

RAPPORT

## **CE-toetsing verwerkingsalternatieven nabij Schoonebeek**

Onderzoek Oliewinning Schoonebeek

Klant: NAM B.V.

Referentie: BF5299-IB-RP-CE-OOS

Status: Definitief/00

Datum: 17-1-2023

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35  
3818 EX Amersfoort  
Industry & Buildings  
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**  
+31 33 463 36 52 **F**  
info@rhdhv.com **E**  
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: CE-toetsing verwerkingsalternatieven nabij Schoonebeek

Sub titel: Onderzoek Oliewinning Schoonebeek  
Referentie: BF5299-IB-RP-CE-OOS  
Status: 00/Definitief  
Datum: 17-1-2023  
Projectnaam: Oliewinning Schoonebeek  
Projectnummer: BF5299

---

---

---

---

---

Classificatie

Projectgerelateerd

*Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelevoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.*

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Aanleiding	1
1.2	Opzet van het onderzoek	2
1.3	Leeswijzer	4
<b>2</b>	<b>Uitgebreide lijst met opties</b>	<b>5</b>
2.1	Samenstellen van de uitgebreide lijst met opties	5
2.2	Clusteren opties in groepen van vergelijkbare concepten en een restgroep	5
2.3	Totaaloverzicht uitgebreide lijst met opties geclusterd naar thema's	9
<b>3</b>	<b>Selectie meest kansrijke opties per cluster (short list)</b>	<b>10</b>
3.1	Selectiecriteria	10
3.2	Toetsing thema's op basis van selectiecriteria	13
3.3	Toelichtingen van de alternatieven op de short list	17
<b>4</b>	<b>Technische randvoorwaarden bij uitwerking alternatieven</b>	<b>19</b>
4.1	Samenstelling van het mee geproduceerde water	19
4.2	Waterzuivering	21
4.3	Waterinjectie nabij Schoonebeek	23
4.4	Waterinjectie in gasveld Schoonebeek	24
4.5	Waterinjectie in Schoonebeek olieveld	29
4.6	Realiseerbare alternatieven	35
<b>5</b>	<b>Alternatief 1: Volledig zuiveren tot zoet water en vast zout</b>	<b>36</b>
5.1	Zuiveringstechnieken	36
5.2	Afvoer reststoffen en varianten voor zout	38
5.3	Gebruik van bedrijfsmiddelen en geproduceerde hoeveelheden water en reststoffen	39
5.4	Optimalisatieopties in productafzet	42
<b>6</b>	<b>Alternatief 2: indikken van de waterstroom</b>	<b>44</b>
6.1	Waterzuivering	44
6.2	Benutten schoon zoetwater voor circulair watergebruik	48
6.3	Verwerking reststroom	49
6.4	Afvoer overtollig zoet water	50
6.5	Overige reststromen	50
6.6	Gebruik van bedrijfsmiddelen en geproduceerde hoeveelheden water en reststoffen	50

<b>7</b>	<b>Alternatief 3: Waterinjectie in Schoonebeek gasveld</b>	<b>53</b>
7.1	Reductie mijnbouw hulpstoffen in het productiewater	53
7.2	Afvoer productiewater naar injectielocaties	54
7.3	Waterinjectie	54
<b>8</b>	<b>Toetsing alternatieven met CE-methodiek</b>	<b>55</b>
8.1	Toetsingsmethodiek: CE-afwegingsmethodiek	55
8.2	Toetsing randvoorwaarden waterinjectie	57
<b>9</b>	<b>Milieuaspecten – Levenscyclusanalyse</b>	<b>60</b>
9.1	Milieufactoren op hoofdlijnen	60
9.2	Bevindingen LCA	63
<b>10</b>	<b>Risico's</b>	<b>67</b>
10.1	Benoemen risico's	67
10.2	Toetsing risico's korte termijn (operationele risico's)	69
10.3	Toetsing risico's lange termijn	82
<b>11</b>	<b>Kosten</b>	<b>90</b>
11.1	Methodiek om kosten en baten te bepalen	90
11.2	Aanlegkosten	91
11.3	Operationele kosten	92
11.4	Kosten per alternatief	92
11.5	Overzicht berekende kosten	93
<b>12</b>	<b>Conclusie CE-toetsing</b>	<b>94</b>
12.1	Conclusie	94
12.2	Overzichtstabel classificatie aspecten CE-toetsing	95
12.3	Afweging alternatieven	96
	<b>Lijst met afkortingen</b>	<b>97</b>
	<b>Bijlagen</b>	
1	Levenscyclusanalyse (LCA) verwerkingsalternatieven, RHDHV, 2023	
2	Overkoepelende risicoanalyse, NAM, 2022, inclusief: Seismic threat assessment for Schoonebeek-Zechstein water injection. NAM rapport EP202204200931, NAM, 2022	

## 1 Inleiding

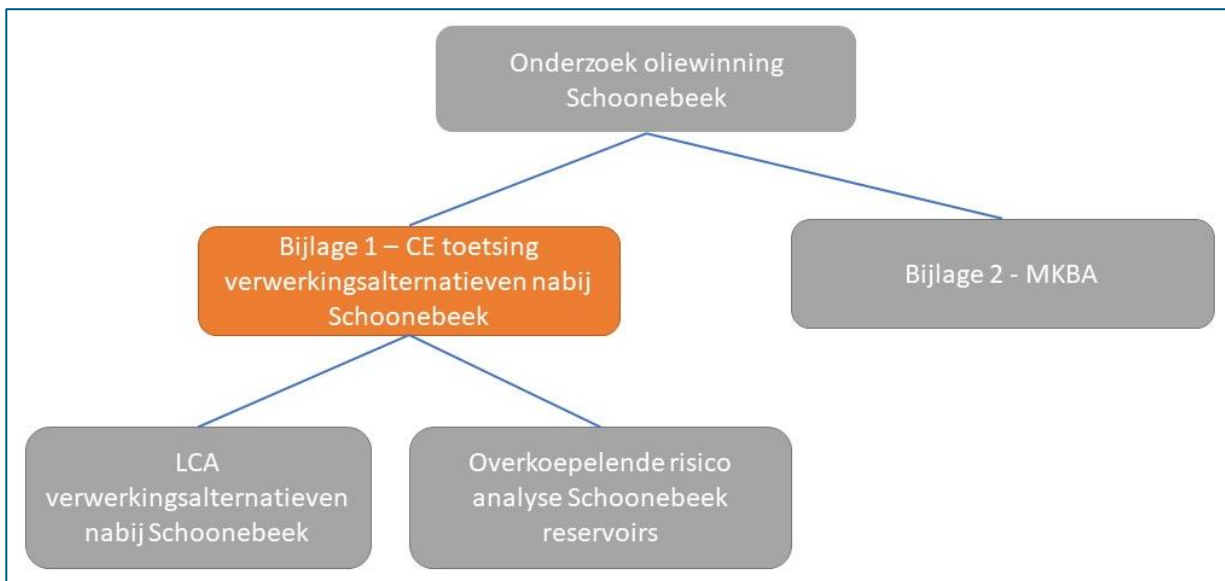
### 1.1 Aanleiding

Bij de winning van olie komt ook water mee naar boven. Dit water moet op een goede manier worden behandeld en verwerkt, passend binnen de milieuregels. Het water wordt in de oliebehandelingsinstallatie van Schoonebeek gescheiden van de olie. Wat overblijft is de pure olie en het zogenaamde *productiewater*. Door de samenstelling van het productiewater is het niet toegestaan om dit direct op het oppervlaktewater te lozen. Het is wel mogelijk om het productiewater terug te brengen in de diepe ondergrond. Dit kan bijvoorbeeld in het olieveld of in lege gasvelden. Een andere optie is om het productiewater schoon te maken (te zuiveren).

Voorliggende rapportage richt zich op de vraag hoe het productiewater in de omgeving van Schoonebeek kan worden verwerkt. Daarbij ligt de nadruk op mogelijke technieken van waterzuivering en van opslag in de diepe ondergrond. Dit is de vierde keer dat de verwerkingsmogelijkheden van het productiewater worden onderzocht. Bij de Milieueffectrapportage van de herontwikkeling van de oliewinning Schoonebeek in 2006 zijn de verwerkingsmogelijkheden onderzocht. In 2016 en 2022 zijn in de “Herafweging verwerking van het productiewater” de nieuwste inzichten op het gebied van zuiveringstechnieken en beschikbare opslagmogelijkheden in de diepe ondergrond verwerkt. Dit vond plaats in het kader van de huidige vergunningsvoorwaarden voor waterinjectie in de Twentevelden.

Het onderzoek in voorliggende rapportage bouwt voort op de drie voornoemde onderzoeken. Maar, in tegenstelling tot de voorgaande studies, wordt er uitgegaan van verwerking van het productiewater in de omgeving van Schoonebeek, een te verwerken productiewatercapaciteit van 6.500 m<sup>3</sup>/dag en is het zogenaamde Indikkingsalternatief verder uitgewerkt.

Het is een zelfstandig leesbare rapportage en vormt ook een bijlage bij het ‘Onderzoek oliewinning Schoonebeek’.



Figuur 1-1. Overzicht van de samenhang tussen rapportage.

### Gebruik en status

De rapportage is op verzoek van de lokale bestuurders opgesteld specifiek voor de verwerkingsmogelijkheden in de omgeving van Schoonebeek. Het doel is om voorafgaand aan de formele procedures inzicht te krijgen in de mogelijkheden en afwegingen. Dit document kan naderhand dienen als achtergrond document bij de vergunningverlening bij toekomstige vergunningaanvragen. De vergunningaanvragen zullen meer detail vergen. Het detailniveau in dit onderzoek is gericht op het zichtbaar maken van de verschillen tussen de mogelijke alternatieven.

#### Terminologie vloeistoffen oliewinning Schoonebeek

De terminologie voor het water dat meekomt bij de oliewinning is aangepast ten opzichte van eerdere onderzoeken naar waterinjectie. Eerder werd de term “productiewater” gebruikt voor zowel het water dat bij olieproductie mee omhoogkomt, als voor het water dat in de oliebehandelingsinstallatie wordt gescheiden van de olie. In dit onderzoek zijn de volgende definities gehanteerd:

*Productievloeistof:* de vloeistofstroom die bij de oliewinning naar boven komt, bestaande uit olie en productiewater.

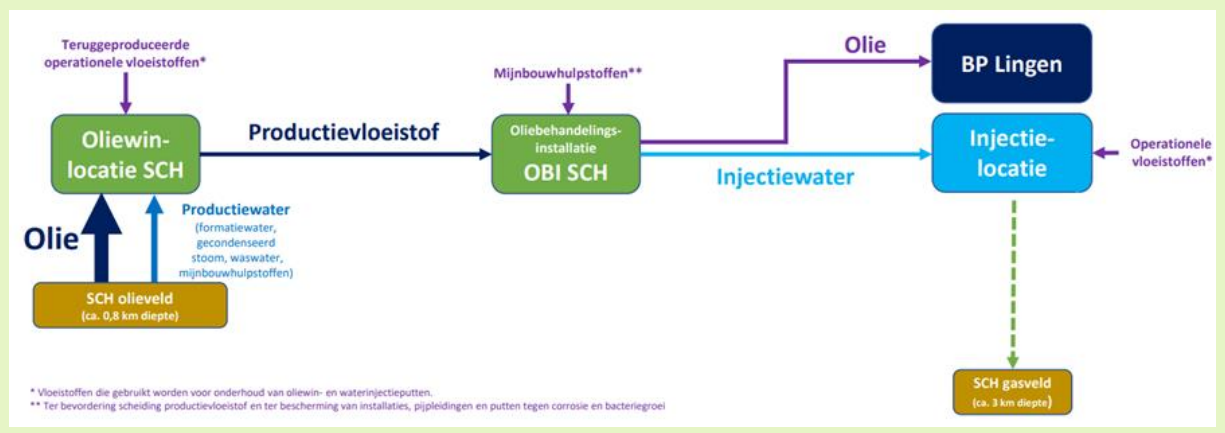
*Formatiewater:* water dat al miljoenen jaren in de diepe ondergrond zit (bevat van nature veel zouten, mineralen en kleine hoeveelheden zware metalen en zwavelverbindingen).

*Gecondenseerd stoom:* de weer vloeibaar geworden afgekoelde stoom die in de diepe ondergrond werd gebracht om de olie meer vloeibaar te maken, zodat deze makkelijker kan worden opgepompt.

*Waswater:* water met olieresten dat vrijkomt bij het scheidingsproces in de oliebehandelingsinstallatie.

*Productiewater:* een combinatie van formatiewater, gecondenseerd stoom, waswater en in de put gebruikte mijnbouwhulpstoffen. *Brijn*, een ingedikte waterstroom met gehooede concentraties zouten.

*Injectiewater:* de vloeistofstroom die uiteindelijk wordt geïnjecteerd in de diepe ondergrond.



## 1.2 Opzet van het onderzoek

### CE-afwegingsmethodiek

In de drie voorgaande onderzoeken naar de verwerkingsmogelijkheden voor het productiewater is gebruik gemaakt van een speciaal ontwikkelende methodiek. Dit is de CE-afwegingsmethodiek. Hiermee kan de afweging van verwerkingsopties binnen de biosfeer worden vergeleken met opties die in de diepe ondergrond plaatsvinden, buiten de biosfeer. Er wordt daarbij gekeken naar milieueffecten, risico's op de korte en lange termijn en naar de kosten. De CE-afwegingsmethodiek is ontwikkeld om de verschillende aspecten die bij de afweging van de verwerking van het productiewater een rol spelen zo compleet mogelijk te toetsen en inzichtelijk weer te geven. Op basis van de resultaten van de CE-toetsing kunnen initiatiefnemers en bevoegde gezagen onderbouwd tot keuzes komen.

Uit externe toetsing van de drie voorgaande onderzoeken is gebleken dat de daarin gehanteerde selectie- en toetsingsmethodiek als logisch en duidelijk gezien wordt. Dit wordt opgemerkt door de Commissie voor de m.e.r. en andere afzonderlijke reviews op het gehele onderzoek of onderdelen ervan. Opmerkingen over de eerdere rapportages hebben vooral betrekking op de mate van detail en de wens uitgebreidere toelichting op de bron van gehanteerde parameters.

In de publieke discussie rond de verwerking van productiewater is de toepassing van de CE-afwegingsmethodiek ter discussie gesteld. De methodiek zelf leidt echter niet tot conclusies, maar geeft de mogelijkheid de verschillende aspecten van de alternatieven naast elkaar te zien, zodat eenieder zijn of haar eigen conclusie kan trekken. Deze methodiek is wettelijk voorgeschreven in het LAP3 en in dit onderzoek is de CE-afwegingsmethodiek dan ook gevolgd.

De CE-afwegingsmethodiek doet geen uitspraak over draagvlak van oplossingen of het lokale belang van circulariteit in het waterbeheer, los van de score in de LCA-afweging. Deze aspecten zijn echter ook buitengewoon waardevol voor de afweging, en zijn in een bovenliggende rapportage 'Onderzoek oliewinning Schoonebeek' beschreven.

### **Verskil met eerdere onderzoeken**

De belangrijkste verschillen met de eerdere onderzoeken zijn:

- Er wordt van uitgegaan dat het productiewater in de omgeving van Schoonebeek wordt verwerkt. Het alternatief met verwerking in Twente is daarmee afgefallen en niet nader beschreven in dit onderzoek.
- Het optimale productieniveau ligt op 2.200 m<sup>3</sup> olie per dag. Hiervoor is de verwerking van 6.500 m<sup>3</sup> mee-geproduceerd water per dag nodig. Eerdere onderzoeken gingen uit van maximaal 8.000 m<sup>3</sup>/dag productiewater en naderhand van de huidige situatie waarbij 3.000 m<sup>3</sup>/dag productiewater wordt verwerkt.
- Er is speciale aandacht voor een verder uitgewerkt indikkingsalternatief. Hierbij wordt een nieuwe zuiveringstechniek (gebaseerd op membraantechnologie) toegepast en is onderzocht in hoeverre injectiewater in het Schoonebeek oliereservoir of het onderliggende aquifer kan worden teruggebracht.
- Verder zijn er optimalisaties ten aanzien van het gebruik van mijnbouwhulpstoffen verder uitgewerkt.

### **Aanpak langs 2 sporen**

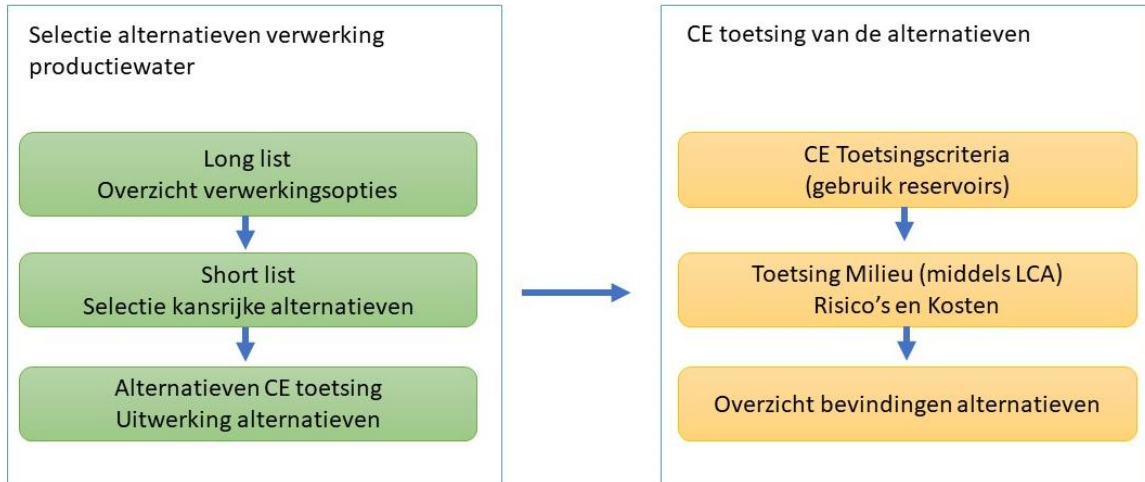
Op hoofdlijnen bestaat het onderzoek uit twee sporen, zoals weergegeven in Figuur 1-2:

#### **Spoor 1: Selectie alternatieven voor de verwerking van het productiewater**

In het onderzoek is een overzicht gemaakt van alle realistisch denkbare verwerkingsmogelijkheden. Vanuit deze uitgebreide lijst is een selectie gemaakt van de meest kansrijke alternatieven. De meest kansrijke alternatieven zijn zodanig uitgewerkt, dat het mogelijk is hiervoor inzicht te krijgen in milieueffecten, risico's en kosten. Dit leidt tot een overzicht van de alternatieven op basis waarvan NAM en bevoegd gezag kunnen bepalen wat de meest wenselijk verwerkingsoptie is.

#### **Spoor 2: CE-toetsing van de alternatieven**

De eerste stap in de afwegingsmethodiek is bepalen welke reservoirs in aanmerking komen voor opslag van productiewater. De geschikte reservoirs maken onderdeel uit van alternatieven die worden getoetst op de aspecten milieu, risico korte en lange termijn, en kosten. Het milieuaspect is in beeld gebracht met behulp van een levenscyclusanalyse (LCA). Verder zijn risico's en kosten in beeld gebracht. Er is een samenvattende tabel opgesteld waarin de resultaten gepresenteerd zijn in geclassificeerde vorm.



Figuur 1-2. Overzicht methodiek om te komen tot alternatieven en de toetsing van de alternatieven.

### 1.3 Leeswijzer

#### Selectie alternatieven

Hoofdstuk 2 beschrijft de uitgebreide lijst met verwerkingsopties. Deze is gebaseerd op de lijst uit de Herafweging 2016, waarvoor sindsdien geen aanvullende opties zijn vastgesteld.

De uitgebreide lijst met mogelijke opties zijn in Hoofdstuk 3 onderling gewogen om te komen tot de meest kansrijke opties.

In Hoofdstuk 4 zijn de technische randvoorwaarden voor de uitwerking van alternatieven uitgewerkt. Dit heeft betrekking op de zuiveringstechnieken en opslagmogelijkheden van de meest kansrijke opties. Hiermee is gekomen tot drie realiseerbare alternatieven. Deze alternatieven zijn in de volgende hoofdstukken uitgeschreven.

#### Uitwerking alternatieven

Hoofdstuk 5 beschrijft Alternatief 1: volledig zuiveren tot zoet water en vast zout. Bij Alternatief 1 vindt geen waterinjectie plaats maar ontstaat een grote hoeveelheid vast zout.

Hoofdstuk 6 beschrijft Alternatief 2: indikken van de waterstroom. Bij Alternatief 2 wordt de zoutwaterstroom ingedikkt. Er zijn twee varianten voor de injectie van het ingedikte water in de diepe ondergrond: in alternatief 2a wordt het ingedikte water terug geïnjecteerd in een gedeelte van het olieveld (het aquifer) en in alternatief 2b in het gasveld Schoonebeek.

Hoofdstuk 7 beschrijft Alternatief 3: waterinjectie in Schoonebeek gasveld. Bij Alternatief 3 wordt het volledige volume productiewater in het gasveld Schoonebeek geïnjecteerd.

#### Toetsing alternatieven

In Hoofdstuk 8 tot en met Hoofdstuk 12 vindt de CE-toetsing van de alternatieven plaats. Hoofdstuk 8 toetst de alternatieven aan de randvoorwaarden voor waterinjectie.

In Hoofdstuk 9 zijn milieueffecten beschreven aan de hand van het energieverbruik, de hoeveelheid reststoffen en het gebruik van chemicaliën en de levenscyclusanalyse (LCA).

In Hoofdstuk 10 zijn de risico's voor de korte en lange termijn beschreven.

In Hoofdstuk 11 is een raming van de kosten van de aanleg- en de operationele fase gegeven.

De conclusie van de CE-toetsing staat in Hoofdstuk 12.



## 2 Uitgebreide lijst met opties

In dit hoofdstuk is beschreven hoe de uitgebreide lijst met opties is samengesteld en geclusterd in thema's. In de laatste paragraaf is de uitgebreide lijst met opties opgenomen.

### 2.1 Samenstellen van de uitgebreide lijst met opties

Tijdens het opstellen van het MER in 2006 zijn verschillende opties voor de verwerking van productiewater benoemd. In het kader van de Herafweging 2016 zijn marktpartijen benaderd en zijn betrokkenen uit de regio gevraagd mee te denken over aanvullende opties voor de verwerking van het productiewater. Het was de bedoeling door vooraf breed te kijken zonder specifieke verwachtingen, dat ook nieuwe opties die eerder niet bedacht waren, meegenomen konden worden. Dit heeft geleid tot een uitgebreide lijst met opties. Als onderdeel van de second opinion van de Herafweging 2016 heeft de TU Delft de samenstelling van de lijst getoetst en geconcludeerd dat dit in alle redelijkheid een complete lijst is.

Bij de Herafweging in 2022 is de lijst nogmaals doorgenomen, om na te gaan of er aanvullende opties beschikbaar zijn. Dat bleek niet het geval. Er zijn wel enkele nieuwe inzichten ten aanzien van waterzuivering en waterinjectie in de geselecteerde opties verwerkt. In het kader van voorliggend onderzoek zijn uit de uitgebreide lijst van opties, de opties met waterinjectie in de Twentevelden verwijderd. Uitgangspunt van voorliggende onderzoek is dat voor de waterinjectie opties alleen gekeken wordt naar opties in de omgeving van Schoonebeek.

### 2.2 Clusteren opties in groepen van vergelijkbare concepten en een restgroep

Om vanuit de uitgebreide lijst een beperkte lijst van verschillende oplossingsrichtingen te krijgen, is gebruik gemaakt van clustering naar type oplossing. Deze stap is er om te zorgen dat de beperkte lijst opties bevat die daadwerkelijk wezenlijk van elkaar verschillen. Zonder deze aanpak is de kans groot dat de 4 of 5 meest kansrijke opties allemaal op elkaar lijken, omdat de onderliggende technische concepten min of meer gelijk zijn. Met een geforceerde brede spreiding in verschillende clusters wordt voorkomen dat de beste opties allemaal in 1 cluster vallen. Zo wordt het mogelijk om aan de hand van de spreiding de consequenties van totaal verschillende concepten via de CE-afwegingsmethode inzichtelijk te maken.

Op voorhand is duidelijk dat er geen mogelijkheden bekend zijn, waarbij oliewinning plaatsvindt zonder productiewater. Ook is het duidelijk dat het productiewater na afscheiding van de olie nog te veel stoffen bevat om direct geloosd te worden op oppervlaktewater of zee. Het productiewater zal dus ofwel teruggebracht moeten worden in de ondergrond, ofwel behandeld (gezuiverd). Een combinatie van beide is uiteraard eveneens mogelijk. De verschillende verwerkingsopties zijn daarom op te delen in thema's.

#### 2.2.1 Thema 1 – Zuivering van productiewater en lozing in de biosfeer (oppervlakte water / zee), zonder injectie van reststroom

Binnen dit thema wordt het productiewater gezuiverd. Er vindt geen waterinjectie plaats. Bij zuivering ontstaat een schone waterstroom en een reststroom van geconcentreerde stoffen. De verschillende opties hebben betrekking op de schone waterstroom, die geloosd kan worden op oppervlaktewater of kan worden hergebruikt voor stoomproductie. De reststroom is een sterk ingedikte waterstroom of een vast

product. De reststroom moet afgevoerd worden voor permanente bovengrondse opslag of is wellicht herbruikbaar.

Binnen dit thema wordt onderscheid gemaakt in twee typen oplossingen:

- Opties om water te zuiveren van mijnbouw hulpstoffen en enkele andere omgevingsvreemde stoffen en het schone zoute water daarna te lozen op de zee;
- Opties om water te zuiveren en schoon zoet water te lozen op oppervlaktewater of te hergebruiken.

### **Lozing van schoon zout water op zee**

Er zijn drie opties waarbij waterlozing op zee plaatsvindt. Het productiewater zal gezuiverd worden en als zout water via een transportleiding naar een lozingspunt in het noorden worden gebracht. Lozing kan plaatsvinden op verschillende locaties, zoals de Eemshaven of op de Eems.

### **Lozing van schoon zoet water op oppervlaktewater of hergebruik met zout als restproduct**

Hier zijn eveneens drie opties waarbij het productiewater geheel gezuiverd wordt, met als resultaat schoon zoet water en een grote hoeveelheid zout restmateriaal:

1. De waterzuivering kan worden gecombineerd met de bestaande waterzuivering voor ultra-puur water van NieuWater in Emmen. Het productiewater kan dan als puur water weer gebruikt worden voor stoomproductie, waarmee een retourstroom ontstaat naar het reservoir. Het aanpassen van de huidige waterzuivering is echter technisch moeilijk, omdat deze is geoptimaliseerd in de samenwerking met de bestaande Rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI).
2. Nieuwbouw ter plaatse van de OBI is makkelijker te realiseren dan een combinatie met de bestaande zuivering door NieuWater. Met betrekking tot een dergelijke nieuwbouw zijn er 2 opties, afhankelijk van het restproduct:
  - a. Zuivering van het restproduct tot schoon, gemengd zout;
  - b. Geen zuivering van het restproduct met oplevering van vervuild zout.

## **2.2.2 Thema 2: Zuivering met lozing aan oppervlaktewater, met injectie van de reststroom**

Binnen dit thema wordt het productiewater gescheiden in een schone waterstroom en een geconcentreerde afvalwaterstroom. De schone waterstroom kan hergebruikt worden voor stoominjectie of geloosd op het oppervlaktewater. De geconcentreerde afvalwaterstroom heeft een kleiner volume en kan opgeslagen worden in de meest geschikte lege gasvelden of terug in het oliereservoir.

In dit thema worden de verschillende opties besproken waar het productiewater wordt gescheiden in verschillende stromen. Er ontstaat een schone waterstroom, die, na verdere zuiveringsstappen in de Ultra-Puur Water fabriek van NieuWater, kan worden hergebruikt voor stoominjectie of meteen worden geloosd op het oppervlaktewater. Er wordt gekeken naar zuivering van toegevoegde stoffen tot het huidige vergunningsniveau of tot het technisch laagst haalbare niveau. Ook ontstaat een geconcentreerde reststroom met kleiner volume, die wordt geïnjecteerd in geschikte velden.

Er zijn in dit cluster drie opties benoemd, met verschillen in de mate en wijze van waterzuivering.

1. Er is een optie bekeken waarbij de waterzuivering plaatsvindt bij NieuWater, in combinatie met de bestaande zuivering.
2. Er zijn verder twee opties gedefinieerd waarbij een nieuwe waterzuivering gebouwd wordt ter plaatse van de OBI.
  - a. Een optie waarbij een beperkte reststroom met hogere concentraties (brijn) wordt geïnjecteerd in een van de bestaande (waterinjectie) locaties.

- b. Een optie waarbij een beperkte reststroom met hogere concentraties (brijn) weer in het Schoonebeek oliereservoir kan worden teruggebracht.

#### **Nieuwe technieken, gebruik maken van planten, schimmels en bacteriën**

Een mogelijke nieuwe biologische zuiveringstechniek maakt gebruik van een combinatie van planten, schimmels en bacteriën. Hiervoor zijn echter nog grootschalige testen nodig om aan te tonen dat de juiste combinatie effectief kan zijn voor de specifieke samenstelling van het productiewater en stabiel kan worden bedreven.

