

1. Ziet Nedmag de potentiële lekkage bij put TR-7 als een groter risico dan mogelijke scheur in een mogelijk afgesloten TR-7 boven- en ondercaverne?

Risico is kans*ernst.

De kans dat de casing van TR-7 onderin de Lower Bunter (LB) gaat lekken schatten we hoger in dan de kans dat een afgesloten TR-7 bovcaverne doorbreekt naar de LB:

- De vervorming van de casing gaat naar verwachting door.
- De kans dat de cavernes van TR-7 onherstelbaar afgesloten raken van de rest van het cluster is klein.
- In het onwaarschijnlijke geval dat de bovcaverne van TR-7 toch afgesloten raakt, breekt hij eerder door naar de ondercaverne of direct of indirect naar een andere caverne, dan naar de LB.

De maximale impact van contact van een caverne met de Lower Bunter, hetzij via een lekke casing, hetzij via een scheur in het dak, wordt vooral bepaald door het uitstroompotentieel van de betreffende caverne. Dat van het hele cluster, relevant in het geval van een lekke casing, is veel groter dan dat van een afgesloten TR-7 bovcaverne of boven- plus ondercaverne, relevant bij een scheur in het dak.

Zowel de kans op een lek in de casing van TR-7 als de ernst van de gevolgen ervan, achten we groter dan die bij een frac in het dak van TR-7. Het risico van een lekke casing schatten we daarom inderdaad hoger in dat het risico van een scheur in een afgesloten TR-7 caverne.

2. Waarom stapt Nedmag af van de strategie om zo goed mogelijk af te laten in het cluster en een minimaal restrisico voor de toekomst achter te laten?

Nedmag stapt niet af van de strategie om het cluster zo goed mogelijk af te laten. Dat zou niet in overeenstemming zijn met haar beleid om de risico's voor mens en milieu die met haar zoutwinning samenhangen zo klein als redelijkerwijs mogelijk te houden. Een belangrijke vraag in dit kader is of TR-7 nodig is om het TR-cluster goed af te laten.

Het maakt niet of nauwelijks uit welke put of putten gebruikt worden om het cluster af te laten, zolang de hydraulische verbindingen in het cluster intact zijn. Of dat het geval is, wordt bewaakt via drukmetingen: als de drukken van de clusterputten samen op en neer gaan, is er hydraulische verbinding. De drukmetingen wijzen uit dat de verbindingen in de 1b laag op dit moment, na 2,5 jaar bleed off only, nog steeds intact zijn.

De clusterconvergentie bedraagt momenteel ca. 45 m³/h. Om evenveel pekkel uit het cluster te kunnen afdalen, wat nodig is om de clusterdruk constant te houden, is één winningsput voldoende. Met TR-4, -6 en -8 zijn er momenteel meer dan voldoende putten beschikbaar voor het afdalen van het convergentievolume. Deze 3 putten bevinden zich allemaal aan de oostkant van het cluster. Het is gewenst om ook een mogelijkheid te hebben uit een ander deel van het cluster te produceren. De intentie was via TR-7. Via VE-4 is echter een goed alternatief. VE-4 is zonnodig op korte termijn voor productie geschikt te maken: het enige wat hoeft te gebeuren is aansluiten van de put op de infrastructuur en het doorsnijden of perforeren van de binnenste van de 2 tubings in de put. Indien nodig kan ook TR-1 nog geschikt gemaakt worden voor productie. TR-7 zou tevens gebruikt gaan worden voor gipsinjectie. Voor dat doel is wanneer nodig TR-3 snel en eenvoudig geschikt te maken.

Het is dus ook zonder TR-7 mogelijk om het cluster goed af te laten en gips te blijven injecteren. Een noodzaak voor reparatie of sidetracken is er daarom niet. Vandaar het voornemen om TR-7 af te pluggen, op grond van de overwegingen in het antwoord op vraag 1.

3. Hoe groot is de bovencaverne, en waar is die maat op gebaseerd ?

Het volume van de bovcaverne van TR-7 is 360.000 m³. Dit volume is gebaseerd op een massa/volume balans, met als input gemeten injectievolumes en pekkelkwaliteiten voor die perioden waarin is geïnjecteerd in de 2b/3b bovcaverne. De gevolgde methodiek is beschreven in het rapport *Mass balance study of the Nedmag caverns (2017)*, referentie 8 bij het winningsplan 2018.

