

Energy & Materials Transition
Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
+31 88 866 42 56

www.tno.nl
martin.wilpshaar@tno.nl

Datum
25 november 2024
Onze referentie
AGE 24-10.134

Postbus 80015, 3508 TA Utrecht

Ministerie van Klimaat en Groene Groei
Directie Transitie Diepe Ondergrond
T.a.v. 5.1.2.e
Postbus 20401
2500 EK DEN HAAG

Onderwerp Adviesverzoek Gewijzigd Winningsplan Zuidwending

Geachte 5.1.2.e

Namens het ministerie van Klimaat en Groene Groei (hierna: KGG) heeft u op 20 juni jl. per e-mail aan TNO-AGE advies gevraagd over het geactualiseerde winningsplan Zuidwending¹ ingediend door Nobian Salt B.V. (hierna: Nobian).

Sinds 1967 wordt er zout gewonnen uit het caverneveld Zuidwending. Het vigerend winningsplan Zuidwending loopt af op 19 november 2025. In dit gewijzigde winningsplan vraagt Nobian een verlenging aan van de bestaande zoutwinning uit 8 van de 9 bestaande zoutwinningcavernes voor de periode van 20 november 2025 tot 31 december 2035. Het winningsplan bevat tevens een beschrijving van de wijze waarop de holruimte na beëindiging van de winning buiten gebruik wordt gesteld.

KGG heeft TNO-AGE gevraagd om in ieder geval in te gaan op de volgende onderdelen:

1. **Planmatig gebruik en beheer van de ondergrond:** toetsing van doelmatige en efficiënte zoutwinning in het licht van de huidige kennis en technieken en daarbij historische gegevens te betrekken.
2. **Bodemdaling/stijging:** advies ten aanzien van de gemodelleerde bodembeweging en onzekerheden, waarbij u aangeeft of de gekozen parameters reëel zijn.
3. **Bodemtrilling:** analyse van de risicobeoordeling seismiciteit.
4. **Gevolgen bodembeweging:** advies ten aanzien van de bodembeweging ten gevolge van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten en maatregelen ter voorkoming van schade.

Als eerste zal het geactualiseerde winningsplan worden beoordeeld op de vier bovengenoemde adviesvragen voor de winningsfase 2025-2035. In het tweede deel wordt een beoordeling gegeven over het beëindigen van de winning en de wijze van het verlaten van de cavernes na de winningsfase.

¹ Winningsplan Zuidwending 2025-2035 voor Winningsvergunning Uitbreiding Adolf van Nassau I-II, v.2 (kenmerk: ND-20240619)
Publicatiedatum: 19 juni 2024

I – Zuidwending winningsfase 2025-2035

Planmatig gebruik

Vraag: *Toetsing van doelmatige en efficiënte zoutwinning in het licht van de huidige kennis en technieken en daarbij historische gegevens te betrekken.*

Uitgangspunten gewijzigd winningsplan Nobian

Met dit gewijzigde winningsplan wil Nobian de zoutproductie uit 8 van de 9 bestaande zoutwinningscavernes (ZWD-2 t/m ZWD-9) verlengen t/m 2035. Nobian gaat uit van doorgaande reguliere winning uit deze 8 cavernes met een totale (cumulatieve) pekelpductie van maximaal 900 m³ per uur. Hierdoor zal het totale ondergrondse cavernevolume in de productieperiode (20 november 2025 tot en met 2035) naar verwachting toenemen van bijna 40 miljoen m³ naar iets meer dan 50 miljoen m³. De wijze van winning blijft gelijk aan de aanpak die sinds 1967 in het caverneveld plaatsvindt en zal doorgaan totdat de cavernes de maximum diameter van 110 m hebben bereikt. De hoogte van de cavernes blijft onveranderd. Er vindt geen reguliere pekelpulling meer plaats uit de resterende (ZWD-1) caveerne. Uit deze caveerne zal door periodieke drukaflaat slechts nog een zeer geringe hoeveelheid pekelpulling vrij komen.

Beoordeling TNO-AGE

De wijze van zoutwinning die sinds 1967 in Zuidwending plaatsvindt, kan in het licht van de huidige kennis en technieken nog steeds als doelmatig en efficiënt worden beschouwd. Met de beoogde verlenging van pekelpulling uit de bestaande 8 winningscavernes blijft het planmatig gebruik echter beperkt tot het continueren van benodigde pekelaanvoer naar de zoutproductiefaciliteit van Nobian. Bovendien zal dit slechts een tijdelijke (10 jaar) oplossing zijn en zal de aanvoer van pekelpulling naar de zoutproductiefaciliteit alsnog stilvallen als er in de tussentijd geen nieuwe locaties voor pekelpulling worden ontwikkeld.