### **2.2.3 Thema 3: Injectie van het volledige volume productiewater, eventueel met voorzuivering**

Injectie kan plaatsvinden in onder meer de velden in Zuidoost Drenthe, in de overige Drenthe velden of in Borgsweer (Groningenveld). Een combinatie tussen deze velden is uiteraard ook mogelijk. Hierbij kan gedeeltelijke zuivering plaatsvinden om zoveel mogelijk toegevoegde mijnbouwstoffen uit het injectiewater te verwijderen.

Bij alle opties wordt ook gekeken naar zuivering van toegevoegde stoffen tot het huidige vergunningsniveau of tot het technisch laagst haalbare niveau. Het zout blijft achter in het water.

Potentieel realiseerbare opties voor waterinjectie bevinden zich in (vrijwel) leeg geproduceerde gasvelden in Drenthe en Groningen. In Drenthe wordt onderscheid gemaakt tussen de velden in de directe omgeving van Schoonebeek (Zuidoost Drenthe) en de overige Drenthevelden. Bij de Groningenvelden is ook nog speciaal gekeken naar de mogelijkheid om aan te sluiten bij de bestaande waterinjectie in Borgsweer, dat een onderdeel is van het grote Groningen veld.

### **2.2.4 Thema 4: Overige opties**

Dit zijn de opties waarvan in een vroeg stadium duidelijk werd dat deze hoogstwaarschijnlijk niet haalbaar zijn. Dat komt mede doordat een deel van de opties afhankelijk is van samenwerking met derden, partijen die uiteindelijk geen mogelijkheden zien of nadrukkelijk geen samenwerking wensen.

#### **Samenwerking Duitsland**

Bij de samenwerking met Duitsland staat nog een vraagteken. Het Schoonebeek olieveld bevindt zich voor een groot deel op Duits grondgebied. Ook in Duitsland wordt olie gewonnen en wordt productiewater verwerkt en geïnjecteerd in de diepe ondergrond. In verkennende gesprekken bleek in eerste instantie een omgekeerde vraag naar beschikbare reservoirs het geval, waarbij productiewater uit Duitsland naar Nederland zou worden getransporteerd voor verwerking. Verwerking bij Emlichheim en Rühlermoor blijkt niet mogelijk, maar momenteel wordt een gezamenlijke oplossing voor de in het gebied actieve oliemaatschappijen opnieuw nader verkend (waterinjectie in Duitse Zechstein reservoirs in samenwerking met het West Emsland Consortium). Er zijn sterke aanwijzingen dat om verschillende redenen (waaronder vergunning-technisch) productiewater transport naar Duitsland niet haalbaar zal blijken. Opgemerkt wordt dat als een oplossing mogelijk mocht blijken, de doorlooptijd voor implementatie waarschijnlijk meerdere jaren zal zijn.

### **Samenwerking derden**

Er zijn gesprekken gevoerd met meerdere partijen over mogelijke verwerking van productiewater door derden, waaronder vertegenwoordigers van de zout producerende en verwerkende industrie. Voor de verwerking door deze industrie zijn twee opties verkend:

- Overdracht van het ongezuiverde of gezuiverde productiewater met als doel dit in te voeden in de zoutwinningsketen en er een bruikbaar product van te maken, zoals keukenzout of strooizout
- Het indikken van productiewater tot vast zout en dit in te brengen in oude zoutcavernes om deze te stabiliseren.

### **Overdracht van productiewater**

De zoutindustrie wint momenteel pekewater uit een zoutlaag (Overijssel) of zoutpilaar (Groningen) waarbij het zout in deze voorkomens zeer zuiver en van hoge kwaliteit is. Dit pekewater vergt weinig tot geen bewerking om er bijvoorbeeld tafelzout van een hoge kwaliteit van te maken. Het gevolg hiervan is dat alleen productiewater dat aan een vergelijkbare kwaliteit voldoet, zonder risico van verontreiniging, bruikbaar kan zijn. Daarbij komt dat het zoute productiewater van Schoonebeek nog minder zout is dan het eigen pekewater uit de cavernes, wat de efficiëntie van zoutproductie sterk vermindert. Als dit niet mogelijk is, zal verzadiging in cavernes moeten plaatsvinden. Ook vanwege de grote hoeveelheid productwater zal er een afhankelijkheid ontstaan tussen het aanleveren van productiewater en het verwerken bij de industrie, wat als een aanvullend risico wordt gezien. Door deze omstandigheden ziet de industrie de beschikbaarheid van zout productiewater uit Schoonebeek niet als een interessante optie.

### **Gebruik als strooizout**

Van de totale jaarlijkse hoeveelheid geproduceerd zout in Nederland, ongeveer 4 tot 5 miljoen ton zout, wordt ongeveer 100 duizend ton per jaar aan industrieel strooizout benut. Het productiewater van Schoonebeek bevat initieel ook ongeveer 70 duizend ton per jaar. In verband met effecten op het milieu heeft Rijkswaterstaat strenge kwaliteitseisen opgesteld voor strooizout. Het strooizout dient voor 97% uit zuivere NaCl te bestaan. Met behulp van meerdere zuiveringsstappen kan 65% van het geproduceerde zout tot NaCl worden gezuiverd. Hierbij dient rekening gehouden te worden met de kans op ongewenste kwaliteitsvariëaties. Dit leidt tot aanvullende zoutopslag en een strikte kwaliteitscorrectie. De huidige strooizoutproducenten kunnen in de huidige situatie aan de vraag voldoen, waardoor eigenlijk geen markt vraag is naar extra Schoonebeek strooizout. Het ongebruikte zout is verder niet verkoopbaar en zal dan moeten worden opgeslagen.

### **Indikken Schoonebeek water tot vast zout en gebruik voor stabilisatie van cavernes**

Sommige van de oude zoutcavernes in Twente zijn instabiel of dreigen op langere termijn instabiel te worden. Met instabiliteit van een caveerne wordt bedoeld dat het bovenliggende gesteente in de caveerne kan storten, waarbij de instortingszone zich geleidelijk naar boven verplaatst. Zodra de instortingen het maaiveld bereikt hebben, kan dit leiden tot verzakkingen of zelfs zinkgaten.

Er is in de regio groot belang om instorting van oude cavernes te voorkomen. Stabilisatie van de caveerne met een alternatieve vulstof is beter voor het milieu en de omgeving mits er bij het vullen geen nieuwe onaanvaardbare milieueffecten optreden. De vulstof die voldoet moet dan in de caveerne worden gebracht, waar het zodanig aangebracht wordt dat het een zekere sterkte gaat krijgen en het gewicht van het bovenliggende gesteente kan dragen. De al aanwezige pekewater heeft dat dragende vermogen niet en bij instorting wordt pekewater tussen de brokstukken door uit de caveerne geperst.

Het zoute productiewater van Schoonebeek is vergelijkbaar met onverzadigde pekewater en heeft net als pekewater geen enkele sterkte of dragend vermogen. Hiervoor moet het Schoonebeek zout tot kristallen omgevormd worden. De kristallen moeten in de caveerne gebracht kunnen worden en de vereiste dragende functie

krijgen, voordat dit als een succesvol alternatief kan worden gezien. De draagkracht van Schoonebeek kristalzout in cavernes is nog niet aangetoond.

## 2.3 Totaaloverzicht uitgebreide lijst met opties geclusterd naar thema's

Tabel 2.1. Overzicht van de verwerkingsopties voor productiewater, geclusterd naar thema's

<b>Thema 1 - Zuivering en lozing, zonder injectie van reststroom</b>
<b>Cluster: Lozing van schoon zoet water op oppervlaktewater of hergebruik, met zout als restproduct</b>
Zuivering op OBI van zout en hulpstoffen en lozing zoet water op oppervlaktewater. Hergebruik schoon zout.
Zuivering op OBI van zout en hulpstoffen en lozing zoet water op oppervlaktewater. Afvoer vervuild zout.
Retour Nieuwater. Zuivering gevolgd door hergebruik water en afvoer van vervuild zout.
<b>Cluster: Lozing van schoon zout water op zee</b>
Zuivering op OBI, transport naar rietvelden en lozing zout water bij Eems-gebied
Zuivering op OBI, transport en directe lozing zout water bij Eemsgebied (zonder rietvelden)
Zuivering op OBI, transport naar derde in het noorden voor transport en lozing zout water
<b>Thema 2 – Zuivering met injectie van reststroom in reservoirs</b>
Retour Nieuwater. Zuivering gevolgd door hergebruik 1.500 m <sup>3</sup> /d en injectie van 5.000 m <sup>3</sup> /d brijn in Drenthe
Zuivering op OBI gevolgd door lozing 5.000 m <sup>3</sup> /d en injectie van 1.500 m <sup>3</sup> /d brijn in Drenthe
Zuivering op OBI gevolgd door lozing 5.000 m <sup>3</sup> /d en injectie van 1.500 m <sup>3</sup> /d brijn terug in olieveld Schoonebeek West.
<b>Thema 3 – injectie van het volledige watervolume</b>
Waterinjectie in het gasveld Schoonebeek Gas
Waterinjectie terug in Olieveld Schoonebeek
Waterinjectie in de Zuidoost Drenthevelden
Waterinjectie in de Drenthe- en kleine Groningenvelden
Waterinjectie in Borgsweer (Groningenveld)
<b>Thema 4 - Overige opties</b>
Zuivering op OBI, Transport naar Noordzee, West Nederland
Afname via Afvalbeheerbedrijf (Andaver of ATM in Zeeland of CMF in Velsen)
Zuivering op OBI, transport van schoon zout naar Zoutfabriek in Drenthe, Overijssel of Friesland
Afname via RWZI/AWZI of industriepark (Europark, Emmtec bv) met of zonder voorzuivering
Zuivering op OBI en injectie in Schoonebeek Oost
Zuivering op OBI en injectie in Emlichheim, Duitsland
Transport via Pijpleiding naar Ruhleemoor, Duitsland en injectie in potentieel Exxon waterinjectieproject
Injectie in aquifers
Opslag in zoutcavernes

Bij de opties kunnen weer aanvullingen uitgewerkt worden, bijvoorbeeld ten aanzien van het gebruik van chemicaliën en mijnbouwhulpstoffen.

### 3 Selectie meest kansrijke opties per cluster (short list)

In dit hoofdstuk is beschreven hoe uit de uitgebreide lijst van opties de meest kansrijke opties zijn geselecteerd. In paragraaf 3.1 staan de selectiecriteria. In paragraaf 3.2 zijn de opties binnen de thema's getoetst aan de selectiecriteria. In paragraaf 3.3 is toegelicht welke alternatieven per thema zijn geselecteerd.

#### 3.1 Selectiecriteria

Omdat de opties niet eenvoudig met elkaar vergeleken kunnen worden is ervoor gekozen om de verschillende oplossingen op de long list in clusters onder te brengen. Per cluster wordt de meest kansrijke optie geselecteerd. Daarvoor zijn de opties getoetst op criteria. Opties kunnen afvallen als ze technisch niet haalbaar zijn of indien een optie beleidsmatig of wettelijk niet is toegestaan. Verder helpen de criteria om te komen tot een voorkeurslijst. Dit leidt tot een samenvattende tabel waarin de kwalitatieve definitie van elke score per beoordelingscriterium weergegeven is.

##### **Veilig en gezond – uitsluitend criterium**

Voor alle opties geldt als uitgangspunt dat ze veilig moeten kunnen worden uitgevoerd en dat de gezondheid van bewoners in de regio en het milieu niet in gevaar mogen komen. Opties die hier niet aan voldoen vallen direct af.

##### **Technisch – mogelijk uitsluitend criterium**

In deze fase van de herafweging, de selectie van alternatieven binnen de uitgebreide lijst voor de beperkte lijst, is de technische toets in sterke mate bepalend of een goed idee ook daadwerkelijk uitvoerbaar is. De opties dienen robuust te zijn, zodat gedurende een lange periode van circa 25 jaar en met mogelijke variatie in de hoeveelheid en samenstelling van het productiewater, de verwerking van het productiewater steeds doorgang kan vinden. Bij de voorgestelde opties wordt gekeken naar:

- Technische haalbaarheid en uitvoerbaarheid
- Geschiktheid als robuuste oplossing (dat wil zeggen bestand tegen veranderingen in het productieproces, zodat voorkomen kan worden dat de productie opnieuw stilgelegd moet worden om aanpassingen aan de installatie te doen, geen experimentele technologie, wel hoge bedrijfszekerheid en goede procesbeheersing)
- Geschiktheid als langdurige oplossing (geschikt voor het totale watervolume, de gehele periode en er wordt voldaan aan de waterkwaliteitseisen)
- Bij waterinjectie opties, de geschiktheid van reservoirs in de diepe ondergrond

##### **Planning – niet uitsluitend**

De periode tot realisatie van de opties verschilt vanwege onder meer de tijd die benodigd is voor ontwerp, aanbesteding, vergunningaanvragen, bouw en testen. In beginsel vindt in de periode vanaf de tweede helft 2016 tot aan een nieuw gerealiseerde oplossing slechts beperkte oliewinning plaats als gevolg van de pijplijnreparatie die nu wordt uitgevoerd. Pas nadat de (nieuwe) optie voor de verwerking van productiewater operationeel wordt, kan de olieproductie weer op volledige capaciteit en optimaal functioneren. Daarmee vormt de doorlooptijd tot realisatie bij de opties een criterium. Echter, bij de selectie worden op basis van dit criterium geen opties uitgesloten.

##### **Beleid – mogelijk uitsluitende criterium**

De verschillende opties dienen binnen het bestaande wettelijk en beleidsmatig kader te passen. Een niet vergunbare oplossing valt af, aangezien de optie om deze reden niet realiseerbaar is. Daarnaast is het



voor sommige onderdelen in een optie nodig gebruik te maken van land van derden, waarvoor toestemming vereist is. Tot slot wordt een inschatting gemaakt hoe een oplossing zich verhoudt tot lokale beleidsambities en of dit tot vergaande aanpassingen in de oplossing of doorlooptijd gaat leiden.

- Vergunbaar (wettelijk en beleidsmatig);
- Aansluitend op lokale beleidsambities;
- Gebruik van terrein en grond mogelijk (ruimtelijke ordening).

#### **Financieel – niet uitsluitend**

Aanpassingen kosten geld, zodat financiële haalbaarheid een belangrijk criterium is. Echter, bij de selectie voor de beperkte lijst worden op basis van dit financiële criterium geen opties uitgesloten, mede door de relatief grote onzekerheden die er in deze fase nog zijn ten aanzien van de hoogte van de kosten. Voor de bepaling van de kosten moeten zowel de aanlegfase (kapitaalslasten) als de kosten in de operationele fase (bedrijfsvoering) berekend worden. Daarnaast kan het gebruik van bijna leeg geproduceerde gasvelden en bestaande pijpleidingen ertoe leiden dat minder of geen gas kan worden geproduceerd, wat als kostenpost wordt meegerekend. Bij de CE-afweging zullen de kosten van de geselecteerde opties in groter detail worden uitgewerkt.

- Kosten (aanlegkosten en operationele kosten);
- Verloren of verminderde olie- en aardgasopbrengsten.

#### **Milieu**

Milieueffecten kunnen optreden bij normale bedrijfsvoering en bij calamiteiten. Onder dit specifieke 'Milieu' criterium wordt gekeken naar de normale bedrijfsvoering. Eventuele effecten bij calamiteiten worden besproken bij het criterium 'Risico', onderstaand.

Bij de toetsing binnen elk van de clusters van de uitgebreide lijst wordt slechts kwalitatief aangegeven welke opties naar verwachting tot meer of minder milieueffecten zullen leiden. Dit is mogelijk omdat er binnen clusters sprake is van vergelijkbare concepten. De naderhand toegepaste CE-afwegingsmethode maakt gebruik van een LCA (Levenscyclusanalyse) waarmee een breed spectrum aan milieuaspecten in beeld wordt gebracht. Daarmee kunnen de verschillende opties onderling vergeleken worden.

- Milieueffecten bij normale bedrijfsvoering (energieverbruik, emissies naar bodem, water en lucht, geluid, effect op natuur, gebruik hulpstoffen, vergravingschade)

#### **Risico**

Het criterium risico geeft een indicatie van ongewenste situaties die kunnen optreden. Dit criterium wordt veel verder uitgewerkt bij de beperkte lijst opties in de nog uit te voeren toetsing met de CE-methodiek. Op hoofdlijnen is hier al wel een aanduiding voor te geven. Er wordt zowel gekeken naar risico's op korte termijn (gedurende de operationele fase) als op lange termijn, waarbij voor de lange termijn een periode tot ruim na afronding van de operationele fase en afsluiting van de putten wordt bedoeld. Er is specifiek gekeken naar mogelijke risico's voor mens en milieu gerelateerd aan:

- Aardbevingen
- Lekkage pijpleiding
- Lekkage uit reservoir via afdekkend gesteente of injectieput
- Vervuiling/ lekkage reststoffen uit stortplaats
- Ongelukken tijdens transport
- Activiteiten in kwetsbare gebieden (o.a. Natura2000-gebieden)
- Verontreiniging oppervlaktewater/ zee.

### Het vergelijken en bepalen van de meest kansrijke optie per cluster

Om voor alle opties en alle criteria een overzicht te krijgen wat beter of minder goed scoort, is er een vereenvoudigde tabel gemaakt waarin kwalitatief de scores zijn weergegeven (zie Tabel 3.1). (Dit is binnen m.e.r.- procedures een gebruikelijke aanpak om overzicht te krijgen over veel informatie.)

De scores zijn binnen een cluster onderling vergelijkbaar. Bijvoorbeeld als een optie een ‘-’ scoort op techniek, kan dit alleen vergeleken worden met de score op techniek van andere opties binnen hetzelfde cluster. Er is geen generieke maatstaf beschikbaar of ontwikkeld welke van toepassing is voor alle opties. De milieueffecten en risico’s van verschillende technische oplossingen zijn niet eenvoudig onderling vergelijkbaar. Door de enigszins vergelijkbare opties te clusteren wordt het wel mogelijk om verschillen en voor- en nadelen inzichtelijk te maken. De beste optie per cluster wordt geselecteerd en op de lijst geplaatst voor nadere toetsing met de CE-methodiek. Deze methodiek is speciaal ontwikkeld om de zeer verschillende milieueffecten toch tegen elkaar af te kunnen wegen. Omdat er uit elk cluster 1 optie wordt geëvalueerd met de CE-methodiek kan het hele spectrum van alle mogelijke oplossingen worden behouden.

Tabel 3-1. Tabel met classificatie scores met plussen en minnen per beoordelingscriterium.

Criteria	++	+	0	-	--	X
<b>Technisch</b>	Bewezen techniek, robuust voor variaties in waterkwaliteit, onderhoud en storingen	Bewezen techniek bij vergelijkbare omstandigheden	Bewezen techniek op kleine schaal of andere omstandigheden	Onzekerheden voor ontwerp, moet nader uitgezocht worden	Veel onzekerheden vragen detail onderzoek, niet duidelijk of optie haalbaar is	Technisch niet haalbaar
<b>Planning</b>		Naar verwachting realiseerbaar binnen 2 jaar	Naar verwachting realiseerbaar binnen 4 jaar	Verwachte realisatietijd langer dan 4 jaar		
<b>Beleid</b>		Past binnen bestaand beleid en/of heeft de voorkeur binnen dit beleid	Beleidsmatige wijzigingen nodig, maar geen significante belemmeringen verwacht	Beleidsmatige belemmeringen kunnen optreden, noodzaak gronden beschikbaar te krijgen (voor transportleiding)	Grote beleidsmatige belemmeringen verwacht en ongewenste gevolgen (zoals veel restproduct)	Niet haalbaar omdat het beleidsmatig niet is toegestaan
<b>Financieel</b>		Financieel haalbaar	Financieel waarschijnlijk haalbaar, maar wel kostbaarder	Financieel mogelijk niet haalbaar	Financiële haalbaarheid onwaarschijnlijk, zeer kostbaar	Financieel zeker niet haalbaar
<b>Milieu</b>	Gebruik huidige faciliteiten, bijna geen aanvullende milieubelasting	Lage emissies, weinig energieverbruik, weinig vergraving	Middelmatige emissies en energieverbruik, en/of veel vergraving voor nieuwe leidingen	Hoge emissies en energieverbruik, en evt. vergraving	Hoge emissies en energieverbruik, langdurige grootschalige opslag restproducten	Niet haalbaar vanwege onaanvaardbare milieu-impacts
<b>Risico</b>		Risico's op seismiciteit, lekkage en/of vervuiling zijn bijna uitgesloten	Risico's op seismiciteit, lekkage en/of vervuiling zijn beperkt aanwezig en er zijn maatregelen om deze risico's te ondervangen	Risico's op seismiciteit, lekkage en/of vervuiling zijn aanwezig en kunnen slechts deels met maatregelen ondervangen worden	Risico's op seismiciteit, lekkage en/of vervuiling zijn groot en kunnen slechts deels met maatregelen ondervangen worden	Niet haalbaar vanwege onaanvaardbare risico's



## 3.2 Toetsing thema's op basis van selectiecriteria

### 3.2.1 Thema 1 – Zuivering en lozing op oppervlaktewater, zonder injectie van reststroom

In dit thema zijn de verschillende opties besproken waarbij het productiewater niet meer in de diepe ondergrond wordt geïnjecteerd, maar (voor)gezuiverd en daarna geloosd of hergebruikt.

Binnen dit thema wordt onderscheid gemaakt in twee typen oplossingen:

- Opties om water te zuiveren van mijnbouw hulpstoffen en enkele andere omgevingsvreemde stoffen en het schone zoute water daarna te lozen op de zee;
- Opties om water te zuiveren en schoon zoet water te lozen op oppervlaktewater of te hergebruiken.

#### **Cluster: Lozing van schoon zout water op zee**

Er zijn drie opties waarbij waterlozing op zee plaatsvindt. Lozing kan plaatsvinden op verschillende locaties, zoals de Eemshaven of op de Eems. Deze drie opties vergen een waterzuivering nabij de OBI, die technisch goed realiseerbaar is (+). Op dit criterium is er geen onderscheid tussen de opties te maken.

Planning is hier eveneens niet onderscheidend, aangezien de realisatietermijn voor elk van de opties als relatief lang wordt ingeschat (score '-').

Beleid is hier wellicht het belangrijkste onderscheidende criterium, vooral met betrekking tot de kwetsbaarheid van het ontvangende waterlichaam. Als kan worden aangesloten op een lozingspunt bij Spijk in de Eems, via een bestaande vergunde situatie, scoort dit op beleid positief (+). Een nieuwe lozing bij de Eemshaven wordt niet als onmogelijk gezien, maar het verkrijgen van een vergunning hier is zeer onzeker (score '- - -').

Financieel is niet bijzonder onderscheidend, aangezien net als in alle andere opties een zuivering gebouwd moet worden evenals een lange transportleiding (score '-'). Ter onderscheid is de route in de derde optie naar de Eems financieel iets aantrekkelijker vanwege een kortere transportleiding en daarom is deze optie met een score 0 weergegeven.

Het aspect milieu scoort voor alle drie de opties neutraal (score 0), omdat de waterzuivering relatief veel energie vraagt en bij de aanleg van transportleidingen veel bodem vergraven zal worden. De belangrijkste risico's bij deze opties bestaan uit mogelijke lekkage van de transportleiding en mogelijke verontreinigingen die onbedoeld in het gezuiverde water voorkomen en na lozing het zeemilieu verstoren. Lozing op de Eemshaven geeft vanwege de nabijheid van de Waddenzee een verhoogd risico bij calamiteiten. Om dit te voorkomen kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van een bufferzone met rietvelden. Daarnaast is de optie meegenomen, waarbij waterlozing plaatsvindt bij een bestaand lozingspunt bij Spijk in de Eems. In geval van een onbedoelde lozing geeft het beperkte en tijdelijke effecten, vandaar de score van '-'. Bij gebruik van rietvelden is ter onderscheid een score van 0 gegeven aangezien hier het water voor lozing in rietvelden gecontroleerd kan worden, zodat de aanvoer tijdig kan worden stopgezet.

Deze optie is onderdeel geweest van het onderzoek voor de Herafweging verwerking productiewater 2016. Daarbij is door de overheden aangegeven dat dit beleidsmatig niet haalbaar is. Als dit alsnog verkend moet worden, zal hiervoor eerst afstemming nodig zijn op bestuurlijk niveau. In de eerdergenoemde rapportage is al wel te zien hoe deze optie op hoofdlijnen scoort ten opzichte van de andere opties.

### Lozing van schoon zoet water op oppervlaktewater of hergebruik met zout als restproduct

Hier zijn eveneens drie opties waarbij het productiewater geheel gezuiverd wordt, met als resultaat schoon zoet water en een grote hoeveelheid zout restmateriaal:

1. De waterzuivering kan worden gecombineerd met de bestaande waterzuivering voor ultra-puur water van NieuWater in Emmen. Het productiewater kan dan als puur water weer gebruikt worden voor stoomproductie, waarmee een retourstroom ontstaat naar het reservoir. Het aanpassen van de huidige waterzuivering is echter technisch moeilijk, omdat deze is geoptimaliseerd in de samenwerking met de bestaande Rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI).
2. Nieuwbouw ter plaatse van de OBI is makkelijker te realiseren dan een combinatie met de bestaande zuivering door NieuWater. Met betrekking tot een dergelijke nieuwbouw zijn er 2 opties, afhankelijk van het restproduct:
  - c. Zuivering van het restproduct tot schoon, gemengd zout
  - d. Geen zuivering van het restproduct met oplevering van vervuild zout

Alle drie de opties zijn technisch mogelijk, zowel de zuivering van het water als de opslag van het restproduct, maar de grote hoeveelheid restproduct, waarvoor geen goede gebruiker of afnemer in beeld is, resulteert voor alle drie de opties in een technische score van '- -' vanwege de additioneel benodigde grootschalige, lange termijn opslag. Dit geldt ook voor de productie van schoon, gemengd zout. Na gesprekken met een logische potentiële afnemer bleek dat hier momenteel geen interesse voor is.

De planning is eveneens niet onderscheidend, gezien de te verwachten lange periode bij de ontwikkeling van een waterzuivering (score '-').

Het meest onderscheidend is hier het criterium beleid, waarbij het concept met een relatief schoon restproduct dat mogelijk herbruikbaar is (score '0'), de voorkeur heeft boven de productie van een gemengd restproduct waar geen toepassing voor mogelijk lijkt (score '- -').

Financieel is binnen het cluster niet echt onderscheidend, aangezien in alle opties een extra zware en kostbare zuivering gebouwd moet worden en een restproduct ontstaat waarvoor geen duidelijke toepassing is (score '- -').

Op het gebied van milieu heeft dit cluster een grote negatieve impact vanwege het hoge energiegebruik, de hoge emissies en de diverse reststromen die ontstaan. Er ontstaat pas onderscheid op basis van de kwaliteit van het restproduct. De grote hoeveelheid restproduct geeft op zichzelf al een negatieve milieuscore (-), waarbij vanwege de samenstelling van het restproduct deze optie nog lager scoort ('- -').

Het risico van deze opties is dat het restproduct vroeg of laat in het milieu komt en tot ernstige verstoring leidt. Dit is meteen een lange termijn probleem en vandaar dat de score als een '- -' is gegeven. Dit treedt mogelijk niet op bij relatief schoon, gemengd zout, als hier op termijn een toepassing voor gevonden kan worden (score 0).

Samenvattend; zuivering waarbij er naast schoon zoet water een potentieel bruikbaar eindproduct van relatief schoon zout resteert, scoort beter op risico, milieu en beleid. Vooral de wijze waarop wordt omgegaan met de grote hoeveelheid reststoffen (vooral het gemengde zout) kan leiden tot problemen op het gebied van draagvlak. Als variant geldt het lokaal opslaan van dit zout in een speciaal daarvoor aangelegd depot, met risico's dat het op de lange termijn in het lokale milieu belandt.

#### Conclusie thema 1:

- Nader te onderzoeken alternatief: Volledig zuiveren tot zoet water en vast zout

### 3.2.2 Thema 2 – Zuivering en lozing van schoon zoet water op oppervlaktewater, met injectie van geconcentreerde reststroom

In dit thema worden de verschillende opties besproken waar het productiewater wordt gescheiden in verschillende stromen. Dit thema bestaat uit een enkel cluster. Er ontstaat een schone waterstroom, die, na verdere zuiveringsstappen in de Ultra-Puur Water fabriek van NieuWater, kan worden hergebruikt voor stoominjectie of meteen geloosd wordt op het oppervlaktewater. Er wordt gekeken naar zuivering van toegevoegde stoffen tot het huidige vergunningsniveau of tot het technisch laagst haalbare niveau. Ook ontstaat een geconcentreerde reststroom met kleiner volume, die wordt geïnjecteerd in geschikte velden.

In dit cluster zijn de volgende opties benoemd, met verschillen in de mate en wijze van waterzuivering:

1. Er is een optie bekeken waarbij de waterzuivering plaatsvindt bij NieuWater, in combinatie met de bestaande zuivering.
2. Er zijn verder twee opties gedefinieerd waarbij een nieuwe waterzuivering gebouwd wordt ter plaatse van de OBI.
  - a. Een optie waarbij een beperkte reststroom met hogere concentraties (brijn) weer in het Schoonebeek oliereservoir kan worden teruggebracht.
  - b. Een optie waarbij een beperkte reststroom met hogere concentraties (brijn) wordt geïnjecteerd in een leeg geproduceerd gasveld vanaf bestaande (waterinjectie) locaties.