4. Waarom zijn de scenario's 'put repareren' en 'sidetrack boren' niet opgenomen?

Op het moment dat de deformatie van de casing van TR-7 werd geconstateerd, is eerst gekeken of het mogelijk is om zonder meer een nieuwe opvoerserie af te hangen in de bestaande 9 5/8" last cemented casing (LCC).

Besloten is dit niet te doen, omdat verdere deformatie van de LCC aannemelijk is. Daarop zijn onderstaande opties voor reparatie van TR-7 en het realiseren van een sidetrack op hoofdlijnen onderzocht:

- a) Reparatie van TR-7:
 - i. Installatie van een casing patch
 - ii. Afhangen van een extra, niet gecementeerde casing
 - iii. Plaatsing van straddle packers over de deformatie van de LCC
 - iv. Installatie van een extra, gecementeerde casing
 - v. Installatie van extra, gecementeerde casing, maar dan m.b.v. een liner hanger.

Deze opties hebben allemaal hun eigen voor- en nadelen en risico's, zowel tijdens de implementatie als daarna. Bij de evaluatie kwam optie v als beste uit de bus.

- b) Naast reparatie van TR-7 zou het afpluggen van de huidige LCC en het boren van een sidetrack overwogen kunnen worden. De sidetrack moet boven de geconstateerde casing deformaties beginnen, dus in de Lower Bunter. Gezien de sterkte van en poriedruk in deze formatie zou de sidetrack van een casing moeten worden voorzien, voordat de bovencaverne van TR-7 aangeboord wordt. In de buurt van de huidige LCC bevindt het hoogste punt van de TR-7 bovencaverne zich naar verwachting op ca. 1707 m AH (1461 m TVD). Deze verwachting is gebaseerd op de diepte van de geconstateerde verbuigingen van de injectie- en productiestring. Bij het boren van de sidetrack zal een veiligheidsmarge van minimaal 20 m nodig zijn om vroegtijdige connectie met de caverne te voorkomen en de casing te kunnen installeren. Dit houdt in dat de casing schoen van deze sidetrack op ca. 1687 m AH komt. Zodoende resteert boven de TR-7 bovencaverne een zoutdak met een relatief beperkte dikte van ca. 45 m.

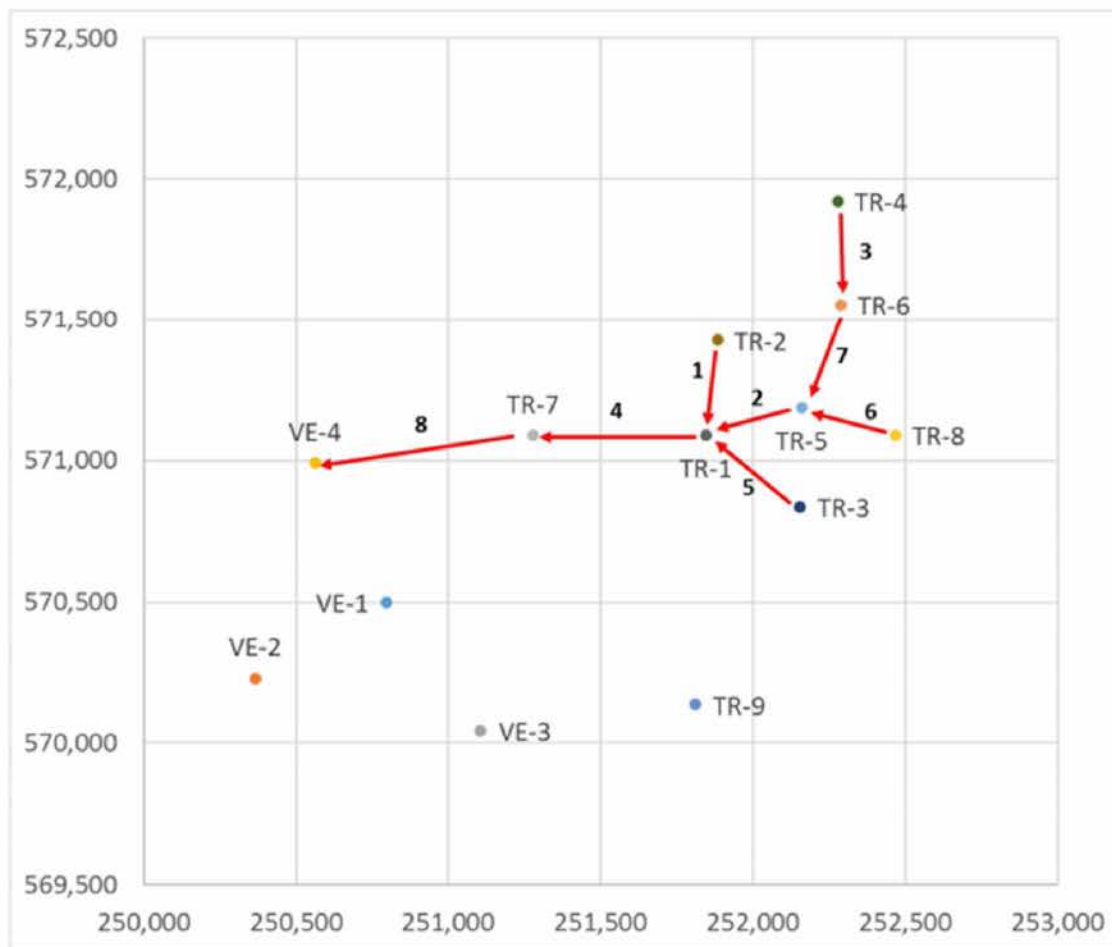
Voor het aflaten van het cluster en de injectie van gips zijn alternatieven beschikbaar, zie het antwoord op vraag 2. Daarom zijn het repareren van TR-7 en het boren van een sidetrack niet in detail uitgewerkt.

