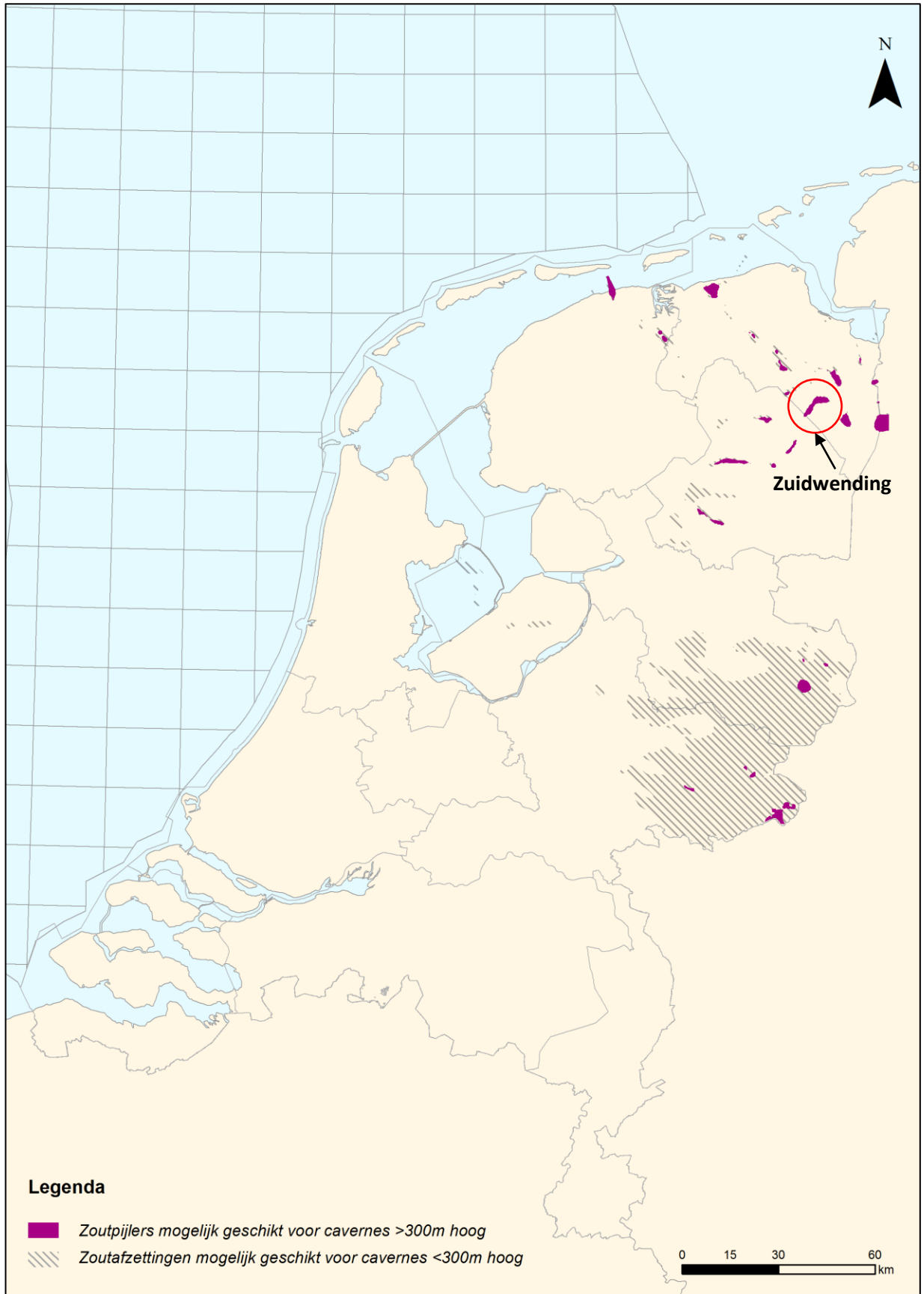


Zuidwending zoutpijler



Voorwoord

Dit informatieblad geeft een technische-geologisch overzicht van individuele zoutpijlers binnen de Zechstein Groep in Noord Nederland. Per zoutpijler, waarbij de Zechstein Groep binnen het dieptebereik tussen -1500m NAP en maaiveld een dikte van minimaal 300m bereikt, wordt een beschrijving gegeven van:

- 1) De geografische ligging van de zoutpijler, een overzicht van de huidige exploratie en productiestatus en eventueel omliggende mijnbouwvergunningen, gasvelden, boringen en cavernes.
- 2) Geometrische beschrijving van de zoutpijler (dikte, diepte, vorm) en een doorsnede van de zoutpijler in de seismiek.
- 3) Theoretisch aantal cavernes per zoutpijler.

Voor meer informatie omtrent zoutwinning en opslag in zoutcavernes zie:
http://www.nlog.nl/resources/VRODO/factsheets/infodoc_zoutwinning.pdf