TNO-AGE merkt op dat het aangeboden winningsplan hiermee een duurzame inzet van cavernes ten behoeve van de energietransitie (m.n. opslag van waterstof en andere duurzame energiedragers) belemmert. Enerzijds omdat het ontwerp van de huidige winningscavernes niet geschikt (te groot) is voor opslag van gasen. Anderzijds omdat de doorgaande winning uit de bestaande 8 cavernes een significant deel van de pekelpverwerkende capaciteit van de zoutproductiefaciliteit zal innemen, die dan niet meer gebruikt kan worden voor de verwerking van pekelpulling die bij eventuele aanleg van (kleinere) opslagcavernes vrijkomt.

Nobian's alternatief van winning in dienst van de energietransitie

Als alternatief voor de aangevraagde verlenging van pekelpulling uit de 8 bestaande winningscavernes, beschrijft Nobian de mogelijkheid om de reguliere winning te verplaatsen naar nieuwe, nog aan te leggen cavernes. Er wordt voorgesteld om deze cavernes veilig en versneld te ontwikkelen met oog op continuïteit van pekelpulling, met de mogelijkheid om het ontwerp geschikt te maken voor eventuele toekomstige inzet t.b.v. opslag van waterstof of andere vormen van energie. Vanwege de versnelde aanleg en winning zal de pekelpulling uit deze nieuwe cavernes in de eerste jaren niet volledig verzadigd zijn. Om de pekelpulling geschikt te maken voor de zoutproductiefaciliteit, zal deze derhalve moeten worden “na-verzadigd” binnen de huidige 8 winningscavernes. In vergelijking met de aangevraagde pekelpulling conform het gewijzigde winningsplan, zal de hoeveelheid uitloging uit de huidige cavernes volgens het alternatief minder groot zijn omdat het geïnjecteerde water al zout bevat en er dus minder oplossing nodig is om tot een volledige verzadiging te komen. Omdat met dit alternatief gedurende de productieperiode minder pekelpulling zal worden gewonnen heeft dit tot gevolg dat ook het totale openstaande cavernevolume van de bestaande 8 winningscavernes in 2035 lager zal zijn.

Voor het beschreven alternatief dient te worden opgemerkt dat de nieuw te ontwikkelen (opslag)cavernes geen onderdeel vormen van dit winningsplan. Voor deze (opslag)cavernes zal een nieuw winningsplan moeten worden ingediend.

Beoordeling TNO-AGE

Diverse studies² benadrukken het belang voor de energietransitie van het tijdig realiseren van grootschalige opslagcapaciteit voor waterstof, waarbij de aanleg en inzet van geschikte opslagcavernes cruciaal is. Schattingen voor het aantal benodigde cavernes in 2050 lopen uiteen. In de meeste gevallen betreft het enkele tientallen cavernes met een geometrisch volume van ca. 1 miljoen m³. Een maatschappelijke kostenbaten analyse³ van TNO concludeert dat de aanleg van 30 opslagcavernes in samenhang met zoutwinning tot 2050 zal resulteren in een significant positieve netto baat voor Nederland als geheel, en daarmee welvaart verhogend is.

Onder de voorwaarde dat de nieuwe cavernes geschikt zullen zijn voor opslag van gassen zal het door Nobian voorgestelde alternatief invulling kunnen geven aan het planmatig gebruik van cavernes ten behoeve van de energietransitie. Tevens zal het voorgestelde alternatief de continue aanvoer van pekel naar de zoutproductiefaciliteit voor een langere tijd waarborgen.

Bij het voorgestelde alternatief plaatst TNO-AGE de volgende kanttekeningen:

- ▶ Er is momenteel nog geen winningsplan ingediend voor de ontwikkeling van nieuwe (opslag)cavernes in het winningsgebied Zuidwending. Gezien de doorlooptijd voor de vergunningverlening en de technische voorbereiding voor de ontwikkeling van nieuwe (opslag)cavernes acht TNO-AGE het onwaarschijnlijk dat voor afloop van het huidige winningsplan (19 november 2025) gestart kan worden met de aanleg van nieuwe (opslag)cavernes.
- ▶ Met de aanleg van nieuwe (opslag)cavernes duurt het naar schatting 5-10 jaar voordat deze cavernes de pekewinning uit de bestaande 8 cavernes volledig kunnen vervangen.
- ▶ Tot het moment dat er een geaccepteerd winningsplan voor de nieuwe (opslag)cavernes is, en het logen kan starten, is de reguliere winning uit de bestaande 8 cavernes mogelijk nodig om de pekelaanvoer voor de zoutproductiefaciliteit te garanderen. Daarna kan de winning uit de 8 cavernes worden teruggebracht door deze primair in te zetten voor naverzadiging van pekel.

