

Nedmag



Getting you closer to perfection

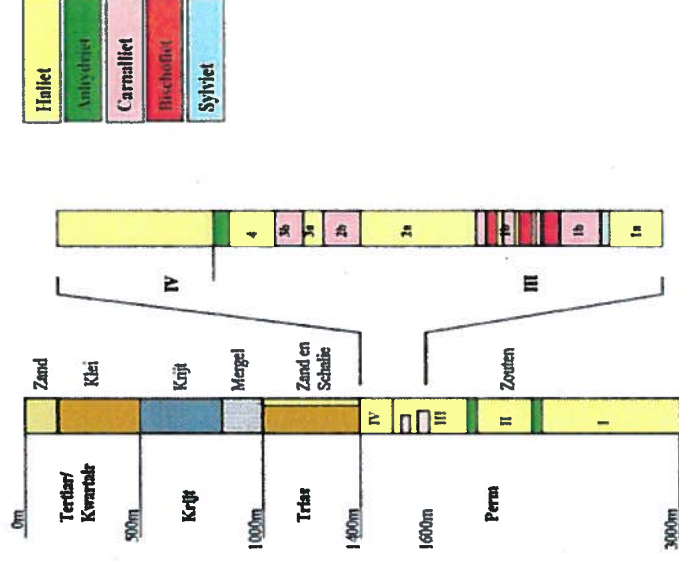
Drukverlies cavernecluster Nedmag

SodM, 3 mei 2018



www.nedmag.com

- Nedmag wint zuivere magnesiumchloride-pekkel nabij Veendam
 - Tegenwoordig alleen uit de Zechstein III 1b laag (bevat Bischofiet = zuivere $MgCl_2$)
 - Voorheen ook uit de Zechstein III 2b en 3b lagen (bevatten Carnalliet = dubbelzout van magnesium- en kaliumchloride)
- Selectieve logging
 - Van alle zouten in de 1b laag wordt alleen $MgCl_2$ gewonnen
 - Andere zouten en precipitaat blijven achter

