Winningsplan
voor winningsvergunning 'Havenmond'
Actualisatie v.4.5

esco
european salt company
Frisia Zout B.V.

Auteur:	Dr.ir. A.J.H.M. Duquesnoy Well Engineering Partners B.V.
Gecontroleerd:	ir. E. R. de Lange
Kenmerk:	Winningsplan Havenmond
Versie:	Revision v.4.5
Publicatiedatum:	14 december 2012
Goedkeuring:	ir. E.R. De Lange, Mining Manager Frisia D. van Tuinen, Director Frisia

WEP Well Engineering Partners

Inhoud

1 Inleiding 1
2 Voorkomen 2
2.1 Structuur van de zoutlaag en geplande positie van cavernes 2
2.2 Verwachte hoeveelheid aanwezige delfstoffen en de ligging ervan 2
2.3 Verwachte hoeveelheid te winnen pekel en zout en samenstelling van het te winnen zout. 3
3 Productie 4
3.1 Voorbereiding 4
3.1.1 Beschrijving van het mijnbouwwerk en de ligging daarvan 4
3.1.2 Aantal boorgaten bij winning gebruikt en de volgorde en het tijdsbestek van het maken van de boorgaten 4
3.1.3 Aanvangstijdstip en duur van de winning 5
3.1.4 Ligging, lengte en diameter van de verbuizing van de boorgaten 5
3.2 Winning 5
3.2.1 Wijze van winning alsmede daarmee verband houdende activiteiten 5
3.2.2 Hoeveelheid jaarlijks te winnen delfstoffen 7
3.2.3 Beschrijving van de ligging en de vorm van de holruimte tijdens en na de winning 7
3.2.4 Buitengebruikstelling na beëindiging van de winning 7
3.2.5 Hoeveelheid stoffen die jaarlijks bij de winning worden geïnjecteerd 8
3.3 Gesteentemechanica 9
3.3.1 Gesteentemechanische berekeningen van de stabiliteit van de holruimte tijdens en na de winning 9
4 Bodembewegingen en bodemtrillingen 10
4.1 Bodembeweging 10
4.1.1 Bodembeweging ten gevolge van de winning en de maatregelen ter voorkoming van schade door bodembeweging 10
4.1.2 Overzicht van het verloop van de verwachte mate van bodemdaling in de tijd 12
4.1.3 Kaart met contouren van de verwachte uiteindelijke bodemdaling 13
4.1.4 Onzekerheid omtrent de verwachte mate van bodemdaling 13
4.2 Bodemtrillingen 14
4.2.1 Risicoanalyse omtrent bodemtrillingen als gevolg van de winning 14
4.3 Schade door bodembeweging 14
4.3.1 Mogelijke omvang en de verwachte aard van de schade door bodembeweging 14
4.3.2 Maatregelen om bodembeweging te voorkomen of te beperken 14
4.3.3 Maatregelen om schade door bodembeweging te voorkomen of te beperken. 15
5 Kosten op jaarbasis (vertrouwelijke informatie) 15
6 Referenties 16
Bijlage 1: Ligging van het vergunninggebied Havenmond 17
Bijlage 2: Structuur en ligging van de steenzoutlaag en de geplande caverneposities 18
Bijlage 3A: Havenmond productieplanning per caverne per jaar 21
Bijlage 3B: Kostentabel 32 miljoen ton zoutproductie (vertrouwelijke gegevens) 22
Bijlage 4: Boorgat traject en verbuizingsschema 24
Bijlage 5: 'Steady state mining' 26
Bijlage 6: Prognose pleistocene bodemdaling na afloop 32 miljoen ton zoutproductie uit vier cavernes. 27
Bijlage 7: Verwachte Pleistocene bodemdaling op jaarbasis voor het diepste punt van de cumulatieve dalingskom. 28
Bijlage 8: Zeespiegelstijgingssnelheid 29
Bijlage 9: Ontwikkeling gebruiksruimten kombergingsgebieden Vlie en Marsdiep 30

1 Inleiding

Op grond van de artikelen 34 en 35 van de Mijnbouwwet en de artikelen 24, eerste lid, c tot en met g en l tot en met s, 24, tweede lid en 25 van het Mijnbouwbesluit wordt voor ieder voorkomen in een vergunningsgebied een winningsplan ingediend ter instemming door de Minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I, thans Economische Zaken).

Frisia Zout B.V., hierna Frisia genoemd, heeft conform de artikelen 6 en 14 van de Mijnbouwwet en § 1.2 en 1.3 van de Mijnbouwregeling op 8 oktober 2007 bij de minister van Economische Zaken een aanvraag ingediend voor een winningsvergunning, genoemd Havenmond, voor de winning van steenzout buitendijks onder de Waddenzee bij Harlingen. Tegelijkertijd heeft Frisia een aanvraag ingediend voor een winningsvergunning, genaamd Oost, voor de winning van steenzout in de provincie Friesland in een gebied, gelegen ten oosten van en aansluitend aan de huidige winningsvergunning Barradeel II. De Minister van Economische Zaken heeft beide vergunningaanvragen aangehouden in afwachting van de uitkomsten van een m.e.r. procedure.

Voor het verkrijgen van de benodigde vergunningen is een m.e.r. procedure doorlopen. Daarin zijn alle relevante en specifieke milieueffecten met betrekking tot zoutwinning uit de aangevraagde vergunninggebieden Havenmond en Oost, en mogelijke varianten onderzocht. De ligging van het gebied Havenmond is getoond in bijlage 1. Het gebied Havenmond ligt geheel binnen het kombergingsgebied Vlie van de Waddenzee, maar raakt ook aan het kombergingsgebied Marsdiep. Uit het MER (ref.1) zijn een meest milieuvriendelijke alternatief (MMA) en een voorkeursalternatief van Frisia (VKA67/33) naar voren gekomen. In het MMA vindt de toekomstige zoutwinning op termijn volledig onder de Waddenzee in het gebied Havenmond plaats vanuit uiteindelijk vier gedevieerde boorputten, afhankelijk van de ontwikkeling van de gebruiksruimte in de Waddenzee. De putten worden alle vanaf de fabriekslocatie van Frisia aangelegd. Het VKA bestaat uit een drietal boringen, de eerste in Havenmond, de tweede in het gebied Oost en de derde weer in Havenmond. Op 16 november 2010 heeft de Commissie m.e.r. positief geadviseerd, de beide voorgestelde alternatieven zijn duurzaam inpasbaar (ref.2). Er treedt geen aantasting op van de natuurlijke kenmerken van de Waddenzee.

Op 23 augustus 2011 heeft Frisia een Aanvulling op de aanvraag winningsvergunning voor het gebied Havenmond naar de minister van EL&I gestuurd. Die aanvulling is een actualisering van de aanvraag uit 2007. Na bestuurlijk overleg in de mijncommissie Friesland, waarvan ondermeer de provincie Fryslan, de betrokken gemeenten en Wetterskip Fryslân deel uitmaken en waarbij ook het ministerie van EL&I aanwezig was, heeft Frisia in november 2011 besloten de toekomstige zoutwinning te baseren op het MMA, in plaats van VKA67/33. Op 2 januari 2012 heeft de Minister van EL&I bij besluit met kenmerk ETM/EM/11110679 een winningsvergunning voor zout in het gebied Havenmond verleend. De vergunning geldt vanaf 3 januari 2012 tot 40 jaar na het tijdstip waarop zij onherroepelijk is geworden.

Het nu voorliggende winningsplan heeft betrekking op de winningsvergunning Havenmond. De zoutwinning geschiedt door middel van oplosmijnbouw, waarbij er in de zoutlaag pekel gevulde holruimten (cavernes) ontstaan. De ervaring met mijnbouwkundige technieken, die is opgedaan in de huidige winningsgebieden Barradeel en Barradeel II, komt in Havenmond volledig van pas.

De van toepassing zijnde artikelen in de Mijnbouwwet (Mbw) en het Mijnbouwbesluit (Mbb) zijn gegroepeerd in de hoofdstukken Voorkomen (Hoofdstuk 2), Productie (Hoofdstuk 3), Bodembeweging (Hoofdstuk 4) en Kosten (Hoofdstuk 5). In iedere paragraaf wordt verwezen naar het betreffende artikel in de wet of het besluit. In hoofdstuk 6 zijn de referenties opgenomen, waarnaar in de tekst verwezen wordt. Het winningsplan besluit met negen bijlagen.

De in bijlage 3B en hoofdstuk 5 verstrekte kosten op jaarbasis zijn uit oogpunt van concurrentie strikt vertrouwelijk.

2 Voorkomen

2.1 Structuur van de zoutlaag en geplande positie van cavernes

Artikel 25, lid 1 onder a, Mbb, vraagt om een beschrijving van de structuur van de zoutlaag waaruit gewonnen wordt en van de ligging van de zoutlaag ten opzichte van de andere aardlagen met bijbehorende geologische, geofysische en rheomorfologische studies en de daarbij gehanteerde onzekerheidsanalyses.

De geologische formaties waarin het steenzout wordt aangetroffen maken deel uit van de Zechstein groep, behorende tot het Perm Tijdvlak. Het betreft hier algemeen in Noord-Nederland aanwezige zoutafzettingen bestaande uit Zechstein 2 (Stassfurt) en Zechstein 3 (Leine) steenzout.

De Zechstein Groep is een complex gelaagde en vaak geplooide structuur, waarin behalve steenzout diverse andere evaporieten (indampingsgesteenten) in lagen onder en boven en tussen het steenzout zijn afgezet, zoals anhydriet, carbonaat, kali-magnesiumzouten en zoutklei. Productie uit de cavernes BAS-1, BAS-2, BAS-3 en BAS-4 toont aan dat het steenzout zeer zuiver is. In het vergunninggebied Havenmond heeft de Zechstein Groep een dikte variërend van 700 m tot 1100 m en de top is globaal gelegen tussen 2300 m en 2600 m beneden NAP, zoals de kaarten in de Figuren 1 en 2 van bijlage 2 laten zien (ref.8). In deze kaarten zijn ook de geplande posities van de vier cavernes uit het MMA getoond (ref.1). In Figuur 3 van bijlage 2 is de ligging van de zoutlaag ten opzichte van de andere aardlagen in kaart gebracht.

In de top van de Stassfurt zoutlaag bevindt zich een ongeveer 40 m dikke carnalliethoudende zoutlaag. Carnalliet is een magnesium-kaliumchloride zout, dat een veel hogere oplosbaarheid heeft dan steenzout (natriumchloride, ofwel NaCl). Indien carnalliet in aanraking komt met de NaCl-pekel in de caverne, waaruit Frisia steenzout wint, gaat carnalliet preferentieel in oplossing en wordt de pekel onbruikbaar voor de huidige producten, die Frisia op de markt brengt. Het dak van de cavernes wordt daarom enkele tientallen meters beneden de carnalliethoudende zoutlaag gehouden.

Het kaartmateriaal van bijlage 2 bevat aanwijzingen dat er breukzones zijn aan de onderzijde van de te ontginnen zoutformaties. De beschrijving van het zoutvoorkomen is gebaseerd op door de Rijksgeologische Dienst (nu TNO Bouw en Ondergrond) vrijgegeven seismisch onderzoek en vrijgegeven resultaten van omliggende boringen. De cavernes zullen op voldoende afstand van deze breukzones geplaatst worden om een voldoende stabiele zoutbodem onder de cavernes te waarborgen. In de detailontwerpfase van het Havenmond project worden de seismische gegevens en eerdere boorgatgegevens opnieuw geëvalueerd ('risk assessment') om een zo goed mogelijke beschrijving van de geologie te verkrijgen en de positie van de geplande cavernes te optimaliseren. Op basis van een analyse van de boorgatgegevens, die tijdens een Havenmond boring worden verkregen, zal de uiteindelijke positie van de caverne worden bepaald. Daarmee is het risico als gevolg van geologische onzekerheid voldoende afgedekt.

Een verdere geologische bijzonderheid is dat zich ten zuidwesten van de geplande cavernes een aantal mogelijk gasvoerende structuren bevindt, met name in de Vlieland en Buntzandsteen gesteentelagen boven de Zechstein Groep. Ook de carbonaten binnen de Zechstein Groep kunnen in principe gasvoerend zijn, hoewel dit niet het geval is in de meest nabij liggende zoutboringen BAS-1 en BAS-2, de magnesiumzoutboring BAR-NE-01 en de gasboringen PBR-01 en SLK-01. Er is in het verleden reeds overleg gevoerd over de mogelijk gasvoerende structuren met de toenmalige concessionaris Elf Petroland BV (nu Vermilion Oil and Gas Netherlands BV).

2.2 Verwachte hoeveelheid aanwezige delfstoffen en de ligging ervan

Artikel 35, lid 1 onder a, Mbw vraagt om de verwachte hoeveelheid aanwezige delfstoffen en de ligging ervan.

Er zal zout gewonnen worden uit de Zechstein 2 formatie (Stassfurt). Deze heeft een totale dikte van circa 600 m tot meer dan 1000 m, waarvan een hoogtekolom van 400 tot 600 meter netto winbaar is. In het resterende, bovenste deel bevindt zich onder andere een carnalliethoudende zoutlaag, die niet gewonnen zal worden. Het vergunde gebied heeft een oppervlakte van 32 km^2. De aanwezige hoeveelheid steenzout is dus minimaal 12,8 km^3, ofwel circa 28 miljard ton steenzout. Hiervan is slechts een fractie netto winbaar, omdat er (Pleistocene) bodemdaling als gevolg van de zoutwinning optreedt, waarvoor slechts een beperkte gebruiksruimte in het kombergingsgebied Vlie beschikbaar is. De bodemdaling strekt zich voor een klein deel uit in het kombergingsgebied Marsdiep, waardoor de belasting van de gebruiksruimte van Marsdiep gering is.

2.3 Verwachte hoeveelheid te winnen pekel en zout en samenstelling van het te winnen zout

Artikel 25, lid 1 onder b, Mbb, vraagt om een opgaaf van de te verwachten hoeveelheid te winnen pekel en zout en de samenstelling van het te winnen zout.

Frisia streeft momenteel naar een gemiddelde netto fabrieksproductie van circa 1,2 miljoen ton zout per jaar, waarvoor gemiddeld een bruto zoutextractie van 1,35 miljoen ton per jaar nodig is. De overmaat van ongeveer 10% zout is nodig om spuiverliezen tijdens het productieproces te compenseren. De bruto zoutbehoefte komt overeen met een ruwe pekelproductie van ongeveer 4,4 miljoen m^3/jaar, ofwel circa 550 m^3 pekel/uur. Zodra in de toekomst de zoutfabriek geoptimaliseerd is, kan 1,4 miljoen ton zout per jaar geproduceerd worden, waardoor Frisia dan een maximum zoutbehoefte van circa 1,56 miljoen ton per jaar heeft. Daarom vraag Frisia Zout een bebruiksbelasting vanaf de start van de winning aan voor 1,56 miljoen ton zout per jaar.

Het meest recente zeespiegelstijgingscenario (zie ref.12, beschikbaar gekomen na het MER, en bijlage 8) en het algemeen aanvaarde meegroeivermogen van de Waddenzee leiden tot een bepaalde gebruiksruimte, waarbinnen de bodemdaling door zoutwinning kan worden opgevangen door het natuurlijke herstelvermogen van de Waddenzee. De figuur in bijlage 3A geeft een conservatieve planning voor de zoutproductie uit Havenmond in de periode 2014-2051. De tabel in bijlage 3B (vertrouwelijk) specificeert de ermee gemoeide kosten. In eerste instantie worden in Havenmond twee cavernes aangelegd. Aan één caverne kan op jaarbasis maximaal ongeveer 700.000 ton zout onttrokken worden. Er zijn dus minstens twee cavernes nodig om de totale jaarlijkse zoutbehoefte af te dekken. Bovendien is voor het waarborgen van de leveringszekerheid, dan wel voor het effectueren van het “Hand aan de kraan principe” (zie § 4.1.1 en 4.3.2) een derde ‘stand-by’ caverne buiten het Havenmond gebied noodzakelijk. Deze bevindt zich in het winningsgebied Barradeel II (tot 31-12-2021).