Bij deze opties geldt dat technisch de beste optie bestaat uit een nieuwe zuivering bij de OBI, met waterinjectie in een leeg gasveld (score +). Dezelfde optie maar dan gerealiseerd bij NieuWater en in combinatie met de bestaande NieuWater zuivering is mogelijk maar technisch complex (score '-'). Het blijkt dat terugbrengen in het oliereservoir of de aquifer onder het oliereservoir Schoonebeek is technisch een moeilijke oplossing omdat als gevolg hiervan de druk in het oliereservoir snel toeneemt en daarmee de stoominjectie en de oliewinning negatief wordt beïnvloed (score '- -'). In hoofdstuk 4.5 wordt dit in meer detail beschreven.

De planning is niet onderscheidend aangezien voor alle opties een zuivering gebouwd dient te worden (score '-').

Beleidsmatig worden de opties als haalbaar gezien, met een positieve score voor herinjectie in het Schoonebeekveld, vanuit de gedachte dat het productiewater bij voorkeur teruggaat naar het reservoir waar het ook uit afkomstig is, score '+'.  
 Alle opties zijn financieel relatief duur door de te bouwen waterzuivering, score '-'. De optie 2B is echter aanzienlijk duurder omdat veel extra kostbare aanpassingen nodig zijn in het Schoonebeek olieveld (extra boringen en leidingnetwerk) en waarbij waarschijnlijk de olieproductie ernstig wordt gehinderd.

De eerste optie met hergebruik van water bij NieuWater scoort iets beter op milieu (score 0), dan de zuivering en waterinjectie opties (score '-'), omdat zuivering bij NieuWater minder energie vergt (er ontstaat dan ook een grotere reststroom).

Deze drie opties hebben relatief weinig risico's, mede omdat de zuivering en waterinjectie nabij het Schoonebeekveld plaatsvinden.

#### Conclusie thema 2:

- Nader uit te werken alternatief: Indikken van de waterstroom met opslag van ingedikte waterstroom in de diepe ondergrond:
  - Variant opslag in aquifer oost onder het oliereservoir (zie hoofdstuk 4.5);
  - Variant opslag in Schoonebeek gasveldreservoir (zie hoofdstuk 4.4).

### 3.2.3 Thema 3 – injectie van het volledige water volume, eventueel met beperkte zuivering

Bij alle opties wordt ook gekeken naar zuivering van toegevoegde stoffen tot het huidige vergunningsniveau of tot het technisch laagst haalbare niveau. Het zout blijft achter in het water.

#### Waterinjectie in diepe ondergrond

Potentieel realiseerbare opties voor waterinjectie bevinden zich in oude, kleine gasvelden in Drenthe en Groningen. In Drenthe wordt onderscheid gemaakt tussen de velden in de directe omgeving van Schoonebeek (Zuidoost Drenthe) en de overige Drenthevelden. Bij de Groningenvelden is ook nog speciaal gekeken naar de mogelijkheid om aan te sluiten bij de bestaande waterinjectie in Borgsweer, dat een onderdeel is van het grote Groningen veld.

Uit de verschillende scores blijkt dat de meeste opties in principe technisch goed mogelijk zijn (score '+'). De injectie alleen in Schoonebeek Diep scoort 'grijs' op technisch omdat hier niet het volledige productiewatervolume opgeslagen kan worden. Injectie in Olieveld Schoonebeek is technisch niet haalbaar, omdat dit in combinatie met stoominjectie tot te hoge reservoirdruk leidt, waardoor de olieproductie niet meer plaats kan vinden (score: 'X'). 3. Aansluiten bij de waterinjectie in Borgsweer is technisch lastig (score '-') omdat dan de bestaande waterinjectie-capaciteit daar sterk moet worden uitgebreid en er een lange transportleiding benodigd is.

De planning geeft aan dat bij tijd nodig is om de voorzieningen en putten gereed te maken (score '-').

Beleidsmatig zijn nieuwe vergunningen nodig aangezien het volledige productiewatervolume op aan te wijzen locaties in Drenthe en Groningen geïnjecteerd te worden, waardoor beduidend meer nieuwe, vaak veel kleinere velden vergund moeten worden voor waterinjectie.

Financieel is de optie met waterinjectie in Drenthe onderscheidend (score '0'), omdat hiervoor de minste aanpassingen nodig zijn. Hoewel waterinjectie alleen in Schoonebeek Diep minder kost ('+') is deze optie niet geschikt om het totale volume van het productiewater te bergen. Bij de overige opties moeten alle installaties worden aangepast en is een relatief lang nieuw transportnetwerk nodig (score '-').

Geen van deze opties heeft een sterke negatieve invloed op het milieu, omdat relatief weinig emissies worden veroorzaakt met een relatief laag energieverbruik. Om toch onderscheid aan te brengen tussen de verschillende injectievarianten, scoort het gebruik van de Drenthevelden '++', omdat dit tot de minste schade door vergraving leidt. Het geheel overschakelen op velden buiten omgeving van Schoonebeek leidt tot meer effecten van vergraving. Tevens leiden langere transportafstanden tot een hoger het pomp-energieverbruik (aangeduid met relatief lagere score '+' of '0').

Bij de waterinjectie opties zijn de mogelijkheid van aardbevingen of lekkage uit het reservoir de belangrijkste risico's. Om dit te voorkomen zijn de putten en velden zodanig gekozen dat er geen aardbevingen of lekkage meer worden verwacht. Mocht zich onverhoopt toch een incident voordoen in 1 of meer van de reservoirs, dan zijn er bij de opties voldoende andere putten en velden om de waterinjectie over te nemen. Daarom is er een score '0' aangehouden.

#### Conclusie thema 3:

- Nader uit te werken alternatief: Waterinjectie in het gasreservoir Schoonebeek

### 3.2.4 Thema 4 – Overige opties

Dit zijn de opties waarvan in een vroeg stadium duidelijk werd dat deze hoogstwaarschijnlijk niet haalbaar zijn. Dat komt mede doordat een deel van de opties afhankelijk is van samenwerking met derden, partijen die uiteindelijk geen mogelijkheden zien of nadrukkelijk geen samenwerking wensen.

Bij de samenwerking met Duitsland staat nog een vraagteken. Het Schoonebeek olieveld bevindt zich voor een groot deel op Duits grondgebied. Ook in Duitsland wordt olie gewonnen en wordt productiewater verwerkt en geïnjecteerd in de diepe ondergrond. In verkennende gesprekken bleek in eerste instantie een omgekeerde vraag naar beschikbare reservoirs het geval, waarbij productiewater uit Duitsland naar Nederland zou worden getransporteerd voor verwerking. Verwerking bij Emlichheim en Rühlermoor blijkt niet mogelijk, maar momenteel wordt een gezamenlijke oplossing voor de in het gebied actieve oliemaatschappijen opnieuw nader verkend (waterinjectie in Duitse Zechstein reservoirs in samenwerking met het West Emsland Consortium). Er zijn sterke aanwijzingen dat om verschillende redenen (waaronder vergunning technisch) productiewater transport naar Duitsland niet haalbaar zal blijken. Opgemerkt wordt dat indien een oplossing mogelijk mocht blijken, de doorlooptijd voor implementatie waarschijnlijk erg lang zal zijn.

#### Conclusie thema 4:

- Geen alternatieven

## 3.3 Toelichtingen van de alternatieven op de short list

Uit de longlist zijn de alternatieven geselecteerd, die het best scoorden binnen hun eigen cluster. Er is gekozen om uit elk cluster één optie te kiezen, zodat binnen de short list het gehele spectrum van verwerkingsopties wel vertegenwoordigd blijft. De alternatieven op de short list worden in meer detail uitgewerkt en met behulp van de CE-methodiek getoetst.

### **Alternatief 1 – Vast zout - Zuivering productiewater, gevolgd door lozing van schoon water op het oppervlaktewater, met schoon zout en een reststroom als vaste restproducten**

Op het terrein van de OBI in Schoonebeek wordt een nieuwe waterzuiveringsinstallatie gebouwd. Hierbij wordt het productiewater volledig gezuiverd, waarbij zowel de hulpstoffen als het zout uit het water worden gehaald. Het resterende schone water wordt geloosd op het oppervlaktewater in de omgeving van de OBI of hergebruikt voor stoomproductie. Naast het water, ontstaan bij het proces minimaal twee afvalstromen, namelijk schoon, gemengd zout en een reststroom.

Indien mogelijk wordt het schone maar gemengde zout hergebruikt, maar vooralsnog is daar geen afnemer voor bekend, zodat rekening moet worden gehouden met lokale opslag van het zout of transport naar een andere opslaglocatie. Indicaties zijn dat verkoop of levering van dit zout aan commerciële afnemers moeilijk zal zijn.

De reststroom bestaat uit de overige componenten van het productiewater en zuiveringschemicaliën. Deze toch aanzienlijke reststroom heeft een kleiner volume dan het zout maar dient per tanker of vrachtwagen te worden afgevoerd en verwerkt door commerciële partijen.

**Alternatief 2 – Brijnlozing - Indikken van het productiewater, waarbij het deel, met verhoogde concentraties, wordt geïnjecteerd**

Het productiewater wordt behandeld met ontzoutingstechnieken waarbij een schoon effluent en een geconcentreerde afvalstroom (brijn) vrijkomen. De ontzoutings- en zuiveringsinstallaties worden op de OBI-locatie in Schoonebeek gebouwd. Het is de verwachting dat deze zuivering ertoe leidt dat er circa 5.000 m<sup>3</sup> effluent per dag ontstaat (circa 75% van de hoeveelheid productiewater). Na een aanvullende behandeling kan het als schoon zoet water worden geloosd op nabijgelegen oppervlaktewater of hergebruikt voor stoomproductie.

De resterende, ingedikte stroom bestaat uit water met een hogere concentratie aan stoffen. Dit wordt aangeduid als brijn, en is qua volume ongeveer 1.500 m<sup>3</sup> per dag (ongeveer een kwart van het oorspronkelijke debiet). In dit alternatief wordt het brijn in de ondergrond geïnjecteerd. Doordat slechts een kwart van het productiewater geïnjecteerd wordt, kan het aantal injectielocaties en injectieputten beperkt worden.

**Twee varianten**

Er zijn twee varianten bij dit alternatief, waterinjectie van de brijnstroom in het aquifer oost van het oliereservoir Schoonebeek (alternatief 2a) of waterinjectie in het Schoonebeek gasveld (alternatief 2b).

**Alternatief 3 – Waterinjectie - Beperkte zuivering en injectie in Schoonebeek gasveld**

Voor waterinjectie wordt uitgegaan van een debiet van ongeveer 6.500 m<sup>3</sup> per dag. Dit komt overeen met circa 2,4 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. Maatgevend is in dit onderzoek een periode van 10 jaar, waarin ongeveer 24 miljoen m<sup>3</sup> opgeslagen moet worden.

## 4 Technische randvoorwaarden bij uitwerking alternatieven

Dit hoofdstuk gaat in op de nieuwe inzichten die verkregen zijn met betrekking tot de waterzuivering en de mogelijkheden voor opslag van water in de formaties in de diepe ondergrond. Uit alle onderzoeken blijkt steeds weer dat bij verwerking van productiewater gebruik wordt gemaakt van of waterinjectie in de diepe ondergrond of waterzuivering in de biosfeer of een combinatie van beide. Bij waterinjectie geldt dat transport en opslag zodanig moeten plaatsvinden dat er geen lekkage naar de omgeving en geen aantasting van gesteente in de ondergrond zal optreden. Bij waterzuivering moet het restproduct van de zuivering verwerkt worden en rekening gehouden worden met benodigde energie en chemicaliën.

In paragraaf 4.1 is ingegaan op de waterkwaliteit en in 4.2 op de inzichten ten aanzien van de waterzuivering. Vanaf paragraaf 4.3 zijn de mogelijkheden van waterinjectie in de diepe ondergrond bij Schoonebeek nader uitgewerkt. Op basis hiervan is gekomen tot de uitwerking in alternatieven zoals beschreven in Hoofdstuk 5, 6 en 7.

### 4.1 Samenstelling van het mee geproduceerde water

Het productiewater is samengesteld uit de volgende deelstromen:

- Formatiewater: het van nature aanwezige water in het oliereservoir, dat met de olie mee wordt opgepompt;
- Condenswater: de geïnjecteerde en nadien gecondenseerde stoom die bij de winput terecht komt;
- Mijnbouwhulpstoffen: toegevoegd in de put, voor transport van het oliewatermengsel naar de OBI, in de OBI voor het scheidingsproces en in het injectiewater om de afvoerleidingen en injectieputten te beschermen;
- Overige waterstromen: zoals olie-waswater uit het scheidingsproces.

In de loop van de tijd neemt de hoeveelheid condenswater in het productiewater toe, naarmate er meer stoominjectie heeft plaatsgevonden en het condenswater naar de productieput wordt gezogen. Onder andere door de toename van de deelstroom condenswater, verandert de samenstelling van het productiewater in de loop van de jaren. Dit is bijvoorbeeld zichtbaar in de afname van het zoutgehalte en in de stijging van andere stoffen. Tabel 4-1 geeft een overzicht van de samenstelling van het productiewater. Hierin is de verwachte waarde gepresenteerd, de gemeten waarde in 2015 en in 2020.



Tabel 4-1. Overzicht samenstelling productiewater

Parameter	Eenheid	Verwachte maximale waarde (vergunning 2010)	Gemiddelde gemeten waarde	
			2015	2020
pH (eenheden)	-	4 – 9	6,5	5,9
Temperatuur	°C	50	33	34
Total Dissolved Solids	mg/l	200.000	44.000	28.300
Total Suspended Solids	mg/l	100	37	29
Natrium (Na <sup>+</sup> )	mg/l	40.000	12.000	8.100
Magnesium (Mg <sup>2+</sup> )	mg/l	2.500	420	280
Barium (Ba <sup>2+</sup> )	mg/l	250	19	12
Arseen (As)	mg/l	0,025	0,01	<0,01
Kwik (Hg)	mg/l	0,005	<0,0001	<0,001
Zwavelwaterstof (H <sub>2</sub> S) <sup>1</sup>	mg/l	15	1,4	5
IJzer (totaal Fe <sup>2+</sup> en Fe <sup>3+</sup> )	mg/l	50	7,9	10
Kalium (K <sup>+</sup> )	mg/l	1.000	120	120
Strontium (Sr <sup>2+</sup> )	mg/l	2500	250	180
Chloride (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	90.000	23.000	16.000
Sulfaat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	50	<19	<10
Bicarbonaat (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	1000	710	210
Koolstofdioxide (CO <sub>2</sub> )	mg/l	500	595 <sup>3</sup>	410
Zuurstof (O <sub>2</sub> )	mg/l	0,05	<0,01	<0,01
Olie en vetten	mg/l	100	13	22
Cadmium (Cd)	mg/l	0,25	<0,001	<0,001
Koper (Cu)	mg/l	1	<0,001	<0,01
Monoethylene Glycol (MEG)	mg/l	750	<200	<100
Diethylene Glycol (DEG)	mg/l	750	<200	<100
Triethylene Glycol (TEG)	mg/l	750	<200	<100
Ethylbenzeen (C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> )	mg/l	0,5	0,2	0,2
Tolueen (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> )	mg/l	1	1,2 <sup>3</sup>	1,1 <sup>3</sup>
Chroom (Cr)	mg/l	0,25	<0,005	<0,005
Benzeen (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	mg/l	5	1,5	1,3
Lood (Pb)	mg/l	2	<0,01	<0,01
Nikkel (Ni)	mg/l	0,5	<0,01	<0,01
Zink (Zn)	mg/l	7,5	0,02	<0,02
Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	mg/l	8.000	2.000	1.400
Xylenen (C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	mg/l	1	0,5	0,56



<b>Mijnbouwhulpstoffen:</b>				
Zwavelwaterstofbinder <sup>2</sup>	mg/l	120	13,8	90
Emulsiebreker <sup>2</sup>	mg/l	21	0,050	1,08
Anti-corrosievloeistof	mg/l	200	65,6	53
Biocide	mg/l	2,4	1,9	2,2

<sup>1</sup> Gemeten sulfide gehalte omgerekend naar H<sub>2</sub>S.

<sup>2</sup> Concentraties van mijnbouwhulpstoffen zijn berekend op basis van verdeling coëfficiënten tussen olie en water

<sup>3</sup> Gemeten concentratie overschrijdt de maximaal verwachte waarde

### Mijnbouwhulpstoffen

Op verschillende momenten in het oliewinproces worden mijnbouwhulpstoffen toegevoegd. Het toevoegen van mijnbouwhulpstoffen is een wettelijke verplichting of een interpretatie van de toezichthouder waarop wordt toegezien dat dit zodanig wordt uitgevoerd.

Ter bescherming van de buisleidingen in het Schoonebeekveld wordt ter plaatse van de oliewinputten de mijnbouwhulpstof zwavelwaterstofbinder toegevoegd:

- Zwavelwaterstofbinder (H<sub>2</sub>S-binder): het opgepompte mengsel van olie, water en gas bevat zwavelwaterstof (H<sub>2</sub>S ook wel aangeduid als waterstofsulfide). Dit is een corrosief gas dat schade aan de pijpleidingen kan veroorzaken. De zwavelwaterstofbinder verwijdert het H<sub>2</sub>S, om schade aan de pijpleidingen te voorkomen.

Ter ondersteuning van de oliewaterscheiding bij de OBI wordt de mijnbouwhulpstof emulsiebreker op de OBI toegevoegd:

- Emulsiebreker: een emulsie is een stabiel mengsel van olie en water. Emulsiebreker heeft als doel de olie van het water te scheiden. In vaten waar olie en water van elkaar worden gescheiden kan een emulsie het scheidingsproces verstoren. Met een emulsiebreker wordt het olie/water mengsel gedestabiliseerd om zo een goede scheiding te bewerkstelligen. Bij de oliewinlocaties SCH-1000 en SCH-3100 wordt emulsiebreker geïnjecteerd op de oliewaterleiding naar de hoofdleiding richting de OBI. De emulsiebreker komt vrijwel volledig in de afgescheiden olie terecht en niet in het injectiewater.

Ter bescherming van de injectiewaterleiding en de injectieputten worden de mijnbouwhulpstoffen anti-corrosievloeistof en biocide op de OBI continu toegevoegd:

- Anti-corrosievloeistof: verschillende onderdelen van de injectie putten moeten worden beschermd tegen corrosie. De anti-corrosievloeistof hecht aan deze onderdelen en brengt daarmee een beschermende laag aan.
- Biocide: de aanwezigheid van bacteriën geeft aanleiding tot biofilm aangroei en corrosie in de waterinjectie pijpleidingen. Biocide remt de bacteriegroei.

## 4.2 Waterzuivering

Er wordt al lange tijd onderzoek gedaan naar mogelijk geschikte waterzuiveringstechnieken voor het productiewater. In het MER Herontwikkeling Oliewinning Schoonebeek uit 2006 is gestart met verschillende uitwerkingen. Bij de Herafweging 2016 is een overzicht gemaakt van mogelijke zuiveringstechnieken. Voor de Herafweging 2022 heeft NAM een brede marktconsultatie uitgevoerd naar mogelijke zuiveringstechnieken op basis van nieuwe technieken en inzichten. De zuiveringsconcepten zijn in dit hoofdstuk uitgewerkt.

### **Zuiveringsconcepten als maatwerk door bijzonder aspecten waterstroom**

Bij het bepalen van de mogelijke zuiveringsprocessen is het van belang dat de aangeleverde waterstroom voor de waterzuivering zodanige eigenschappen heeft, dat dit niet standaard veel voor komt in de wereld. Het zoutgehalte dat in de loop van de tijd verandert, de olieresten die nog voorkomen na de scheiding bij de OBI en de mijnbouwhulpstoffen, zorgen ervoor dat de toe te passen zuiveringsconcepten als maatwerk moeten worden samengebracht. In het verlengde is daarmee onzekerheid of de zuiveringsprocessen uiteindelijk functioneren naar behoren. Dit vormt een bedrijfsrisico, want als de zuivering niet goed werkt zal de olieproductie gestopt moeten worden.

### **Waterzuivering levert altijd een ingedikt restproduct op dat verwerkt moet worden**

De term waterzuivering geeft aan dat er schoner water wordt verkregen. Daarbij moet wel bedacht worden dat waterzuivering vooral een waterscheiding is, wat leidt tot schoon water en tot een ingedikt restproduct. Afhankelijk van de gekozen zuiveringsmethode kan het restproduct bestaan uit een vast zout product dat ergens opgeslagen moet worden, of een ingedikte zoute afvalwaterstroom die alsnog in de diepe ondergrond geïnjecteerd moet worden. Zodoende is het bij de zoektocht naar een effectieve waterzuivering van belang om ook na te gaan in hoeverre het restproduct verwerkbaar is.

Technisch is het mogelijk om het productiewater volledig te zuiveren, waarbij alle mijnbouwhulpstoffen en al het zout uit het water worden gehaald. Het restproduct dat overblijft is vast zout dat moet worden opgeslagen. Voor de zuivering zal een nieuwe waterzuiveringsinstallatie moeten worden gebouwd.

### **Reststoffen**

De kans op een herbruikbaar en verkoopbaar zoutproduct zal toenemen, als de zuiveringsfabriek wordt uitgebreid met een onthardingsstap waarin de zware metalen eruit worden gehaald. De investeringskosten zijn dan fors hoger vanwege de benodigde installaties voor ontharding. Het zoutproduct is dan mogelijk verkoopbaar als kalksteen of strooizout. Dit betekent dat NAM moet toetreden tot een seizoensgebonden competitieve strooizoutmarkt met een gerede kans dat afzet van het zout onderbrekingen kent. Met name de laatste factor maakt het daadwerkelijk hergebruik van strooizout onzeker. Als de oliewinning Schoonebeek regelmatig en gecontroleerd moet verlopen, dan zal ook de verkoop en fysieke afname/transport van kalksteen en strooizout ongestoord moeten verlopen. Onderbrekingen in de afname geeft weer een noodzaak voor forse extra opslagfaciliteiten waar een tijdelijk overschot kan worden gehouden. Aangezien de jaarlijkse Schoonebeek zoutproductie maximaal ongeveer 25% van de omvang van de gemiddelde jaarlijkse strooizoutbehoefte in Nederland gaat benaderen<sup>1</sup>, wordt grootschalige opslag waarschijnlijk.

Met een gedeeltelijke zuivering is het mogelijk te komen tot een indikking van het productiewater. Voor het indikken is een nieuwe waterzuiveringsinstallatie nodig die het productiewater indikt tot een reststroom van 25% tot 10% van de oorspronkelijk waterstroom. De ingedikte waterstroom zal in de diepe ondergrond moeten worden geïnjecteerd. Het schone zoete water kan op het oppervlaktewater worden geloosd of worden gebruikt voor het maken van stoom.

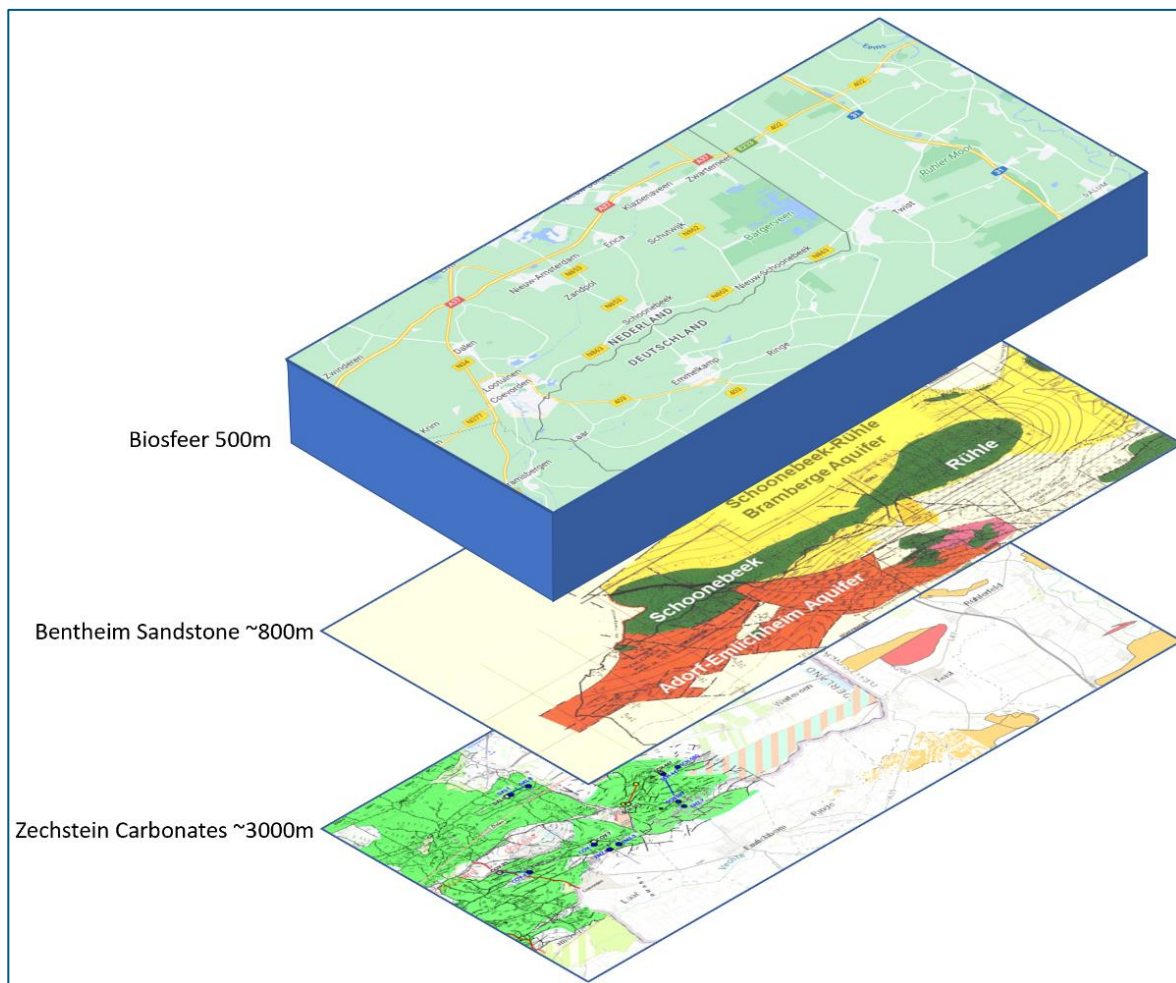
---

<sup>1</sup> De gemiddelde strooizoutconsumptie in Nederland bedraagt ongeveer 100.000 ton/jaar. De hoeveelheid NaCl in productiewater bedraagt maximaal ongeveer 25.000 ton/jaar en neemt af tot gemiddeld ongeveer 20.000 – 22.000 ton/jaar.

### 4.3 Waterinjectie nabij Schoonebeek

Voor waterinjectie in de omgeving van Schoonebeek kan naar twee aardlagen worden gekeken: het terug injecteren in het olieveld waaruit het geproduceerde water afkomstig is en injectie in een dieper gelegen aardgas reservoir (zie Figuur 4-1):

- Injectie in de Zechstein fractured carbonates formatie op ongeveer 3.000 meter diepte. In dit reservoirgesteente liggen ongeveer tien gasvelden in de buurt van Schoonebeek, waaronder het Schoonebeek gasveld.
- Herinjectie in het gesteente waarin de Schoonebeek olie zich bevindt (de Bentheim Zandsteen formatie) op ongeveer 800 meter diepte.



Figuur 4-1. Schematisch overzicht van de aardlagen geschikt voor waterinjectie

Een eventuele derde gesteentelaag waar men aan zou kunnen denken voor waterinjectie is de Limburg formatie, die zich onder de Zechstein bevindt. Hier is op verschillende plekken ook gas uit geproduceerd, maar niet in Schoonebeek zelf. Op basis van ervaring in Twente is echter gebleken dat dit reservoir niet erg geschikt is voor waterinjectie. Dat komt omdat de opname capaciteit van het gesteente voor water laag is.

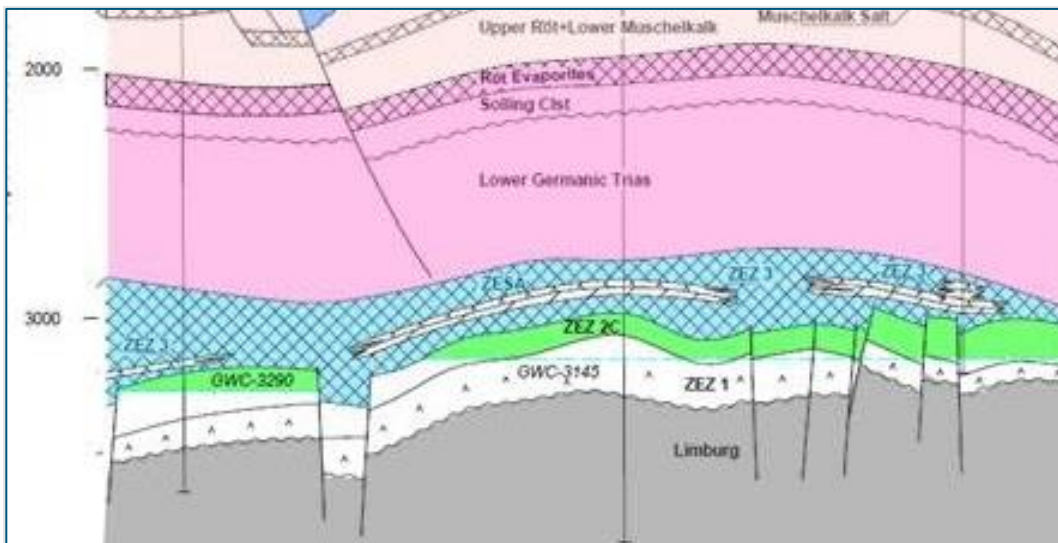
## 4.4 Waterinjectie in gasveld Schoonebeek

### 4.4.1 Beschrijving van het gasreservoir

Het Schoonebeek gasreservoir (licht groene zone aan de onderkant van Figuur 4-2) wordt gevormd door het Zechstein 2 carbonaat, dat is een kalksteenlaag van 70 m tot 200 m dikte. Naar beneden toe is het gasreservoir begrensd door de Zechstein 1 anhydriet met een dikte van 150 m tot 250 m.