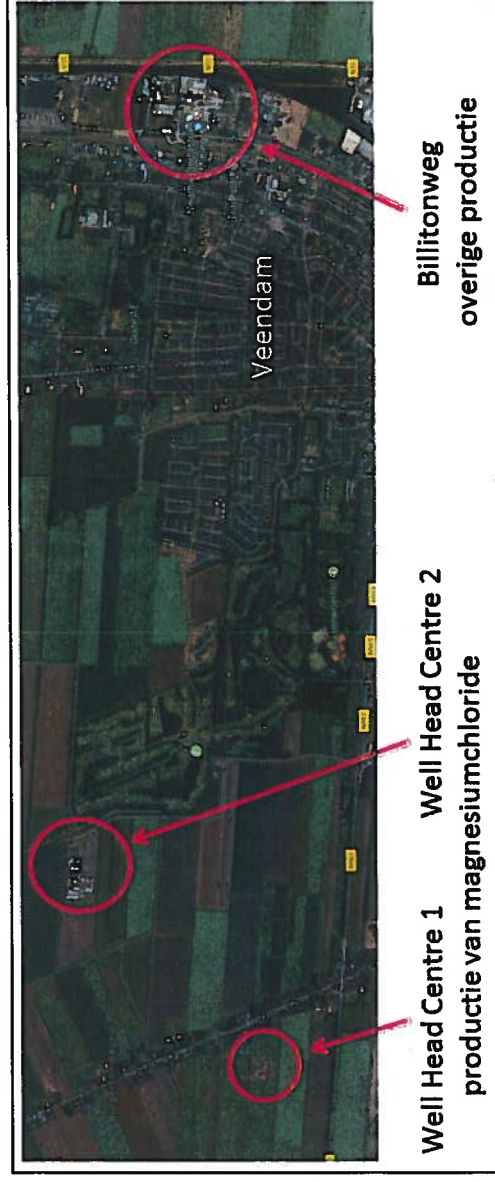


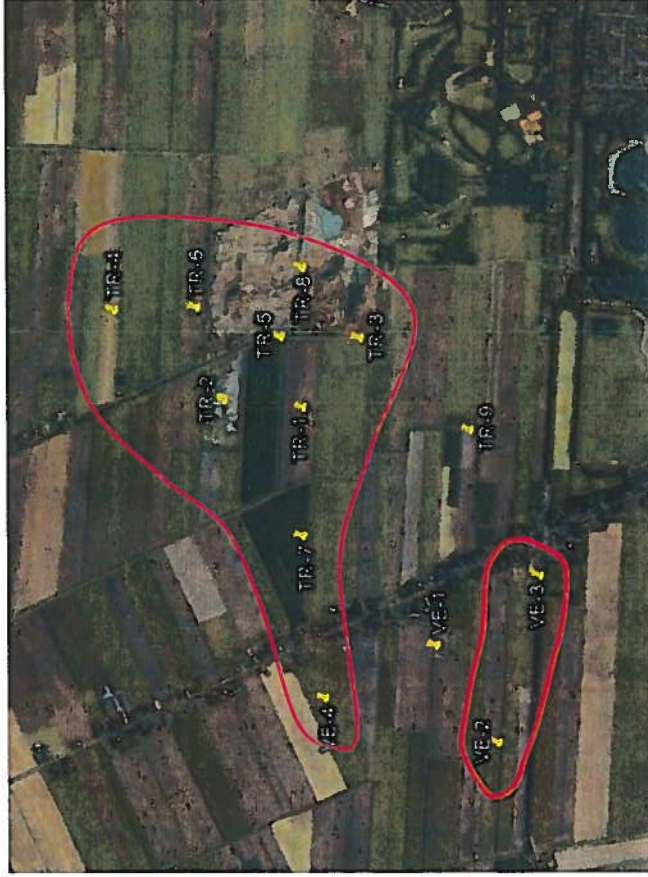
Oplosmijnbouw Nedmag, 2

- Squeeze mining
 - Cavernes sublithostatisch
 - Met name Bischofiet is plastisch
 - Cavernes convergeren (-> bodemdaling)
- 2 Well Head Centers, 13 wells
 - WHC-1, Borgercompagnie, VE-1 t/m -4
 - WHC-2, Tripscompagnie, TR-1 t/m 9
- 2 Nieuwe wells gepland vanaf WHC-1 (VE-5 en -6)