Frisia beoogt momenteel in Havenmond een zoutproductie van 32 miljoen ton en verwacht tussen 8 tot 10 miljoen ton zout per caverne te kunnen winnen, vandaar dat 4 cavernes gepland worden. Naar analogie van de besluitvorming rond gaswinning in de Waddenzee verwacht Frisia dat in een ministeriële besluit over dit winningsplan de gebruiksruimten van de kombergingsgebieden Vlie en Marsdiep voor de periode 1 januari 2011 tot 1 januari 2016 zullen worden vastgelegd. Voor de periode na 1 januari 2016 geldt een richtscenario voor de zeespiegelstijging (ref.12) en derhalve een richtscenario voor de gebruiksruimten. Elke vijf jaar vind een herevaluatie van de zeespiegelstijging in de Waddenzee plaats en worden op basis van een herziening van het zeespiegelstijgingsscenario de gebruiksruimten voor de volgende vijf jaar vastgelegd met een nieuw richtscenario voor de periode daarna. Frisia neemt zich voor na elke formele revisie van het zeespiegelstijgingscenario voor de Waddenzee een analyse van de resterende gebruiksruimte te maken en te beoordelen of de productie volgens de planning in bijlage 3 kan worden voortgezet (zie ook §§ 3.2.2 en 4.1.1). Mocht het zeespiegelstijgingscenario in de toekomst additionele gebruiksruimte opleveren, is Frisia voornemens om uit een caverne de geschatte maximale hoeveelheid van 10 miljoen ton zout te winnen.

De gemiddelde samenstelling van de ruwe pekel, zoals in 2011 geproduceerd uit Frisia caverne BAS-4, is in Tabel 1 gegeven. Verwacht wordt dat de samenstelling van de pekel gewonnen uit de Havenmond cavernes van vergelijkbare samenstelling zal zijn.

NaCl	g/l	305
Kalium	mg/l	900
Calcium	mg/l	940
Magnesium	mg/l	340
Sulfaat	mg/l	4400

Tabel 1. Verwachte gemiddelde samenstelling ruwe pekel Havenmond

3 Productie

3.1 Voorbereiding

3.1.1 Beschrijving van het mijnbouwwerk en de ligging daarvan

Artikel 24, lid 1 onder d, Mbb, vraagt om een beschrijving van het mijnbouwwerk en de ligging ervan.

Het gebied van de winningsvergunning 'Havenmond' is geheel buitendijks gelegen voor de kust van Harlingen (zie bijlage 1) in de gemeenten Harlingen en Terschelling en wordt omsloten door de punten:

A: X = 154.520 Y = 575.510
B: X = 157.190 Y = 583.050
C: X = 153.420 Y = 584.380
D: X = 150.750 Y = 576.850

Het gebied heeft een oppervlakte van 32 km^2 en ligt geheel binnen het kombergingsgebied Vlie van de Waddenzee.

Vanuit een boorlocatie, die aangelegd wordt aan de noordkant van het huidige terrein van de zoutfabriek van Frisia te Harlingen, worden gefaseerd vier sterk gedevieerde boringen verricht naar het centrale deel van het bovenstaande vergunninggebied. Als voorlopige oppervlaktelocatie van de boringen wordt genomen: X= 157.610 en Y= 578.000 (in RD coördinaten).

3.1.2 Aantal boorgaten bij winning gebruikt en de volgorde en het tijdsbestek van het maken van de boorgaten

Artikel 24, lid 1 onder e, Mbb vraagt om een opgaaf van het aantal boorgaten dat bij de winning gebruikt wordt. Artikel 24, lid 1 onder f, Mbb, vraagt om een opgaaf van de volgorde en het tijdsbestek van het maken van de boorgaten.

Er worden vier boringen voorzien, HM-1, HM-2, HM-3 en HM-1-SDTR. De laatste boring is een afgeleide boring vanuit boorput HM-1, waarvoor eerst de caverne HM-1 aan het einde van haar productieperiode definitief wordt verlaten.

De ligging van de vier cavernes is weergegeven op de kaarten in de bijlagen 2 en 6. De ligging van de cavernes wordt bepaald door de momenteel maximaal haalbare boorafstand van ca. 3750 m in een horizontale richting vanuit de boorlocatie. De cavernes liggen dus boortechnisch maximaal ver buitendijks. De onderlinge afstand tussen de cavernes bedraagt circa 500 -1000 m, op een as parallel aan de kustlijn, met het doel de gecombineerde maximale bodemdaling op de waterkerende zeedijk zoveel mogelijk te beperken.

De geografische positie (in RD coördinaten) van de schoen van de laatst gecementeerde casing is als volgt gepland, met een nauwkeurigheid van enkele honderden meters:

HM-1: X= 154.363; Y= 579.688
HM-2: X= 155.019; Y= 580.443
HM-3: X= 153.930; Y= 578.787
HM-1-SDTR: X= 153.945; Y= 579.963.

Het tijdsbestek van de boringen is afhankelijk van productiescenario's, van de operationele omstandigheden in de lopende vergunningen en van de ontwikkeling van de gebruiksruimten in de kombergingsgebieden Vlie en Marsdiep. Het aanleggen van een boring duurt 2 tot 5 maanden.

3.1.3 Aanvangstijdstip en duur van de winning

Artikel 35, lid 1 onder b, Mbw, vraagt om het aanvangstijdstip en de duur van de winning.

Op basis van de huidige planning wordt de eerste boring HM-1 in 2015 verricht en de caverne produceert ongeveer 15 jaar zout. De tweede boring HM-2 staat gepland in 2020 en produceert eveneens ongeveer 15 jaar. Na 2026 wordt caverne HM-3 aangelegd, die ook 15 jaar produceert. Tenslotte wordt bij voldoende gebruiksruimte na 2031 een nieuwe caverne aangelegd door middel van een afgeleide boring vanuit boorput HM-1. Zodoende wordt het einde van de actieve winning voorzien circa 15 jaar na aanvang van de winning uit de caverne HM-1-SDTR, afhankelijk van productievolumes en scenario's van zeespiegelstijging. Het nu voorliggende winningsplan beslaat de periode 2014-2051 (looptijd winningsvergunning 40 jaar gerekend vanaf 2012).

3.1.4 Ligging, lengte en diameter van de verbuizing van de boorgaten

Artikel 24, lid 1 onder g, Mbb, vraagt om een opgaaf van de ligging, lengte en diameter van de verbuizing van de boorgaten.

In bijlage 4 zijn voor boring HM-1 het geplande boortraject en het verbuizingsschema getoond. Het schema voor de overige boringen is vooralsnog identiek, maar eventuele aanpassingen op basis van ervaring met HM-1 zijn mogelijk. Voor de toegepaste techniek heeft de bestaande, sterk gedevieerde Frisia put BAS-3 als prototype gediend. De ervaringen bij het boren van BAS-3 hebben ertoe geleid dat er een extra mantelbuis (16") in het verbuizingsschema is opgenomen. De verbuizing is concentrisch opgebouwd. De binnenste buis dient voor waterinjectie in de zoutlaag, de eerste ringruimte (annulus) dient voor de productie van verzadigde pekel, de tweede ringruimte voor het aanbrengen van een beschermende olielaag ('oil blanket') in het dak van de met pekel gevulde caverne. De precieze cementeringsdiepte van de onderste casingschoen is afhankelijk van de diepte, waarop de carnalliethoudende zoutlaag feitelijk in de boring wordt aangetroffen. Dat gegeven kan op het moment van boren nog leiden tot een aanpassing van de cementeringsdiepte.

De zoutwinning vindt gedurende de productieperiode voornamelijk plaats in de zogenaamde directe modus, d.w.z. de positie waar water in de caverne wordt geïnjecteerd ligt beneden het niveau, waarop de pekelproductie uit de caverne plaatsvindt.

Gezien het gedevieerde karakter van de put zal tijdens het boren het zouttraject niet worden gekernd. De zoutsectie zal met op olie gebaseerde spoeling geboord worden, waarbij representatieve boorgruismonsters genomen zullen worden en het interval zal volledig geëvalueerd worden door middel van (hoge resolutie) boorgatmetingen.

3.2 Winning

3.2.1 Wijze van winning alsmede daarmee verband houdende activiteiten

Artikel 35, lid 1 onder c, Mbw, en artikel 24, lid 1 onder c, Mbb, vragen om een beschrijving van de wijze van winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten.

Frisia wint het steenzout door middel van oplosmijnbouw. Daarbij wordt via een boorput water in de zoutlaag (Zechstein 2, Stassfurt) gepompt. Het aanwezige zout lost op in het water, waardoor verzadigde pekel ontstaat en een met pekel gevulde caverne. De pekel wordt geproduceerd door

verdringing met injectiewater. Met hogedrukpompen wordt het water met een druk van circa 60 tot 150 bar in de boorput gepompt, afhankelijk van het gewenste debiet (200 - 500 m^3/uur per caverne) en de pekeluitstroomdruk. Bij normaal bedrijf zal een zo laag mogelijke druk in de cavernes gehandhaafd worden om het energieverbruik van de waterinjectie te minimaliseren.

Ter beheersing van de ontwikkeling van de hoogte van de caverne wordt met behulp van dieselolie een zogenaamde 'harde oliespiegel' aangebracht. De oliespiegel bevindt zich in het dak van de caverne, vormt een onoplosbare laag en dwingt de zoutoplossing in zijwaartse richting. De positie (diepte) van de oliespiegel wordt regelmatig gecontroleerd via in-situ metingen en drukregistraties aan de putmond.

De ontwikkeling van de caverne vindt in verschillende fasen plaats. In de eerste fase wordt een 'undercut' gemaakt met een zo groot mogelijke doorsnede. Deze doorsnede zal op basis van ervaringen met de huidige Frisia cavernes typisch tussen de 50 en 75 m bedragen. Dit onderste deel van de caverne (zg. 'sump') is bedoeld om niet-oplosbare bestanddelen uit de opgeloste zoutlaag te bergen. In de volgende productiefasen wordt het niveau van de oliespiegel stapsgewijs opgetrokken en de schoendiepte van de productieverbuizingen gewijzigd totdat voldoende cavernehoogte en cavernevolume zijn gecreëerd voor langdurige zgn. ' steady state mining', zoals in het navolgende beschreven.

Een factor, die op de winning een grote invloed heeft, is de zoutkruip. De cavernes bevinden zich op een diepte van 2,5 tot 3 km. Vanwege de daar heersende hoge gesteentedrukken en temperaturen (circa 100 °C) kan het zout relatief gemakkelijk in de richting van de caverne kruipen. In de pekelgevulde cavernes heerst in de winningfase een aanzienlijk lagere druk dan in het omringende zoutgesteente. De zoutkruip neemt toe naarmate de caverne groter wordt. Na 2-3 jaar is de oplossnelheid van het zout vrijwel gelijk aan de toestroom van zout. Het cavernevolume neemt dan ondanks de zoutwinning niet meer toe en de caverne bevindt zich in een dynamisch stabiele toestand ('steady state mining'). Het mechanisme van de zoutwinning is in de figuur van bijlage 5 getoond. De cavernes worden ontwikkeld tot een steady state volume dat aansluit bij het maximaal geplande loogdebiet. Bij lagere debieten wordt er een kleine tegendruk gehandhaafd ter compensatie van de lagere dynamische drukval in het uitstroompad. Bij een maximale extractiesnelheid van circa 500 m^3/uur per caverne wordt een 'steady state' cavernediameter verwacht van ongeveer 75 m en een cavernevolume van ca. 750.000 - 1.250.000 m^3. De zoutkruip vertaalt zich vrijwel zonder vertraging in bodemdaling aan bovengrond.

Het onoplosbare materiaal verzamelt zich in de onderzijde van de caverne. Hierdoor is het noodzakelijk dat het actieve winninginterval over tijd naar boven verlegd wordt. Aan het einde van de winningfase komt de bovenzijde van de caverne in de nabijheid van de carnalliethoudende zoutlaag. Deze zoutlaag mag niet in contact komen met de pekelgevulde caverne, omdat dit de samenstelling van de pekel zodanig verandert, dat zij niet meer geschikt is voor het huidige proces in de fabriek. De minimale dikte van de steenzoutlaag tussen de bovenzijde van de caverne en de carnalliethoudende laag (de zgn. dakdikte) is afhankelijk van de geometrie van de caverne, met name de diameter van het cavernedak. De minimale dikte zal bepaald worden aan de hand van gesteentemechanische analyses en ervaringen in de bestaande cavernes. De positie en dikte van de carnalliethoudende zoutlaag ter plaatse is nauwkeurig bekend uit de boorgatmetingen.

Controle op de gewenste ontwikkeling van de caverne geschiedt door het opstellen van massabalansen, het uitvoeren van drukmetingen aan de putmond, de chemische analyse van de ruwe pekel en het uitvoeren van metingen in de caverne, zoals het meten van het niveau van de oliespiegel in het dak en akoestische holruimtemetingen, waarmee het gehele open volume van de caverne in beeld gebracht kan worden.

Op het fabrieksterrein van Frisia in Harlingen wordt een pompstation ingericht. De wateraanvoer en pekelafvoer worden op het reeds bestaande systeem aangesloten.

3.2.2 Hoeveelheid jaarlijks te winnen delfstoffen

Artikel 35, lid 1onder d, Mbw, vraagt om een opgaaf van de hoeveelheden jaarlijks te winnen delfstoffen.

De hoeveelheid jaarlijks te winnen delfstoffen wordt bepaald door de vraag uit de markt en de capaciteit van de zoutfabriek. In de figuur van bijlage 3A en de tabel van bijlage 3B staat de geplande hoeveelheid jaarlijks uit Havenmond te winnen zout. De gemiddeld benodigde bruto hoeveelheid zout is 1,35 miljoen ton per jaar. De minimale bruto jaarproductie bedraagt 0,82 miljoen ton (mede bepaald door de WKC warmtelevering). De maximaal per jaar verwerkbare zouthoeveelheid, na 'debottlenecking' van de fabriek, bedraagt 1,56 miljoen ton. Na een aanloopperiode van 1 - 2 jaar kan per caverne circa 0,7 miljoen ton zout per jaar geproduceerd worden. Caverne HM-1 is naar verwachting in 2016 volledig producerend gedurende een periode van ongeveer 15 jaar. De aanleg van caverne HM-2 is gepland in 2020, cavernes HM-3 en HM-1-SDTR zijn na 2026, respectievelijk 2032 gepland. Deze cavernes volgen een met caverne HM-1 vergelijkbaar productieprofiel.

3.2.3 Beschrijving van de ligging en de vorm van de holruimte tijdens en na de winning

Artikel 25, lid 1 onder c, Mbb, vraagt om een beschrijving van de ligging en de vorm van de holruimte tijdens en na de winning.

Ligging en vorm van de cavernes worden bepaald door een aantal factoren, zoals de locale geologie, de gesteentemechanische overwegingen en randvoorwaarden (met name de Pleistocene bodemdaling) en de toegepaste productiemethode. In § 3.2.1 is beschreven hoe de caverne-ontwikkeling beheerst wordt.

Regelmatig vinden akoestische holruimtemetingen plaats. Deze metingen worden in kaart gebracht en geven zo een tijdsbeeld van de zich ontwikkelende cavernevorm en het cavernevolume. Een belangrijk onderdeel van de metingen is het volgen van de vorm van de bovenzijde van de caverne. Hieruit kan men afleiden of de oliespiegel de uitloging van zout naar boven volgens plan afremt en of de cavernhals een juiste vorm heeft.

De holruimtemetingen vinden plaats op basis van een meetplan, conform artikel 33, Mbb.

3.2.4 Buitengebruikstelling na beëindiging van de winning

Artikel 25, lid 1 onder f, Mbb, vraagt om een beschrijving van de wijze waarop de holruimte na beëindiging van de winning buiten gebruik wordt gesteld.