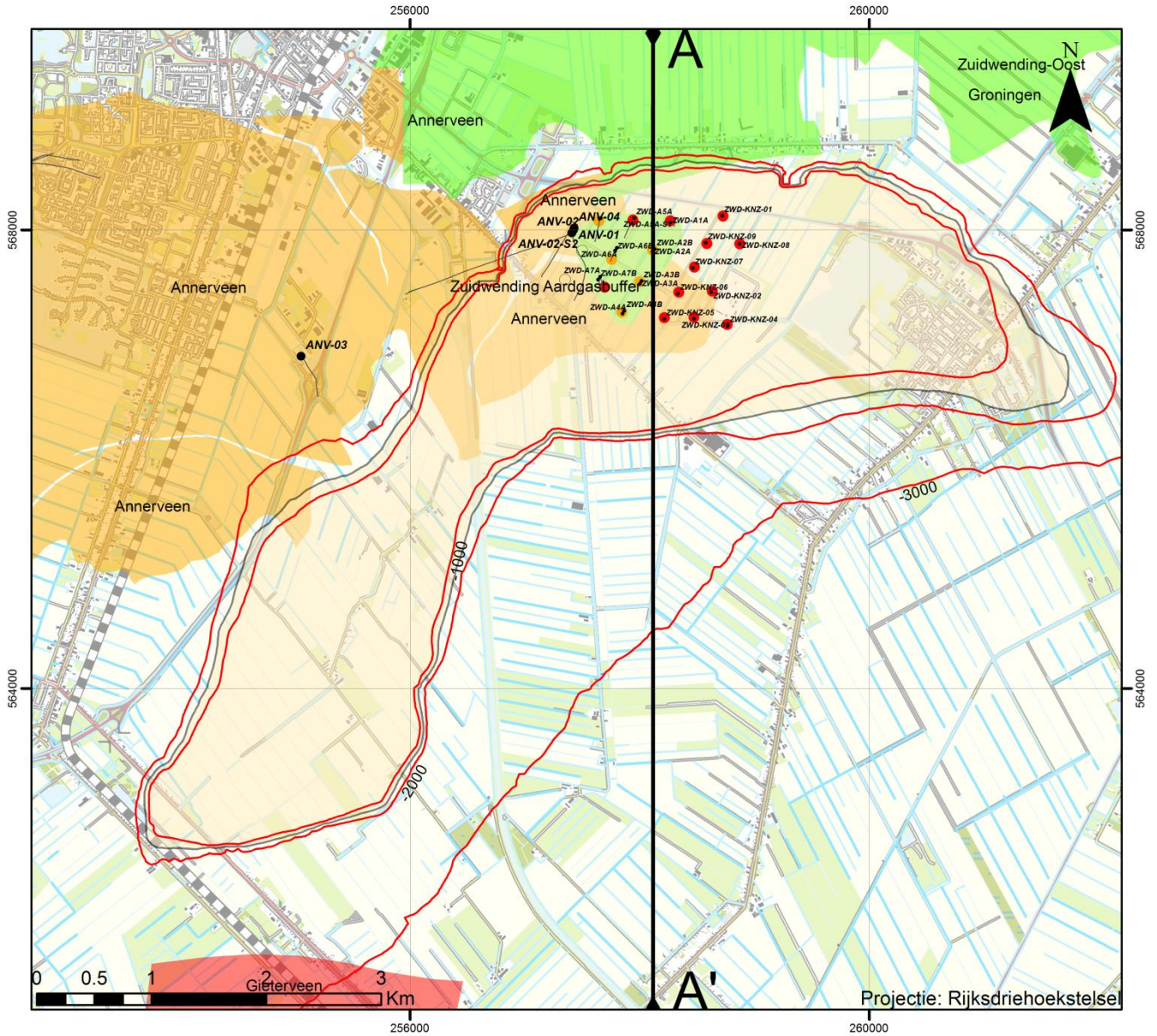
Disclaimer

Dit document omvat algemene kentallen en beschrijvingen van zoutpijlers. De informatie over de ligging, opbouw en samenstelling van zoutstructuren is generiek van aard en afgeleid van regionale kartering van publiek beschikbare gegevens van de ondergrond. Meer gedetailleerde en specifieke evaluaties en analyses van deze gegevens kunnen leiden tot andere inzichten.

De weergegeven mogelijkheden voor exploitatie van zoutpijlers zijn slechts indicatief. Deze informatie is derhalve niet bestemd voor het aanvragen van vergunningen onder de Mijnbouwwet, het inrichten van concrete projecten (exploitatie) of het uitvoeren van risicoanalyses. Locatie-specifiek onderzoek is noodzakelijk om het daadwerkelijke benuttingspotentieel en de daarmee samenhangende consequenties voor ondergrond en bovengrond vast te stellen.

Alhoewel deze informatie met zorg is samengesteld, is TNO niet aansprakelijk voor het verdere gebruik van deze gegevens in andere studies of projecten.

Zuidwending: Geografische ligging



Legenda

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| • Diepe boringen olie en gas | Bestaande cavernes |
| • Diepe boringen zoutcavernes | ○ gepland, |
| — Boortraject | ◉ borende, |
| — Top Zechstein dieptecontouren | ● gerealiseerd, |
| ■ Zoutpijler -1500m doorsnede | ● gerealiseerd, producing |
| ■ Gasveld | ● gerealiseerd, to be abandoned 2013 |
| ■ Olieveld | ● gerealiseerd, abandoned |
| ■ Gas- en Olieveld | |

Zuidwending: Vergunningen, Boringen, Cavernes

De zoutpijler van Zuidwending is groot in omvang en reikt tot een diepte van minder dan 200m onder het aardoppervlak. Er bevinden zich momenteel al cavernes in deze pijler die worden gebruikt voor de winning van zout en de opslag van gas (aardgas). Een aantal boringen hebben de zoutpijler geheel doorboord voor de winning van dieper gelegen gas. In de nabijheid van deze zoutpijler zijn meerdere olie- en gasvelden aanwezig.

1a. Ligging en status (per 01-08-2014)

Vergunningen	<ul style="list-style-type: none">• Ligging binnen winningsvergunning voor steenzout Uitbreiding Adolf van Nassau III• Ligging binnen Winningsvergunning voor koolwaterstoffen Groningen (NAM)• Ligging binnen opslagvergunning Zuidwending
Aantal boringen	24
Huidig aantal cavernes	17
Ligging	Agrarisch gebied, Oost-Groningen.