De consequentie van dit alternatief voor het gewijzigde winningsplan is dat de verlenging van reguliere winning uit de bestaande 8 winningscavernes potentieel kan worden verkort tot het moment dat er een geaccepteerd winningsplan is voor de nieuwe (opslag)cavernes en deze een aantal jaar in productie zijn.

TNO-AGE merkt op dat substantieel uitstel of vertraging van vergunningverlening voor nieuwe (opslag)cavernes betekent dat de realisatie van dit alternatief lastiger wordt. Als er wordt ingestemd met de huidige aanvraag, is het cruciaal voor een versnelde ontwikkeling van de nieuwe opslagcavernes dat daar nog binnen de productieduur van de huidige aanvraag mee wordt begonnen omdat de beschikbare verzadigingscapaciteit gestaag kleiner wordt. TNO-AGE geeft ter overweging mee om bij instemming met de huidige aanvraag de aanleg van nieuwe opslagcavernes als voorwaarde op te nemen. Bijvoorbeeld dat binnen 2 jaar, na instemming met de huidige aanvraag, concrete plannen voor de nieuwe opslagcavernes uitgewerkt zijn en duidelijk is dat daar nog binnen de naverzadigingscapaciteit mee kan worden begonnen.

In het scenario waarin niet wordt ingestemd met de huidige aanvraag zal de aanleg van nieuwe (opslag)cavernes uit bedrijfseconomisch oogpunt sowieso niet meer vanzelfsprekend zijn als de pekerverwerking door de zoutproductiefaciliteit voor lange tijd stilvalt.

² OPVIS 1 en 2 (TNO en EBN), Routekaart Waterstof, Routekaart Energieopslag

³ Waterstofopslag in cavernes - Een maatschappelijke kosten-batenanalyse TNO2023_R10058, 20 januari 2023

Advies

De wijze van zoutwinning in Zuidwending kan in het licht van de huidige kennis en technieken als doelmatig en efficiënt worden beschouwd.

Met de beoogde verlenging van pekewinning blijft het planmatig gebruik beperkt tot het (tijdelijk) continueren van benodigde pekelaanvoer naar de zoutproductiefaciliteit. Hiermee wordt een duurzame ontwikkeling van cavernes ten behoeve van de energietransitie, in ieder geval voor de komende 10 jaar, belemmerd.

Het door Nobian voorgestelde alternatief, waarin de verlengde pekewinning ten dienste staat aan de ontwikkeling van nieuwe opslagcavernes, geeft invulling aan het planmatig gebruik van cavernes ten behoeve van de energietransitie. Dit alternatief kent een sterke afhankelijkheid van tijdige vergunningverlening voor de ontwikkeling van nieuwe opslagcavernes.

Bodemdaling

Vraag: *advies ten aanzien van de gemodelleerde bodembeweging en onzekerheden, en of de gekozen parameters reëel zijn.*

Het uitgangspunt van de hieronder beschreven effecten van de winning op de bodembeweging betreft de doorgaande reguliere zoutwinning, en niet Nobian's geschetste alternatief ten behoeve van de energietransitie.

In de huidige aanvraag is, net zoals voor het vigerende winningsplan, de bodemdalingsprognose door DEEP.KBB uitgevoerd^{4,5} in opdracht van Nobian. In de methodologie van DEEP.KBB wordt gebruik gemaakt van een analytisch model voor het berekenen van de afnemende cavernevolumes (convergentie) door zoutkruip volgens het beoogde productieprofiel. De laatste wetenschappelijke inzichten zijn hierin meegenomen. Op basis van het convergentiemodel wordt met behulp van een empirisch model de bijbehorende bodemdalingskom bepaald. De waterpassingen verkregen tussen 2005 - 2020 en de productiegegevens van zowel Nobian als EnergyStock (aangrenzende gasopslag cavernes Zuidwending) zijn hierbij gebruikt om de modellen te kalibreren.