Het buiten gebruik stellen van met pekel gevulde cavernes is al tientallen jaren een onderwerp van uitgebreid wetenschappelijk onderzoek, dat met name door het Solution Mining Research Institute (SMRI) wordt gestimuleerd en gesponsord. Voor ondieper gelegen cavernes (minder dan 2000 m) met een beperkte zoutdikte tussen de bovenkant van de caverne en de top van het zout, wordt er algemeen geadviseerd om tijdens een periode van 4 tot 7 jaar een druk te handhaven in de caverne die onder de gesteentesterkte ligt nabij de diepst gecementeerde mantelbuis. Na de actieve mijnfase is de temperatuur van de pekel in de caverne in het algemeen lager dan de temperatuur in de omgeving van de caverne. Na het insluiten neemt het pekelvolume door opwarming toe en de caverne verkleint zich nog ietwat als gevolg van zoutkruip.

Frisia voert vanaf eind 2004 een monitoringproject uit in caverne BAS-2 om het gedrag van een direct ingesloten caverne op grote diepte te bestuderen. De tussentijdse resultaten van dit onderzoek zijn in 2009 gepresenteerd aan het SMRI (ref.3). Daarnaast gaat Frisia op korte termijn de caverne BAS-3 insluiten. Deze caverne heeft een groter ingesloten volume dan caverne BAS-2. Om zoveel mogelijk onzekerheid rond de onmiddellijke definitieve afsluiting van een caverne weg te nemen heeft Frisia sinds medio 2009 een team van experts geraadpleegd en de relevante wetenschappelijke literatuur laten bestuderen. Uit deze inventariserende studies zijn twee onderzoeksrapporten (refs.6, 7) voortgekomen. Deze rapporten tonen aan dat het verlaten van

caverne BAS-3 op de korte en lange termijn geen schadelijke gevolgen op de omgeving zal hebben. Beide rapporten heeft Frisia bij brief van 25 februari 2011 met kenmerk 2011/EL&I 25.02 aangeboden aan het ministerie van EL&I.

Op basis van bovengenoemde onderzoeken heeft Frisia het definitieve afsluitplan voor een diepe caverne geformuleerd. De ervaringen met diepe cavernes hebben geleerd dat het onmiddellijk insluiten na de winningfase in de typische omstandigheden die zich voordoen bij Frisia geen specifiek nadelige invloeden heeft voor de stabiliteit van de caverne. De Frisia cavernes zijn in vergelijking met het gewonnen volume aan zout relatief klein. De snelheid van pekelvolume-expansie ten gevolge van thermische uitzetting en de afname van cavernevolume door zoutkruip bij nagenoeg lithostatische pekeldruk zijn zodanig klein dat het uitermate onwaarschijnlijk is dat er breukvorming optreedt. Het overtollige pekelvolume verspreidt zich in het bovenliggende zout via een permeatieproces, het doorsijpelen van pekel via kristalvlakken. Daarbij voorkomt de honderden meters dikke zoutlaag boven de caverne dat er aanmerkelijke hoeveelheden pekel kunnen doorsijpelen naar gesteentelagen boven het zout. Het permeatieproces speelt zich af op een diepte van ca. 2.5 km, op een tijdschaal van honderden tot duizenden jaren, zodat dit proces niet leidt tot aantoonbare bodemdaling.

Op basis van de Frisia ervaringen en studies wordt het verantwoord geacht om de cavernes onmiddellijk na de actieve winning definitief af te sluiten, waarna de boring zelf eventueel nog hergebruikt kan worden voor het aanleggen van een of meer vervangende cavernes door middel van een 'sidetrack', bijvoorbeeld in het geval dat de beoogde zouthoeveelheden door onvoorziene omstandigheden in de originele cavernes niet gehaald blijken te worden, of de gebruiksruimte meer winning toelaat. In dit winningplan is een dergelijke 'sidetrack' voorzien om de caverne HM-1-SDTR te ontwikkelen.

In hoofdstuk 3.3 Gesteentemechanica van dit winningsplan wordt dieper ingegaan op de relevante aspecten, die een rol spelen bij het milieu- en mijnbouwtechnisch veilig verlaten van pekelgevulde cavernes in de diepe ondergrond.

Het definitieve afsluiten van de boorputten en het opruimen van de boorlocatie zal te zijner tijd geregeld worden in het kader van een 'sluitingsplan' conform de artikelen 39 en 40, Mbb.

3.2.5 Hoeveelheid stoffen die jaarlijks bij de winning worden geïnjecteerd

Artikel 25, lid 1 onder e, Mbb, vraagt om een opgaaf van de hoeveelheden stoffen, die jaarlijks bij de winning worden geïnjecteerd.

Zoals beschreven in § 3.2.1 wordt bij de ontwikkeling van een caverne een oliespiegel in het dak van de caverne aangebracht. Daartoe wordt dieselolie als mijnbouwhulpstof gebruikt. Per caverne wordt, afhankelijk van de ontwikkelingsfase, stapsgewijs dieselolie geïnjecteerd. In de beginfase bevat een caverne circa 140 m^3 olie, in de eindfase mogelijk vele honderden m^3 (450- 1400 m^3), afhankelijk van de behoefte aan bescherming van het cavernedak tegen ongewenste uitloging. Na beëindiging van de actieve winning en voorafgaande aan de bovengenoemde observatieperiode wordt de olie teruggehaald uit de caverne en hergebruikt in andere cavernes.

Daarnaast wordt ten behoeve van het uitloogproces uiteraard een grote hoeveelheid water in de caverne geïnjecteerd, namelijk ongeveer 3,5 m^3 water per ton geproduceerd zout. Dit water is grotendeels afkomstig uit de zoutfabriek in de vorm van condenswater, aangevuld met gefilterd water uit het Van Harinxmakanaal. Ook op de locatie opgevangen regenwater en spoelwater kunnen in een caverne worden teruggevoerd.

3.3 Gesteentemechanica

3.3.1 Gesteentemechanische berekeningen van de stabiliteit van de holruimte tijdens en na de winning.

Artikel 25, lid 1 onder d, Mbb, vraagt om een opgaaf van de gesteentemechanische berekeningen van de stabiliteit van de holruimte tijdens en na de winning.

Tijdens de winningfase heerst er in de caverne een drukregime, dat wordt bepaald door de diepte, de dichtheid van de vloeistoffen en de verhouding tussen injectie- en productievolume. De laagst mogelijke druk in de caverne is gelijk aan de gewichtskolom van pekel. Verzadigde pekel heeft een soortelijk gewicht van 1200 kg/m^3, zodat op een referentiediepte van 3000 m de hydrostatische druk minimaal 360 bar bedraagt. De hoogste druk in de caverne wordt bepaald door de gesteentedruk. De gemiddelde gesteentedichtheid van het 3000 m dikke gesteente- en grondpakket is ongeveer 2150 kg/m^3, wat een lithostatische druk in de zoutlaag van 645 bar op 3000 m diepte oplevert. De werkelijke druk in de caverne ligt tussen beide bovengenoemde drukken in, afhankelijk van de productieomstandigheden.

Tijdens pekelproductie ligt de druk een tiental bar boven de statische pekeldruk om stromingsverliezen in de verbuizing te compenseren. Gedurende productiestops zal de cavernedruk oplopen en tenderen naar de gesteentedruk. Gedurende normale productie heerst er dus een groot drukverschil (een onderdruk) van ongeveer 250 bar op 3000 m diepte tussen de pekeldruk en de druk in het zout. Omdat steenzout een plastisch materiaal is, vooral bij de hoge temperaturen van ongeveer 100 °C ter plaatse, komt een volumestroom van zout in de richting van de caverne op gang (zoutkruip genaamd) en treedt er caverneconvergentie op. Naar analogie van de huidige cavernes BAS-1 t/m 4 zullen de zoutkruip en convergentie groot zijn. Er staan geen aanvullende gesteentemechanische onderzoeken aan het steenzout uit de Havenmond putten gepland, omdat men in het boortechnisch meest gunstige geval alleen over enige 'side wall' zoutmonsters kan beschikken, die vanwege de kleine afmetingen geen representatieve kruipeigenschappen zullen opleveren. Gezien de grote geologische overeenkomsten tussen de zoutlagen en deklagen in het Havenmond gebied en het winningsgebied van de cavernes BAS-1 t/m 4 zullen de Havenmond cavernes dezelfde stabiliteit bezitten als de BAS-cavernes. De caverneconvergentie vertaalt zich vrijwel direct in bodemdaling en na een aanloopperiode van enkele jaren is de oplossnelheid van het zout ongeveer gelijk aan de toestroom van zout. De cavernes kunnen in de volledig operationele fase bij een debiet van circa 400 – 500 m^3/uur een doorsnede van ongeveer 75 m en een volume van circa 750.000 - 1.250.000 m^3 bereiken.

Boven in het dak van de cavernes bevindt zich een carnalliethoudende zoutlaag. Tijdens de winningfase wordt het carnalliethoudende zout van de caverne afgeschermd door een stabiele laag steenzout in het cavernedak en een oliespiegel. Bij het definitief verlaten van de caverne na de winningfase wordt de olielaag uit de caverne verwijderd en hergebruikt in andere cavernes. Om het oplossen van carnalliet na het verlaten van de caverne tegen te gaan wordt een laag steenzout in het cavernedak onaangetast gelaten. De minimaal benodigde dikte zal bepaald worden aan de hand van een gesteentemechanische analyse en ervaringen in de huidige cavernes BAS-1 t/m 4. Recentelijk heeft zich in de eerder uit productie genomen, maar nog niet afgesloten caverne BAS-3 door omstandigheden de situatie voorgedaan, dat de dikte van het resterende zoutdak lokaal te gering was geworden. De pekel in de caverne is in contact gekomen met de carnalliethoudende zoutlaag. De consequenties van dit voorval zijn dat de carnallietlaag preferentieel oplost en de pekel carnallitisch wordt onder vorming van een precipitaat van steenzoutkristallen op de bodem van de caverne. De caverne slipt dicht en er ontstaat een nieuwe plattere caverne met een geringer volume in de carnallietlaag. Dit conversieproces met zijn mogelijke gevolgen is door Frisia uitgebreid bestudeerd en beschreven in twee rapporten (refs.6, 14), waarbij de conclusie is dat er geen onacceptabele risico's aan verbonden zijn. Uit continue GPS metingen boven de caverne BAS-3 blijkt dat er gedurende het conversieproces geen aantoonbare bodemdaling is opgetreden.

Na afsluiting van een caverne stijgt de druk in de pekelgevulde caverne in de loop van de tijd van hydrostatisch naar lithostatisch. Die drukstijging is hoofdzakelijk het gevolg van twee factoren: zoutkruip en temperatuurstijging van de pekel in de caverne. Aanvankelijk wordt de drukstijging voornamelijk veroorzaakt door zoutkruip, de onderdruk in de caverne wordt daardoor minder en het kruipproces vertraagt..

De pekeltemperatuur in de caverne ten tijde van afsluiting bedraagt minimaal 55 °C. Ook het omliggende zout is ietwat afgekoeld. Oorspronkelijk heerste op de cavernediepte een temperatuur van circa 100 °C. Het herstel naar een geothermische evenwicht zal vele jaren in beslag nemen. Na afsluiting stijgt de temperatuur van het zout en de pekel geleidelijk, de pekel zet uit en de cavernedruk stijgt. Een vaak gehanteerd richtgetal is dat een verhoging van 1°C een druktoename van 10 bar veroorzaakt. Zodra de pekeldruk in de afgesloten caverne de lithostatische druk bereikt, wordt de permeabiliteit van het zoutgesteente echter groter, pekel wordt verdrongen in het gesteente, waardoor de cavernedruk gedurende het opwarmingsproces niet verder zal stijgen dan ongeveer de locaal heersende lithostatische druk (zie refs.3 en 6). Het geleidelijke permeatieproces voorkomt breukvorming in het zoutgesteente rond de caverne en waarborgt de stabiliteit van de caverne.

Het gedrag van de cavernes na definitieve afsluiting is uitgebreid bestudeerd door Frisia vanwege het verlaten van cavernes in de Barradeel en Barradeel II winningsvergunningen (refs.6, 7). De studieresultaten geven aan dat het risico voor schadelijke effecten en meetbare naijlende daling uiterst gering is; deze resultaten worden ook representatief geacht voor de Havenmond cavernes.

Dat na het beëindigen van de productie de bodemdaling vrijwel direct stopt is in de praktijk aangetoond voor de cavernes BAS-1 en BAS-2. Caverne BAS-2 is sinds 2004 onder hoge druk ingesloten. Vanaf einde 2004 is de actieve zoutproductie uit BAS-1 beëindigd en sinds september 2008 is de caverne onder bijna-lithostatische druk ingesloten. Vanaf 2007 toont de trendlijn van de continue GPS-metingen op de winlocatie Barradeel aan dat de bodemdalingtoename boven de cavernes BAS-1 en 2 langzaam afneemt en eind 2011 gestopt is (ref.17).

4 Bodembewegingen en bodemtrillingen

4.1 Bodembeweging

4.1.1 Bodembeweging ten gevolge van de winning en de maatregelen ter voorkoming van schade door bodembeweging

Artikel 35, lid 1 onder f, Mbw, vraagt om een beschrijving van de bodembeweging ten gevolge van de winning en maatregelen ter voorkoming van schade door bodembeweging.

De bodemdalingkommen, die door de Havenmond cavernes worden veroorzaakt, zullen een vorm hebben die vrijwel gelijk is aan die van de cavernes BAS-1 en BAS-2. Na ongeveer 3 - 4 jaar winning wordt de caverneconvergentie gelijk aan de oplossnelheid van het zout ('steady state'). De Pleistocene bodemdaling, die daar het gevolg van is, is goed te voorspellen, omdat de vorm en de inhoud van de kom behoorlijk vast liggen. De inhoud van de dalingskom wordt bepaald uit een volumebalans. De betrouwbaarheid van de theoretische dalingsmodellen is in de praktijk van de productie uit de cavernes BAS-1 t/m 4 voldoende aangetoond (ref.17).

Met als uitgangspunt de huidige productieplanning (het standaardscenario), die op jaarbasis is afgebeeld in bijlage 3A, is de te verwachten bodemdaling berekend. Het zout heeft een soortelijk gewicht van 2,16 ton/m^3. In bijlage 6 is de Pleistocene bodemdalingkom na afloop van 32 miljoen ton zoutproductie uit vier cavernes getoond. De bodemdalingkom is het cumulatieve eindresultaat van vier onderling verschoven bodemdalingkommen na afloop van 8 miljoen ton zoutproductie per caverne. Elke caverne heeft een openstaand eindvolume van 1 miljoen m^3. De cumulatieve daling in het diepste punt bedraagt 103 cm en het totale komvolume is 10,8 miljoen m^3.

In bijlage 7 is de te verwachten Pleistocene bodemdaling op jaarbasis getoond voor het diepste punt van de cumulatieve dalingskom voor twee varianten van het standaardscenario (ref.16). Hierbij is geen rekening gehouden met het feit dat de dalingskommen van de cavernes op enige afstand van elkaar liggen. Het totale dalingscijfer is de directe som van de bijdragen van de vier cavernes en is daardoor circa 5% groter dan berekend wordt met niet-samenvallende caverneposities. In de eerste variant ontstaat er tijdens de zoutproductie geen openstaand cavernevolume. In de tweede variant neemt het openstaande cavernevolume lineair met de tijd toe tot een eindvolume van 1 miljoen m^3 per caverne. De variant zonder groei van het cavernevolume geeft de maximaal mogelijke bodemdaling aan als gevolg van de zoutproductie ('worst case' scenario), maar heeft alleen werkelijkheidswaarde voor het geval dat de cavernes na productiebeëindiging met een minimaal eindvolume verlaten zouden moeten worden.