1b. Informatie putten/cavernes in zoutpijler

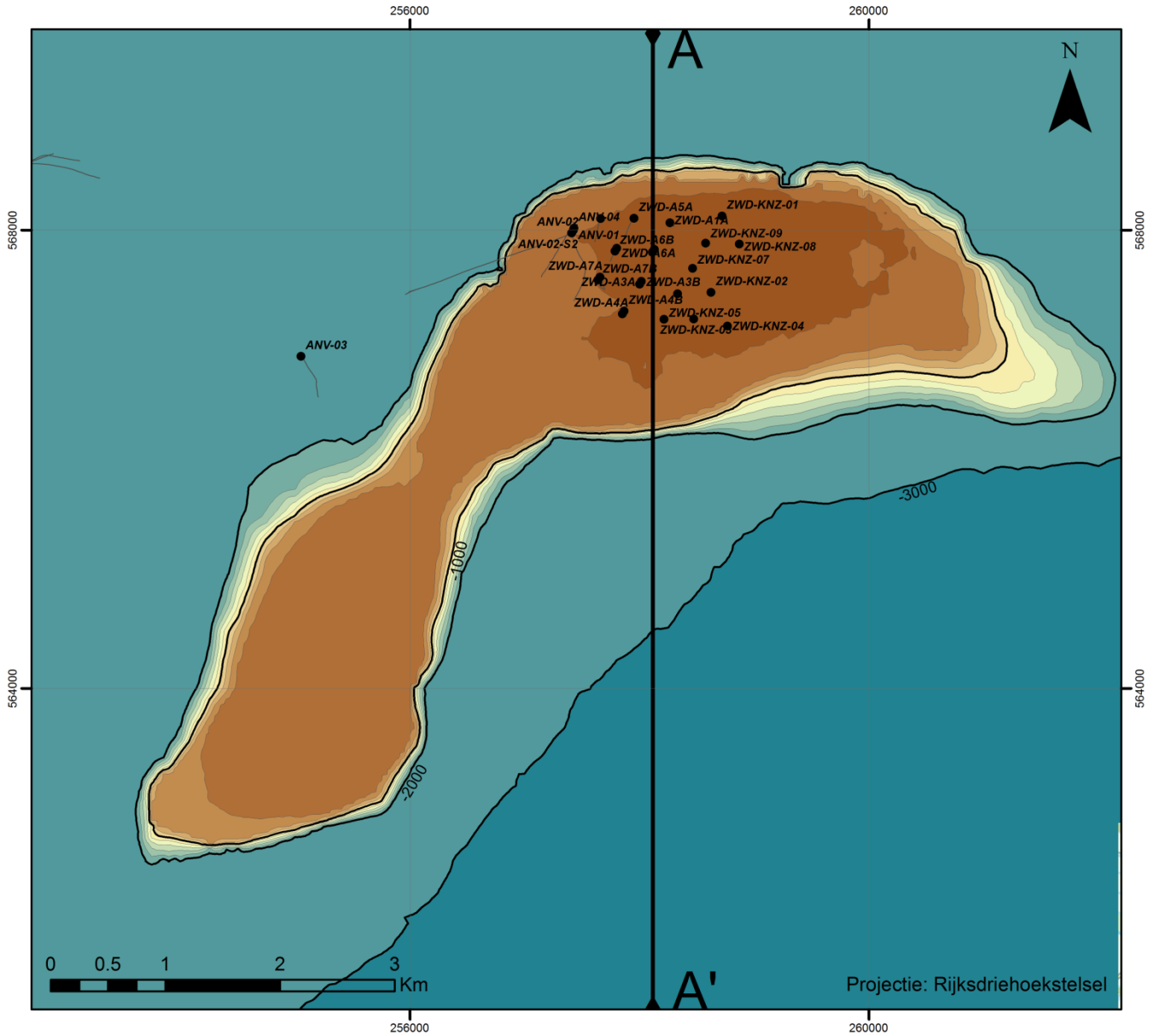
Boring	Top Zechstein (m-NAP)	Top Zout (m-NAP)	Dikte zout (m)	Locatie t.o.v. dome
Annerveen-Veendam-01	162	213	~2280	Top
Annerveen-Veendam-02(-S1,S2)	164	221	~2850	Top
Zuidwending-A7A t/m A8A	Confidentieel	Confidentieel	Confidentieel	Confidentieel
Zuidwending KNZ-01 t/m 09	~110-130	~160-175	?	Top

Zuidwending: Vergunningen, Boringen, Cavernes

1c. Informatie gas/olie velden













Veld	Operator	Stratigrafie	Delfstof	Status
Annerveen	NAM	Z2 Carbonate member/Upper Slochteren Group	Gas & olie	Producterend
Groningen	NAM	Slochteren Fm.	Gas	Producterend
Gieterveen	NAM	Z2 Carbonate member/Slochteren Fm.	Gas	Niet producerend binnen 5 jaar
Zuidwending-Oost	NAM	Upper Slochteren member	Gas	Producterend
Zuidwending-Aardgasbuffer	Gasunie	Confidentieel	Gas	Gasopslag