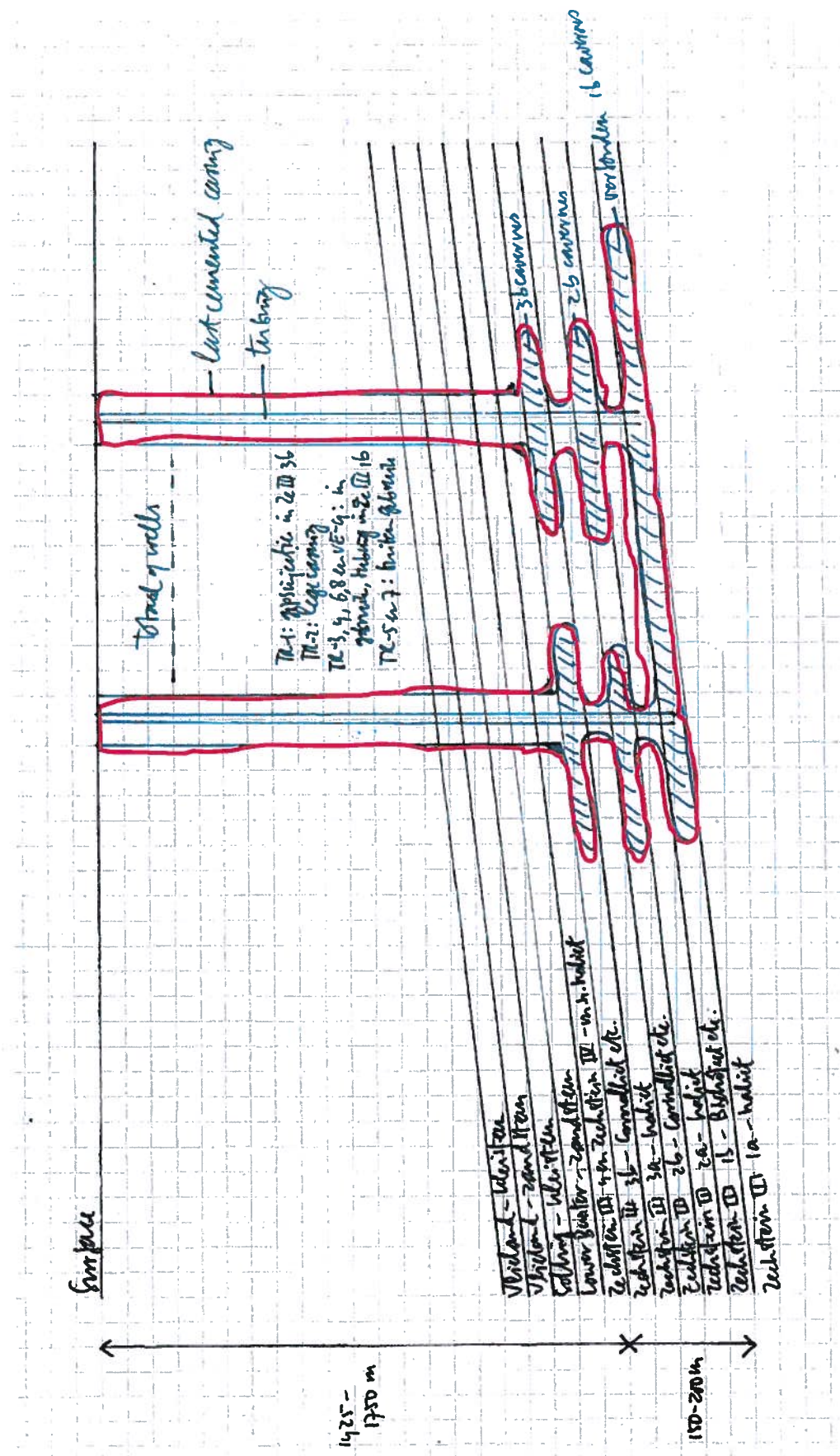
Bodemdalingscontouren 1993-2016





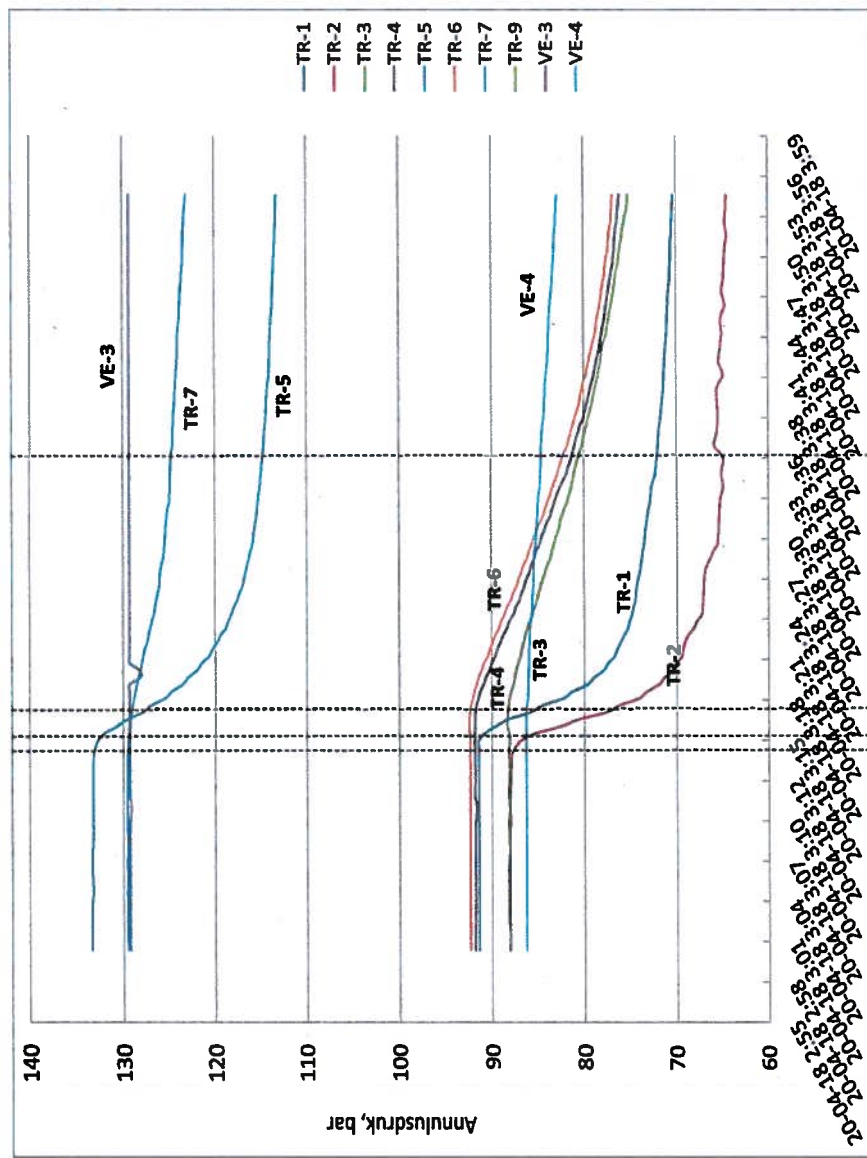
- Deel cavernes ondergronds onderling verbonden
- Grootste cluster is TR-1 t/m TR-8 plus VE-4 (9 wells)