Als men rekent met openstaande cavernevolumes van 1 miljoen m^3 is het bodemdalingvolume bij identieke productiehoeveelheden significant kleiner. De cavernes zijn gevuld met verzadigde pekel, waarin ongeveer 1/7 deel van het zoutlichaam zit opgelost, waar zich nu de caverne bevindt. Aan elke caverne wordt dus 6/7 deel, ofwel 857.150 m^3 zout (1.855.715 ton), onttrokken zonder dat die hoeveelheid op dat moment bijdraagt aan bodemdaling. In geval van vier cavernes met elk een eindvolume van 1 miljoen m^3 draagt dus een geproduceerd zoutvolume van in totaal circa 3,4 miljoen m^3 niet bij aan de bodemdaling.

Naast het standaardscenario met twee varianten is ook de bodemdaling bij een minimum en maximum productiescenario (zie § 3.2.2) bestudeerd. In het minimum scenario wordt jaarlijks 0,82 miljoen ton zout gewonnen en in het maximum scenario 1,56 miljoen ton. Bij deze scenario's is per caverne met een openstaand eindvolume van 1 miljoen m^3 gerekend. De bodemdaling op jaarbasis is voor deze scenario's eveneens in de figuur van bijlage 7 weergegeven.

De bodemdaling manifesteert zich vrijwel volledig buitendijks. De daling van de waterkerende dijk zelf blijft beperkt tot enkele centimeters. De dalingskom in de Waddenzee bevindt zich grotendeels binnen het kombergingsgebied Vlie en voor de rest in het kombergingsgebied Marsdiep. Volgens het MER en het toetsingsadvies (refs.1, 2) is binnen de gebruiksruimte van het gebied Vlie geen sprake van milieuschade door bodembeweging. Uit studies blijkt dat het meegroeivermogen van zowel Vlie als Marsdiep 5 mm/jaar bedraagt (refs.5, 13).

Vanwege het voorzorgsbeginsel wordt bij de bepaling van de gebruiksruimte en de richtscenario's uitgegaan van de zeespiegelstijging en gerelateerde zeespiegelstijgingssnelheid volgens het 'high IPCC scenario' (80 cm stijging in een eeuw). Er treedt een afnemende trend op in de beschikbare gebruiksruimten. In bijlage 8 is de verwachte zeespiegelstijgingssnelheid getoond voor het hoge stijgingsscenario.

Uitgaande van de laatste herziening van het beleidsscenario voor de zeespiegelstijgingssnelheid ten behoeve van gaswinning onder de Waddenzee is in bijlage 9A getoond hoe volgens het richtscenario de gebruiksruimten van de kombergingsgebieden Vlie en Marsdiep zich in de loop van de tijd verkleinen en eind 2036 tot nul gereduceerd zijn (refs.12, 16). Een deel van de gebruiksruimte van kombergingsgebied Vlie wordt gebruikt door gaswinning uit het veld Zuidwal en de eventuele toekomstige gaswinning uit het Pollendam veld. Er is rekening gehouden met respectievelijk 0,12 mm/jaar en 0,10 mm/jaar, dus in totaal 0,22 mm/jaar, over de gehele lengte van de gebruiksruimte Vlie. Het is momenteel onbekend of en hoeveel belasting van de gebruiksruimte in kombergingsgebied Marsdiep optreedt vanwege bodemdaling door gaswinning. In de figuren 1 en 2 van bijlage 9A is de belasting van de gebruiksruimten van respectievelijk Vlie en Marsdiep door de toekomstige zoutwinning van Frisia voor het standaardscenario met cavernegroei in beeld gebracht. Volgens het huidige winningsplan Havenmond start de zoutproductie in 2015. Zoals figuur 1 van bijlage 9A aangeeft past het standaardscenario tot ongeveer het jaar 2028 geheel binnen het richtscenario voor de gebruiksruimte van kombergingsgebied Vlie. Vervolgens dient naar huidige inzichten de zoutproductie in de periode 2029 – 2034 naar nul afgebouwd te worden. Uit figuur 2 van bijlage 9 blijkt dat de zoutwinning nauwelijks gebruiksruimte vergt in het kombergingsgebied

Marsdiep. Voor eventuele bodemdaling door (toekomstige) gaswinning blijft de gehele gebruiksruimte van Marsdiep tot 2036 beschikbaar

In bijlage 9B is de belasting van de gebruiksruimte Vlie door de toekomstige zoutwinning van Frisia in beeld gebracht voor de bovengenoemde minimum en een maximum productiescenario's.

Maatregelen
Frisia heeft voor aanvang van de zoutwinning in Havenmond een document opgesteld, een meet- en regelprotocol (ref.16), waarin is uitgewerkt op welke manier wordt gewaarborgd dat de zoutwinning binnen de gebruiksruimten van Vlie en Marsdiep en zonder natuur-, landschaps- en milieuschade plaatsvindt (productie met de 'Hand aan de kraan'). Aan de hand van het productieschema kan vooraf worden aangetoond dat de veilige grenzen van de gebruiksruimten niet zullen worden overschreden. Belangrijke elementen van deze methodiek zijn een adequaat meetplan conform artikelen 30 en 33, Mbb, een betrouwbare modellering van de ontwikkeling van de bodemdalingkom, met name van de jaarlijkse volumetoename daarvan en een regelmatige toetsing van de dalingsgegevens en dalingsprognoses aan de gebruiksruimten. Volgens het 'Hand aan de kraan' principe zal Frisia de zoutwinning verminderen bij een dreigende overschrijding van een of beide gebruiksruimten. Tot dit principe hoort ook een remwegscenario waarmee wordt bereikt dat, indien de productie wordt gereduceerd of gestopt, de (naijlende) bodemdalingssnelheid en de belasting van het kombergingsgebied dusdanig reduceren dat deze ook binnen de aansluitende richtscenario's voor de gebruiksruimten blijven. In de praktijk van de zoutwinning in het winningsgebied Barradeel is aangetoond, dat de bodemdaling vrijwel meteen tot stilstand komt indien de zoutproductie wordt beëindigd (ref.17). Bovendien wordt in het buitendijkse gebied een ecologisch monitoringsplan uitgevoerd, dat onderdeel wordt van de NbW vergunningaanvraag, om mogelijke effecten van de zoutwinning op bodemligging, bodemsamenstelling van de wadplaten en de relevante natuur-, landschaps- en milieuwaarden te controleren. Met behulp van de 'Hand aan de kraan' methode en het monitoringsplan is het mogelijk de zoutwinning duurzaam binnen de gebruiksruimte van het kombergingsgebied Vlie in te passen, waarbij onzekerheden over schadelijke gevolgen voor de natuur- en landschapswaarden van de Waddenzee in voldoende mate kunnen worden weggenomen.

Frisia is van plan om 32 miljoen ton zout uit vier cavernes in Havenmond te winnen. Veel zal hierbij afhangen van de toekomstige ontwikkeling van de zeespiegelstijging. Elke vijf jaar vindt er een formele revisie van de stijgingsscenario's plaats. Na een nieuw gebruiksruimtebesluit zal Frisia de zoutproductie optimaliseren binnen de dan beschikbare gebruiksruimte.

Schade aan bebouwing en infrastructuur op land is bij deze zoutwinning uitgesloten vanwege de ligging van de cavernes onder de Waddenzee. De functionaliteit van de Pollendam en de zeedijk wordt nauwgezet bewaakt en het eventueel benodigde herstel zal worden uitgevoerd. Hierover zullen afspraken gemaakt worden met de beheerder van de Pollendam en de zeedijk.

4.1.2 Overzicht van het verloop van de verwachte mate van bodemdaling in de tijd.

Artikel 24, lid 1 onder n, Mbb, vraagt om een overzicht van het verloop van de verwachte mate van (Pleistocene) bodemdaling in de tijd.

In bijlage 7 is het verloop van de bodemdaling in de tijd al gepresenteerd voor vier scenario's. In afwijking van de getoonde jaarprognoses in de scenario's met cavernegroei zal de bodemdaling in de praktijk aanvankelijk minder dan lineair toenemen met het productievolume aan steenzout doordat het cavernevolume vooral groeit gedurende de beginfase van de productie en vervolgens in de stationaire winningfase stabiliseert. De Pleistocene bodemdaling zal waarschijnlijk niet meteen na productiestart waarneembaar zijn. Vanuit praktijkervaring op land wordt met circa 2 jaar vertraging rekening gehouden, voordat Pleistocene bodemdaling significant waarneembaar wordt.

4.1.3 Kaart met contouren van de verwachte uiteindelijke bodemdaling

Artikel 24, lid 1 onder m, Mbb, vraagt om een kaart met daarop de contouren van de verwachte uiteindelijke mate van (Pleistocene) bodemdaling.

De gevraagde kaart is getoond in bijlage 6. De cumulatieve Pleistocene dalingskom boven de vier Havenmond cavernes heeft na een totale zoutproductie van circa 32 miljoen ton een diepste punt van ongeveer 105 cm +/- 10 % en een doorsnede van ongeveer 7,5 km (2-cm contour, korte as). Het openstaande cavernevolume bedraagt circa 1 miljoen m^3 per caverne. De waterkerende zeedijk wordt, aan het eind van de winningsperiode, met ongeveer 2 centimeter daling minimaal beïnvloed. De dalingskom zal op de wadbodem opgevuld en gecompenseerd worden door zand- en slibsedimentatie.

4.1.4 Onzekerheid omtrent de verwachte mate van bodemdaling

Artikel 24, lid 1 onder o, Mbb, vraagt om een opgaaf van de onzekerheid omtrent de verwachte mate van Pleistocene bodemdaling als bedoeld in de onderdelen m en n.

In het geval van zoutproductie onder de Waddenzee is de cruciale sturingsgrootheid voor de bewaking van de gebruiksruimte niet zozeer de dalingssnelheid in het diepste punt van de dalingskom, maar de jaarlijkse volumetoename van de dalingskom. Gebaseerd op een jarenlange ervaring met de prognoses voor zoutwinning uit de cavernes BAS-1 t/m 4 tijdens stabiele ('steady state') productieomstandigheden worden de prognoses als betrouwbaar beoordeeld, vooral ten aanzien van het volume van de dalingskom. De inhoud van de dalingskom V_{kom} wordt bepaald uit het ondergrondse convergentievolume en kan niet groter worden dan dat volume. De jaarlijkse toename van het convergentievolume wordt zonder tijdvertraging gelijk gesteld aan het jaarlijkse zoutvolume dat aan een caverne onttrokken is, verminderd met 6/7 deel van de jaarlijkse toename van het pekelvolume in de caverne. In het geval van Havenmond gaat Frisia bij het opstellen van dalingprognoses standaard uit van de verhouding $V_{kom} = V_{con}$. De onzekerheid in de bodemdalingssnelheid en de toename van het komvolume is gering (< 5%), omdat nauwkeurig bekend is hoeveel zoutvolume er in de tijd aan de ondergrond wordt onttrokken en de ontwikkeling van het cavernevolume regelmatig wordt gemeten door middel van sonar of bepaald uit een volumebalans. Onder stabiele productieomstandigheden verandert het cavernevolume vrijwel niet en is het convergentievolume ongeveer gelijk aan het gewonnen zoutvolume. De toename van het volume van de dalingskom is dan evenredig met het gewonnen zoutvolume.

Na afloop van de winning worden de cavernes ingesloten en neemt de cavernedruk snel toe. De zoutkruip, de caverneconvergentie en de bodemdaling komen tot stilstand. Het restvolume aan pekel in de ingesloten cavernes neemt over zeer lange tijd nauwelijks af en dit leidt niet tot aantoonbare bodemdaling. Als eenvoudige benadering kan men het volume van de dalingskom gelijk stellen aan het totaal gewonnen zoutvolume, verminderd met 6/7 deel van het ingesloten pekelvolume in de cavernes. Na een zoutproductie van 32 miljoen ton (14,4 miljoen m^3) en met een ingesloten pekelvolume van ca. 4 miljoen m^3, waardoor een geproduceerd zoutvolume van in totaal circa 3,4 miljoen m^3 niet bijdraagt aan de bodemdaling, bedraagt het totale volume van de dalingschotel dus circa 11 miljoen m^3. Strikt genomen kan de inhoud van de dalingskom niet groter worden dan het totale aan de ondergrond onttrokken zoutvolume. Met deze 'harde' bovengrens in gedachte, kan het Pleistocene dalingsvolume in Havenmond dus maximaal 14,4 miljoen m^3 bedragen. Hierbij gaat men er dan vanuit dat het ingesloten pekelvolume alsnog op termijn geheel uit de cavernes weglekt naar bovenliggende poreuze gesteentes, waarin een hydrostatische poriëndruk heerst.

Een meer uitgebreide onzekerheidsanalyse vormt onderdeel van het meet- en regelprotocol 'Havenmond' (ref.16).

4.2 Bodemtrillingen

4.2.1 Risicoanalyse omtrent bodemtrillingen als gevolg van de winning

Artikel 24, lid 1 onder p, Mbb, vraagt om een risicoanalyse omtrent bodemtrillingen als gevolg van de winning.

Tijdens de actieve zoutwinning door Frisia vanaf 1995 tot heden hebben zich in de winninggebieden (Barradeel en Barradeel II) geen door het KNMI geregistreerde bodemtrillingen voorgedaan. Sinds oktober 2009 heeft het KNMI ook in het wingebied Barradeel II bij Firdgum een ondergrondse seismometer in werking. Deze meter heeft nog geen trillingen in verband met de zoutwinning geregistreerd (ref.4). Ook uit de vakliteratuur zijn geen aanwijzingen bekend over het optreden van bodemtrillingen veroorzaakt door de winning van steenzout door middel van oplosmijnbouw. Het is dan ook zeer onwaarschijnlijk dat de zoutproductie in het Havenmondgebied tot bodemtrillingen zal leiden.

4.3 Schade door bodembeweging

4.3.1 Mogelijke omvang en de verwachte aard van de schade door bodembeweging

Artikel 24, lid 1 onder q, Mbb, vraagt om een beschrijving van de mogelijke omvang en de verwachte aard van de schade door bodembeweging.

Omdat de dalingskom vrijwel geheel buitendijks ligt met een minimale beïnvloeding van de waterkerend zeedijk nabij Harlingen heeft deze daling geen enkele merkbare invloed op gebouwen, infrastructuur en de waterhuishouding op het Friese land. Wel zal de functionaliteit van de Pollendam in de Waddenzee en de zeewaterkeringen onderzocht worden. Voor eventueel benodigd herstel zal Frisia zorg dragen. Tevens wordt onderzocht hoeveel en in welke vorm zandsuppletie nodig is (zie § 4.3.3).

4.3.2 Maatregelen om bodembeweging te voorkomen of te beperken

Artikel 24, lid 1 onder r, Mbb, vraagt om een beschrijving van de maatregelen, die genomen worden om bodembeweging te voorkomen of te beperken.

Als gevolg van de toegepaste winningmethode zal altijd boven de cavernes bodemdaling optreden. De inhoud van de Pleistocene dalingskom is ongeveer evenredig met het convergentievolume van de cavernes. Volgens het MER zullen de wadplaten zelf vanwege sedimentatie van zand en slib niet dalen, zolang de belasting van het kombergingsgebied Vlie als gevolg van de zoutwinning binnen de voor zoutwinning beschikbare gebruiksruimte blijft. De belasting van kombergingsgebied Marsdiep als gevolg van bodemdaling door zoutwinnning past ruimschoots binnen de beschikbare gebruiksruimte.

Frisia heeft een meet- en regelprotocol zoutwinning 'Havenmond' opgesteld (ref.16), waarmee men de bodemdaling kan beheersen en kan waarborgen dat de zoutwinning in Havenmond binnen de beschikbare gebruiksruimten en zonder milieuschade plaatsvindt (productie met de 'Hand aan de kraan'). Het 'hand aan de kraan' principe houdt in dat op grond van de resultaten van metingen en monitoring, wanneer dat nodig blijkt minder zout wordt gewonnen zodat de voor zoutwinning beschikbare gebruiksruimte van het kombergingsgebied Vlie niet wordt overschreden. Het principe wordt ook toegepast wanneer binnen deze gebruiksruimte blijkt dat negatieve effecten op de natuur te verwachten zijn.