Zuidwending: Diepte Top Zechstein Groep



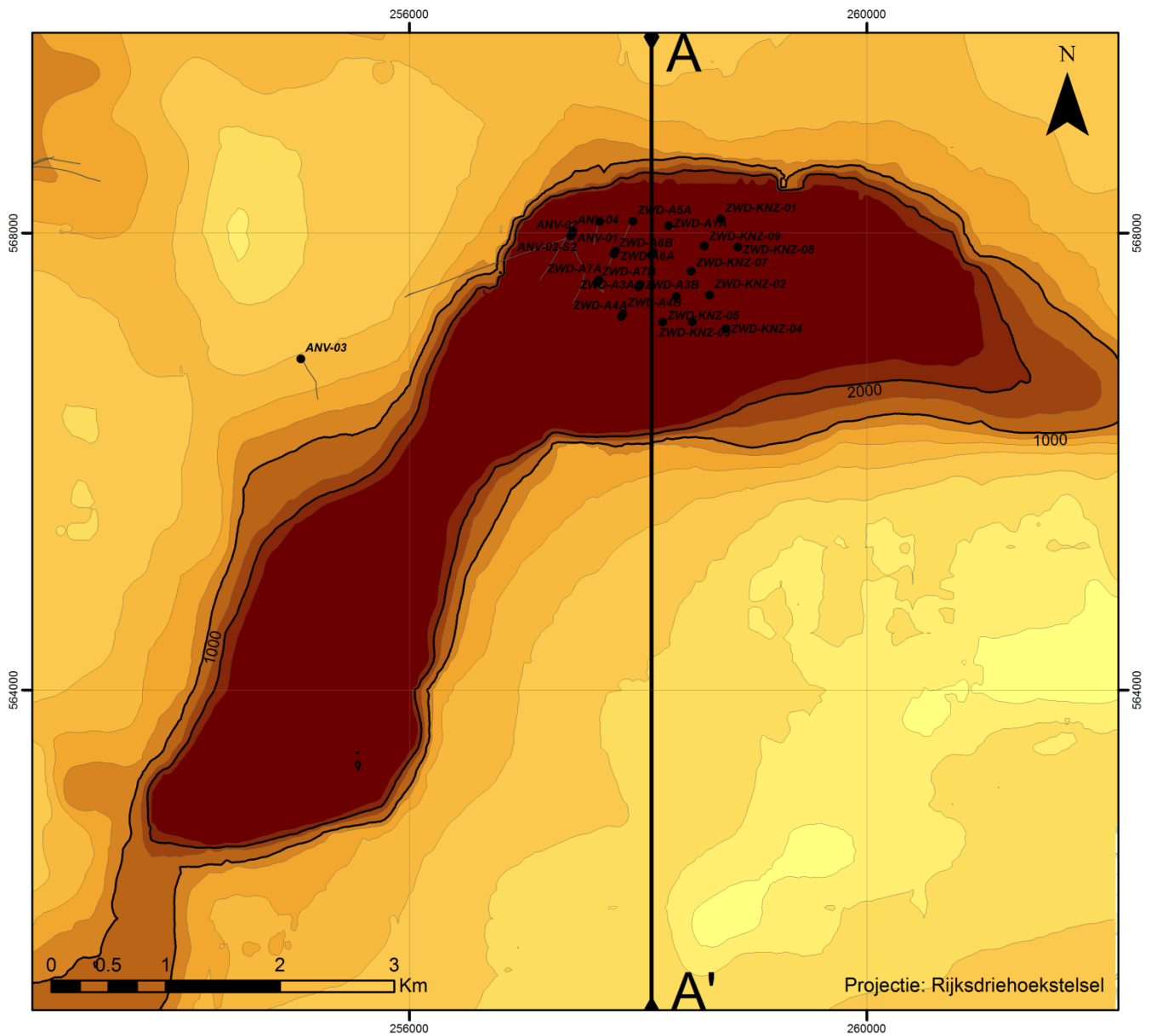
Legenda

Diepte top Zechstein (m-NAP)

 <200	 1200 - 1400	— Top Zechstein dieptecontouren
 200 - 400	 1400 - 1600	• Diepe boringen
 400 - 600	 1600 - 1800	— Boortraject
 600 - 800	 1800 - 2000	
 800 - 1000	 2000 - 3000	
 1000 - 1200	 >3000	

Geschatte diepteligging van de Zechstein Groep. Het echte steenzoutvoorkomen ligt ca. 60-70m dieper.