DEEP.KBB heeft op basis van twee parametersets modelberekeningen uitgevoerd, die enerzijds de meest realistische bodemdalingsverwachting representeert (verwacht scenario) en anderzijds de mogelijk bovengrens van de te verwachte bodemdaling (conservatief scenario) als gevolg van de doorgaande winning tot 2035. De modelberekeningen van DEEP.KBB laten voor 2025 een verwachte bodemdaling (inclusief de component door gasopslag in Zuidwending en effecten van de voormalige gaswinning vanuit het Groningen gasveld) vanaf start zoutwinning zien tussen 18,1 cm (verwacht scenario) en 21,3 cm (conservatief scenario). Voor 2050 is dat respectievelijk 28,3 en 45,9 cm. De lange-termijn prognose voor 2250 resulteert in een verwachte bodemdaling tussen circa 62 cm en 135 cm.

Parallel heeft het Cavern Closure Consortium⁶. (hierna: CCC) in opdracht van Nobian uitgebreid onderzoek gedaan naar de lange-termijn effecten van zoutwinning en de mogelijkheden voor het afsluiten van de bestaande cavernes. Eén onderdeel van dit onderzoek is de Zuidwending bodemdalingsprognoses voor de periode 2035-2250 (na beëindiging van reguliere winning). Nobian geeft aan dat er

⁴ DEEP.KBB_2024a_Memo subsidence model rev02 (11-04-2024)

⁵ DEEP.KBB_2024b_Memo subsidence model ZW rev01 (19-12-2023)

⁶ CCC (Cavern Closure Consortium) 2024 - Abandonment of solution mining cavern field Zuidwending, the Netherlands, version 240411

vertrouwen is in de ontwikkelde geomechanische modellen van het CCC, maar dat modelvalidatie nog moet plaatsvinden. Opvallend is dat voor de lange termijn de bodemdalingsprognoses uit het CCC onderzoek een ander beeld laten zien dan de bodemdalingsprognoses van DEEP.KBB. Ter vergelijking, het CCC berekend circa 18 cm totale bodemdaling in het centrum van de bodemdalingskom voor 2250.

Nobian identificeert een aantal aspecten in het DEEP.KBB model voor Zuidwending⁵ dat leidt tot meer bodemdaling op de lange termijn en daarmee het verschil met de deterministische modellen van het CCC kan verklaren. De verschillen zitten deels in de gebruikte modellen en hun beperkingen, en deels in de gebruikte modelparameters en -aannames.

Beoordeling TNO-AGE

Het voortzetten van winning uit de cavernes ZWD-2 t/m ZWD-9 heeft tot gevolg dat de reeds gaande bodemdaling in Zuidwending in een min of meer gelijk tempo (enkele mm's per jaar) zal doorgaan. Pas na het stoppen van winning (vanaf 2035), als de pekeldruk in de cavernes toeneemt tijdens de "soft shut-in" (zie ook paragraaf 'Beëindiging van winning'), neemt de snelheid van bodemdaling sterk af. Hoewel Nobian de aanvullende bodemdaling ten gevolgen van de voorgenomen winning tussen 2025 en 2035 niet expliciet beschrijft in het winningsplan, kan dit wel uit de onderliggende DEEP.KBB rapportage en tabellen 6 en 7 uit het winningsplan worden afgeleid. Deze extra winning leidt in vergelijking met winning cf. het vigerende winningsplan tot een extra daling in het diepste punt van de bodemdalingsskom tussen de ca. 3 tot 8 cm. Dit is exclusief de bijdrage door gasopslag en na-ijl van Groningen gaswinning in deze periode.

Ten aanzien van het gebruikt en de uitkomst van het DEEP.KBB model voor de bodemdalingsprognoses tijdens de fase van winning, herhaalt TNO-AGE het advies uit 2023 op de korte-termijn actualisatie Zuidwending⁷; namelijk dat dit model voor een (korte-termijn) prognose waarbij de operationele condities van de cavernes niet wezenlijk veranderen, acceptabel is. De door het CCC bepaalde kruip parameters waarmee het model in de huidige aanvraag rekent, zijn uitvoerig onderzocht en beter onderbouwd dan in de actualisatie van 2023. Voor de fase van winning (tot en met 2035) acht TNO-AGE de bodemdalingssprognoses van DEEP.KBB realistisch.

Net zoals in het advies van 2023 herhaalt TNO-AGE dat in de modellen van DEEP.KBB de complexiteit en onzekerheden van zoutkruip en de interactie tussen het zoutlichaam en de bovenliggende lagen maar beperkt is meegenomen. Voor lange-termijn prognoses waarbij insluiting van het caverneveld wordt meegenomen (en dus de spanningen in het zoutlichaam sterk kunnen veranderen) acht TNO-AGE deze modellen niet geschikt. Voor dergelijke lange-termijn prognoses (post-winningsfase en daarna) is de CCC aanpak adequater, omdat het de relevante processen in en rondom het zout lichaam expliciet meeneemt in geomechanische modellen.