Schematische weergave cavernecluster



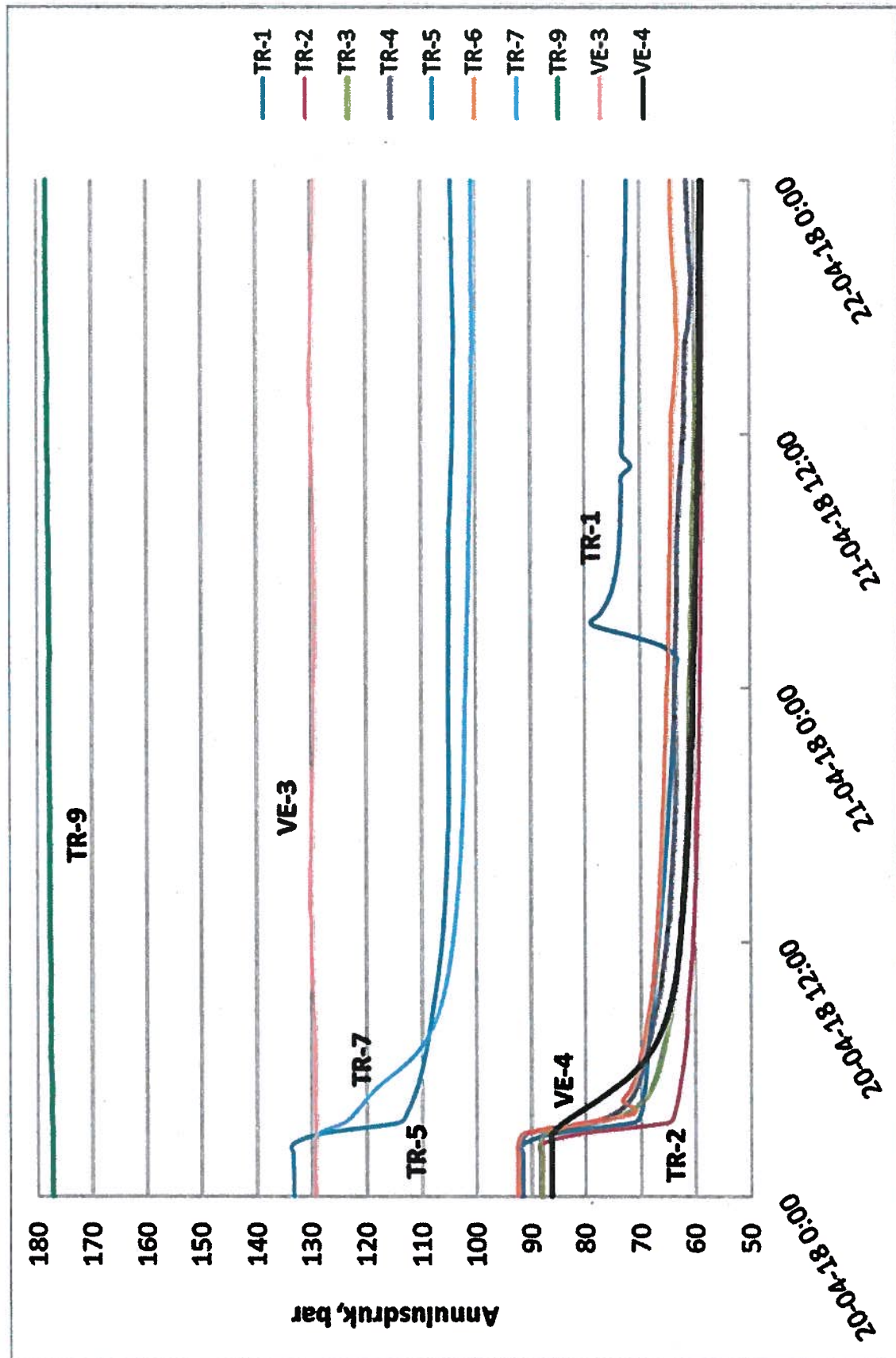
De barrière bestaat uit de wellheads, casings en de wanden van het cavernecoluster

