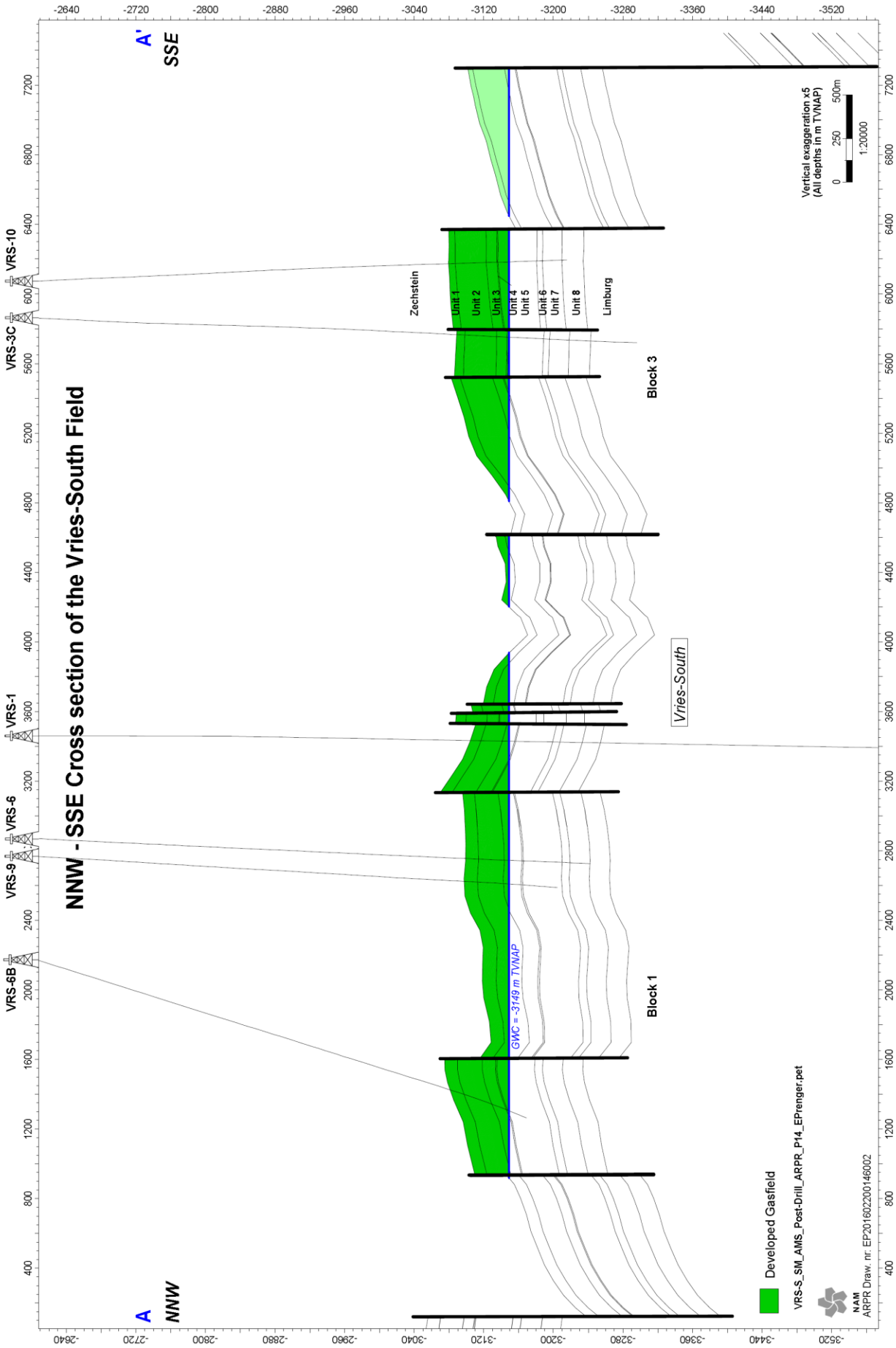


NAM

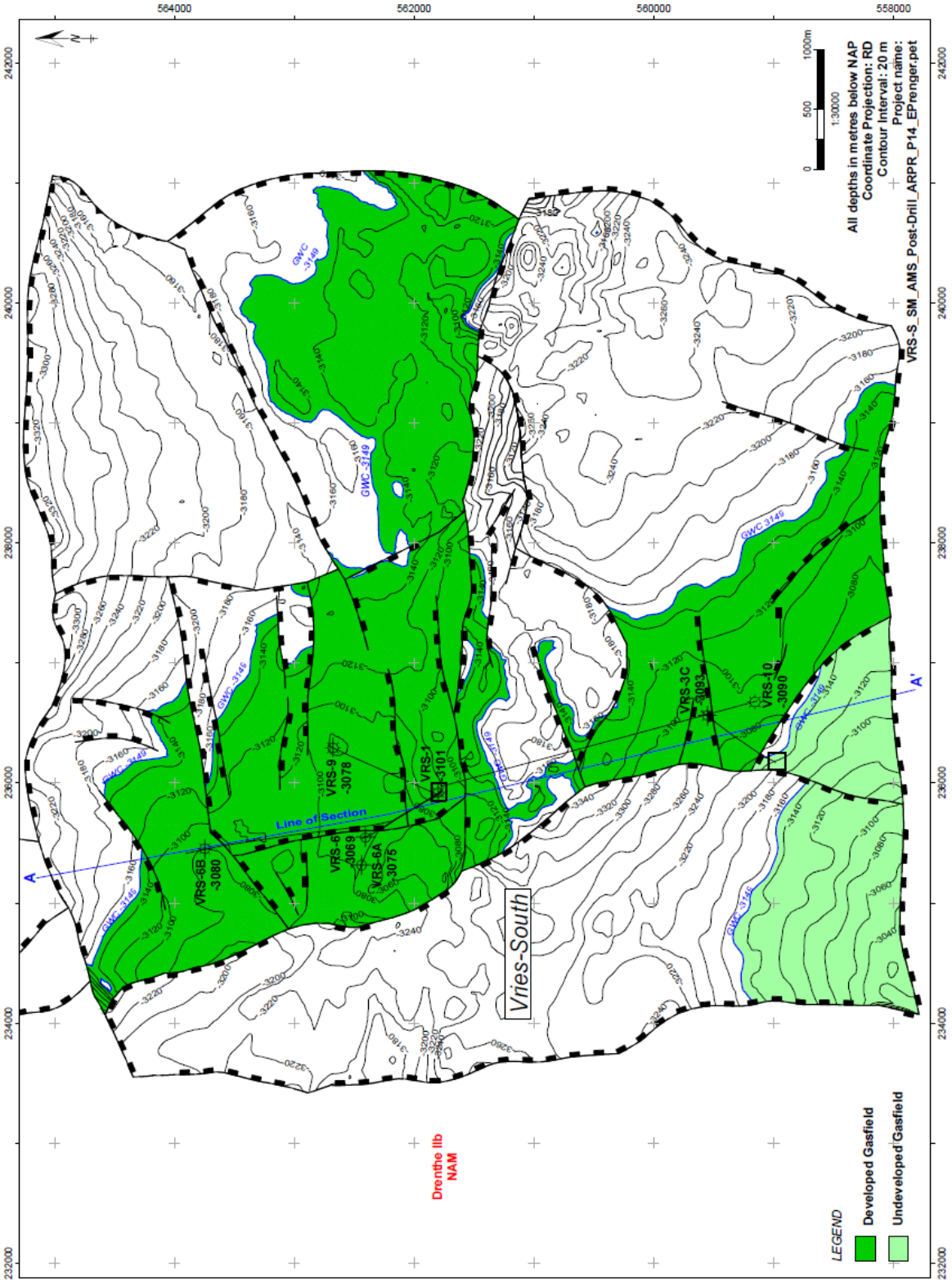
Vries (North and Central)
Rotliegend
(RO)

Nederlandse Aardolie Mij BV	Project: ARPR	Author: Land Asset	Date: Jul 2016	Draw. No.: EP201201208316001