Eén van de relevante processen is de invloed van de lineaire kruip ('pressure solution creep' oftewel kruip als gevolg van drukoplossing) op de vorm van de totale bodemdalingsskom en eventueel (gedeeltelijk) omhoog bewegen van de bodem na harde insluiting, welke mogelijk wordt beïnvloedt door de op theoretische gronden verwachte drempelwaarde voor dit mechanisme^{8,9}. Dit kan niet in de semi-analytische methodiek van DEEP.KBB worden meegenomen. Het CCC concludeert dat zelfs wanneer een drempel op lineaire kruip wordt toegepast, het opveren van de bodem in het centrum van de dalingskom op de lange termijn te verwachten is. TNO-AGE is daar echter niet van overtuigd, omdat voor zover duidelijk wordt uit de rapportages van het CCC, alleen gewerkt is met een zeer lage waarde (theoretische ondergrens) van deze drempel, waardoor de invloed ervan mogelijk wordt onderschat (pressure

⁷ Onderwerp Adviesverzoek actualisatie winningsplan Zuidwending Datum: 7 juni 2023 Onze referentie: AGE 23-10.058

⁸ Van Oosterhout et al. (2022) A threshold stress for pressure solution creep in rock salt: Model predictions vs. observations. The Mechanical Behavior of Salt X, 2022.

⁹ Hunfeld et al. (2022) The influence of a threshold stress for pressure solution creep on cavern convergence and subsidence behavior – An FEM study. The Mechanical Behavior of Salt X, 2022.

solution creep te weinig wordt begrensd). De drempel op lineaire kruip wordt momenteel verder onderzocht¹⁰. Of en in welke mate opveer kan worden verwacht, valt volgens TNO-AGE op dit moment niet te zeggen.

Ten opzichte van de CCC-prognose acht TNO-AGE, net zoals Nobian, de lange-termijn bodemdaling in de DEEP.KBB prognoses conservatief (meest ongunstige). Dit komt, onder andere omdat de cavernedruk hierin noodgedwongen lager wordt gehouden dan op basis van de CCC modellen kan worden verwacht voor de fase na insluiting. Het gebruik van de DEEP.KBB modellen met de parameters, zoals voorgesteld door het CCC voor de lange-termijn effectenstudies, is wat TNO-AGE betreft in dit stadium verantwoord. Dit is in ieder geval zo tot de CCC modellen gevalideerd en gekalibreerd kunnen worden op basis van veldmetingen en benchmark studies conform de aanbevelingen van het CCC zelf

Advies

TNO-AGE kan zich vinden in de toepassing en uitkomsten van de DEEP.KBB modellen voor de bodemdalingsprognoses tijdens de fase van winning (tot en met 2035). Tevens is de toepassing ervan als conservatieve (meest ongunstige) bodemdalingsinschatting t.b.v. effectenstudies voor de fase na winning verantwoord, in ieder geval totdat de CCC modellen kunnen worden geverifieerd en gevalideerd en daarmee een praktisch alternatief bieden.

Bodemtrilling

Vraag: *Analyse van de risicobeoordeling seismiciteit.*

Nobian stelt dat de zoutwinning in het verleden niet heeft geleid tot (micro) seismiciteit van een niveau dat er schade kan ontstaan. Sinds 2019 meet Nobian de micro-seismiciteit met een eigen netwerk om de stabiliteit van de cavernes te monitoren. De metingen uit het eigen netwerk bevestigen het beeld dat er (micro) seismische trillingen optreden met een beperkte magnitude. Nobian geeft aan dat in Zuidwending breuken in de ondiepe ondergrond maar beperkt gespannen kunnen raken, omdat de maximale spanning het gevolg is van het gewicht van de bovenliggende gesteentelagen. Er kunnen daardoor geen ondiepe bevingen met hoge magnitude ontstaan. Daarnaast geeft Nobian aan dat de samenstelling van de ondiepe ondergrond dusdanig is dat, in het geval er een beving plaatsvindt, het niet waarschijnlijk is dat trillingen aan het oppervlak versterkt worden (bekend als het “opslingereffect”).

Beoordeling TNO-AGE

Naast de micro-seismische monitoring van Nobian heeft ook het KNMI netwerk lichte trillingen¹¹ waargenomen die aan de mijnbouwactiviteiten in Zuidwending kan worden toegeschreven. In Nederland, maar ook wereldwijd¹², zijn meerdere lichte trillingen geregistreerd in de nabijheid van zoutcavernes¹³ die gerelateerd worden aan de winning van zout.