De Pleistocene bodembeweging als gevolg van de zoutwinning zal door een adequaat meetprogramma bewaakt worden: op het wad door middel van continue GPS-metingen op twee representatieve locaties en jaarlijkse GPS metingen op meer verspreid liggende posities in de verwachte dalingskom. Op land wordt de kuststrook bewaakt met conventionele waterpassingen

Zodra de zoutwinning is beëindigd heeft Frisia het voornemen om de cavernes meteen af te sluiten. De druk in de cavernes wordt dan al snel zo hoog dat de zoutkruip en dus de Pleistocene bodemdaling vrijwel tot stilstand komen. Het grote voordeel van de hoge zoutkruip tijdens de actieve winningfase is dat het eindvolume van de cavernes relatief klein is ten opzichte van de gewonnen hoeveelheid zout.

4.3.3 Maatregelen om schade door bodembeweging te voorkomen of te beperken.

Artikel 24, lid 1 onder s, Mbb, vraagt om een beschrijving van de maatregelen die genomen worden om schade door bodembeweging te voorkomen of te beperken.

Door een adequate continue meting van Pleistocene bodemdaling en de jaarlijkse bepaling van de belasting van de kombergingsgebieden Vlie en Marsdiep door zoutwinning kunnen betrokken partijen zeer precies inspelen op maatregelen om schade door bodembeweging te voorkomen of te beperken. Uit het MER en de prognoses voor de belasting van de kombergingsgebieden Vlie en Marsdiep (zie bijlage 9A) blijkt, dat het in dit winningplan gevolgde MMA geruime tijd produceerbaar is binnen de gebruiksruimten van die kombergingsgebieden. De zich ontwikkelende Pleistocene bodemdalingschotel in het buitendijkse gebied als gevolg van de zoutwinning wordt door natuurlijke sedimentatie meteen opgevuld. Er vindt dus ondanks een daling van de ondergrond geen, of in beperkte mate, daadwerkelijke daling van het wadoppervlak plaats. Het buitendijkse gebied ondervindt geen blijvende effecten van de Pleistocene bodemdaling door zoutwinning (ref.5). Het zand, waarmee de dalingsschotel op natuurlijke wijze wordt opgevuld, zal echter worden aangevuld en gecompenseerd met zandsuppleties in de Noordzeekustzone.

5 Kosten op jaarbasis (vertrouwelijke informatie)

Artikel 35, lid 1 onder e, Mbw, vraagt om een opgaaf van de kosten op jaarbasis van het winnen van de delfstoffen. Artikel 25, lid 2, jo. 24, lid 1 onder l Mbb, vraagt dat deze opgaaf is onderverdeeld in kosten voor investeringen, onderhoud, bedrijfsvoering, en de kosten van het verlaten en verwijderen van mijnbouwwerken.

Frisia is voornemens de kosten van de winning te financieren uit eigen middelen.

De productiekosten zijn gespecificeerd in bijlage 3B, die vertrouwelijk is uit het oogpunt van concurrentie.

6 Referenties

1. Milieueffecten continuering van de zoutwinning in Noord West Fryslân, Deel A , Arcadis, 9 juni 2010.
2. Zoutwinning Frisia Zout B.V. te Harlingen, Toetsingsadvies over het milieueffectrapport, Commissie m.e.r., 16 november 2010, rapportnummer 2150-156.
3. Abandonment of an extremely deep cavern at Frisia Salt, Hein van Hekeren et al, SMRI Spring 2009 Technical Conference, Krakow, Poland.
4. Persoonlijke mededeling, d.d. 1 december 2009, Dr. B. Dost, KNMI, De Bilt.
5. Meegroeivermogen en gebruiksruimte in de getijdebekkens Vlie en Marsdiep. Grootschalige morfologische ontwikkelingen westelijke Waddenzee, Alkyon, Emmeloord, juli 2010
6. Frisia cavern abandonment, BAS-3, esco/ Frisia Zout B.V., 24 december 2010.
7. Untersuchung der konvergenzinduzierten zeitlichen und räumlichen Soleinfiltration aus der Kaverne BAS-3 in das anstehende Steinsalzgebirge, Abschlussbericht, K.-H. Lux en R. Wolters, TU Clausthal, december 2010.
8. De geologische atlas van de diepe ondergrond van Nederland. Kaart 1 Vlieland Terschelling. Uitgegeven door Rijksgeologische dienst ISBN 90 72 869 079 RGD 1991.
9. Meet- en regelprotocol Winning Waddenzeegas vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen, Nederlandse Aardolie Maatschappij BV, rapport EP200612202112, 22 januari 2007.
10. Zeespiegelstijging en gebruiksruimte 2011, Memo Arcadis, Divisie Water, 25 oktober 2011.
11. Gebruiksruimte productiebandbreedte, Memo Arcadis, Divisie Water, 24 november 2011.
12. Advies actualisering beleidscenario zeespiegelstijging voor bepaling gebruiksruimte voor gaswinning onder de Waddenzee vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen, TNO, brief van 22 juni 2011 met kenmerk AGE 11-10.044.
13. Het meegroeivermogen van de Westelijke Waddenzee, Deltares 1202685-000, 12 augustus 2010.
14. Addendum Carnallitic Brine Conversion BAS-3, esco/Frisia Zout B.V., 19 september 2012.
15. Ruimte voor zoutwinning Komberging Vlie, Adviesrapport TNO Bouw en Ondergrond, 7 september 2010.
16. Meet- en regelprotocol zoutwinning 'Havenmond' in de Waddenzee v.3.3, esco/Frisia Zout B.V., december 2012.
17. Bodemdalingprognoses en beheersing bodemdaling – Technische Bijlage bij meet- en regelprotocol winningsplan 'Barradeel II', esco/Frisia Zout B.V., juni 2012.

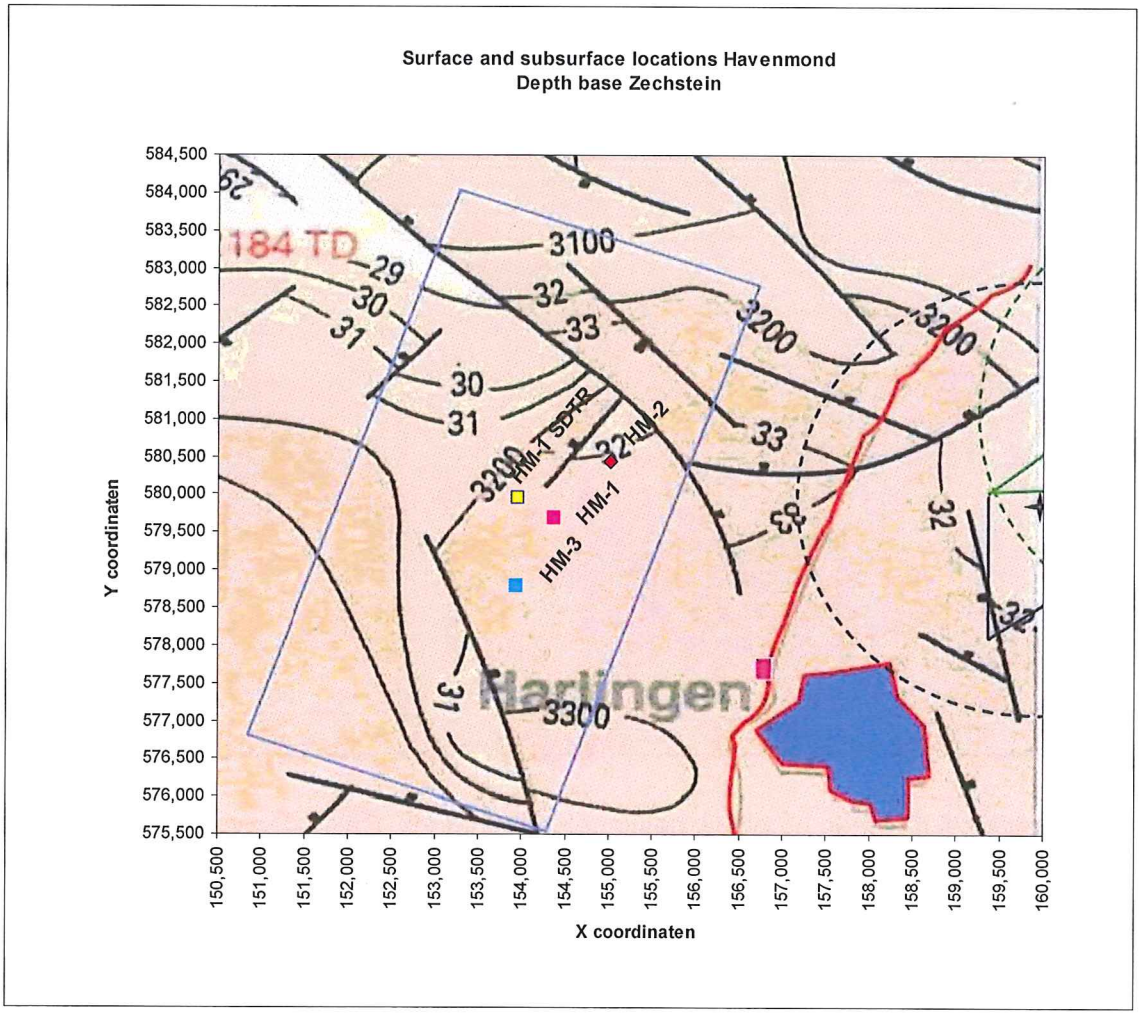
Bijlage 1: Ligging van het vergunninggebied Havenmond



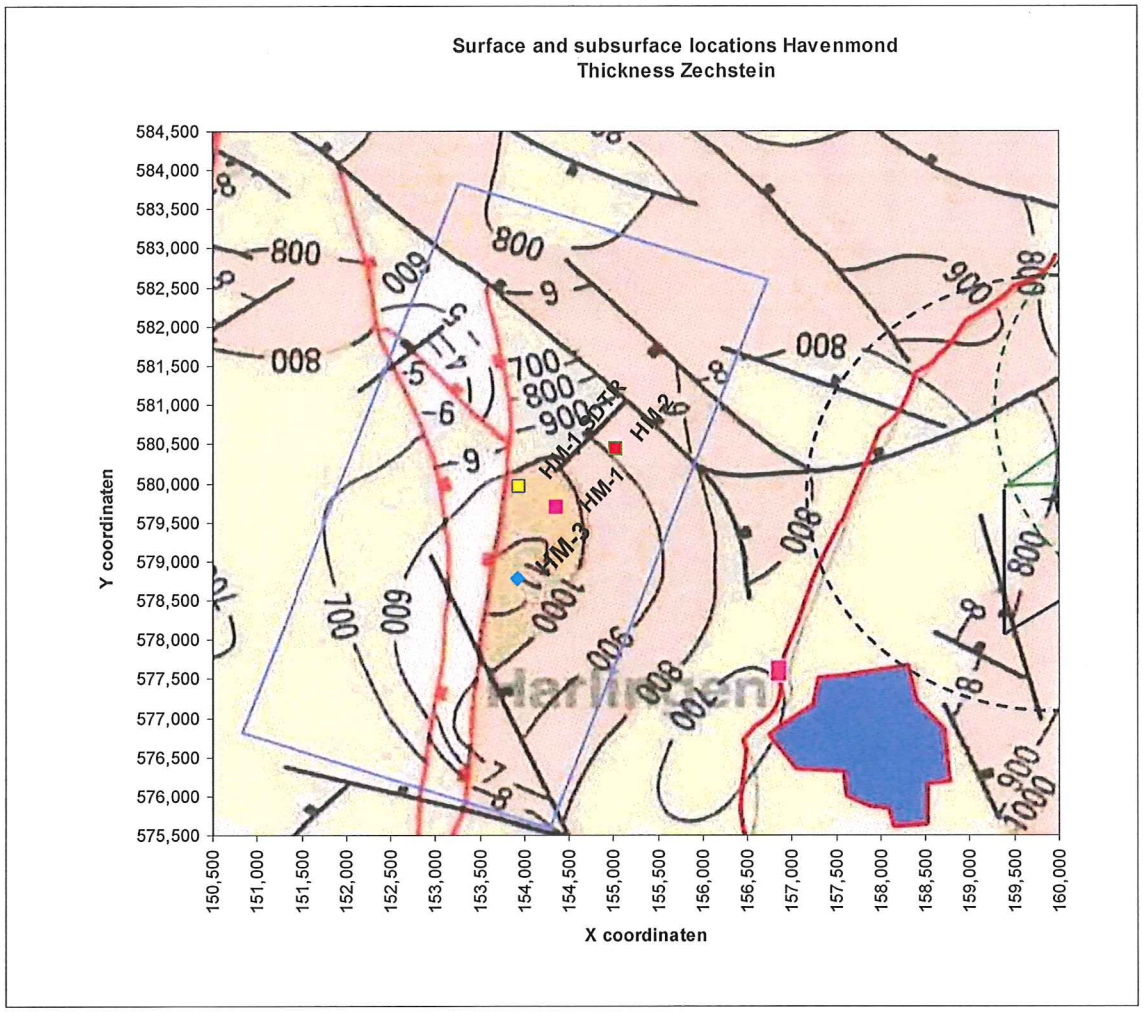
Het vergunninggebied ligt binnen de blauw gestippelde rechthoek. De ligging van de hoekpunten is aangegeven in RD-coördinaten.

Bijlage 2: Structuur en ligging van de steenzoutlaag en de geplande cavernepositie

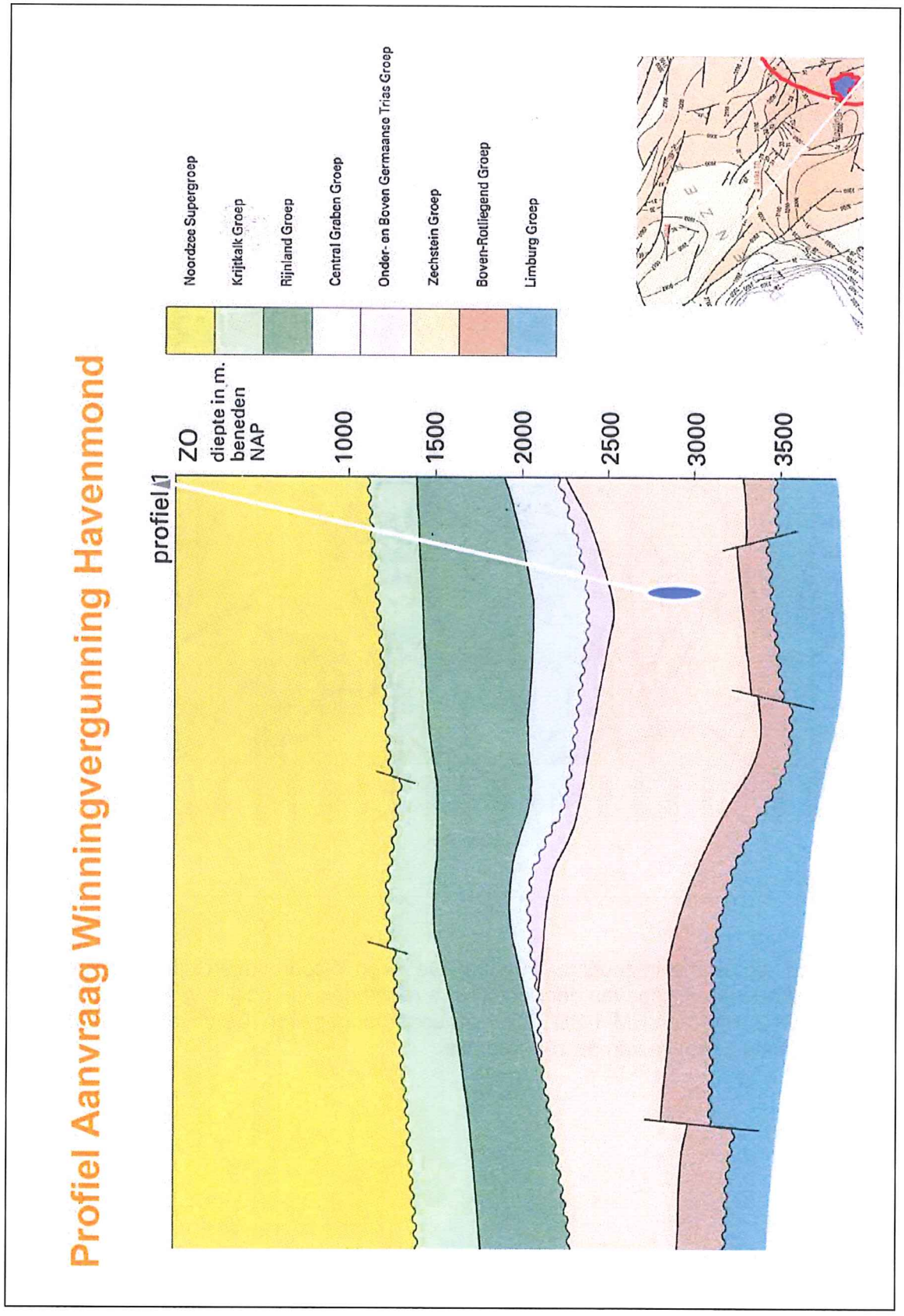
De kaarten in deze bijlage zijn ontleend aan: De geologische atlas van de diepe ondergrond van Nederland. Kaart 1 Vlieland Terschelling, uitgegeven door de Rijksgeologische Dienst, ISBN 90 72 869 079 RGD 1991.