Doorsnede Vries-Zuid voorkomen

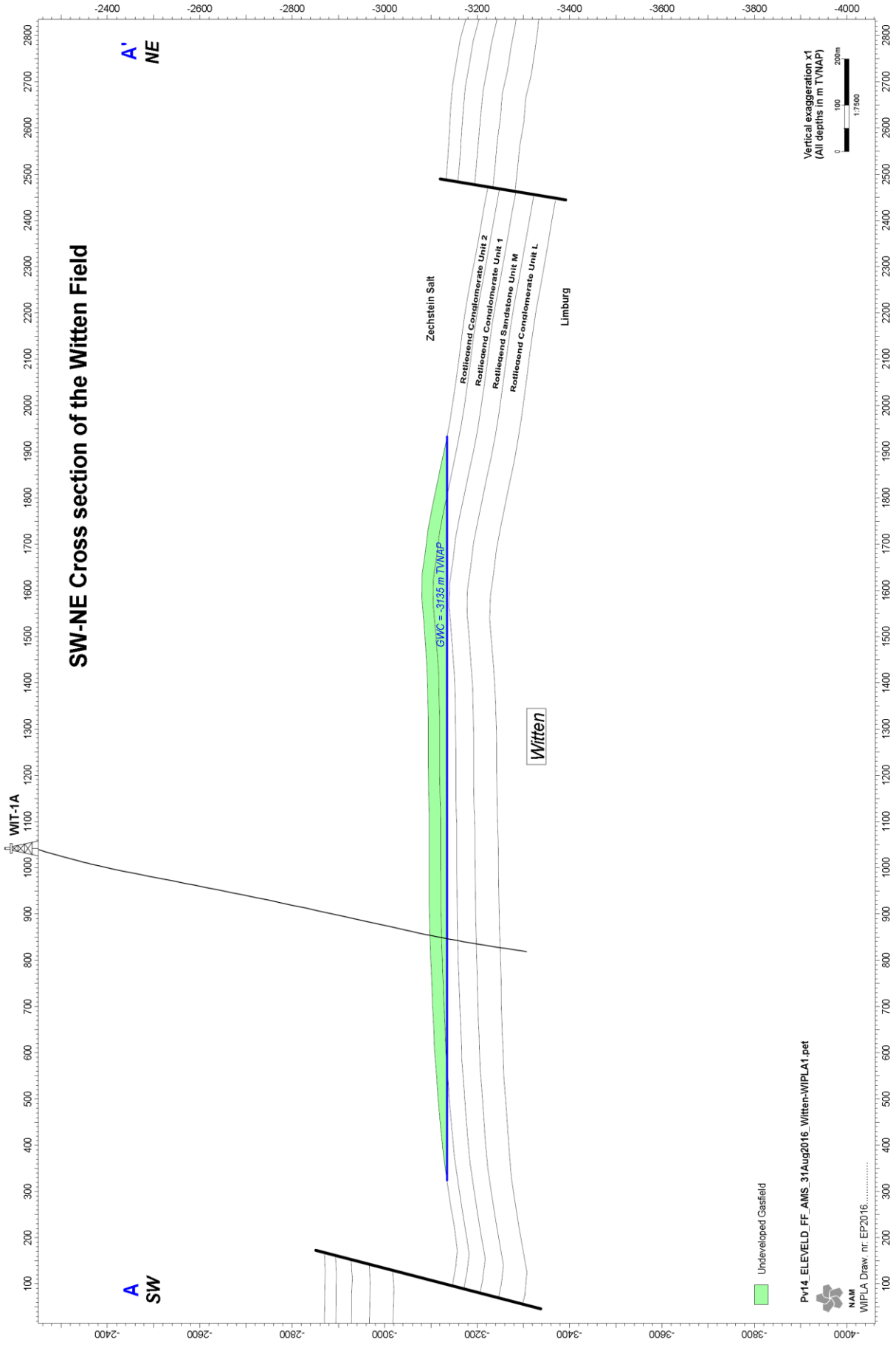


Kaart Vries-Zuid voorkomen

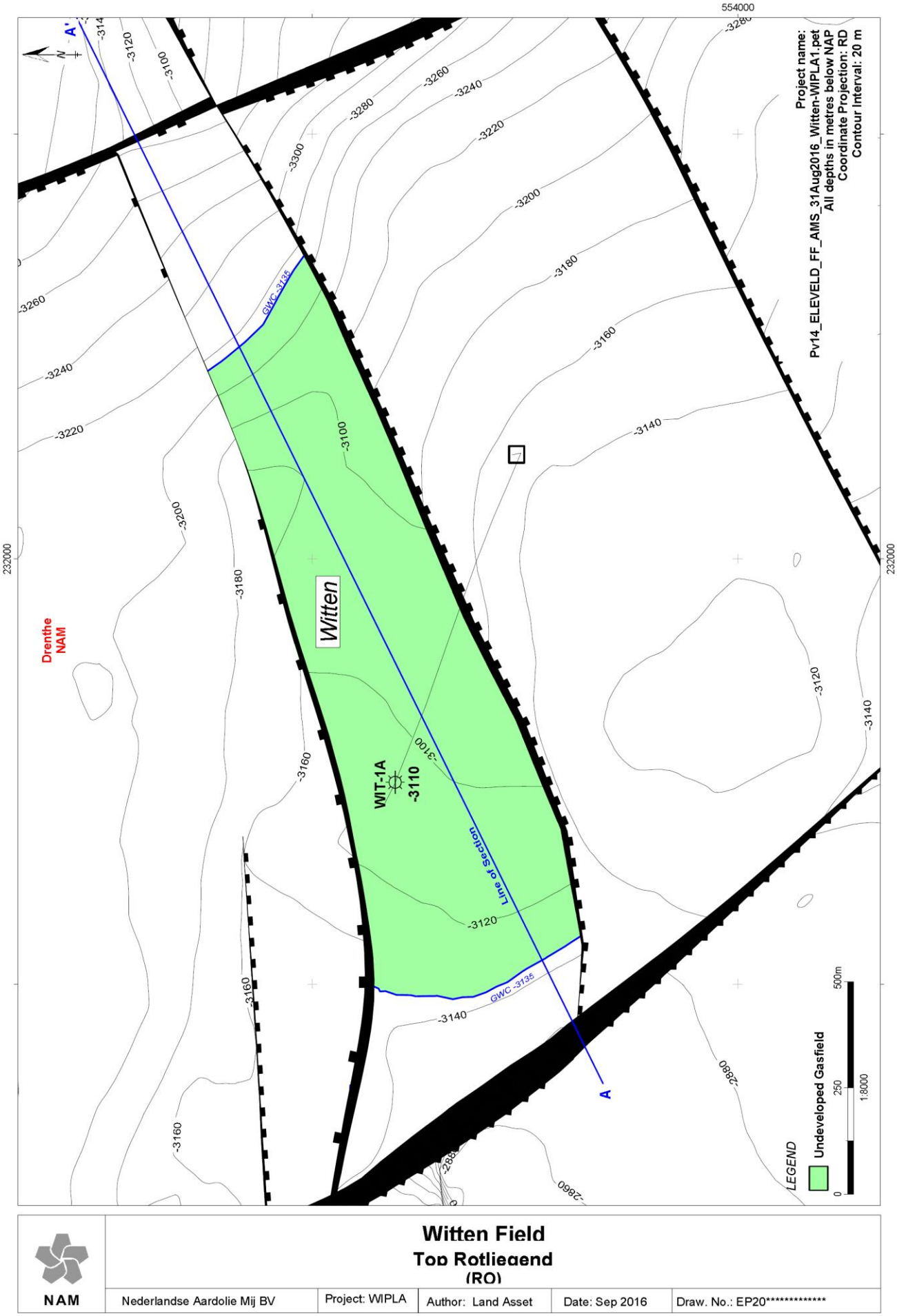


NAM	Vries-South Field Top Rotliegend (RO)			
	Nederlandse Aardolie Mij BV	Project: ARPR	Author: Land Asset	Date: Feb 2016	Draw. No.: EP201602200146001