Zuidwending: Dikte Zechstein Groep



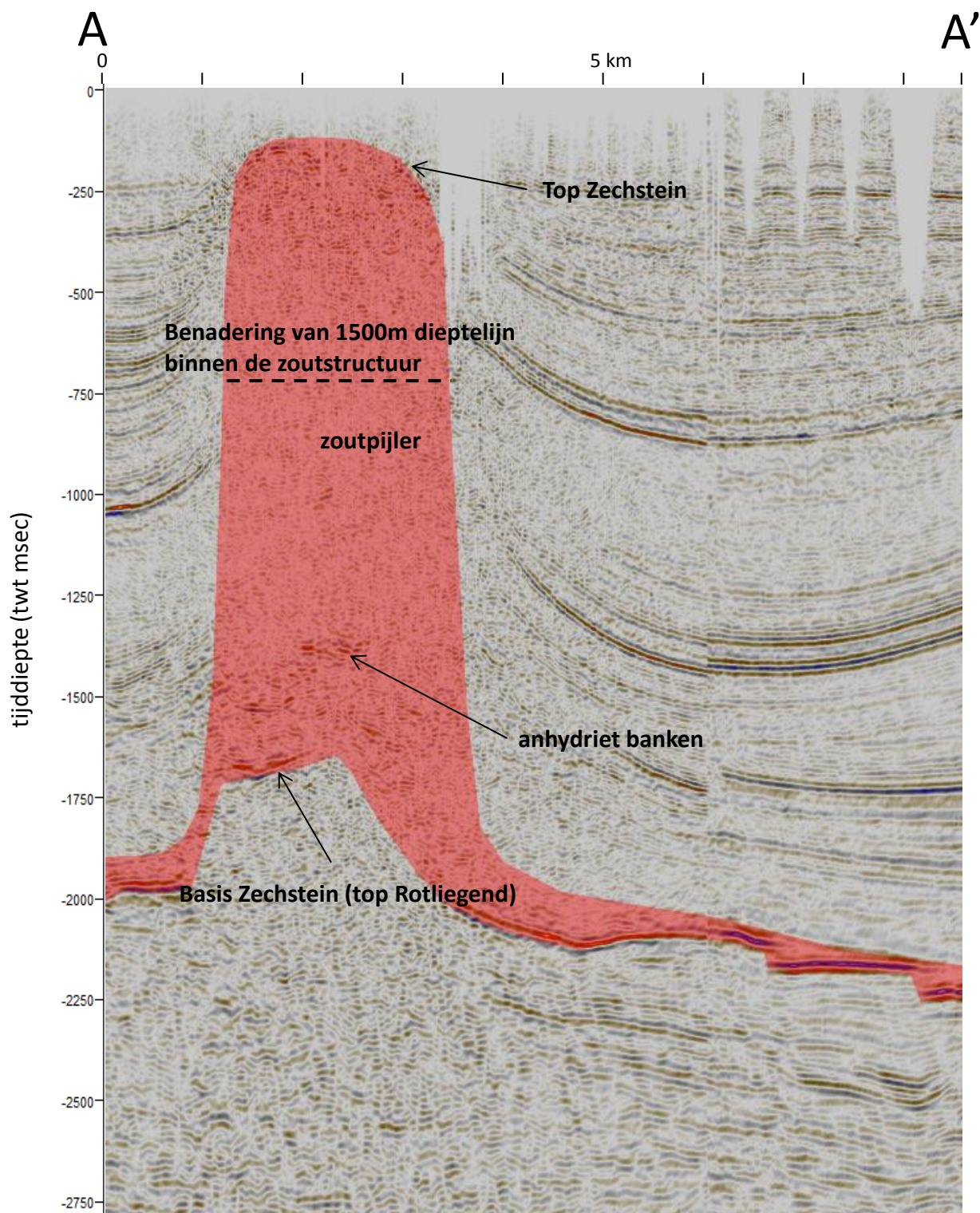
Legenda

Dikte Zechstein (totaal)

<50 m	800 - 1000 m	— Zechstein diktecontouren
50 - 100 m	1000 - 1500 m	• Diepe boringen
100 - 200 m	1500 - 2000 m	— Boortraject
200 - 400 m	2000 - 2500 m	
400 - 600 m	>2500 m	
600 - 800 m		

Geschatte dikte van de totale Zechstein Groep (steenzoutlagen plus de andere soorten gesteentelagen die tot de Zechstein Groep behoren)

Zuidwending: Seismische doorsnede

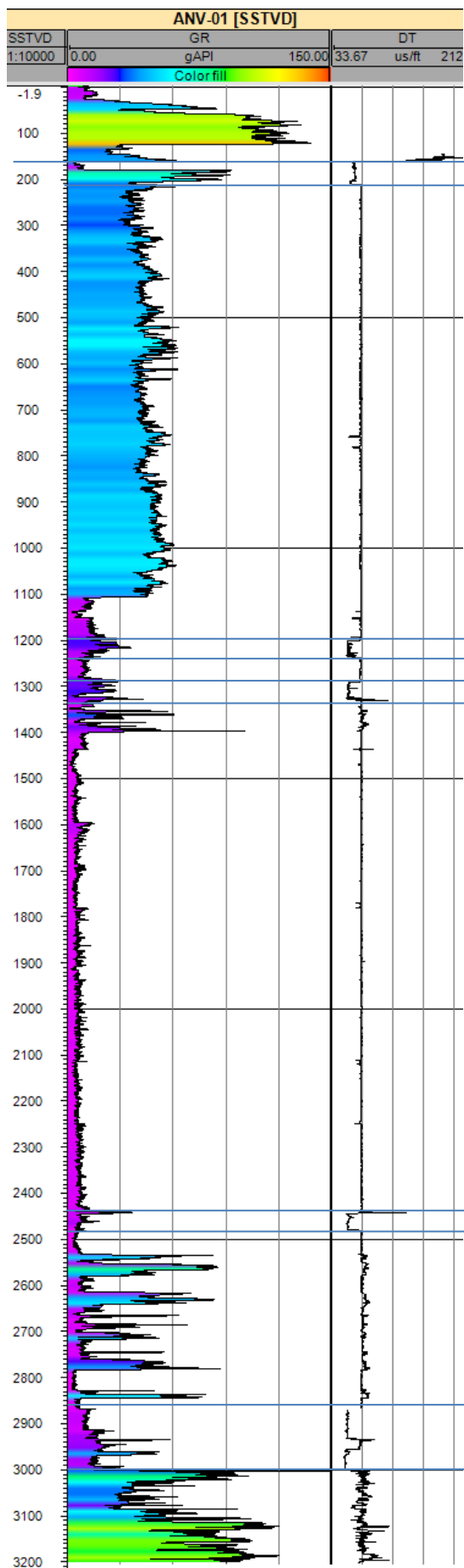


Locatie profiel: zie kaart Top Zechsteingroep. Let op: diepte-as geeft reistijd seismisch signaal (twt) in milliseconden

Seismische karakterisatie:

De beschikbare seismiek toont hoofdzakelijk een transparante seismische facies wat duidt op een mogelijk homogene structuur van steenzout. Met name op grotere diepte komen binnen de zoutpijler enkele drijvende anhydrietbanken voor.