In zijn algemeenheid zijn er twee veronderstelde mechanismen voor het optreden van trillingen rond zoutcavernes als gevolg van zoutkruip: (1) spanningsopbouw in geconsolideerd sediment boven/aan de flanken van de zoutstructuur, en (2) spanningsopbouw op anhydrietlagen. TNO-AGE verwacht net zoals Nobian dat deze mechanismen enkel tot lichte aardbevingen kunnen leiden, en concludeert op basis hiervan dat het seismisch risico laag is.

¹⁰ PhD programma “Multi-scale validation of constitutive models for rock salt creep behavior and application to field-scale numerical models” van de Universiteit Utrecht en TNO.

¹¹ E. Ruigrok, J. Spetzler, B. Dost and L. Evers, Veendam event, 09-01-2019. KNMI Technical report; TR-373.

¹² Foulger et al., 2018. Global review of human-induced earthquakes. Earth-Science Reviews 178 438-514

¹³ 4 bevingen 19-11-2017. Zie: Winschoten events, 19-11-2017. E. Ruigrok, J. Spetzler, B. Dost and L. Evers. KNMI Technical report; TR-368

Advies

TNO-AGE concludeert dat, gezien de typische kruipeigenschappen van steenzout, het seismisch risico laag is.

Gevolgen bodembeweging

Vraag: *advies ten aanzien van de bodembeweging ten gevolge van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten en maatregelen ter voorkoming van schade.*

Nobian geeft aan dat er op basis van de laatste wetenschappelijke inzichten geen aanwijzingen zijn dat er schade valt te verwachten als gevolg van seismiciteit. Bodemdaling kan mogelijk wel tot effecten leiden op de omgeving. Nobian heeft op basis van de bodemdalingsprognoses van DEEP.KBB, die als conservatief (meest ongunstig) worden gezien t.o.v. de meer realistische (maar nog te verifiëren) CCC modellen, de effecten bepaald. Uit de effectenstudies concludeert Nobian dat de geotechnische effecten van de bodemdaling (scheefstelling, rek en kromming) niet leiden tot esthetische, functionele of constructieve schade op gebouwen. Ook voor de infrastructuur (ondergrondse leidingen en wegen) wordt geen schade verwacht als gevolg van de mijnbouwactiviteiten. Nobian acht de effecten op hydrogeologie en riolering bij de verwachte mate van scheefstelling beheersbaar.

Over mogelijke maatregelen om schade door bodembeweging te voorkomen of beperken stelt Nobian dat de beste manier om bodemdaling te beperken kan worden gerealiseerd door het permanent afsluiten van de cavernes na de winningsfase zodra dat veilig kan.

Beoordeling TNO-AGE

TNO-AGE verwacht, net als Nobian, geen gebouwschade door seismiciteit als gevolg van zoutwinning. Met betrekking tot de berekende effecten van bodemdaling merkt TNO-AGE op dat de gerapporteerde vervormingsparameter 'horizontale rek' onrealistisch laag is. De onderliggende RHDHV rapportage geeft onvoldoende inzicht in de methodiek en aannames die gedaan zijn ter berekening van de horizontale rek. Op basis van versimpelde controleberekeningen verwacht TNO-AGE een maximale horizontale rek in de orde van 10^{-4} tot 10^{-6} m/m. Ook met deze waarden wordt geen schade verwacht aan gebouwen.

Advies

TNO-AGE kan zich vinden in de conclusie van Nobian dat er geen schade aan gebouwen en infrastructuur ten gevolge van scheefstelling in de bodemdalingssom kan worden verwacht, en dat de effecten op riolering en geohydrologie beheersbaar zijn, ook in het meest pessimistische bodemdalingsscenario.

II – Beëindiging van winning

Beëindiging van winning en het verlaten van de cavernes

De wijze van het afsluiten en verlaten van cavernes is voor het eerste concreet beschreven in deze actualisatie van het winningsplan. In deze sectie wordt verder ingegaan op de resultaten van het CCC betreffende de mogelijkheid tot het hard insluiten van de cavernes.