Doorsnede Witten voorkomen



Kaart Witten voorkomen



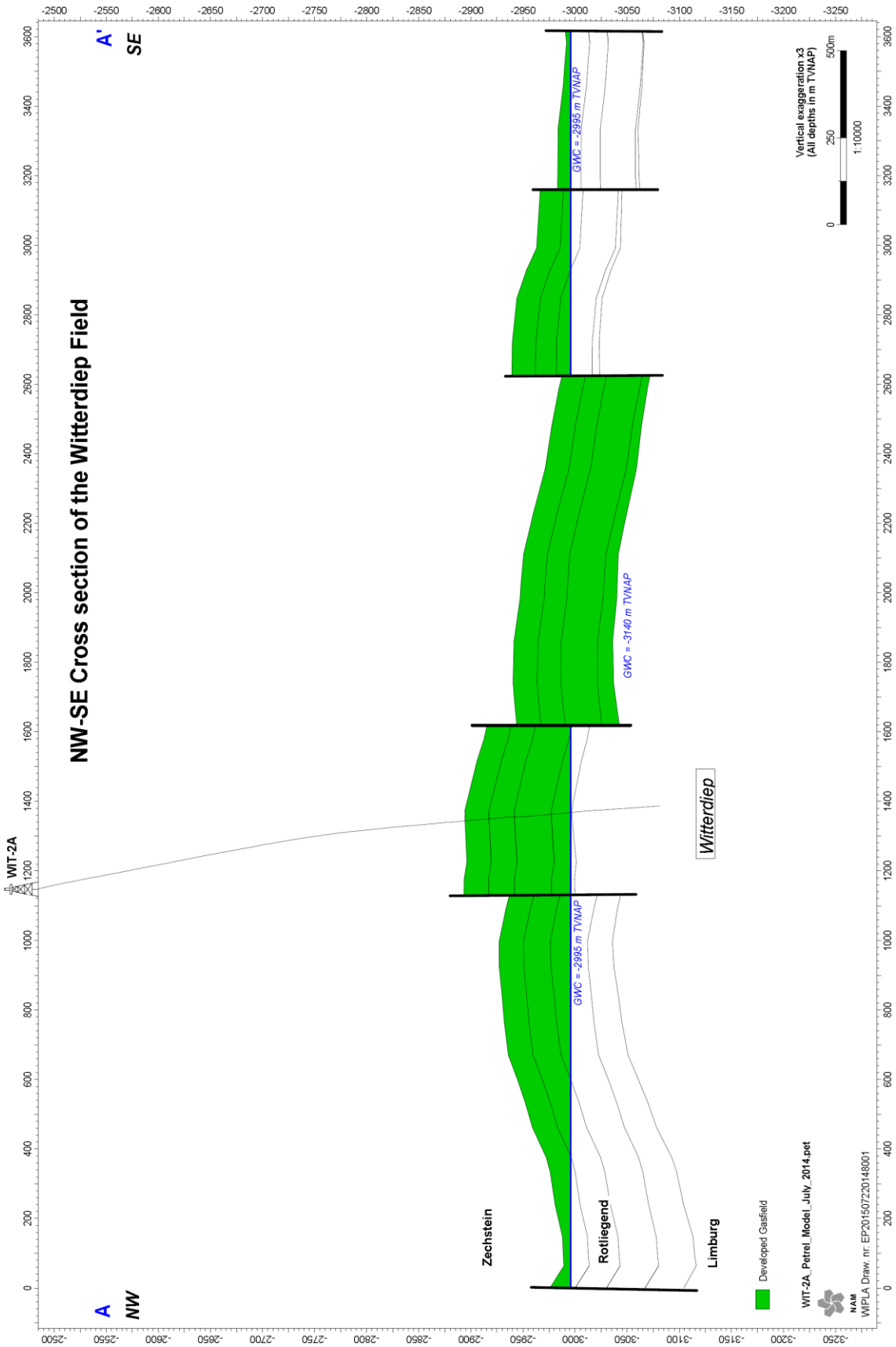
Witten Field

Top Rotliegend