Zuidwending: Boring Annerveen-1



N = Noordzee Supergroep
 ZE = Zechstein Groep
 RO = Upper Rotliegend Groep

Tertiaire zandsteen en kleisteen

Caprock

Top Zechstein (-162m)
 Top bovenste steenzoutpakket (-213m)

Bovenste steenzoutpakket

Basis bovenste steenzoutpakket (-1291m)

Anhydrietbankje
 Steenzout
 Zechstein 3 anhydriet, carbonaat, kleisteen

Top bovenste steenzoutpakket (-1332m)

ZE

Onderste steenzoutpakket

Zechstein 3 anhydriet, carbonaat en kleisteen

Onderste steenzoutpakket

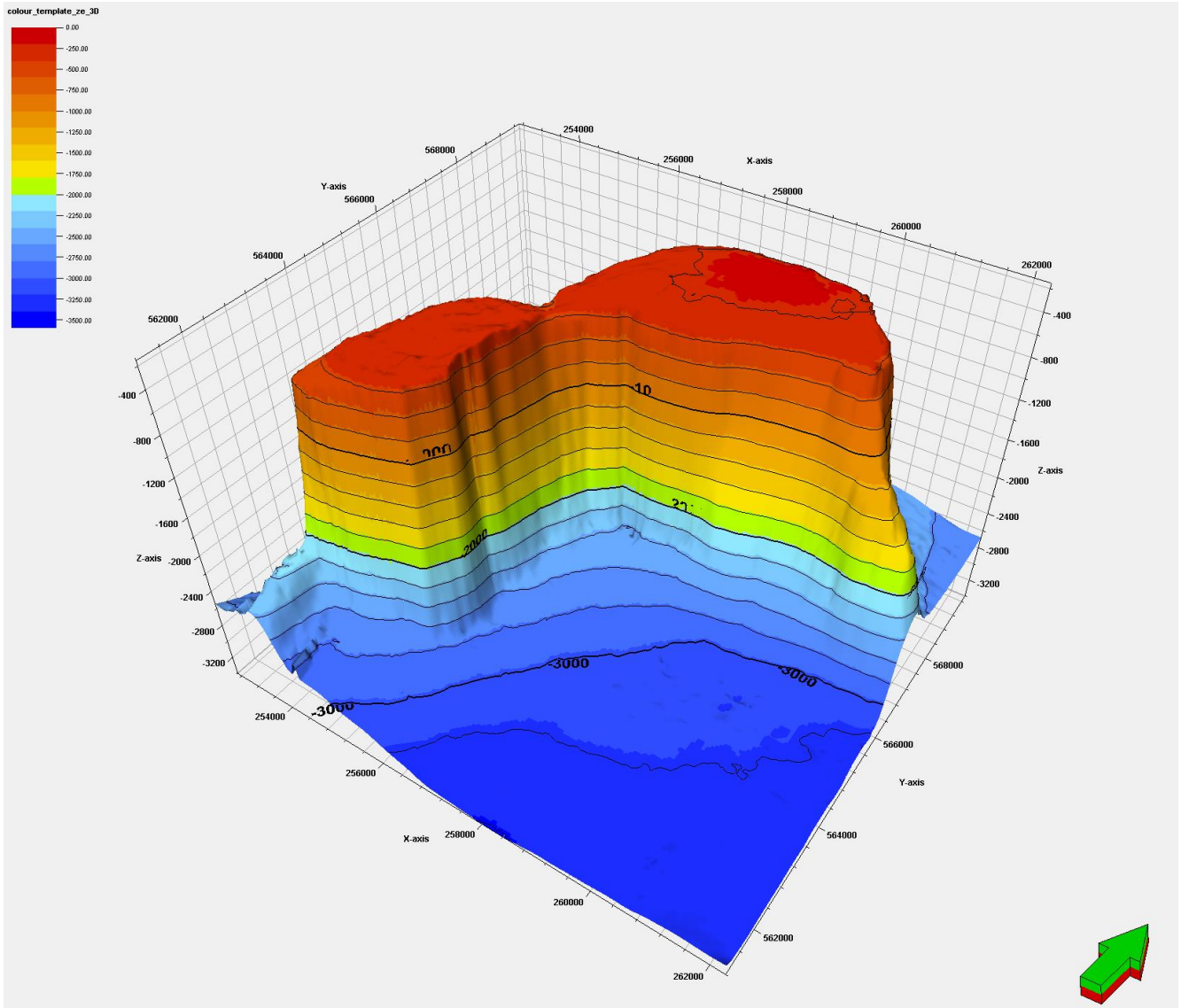
Afwisseling Zechstein 1,2,3
 anhydriet, carbonaat & kleisteen en haliet

Basis Zechstein (-3017m)

RO

Rotliegend zandsteen en kleisteen

Zuidwending: 3D model



3D weergave van de top van de structuur (top Zechstein Groep). Ter hoogte van de zoutpijler begint het voorkomen van steenzout ongeveer 60-70m onder dit niveau.

Zuidwending: Beschrijving voorkomen o.b.v. het opslagplan, 2012

(Gasunie, gewijzigd opslagplan Zuidwending, 2012)

De opslag van aardgas vindt plaats in steenzout van de Zechstein Formatie, in de noordelijke culminatie van de zoutdome Zuidwending. De cavernes zijn tot nog toe voornamelijk in de Stassfurt (Z2) serie geconstrueerd, jongere Zechstein eenheden (of cycli) komen aan de flanken van de zoutdome voor.