5. Hoe permeabel is de zandsteen waarin mogelijk lekkage zou optreden? M.a.w. hoe erg is het dat niet correct geabandonneerd zou worden?

De permeabiliteit van de (ter plekke) zanderige claystone is in 2018 door Paul van den Hoek (Panterra) in zijn *fracture propagation* studie (*Analysis of VE/TR salt cavern cluster leakage incident of 20 April 2018*) geschat op 1 mD. Het betreft een schatting, deze permeabiliteit is (zowel door Nedmag als andere operators in de omgeving van Veendam) nooit gemeten. De Bunter formatie is massief (> 300 m), zodat een beperkte lekkage toch makkelijk kan worden opgenomen. Alleen bij grote lekkage is de Bunter denkbaar niet doorlatend genoeg om doorgaande scheurvorming tot boven de Bunter te voorkomen. Voor de lange termijn, als het TR-cluster eenmaal afgelaten is, doet het er waarschijnlijk weinig toe wanneer er ter hoogte van het zoutdak boven de bovencaverne geen cementplug aanwezig is of wanneer een aanwezige cementplug niet volledig af zou dichten: of er nog enige pekkel aflekt naar de Lower Bunter via de casing, langs een plug of via een frac, maakt in de praktijk naar verwachting weinig verschil. Als er een direct lekpad via de put naar het zoete grondwater zou ontstaan is er wel sprake van een echt probleem. Er is echter geen enkele indicatie dat er geen plug gezet zou kunnen worden op 200-1000 meter.

6. Pagina 1: M.b.t. "In 1999 is de caverne verbonden geraakt met het toen bestaande cluster van cavernes, doordat er logging van bischofiet plaatsvond vanuit het cluster. Vervolgens is in 2009 caverne TR-7 met caverne VE-4 in verbinding geraakt, waardoor TR-7 nu op (minstens) twee plekken verbinding maakt met andere cavernes/putten." – Wellicht goed om een totaal overzicht van het caverne systeem te hebben. Kan Nedmag dit aangeven in een bijlage en waar de verbindingen zich bevinden in het caverne systeem?

Een overzicht van het caverne systeem met daarin de verbindingen, is hieronder weergegeven. Op de assen staan de coördinaten in het Rijksdriehoekcoördinaten stelsel. Deze figuur is ook te vinden in referentie 10 van het winningsplan, *Hydraulic connections between Nedmag caverns (2018)*. Voor meer informatie zie deze referentie, o.a. beschikbaar op www.nedmag.nl.