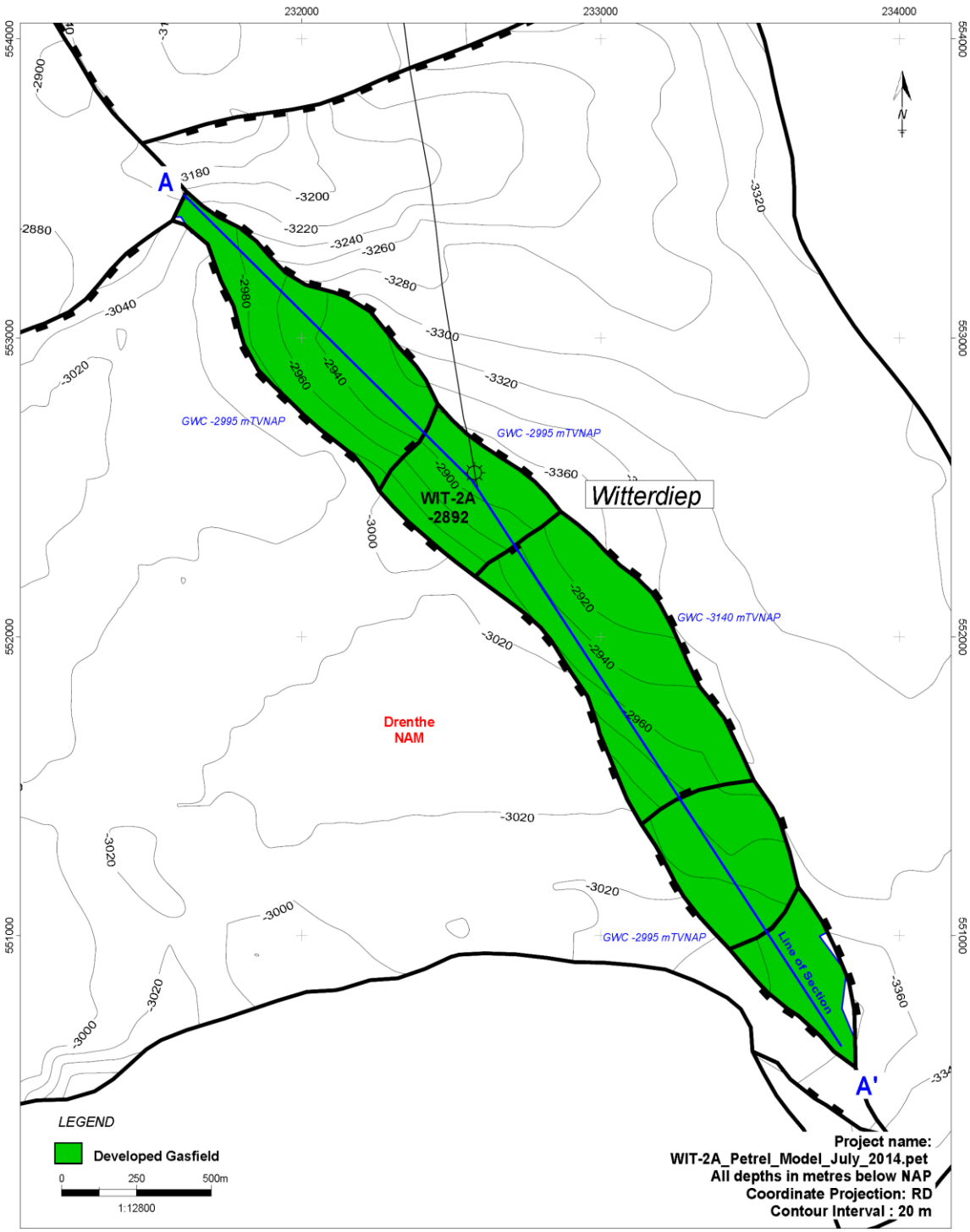
(RO)

NAM	Nederlandse Aardolie Mij BV	Project: WIPLA	Author: Land Asset	Date: Sep 2016	Draw. No.: EP20**********