Nobian streeft er naar om de cavernes na het stoppen van winning permanent af te sluiten ("hard shut-in") zodra dit veilig kan. Op deze manier wordt de bodemdaling na de productiefase geminimaliseerd. Voordat hiertoe overgegaan kan worden zullen de cavernes eerst weer in thermisch evenwicht moeten komen met het omliggende zoutgesteente. Na het stoppen van winning zal de pekkel in de cavernes

geleidelijk opwarmen (er wordt immers geen koud water meer geïnjecteerd). Omdat de pekkel uitzet door de opwarming neemt de druk in de cavernes toe. Tegelijkertijd zullen de cavernes nog steeds langzaam kleiner worden door zoutkruip, met name onderin de caveerne waar het kruip proces sneller verloopt; ook hierdoor neemt de druk in de caveerne toe. Tijdens deze fase van opwarming en drukopbouw zullen de cavernes in een z.g. “soft-shut-in” modus opereren, waarbij periodiek pekkel afgelaten kan worden om de drukopbouw te beheersen. Druk, temperatuur en caveerne vorm/volume kunnen hierbij worden gemonitord (onderdeel van het Cavern Stability and Integrity Management System, CSIMS).

Nobian gaat ervan uit dat de cavernes na een termijn van circa 30 jaar “soft shut-in” uiteindelijk hard ingesloten kunnen worden. Hierna zal de druk nog verder toenemen door een restant van opwarming en voortdurende caveerne krimp (convergentie) door zoutkruip. Tegelijkertijd zal er ook pekkel uit de caveerne geleidelijk de cavernewand binnendringen (permeatie) langs gelokaliseerde zones van hogere permeabiliteit, of meer gelijkmatig gedistribueerd over een zone rondom de caveerne. Deze drie processen (opwarming, convergentie en permeatie) komen uiteindelijk tot een dynamisch evenwicht waarbij een min of meer constante evenwichtsdruk in de cavernes ontstaat. Hoe hoger deze evenwichtsdruk, hoe groter de kans op (lokale) scheurvorming (hydrofracturing), waarbij plotseling een hoeveelheid pekkel aan de caveerne kan ontsnappen. De KEM-17 studie heeft laten zien dat met name voor grote, hoge cavernes (zoals die in Zuidwending) het moeilijk vast te stellen is of deze evenwichtsdruk van een niveau zal zijn waarbij scheurvorming kan plaatsvinden. In zijn algemeenheid geldt dat hoe hoger de caveerne, hoe groter de kans op overdruk bovenin de caveerne, en daarmee ook de kans op scheurvorming.

Het CCC heeft de aanbevelingen uit het KEM-17 rapport overgenomen, en onderzoek op microschaal, op schaal van individuele cavernes en de zoutkoepel als geheel geïntegreerd om inzicht te krijgen in hoe de drukontwikkeling binnen de Zuidwending cavernes zal verlopen, na het stoppen van productie. Een belangrijke uitkomst van de CCC modellen is dat in alle gemodelleerde scenario's de druk in de cavernes na “hard shut-in” boven de initiële lithostatische druk in het omliggende zoutgesteente uit zal komen, waarbij mogelijk de grens voor scheurvorming aan de bovenkant van de cavernes kan worden overschreden. Het CCC wijdt dit aan de conservatief gekozen waarden voor de kruip parameters en permeabiliteit van het zoutgesteente. De modellen laten ook zien, dat de spanning in het zoutgesteente door deze hoge druk bovenin de cavernes wordt beïnvloed op een manier die juist scheurvorming tegen kan gaan (verhoging van de minimale spanning ten opzichte van de oorspronkelijke spanningstoestand). Het CCC komt tot de conclusie dat het optreden van scheurvorming niet uitgesloten kan worden, en geeft aan dat met name verbetering & kalibratie van het permeatiemodel noodzakelijk is om de onzekerheid rond scheurvorming te verkleinen.

Nobian concludeert dat het CCC onderzoek laat zien dat hard afsluiten mogelijk is, en erkent daarbij dat bewijs uit het veld nodig is om de bevindingen uit de computersimulaties te verifiëren. Tevens geeft Nobian aan dat er mogelijk mitigerende maatregelen nodig zijn om de drukopbouw na hard afsluiten te vertragen, en mogelijk ook te verlagen. Nobian zal de validatie van gedeeltelijk opvullen (als mitigerende maatregel) uitvoeren door middel van een veldtest in caveerne ZW-1 tijdens de looptijd van dit winningsplan. Het CCC heeft gedeeltelijk opvullen van de cavernes (backfilling) in beperkte mate onderzocht, en concludeert dat dit een reducerend effect heeft op de mate van caveerne convergentie, de permeatiesnelheid, en de verwachte terugveer van de bodemdaling, maar het probleem van overdruk (en daarmee mogelijk scheurvorming) niet verhelpt.

Beoordeling TNO-AGE

TNO-AGE onderschrijft het uitgangspunt van Nobian om te streven naar het minimaliseren van bodemdaling door de cavernes uiteindelijk hard in te sluiten “zodra dit veilig kan”, en benadrukt dat het CCC werk hierin grensverleggend is op het gebied van kennis, inzicht en modelontwikkeling.