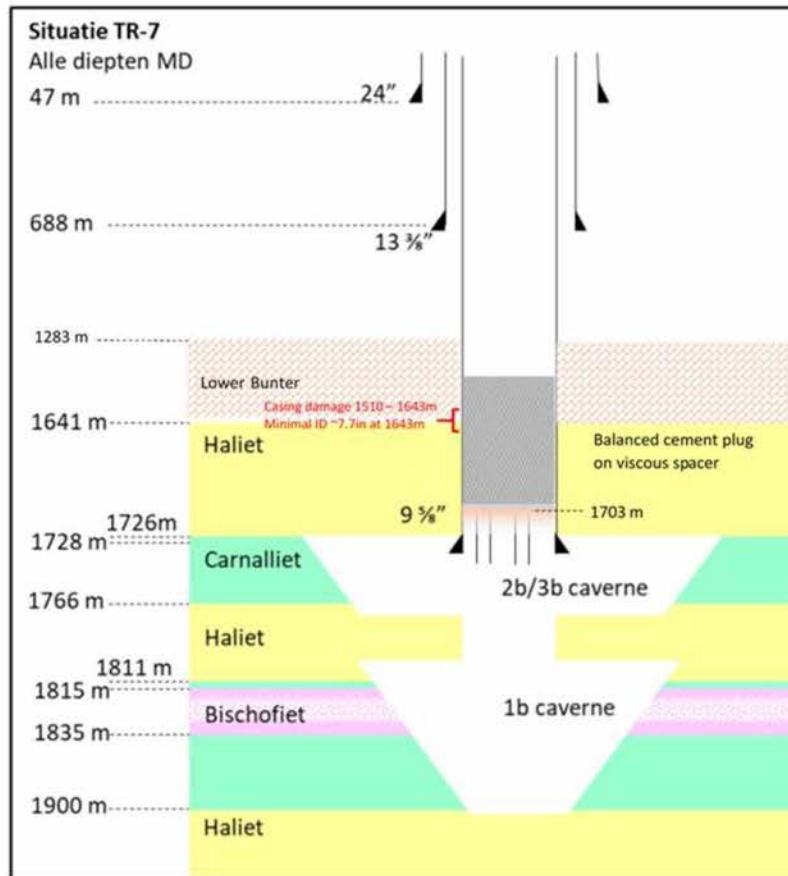
Figuur 1 - Overzicht verbindingen tussen Nedmag cavernes

7. Pagina 3 M.b.t. "In het geval van grote vervorming van de casing kan er geen plug geplaatst worden in het zoutdak en is abandonnering volgens de mijnbouwregeling niet meer mogelijk." - Op welke wijze zou de put dan mogelijk wel geabandonneerd kunnen worden (wellicht middels ontheffing, ref. MBR Art. 8.5.1.4-1c)? Wat zijn de risico's en mogelijke beheersmaatregelen?

Installatie van een mechanische plug met daarop 50 m cement, ter hoogte van het zout boven de bovencaverne, is de geprefereerde eerste stap in de abandonnering van een Nedmag-put. In geval van verdere vervorming van de LCC van TR-7, is zo'n plug mogelijk niet meer te plaatsen.

De volgende opties zijn denkbaar om toch nog een plug ter hoogte van het zoutdak te realiseren:

- a) Plaatsing van een *balanced cement plug*, zie figuur 2:
 - i. Met behulp van coiled tubing plaatsen van een G-class cement plug (G-class cement omdat HMR (high magnesium resistant) cement slurry om redenen van reologie niet met coil geplaatst kan worden). Risico's hierbij zijn een te diepe plaatsing van de plug, het doorsnijden van het cement door pekels uit de caverne, vervuiling van het cement, flash setting van het cement a.g.v. de aanwezigheid van $MgCl_2$ waardoor de coil mogelijk vast komt te zitten, en corrosie van G-class cement door de aanwezigheid van $MgCl_2$.
 - ii. Middels boorpijp plaatsen van HMR cement. De risico's hierbij zijn een te diepe plaatsing (dit risico is nog groter dan bij i, omdat de put tijdens plaatsing drukloos moet zijn) en wederom het doorsnijden van het cement door pekels en vervuiling van het cement.



Figuur 2 – Plaatsing van een balanced cement plug

- b) "Top-down" cementatie.
- c) Plaatsen van een balanced cement plug boven de deformaties en deze vervolgens naar beneden pompen, naar een positie onder en ter plaatse van de deformaties. De risico's zijn hetzelfde als bij het plaatsen van een balanced cement plug, met dien verstande dat de kansen op vervuiling, op het doorsnijden van het cement en op een te diepe plaatsing nog groter zijn, door de dynamische actie van het naar beneden pompen.

Een mogelijk alternatief voor het gebruik van cement is het toepassen van een hars (resin plug). De dichtheid daarvan kan lager gekozen worden dan die van pekkel, waardoor de kans op doorsnijden door pekkel klein wordt. Het toepassen van deze techniek is echter erg nieuw en de mogelijkheden zijn nog onduidelijk.

Bij een eventueel lek in de LCC, is de kans op doorsnijden van de abandonment plug tijdens plaatsing nog groter dan wanneer er geen lek in de LCC aanwezig is.