Doorsnede Witterdiep voorkomen

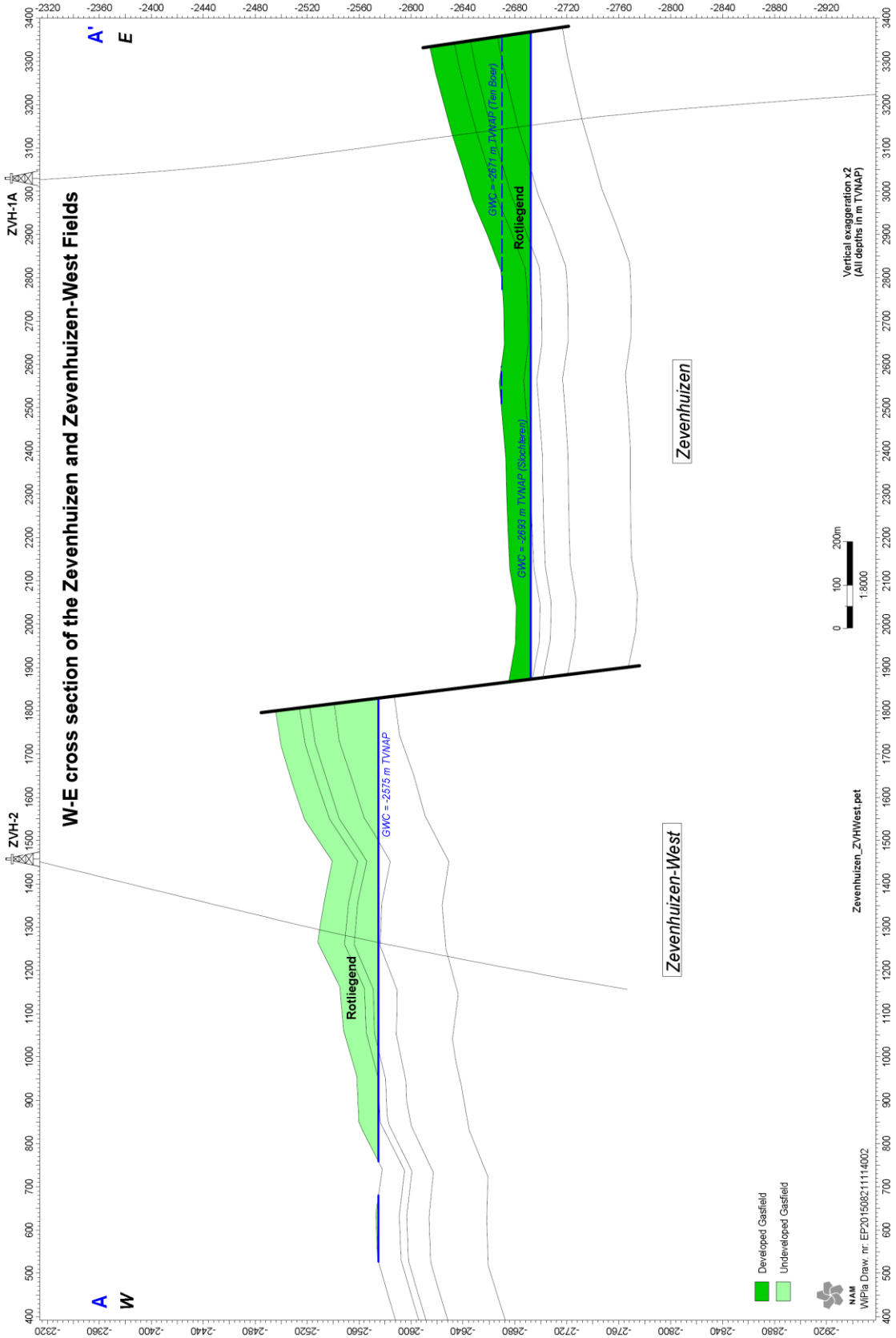
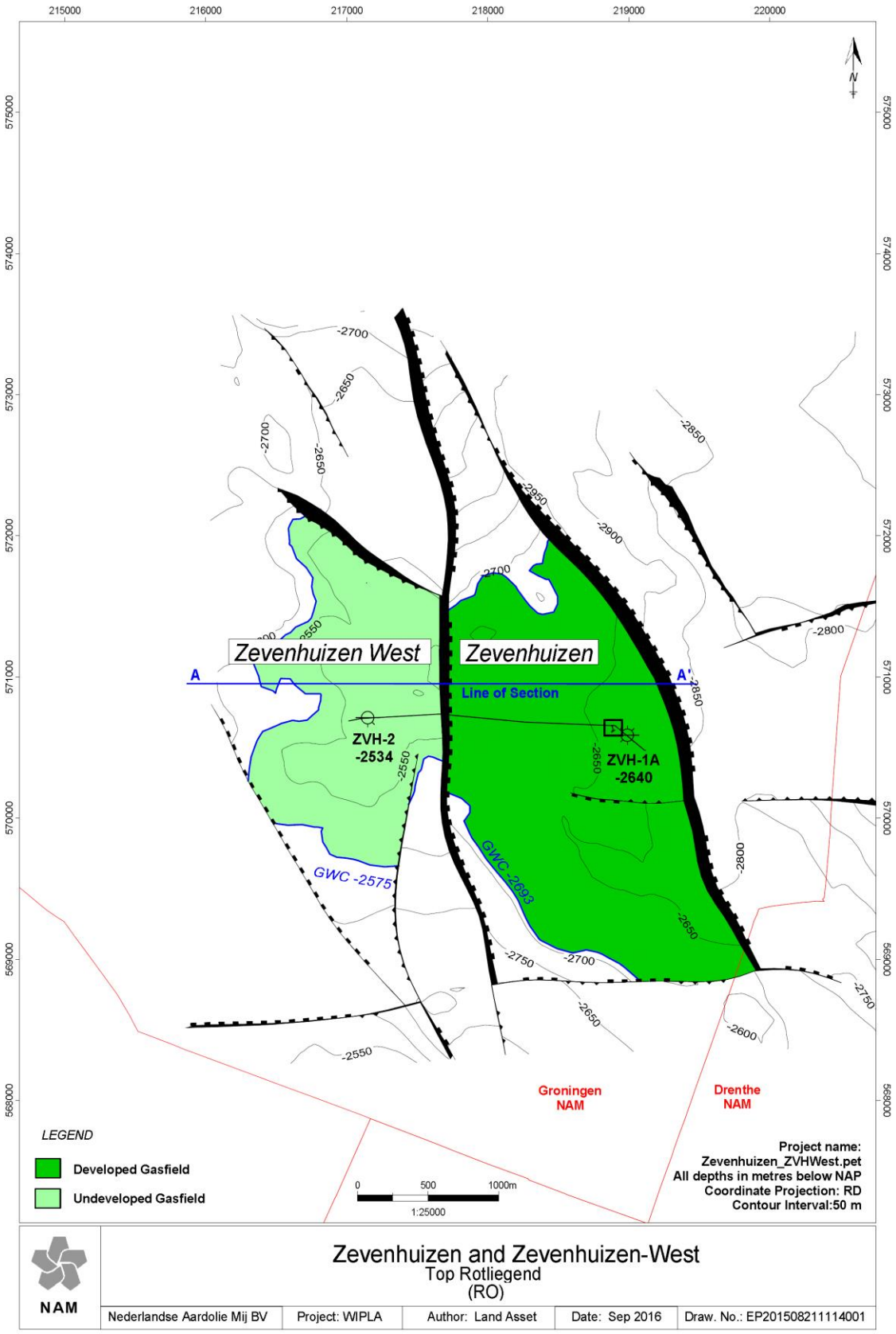


Kaart Witterdiep voorkomen



NAM	**Witterdiep** **Top Rotliegend** **(RO)**				
	Nederlandse Aardolie Mij BV	Project: WIPLA	Author: Land Asset	Date: Aug 2015	Draw. No.: EP201507220148002

Doorsnede Zevenhuizen & Zevenhuizen-West voorkomen



Kaart Zevenhuizen & Zevenhuizen-West voorkomen