- Aan de bovenkant van het gasreservoir bevindt zich de Zechstein 2 anhydriet van variabele dikte (tussen de 6 en 40 m) die de kalksteen van het gasreservoir afschermt van het bovenliggende Zechstein pakket waarbinnen zich ook enkele zoutlagen (haliet) bevinden.
- Hier weer boven ligt de Main Claystone (onderdeel van de Lower Germanic Trias Group), een afsluitende kleilaag van zo'n 200 m dikte. Gezamenlijk voorkomt dit pakket aan lagen een verbinding tussen het reservoir en bovengelegen lagen.
- Boven de Lower Germanic Trias Group ligt de Upper Germanic Trias Group (Solling, Röt, Muschelkalk, Keuper), een pakket van grofweg 1 km dikte met meerdere ondoorlatende klei en evaporiet lagen.
- Rond 1 km diepte bevindt zich het oliereservoir (Bentheim Sandstone), met zijn eigen afsluitende laag (Vlieland Claystone en Holland Marl) die de olie over miljoenen jaren op zijn plaats heeft gehouden en afsluit van de bovengelegen biosfeer (tot 500m onder het maaiveld).

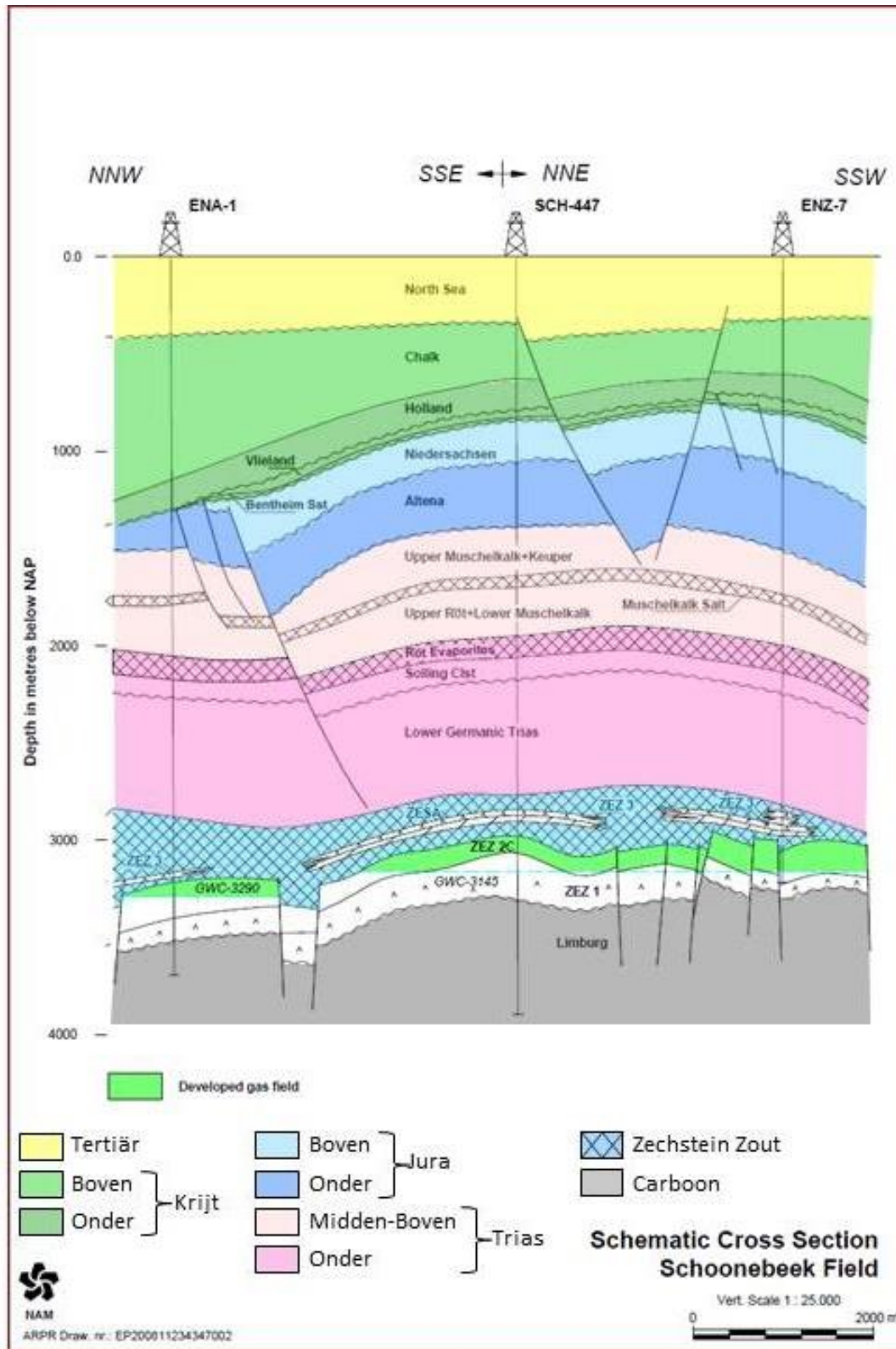
Het massieve Zechstein 2 zout boven het gasreservoir voorkomt dat er breuken kunnen bestaan, die een verbinding tussen het reservoir en maaiveld kunnen veroorzaken.



Figuur 4-2. Schematisch overzicht van de geologische formaties van het Schoonebeek Gasveld (ingezoomd van Figuur 4-3)

Een grote oost-west breuk verdeelt het gasreservoir in een opgeschoven noordelijk en afgeschoven zuidelijk blok. Het zuidelijke blok strekt zich uit tot over de Duitse grens. Driekwart van het reservoir volume bevindt zich in het noordelijke blok.





Figuur 4-3. Schematisch overzicht van de geologische formaties van het Schoonebeek Gasveld

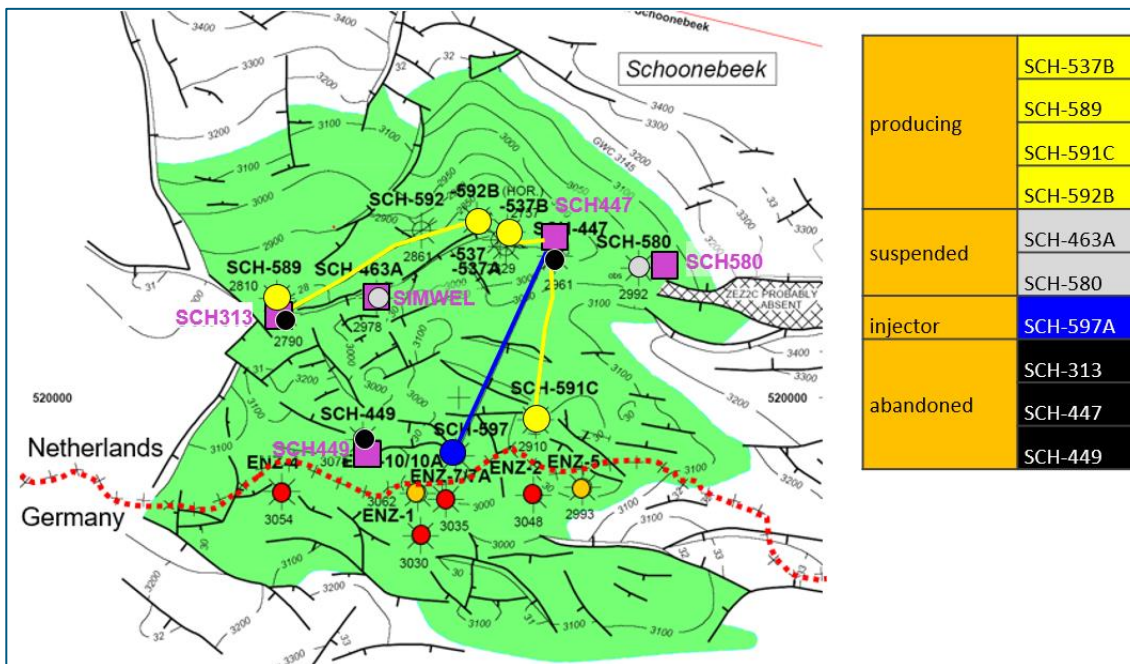
### Anhydriet en haliet

Bij de Zechstein carbonaat formaties van het Schoonebeek gasveld bevinden zich aan de boven- en onderzijde ondoorlaatbare en onoplosbare anhydriet- en kleilagen. Deze vormen een natuurlijke barrière tussen het injectiewater en het haliet (steen-zout), wat daardoor niet in oplossing kan gaan.

Daar waar breukzone aanwezig zijn, met verticale verschuiving van het reservoir, kan een deel van het reservoir in direct contact komen met het bovenliggende haliet. Putten nabij de breukzone geven zodoende meer risico op zoutlossing, dan putten op grotere afstand.

### 4.4.2 Gasproductie Schoonebeek gasveld

Het Schoonebeek gasveld werd ontdekt in 1957 met het boren van de put SCH313, een put die werd geboord als onderdeel van het Schoonebeek olie-veld. Momenteel telt het Schoonebeek gasveld 4 gasproductieputten, 1 waterinjectieput, 3 geabandoneerde putten en 2 gesuspendeerde putten. Hieronder bevindt zich de SIM well-put, een put die in het verleden werd gebruikt voor trainingsdoeleinden.

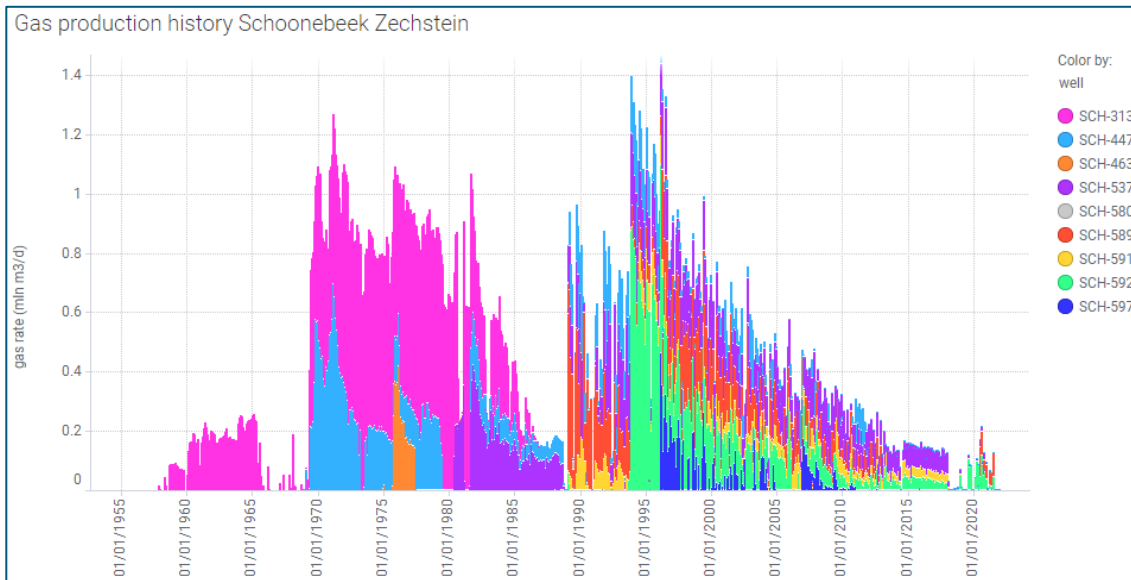


Figuur 4-4. Reservoir kaart met de reservoirlocaties van de putten als cirkels waarbij de producerende gasputten in geel, de gesuspendeerde putten in grijs, de geabandoneerde putten in zwart en de huidige waterinjectieput in blauw zijn aangegeven. De wellsites zijn gemarkeerd als roze vierkanten. Wellsite namen in roze, put namen in zwart.

### Aardgasproductie Schoonebeek gasveld

Het aardgas uit het Schoonebeek gasveld wordt vanaf de locaties SCH-313 en SCH-447 gewonnen. Het gewonnen aardgas wordt via bestaande infrastructuur naar het landelijke Gasunie netwerk getransporteerd. Winning in dit gebied vindt sinds 1957 plaats. Tot eind 2021 is in totaal 9.739 miljoen Nm<sup>3</sup> aardgas uit het Schoonebeek gasveld geproduceerd. NAM verwacht nog tussen de 30 tot 100 miljoen Nm<sup>3</sup> aardgas te winnen over de periode 2022-2031, afhankelijk van het productiescenario. De daadwerkelijke productie hangt af van hoe goed de putten kunnen blijven produceren in combinatie met de waterinjectie in het gasveld, de zuurgraad van het gewonnen aardgas en de aardgasprijs.

De oorspronkelijke druk in het gasreservoir bedroeg 358 bar (op 3.000 meter diepte). Ten gevolge van de aardgasproductie is de druk inmiddels afgenomen tot ongeveer 80 bar. Het is de verwachting dat na beëindiging van de aardgaswinning de resterende druk in het gasveld ongeveer 70 bar bedraagt, in het geval dat er geen water geïnjecteerd zou worden.



Figuur 4-5. Historische gasproductie uit het Schoonebeek Zechstein reservoir.

#### Gaswinning in de toekomst op locatie SCH-313 en op locatie SCH-447

Het Schoonebeek gasveld bevat aardgas van 'midden zuur' gehalte. Dit aardgas kan niet afgeleverd worden aan het Gasunie netwerk zonder verdere behandeling of vermenging met 'zoet gas'. Daarvan is er momenteel onvoldoende beschikbaar in de aangesloten leidingen, waardoor de SCH-gasputten veelal niet produceren. Er is een plan om medio 2023 wel voldoende 'zoet gas' te hebben om het Schoonebeek gasveld weer structureler te kunnen produceren. Als gevolg hiervan wordt er rekening gehouden met gasproductie op zowel de locatie SCH-313 als de locatie SCH-447.

#### 4.4.3 Gasproductie in combinatie met waterinjectie

##### Waterinjectie

Het gasveld is voldoende leeg-geproduceerd om er ook water in te kunnen injecteren. Op dit moment vindt al beperkte waterinjectie plaats in put SCH-597 op locatie SCH-447. Het gaat om water dat wordt mee-geproduceerd met de gasproductie in oost-Nederland en betreft momenteel zo'n 60 m<sup>3</sup>/dag.

De injectiviteit van het Zechstein gasreservoir voor injectiewater is goed. De maximale opslagcapaciteit van het gehele Schoonebeek Zechstein gasreservoir is geraamd op 44 miljoen m<sup>3</sup>. De opslagcapaciteit van het hoger gelegen noord-blok is ongeveer 33 miljoen m<sup>3</sup> en van het lager gelegen Zuid-blok ongeveer 11 miljoen m<sup>3</sup>. Aangezien de mobiliteit van injectiewater 10 tot 100 keer kleiner is dan die van het aardgas, zal de daadwerkelijke injectiecapaciteit waarschijnlijk lager uitvallen.

Opslag van productiewater in het Schoonebeek gasveld kan plaatsvinden op de NAM-locaties SCH-447 en SCH-313, waar elk twee nieuwe putten komen en injectiepompen worden geplaatst. Er worden nieuwe leidingen aangelegd naar de bestaande watertransportleiding. Locatie SCH-580 is in beeld als



reservelocatie en kan worden ingezet indien de totaal benodigde injectiecapaciteit niet gerealiseerd kan worden. Figuur 4-6 geeft het voorstel voor de locaties van waterinjectie in het gasveld Schoonebeek weer.



Figuur 4-6. Voorstel waterinjectie gasveld Schoonebeek

### Aardgasproductie in combinatie met waterinjectie Schoonebeek gasveld

Ten tijde van de Schoonebeek Herontwikkeling en de Herafweging 2016 werd er nog tot zo'n 300.000 m<sup>3</sup>/dag gas geproduceerd uit het Schoonebeek gasveld. Maar sinds de operatie van de Gas Zuiverings Installatie (GZI) in Emmen economisch onrendabel werd en deze begin 2018 werd gesloten, is het overgebleven gasproductie potentieel van het Schoonebeek gasveld zeer beperkt. Door het relatief hoge zwavelwaterstof (H<sub>2</sub>S)-gehalte in het Schoonebeek gasveld is er zeer beperkte capaciteit binnen het overgebleven productiesysteem om dit te verwerken. In combinatie met hoge waterproductie in de putten kan gasproductie alleen intermitterend plaatsvinden. Echter, mogelijk ontstaan er door de huidige hoge gasprijzen in de toekomst nog mogelijkheden om het zure gas deels weg te mengen met minder zuur gas uit andere velden die voorheen niet langer economisch rendabel waren.

Gegeven de specifieke reservoirstructuur van het Schoonebeek gasveld denkt NAM dat er een mogelijkheid is om de gasproductie voortgang te laten vinden nadat injectie van het injectiewater afkomstig van oliewinning is gestart. Hier is al op beperkte schaal ervaring mee opgedaan. Het injectiewater geassocieerd met NAM's gaswinning in Oost-Nederland wordt vanaf 2010 geïnjecteerd in het Schoonebeek gasveld. Injectie vindt momenteel plaats aan de zuidkant van het Schoonebeek gasveld in putten SCH-597 en ENZ-7 (in Duitsland), welke zijn afgeschermd van de gas productieputten door breuken en laaggelegen delen van het reservoir. In een eerder stadium 2010-2014 werd 0,36 miljoen m<sup>3</sup> geïnjecteerd in put SCH-580, welke laag op de oostflank ligt van het noordelijke deel van het gasveld, ver weg van de gas productieputten. De NAM-injectie is afgenomen van rond de 200 m<sup>3</sup>/dag in de periode 2010-2017 tot zo'n 60 m<sup>3</sup>/dag sinds het sluiten van de GZI in 2018. De injectie in Duitsland vanaf eind 2013 zit gemiddeld rond de 300 m<sup>3</sup>/dag. De totale cumulatieve waterinjectie in Nederland en Duitsland bedraagt momenteel een kleine 2 miljoen m<sup>3</sup>.

### Mogelijke effecten in het Duitse deel van het Schoonebeek gasreservoir

Aan de Duitse zijde van het Schoonebeek gasreservoir vindt momenteel geen gasproductie meer plaats, de putten zijn uitgewaterd. Er wordt 1 voormalige gasproductieput gebruikt voor waterinjectie. Tot op heden is de totale waterinjectie in het Schoonebeek gasveld (zowel aan Duitse als Nederlandse zijde)



dermate laag in relatie tot het totale gasvolume dat er wel lokaal drukeffecten zijn gezien, maar geen significante drukeffecten zijn geobserveerd door het gehele veld. De huidige cumulatieve waterinjectie is minder dan 2 miljoen m<sup>3</sup>, wat zo'n 2 bar drukstijging oplevert in het veld<sup>2</sup>. Dit valt binnen de meetnauwkeurigheid van de reservoirdruk, die wordt beïnvloed door lokale effecten van productie en injectie. Er gelden regels dat de druk nooit hoger mag worden dan de oorspronkelijke reservoirdruk.

De drukopbouw in het zuidelijke blok (dat doorloopt tot in Duitsland) wordt in Nederland gemeten in een tweetal putten (SCH-597 en SCH-591) en bij afwijkende drukopbouw kan worden bijgestuurd. De putten in Duitsland liggen weer verder naar het zuiden. Met de operator aan de Duitse zijde worden gegevens uitgewisseld op vertrouwelijke basis, wat NAM in staat stelt om de eventuele effecten van waterinjectie op de Duitse kant te monitoren. Een lichte drukverhoging kan voor de eventuele toekomstige gasproductie aan Duitse zijde voordelig zijn. De kans dat water dat wordt geïnjecteerd aan de noordkant van het Schoonebeek veld het Duitse grondgebied instroomt (ruim 2 km zuidelijker) is vanwege de afstand verwaarloosbaar klein.

## 4.5 Waterinjectie in Schoonebeek olieveld

### 4.5.1 Beschrijving van het olieveld

Het Schoonebeek olieveld wordt gevormd door het Bentheim Zandsteen. Dit is een heel uitgestrekte gesteentelaag waarin zich meerdere olieaccumulaties bevinden (zie onderstaande figuur). De olie zit bovenin de olieaccumulaties als gevolg van het dichtheidsverschil tussen water en olie. Onderin is de zandsteenlaag gevuld met zout water, waaraan wordt gerefereerd als het 'aquifer'. Naar het noorden toe wordt de zandsteenlaag steeds dunner en verdwijnt uiteindelijk, waarmee ook het Schoonebeek olieveld wordt begrensd. Aan de zuidkant strekt het Schoonebeek olieveld zich uit over de landsgrens met Duitsland, waar de naam Emlichheim olieveld wordt gebruikt. Er loopt een noordwest-zuidoost georiënteerde breukzone door het hele olieveld, waardoor het in twee aparte olieaccumulaties is opgedeeld: NAM Schoonebeek SGDA en Schoonebeek MWDA.

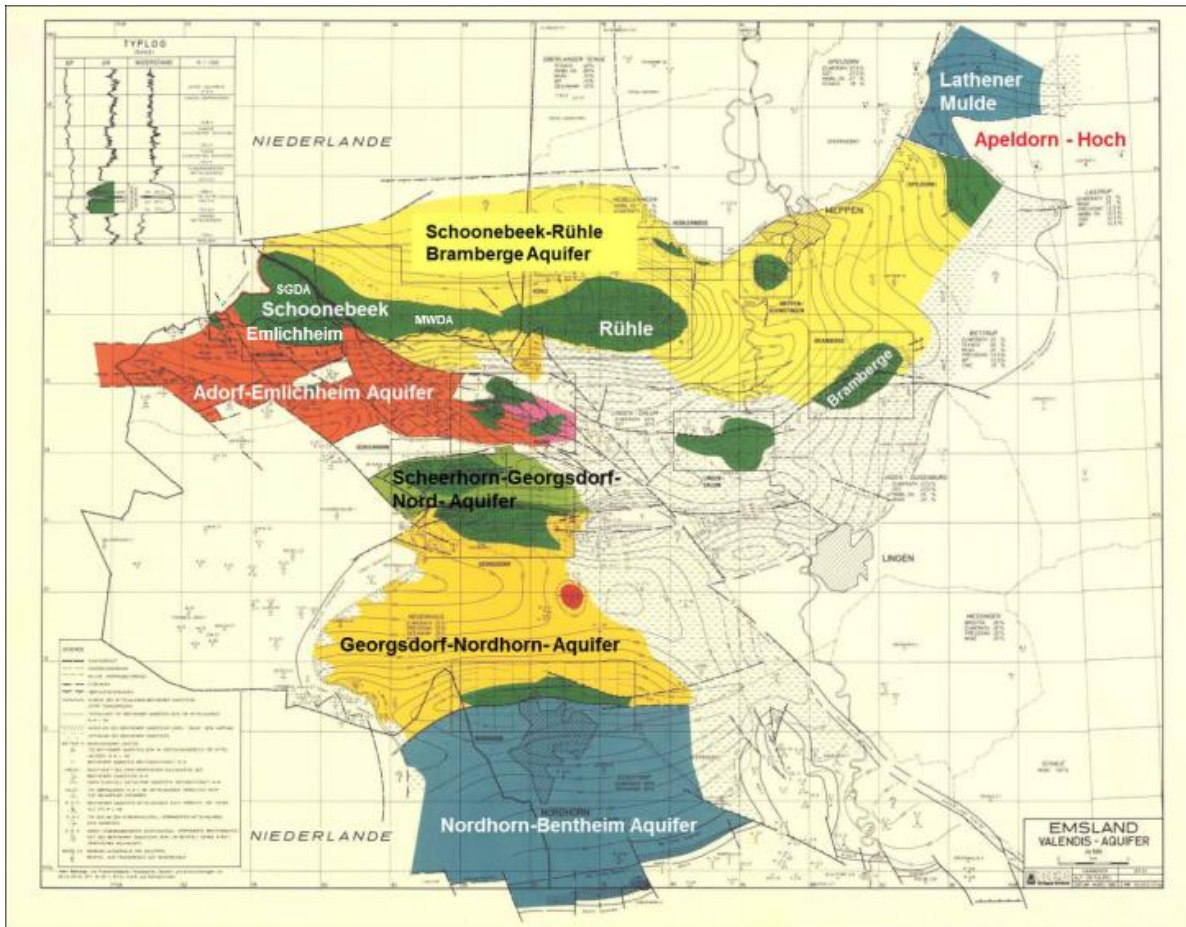
### 4.5.2 Olieproductie

NAM heeft de westelijke helft van het Schoonebeek veld (SGDA<sup>3</sup>) herontwikkeld met stoominjectie. Bij de 'natuurlijke' temperatuur is de olie in het Schoonebeek veld erg stroperig. Door het reservoir en de olie met stoom te verhitten gaat de viscositeit omlaag en stroomt de olie makkelijker naar de oliewinputten. Stoom wordt geïnjecteerd met horizontale putten, waardoor er een langgerekte stoomkamer ontstaat aan de bovenkant van het reservoir. De stoomkamer ligt als een pannenkoek tegen de bovenkant van het oliereservoir aan. Door de warmte vanuit de stoomkamer wordt de onderliggende olie opgewarmd. Omdat het reservoir een afgesloten systeem is, komt de afgekoelde en daardoor gecondenseerde stoom uiteindelijk weer met de oliewinputten meer naar boven.

<sup>2</sup> Als een eerste orde benadering wordt de compressibiliteit van het systeem gegeven door:  $c = 1/V \cdot \Delta V / \Delta p$

Uit de drukdata blijkt dat er wel lokale effecten zijn bij injectie, maar dat deze op termijn uitmiddelen over het gehele gasveld. Het totale gasvoorkomen is grofweg 16 mrd Nm<sup>3</sup> oftewel 70 mln Rm<sup>3</sup> (V) gegeven de gas expansie factor van 230 Nm<sup>3</sup>/Rm<sup>3</sup>. Bij de huidige reservoirdruk van rond de 80 bar is de gascompressibiliteit rond de  $1.25 \cdot 10^{-2}$  1/bar (c). Een water injectievolume van 2 mln m<sup>3</sup> ( $\Delta V$ ) geeft zo'n 2 bar drukstijging ( $\Delta p$ ).

<sup>3</sup> SGDA: Solution Gas Drive Area, het westelijke deel van het totale Schoonebeek olieveld. De SGDA loopt aan de zuidzijde door in het Emlichheim veld in Duitsland. Het oostelijke deel van het Schoonebeek veld wordt aangeduid als MWDA: Main Water Drive Area. Dit gedeelte van het veld is niet herontwikkeld na de abandonment in de jaren '90. Het loopt ten oosten van de grens door in het Rühlermohr veld.



Figuur 4-7. Regionaal overzicht van de Bentheim zandsteen, met de olie accumulaties in donkergroen, en de verschillende aquifer systemen in rood, geel, lichtgroen en blauw.

### Olieproductie aan de Duitse zijde van het olieveld

Aan de Duitse zijde wordt ook olie gewonnen uit hetzelfde olieveld. Er zijn een paar belangrijke verschillen tussen de Duitse en de Nederlandse operatie:

- De Duitsers zijn al verder in de ontwikkeling van het veld, waardoor het toekomstige olieproductie potentieel van het gehele systeem zich grotendeels in Nederland bevindt. Duitsland kende geen productiestop en herontwikkeling, en de ontwikkeling aan de Duitse zijde heeft zich in de loop van de tijd geleidelijk ontwikkeld.
- Vroeger bestond er alleen technologie voor het boren van verticale putten. In Duitsland worden nog veel verticale putten gebruikt (later aangevuld met horizontale putten). Toen Duitsland begon met stoominjectie is een Mechanical Vapor Recovery unit geplaatst. Dit is een vat dat op onderdruk opereert, waardoor de dampspanning van water wordt verlaagd en van grofweg een derde van de instroom van het zoute productiewater gecondenseerd zoet water wordt gemaakt. Dit zoete water wordt uiteindelijk als stoom geïnjecteerd in het olieveld. Het andere tweederde deel is ingedikt zouter water, en wordt ook geïnjecteerd in het olieveld. De Duitse methode is dus een combinatie van stoom- en waterinjectie.
- In Nederland is de oorspronkelijke ontwikkeling met ja-knikkers opgeruimd, en vanaf 2011 herontwikkeld. Nederland kan hierdoor profiteren van nieuwere technologie. Er zijn uitsluitend horizontale putten en er is alléén stoom injectie.

- Op het Nederlandse grondgebied bevindt zich de vlakkere top van de structuur, in Duitsland bevindt zich de naar beneden gekantelde flank van het olieveld. Stoom die in Duitsland beneden op de structuur wordt geïnjecteerd stroomt onder invloed van de zwaartekracht naar boven, komt koud gesteente tegen en condenseert.
- Doordat het reservoir in Nederland vrij vlak is, blijft daar de stoom boven in het reservoir hangen als een pannenkoek, van waaruit warmte wordt uitgestraald om de ondergelegen olie op te warmen. De stoom wordt geïnjecteerd en de warme olie wordt geproduceerd met horizontale putten die onder in het reservoir liggen. De Nederlandse manier zorgt voor een hogere efficiëntie in het produceren van de olie uit het reservoir (dat wil zeggen een lagere waterfractie in de totale productie).