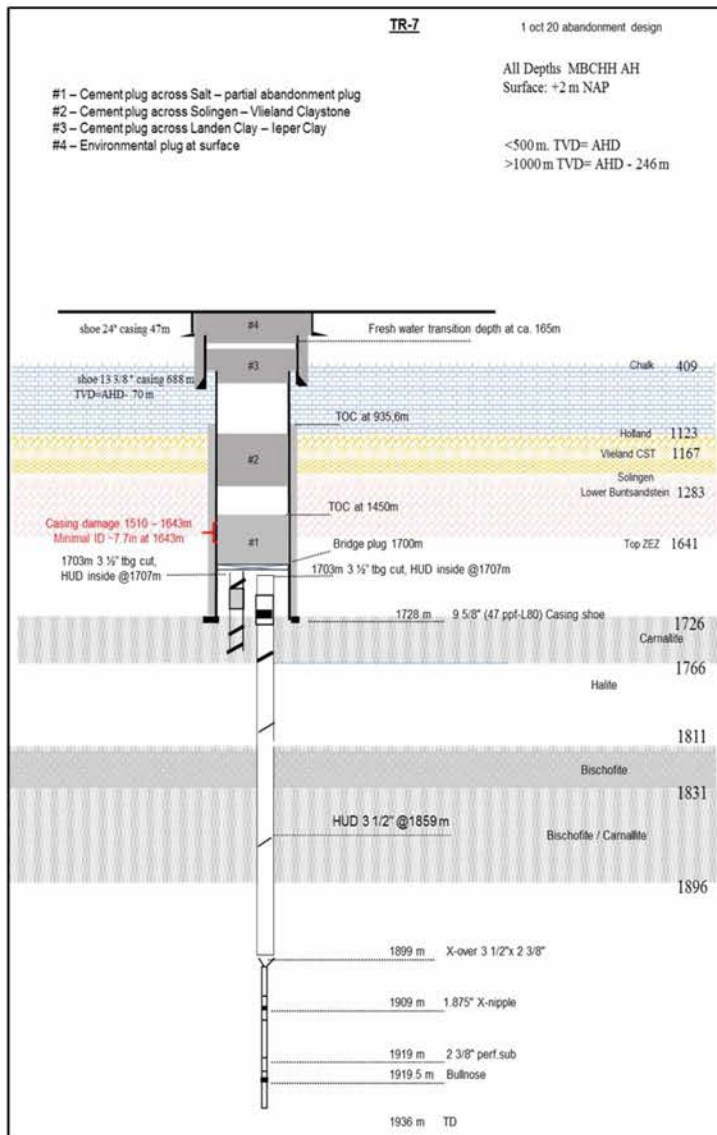
Plaatsen van een afsluitende abandonment plug ter hoogte van het zoutdak zal een proefondervindelijk proces zijn, met mogelijke herhalingen van pompacties en zonder garanties.

Een andere mogelijkheid voor abandonnering is het plaatsen van een mechanische plug boven het zoutdak met daarop een cement plug, net boven de deformatie in de casing. Het risico van deze optie is dat bij een eventuele lekkage van de casing een rechtstreekse verbinding ontstaat tussen de caverne en de Lower Bunter. In de toekomst, nadat het TR-cluster afgelaten is, is dat waarschijnlijk geen probleem, zie het antwoord op vraag 5. In de meer nabije toekomst o.i. wel, zie het antwoord op vraag 1.

Het zo goed mogelijk aflaten van het TR-cluster, is een belangrijke beheersmaatregel om toekomstige ongewenste voorvallen zoveel mogelijk te voorkomen c.q. in omvang te beperken. Zolang het TR-cluster echter nog niet afgelaten is, leidt het niet afsluiten van TR-7 tot grotere risico's dan het wel afsluiten, zie het antwoord op vraag 1. De bijbehorende beheersmaatregel is het afsluiten van TR-7 met een plug ter hoogte van het zoutdak.

8. **Pagina 4: Geef in een schets aan hoe conceptueel de partiële en volledige abandonnering er uitziet volgens MBR.**

In figuur 3 is conceptueel weergegeven hoe TR-7 er uit zou kunnen komen te zien na volledige abandonnering. Partiële abandonnering wordt gedaan door het plaatsen van de bridge plug op 1700 m diepte en cement plug #1. Andere cement pluggen zorgen daarna voor de rest.



Figuur 3 – Situatie na abandonnering.

Slotopmerking

De antwoorden in dit document zijn specifiek voor TR-7. Voor iedere put is de situatie anders.