De geologische opbouw van het gebied bestaat globaal uit kwartair zand en klei tot een diepte van circa 65 meter, tertiaire klei tussen 65 en 115 meter, en gips, anhydriet of klei op een diepte tussen de 115 en 180 meter. Top zout bevindt zich op een diepte van ca. 200 meter. De dikte van de gipshoed varieert en bedraagt ca. 60 - 70 meter. Top Zechstein rondom de zoutdome bevindt zich op een diepte van ca. 2.700 meter, de basis van het Zechstein bevindt zich op een diepte van ca. 2.900 meter.

De zoutdome is ontwikkeld in W-O richting en heeft relatief steile flanken. Meer informatie over de structuur en de ligging van de formatie is opgenomen in het TNO-report "Mapping of the Zuidwending Salt Dome, 1999" en de actualisatie van de geologische kaarten (TNO, 2002). Aanvullend seismisch onderzoek van de noordflank doormiddel van een 'Vertical seismic processing survey' heeft een goed inzicht gegeven in de precieze locatie van het noordelijke gedeelte van de flank (Ferrandis et al., 2009). De flank is relatief steil met een lichte overhang van het bovenste deel van de dome (boven 1000m). Bij de positionering van de cavernes is hiermee rekening gehouden. Nadere geologische beschrijving van de zoutdome is gegeven in Wippich et al., 2010. De rheomorfologische eigenschappen van het Zechsteinzout vast gesteld aan de hand van laboratoriumanalyses van zoutmonsters zijn beschreven in IFG, 2008 en 2010. In 2011 is op basis van alle beschikbare geologische en seismische informatie begonnen met de constructie van een geologisch model van het noordwestelijke deel van de zoutdome.

Bij de eerste vier cavernes was de zuiverheid van het aangeboorde zout in het centrale deel van de zoutdome hoog (> 96 % NaCl); er zijn slechts geringe bijmengingen van andere mineralen (anhydriet, polyhaliet, kieseriet en sylviet) gevonden. Kalium- en magnesiumlagen werden tot nog toe niet aangetroffen. Hetzelfde geldt voor 'floaters' of "gaspockets". Bij de ontwikkeling van de cavernes A1, A5 en A7 zijn lagen anhydriet en polyhaliet aangetoond. Voor cavernes A1 heeft dit een verticale aanpassing van de initieel geplande ligging en voor cavernes A5 een horizontale aanpassing van de initieel geplande ligging tot gevolg gehad.

Zuidwending: Geometrie en karakterisatie

2a. Geometrie

Diepteligging Top zoutpijler	Ca. 154 m-NAP
Diepteligging Basis zoutpijler	Ca. 3550 m-NAP
Oppervlakte -1500m (dikte<300m)	1,17 km ²
Oppervlakte -1500m (dikte>300m)	15,2 km ²

2b. Karakterisatie

Seismiek	Hoofdzakelijk transparante seismische facies wat duidt op een homogene structuur van steenzout. Binnen de zoutpijler komen sporadisch drijvende anhydrietbanken voor. Aan de top is een dunne laag verbroken gesteente aanwezig.
Boringen	Enkele gasboringen hebben de basis van de zoutpijler aangeboord waardoor de gehele opbouw redelijk goed bekend is. O.a. in boring ANV-01 en ANV-02 wordt het zoutpakket tussen 1300 en 1400m diepte onderbroken door anhydrietbanken en carbonaatlagen. De zoutkwaliteit is verder zuiver en goed geschikt voor winning en aanleg van cavernes

2c. Potentiële aantal cavernes (theoretische distributie)

Potentiële cavernes (>300m hoog)	105 (exclusief bestaande cavernes)
Potentiële cavernes (100-300m hoog)	15 (exclusief bestaande cavernes)

Zuidwending: Technisch potentieel

Potentiële opslagcapaciteit

De zoutpijler Zuidwending is geschikt voor zoutwinning en de aanleg van cavernes die mogelijk voor opslagdoeleinden (aardgas, waterstof, stikstof, perslucht, olie etc.) kunnen worden gebruikt. Dit is reeds aangetoond met de huidige winning en opslagprojecten.