### 4.5.3 Opties voor waterinjectie in het olieveld

Het oliereservoir heeft een bewezen waterinjectiecapaciteit. Zowel tijdens de oorspronkelijke ontwikkeling van Schoonebeek (1946-1996) als nu nog in Duitsland wordt productiewater herinjecteerd in het Bentheim reservoir. Het is zodoende mogelijk het water terug te injecteren in het oliereservoir waar het oorspronkelijk uit is gekomen. Volledige injectie van het productiewater veroorzaakt een te grote overdruk en is zodoende niet mogelijk. Echter in Alternatief 2 hoeft slechts een gedeelte van het water geïnjecteerd te worden en is het wel zinvol de mogelijkheden van de aquifer in beeld te brengen. In dat geval gaat het om ingedikt water, met hogere concentraties.

Er zijn vier opties voor waterinjectie van ingedikt productiewater in het olieveld onderzocht:

1. Injectie in het oliereservoir.
2. Injectie in de aquifer aan de oostzijde van het oliereservoir
3. Injectie in de aquifer aan de westzijde van het oliereservoir
4. Injectie in het Duitse deel van het oliereservoir.

De vierde optie is afhankelijk van externe partijen, maar mogelijk wel een interessante oplossing. De oliewinning in Duitsland, aan de Duitse kant van het olieveld, heeft op dit moment juist behoefte aan extra productiewater om de oliewinning via (warm)water injectie aldaar te stimuleren. Het zou voor de Duitse operator mogelijk goed uitkomen het productiewater vanuit de oliewinning Schoonebeek voor dit doel te gebruiken. Hiervoor is echter een afspraak tussen NAM en de Duitse operator noodzakelijk. Daarnaast moet verkend worden in hoeverre het juridisch is toegestaan om productiewater over de grens van Nederland naar Duitsland te brengen, ondanks dat er in de diepe ondergrond sprake is van een gemeenschappelijk olieveld. Omdat de Duitse operator al een alternatieve waterbron heeft vastgelegd, wordt dit concept als weinig kansrijk geacht en is in dit onderzoek niet nader uitgewerkt. De overige opties zijn hieronder nader uitgewerkt.

#### 4.5.4 Optie 1: waterinjectie in het oliereservoir

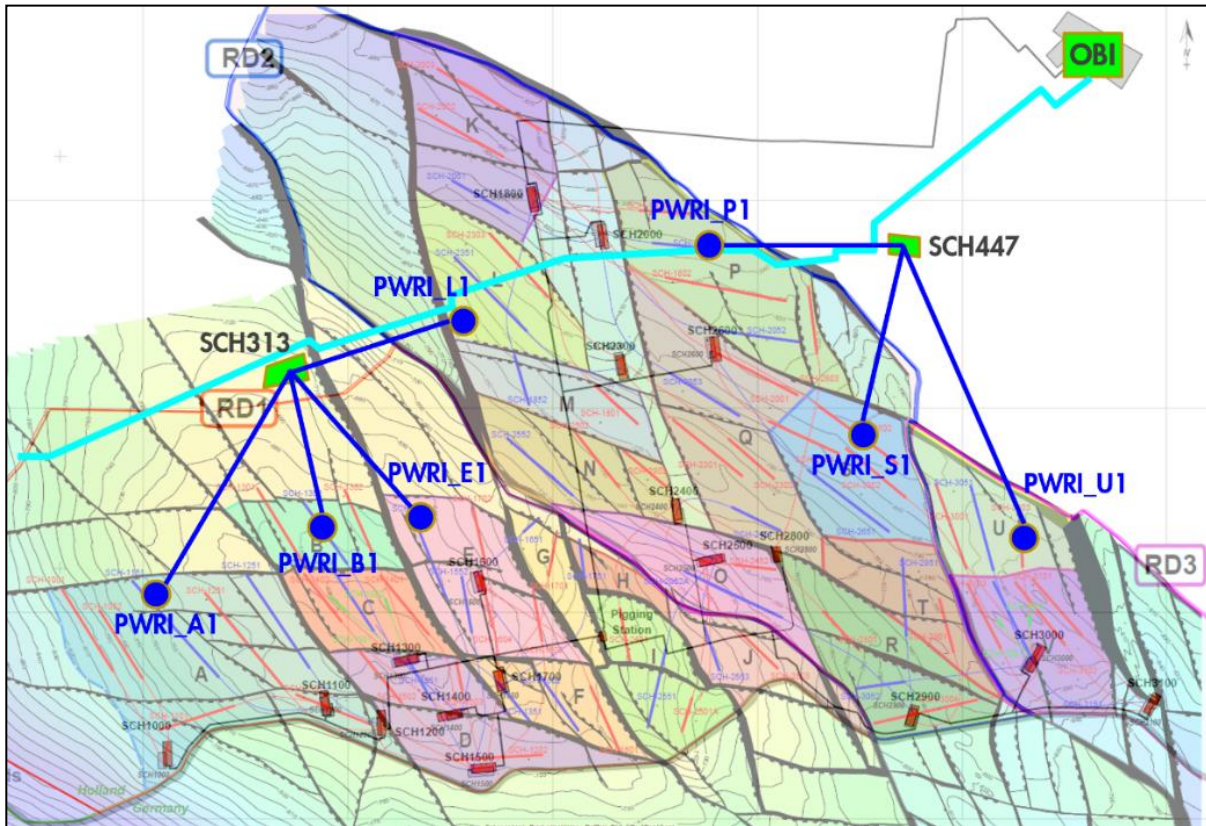
Waterinjectie in het oliereservoir kan plaatsvinden met bestaande putten of met nieuwe putten.

- Gebruik van de stoomputten: Het puttenbestand is in de Schoonebeek herontwikkeling geoptimaliseerd voor de hoogste efficiëntie van olieproductie. Er is gewerkt met horizontale injectie- en productieputten, die parallel aan elkaar zijn geboord op zo'n 300 m afstand en die zich onder in het reservoir bevinden. Wanneer de stoominjectie wordt vervangen door waterinjectie, blijft het geïnjecteerde water onder in het reservoir, in tegenstelling tot stoom dat onder invloed van zwaartekracht naar boven migreert. Het geïnjecteerde (koude) water stroomt direct vanuit de laaggelegen horizontale injectieput naar de laaggelegen horizontale olieproductieputten toe, onder de bovengelegen olielaag door. Het reservoir binnen dit stroompad wordt afgekoeld, en de warmte boven in het reservoir wordt niet meer nuttig gebruikt. Hierdoor volgt een snelle stijging van de waterfractie in de totale productiestroom, en een sterke afname van de olieproductie. De eerdere investering van stoominjectie om het reservoir op te warmen wordt grotendeels tenietgedaan. Afgezien van afschrijven op de bestaande investering in reservoirwarmte, vereist herinjectie van productiewater ook opnieuw een grote investering in infrastructuur. De bestaande stoomleidingen die de stoom aanvoeren vanaf de centrale boiler naar de putlocaties zijn niet bestand tegen het zout, de CO<sub>2</sub> en de H<sub>2</sub>S in het injectiewater. Bij hergebruik van de bestaande stoominjectieputten zullen deze leidingen daarom vervangen moeten worden.
- Nieuwe waterinjectieputten: er kunnen ook nieuwe waterinjectieputten worden geboord vanaf bestaande NAM-locaties die op de nabijgelegen watertransportleiding kunnen worden aangesloten. Om voldoende druk te kunnen zetten in het veld zijn hiervoor minstens 7 nieuwe putten nodig. Figuur 4-8 laat zien dat de zuidkant van het Schoonebeek veld niet bereikt kan worden vanaf de bestaande locaties, dit deel van het veld zal dan mogelijk wegzakken in productie.

Waterinjectie in het oliereservoir heeft tot gevolg dat de druk in het reservoir toeneemt. Om een te hoge druk te voorkomen, zal de stoominjectie als gevolg hiervan moeten worden stopgezet, wat zal leiden tot het afkoelen van het oliereservoir, hetgeen geleidelijk de productie van olie zal stoppen. De investering in het opwarmen van het reservoir door de geïnjecteerde stoom uit het verleden wordt deels tenietgedaan en de hoeveelheid winbare olie neemt sterk af. Hierdoor is bij stopzetting van de stoominjectie de productie nog slechts enkele jaren economisch rendabel.

Als gevolg hiervan wordt de optie waterinjectie in het oliereservoir als niet uitvoerbaar gezien.



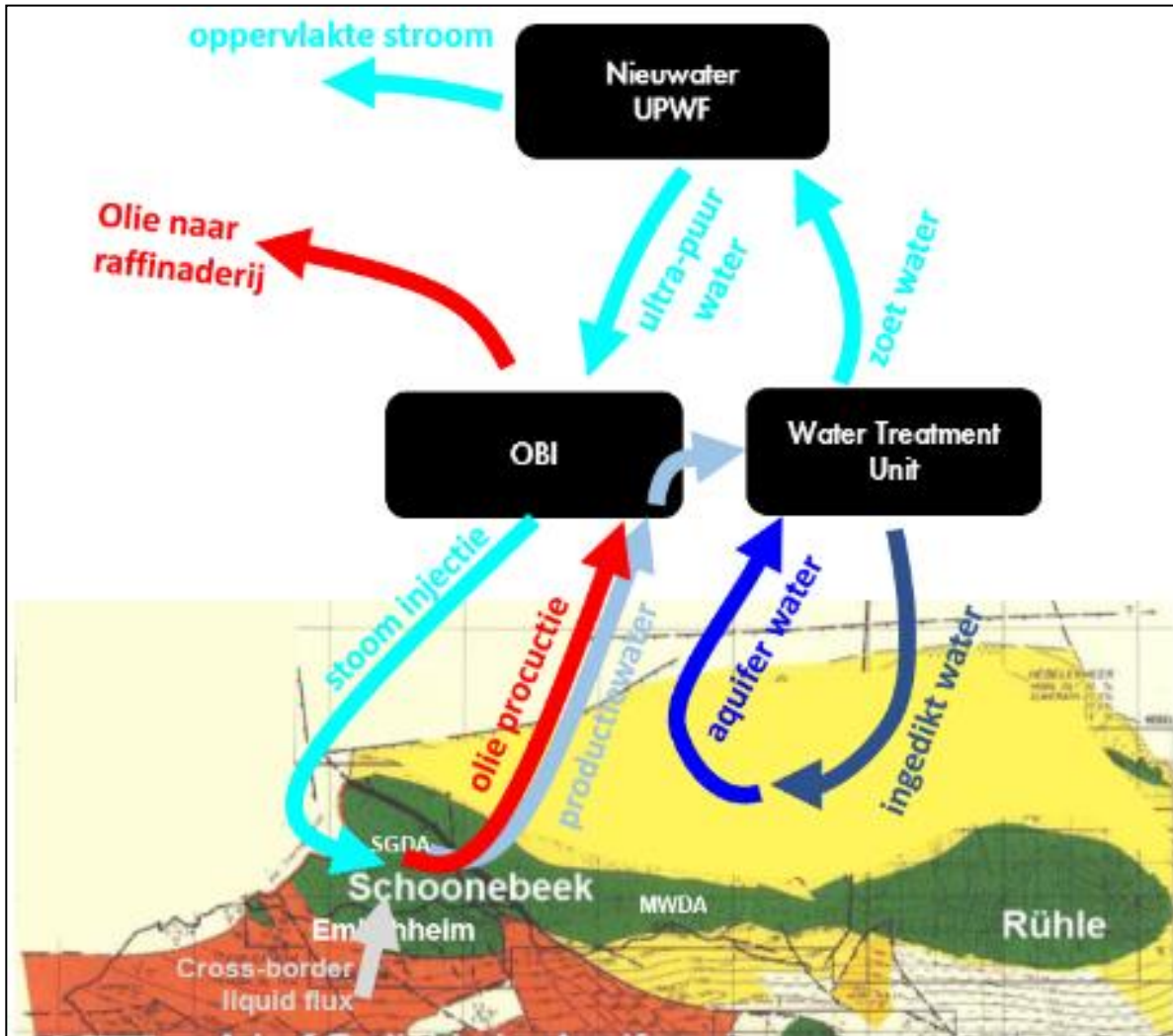


Figuur 4-8. Kaart van het reservoir met de (door breuken begrensde) productiepatronen aangegeven in verschillende kleurvlakken. De bestaande olieproductieputten zijn aangegeven in rood en de stoominjectieputten in blauw. De puttrajecten zijn aangegeven vanaf de putlocaties aan de oppervlakte (rode rechthoeken) naar de horizontale reservoir penetratie (grotere lijndikte). De bestaande stoomleidingen zijn in zwarte lijnen aangegeven vanaf de centrale boiler op de OBI naar de putlocaties. Er zijn 7 nieuwe injectieputten ingetekend als blauwe cirkels vanaf locaties SCH-313 en SCH-447, welke zijn gelegen naast de bestaande afvoerleiding vanaf de OBI richting Twente (lichtblauw).

#### 4.5.5 Optie 2: injectie in aquifer aan oostzijde

Het oostelijke deel van het Schoonebeek olieveld is niet herontwikkeld (MWDA, zie Figuur 4-9). Waterinjectie zou mogelijk plaats kunnen vinden ten noord-oosten van het herontwikkelde deel van het Schoonebeek olieveld, aan de andere kant van een hydraulisch scheidende breuk in het aquifer. Het volume van dit aquifer (binnen de landsgrenzen) is aanzienlijk. De druk van het aquifer is zo'n 10 bar boven de initiële reservoirdruk, met name door over-injectie in de oostelijke extentie van de olie accumulatie (het Rühlermoor veld in Duitsland).

Waterinjectie in dit aquifer zal daarom gepaard moeten gaan met gebalanceerde productie van formatiewater elders uit hetzelfde aquifer om verhoging van druk te voorkomen (een zogeheten productie-injectie doublet). Het onttrokken water heeft een lager zoutgehalte dan het geïnjecteerde productiewater, waardoor het zoutgehalte in het reservoir zal toenemen. Het onttrokken water uit het oostelijk deel kan worden gemengd met het productiewater uit het westelijk deel (SGDA, zie Figuur 4-9) en gezamenlijk ingedikt tot de waterstroom die weer in het oostelijk deel wordt geïnjecteerd.



Figuur 4.9. Schematisch overzicht van mogelijke volume stromen

Op basis van modelresultaten lijkt het waarschijnlijk dat er ten minste 40 miljoen m<sup>3</sup> ingedikt water kan worden opgeslagen in het Schoonebeek-Rühle-Bramberge aquifer. De gekozen modelrealisaties laten geen doorbraak zien van het ingedikte zoute water in de nieuw te boren productieputten, gelegen op 4 km afstand van de nieuwe injectieputten. Wel bestaat er binnen de geologische onzekerheid kans op een significante water influx vanuit Duitsland (als gevolg van de over-injectie in het Rühlermoor veld), waardoor er om druk-balans te behouden mogelijk tot wel 20% meer geproduceerd moet worden dan er aan ingedikt water geïnjecteerd kan worden.

Bij het Schoonebeek Oost olieveld ligt de huidige druk dicht bij de oorspronkelijke druk en gaat het om enkele honderden geabandoneerde putten. Daarom dient tijdens de operationele fase het risico op lekkage van gas, olie en water geminimaliseerd te worden.

Als gevolg van deze onzekerheden en operationele complexiteit is de optie waterinjectie in de aquifer oost van het oliereservoir moeilijk uitvoerbaar, maar wel geschikt om hier te toetsen.

#### 4.5.6 Optie 3: injectie in aquifer aan westzijde

In deze optie is gekeken of het mogelijk is om waterinjectieputten en waterproductieputten tegenover elkaar te boren in het aquifer ten westen van het Schoonebeek olieveld. Met de injectieputten wordt ingedikt (zout) water in het aquifer gepompt, en om het verhogen van de reservoirdruk te voorkomen wordt een zelfde hoeveelheid (minder zout) formatiewater teruggeproduceerd uit het aquifer. Als de putten ver genoeg uit elkaar worden geboord, breekt het extra zoute water niet door in de productieputten, en vindt er effectief opslag van zout plaats in het aquifer.

Door de geologische configuratie en de landsgrenzen blijkt dat injectie in de aquifer van Schoonebeek alleen mogelijk is in een klein gebied ten zuidwesten van het Schoonebeek olieveld. Dit gebied wordt aan de oost- en zuidkant beperkt door de landsgrens, aan de noordkant wordt het reservoir gesteente steeds dunner en verdwijnt uiteindelijk, en aan de oostkant bevinden zich de oliewinningsputten (wat leidt tot het verlies van olieproductie). Het overgebleven gebied blijkt zo klein te zijn dat er al binnen enkele jaren doorslag plaats vindt van het zoute water tussen de injectie- en productieputten. Hierdoor is dit concept technisch niet uitvoerbaar.

Als gevolg van technische onuitvoerbaarheid wordt de optie waterinjectie in de westzijde van het oliereservoir als niet uitvoerbaar gezien.

## 4.6 Realiseerbare alternatieven

Bovenstaande bevindingen zijn verwerkt in de uitwerking van de geselecteerde alternatieven. In de volgende hoofdstukken is dit beschreven voor de volgende alternatieven, die vervolgens met de CE-methodiek zijn getoetst:

- Alternatief 1: volledig zuiveren tot zoet water en vast zout (Hoofdstuk 5). Bij Alternatief 1 vindt geen waterinjectie plaats.
- Alternatief 2: indikken van de waterstroom, circulaire aanpak, brijninjectie in aquifer (Hoofdstuk 6).
  - Bij Alternatief 2a wordt de zoutwaterstroom ingedikt en wordt het ingedikte water terug geïnjecteerd in een gedeelte van de aquifer oost van het olieveld.
  - In Alternatief 2b wordt de zoutwaterstroom ook ingedikt en wordt de ingedikte waterstroom geïnjecteerd in het gasveld Schoonebeek.
- Alternatief 3: waterinjectie in Schoonebeek gasveld (Hoofdstuk 7). Bij Alternatief 3 wordt het volledige volume productiewater in het gasveld Schoonebeek geïnjecteerd.

## 5 Alternatief 1: Volledig zuiveren tot zoet water en vast zout

In dit alternatief wordt het productiewater voorgezuiverd en daarna in 2 stappen ingedampt. Daarbij worden zowel de mijnbouw hulpstoffen als het zout uit het water gehaald. Het gezuiverde water wordt geloosd op het oppervlaktewater (bijvoorbeeld Stieltjeskanaal) in de omgeving van de Oliebehandelingsinstallatie (OBI) of hergebruikt voor stoomproductie. Bij het indampen wordt een grote hoeveelheid vast zout gevormd. Dit zout zal naar verwachting moeten worden gestort. Om ervoor te zorgen dat het zoutproduct zo min mogelijk verontreinigingen bevat (bij voorkeur alleen een mengsel van NaCl en CaCl<sub>2</sub> zouten), worden eerst – voor verdampen – andere stoffen uit het productiewater gezuiverd. In dit alternatief moet een nieuwe waterzuiveringsinstallatie worden gebouwd nabij het terrein van de OBI.

Opmerkingen bij dit alternatief:

- Doordat voldoende zoet water beschikbaar komt na de waterzuivering, is geen of vrijwel geen water uit het oppervlaktewatersysteem nodig.
- Voor de realisatietermijn zal een periode van minimaal vier jaar nodig zijn, inclusief het verkrijgen van vergunningen, de bouwfase en het testen en eventueel bijstellen van de waterzuivering.

### 5.1 Zuiveringstechnieken

Voor het zuiveren tot zoet water en vast zout zijn een viertal stappen nodig.

#### Stap 1: Voorbehandeling

Na de scheiding van olie en water in de OBI bevinden zich nog olieachtige stoffen in het productiewater. Met een IGF (in Engels: induced gas flotation) wordt de opdrijvende olie verwijderd. Hierbij wordt coagulant (10 mg/l) toegevoegd. De verwijderde olieachtige stoffen worden teruggevoerd naar de OBI. Door het productiewater vervolgens te leiden over een bed van notenschalen (in Engels: nutshell filtration, NSF) worden nog meer olieachtige stoffen verwijderd. Nutshell filters worden regelmatig (bijv. elk uur) “teruggewassen” om de geabsorbeerde olie en solids van het media af te spoelen. Dit kan hydraulisch of mechanisch (het bed oproeren met mixer). Het bedmateriaal wordt regelmatig aangevuld door vers materiaal<sup>4</sup>. Deze combinatie van technieken zorgt ervoor dat deze olieachtige stoffen zoveel mogelijk uit het water worden gehaald, tot onder 5 mg/l, ter bescherming van de vervolgstappen.

Het voorgereinigde productiewater wordt vervolgens aangezuurd met HCl (ongeveer 440 mg/l) om de pH te verlagen tot ongeveer 5,5. Aangezuurd productiewater wordt daarna opgewarmd tot ongeveer 100 °C met restwarmte uit kristallisatie en ‘gestript’ door een kleine hoeveelheid stoom (1,25 ton/1.000 m<sup>3</sup> productiewater) door het water te laten borrelen.

Bij dit zogenaamde strippen worden opgeloste gasvormige verbindingen, vooral CO<sub>2</sub> (ongeveer 75%), H<sub>2</sub>S en aromatische koolwaterstoffen, uit het water verwijderd. Deze gassen (ook wel stripgassen genoemd) worden teruggevoerd naar de OBI, waar het stripgas wordt ontzwaveld in een Thiopaq unit (verwijdering H<sub>2</sub>S met meer dan 99% verwijderingsrendement). De afgevangen H<sub>2</sub>S wordt daarbij omgezet in een extern afzetbare zwavelcake. Het ontzwavelde stripgas wordt daarna afgekoeld, waardoor waterdamp uit het stripgas condenseert en wateroplosbare stoffen in het stripgas, zoals NH<sub>3</sub>, worden verwijderd (NH<sub>3</sub> zou NO<sub>x</sub> worden bij verbranding in de ketel). Het gekoelde stripgas wordt daarna verbrand in de stoomboiler op het OBI-terrein. Het condensaat wordt extern verwerkt.

<sup>4</sup> Nutshell filters worden regelmatig (bijv. elk uur) “teruggewassen” om de geabsorbeerde (dus niet zozeer geabsorbeerde) olie en solids van het media af te spoelen. Dit kan hydraulisch of mechanisch (het bed oproeren met mixer). Hierdoor dient jaarlijks een deel van het bedmateriaal (10-15%), te worden aangevuld.



## Stap 2: concentratie van zouten door toepassing van MVR

Voor de eerste indampstap is gekozen voor een zuivering volgens het principe van mechanische damprecompressie (in Engels: Mechanical Vapour Recompression, MVR). Deze techniek wordt bijvoorbeeld ook toegepast bij Wintershall in Emlichheim voor het terugwinnen van schoon water uit productiewater.

### Afweging membraantechniek (omgekeerde osmose)

In de olie- en gaswereld wordt de toepassing van MVR als bewezen techniek gezien. Bij ontzilting van zeewater, waarbij eveneens grote hoeveelheden zout uit het water wordt gehaald, wordt daarentegen vaak gebruik gemaakt van membraantechnieken. De aanwezigheid van een aantal stoffen, zoals Calcium, Magnesium, H<sub>2</sub>S, BTEX en nutriënten brengt een risico van membraanvervuiling met zich mee. Voor dit alternatief is daarom uitgegaan van MVR. Membraantechnologie wordt inmiddels wel toepasbaar geacht als onderdeel van de waterzuivering bij het indikken van het productiewater (zie Alternatief 2).

MVR is een thermodynamisch efficiënte wijze van verdamping. Het maakt gebruik van een elektrisch aangedreven warmtepomp in de vorm van een compressor, die ervoor zorgt dat de warmte tussen de verdampingsstap en de condensatiestap in het systeem uitgewisseld wordt. Deze warmte wordt overgedragen. Voor aandrijving van de compressor van de MVR is ongeveer 20 kWh<sub>e</sub>/m<sup>3</sup> destillaat nodig<sup>5</sup>.

Het gestripte productiewater wordt in het MVR-proces ingedampt tot een geconcentreerde zoutoplossing (brijn) met een zoutconcentratie van ongeveer 200 g/l. Niet-vluchtige componenten, waaronder zouten, natuurlijke radio-isotopen<sup>6</sup>, zware metalen, enkele organische verbindingen en niet-vluchtige hulpstoffen, blijven achter in de geconcentreerde brijn en zullen ook in het zout terecht komen. Het na strippen nog in het productiewater aanwezige ammoniak zal voor het overgrote deel (meer dan 90%) in het zout achterblijven.

## Stap 3: Kristallisatie van zout

Het geconcentreerde brijn wordt verder ingedampt (kristallisatie) met als warmtebron stoom uit de stoomboiler op het OBI-terrein. Door verder indampen neemt de zoutconcentratie toe tot boven de verzadigingsconcentratie van het zout in de oplossing. Daardoor ontstaat neerslag van zoutkristallen, die met een centrifuge worden afgescheiden tot een vast product met een droge stofgehalte van 90%. Het geproduceerde zout is een mengsel van voornamelijk NaCl (77%) en CaCl<sub>2</sub> (14%). Eventuele in productiewater aanwezige hulpstoffen (coagulant, anti-corrosievloeistof, biocide, emulsiebreker) gaan deels met het geproduceerde zout mee. De verwachting is dat een deel geadsorbeerd zal zijn op de natte vaste stof, maar dat een ander deel gewoon in oplossing zal blijven.

Met het oog op energie-efficiëntie wordt bij het indampen gebruik gemaakt van thermische damprecompressie (In Engels: Thermal vapour recompression of TVR). Hierbij wordt de bij indampen vrijkomende waterdamp (ongeveer 100 °C, 1 bar(a)) gemengd met verse stoom van de stoomboiler op het OBI-terrein (300 °C, 30 bar(a)), waardoor lagedruk stoom ontstaat. In deze analyse is op basis van de druk en temperatuur van de verse stoom uitgegaan van een mengverhouding verse stoom: waterdamp van 1 staat tot 2. De gevormde lagedruk stoom wordt vervolgens voor twee-derde gerecirculeerd en gebruikt om warmte te leveren voor kristallisatie. De resterende gevormde lagedruk-stoom wordt gebruikt om productiewater voor te verwarmen en te strippen.

<sup>5</sup> In de Herafweging 2016 is een specifiek gebruik van 60 kWh<sub>e</sub>/m<sup>3</sup> destillaat. In deze waarde werd echter geen rekening gehouden met mogelijkheden voor energieoptimalisatie, met name voorverwarmen van productiewater voor ontgassing.

<sup>6</sup> Radioactieve stoffen komen in het productiewater voor in niet-meldingsplichtige concentraties van natuurlijke radio-isotopen.

#### Stap 4: destillaat nabehandeling

Het destillaat van MVR en het condensaat van kristallisatie worden nabehandeld met ClO<sub>2</sub> en adsorptie aan actieve kool:

- Nog aanwezige opgeloste sulfide wordt chemisch geoxideerd met ClO<sub>2</sub>. De reactieproducten – sulfaat en chloride – zijn onschadelijk.
- Actieve kool wordt gebruikt voor de verwijdering van nog aanwezige aromatische koolwaterstoffen. Er wordt in eerste instantie van uitgegaan dat de gebruikte actieve kool extern wordt geregenereerd.

De concentraties aan zouten en ammoniak in het nabehandelde water bedragen naar schatting respectievelijk 50 mg/l en 2-3 mg/l en zijn daarmee aanzienlijk lager en vergelijkbaar met de concentraties van zouten (minder dan 300 mg/l) en ammoniak (minder dan 2,8 mg/l) in het Stieltjeskanaal

De hoeveelheid te lozen gezuiverd water bedraagt maximaal ongeveer 6.500 m<sup>3</sup> per dag. Ter vergelijking: de hoeveelheid effluent bij de ultra-puur waterfabriek bedraagt ongeveer 10.000 m<sup>3</sup> per dag. Het lozingspunt zal in overleg met het waterschap worden vastgesteld, zodat het ontvangende watersysteem zo min mogelijk verstoord raakt. Vooralsnog wordt aangehouden dat het gezuiverde water op Stieltjeskanaal kan worden afgevoerd.

## 5.2 Afvoer reststoffen en varianten voor zout

De reststoffen bestaan uit twee groepen, gezuiverd vast zoutproduct en een kleine spuistroom van ingedikd concentraat met reststoffen (organische componenten, zoals oliehoudend slib en ammoniak). Deze kleine spuistroom dient per tanker of vrachtwagen te worden afgevoerd en verwerkt door commerciële partijen.

De hoeveelheid gemengd zoutproduct bedraagt eerst 100-105 ton per dag (90% droge stof). Op basis van de huidige verwachtingen wordt er tot het einde van de oliewinning gemiddeld 70-75 ton per dag totaal zout (TDS) met het productiewater aangevoerd. Om een indicatie te krijgen van de benodigde hoeveelheid transport, kan worden uitgegaan van de afvoer van 70 ton per vrachtwagen.

Het zout zal vanwege de aanwezigheid van zware metalen en aardalkalimetalen (met name strontium, barium)<sup>7</sup> en omdat het bestaat uit (zeer) goed oplosbare zouten naar verwachting in een stortplaats<sup>8</sup>, een ondergrondse zoutmijn of vergelijkbare inrichting moeten worden ondergebracht. Dit vergt een aanzienlijke hoeveelheid ruimte, maar zal mogelijk ook hoge kosten met zich meebrengen. De opslag van zouten uit rookgasreiniging bij afvalverbrandingsinstallaties in een zoutmijn kost momenteel ongeveer € 150/ton zout en zal naar verwachting duurder worden. Bij hetzelfde storttarief voor eindberging van de zouten uit productiewater bedragen de totale kosten ongeveer € 85 miljoen.