Figuur 1. Diepteligging (in m) van de basis van de Zechstein zoutformatie met breukenpatroon. Het vergunninggebied Havenmond is weergegeven door de blauwe rechthoek. De X- en Y-coördinaten zijn RD-coördinaten. De geplande posities van de cavernes HM-1 (paarse stip), HM-2 (oranjerode stip), HM-3 (lichtblauwe stip) en de afgeleide caverne HM-1 SDTR (gele stip) zijn eveneens afgebeeld. De kleine donkerrode rechthoek bij de stad Harlingen (blauwe vlak) is de boorlocatie naast het fabrieksterrein van Frisia. De boorlocatie ligt vrijwel op de kustlijn, die is weergegeven door de rode getrokken lijn.

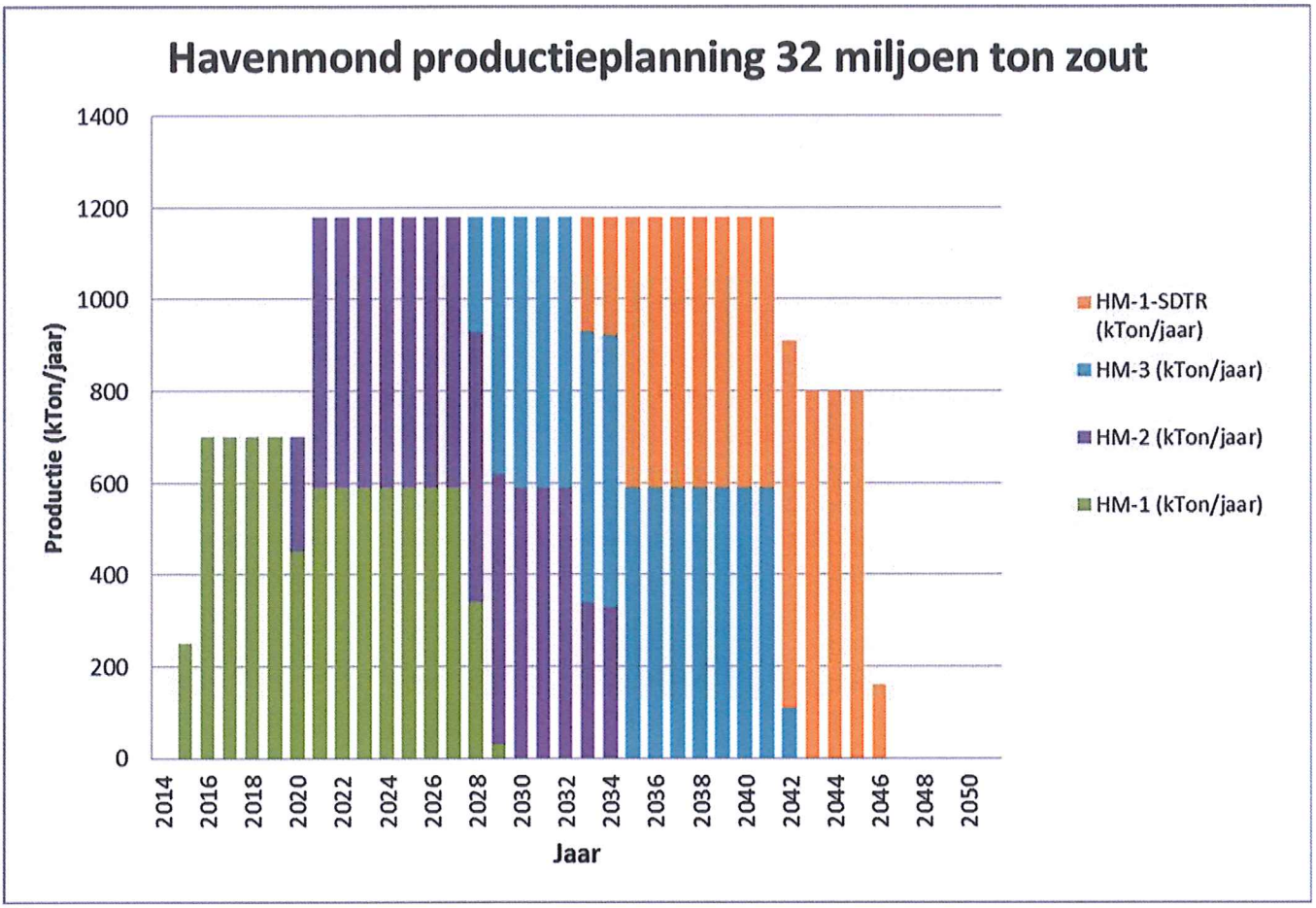


Figuur 2. Dikte van het Zechstein zoutkussen (in m). De X- en Y-coördinaten zijn RD-coördinaten. Het vergunninggebied is weergegeven door de blauwe rechthoek. De positie van de geplande cavernes HM-1, HM-2, HM-3 en HM-1-SDTR is eveneens aangegeven. De cavernes worden aangelegd in het dikste gedeelte van de zoutformatie.



Figuur 3. Ligging van de zoutlaag (Zechstein groep) ten opzichte van de andere aardlagen. De cavernes HM-1, HM-2 en HM-3 hebben dezelfde loodrechte projectie op de getoonde dwarsdoorsnede, die vanuit de stad Harlingen in noordwestelijke richting loopt(zie witte lijn in het figuurtje rechtsonder). De afgeleide caverne HM-1-SDTR (niet getoond) komt iets naar links op het profiel te liggen. De diepteschaal is 4x vergroot ten opzichte van de horizontale schaal.

Bijlage 3A: Havenmond productieplanning per caverne per jaar



In de periode 2015 – 2046 is in totaal 32 miljoen ton zoutproductie uit Havenmond gepland. De geplande zoutproductie per caverne bedraagt 8 miljoen ton zout.

Volgens huidige inzichten loopt de beschikbare gebruiksruimte van het kombergingsgebied Vlie tot maximaal het jaar 2034 (vanwege een voorziene belasting door gaswinning in het gebied, zie bijlage 9A en B). Als die gebruiksruimte nu strikt wordt toegepast zal volgens de productieplanning eind 2034 ongeveer 19 miljoen ton zout gewonnen zijn. Het voornemen van Frisia blijft echter een productie van (minimaal) 32 miljoen ton uit Havenmond. De toekomst zal uitwijzen of die productie gehaald gaat worden door een verlengde gebruiksruimte na 2034 of door een verhoogde productie (binnen de gebruiksruimte) in de periode 2015-2034. Ook het aantal aan te leggen cavernes is afhankelijk van de beschikbare gebruiksruimte.

Bijlage 3B: Kostentabel 32 miljoen ton zoutproductie (vertrouwelijke gegevens)

VERTROUWELIJK

Kostenindicatie per ton

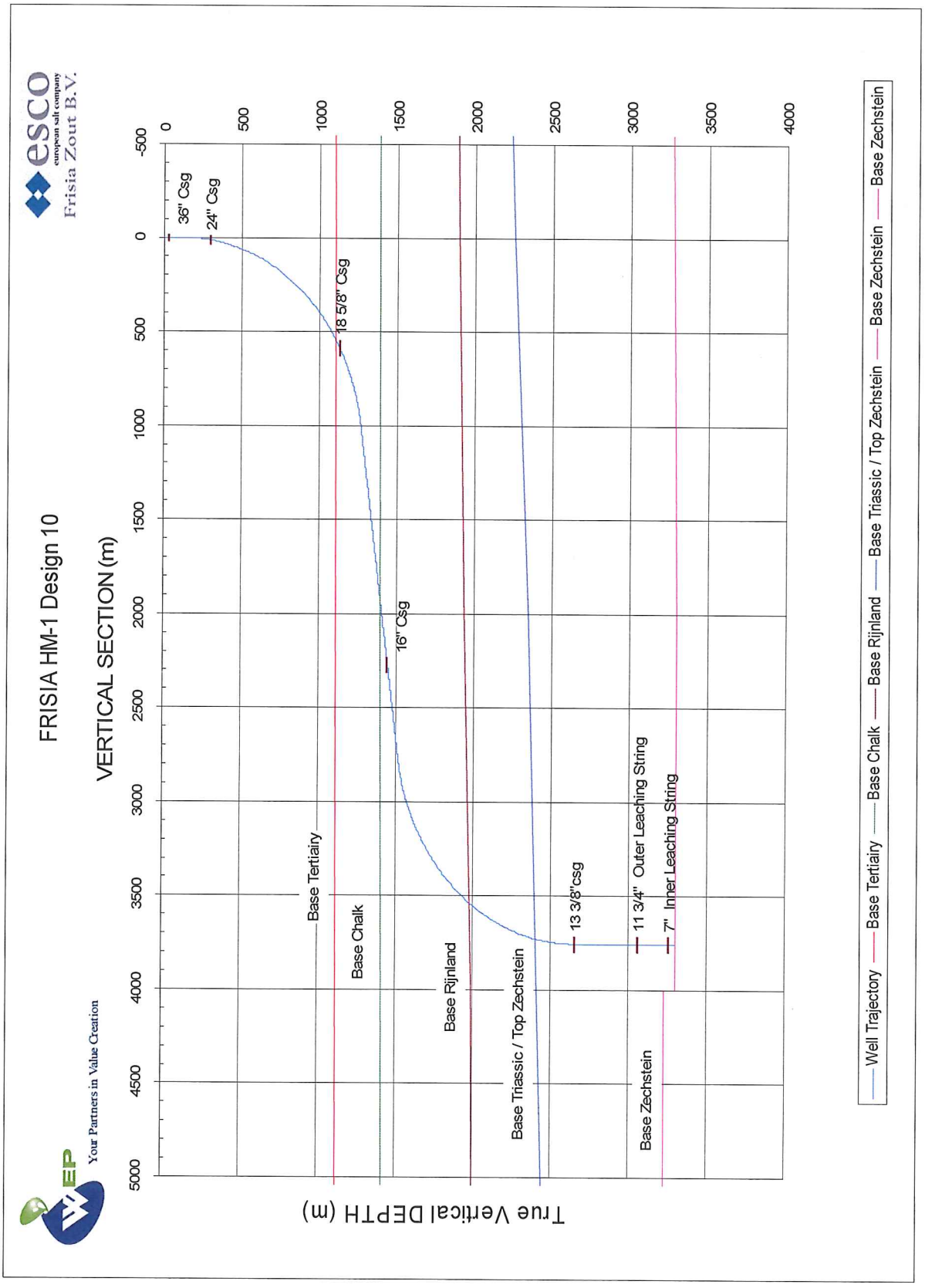
EINDJR: Onbenoemd	HM * 4
bruto winning in kTO	32.000
afschrijving in kEUR	60.850
kosten beëindiging In kEUR	5.103
zandsuppletie in kEUR	37.506
operationele kosten in kEUR	110.846
EUR / TO	6,70

Toelichting:
De opgave "kosten per ton" is gebaseerd op een geschat tonnage. Het werkelijke tonnage is afhankelijk van hoe de winning zich vertaalt naar bodemdaling en heeft daarmee ook invloed op de kosten per ton.
De productievolumes per jaar zijn indicatief en kunnen hoger of lager uitkomen, afhankelijk van diverse factoren.
Bovenstaande calculatie is afgeleid van een interne strategiestudie.
De gecalculeerde kosten per TO zout in de vorm van pekel in deze berekening kunnen als representatief gelden.

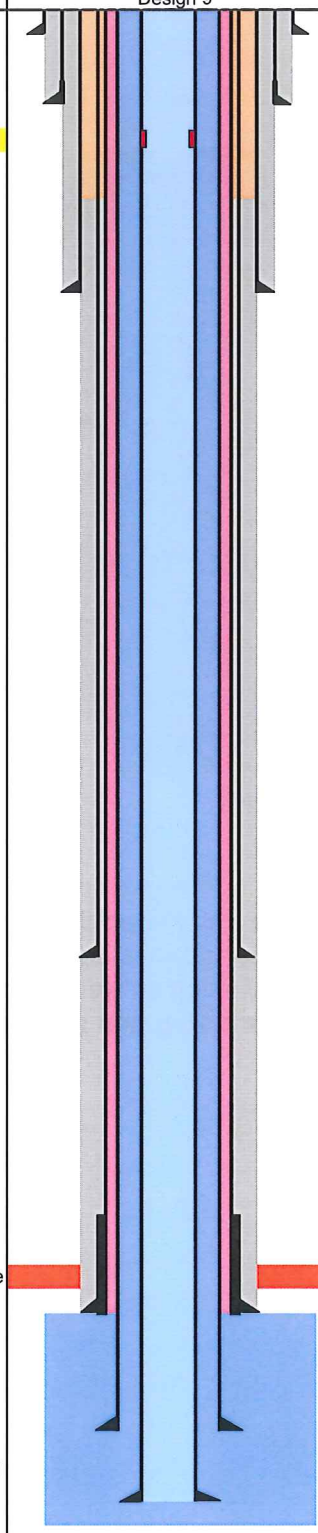
De concessie vergoeding is gebaseerd op de winningsvergunning: 0,46 EUR / TO.
Dit is gecorrigeerd naar prijspeil 2009 en pekel rendement

De tarieven voor zandsuppletie zijn gebaseerd op recente aanbestedingen uit het verleden.