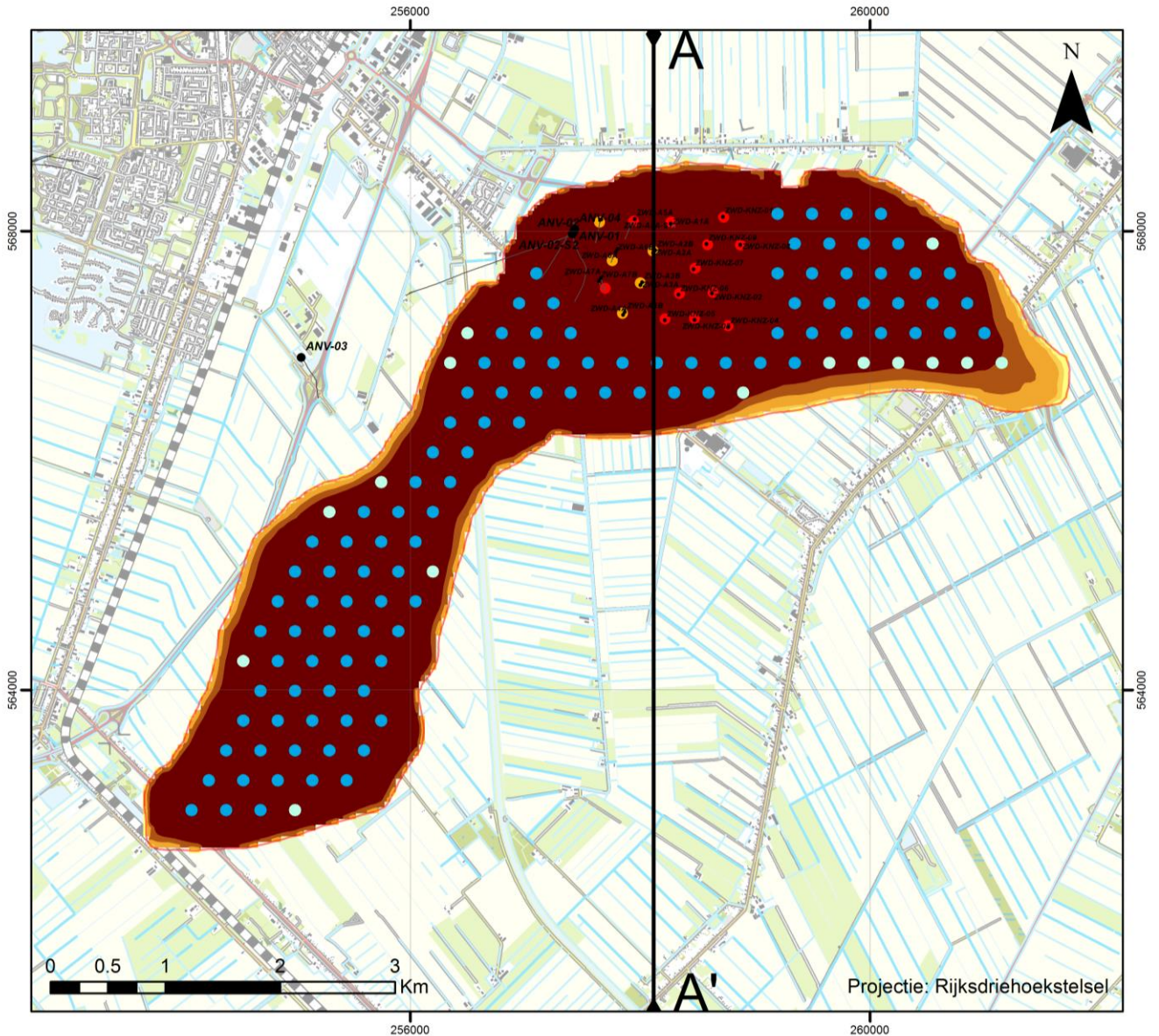
Op basis van de geometrie van de zoutpijler en verwachte dikte van het steenzout tot 1500 m diepte, is het theoretisch aantal mogelijke cavernes in de zoutpijler bepaald. Hierbij is TNO uitgegaan van:

- een onderlinge afstand van 210m tussen de verschillende cavernes (van wand tot wand).
- Een minimale afstand van 150m tussen de cavernewand en de rand van de zoutpijler.
- Een 'cap' van minimaal 100m steenzout boven de cavernes.
- Een cavernediameter van 90m.

Deze uitgangspunten zijn overgenomen uit het rapport "Zoutkoepel Pieterburen" (Rommelts, 2011) en komen ongeveer overeen met de cavernedistributie in de Zuidwending structuur. In de Zuidwending zoutpijler zijn reeds 17 cavernes aangelegd.

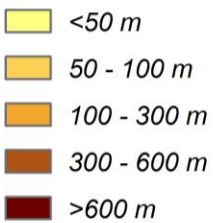
Bij het bepalen van het aantal nieuwe cavernes is geen rekening gehouden met bovengrondse inrichting/bestemming en randvoorwaarden met betrekking tot bodemdaling. Daarnaast is hier uitgegaan van een homogene en kwalitatief goede steenzoutsamenstelling en is de cavernediepte begrensd op 1500m –NAP. De distributie van het daadwerkelijke aantal cavernes alsmede de uitgangspunten voor de aanleg van cavernes, zal op basis van locatie-specifiek onderzoek moeten worden bepaald.

Zuidwending: Dikte Zechstein tot 1500m diepte



Legenda

Verwachte dikte aaneengesloten haliet (steenzout)



Bestaande cavernes

- gepland,
- borende,
- gerealiseerd,
- gerealiseerd, producing
- gerealiseerd, to be abandoned 2013
- gerealiseerd, abandoned

Potentiële cavernes

- Cavernes 100 - 300m hoog
- Cavernes > 300m hoog

- Diepe boringen olie en gas
- Diepe boringen zoutcavernes
- Boortraject
- Zoutpijler -1500m contour

Colofon

Deze informatiebladen zijn gemaakt ter ondersteuning van het kaartmateriaal dat in het kader van de projecten VRODO (Voorbereiding Ruimtelijke Ordening Diepe Ondergrond) en STRONG (Structuurvisie Ondergrond) is opgeleverd:

<http://www.nlog.nl/nl/subsurfacePlanning/OverviewMaps.html>)

Referenties

Remmelts, G., 2011. Mogelijke alternatieven voor ondergrondse opslag van gas in de zoutkoepel Pieterburen. TNO-060-UT-2011-00725, 2011.

<http://www.nlog.nl/resources/Publicaties/TNO-060-UT-2011-00725%20Pieterburen%20rapport%20NL.pdf>)

Informatiebladen zoutwinning:

http://www.nlog.nl/resources/VRODO/factsheets/infodoc_zoutwinning.pdf)

Nederlandse Gasunie, 2012. Gewijzigd opslagplan Zuidwending:

<http://www.nlog.nl/nlog/requestData/nlogp/olgField/metaData.jsp?type=FIELD&id=ZWD>

Verdere informatie uit evt. beschikbare boringen kan worden geraadpleegd op

www.nlog.nl