<sup>7</sup> Zie ook tabel 3.1 in de Herafweging 2022. De concentraties van strontium en barium zijn naar schatting respectievelijk ongeveer 7 kg/ton zout en 0,5 kg/ton zout. De concentraties van andere zware metalen liggen – met uitzondering van die van mangaan – onder de detectiegrens, wat wil zeggen dat deze metalen naar verwachting hooguit in lage concentraties aanwezig zijn. De concentratie van mangaan in zout is naar schatting ongeveer 25 g/ton zout.

<sup>8</sup> Een optie voor eindberging met minder zoutbelasting voor oppervlaktewater en grondwater is geconditioneerd storten van het zout in een reguliere stortplaats. Het zout zal hiervoor naar verwachting in big bags met afdekhoes moeten worden verpakt om oplossen tijdens exploitatie van het stortcompartiment te voorkomen.

### 5.3 Gebruik van bedrijfsmiddelen en geproduceerde hoeveelheden water en reststoffen

In Tabel 5-1 is een overzicht gegeven van de ontwikkeling in de tijd van het gebruik van chemicaliën en energie en van de geproduceerde hoeveelheden zout en water gedurende de exploitatieperiode van het olieveld. Deze cijfers zijn ook gebruikt in de MKBA.

#### Berekende resultaten in vergelijking met huidige situatie bij waterinjectie

Er zijn een aantal verschillen met de voorgaande onderzoeken. De verschillen zijn deels gerelateerd aan verschillen in de vrijkomende hoeveelheden productiewater en het zoutgehalte van het productiewater. Daarnaast zijn er ook verschillen doordat er in dit onderzoek rekening is gehouden met mogelijkheden voor beperking van energiegebruik en met nieuwe inzichten in het functioneren van procesinstallaties. De belangrijkste verschillen zijn:

- Productievolume water is 6.500 m<sup>3</sup>/dag in plaats van 3.000 m<sup>3</sup>/dag.
- Er is een lager specifiek elektriciteitsgebruik aangehouden voor de MVR (20 kWhe/m<sup>3</sup> destillaat in plaats van 60 kWhe/m<sup>3</sup> destillaat). In de oorspronkelijke, door NAM uitgevoerde analyse voor het MER in 2006 werd wel al uitgegaan van MVR en kristallisatie met TVR. Er was echter een 'los eindje' betreffende de met de TVR geproduceerde lage druk stoom. Hiervoor was in de oorspronkelijke opzet geen toepassing voorzien. In deze analyse is aangenomen dat de stoom wordt gebruikt voor het 'voorverwarmen' van productiewater tot de operationele temperatuur van de MVR. Door voorverwarmen kan het elektriciteitsgebruik van de MVR lager zijn.
- Bij Alternatief 1 wordt geen H<sub>2</sub>S-binder toegepast op de productielocaties. H<sub>2</sub>S-binder ontbreekt daarom ook in de lijst van mijnbouwhulpstoffen in Tabel 5-1. De reden hiervoor is dat de H<sub>2</sub>S-binder achterblijft in het gezuiverde water. De consequentie daarvan is dat het water niet op oppervlaktewater zou mogen worden geloosd. De afwezigheid van H<sub>2</sub>S-binder moet worden opgelost door de pijpleidingen van de productielocaties naar de OBI te vervangen door hoogwaardiger staal, zodat H<sub>2</sub>S-binder niet meer gebruikt hoeft te worden.
- De consumptie van ClO<sub>2</sub> is ongeveer 8 maal lager ingeschat. In dit onderzoek is op basis van praktijkervaringen bij bijvoorbeeld raffinaderijen aangehouden dat niet 10% maar 90% van de H<sub>2</sub>S bij strippen van productiewater wordt afgevoerd in het stripgas, waardoor ook de ClO<sub>2</sub>-consumptie voor oxidatie van resterende H<sub>2</sub>S ongeveer 8 maal lager is geschat.
- Strippen van destillaat met stoom om ammoniak te verwijderen kan achterwege blijven. Aanzuren van productiewater (pH = 4) voorafgaand aan indampen in de MVR leidt ertoe dat ammoniak voor meer dan 90% als NH<sub>4</sub><sup>+</sup> in het zoutconcentraat achterblijft. Door het achterblijven van NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup> in het zout kan strippen met stoom achterwege blijven en kan de daaraan gerelateerde consumptie van NaOH en HCl worden vermeden.

Tabel 5-1. Ontwikkeling in de tijd van het gebruik van chemicaliën en energie

	Jaar 1	Jaar 2	Jaar 3	Jaar 4	Jaar 5	Jaar 6	Jaar 7	Jaar 8	Jaar 9	Jaar 10	Jaar 11	Jaar 12	Jaar 13	Jaar 14	Jaar 15	Jaar 16	Jaar 17	Jaar 18	
<b>Mijnbouwhulpstoffen</b>																			
• Anti-corrosievloeistof, ton/jaar	25	55	56	81	106	122	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
• Biocide, ton/jaar	1	2	2	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
• Emulsiebreker, ton/jaar	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Flotatie</b>																			
• Coagulant consumptie, ton/jaar	5	10	11	15	20	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
<b>Filtratie</b>																			
• Elektriciteit consumptie, MWh/jaar	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Ontgassen</b>																			
• HCl consumptie voor aanzuren,	205	458	465	671	878	1.008	1.038	1.038	1.038	1.038	1.038	1.038	1.038	1.038	1.038	1.038	1.038	1.038	1.038
• NaOH (100%) voor ontzwaveling,	4	9	10	14	18	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
<b>Voorverwarmen van 50 tot 100 °C</b>																			
<u>kton stoom/jaar</u>	10	29	35	57	82	101	110	115	119	122	124	125	126	127	128	128	129	129	129
<b>MVR</b>																			
• Elektriciteit consumptie, GWhm/jaar	8	19	19	28	37	43	44	44	44	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
<b>Kristallisatie</b>																			
• ton stoom/jaar toegevoerd	28	56	51	67	80	85	82	77	73	70	68	66	65	65	64	64	63	62	62

## Projectgerelateerd



	Jaar 1	Jaar 2	Jaar 3	Jaar 4	Jaar 5	Jaar 6	Jaar 7	Jaar 8	Jaar 9	Jaar 10	Jaar 11	Jaar 12	Jaar 13	Jaar 14	Jaar 15	Jaar 16	Jaar 17	Jaar 18
<b>H<sub>2</sub>S-oxidatie</b>																		
• ClO <sub>2</sub> -consumptie, ton/jaar	16	35	36	51	67	77	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
<b>Jaarproductie</b>																		
• Destillaat, 1.000 m <sup>3</sup> /jaar	468	1.044	1.061	1.530	2.004	2.300	2.369	2.369	2.369	2.370	2.370	2.370	2.370	2.370	2.370	2.370	2.370	2.370
• Reststoffen (90% d.s.), ton/jaar	13	25	23	30	36	39	37	35	33	32	31	30	30	29	29	29	29	28

## 5.4 Optimalisatieopties in productafzet

### Variante 1: Hergebruik zout

Omdat blijkt dat voor het gemengde product op voorhand geen nuttige toepassingen bekend zijn, is bekeken of met een andere zuivering mogelijk wel een herbruikbaar en verkoopbaar zoutproduct kan worden gemaakt. Kansen voor hergebruik nemen toe, als de zuiveringsfabriek wordt uitgebreid met een onthardingsstap waarin ongewenste zouten als strontium, barium en radium door reactie met CO<sub>2</sub> uit het productiewater worden gehaald. De CO<sub>2</sub> zou bijvoorbeeld kunnen worden onttrokken uit het met de olie mee geproduceerde aardgas<sup>9</sup> en uit stripgas. Hierbij resteert nog wel een product met voornamelijk magnesiumzouten en strontiumzouten dat mogelijk alsnog gestort<sup>10</sup> moeten worden.

Een deel van de in het productiewater aanwezige calcium kan mogelijk als zuivere en verkoopbare kalksteen worden afgescheiden in een tweede onthardingsstap. Er blijft een zoutoplossing over met een hoog gehalte aan NaCl (keukenzout) en met lagere concentraties van KCl en sporen van olie, aromatische en polaire koolwaterstoffen, zware metalen, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub> en mijnbouw hulpstoffen. Dit zoutmengsel zou mogelijk kunnen worden opgewerkt tot strooizout (> 97% NaCl)<sup>11</sup>. Dit is vooralsnog niet het geval en de Rijksoverheid heeft niet aangegeven dit te willen overwegen, zodat het alternatief hier niet op kan worden gebaseerd.

De variant op kristallisatie met een herbruikbaar product kent een aantal voor- en nadelen ten opzichte van Alternatief 1 waarbij het zout moet worden gestort. De voordelen zijn:

- Potentieel sterke beperking van het te storten volume (tot 15%);
- Vanwege de onthardingsstap is mogelijk membraantechnologie toepasbaar in plaats van de MVR. Dit geeft een significante reductie in energieverbruik;
- Mogelijke verkoop van kalksteen en strooizout.

De nadelen zijn:

- Fors hogere investeringskosten vanwege de extra onthardingsstap en de daarmee gemoeide installaties;
- Hogere storingsgevoeligheid van de installatie met daardoor grotere kans op ongewenste kwaliteitsvariëaties, waarbij geldt dat de kwaliteit van het geleverde strooizout in Nederland moet voldoen aan strenge regels. De kwaliteitseisen leiden bij deze variëaties tot extra investeringen in buffers en opslagfaciliteiten waarmee de kwaliteit kan worden gecorrigeerd;
- Toetreding van NAM tot een seizoensgebonden competitieve zoutmarkt – bij afzet van NaCl als strooizout – met een gerede kans dat afzet van het zout onderbrekingen kent.

Met name de laatste factor maakt het daadwerkelijk hergebruik van strooizout onzeker. Als de oliewinning Schoonebeek regelmatig en gecontroleerd moet verlopen, dan zal ook de verkoop en fysieke afname/transport van kalksteen en strooizout ongestoord moeten verlopen. Onderbrekingen in de afname geeft weer een noodzaak voor forse extra opslagfaciliteiten waar een tijdelijk overschot kan worden gehouden. Aangezien de jaarlijkse Schoonebeek zoutproductie maximaal ongeveer 25% van de omvang van de gemiddelde jaarlijkse strooizoutbehoefte in Nederland gaat benaderen<sup>12</sup>, wordt grootschalige opslag waarschijnlijk.

<sup>9</sup> Ongeveer 8.000 ton/jaar.

<sup>10</sup> Strontium wordt commercieel gebruikt in bijvoorbeeld vuurwerk, ferriet magneten en tandpasta voor gevoelige tanden.

<sup>11</sup> Een andere, niet verder verkende mogelijke optie is opwerking van het zout na ontharding tot hoogzuiver NaCl dat geschikt is als grondstof voor Cl<sub>2</sub>-productie bij Nobian of Sabic in Bergen op Zoom. Bij Sabic in Bergen op Zoom wordt een afvalbrij uit NaCl elektrolyse opgewerkt met oog op hergebruik met een in een aantal achtereenvolgende actieve kool filters en een ionenwisselaar.

<sup>12</sup> De gemiddelde strooizoutconsumptie in Nederland bedraagt ongeveer 100.000 ton/jaar. De hoeveelheid NaCl in productiewater bedraagt maximaal ongeveer 25.000 ton/jaar en neemt af tot gemiddeld ongeveer 20.000 – 22.000 ton/jaar.





Op basis van het bovenstaande wordt de aanvullende zuiveringsstap als optimalisatie bij Alternatief 1 gezien. De optimalisatie heeft voor NAM nog te veel technische en commerciële risico's om als haalbaar alternatief te worden beschouwd en is daarom niet meegenomen in de afweging.

**Variante 2: Hergebruik zoet water (destillaat)**

Het geproduceerde zoet water (ofwel destillaat) uit MVR en kristallisatie is naar verwachting zo zuiver dat het op oppervlaktewater kan worden geloosd. Gezien de lage belasting met verontreinigende stoffen is het waarschijnlijk mogelijk om het te hergebruiken in landbouw, glastuinbouw bij buurtschap Amsterdamscheveld of voor productie van ketelvoedingswater voor de stoomboiler op het OBI-terrein of eventuele klanten op het industrieterrein De Vierslagen.

## 6 Alternatief 2: indikken van de waterstroom

Bij alternatief 2 wordt het productiewater met behulp van een zuiveringsstap ingedikt. Vervolgens wordt het schone zoete water hergebruikt voor stoomproductie, terwijl de geconcentreerde zoutwaterstroom (brijn) wordt geïnjecteerd in de diepe ondergrond. Voor de waterinjectie zijn er twee mogelijkheden, injectie in de aquifer van het olieveld in Schoonebeek Oost op circa 800 meter diepte (Alternatief 2a) of injectie in het Schoonebeek gasveld op circa 3.000 meter (Alternatief 2b).

Kenmerken van de varianten zijn:

- Bij Alternatief 2a wordt brijn geïnjecteerd in de aquifer Schoonebeek Oost. Om te voorkomen dat hier de druk teveel oploopt, wordt er uit de reservoir water geproduceerd en samen met het productiewater ingedikt. Als gevolg hiervan dient er een extra wateronttrekking in Schoonebeek Oost te komen en zal de waterzuivering worden gebruikt voor het indikken van 8.600 m<sup>3</sup> per dag.
- Bij Alternatief 2b wordt brijn geïnjecteerd in het Schoonebeek gasveld. De waterzuivering is gedimensioneerd voor het indikken van 6.500 m<sup>3</sup> per dag.

Onderstaand worden deze aspecten nader toegelicht.

Opmerkingen bij dit alternatief:

- Doordat voldoende zoet water beschikbaar komt na de waterzuivering, is geen of vrijwel geen water uit het oppervlaktewatersysteem nodig.
- Voor de realisatietermijn zal een periode van minimaal vier jaar nodig zijn, inclusief het verkrijgen van vergunningen, het boren van nieuwe putten, de bouwfase voor de locaties en installaties en het testen en eventueel bijstellen van de waterzuivering.

### 6.1 Waterzuivering

Voor de waterzuivering is een locatie nodig, installaties, leidingen voor de aan- en afvoer van waterstromen en faciliteiten voor onder meer benodigde elektriciteit. NAM heeft een ontwerp gemaakt waarin deze aspecten zijn uitgewerkt, zodat de waterzuivering aansluit op de bestaande componenten van de oliewinning.

#### **Waterzuivering koppelen aan de huidige waterfabriek**

In de huidige situatie wordt effluent vanuit de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) Emmen bij de ultra-puur waterfabriek gezuiverd en geschikt gemaakt voor stoomproductie en wordt het productiewater in de diepe ondergrond gebracht. Het Alternatief Indikken is erop gericht het proces circulair te maken door het productiewater geschikt te maken als bron voor de stoomproductie. Dit vindt plaats door het productiewater te ontdoen van zoutcomponenten en vervolgens bij de ultra-puur waterfabriek aan te bieden om te zuiveren en het zo geschikt te maken voor stoomproductie.

Om het productiewater dat vrijkomt vanuit de OBI geschikt te maken voor de ultra-puur waterfabriek, is een extra voorbehandeling nodig. Daarvoor zal een voorbehandelingsinstallatie (in Engels: Water Treatment Unit (WTU)) geplaatst moeten worden.

#### **Waterzuivering aanpassen op specifieke eigenschappen van productiewater**

De condities waar aan de waterzuivering moet voldoen hebben betrekking op:

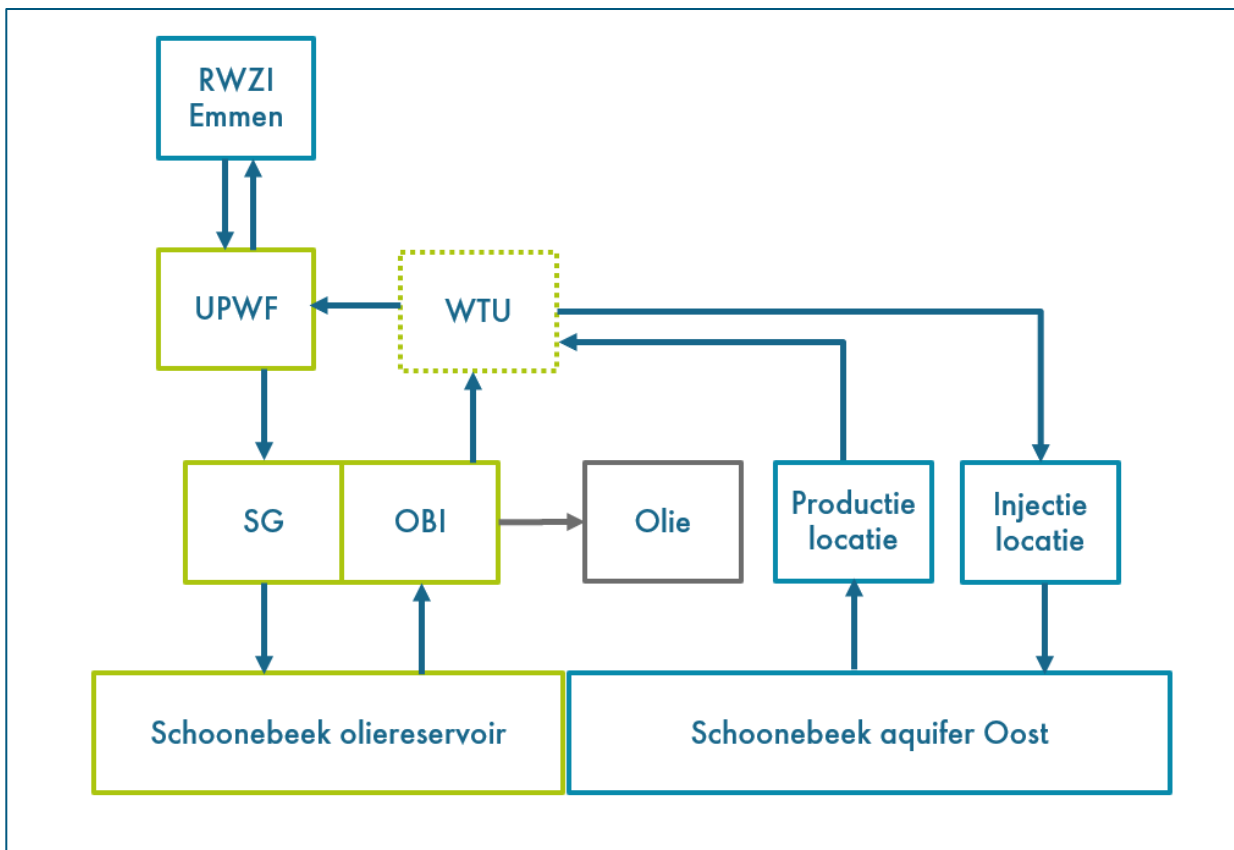
- De hoeveelheid productiewater, die kan variëren op korte termijn (uitschakelen en inschakelen van de oliewinning) of op langere termijn (periode met lagere of hogere productie);

- Aanwezige hoeveelheid zout, die in de loop van de tijd afneemt door aanwezigheid condenswater of tijdelijk weer toeneemt na een periode zonder stoominjectie;
- Aanwezige olieresten;
- Aanwezige mijnbouw hulpstoffen die op basis van inzichten aangepast kan worden;
- Oplevering zoet water, dat kan worden geloosd op oppervlaktewater of hergebruikt voor stoomproductie.

### Onzekerheden functioneren nieuw samengestelde waterzuiveringsconcepten

Bij het onderzoek naar geschikte zuiveringsconcepten is gebleken dat de aard en samenstelling van het te zuiveren productiewater zo specifiek zijn, dat hiervoor wereldwijd weinig vergelijkbare situaties bekend zijn. Als gevolg hiervan zijn voor deze situatie door experts maatwerk oplossingen uitgewerkt. Het betreft combinaties van zuiveringstechnieken die in de markt bewezen zijn, maar die in de specifieke samenstelling nog niet bewezen zijn voor het aangeleverde productiewater.

De hier gepresenteerde opties vormen de best denkbare zuiveringsconcepten bij de huidige kennis. Echter, voordat kan worden overgegaan tot productie moet de juiste werking eerst middels pilots worden aangetoond. Indien de werking onvoldoende is, zullen aanpassingen nodig zijn, met mogelijk extra chemicaliën, extra energie en extra kosten. Bij de hier gepresenteerde zuiveringsconcepten wordt er van uitgegaan dat ze als zodanig daadwerkelijk effectief zijn, wat als een optimistische aanname kan worden gezien.



Figuur 6-1. Alternatief 2a (toelichting afkortingen: RWZI: rioolwaterzuiveringsinstallatie, SG: stoomgeneratie, UPWF: ultra-puur waterfabriek, WTU: voorbehandelingsinstallatie, OBI: olie-behandelingsinstallatie)

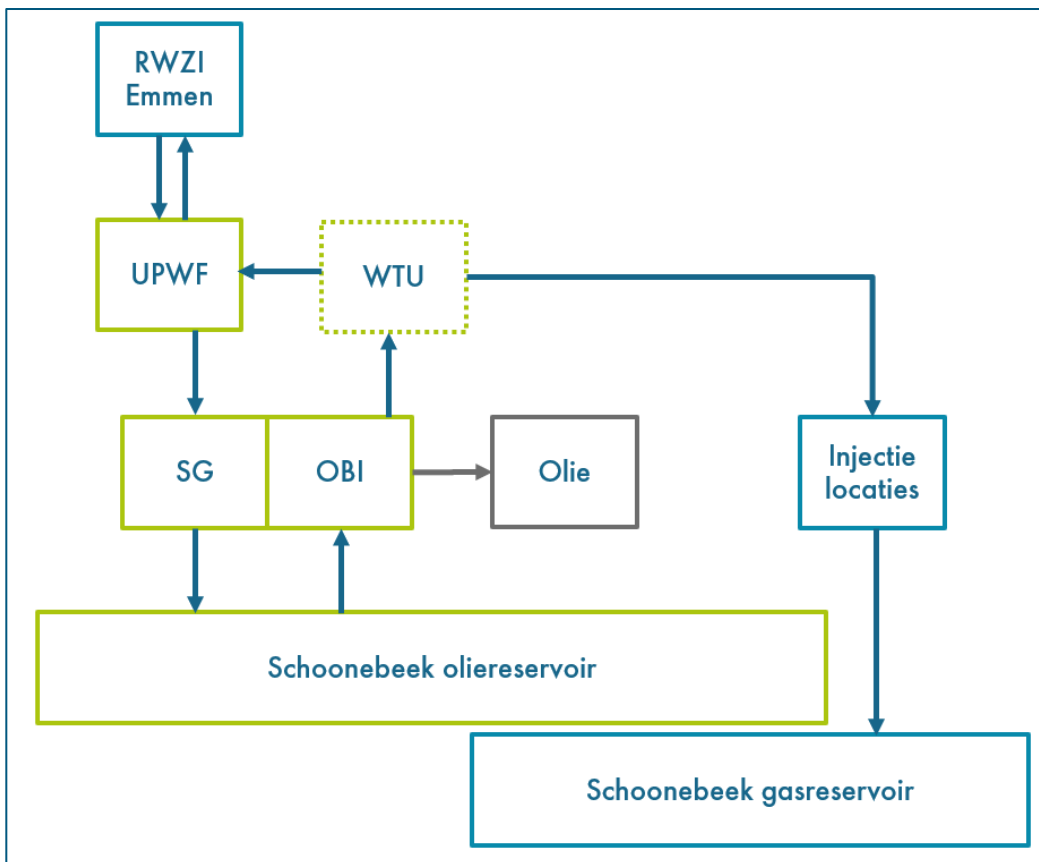
### Configuratie Alternatief 2a – brijninjectie in aquifer van Schoonebeek Oost

In Figuur 6-1 is een procesdiagram gegeven van de behandeling van het productiewater voor Alternatief 2a. De ingedikte zoutwaterstroom wordt geïnjecteerd in het aquifer ten oosten van het Schoonebeek oliereservoir. Om te voorkomen dat de druk in de aquifer stijgt, wordt water ook weer onttrokken aan het aquifer. Dit water bevat zouten uit de formatie en wordt naar de waterzuivering gebracht, om samen met het productiewater ingedikte te worden. De totale waterstroom wordt in de aquifer geïnjecteerd. De aquifer wordt hierdoor effectief gebruikt als opslagvat van het geproduceerde zout uit het olieveld.

Deze variant maakt het mogelijk in combinatie met een waterzuivering te komen tot een alternatief waarbij de waterstromen plaatsvinden binnen het Schoonebeek olieveld, en geen waterinjectie in leeg geproduceerde gasvelden nodig is. Hiervoor zijn nieuwe leidingen en putlocaties nodig in Schoonebeek oost, met nieuwe injectieputten en productieputten om in de aquifer te injecteren en uit de aquifer te produceren.

### Configuratie Alternatief 2b – brijninjectie in Schoonebeek Gasveld

In Figuur 6-2 is een procesdiagram gegeven van de behandeling van het productiewater voor alternatief 2b. Het verschil met alternatief 2a is dat het ingedikte water (brijn) niet wordt geïnjecteerd in de aquifer, maar in het Schoonebeek gasveld. Omdat er voldoende ruimte is in het Schoonebeek gasveld hoeft er geen water onttrokken te worden en zijn er dus minder putten en pijpleidingen nodig. De ontwerpcapaciteit van de WTU is daarom lager dan in Alternatief 2a.



Figuur 6-2. Alternatief 2b (toelichting afkortingen: RWZI: rioolwaterzuiveringsinstallatie, SG: stoomgeneratie, UPWF: ultra-puur waterfabriek, WTU: voorbehandelingsinstallatie, OBI: olie-behandelingsinstallatie)

Het basisprincipe is om in de waterzuivering (WTU) een zoetwaterstroom en een zoutwaterstroom te genereren:

- Van het zoete water wordt stoom gemaakt na verdere opwerking in de UPWF. De UPWF werkt het zoete water verder op tot ketelvoedingswater dat vervolgens kan worden gebruikt voor stoomgeneratie (SG) ten behoeve van de oliewinning.
- Voor het brijn is een concentratiefactor 10 de maximaal haalbare concentratiefactor (tegen verzadiging) die in de ondergrond geïnjecteerd kan worden. Optimalisatie zal uitmaken welke indikfactor het meest energie efficiënt is.

Voor de WTU zijn twee conceptgroepen met varianten onderzocht:

- Conceptgroep 1: Het productiewater wordt geconcentreerd met behulp van membranen. Er is gekozen voor membranen als basistechniek, omdat deze minder energie verbruiken dan thermische technieken. In het scheidingsproces ontstaat zoet water en de geconcentreerde zoutwaterstroom (brijn). Met behulp van membranen kan een concentratiefactor van ongeveer 4 tot 7,5 worden bereikt.
- Conceptgroep 2: Het productiewater wordt verder geconcentreerd tot een concentratiefactor 10, waardoor de volumestroom van de brijn verder afneemt.

### Conceptgroep 1

Om te komen tot een concentratiefactor van ongeveer 4 tot 7,5 bestaat het zuiveringsproces uit een aantal processtappen, waarbij de volgende stoffen worden verwijderd:

- Gedispergeerde oliën;
- Onopgeloste bestanddelen;
- Opgeloste koolwaterstoffen;
- Opgeloste zouten.

De eerste drie processtappen dienen om gedispergeerde olie en onopgeloste bestanddelen te verwijderen. Dit zijn de procesunits: induced gas flotation (IGF), het walnut shell filter (WSF) en de keramische ultrafiltratie (cUF). Om tot hogere concentratiefactoren te komen, wordt er in een aantal varianten een extra concentratiestap toegepast. De volgorde van de stappen wordt bepaald door de benodigde voorbehandeling en de optimalisatie van energie- en chemicaliënverbruik.

### Conceptgroep 2

Om te komen tot een concentratiefactor van 10 zijn er twee concepten nader uitgewerkt. De hogere indikingsgraad wordt bereikt met Mechanical Vapour Recompression (MVR). De volumestroom van het brijn kan hiermee verder afnemen.

### Geselecteerd concept voor de indikking van productiewater

Op basis van een relatief gunstige combinatie van concentratiefactor, energiegebruik en chemicaliëngebruik is de beste variant uit conceptgroep 1 (induced gas flotation (IGF), het walnut shell filter (WSF) en de keramische ultrafiltratie (cUF)) geselecteerd voor dit alternatief.

## 6.2 Benutten schoon zoetwater voor circulair watergebruik

Het productiewater wordt gezuiverd en kan vervolgens als bron dienen om stoom te produceren. Zo hoeft er vrijwel geen water te worden toegevoegd uit het oppervlaktewatersysteem.

### Selectie locatie, installaties, leidingen en faciliteiten

De voorzuivering moet worden gebouwd nabij de andere voorzieningen van oliewinning Schoonebeek. Er is een directe aansluiting nodig op de OBI voor de aanvoer van het productiewater. Er is ook een directe verbinding nodig met de ultra-puur waterfabriek, waar het schone water naar wordt afgevoerd, en tot ultra-puur water voor stoominjectie wordt gezuiverd. Er is een verbinding nodig van de WTU naar een waterinjectielocatie om de brijn te kunnen injecteren. De oliehoudende reststroom wordt teruggevoerd naar de OBI, om van daaruit te worden verwerkt.

### Nieuwe locatie voor de Water Treatment Unit (WTU)

Op de huidige locatie van de OBI is onvoldoende ruimte om een voorzuivering te plaatsen. Er is in de nabijheid een voormalig NAM-terrein dat kan worden gebruikt: het voormalig EVI/ROV terrein.