Bijlage 4: Boorgat traject en verbuizingsschema

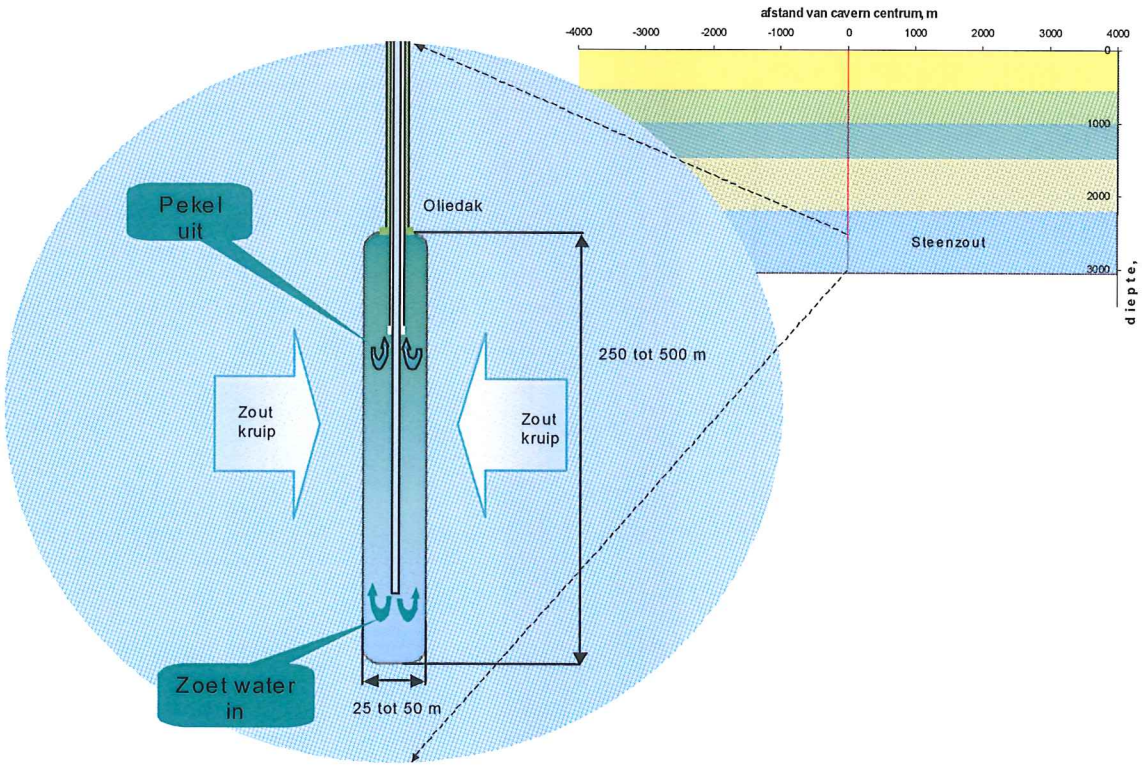


Figuur 1. Boorgattraject voor caverne HM-1

Nr.	Item Description	Wellhead and Xmastree HM-1 Design 9	Depth m tvd	Depth m ah	Hole ID in	Pipe OD in	Collar OD in	Pipe ID in
2A	36" x 1/2" WT stovepipe, welded		30	30	driven	36,000	welded	35,000
2	24" x 1/2" WT 35 ksi conductor, welded		293 299	294 300	28 28	24,000 24,000	welded welded	23,000 22,500
	7" wireline profile			750				
3	Top cement in 18 5/8 " x 16" annulus							
4	18 5/8" 87.5 ppf K55 Big Omega casing		1122	1350	22	18,625	20,000	17,688
5	16" 84,5 ppf C85 Hydrill		1361	2350	17 1/2	16,000	16,000	15,010
6	13 3/8" 68 ppf P110 VAM-TOP casing		2384	4650	14,75	13,375	14,375	12,415
	Carnalite			4800				
7	14" heavy wall 106 ppf N80		2680	4950	14,75	14,000	14,000	12,500
8	11 3/4" 65 ppf VM 80 HC, VAM FJL outer leaching string, internally coated		3080	5350	12,25	11,750	11,965	10,682
9	7" 26ppf N80 VAM TOP inner leaching string		3280	5550	12,25	7,000	7,375	6,276
10	Total Depth		3330	5600				

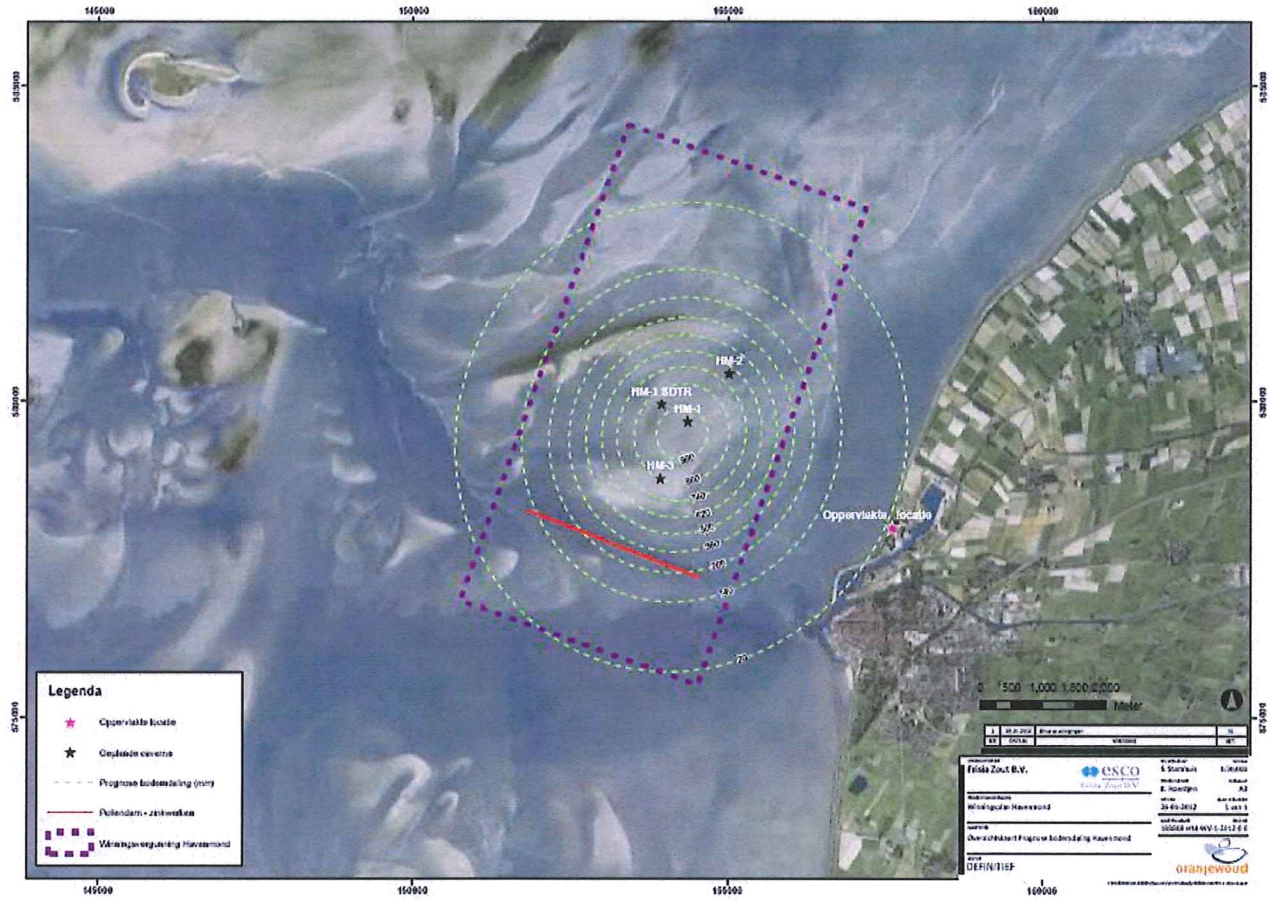
Figuur 2. Verbuizingsschema van de boring HM-1

Bijlage 5: 'Steady state mining'



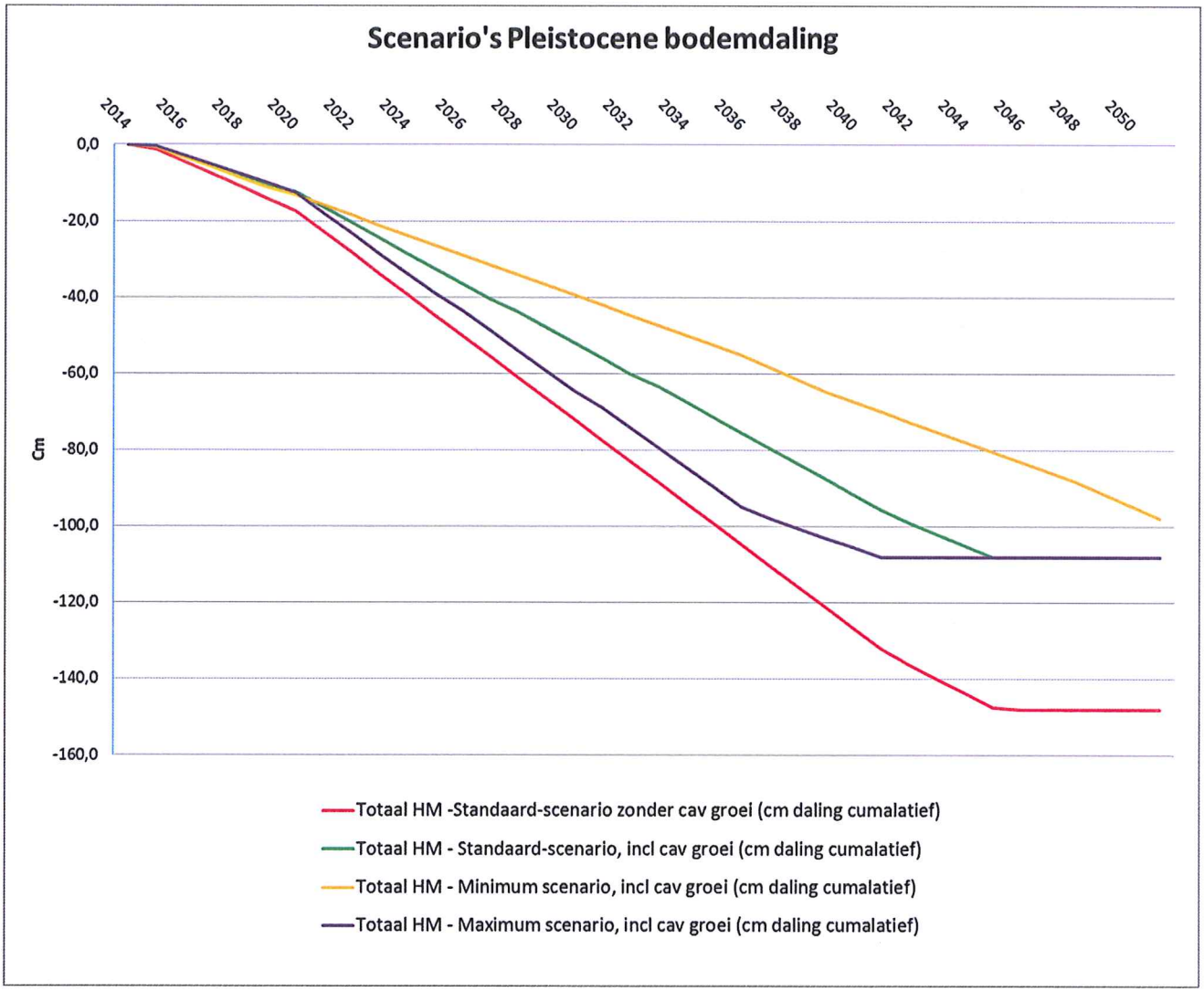
'Steady state mining' houdt in dat de caverne zich in een dynamisch stabiele toestand bevindt, waarin de oplossnelheid van het zout ongeveer gelijk is aan de toestroom van zout (zoutkruip). Het cavernevolume blijft dan gedurende de zoutwinning vrijwel constant. De zoutkruip vertaalt zich zonder noemenswaardige vertraging in bodemdaling aan bovengrond (maaiveld of zeebodem).

Bijlage 6: Prognose pleistocene bodemdaling na afloop 32 miljoen ton zoutproductie uit vier cavernes.



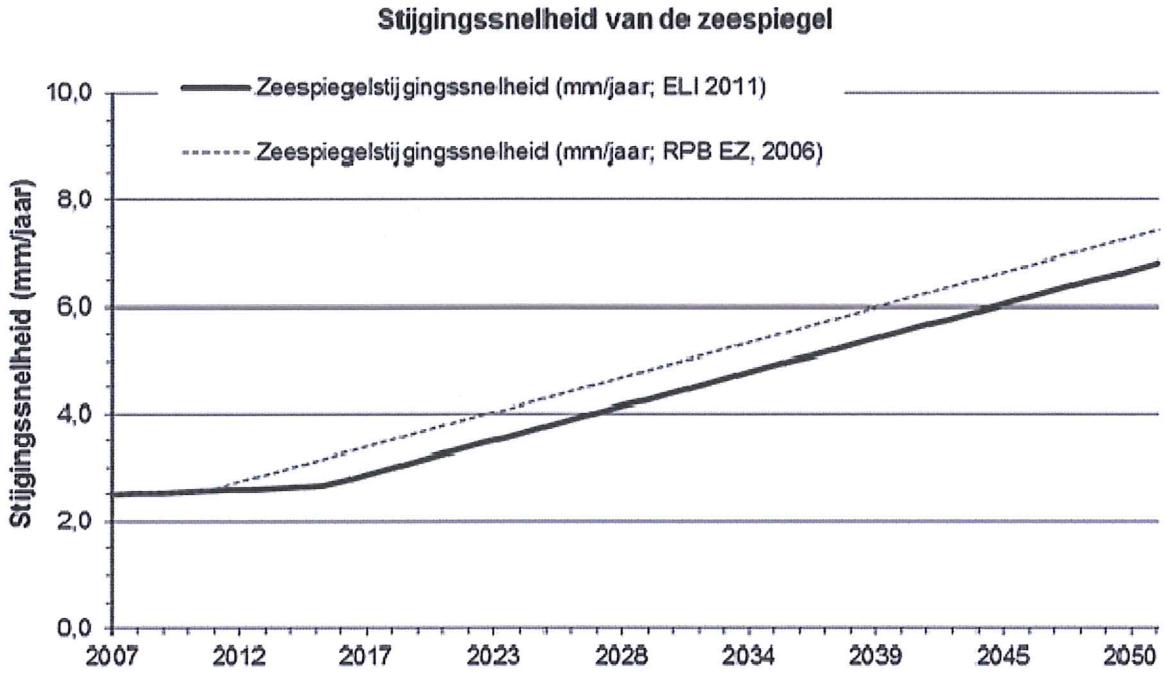
De getoonde bodemdalingkom (in mm) is het cumulatieve eindresultaat van vier onderling verschoven bodemdalingkommen na afloop van 8 miljoen ton zoutproductie per caverne. Elke caverne heeft een openstaand eindvolume van 1 miljoen m^3 en een dalingskom met een maximum daling van 275 mm (komparameters: $\gamma = 4{,}35.10^{-7}$ en $\delta = 1{,}96$). De cumulatieve daling in het diepste punt bedraagt 103 cm en het totale komvolume 10,8 miljoen m^3.

Bijlage 7: Verwachte Pleistocene bodemdaling op jaarbasis voor het diepste punt van de cumulatieve dalingskom.