Ten aanzien van het veilig sluiten van de Zuidwending cavernes zijn twee toekomstscenario's te schetsen:

- › (Nader)onderzoek wijst uit dat er geen scheurvorming optreedt bij de verwachte evenwichtsdruk na insluiting ("hard shut-in") van de cavernes.
- › (Nader)onderzoek toont aan scheurvorming na insluiting ("hard shut-in") waarschijnlijk is. De cavernes worden niet permanent afgesloten, maar moeten operationeel in een "soft shut-in" blijven totdat ze dusdanig opgewarmd zijn en verkleind zijn door zoutkuip, waarna permanente insluiting mogelijk is zonder scheurvorming. Op dit moment valt niet te voorspellen hoe lang dit zal duren. Mogelijk kan de periode van "soft shut-in" wel verkort worden door middel van mitigerende maatregelen.

De uitkomsten van het CCC werk tot nu toe laten zien dat hard insluiten op termijn (na een lange periode van gecontroleerde opwarming en druk stabilisatie) een reële mogelijkheid is, maar geeft geen uitsluitsel op de vraag hoe en of de pekels op termijn uit de cavernes in het zoutlichaam terecht komt (via al dan niet gelokaliseerde permeatie of scheurvorming). Zoals het CCC zelf aangeeft, bestaat een belangrijke mate van onzekerheid in de uitkomsten, met name door onzekerheden over de initiële permeabiliteit en het permeatiegedrag van het zoutgesteente, en door de complexiteit en een gebrek aan validatie van de gebruikte (numerieke) modellen. Om die reden is TNO-AGE van mening dat met de huidige inzichten en uitkomsten van het CCC geen eenduidig antwoord gegeven kan worden op de vraag of en wanneer hard insluiten veilig kan. Om deze onzekerheden te verkleinen, en op termijn naar een gedetailleerd sluitingsplan voor de afzonderlijke cavernes over te gaan, is TNO-AGE van mening dat het CCC werk enerzijds conform de eigen aanbevelingen dient te worden voortgezet, en anderzijds (onafhankelijk) te worden geverifieerd en gevalideerd, onafhankelijk van instemming met dit gewijzigde winningsplan.

Bovenstaande conclusie staat los van het eventueel voortzetten van winning tot en met 2035 (via reguliere winning of naverzadiging), omdat de cavernes hoe dan ook uiteindelijk op een veilige en verantwoorde manier achtergelaten dienen te worden.

Met de huidige actualisatie van het winningsplan is Nobian van plan om de cavernes alleen in de breedte verder uit te logen, en dan met name alleen in de bovenste gedeeltes van de cavernes waar die momenteel nog relatief smal zijn. De hoogte van de cavernes zal niet verder toenemen. Daarmee neemt de kans op eventuele overdruk bovenin de cavernes en daaraan gerelateerde kans op scheurvorming na insluiting ook niet toe ten opzichte van de huidige situatie. TNO-AGE is van mening dat het verder uitlogen van de cavernes volgens het voorliggende winningsplan geen hogere kans op caverne instabiliteit en scheurvorming oplevert. Echter, een groter caverne volume betekent een toename van de hoeveelheid pekels die eventueel zou kunnen ontsnappen, mocht er een lekpad uit de cavernes ontstaan na insluiting. Ondanks de toename van dit mogelijke effect verwacht TNO-AGE niet dat voortzetting van de winning leidt tot een significante risicotename.

Advies

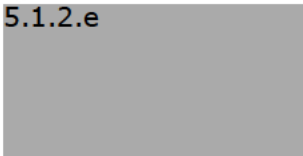
TNO-AGE vindt dat het CCC onderzoek kwalitatief goed is, en benadrukt het belang van het voortzetten hiervan. Om de onzekerheden te verkleinen en op termijn tot een concreet en passend sluitingsplan te komen, is TNO-AGE van mening dat het CCC werk enerzijds conform de eigen aanbevelingen dient te worden voortgezet, en anderzijds (onafhankelijk) te worden geverifieerd/gevalideerd.

Voortzetting van de winning cf. het geactualiseerde winningsplan heeft geen invloed in hoeverre de caverne op termijn veilig door “hard shut-in” kan worden ingesloten. Ook leidt voortzetting van de winning niet tot een significante risicotoename.

Erop vertrouwend u hiermee van dienst te zijn geweest.

Met vriendelijke groet,

5.1.2.e



5.1.2.e