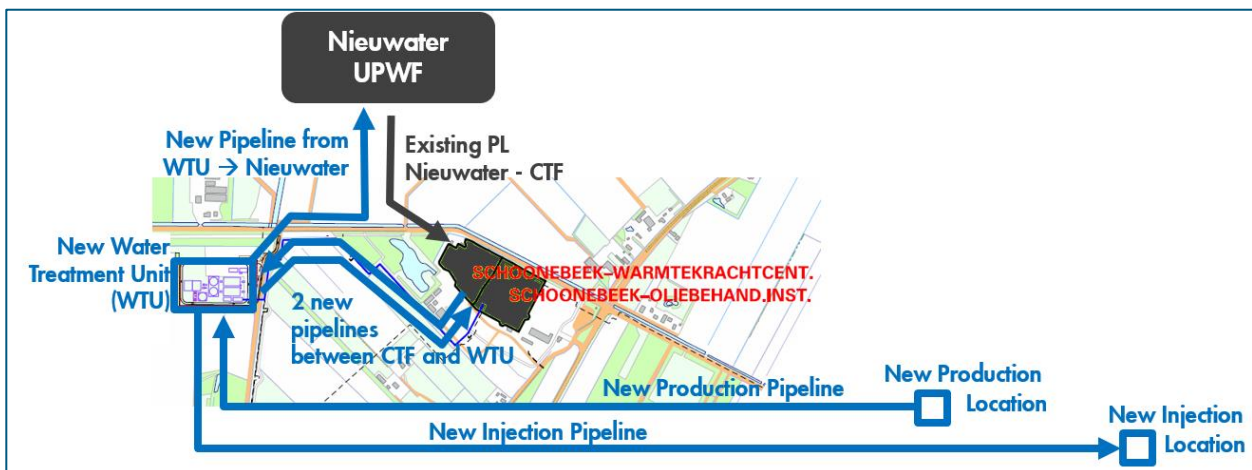
### Alternatief 2a configuratie

In Figuur 6-3 is een schematisch overzicht van de infrastructuur gegeven voor alternatief 2a.

De WTU kent een totaal van 4 stromen:

- de uitgaande waterstroom zoet water vanuit de WTU naar NieuWater van 6.500 m<sup>3</sup>/dag
- de inkomende stroom met productiewater vanuit de OBI van 6.500 m<sup>3</sup>/dag
- de inkomende stroom aquifer water vanuit de productie locatie in het Schoonebeek aquifer
- de uitgaande reststroom richting de injectie locatie in het Schoonebeek aquifer.

Er komt een nieuwe electriciteits kabel vanaf de OBI naar de WTU met een capaciteit van ongeveer 2 tot 3 MW. Op de OBI is voldoende capaciteit beschikbaar voor het additionele vermogen.

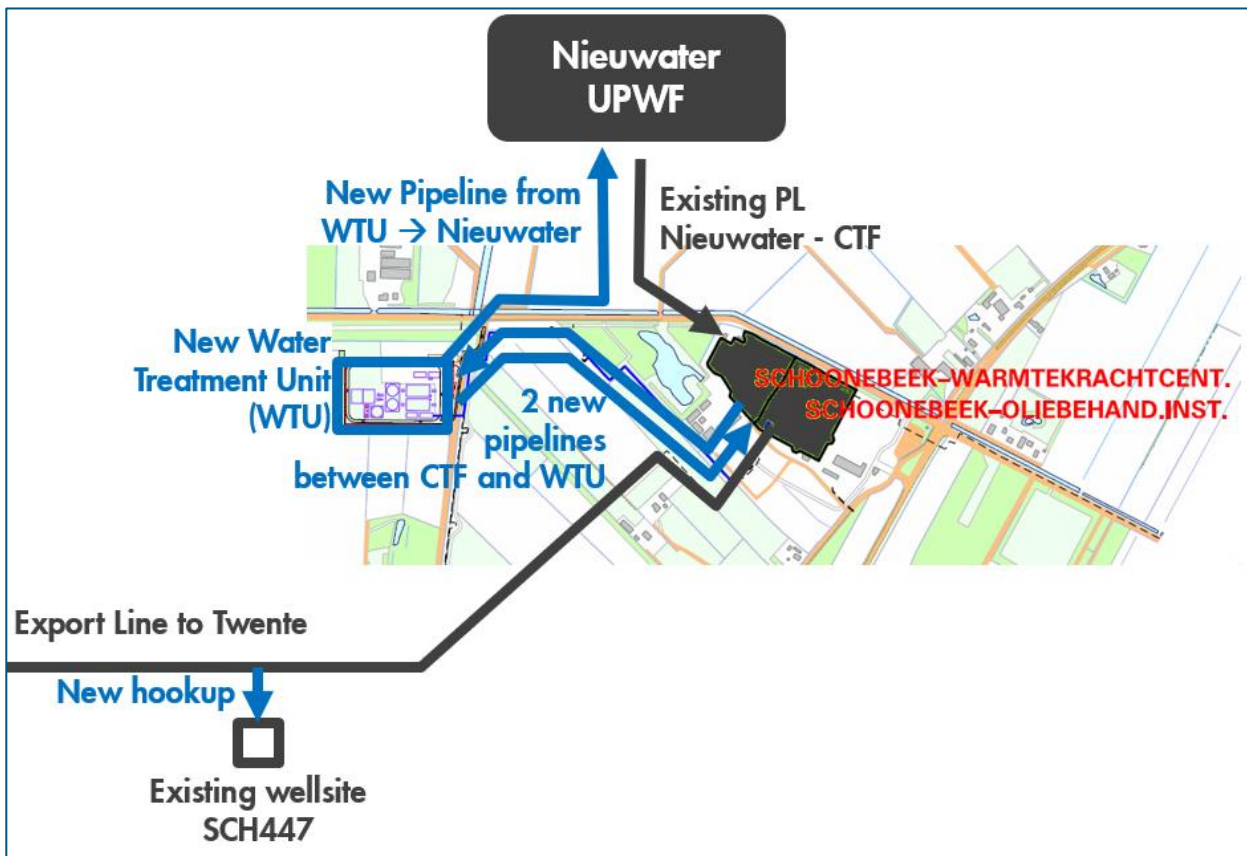


Figuur 6-3. Schematisch overzicht van infrastructuur voor alternatief 2a. (nieuwe delen in blauw, bestaande delen in zwart)



### Alternatief 2b - configuratie

In Figuur 6-4 is een schematisch overzicht van de infrastructuur gegeven voor alternatief 2b. Het verschil met alternatief 2a is dat er minder leidingen nodig zijn. Er kan gebruik gemaakt worden van de bestaande transportleiding naar het gasveld Schoonebeek met een korte nieuwe aansluiting. En er is geen retourleiding nodig omdat er geen water wordt onttrokken, zoals in alternatief 2a.



Figuur 6-4. Schematisch overzicht van infrastructuur voor alternatief 2b. (nieuwe delen in blauw, bestaande delen in zwart)

## 6.3 Verwerking reststroom

### Alternatief 2a

Voor de verwerking van de reststroom zijn verschillende opties voor waterinjectie onderzocht. Daarbij is uitgegaan van een beperkt debiet door de indikking bij de waterzuivering. Bij een concentratiefactor van 4,3 is de indikking van de reststroom voor Alternatief 2a ongeveer 23%. Dat betekent dat gemiddeld 1.970 m<sup>3</sup> ingedikt zout water per dag wordt geïnjecteerd in het Schoonebeek aquifer.

### Alternatief 2b

Omdat er in alternatief 2b geen retourstroom uit het aquifer wordt behandeld is de concentratiefactor in Alternatief 2b ongeveer een factor 5. Dat betekent dat gemiddeld 1.200 m<sup>3</sup> ingedikte zout water per dag wordt geïnjecteerd in het gasveld Schoonebeek.

## 6.4 Afvoer overtollig zoet water

Als er zoet water niet kan worden gebruikt voor de stoomproductie, dan zal het overige deel worden afgevoerd naar een watergang. De precieze ligging van deze afvoerleiding zal bij verdere detaillering worden vastgesteld. Het lozingspunt zal in overleg met het waterschap worden vastgesteld, zodat het ontvangende watersysteem zo min mogelijk verstoord raakt. Vooral nog kan worden aangehouden dat het gezuiverde water richting Stieltjeskanaal afgevoerd kan worden. Om aan de specificaties van oppervlaktelozing te voldoen, is zuivering van stoffen nodig die als voedsel voor bacterien in het oppervlaktewater kunnen dienen. Dit kan het beste met een RWZI type installatie.

### Alternatief 2a

Bij Alternatief 2a wordt 8.600 m<sup>3</sup> water dagelijks verwerkt in de waterzuivering. Dit levert een brijnstroom op van 1.970 m<sup>3</sup> per dag. De schoon water stroom is circa 6.630 m<sup>3</sup> per dag. Dit is meer dan de 5.500 m<sup>3</sup> ultra puur water dat via de RWZI wordt geleverd. Bij alternatief 2a is er netto water toegevoegd aan het watersysteem.

### Alternatief 2b

Bij Alternatief 2b wordt 6.500 m<sup>3</sup> water dagelijks verwerkt in de waterzuivering. Dit levert een brijnstroom op van 1.200 m<sup>3</sup> per dag. De schoon water stroom is circa 5.300 m<sup>3</sup> per dag. Dit is vrijwel gelijk aan de 5.500 m<sup>3</sup> ultra puur water dat via de RWZI wordt geleverd. Alternatief 2b veroorzaakt netto vrijwel geen vermindering van water in het watersysteem.

## 6.5 Overige reststromen

Bij de waterzuivering wordt een CaCO<sub>3</sub>-rijke vaste restfractie gevormd, waarin ook bariumzouten en strontiumzouten neerslaan. Er is aangenomen dat deze neerslag niet herbruikbaar is en dat deze daarom moet worden gestort.

## 6.6 Gebruik van bedrijfsmiddelen en geproduceerde hoeveelheden water en reststoffen

In Tabel 6-1 is een overzicht gegeven van de ontwikkeling in de tijd van het gebruik van chemicaliën en energie en van de geproduceerde hoeveelheden zout en water gedurende de exploitatieperiode van het olieveld.

In dit onderzoek is aangenomen dat van het productiewater ongeveer 25% wordt herinjecteerd en ongeveer 75% wordt teruggewonnen om te worden gebruikt voor stoomproductie. De hoeveelheid teruggewonnen water is na de eerste drie jaar groter dan de geïnjecteerde hoeveelheid stoom. In de berekeningen geldt een vaste verhouding geïnjecteerd water en teruggewonnen water. Door de afnemende zoutconcentratie in productiewater zal het zoutgehalte in het te injecteren water steeds verder afnemen, terwijl ook gebruik van elektriciteit voor omgekeerde osmose en gebruik van chemicaliën in de pelletreactor afneemt.

In dit alternatief worden zowel anti-corrosievloeistof, zwavelwaterstofbinder, biocide en emulsiebreker toegevoegd. De zwavelwaterstofbinder worden op de oliewinputten toegevoegd. De emulsiebreker wordt toegevoegd aan het mengsel van olie en water voordat deze op de OBI worden gescheiden. De anti-corrosievloeistof en biocide worden alleen aan het injectiewater toegevoegd voordat het geïnjecteerd wordt. Omdat in dit alternatief minder water wordt geïnjecteerd zijn ook de gebruikte hoeveelheden biocide en anti-corrosievloeistof kleiner. Voor Alternatief 2b geldt dat de volumes geschaald naar 6.500 m<sup>3</sup>/d vanaf het volume van 8.600 m<sup>3</sup>/d dat voor Alternatief 2a van toepassing is.

Tabel 6-1. Ontwikkeling in de tijd van het gebruik van chemicaliën en energie

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
<b>Mijnbouw hulpstoffen (ton per jaar)</b>																	
• Anti-corrosievloeistof	25	55	56	81	106	122	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
• Biocide	0,2	0,5	0,5	0,5	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
• Emulsiebreker	0,1	0,3	0,3	0,3	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
• Zwavelwaterstofbinder	42	94	96	138	181	207	214	214	214	214	214	214	214	214	214	214	214
• Anti-aanslagmiddel																	
<b>Flotatie</b>																	
• Coagulant consumptie, ton/jaar	5	10	11	15	20	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
<b>Filtratie</b>																	
• Elektriciteit consumptie, GWhe/jaar	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Pelletreactor</b>																	
• NaOH (100%) voor pH aanpassing, ton/jaar	183	368	338	443	531	563	540	508	483	463	449	439	432	427	424	420	417
• HCl voor pH aanpassing, ton/jaar	3	6	6	8	11	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
<b>Ultrafiltratie (SiC)</b>																	

## Projectgerelateerd



• NaOH (100%), ton/jaar	9	19	20	28	37	43	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
• Citroenzuur (3%), ton/jaar	8	19	19	27	36	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
• Elektriciteit consumptie, GWhe/jaar	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
<b>RO membranen</b>																	
• NaOH (100%), ton/jaar	4	9	9	13	18	20	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
• Citroenzuur (3%), ton/jaar	4	9	9	13	17	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
• Elektriciteit consumptie, GWhe/jaar	1,5	3,1	2,8	3,7	4,5	4,8	4,7	4,4	4,2	4,1	4,0	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,7
<b>Waterinjectie</b>																	
• Elektriciteit consumptie, GWhe/jaar	0,5	1,1	1,1	1,6	2,1	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
<b>Jaarproductie</b>																	
• Teruggewonnen water, 1.000 m <sup>3</sup> /jaar	347	775	787	1.135	1.486	1.706	1.756	1.757	1.757	1.757	1.757	1.757	1.757	1.757	1.757	1.757	1.757
• Geïnjecteerd water, 1.000 m <sup>3</sup> /jaar	110	245	249	358	469	539	555	555	555	555	555	555	555	555	555	555	555
• Reststoffen (90% d.s.), ton/jaar	562	1.096	1.000	1.296	1.539	1.618	1.543	1.444	1.366	1.307	1.263	1.231	1.209	1.194	1.184	1.174	1.16

## 7 Alternatief 3: Waterinjectie in Schoonebeek gasveld

In dit alternatief wordt het productiewater in het Schoonebeek gasveld geïnjecteerd. Dit alternatief gaat er van uit dat bij de winputten ter bescherming van de leidingen H<sub>2</sub>S-binder aan het oliewatermengsel wordt toegevoegd.

Opmerkingen bij dit alternatief:

- Voor de productie van stoom is via de waterfabriek bij de RWZI Emmen water uit het oppervlaktewatersysteem nodig.
- Voor de realisatietermijn zal een periode van minimaal één jaar nodig zijn, inclusief het verkrijgen van vergunningen, het boren van nieuwe putten en de aanpassing van de leidingen en de locaties.

### Selectie van injectielocaties nabij Schoonebeek

Voor waterinjectie zijn naar verwachting vier putten nodig. Rekening houdend met perioden van onderhoud en niet beschikbaar zijn van putten, zullen er in totaal zes putten beschikbaar moeten zijn. In dit alternatief is ervan uitgegaan dat er op twee bestaande locaties steeds twee nieuwe putten worden aangelegd.

### Onderdelen Alternatief 3: Waterinjectie nabij Schoonebeek

Het alternatief bestaat uit de volgende onderdelen:

- Afvoer water vanaf de OBI naar injectielocaties
- Injectie in het Schoonebeek gasveld

## 7.1 Reductie mijnbouwhulpstoffen in het productiewater

De toevoeging van biocide aan het productiewater wordt geminimaliseerd. Voor de afvoer van productiewater zijn aansluitingen op de leiding nodig, gemaakt van GRE<sup>13</sup>. De skids en flowlines worden dan gemaakt van duplex in plaats van koolstofstaal. Deze minimale biocide wordt toegevoegd om duplex materialen (skids en flowlines) te beschermen. Door minimaal gebruik van biocide zullen er reparaties nodig zijn tijdens de levensduur van deze installatieonderdelen.

Tabel 7-1. Overzicht mijnbouwhulpstoffen. Daarbij is de gemiddelde gemeten waarde uit 2020 opgegeven

Mijnbouwhulpstoffen	Eenheid	
Anti-corrosievloeistof	mg/l	53
Biocide	mg/l	2,2
Emulsiebreker	mg/l	1,1
H <sub>2</sub> S-binder	mg/l	90

Benodigde aanpassingen:

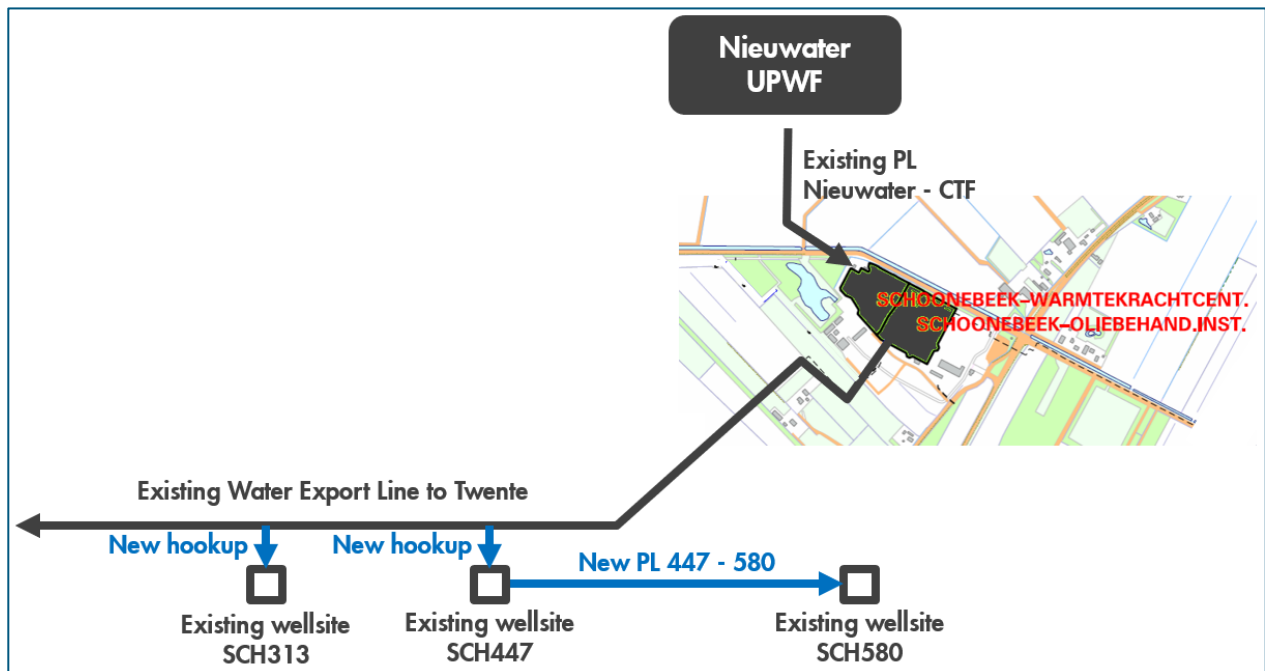
- Aanleg Schoonebeek gasveld: 4 nieuwe putten, aansluitingen (korte stukken GRE-pijpleiding), waterinjectie skids en duplex flowleidingen.
- Eénmalig vervangen van koolstofstaal door duplex materiaal van de waterinjectieskids, die anders langzaam zouden corroderen als er weinig biocide wordt gebruikt. Door minimaal gebruik van biocide en door GRE lining te kiezen voor de nieuwe injectieputten zullen er reparaties nodig zijn gedurende de levensloop van deze installatieonderdelen.

<sup>13</sup> Duplex staal (heeft het koolstofstaal vervangen) wordt nog alleen toegepast op de injectieskids en flowleidingen naar de putten. De pijpleidingen worden van corrosieresistent materiaal gemaakt (GRE).



## 7.2 Afvoer productiewater naar injectielocaties

Voor waterinjectie wordt uitgegaan van een maatgevend debiet van 6.500 m<sup>3</sup> per dag. Dit wordt naar het Schoonebeek gasveld afgevoerd. Er worden nieuwe stukken pijpleiding aangelegd die aansluiten op de bestaande pijpleiding naar Twente naar mogelijk drie bestaande NAM-locaties: SCH-313, SCH-447 en eventueel SCH-580 (zie Figuur 7-1). Welke locaties uiteindelijk gebruikt gaan worden zal o.a. afhankelijk zijn van het vergunningetraject. Als SCH-580 gebruikt moet worden, zal er een langer stuk leiding worden aangelegd, omdat de twee bestaande pijpleidingen niet geschikt zijn (te lage druk en te kleine diameter). De nieuw aan te leggen GRE-pijpleidingen volgen zoveel mogelijk bestaande leidingtracés. De ligging wordt getoetst aan de aanwezigheid van kwetsbare gebieden (natuur en drinkwater) en daar waar nodig voorzien van beschermende maatregelen. Monitoring van de leidingen vindt plaats zoals dat ook wordt gedaan in de huidige leidingen, met pigging en visuele inspectie. Daarnaast is er een instrumentele pijpleiding lekdetectiesysteem dat doormiddel van druk en flowmetingen op de OBI en de injectielocaties lekken kan detecteren. Een leidingbreuk wordt hiermee snel herkend.



Figuur 7-1. Overzicht mogelijke injectielocaties en putten. In blauw zijn nieuw aan te leggen pijpleidingen aangegeven, in zwart de bestaande watertransportleiding.

## 7.3 Waterinjectie

De putlocaties in het Schoonebeek gasveld zullen aangepast moeten worden en er worden nieuwe waterinjectieputten geboord. Na goedkeuring van de putintegriteit door SodM kunnen putten voor waterinjectie benut worden. Op iedere put wordt een waterinjectieskid geplaatst dat het productiewater kan injecteren.

Voor waterinjectie is uitgegaan van een specifiek energiegebruik van de waterinjectieskids van 4,5 kWh<sub>e</sub>/m<sup>3</sup> geïnjecteerd water.

## 8 Toetsing alternatieven met CE-methodiek

Bij de toetsing is uitgegaan van de CE-afwegingsmethodiek, waarmee de gevolgen van het gebruik van ondergrond in relatie tot verwerking op maaiveld inzichtelijk zijn gemaakt. Paragraaf 8.1 beschrijft de CE-methodiek. Paragraaf 8.2 toetst de alternatieven aan de randvoorwaarden voor waterinjectie. In de volgende hoofdstukken zijn de alternatieven getoetst op milieuaspecten, risico's en kosten.

### 8.1 Toetsingsmethodiek: CE-afwegingsmethodiek

Voor het vergelijken van de alternatieven voor de verwerking van productiewater wordt de zogenaamde CE-afwegingsmethodiek toegepast. De CE-afwegingsmethodiek zet de verschillende aspecten voor het maken van een keuze naast elkaar, zoals belasting van het milieu, risico's en kosten. De methodiek leidt niet tot een specifiek voorkeursalternatief, maar zorgt ervoor dat de gevolgen van keuzes inzichtelijk worden gemaakt. In dat opzicht zijn er parallellen te vinden met de m.e.r.-systematiek. In deze paragraaf is de afwegingsmethodiek toegelicht, inclusief de aanpassingen die vanuit voortschrijdend inzicht zijn gemaakt.

#### Totstandkoming van CE-afwegingsmethodiek in 2004

De CE-afwegingsmethodiek is in 2004 door CE Delft opgesteld. Aanleiding was de constatering dat de bestaande wetgeving met betrekking tot het verwerken van waterstromen bij olie- en gaswinning niet in detail was uitgewerkt. Vooral de vraag wanneer injectie in de diepe ondergrond is toegestaan en wanneer bovengrondse verwerking de voorkeur heeft, werd in de toenmalige wetgeving niet afdoende onderbouwd. Dit zorgde voor verschillende interpretaties, discussies en juridische procedures.

In 2004 gaf het Landelijk Afvalbeheer Plan (LAP) aan dat het mogelijk is om een vergunning te verlenen voor waterinjectie, als door onderzoek kan worden aangetoond dat het milieu hygiënisch gezien de voorkeur verdient of dat de kosten van alternatieven niet in verhouding staan tot de milieu hygiënische voordelen.

In een milieueffectrapport (MER) komen alleen de milieueffecten in de biosfeer aan bod. Aangezien waterinjectie vrijwel geen effect heeft op de biosfeer doordat het water in de diepe ondergrond terecht komt, scoort waterinjectie in een regulier MER altijd beter dan alternatieven waarbij het productiewater in de biosfeer wordt verwerkt. Om te komen tot een meer gebalanceerde afweging, heeft CE Delft samen met de bevoegde gezagen en experts uit het werkveld, een breder afwegingskader ontwikkeld (Met water de diepte in, CE Delft, 2004). Om de gevolgen van waterinjectie op de ondergrond mee te nemen in de afweging, zijn in het bredere afwegingskader naast milieu en kosten ook de risico's voor de korte termijn (tijdens de uitvoering) en lange termijn meegenomen (mogelijke gevolgen voor volgende generaties). De methodiek waarmee dit afwegingskader wordt toegepast, is vervolgens bekend geworden onder de naam CE-afwegingsmethodiek.

#### Toelichting CE-afwegingsmethodiek

De methodiek bestaat uit drie stappen (zie Figuur 8-1):

- CE-afwegingskader: toetsing randvoorwaarden waterinjectie (zie Hoofdstuk 8.2). Voor waterinjectie zijn er randvoorwaarden aan de waterstroom en de te gebruiken reservoirs. Vragen die worden onderzocht zijn:
  - Om welke waterstromen gaat het (betreft het alleen water uit de diepe ondergrond of vindt er menging plaats met andere waterstromen van de productielocatie?)
  - Is het reservoir geschikt en eventueel al bestemd voor alternatief gebruik?
  - Is het opgeslagen water terugneembaar?
  - Vindt de opslag plaats in een vergelijkbare formatie als de herkomst?

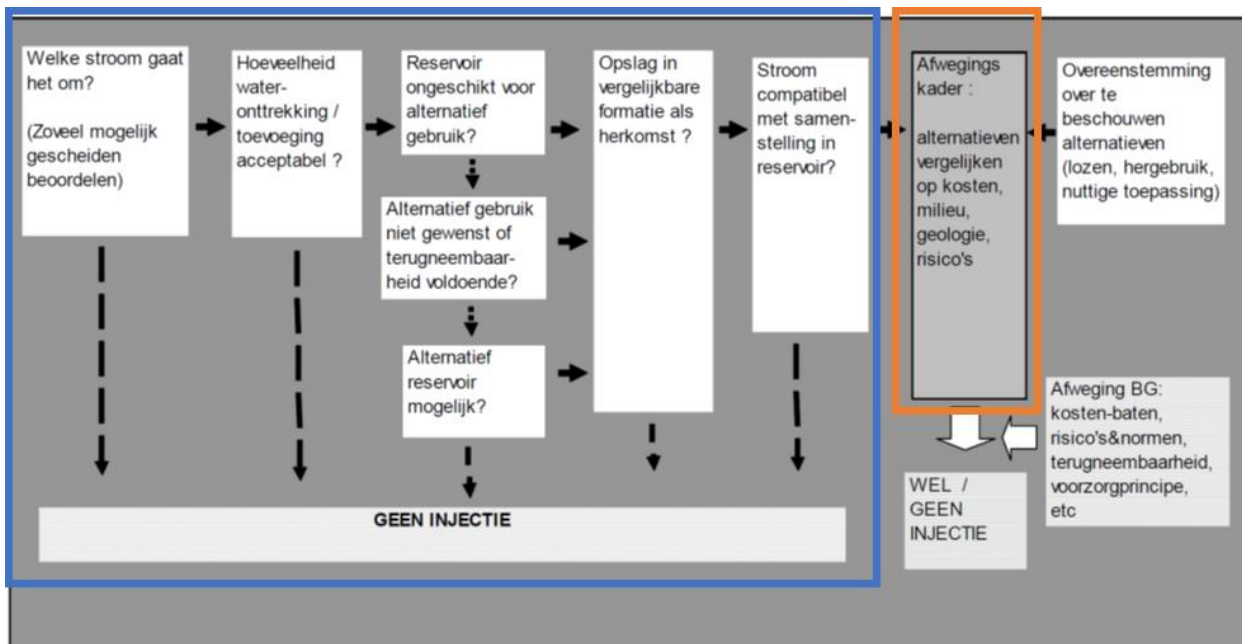
- Is de samenstelling van de te injecteren stroom compatibel met de samenstelling in het reservoir?

Als aan de voorwaarden wordt voldaan, kan een waterstroom en reservoir in aanmerking komen om onderdeel uit te maken van de zogenaamde doelmatigheidstoets.

- CE-afwegingskader: uitvoering doelmatigheidstoets. Voor alle alternatieven wordt de milieueffecten, risico's en kosten in beeld gebracht.
  - Milieueffecten (zie Hoofdstuk 9): hierbij wordt gebruik gemaakt van de Levens Cyclus Analyse (LCA, zie Bijlage 1). In dit onderzoek op hoofdlijnen wordt een beperkte vorm gehanteerd, waarbij de nadruk ligt op de benodigde energie, het gebruik van chemicaliën en de hoeveelheid te verwerken restproduct.
  - Risico op korte en lange termijn (zie Hoofdstuk 10)
  - Kosten (zie Hoofdstuk 11).

De doelmatigheidstoets geeft een beeld van de gevolgen van ieder alternatief en kunnen onderling worden vergeleken.

- Vergelijking resultaten uit de toets (zie Hoofdstuk 12). De bevindingen van de doelmatigheidstoets zijn naast elkaar gezet en vergeleken. Er vindt geen classificatie van een totale score plaats, maar wel een vergelijk van de afzonderlijke scores. De methode doet geen uitspraak over voorkeuren voor alternatieven. Het is aan de initiatiefnemer en het bevoegd gezag om de keuzes te maken.