Toename van de bodemdaling voor 4 scenario's met een cumulatieve zoutproductie van 32 miljoen ton. Het productiescenario zonder groei van het cavernevolume (eindvolumes nul) is een 'worst case' scenario

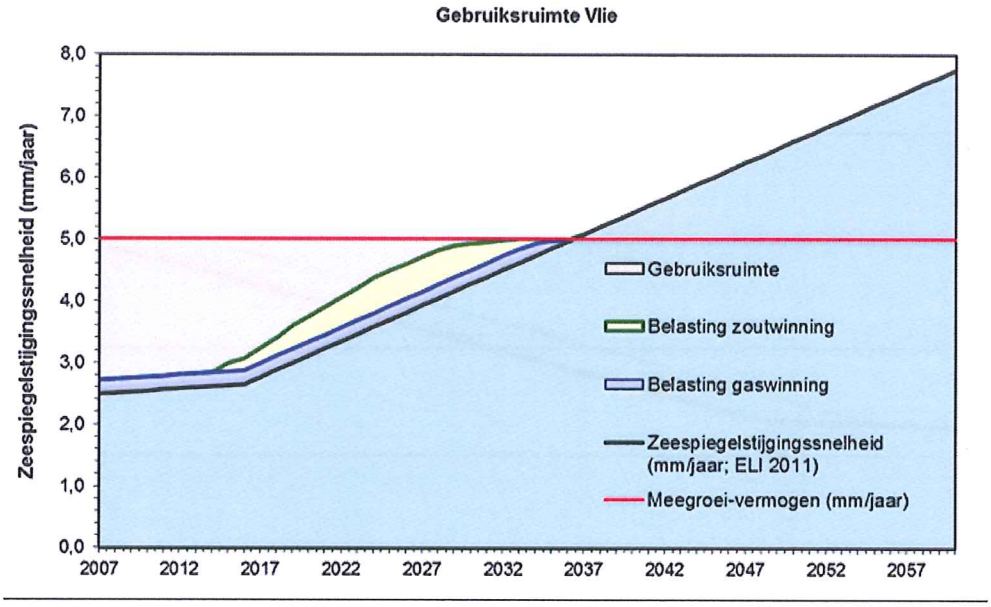
Bijlage 8: Zeespiegelstijgingssnelheid



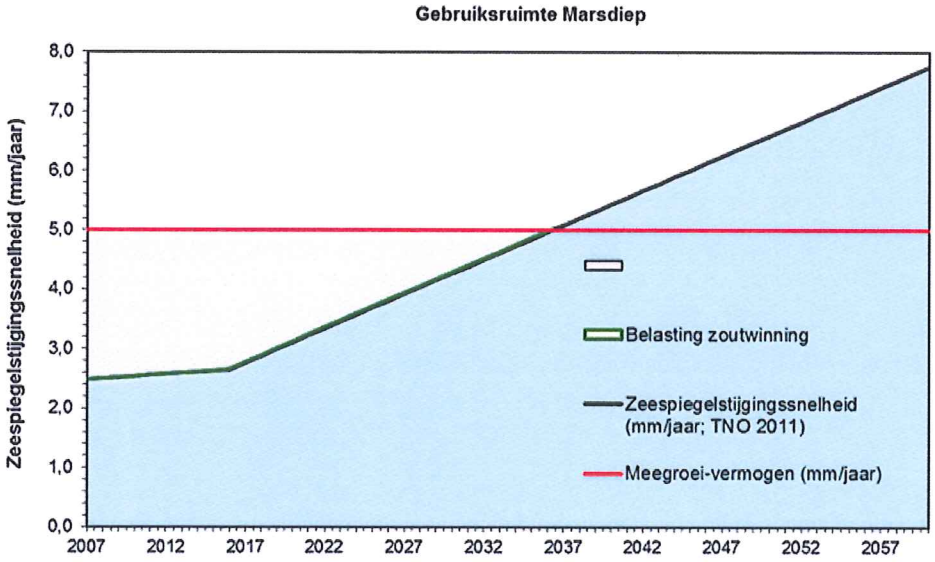
Zowel het oude scenario (2006) als het nieuwe scenario (TNO, ref.12) zijn weergegeven. In het nieuwe scenario is het knikpunt waarbij er een versnelling optreedt opgeschoven van 2011 naar 2016. Verder is de acceleratie waarmee na 2016 wordt gerekend afgenomen van 0,019 mm/(jaar)^2 naar 0,016 mm/(jaar)^2.

Bijlage 9: Ontwikkeling gebruiksruimten kombergingsgebieden Vlie en Marsdiep

A) Standaardscenario met cavernegroei (belasting Vlie en Marsdiep)

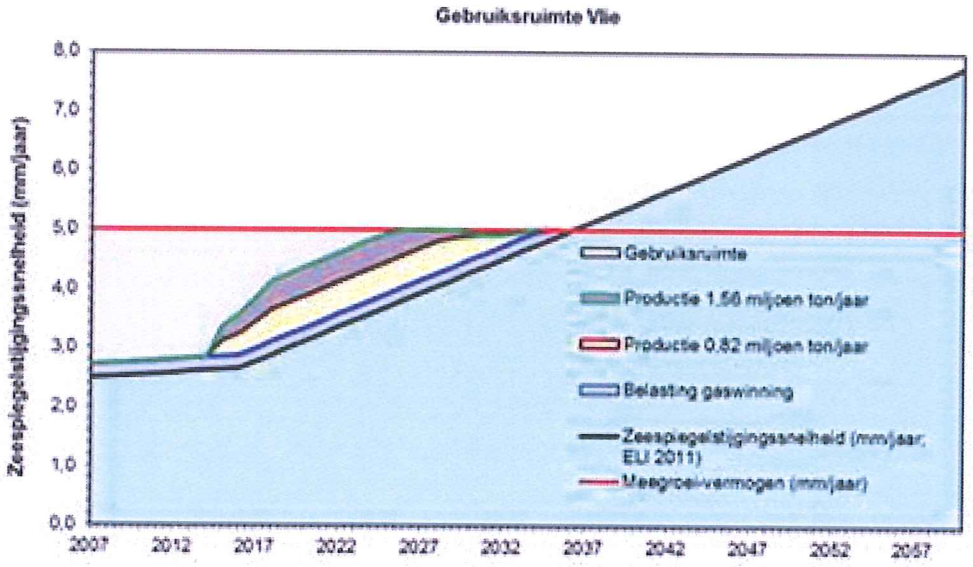


Figuur 1. Gebruiksruimte kombergingsgebied Vlie, uitgaande van een meegroeivermogen van 5 mm/jaar en het nieuwe TNO-scenario voor zeespiegelstijging. Over de gehele lengte van de gebruiksruimte (en het richtscenario) is rekening gehouden met een belasting van 0,22 mm/jaar vanwege de bestaande gaswinning Zuidwal (0,12 mm/jaar) en mogelijk toekomstig Pollendam (0,10 mm/jaar). De verwachte belasting van de gebruiksruimte door de toekomstige zoutwinning van Frisia is door de groene lijn aangegeven (periode 2015-2034). Hierbij over 6 jaarlijks gemiddeld volgens protocol.

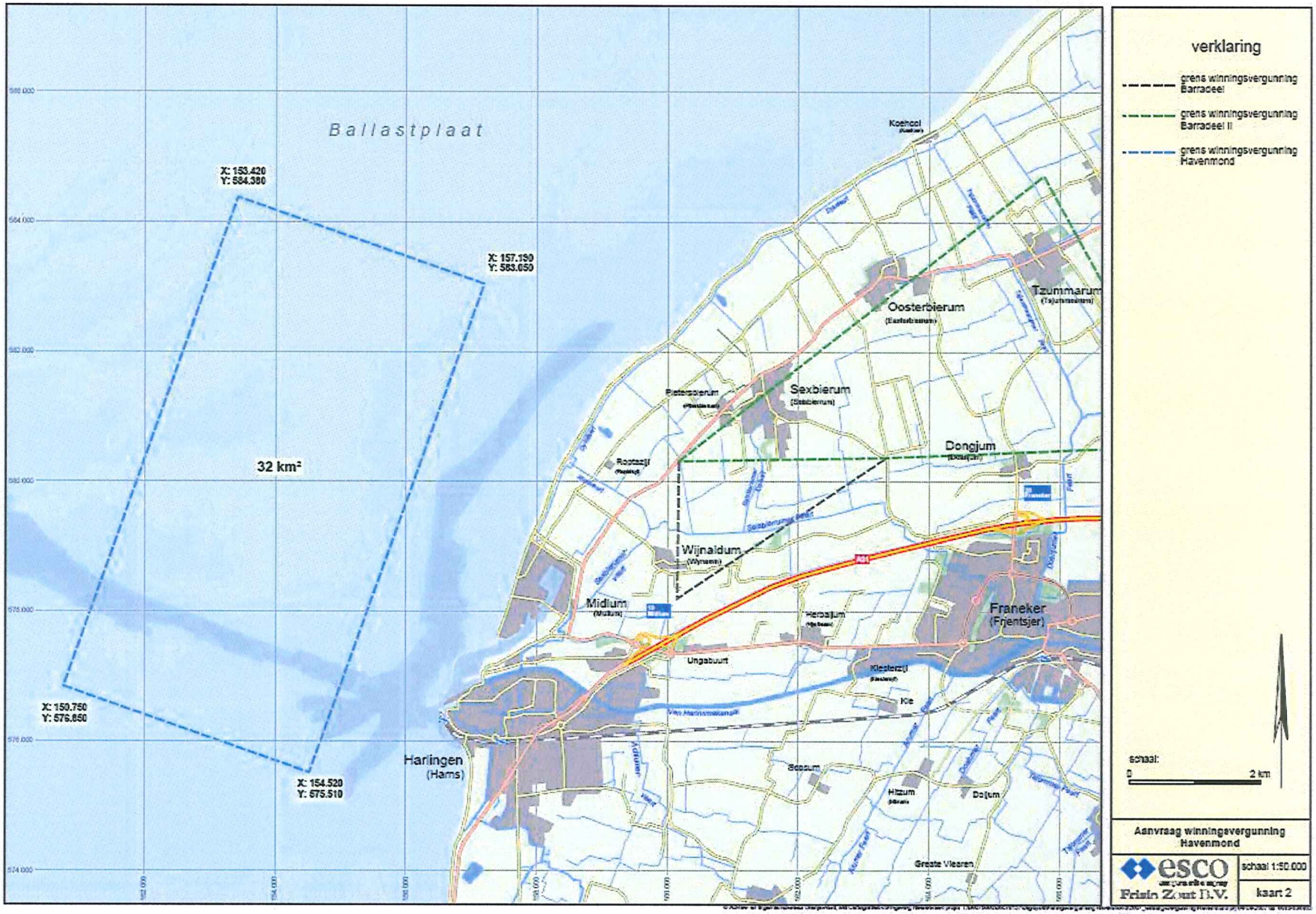


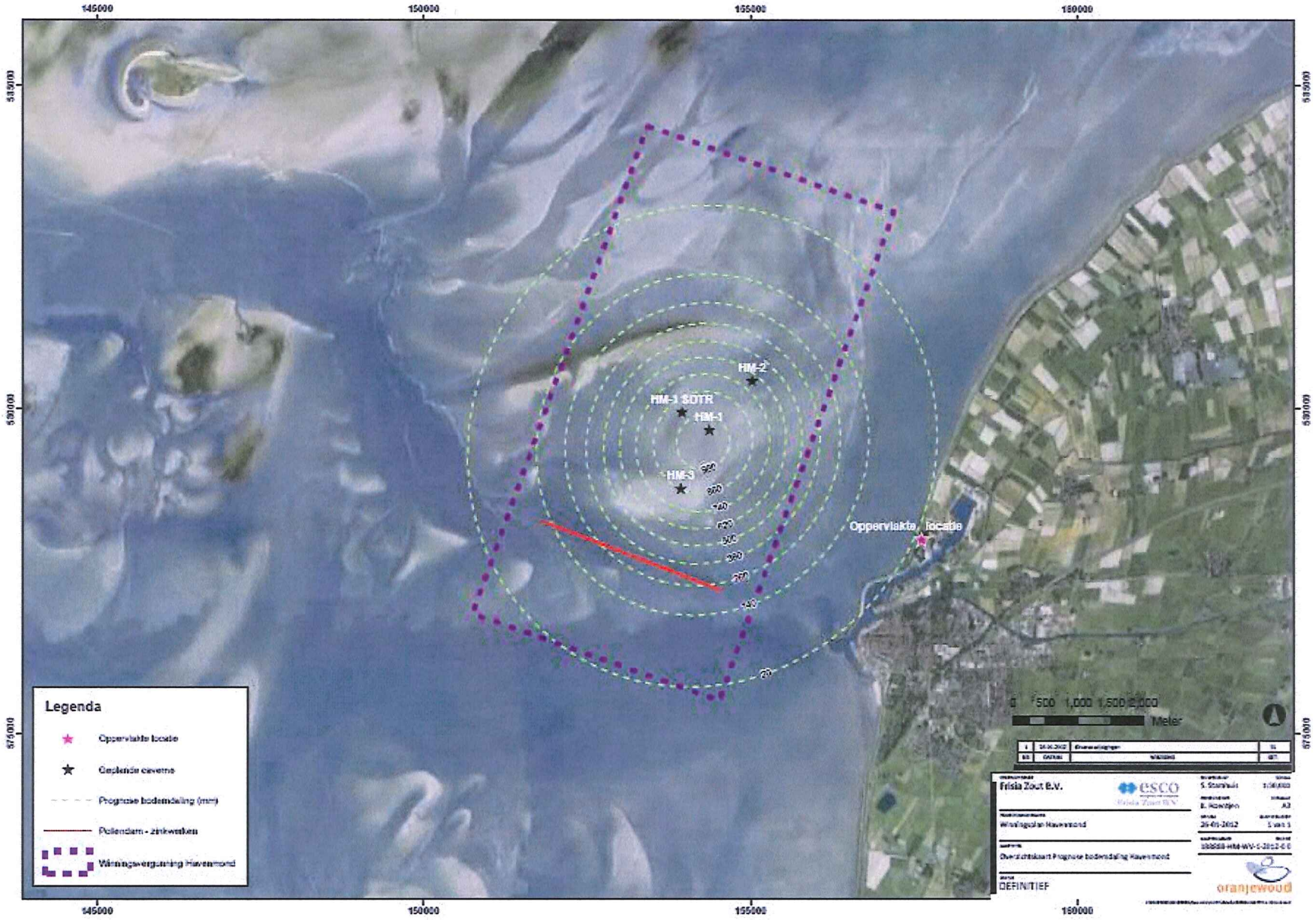
Figuur 2: Gebruiksruimte en richtscenario kombergingsgebied Marsdiep, uitgaande van een meegroeivermogen van 5 mm/jaar en het nieuwe TNO-scenario voor zeespiegelstijging. De toekomstige zoutwinning van Frisia belast het kombergingsgebied naar verwachting nauwelijks (groene lijn).

B) Minimum en maximum scenario met cavernegroei (belasting Vlie)



Gebruiksruimte kombergingsgebied Vlie, uitgaande van een meegroeivermogen van 5 mm/jaar en het nieuwe TNO-scenario voor zeespiegelstijging. Over de gehele lengte van de gebruiksruimte (en het richtscenario) is rekening gehouden met een belasting van 0,22 mm/jaar vanwege de bestaande gaswinning Zuidwal (0,12 mm/jaar) en mogelijk toekomstig Pollendam (0,10 mm/jaar). De verwachte belasting van de gebruiksruimte voor de minimale belasting (0,82 miljoen ton per jaar) in rood omlijnd en geel ingekleurd. De verwachte maximale belasting (1,56 miljoen ton per jaar), wat aangevraagd wordt in dit winningsplan, in groen omlijnd en grijs ingekleurd.
Dit voor de periode 2015-2034, hierbij over 6 jaarlijks gemiddeld volgens protocol.


Ballastplaat
X: 153.420
Y: 584.380
X: 157.190
Y: 583.650
32 km²
X: 150.750
Y: 576.650
X: 154.520
Y: 575.510
Harlingen
(Harns)
Midlum
Wijnaldum
Sexbierum
Oosterbierum
Tzummarum
Dongjum
Franeker
(Frentsjer)
Koehool
Pietersbierum
Ungabuurt
Kleasterlij
Ie
Hitzum
Dolsum
Grote Vlearen
A31
verklaring
grens winningsvergunning Barradeel
grens winningsvergunning Barradeel II
grens winningsvergunning Havenmond
schaal:
0
2 km
Aanvraag winningsvergunning Havenmond
esco
Frisia Zout B.V.
schaal 1:50.000
kaart 2


145000
150000
155000
160000
535000
530000
525000
HM-2
HM-1 SDTR
HM-1
HM-3
Oppervlakte locatie
Legenda
Oppervlakte locatie
Geplande caverne
Prognose bodemdaling (mm)
Pollendam - zinkweiken
Winningsvergunning Havensmond
0 500 1,000 1,500 2,000
Meter
Frisia Zout B.V.
esco
Winningsplan Havensmond
Overzichtskaart Prognose bodemdaling Havensmond
DEFINITIEF
oranjewoud