- Drukdaling van ca. 28 bar in het VE/TR cavernecluster op 20 april 3.15 uur



- Drukdaling als eerste zichtbaar op TR-2, kort daarna op TR-5 en -1
- Vervolgens de andere putten, met als laatste de meest ver weg gelegen VE-4
- Snelheid van decompressie
 - Bovencavernes TR-2, -5 en -1 (400.000 m³) 10 bar daling in 3 minuten
 - Hele cluster (7,5 mln m³) 10 bar daling in 30 minuten
 - Hele cluster ca. 30 bar daling na 2 dagen
- Oorzaak: lek in de systeembarrière
- Proces:
 - barrière raakt lek in de buurt van TR-2
 - Cluster decompressie van 30 bar - uitstroom van ca. 75.000 m³ pekel
 - Na 3 minuten 800 m³, na 30 minuten 25.000 m³, na 2 dagen 75.000 m³
 - systeemcompressibiliteit ca. 2.500 m³/bar
 - compressibiliteit van de pekel i.c.m. elastisch gedrag van omliggend gesteente
 - eerder genoemde 1.900 m³/bar was vuistregel maar bleek bij check wat laag
 - Uitstroom via lek naar overburden van het zout
 - Het systeem is op evenwicht gekomen bij een TR-7 WHP van ca. 100 bar
 - Na decompressie uitstroom uit het cluster a.g.v. convergentie

Langere termijn trend drukverloop



LOT waardes overschreden? Operatie in lijn met self assesment?

Van TR-1 t/m -6 LOT's beschikbaar, allemaal rond formatiedruk @ casing shoe

Well	Casing shoe diepte [m TVD BGL]	Druk @ casing shoe op moment van incident [bar] (annulus WHP + vloeistofkolom)	Formatiedruk @ casing shoe ($\pm 2,2$ gradiënt)	Delta [bar]
TR-1	1540	91 + 196 = 287 ¹⁾	338	51
TR-2	1537 ⁵⁾	88 + 196 = 284 ²⁾	338	54
TR-3	1545	88 + 197 = 285 ²⁾	338	53
TR-4	1742	92 + 222 = 314 ²⁾	383	69
TR-5	1590	133 + 156 = 289 ⁴⁾	349	60
TR-6	1625	92 + 207 = 299 ²⁾	355	56
TR-7	1482	130 + 145 = 275 ³⁾	326	51
TR-8	1589	Onbekend (annulus verstopt)	349	onb.
VE-4	1423	86 + 181 = 267 ²⁾	317	50

Self assesment p 24: druk t.p.v. ondiepste casing shoe in cluster max. 90% van lithostatisch

- VE-4 is meest ondiep. Druk was 84% van lithostatisch (267/317)

¹⁾ Annulus pekelgevuld (ca. 1300 kg/m³) maar mogelijk iets verdund met water

²⁾ Annulus pekelgevuld (ca. 1300 kg/m³)

³⁾ Annulus watergevuld (ca. 1000 kg/m³)

⁴⁾ Annulus watergevuld (ca. 1000 kg/m³) maar mogelijk vermengd met wat pekel

⁵⁾ Diepte dak minicaverne rond casing

- Casing defect boven haliet dak – lekkage uit cluster via stuk casing naar overburden
 - Eerste gedachte casing TR-2
 - Lege casing
 - Onderste stuk casing afgebroken en dakdikte lokaal beperkt
 - Geconstateerd na laatste workover en op 1 december 2015 gepresenteerd aan SodIM
 - Sinds 2015 geen productie/injectie meer op TR-2, in budget 2019 voor abandonnering
 - Op 22-1-2018 nog een well integrity meting uitgevoerd -> geen nieuwe bijzonderheden
 - Bij video run op 24-4 geen nieuwe bijzonderheden geconstateerd
 - Bij GR/CCL/T-metingen op 25-4 geen nieuwe bijzonderheden
 - Herhaling well integrity meting op 3-5 (vandaag)
 - Casing TR-1 of -5?
 - Beide gevuld met tubings
 - TR-1 in gebruik voor gipsinjectie, TR-5 niet in gebruik
 - GR/CCL/T-metingen uitgevoerd. Eerste bevindingen:
 - bij TR-1 op 1 diepte en bij TR-5 op 3 dieptes afwijkende T-gradiënten gesignaleerd -> wordt nader onderzocht
 - Gamma Ray TR-1 in zout 1,5 à 2 m offset t.o.v. 1982 -> wordt nader onderzocht
 - Gamma TR-5 tot 80 m in het zout geen afwijkingen t.o.v. eerdere metingen
- Haliet dak lek
 - Roof fall?
 - Scheur ontstaan?
- Meest waarschijnlijke oorzaak o.b.v. meest recente inzichten:
 - Haliet dak verzwakt door spanningsrelaxatie
 - Scheur in zoutdak, gevolgd door lekkage naar de overburden via nieuwe scheur
 - Leak off via bestaande scheur onwaarschijnlijk

- Pekel en mogelijk diesel verlaten het cavernecoluster
 - Fase 1: uitstroom tijdens decompressie
 - Eerste resultaten modelleren decompressie
 - 75.000 m³ uitstroom met eerst ca. 40.000 m³/h, dan ca. 50.000 m³/h en vervolgens ca. 1.000 m³/h
 - Initiële scheurgroei verticaal in Lower Bunter en na bereiken Solling klei horizontale groei
 - » Weerstand Solling tegen scheurvorming groter dan weerstand van Lower Bunter
 - Bij verwaarlozing aflek scheurgrootte 1500 x 0,25 x 200 m (l x b x h, indicatief)
 - Fase 2: uitstroom a.g.v. convergentie
 - Flow orde grootte 100 m³/h op basis van Nedmag correlatie voor convergentie
 - Gebaseerd op operationele data bij hoger drukniveau
 - Productie naar surface of leak off naar overburden
 - Som van beide = de cavern-convergentie
 - Mate van convergentie bij deze cavernedruk in onderzoek (field test en theoretisch)
- Pekel zal de ondiepe bodem niet bereiken vanwege haar hoge soortelijke massa
- Diesel zal de ondiepe bodem hoogstwaarschijnlijk ook niet bereiken
 - Blijft naar verwachting (grotendeels) achter in het cavernecoluster
 - In de 3b cavernes van TR-2, -5 en -1 is ca. 400 m³ gebruikt als dakolie
 - Bij opwaartse migratie door permeabel gesteente blijft het deels achter in de porositeit
 - Solling en Vlieland kleilagen acteren als seal
 - Top of cement wells boven Solling maar cementatie boven haliet op veel plekken matig
- Eerst versnelde en vervolgens weer vertragende bodemdaling
 - Door plotsklaps lagere onderdruk nu sterkere convergentie en snellere bodemdaling
 - Convergentie en daarmee bodemdaling vertragen in de tijd

- Ondergrondse leak off stoppen
 - Meer pekkel uit cluster produceren dan de convergentie
 - Productie uit cluster wordt in wk 18 opgevoerd
 - Captive use maximaal
 - Afvoer naar terminal in Emden maximaal
 - Productie uit VE-3 en TR-9 voorlopig stop, afgezien van bleed off ter compensatie convergentie
 - Pekkel nuttig toepassen óf opslaan voor later (bijv. in caverne AkzoNobel) óf eventueel afvoeren naar zee via Veenkoloniale Afvalwaterleiding (VKA)
 - Samenstelling pekkel voldoet niet zonder meer aan voorwaarden voor afvoer naar zee
 - Injectie van regen- en afvalwater z.s.m. stoppen
 - water afvoeren via VKA
 - Aanpassingen installaties en bedrijfsvoering in gang gezet
- Gevolgen monitoren
 - Bodemdaling -> op 30-4 continue GPS meting geïnstalleerd op WHC-2
 - Peilbuizen WHC-1 en -2: wekelijkse bemonstering in gang gezet
 - Analyse op minerale olie en geleidbaarheid
 - Bewaking surface casings annuli op diesel
- Aanvullende externe communicatie middels bericht op website

Reserveslides

- April 2018 ca. 40 cm sinds 1993
- Hoeveelheid vrije pekel ca. 3,7 M(m³), hoeveelheid gebonden pekel ca. 3,8 M(m³)
- Actuele vuistregel bodemdaling per M(m³) convergentie ca. 7,3 cm
- Bij uitstroom van alle vrije pekel $3,7 * 7,3 = 27$ cm additionele daling
- Resulteert een daling 67 cm t.o.v. 1993
- Daling vóór 1993 ca. 4 cm