Figuur 8-1. Stappenschema van het CE-afwegingsmethodiek (met de blauwe lijn zijn de stappen van de randvoorwaarden-toets aangegeven en met de oranje lijn de stappen van de doelmatigheidstoets).

### Toepassing CE-afwegingsmethodiek

Nieuwe technische mogelijkheden, die sinds de ontwikkeling van de CE-afwegingsmethodiek in 2004 zijn ontwikkeld, kunnen worden ingepast in de CE-afwegingsmethodiek. Ook verandering in kosten of risico's kunnen in de afweging worden meegenomen.

Een belangrijk verschil ten opzichte van 2004 is het verzoek om de publieke acceptatie te koppelen aan de CE-afwegingsmethodiek. Iedere benutting van de ondergrond brengt een bepaalde mate van onzekerheid met zich mee. Voor de benutting van de ondergrond blijft er een onzekerheid, doordat de

ondergrond niet zo zichtbaar is als de bovengrond. Veranderingen kunnen mogelijk pas later worden gesignaleerd en het is sowieso erg lastig om voor de langere termijn met zekerheid uitspraken te doen. In de CE-afwegingsmethodiek worden mogelijke risico's meegenomen en zo goed mogelijk beantwoord.

## 8.2 Toetsing randvoorwaarden waterinjectie

De eerste stap van de CE-afwegingsmethodiek kijkt alleen naar de alternatieven met waterinjectie. Dat zijn Alternatief 2a (Indikken van de waterstroom met brijninjectie in het aquifer), Alternatief 2b (Indikken van de waterstroom met brijninjectie in het gasveld Schoonebeek) en Alternatief 3 (Waterinjectie in Schoonebeek gasveld). Bij de eerste stap van de CE-afwegingsmethodiek wordt nagegaan of de waterstroom in aanmerking komt voor opslag in ondergrondse reservoirs (toets waterstroom). Daarna wordt bepaald in hoeverre beschikbare reservoirs in aanmerking komen voor waterinjectie. Tot slot wordt nagegaan of de samenstelling van het te injecteren water geschikt is voor de opslag in een specifiek reservoir (aangeduid als compatibiliteit of bodemeigenheid).

### Toetsing randvoorwaarden

De geselecteerde waterinjectiereservoirs en putten beperken het risico van aardbevingen en zoutoplossing. Deze reservoirs zijn getoetst aan de randvoorwaarden voor de CE-afwegingsmethodiek:

- Toets van de waterstroom
- Hoeveelheid water
- Reservoir afweging (ander gebruik, terugneembaarheid, alternatief gebruik)
- Opslag in vergelijkbare formaties als herkomst
- Waterstroom compatibel met samenstelling reservoirs.

### Toets van de waterstroom, welke waterstromen injecteren?

Bij deze toets is beoordeeld welke waterstromen samen in het te injecteren water terecht zijn gekomen. Dat heeft te maken met het toevoegen van waterstromen die naast het productiewater zijn ontstaan bij de oliewinning. De toets gaat na in hoeverre het nodig en wenselijk is aanvullende waterstromen te laten meeliften met het productiewater. Bij voorkeur wordt alleen van productiewater uitgegaan, tenzij het toevoegen van andere waterstromen aantoonbaar wenselijk is.

Bij de Alternatieven 2 en 3 vindt alleen injectie plaats van productiewater, waarin zich formatiewater en condensaatwater bevindt, met in meerdere of mindere mate mijnbouwhulpstoffen toegevoegd. Er worden bij geen van de alternatieven andere waterstromen aan het te injecteren water toegevoegd. Er is daarom geen afweging nodig ten aanzien van andere waterstromen.

### Hoeveelheid water

Bij waterinjectie kan er water uit het oppervlaktewatersysteem worden onttrokken, indien netto meer water wordt geïnjecteerd dan wordt onttrokken. Bij de oliewinning Schoonebeek is dit het geval, doordat naast het onttrekken en injecteren van formatiewater, ook injectie van stoom plaatsvindt. Uitgaand van gemiddeld 6.500 m<sup>3</sup> stoominjectie per dag, en een vergelijkbaar volume onttrokken productiewater en vervolgens injectiewater, zal er per dag netto 6.500 m<sup>3</sup> water uit het watersysteem worden onttrokken. Bij waterinjectie van een ingedikte waterstroom zal dit minder zijn, ongeveer 1.500 m<sup>3</sup> per dag.

In natte perioden zal er water afgevoerd moeten worden uit het oppervlaktewatersysteem en heeft de afvoer naar de oliewinning Schoonebeek daarmee een gunstig effect op het beheer van het watersysteem. In droge tijden leidt de afvoer naar Schoonebeek er echter toe dat meer water moet worden ingelaten. Dit aspect is nader uitgewerkt in het 'Onderzoek oliewinning Drenthe'. De capaciteit van de RWZI Emmen, waar het water uit het oppervlaktewatersysteem wordt gehaald, ligt gemiddeld voor

droog weer op 36.000 m<sup>3</sup> per dag en tijdens regenperioden op 144.000 m<sup>3</sup> per dag. Onttrekking van water uit het oppervlaktewatersysteem in droge tijden wordt door het waterschap gezien als ongewenst, zodat hiervoor bekeken moet worden of aanvullende maatregelen mogelijk zijn.

### **Toetsing benutting reservoirs**

#### *Alternatief gebruik voor reservoir (strategische reservering andere toepassingen)*

De geselecteerde reservoirs zijn ook geschikt voor andere benuttingsmogelijkheden. Daarbij wordt gedacht aan de buffering van aardgas of de opslag van CO<sub>2</sub>. In de Structuurvisie Ondergrond van de provincie Drenthe (Provincie Drenthe, 2013), worden de reservoirs Schoonebeek Gas, Coevorden en Oosterhesselen genoemd als strategisch gereserveerd voor CO<sub>2</sub>-opslag. Binnen de provincie Drenthe zijn nog meer reservoirs strategisch gereserveerd, zodat gebruik van de reservoirs voor waterinjectie niet wordt uitgesloten.

#### *Terugneembaarheid*

Het productiewater wordt volgens Alternatief 2 en 3 geïnjecteerd in een leeg geproduceerd gasreservoir. In het gasreservoir is de druk als gevolg van eerdere gasproductie lager dan in de omringende formaties op deze diepte. Daardoor zal het water in het reservoir aanwezig blijven. In dat geval zal het terug te winnen geïnjecteerde water gemengd zijn met het nu nog aanwezige formatiewater in het reservoir.

De Commissie voor de m.e.r. heeft bij beoordeling van de MER Herontwikkeling Schoonebeek in 2006 al opmerkingen gemaakt ten aanzien van het aspect terugneembaarheid. Dit is vooral van belang bij opslag van gevaarlijk afval (radioactieve stoffen). Voor injectiewater met min of meer gelijksoortige samenstelling als het aanwezige formatiewater, geldt dat terugneembaarheid vooral van belang is om de druk in het reservoir te verlagen. Het terugwinnen van water uit het reservoir nadat waterinjectie heeft plaatsgevonden, is god mogelijk.

#### *Alternatief reservoir bruikbaar*

Er zijn alternatieve reservoirs beschikbaar. Er heeft een afweging plaatsgevonden tussen de reservoirs, waarbij de bij Alternatief 2 en 3 genoemde aquifer van het olieveld en Schoonebeek gasveld als voorkeur naar voren is gekomen.

### **Toetsing type opslagformaties**

Het productiewater is afkomstig uit Bentheim zandsteen en wordt geïnjecteerd in de aquifer van het Olieveld of in de Zechstein kalksteenformaties. Deze formaties zijn in het MER 2006 getoetst. De vergelijkbaarheid van formaties heeft er mee te maken dat voorkomen moet worden dat er ongewenste chemische reacties gaan ontstaan in het reservoir, waardoor de sterkte en integriteit van het gesteente kan worden aangetast. Hierbij wordt als criterium aangehouden dat formaties vergelijkbaar zijn, niet dat het om dezelfde formatie dient te gaan.

De formatie waar het water wordt geïnjecteerd blijkt uit een andere geologische tijd. Het formatiewater is afkomstig uit een zandsteenformatie en wordt geïnjecteerd in een kalksteenformatie (hoofdzakelijk bestaande uit dolomiet).

De formaties komen overeen in die zin dat ze beide poreus zijn met een relatief hoge doorlatendheid en met water, deels olie en gas gevuld zijn geweest. De formaties worden afgesloten door een ondoorlatende laag, getuige het feit dat olie / gas al miljoenen jaren opgeslagen is.

### **Toetsing compatibiliteit water en reservoirs**

In de leeg geproduceerde gasvelden bevindt zich nog oorspronkelijk formatiewater. Dit water bevat veel zouten en andere stoffen, min of meer vergelijkbaar met het water in de oliereservoirs. Dit is in ieder geval geen schoon water dat als drinkwater bruikbaar zou kunnen zijn.

De samenstelling van het te injecteren water verschilt per alternatief, afhankelijk van de waterzuivering. Bij Alternatief 2a en 2b vindt brijninjectie plaats, met veel hogere concentraties zouten in het te injecteren water ten opzichte van Alternatief 3.

Het te injecteren water bestaat uit productiewater afkomstig uit het reservoir, zonder aanvullend toegevoegde waterstromen. Dit productiewater bestaat als gevolg hiervan uit formatiewater verdund door gecondenseerde stoom, met daarnaast:

- Reservoirstoffen (uit het oliereservoir)
- Toegevoegde mijnbouwhulpstoffen.

De toets op compatibiliteit van het te injecteren water met het al aanwezige water in het reservoir, laat variatie zien in de samenstelling van het te injecteren water en onzekerheid bij de waterkwaliteit van het water in het reservoir. Als gevolg hiervan zal het te injecteren water enigszins afwijken van het al aanwezige formatiewater in het injectiereservoir. In het injectiereservoir komen naar verwachting dezelfde stoffen voor, maar in hogere of lagere concentraties (op de mijnbouwhulpstoffen na).

De Zechsteinformaties bestaan uit kalkgesteente. De sterkte en structuur van deze gesteenteformaties zullen gezien de samenstelling van het te injecteren water, niet door waterinjectie worden aangetast. Daarmee is er ten aanzien van compatibiliteit waterinjectie mogelijk.

### **Resultaat toetsing randvoorwaarden**

De voorgestelde reservoirs en de waterstroom voor Alternatief 2a, 2b en 3 voldoen aan de randvoorwaarden uit de CE-afwegingsmethodiek, onder de volgende voorwaarden:

- De waterstroom bestaat uitsluitend uit productiewater, met toevoegingen bedoeld voor bescherming van de materialen.
- Reservoirs kunnen voor alternatief gebruik worden ingezet, zoals gasopslag of CO<sub>2</sub>-opslag. In de omgeving zijn echter veel meer reservoirs beschikbaar waar eveneens gasopslag of CO<sub>2</sub>-opslag mogelijk is, zodat de benutting van deze reservoirs tot slechts geringe beperkingen in de toekomst zal leiden.
- De reservoirs hebben vergelijkbare eigenschappen met het oliereservoir in de zin van aanwezigheid van water en koolwaterstoffen (zoals gas en olie), ten aanzien van de ondoorlatendheid van de afdekkende laag en de poriën waardoor voldoende doorlatendheid in het reservoir beschikbaar is.
- De reservoirs en putten zijn zodanig gekozen dat risico van aantasting van het gesteente, oplossing van zoutlagen of het induceren van aardbevingen niet waarschijnlijk is.



## 9 Milieuaspecten – Levenscyclusanalyse

De CE-methodiek is gericht op toepassing van een levenscyclusanalyse (LCA), waarmee de gevolgen van milieuaspecten gekwantificeerd worden en daarmee onderling te vergelijken zijn. Hierin wordt berekend wat de impact is van verschillende alternatieven op aspecten zoals broeikaseffecten, toxicologische effecten, bijdrage aan vermisting en verzuring, energieverbruik en waterverbruik. De LCA is uitgevoerd voor de drie eerder benoemde alternatieven en opgenomen in Bijlage 1. In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste bevindingen opgenomen.

In deze studie is naast een LCA-toetsing gekeken naar de meest onderscheidende milieuaspecten, om een eerste zicht te krijgen op de drie belangrijkste milieufactoren die een rol spelen bij de afweging. In dit hoofdstuk worden eerst deze drie milieufactoren (energieverbruik, gebruik chemicaliën en reststoffen) beschreven en daarna de bevindingen van de LCA.

Vergelijking van alternatieven op basis van deze drie factoren geeft een indicatie van de verhouding in milieubelasting van de verschillende alternatieven. De classificatie in scores van 0, - en - - zijn relatief om onderscheid tussen de verschillende alternatieven zichtbaar te maken. Bij twee minnen is het van belang mitigerende maatregelen toe te passen. Indien er bij een score van twee minnen een goede mogelijkheid voor mitigatie is, wordt dit daarbij aangeduid als “- - (-)”.

### 9.1 Milieufactoren op hoofdlijnen

#### 9.1.1 Energieverbruik

Het benodigde energieverbruik per alternatief geeft een belangrijke bijdrage aan de milieubelasting. De energie wordt nog deels (elektriciteit) of vrijwel uitsluitend (stoom) opgewekt op basis van fossiele energie en dat is een milieubelastende activiteit, onder meer door de emissies van CO<sub>2</sub>. Het energieverbruik is uitgedrukt in TJ/jaar (TJ staat voor Terajoule, 10<sup>12</sup> Joule) aan primaire energie. Bij de bepaling van het primaire energieverbruik is elektriciteit met een factor 2,4 is vermenigvuldigd en stoomgebruik met een factor 1,1 volgens de rendementen voor opwekking met de referentie technologieën. De factoren zijn overgenomen uit het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie (RVO, 2015)<sup>14</sup>.

#### **Verwacht energiegebruik bij beschouwde alternatieven**

Er is vooral veel energie nodig bij een waterzuivering waarbij via indamping alle stoffen uit het water worden verwijderd. In mindere mate is er energie nodig bij waterzuivering voorafgaand aan het lozen en het injecteren van water. Bij het indikken van het productiewater met membraantechnologie is eveneens in beperkte mate energie nodig.

De scores van Alternatief 2a en 2b zijn gerelateerd, waarbij Alternatief 2a betrekking heeft op de verwerking van dagelijks 8.600 m<sup>3</sup> in de waterzuivering en 1.970 m<sup>3</sup> injectie van brijn, en Alternatief 2b op dagelijks 6.500 m<sup>3</sup> in de waterzuivering en 1.200 m<sup>3</sup> injectie van brijn.

Bij transport en opslag in Alternatief 3 wordt het energieverbruik bepaald door de benodigde injectiedruk in de putten (hierbij is uitgegaan van ongeveer 8 Wh<sub>e</sub>/m<sup>3</sup> aan pompvermogen). De huidige inschatting van

<sup>14</sup> De referentie technologieën zijn stoomproductie met een aardgasgestookte stoomboiler elektriciteitsproductie door grootschalige energiecentrales, zoals dat in 2013-2015 operationeel was. De factoren vertegenwoordigen de hoeveelheid fossiele energie die nodig is om 1 eenheid elektriciteit of stoom te produceren. De factoren veranderen met toenemende verduurzaming van de productie van elektriciteit en stoom. Ter vergelijking door het in de afgelopen jaren toegenomen aandeel hernieuwbare energie in elektriciteitsproductie zou de vermenigvuldigingsfactor voor elektriciteit anno 2019 1,7 zijn (PBL, 2021).

de druk voor watertransport en -injectie bedraagt 70 bar. Vooral nog vindt waterinjectie plaats met relatief weinig energie. Dit geeft minder milieubelasting dan bijvoorbeeld lozen van gezuiverd productiewater. In Tabel 9-1 zijn de bevindingen opgenomen per alternatief. Hierbij is onderscheid gemaakt naar het energieverbruik bij de waterzuivering, het transport en de verwerking via opslag, lozing of waterinjectie. In Tabel 9-1 is in de onderste rij met een relatieve score een classificatie aangebracht. De benodigde hoeveelheid energie laat zich in twee groepen verdelen, zoals in de classificatie is weergegeven.

Tabel 9-1. Overzicht energieverbruik per alternatief

Energieverbruik (TJ/jaar)	Alternatief 1: Volledig zuiveren tot zoet water en vast zout.	Alternatief 2a: Indikken van de waterstroom, brijninjectie in aquifer	Alternatief 2b: Indikken van de waterstroom, brijninjectie in Schoonebeek gasveld	Alternatief 3: Waterinjectie in Schoonebeek gasveld
Zuivering	749	52	39	0
Transport	0	0	0	0
Opslag / injectie / lozing	0	16	10	41
<b>Totaal</b>	<b>749</b>	<b>68</b>	<b>49</b>	<b>41</b>
<b>Relatieve score</b>	<b>--</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

### 9.1.2 Hoeveelheid reststoffen

De hoeveelheid reststoffen en het type reststoffen is bepalend voor de mogelijkheid van hergebruik of de noodzaak te storten. Een deel van de reststoffen wordt opgeslagen in de reservoirs. Voor de verwerking van reststoffen, die niet worden geloosd of geïnjecteerd, wordt in het verlengde van de Ladder van Lansink bepaald, dat na preventie de voorkeur ligt bij hergebruik. Als laatste en minst wenselijke optie geldt het verbranden of storten van afval. Als negatief effect voor de omgeving en het milieu geldt daarom vooral de hoeveelheid te storten reststoffen.

In de tabel is met een relatieve score een classificatie aangebracht. Daar waar de reststoffen of de verwerking van reststoffen binnen de reguliere bedrijfsvoering mogelijk is, wordt een score van 0 aangehouden. Dit is het geval bij waterinjectie van Alternatief 3. Bij Alternatief 2 moeten reststoffen gestort worden, waardoor een score van – geldt. Bij het storten van vast zout zullen specifieke maatregelen nodig zijn, waarvoor de score - - is gegeven.

Tabel 9-2: Overzicht reststoffen per alternatief

Reststoffen Ton per jaar	Alternatief 1: Volledig zuiveren tot zoet water en vast zout.	Alternatief 2a: Indikken van de waterstroom, brijninjectie in aquifer	Alternatief 2b: Indikken van de waterstroom, brijninjectie in Schoonebeek gasveld	Alternatief 3: Waterinjectie in Schoonebeek gasveld
Lozing	865	0	0	0
Injectie	0	35.346	26.715	28.078
Hergebruik	73	0	0	0
Storten	27.433	1.803	1.363	0
<b>Relatieve score</b>	<b>--</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0</b>

In Tabel 9-2 zijn de hoeveelheden reststoffen per alternatief weergegeven, uitgedrukt in ton per jaar. Uit de tabel blijkt dat er duidelijke verschillen tussen de alternatieven zijn. Bij de hoeveelheden voor Alternatief 2a is aangenomen dat het zoutgehalte van het onttrokken water uit Schoonebeek oost vergelijkbaar is met het zoutgehalte van het productiewater. In de praktijk is de verwachting dat dit hoger zal zijn, omdat er geen verdunning met gecondenseerde stoom plaatsvindt. De waarden voor Alternatief 2a zijn dus iets aan de lage kant naar verwachting.

### 9.1.3 Gebruik chemicaliën

De invloed van het gebruik van chemicaliën is gelegen in het feit dat het stoffen zijn die aangemaakt moeten worden en in veel gevallen geïmporteerd. Veel en bijzondere chemicaliën geven daarvoor een zwaardere belasting van het milieu, dan alternatieven waarbij geen chemicaliën nodig zijn. Er is onderscheid gemaakt tussen eenvoudige en complexe chemicaliën. De gedachte daarbij is dat de productie en het gebruik van complexe chemicaliën een groter negatief effect per geconsumeerde eenheid heeft op het milieu. Als benadering is er van uit gegaan dat veelvuldig gebruikte chemicaliën (bulkchemicaliën) gemakkelijk produceerbaar en verkrijgbaar zijn, terwijl voor fijn-chemische producten meerstaps productieketens met energie-intensieve stappen, toxische grondstoffen en halffabricaten nodig zijn.

In Tabel 9-3 is voor de alternatieven aangegeven in hoeverre naar verwachting gebruik wordt gemaakt van eenvoudige of complexe chemicaliën. Vooral de mijnbouwhulpstoffen zoals corrosie-remmer<sup>15</sup>, H<sub>2</sub>S binder en biocide geven een grotere hoeveelheid complexe chemicaliën, die als minder wenselijk vanuit milieubelasting worden gezien. In de tabel is met een relatieve score een classificatie aangebracht. De benodigde hoeveelheid complexe chemicaliën is als maatgevend aangehouden voor de milieubelasting. Er zijn drie groepen zichtbaar, bij de waterinjectie-alternatieven zijn veel complexe chemicaliën nodig, bij waterlozing weinig tot niet.

Tabel 9-3: Overzicht gebruik chemicaliën per alternatief

Chemicaliën Ton per jaar	Alternatief 1: Volledig zuiveren tot zoet water en vast zout.	Alternatief 2a: Indikken van de waterstroom, circulaire aanpak, brijninjectie in aquifer	Alternatief 2b: Indikken van de waterstroom, circulaire aanpak, brijninjectie in Schoonebeek gasveld	Alternatief 3: Waterinjectie in Schoonebeek gasveld
Eenvoudig	1.215	722	546	0
Complex	47	270	204	204
<b>Totaal</b>	<b>1.266</b>	<b>992</b>	<b>750</b>	<b>204</b>
<b>Relatieve score</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

<sup>15</sup> Als optimalisatie geldt dat bij 2a, 2b en 3 door te kiezen voor GRE pijpleidingen, GRE linen putten en duplex flowleidingen, Anti-corrosievloeistof niet meer gebruikt hoeft te worden.

### 9.1.4 Samenvatting drie milieueffecten

In Tabel 9-4 zijn de classificaties samengebracht.

Tabel 9-4: Samenvattend overzicht van de milieueffecten per alternatief

Milieu	Alternatief 1: Volledig zuiveren tot zoet water en vast zout.	Alternatief 2a: Indikken van de waterstroom, circulaire aanpak, brijninjectie in aquifer	Alternatief 2b: Indikken van de waterstroom, circulaire aanpak, brijninjectie in Schoonebeek gasveld	Alternatief 3: Waterinjectie in Schoonebeek gasveld
Energieverbruik	--	-	-	-
Reststoffen	--	-	-	0
Chemicaliën	0	-	-	-
<b>Totaal Milieu</b>	--	-	-	-

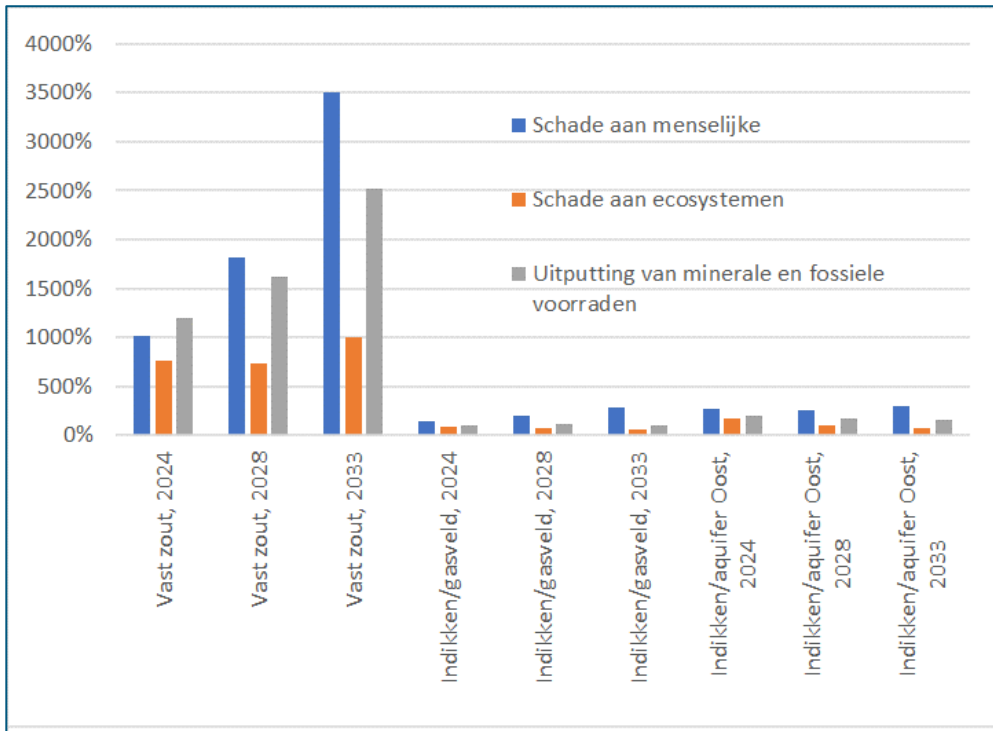
Om vanuit de afzonderlijke scores tot een totaalscore voor milieu te komen, is vooral gekeken naar de hoeveelheid '- -' scores. Daarmee wordt immers aangeduid dat er een significant negatief milieueffect is. Een score van 0 of een '-' geeft slechts geen of beperkte milieueffecten aan. In het geval van een of meerdere '- -' scores is de totaalscore als '- -' aangegeven. Bij minimaal één '-' score is de totaal score een '-'. Indien alle scores op 0 komen, wordt de totaalscore als '0' gegeven.

Uit de milieuscores blijkt dat Alternatief 1 meer negatieve effecten op het milieu heeft dan de andere alternatieven.

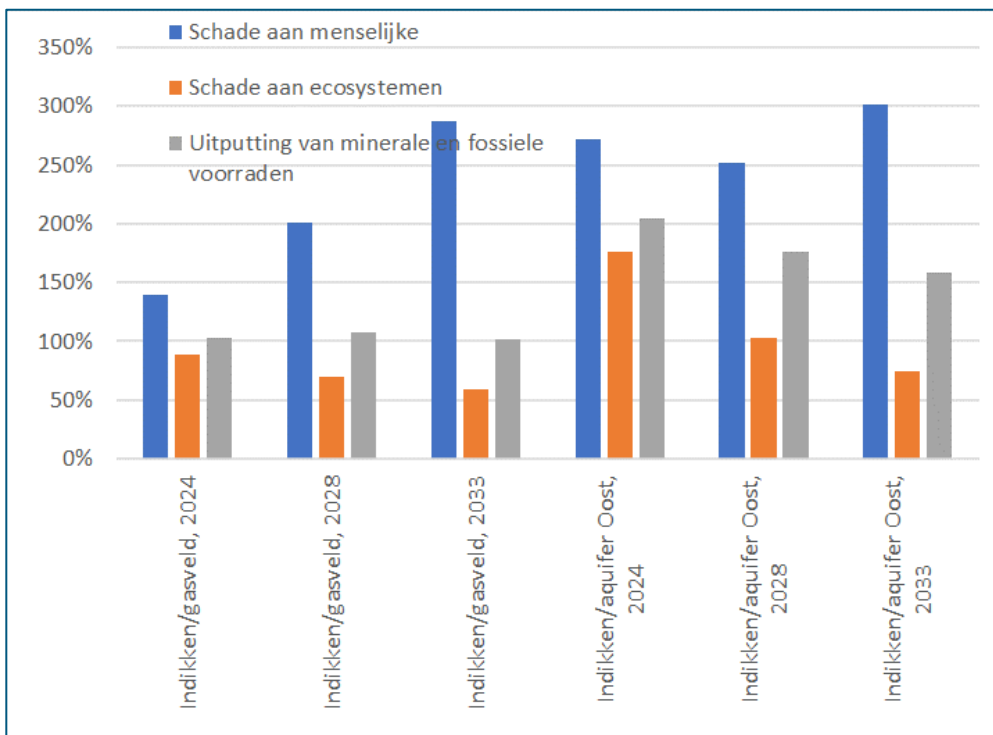
## 9.2 Bevindingen LCA

In bijlage 1 is de beschrijving gegeven van de LCA voor de drie alternatieven. Bij de presentatie van de resultaten zijn de bijdragen van Alternatief 1 Vast zout en Alternatief 2 Indikken afgezet tegen Alternatief 3 Waterinjectie. Zo kan gezien worden waar en hoe de alternatieven ten opzichte van elkaar verschillen (zie figuur 9.5 en figuur 9.6).

Een opbouw van de bijdragen aan de milieuthema's uitgesplitst naar energiegebruik, gebruik van bulkchemicaliën en mijnbouw hulpstoffen en van waterconsumptie en gestort restmateriaal.



Figuur 9.5. Vergelijking van relatieve bijdragen van Alternatief 1 Vast zout en de varianten van Alternatief 2 Indikken voor 2024, 2028 en 2033 met schadegebieden, vergeleken met Alternatief 3 Waterinjectie (= 100%)



Figuur 9.6. Vergelijking van relatieve bijdragen van beide varianten van Alternatief 2 voor 2024, 2028 en 2033 met schadegebieden, vergeleken met Alternatief 3 Waterinjectie (= 100%)

### 9.2.1 Alternatief “Vast Zout” versus integrale injectie

Bij de alternatieve verwerkingsroute “Vast Zout” zijn de bijdragen aan de beschouwde milieuthema’s voor alle milieuthema’s groter dan bij injectie, met uitzondering van waterconsumptie. Bij injectie verdwijnt het water in de ondergrond, bij productie van vast zout wordt feitelijk ook water uit de ondergrond opgepompt en gezuiverd tot schoon water.

Maar gebruik van energie en de gebruikte hoeveelheden chemicaliën en de daaraan gerelateerde milieubelasting zijn significant hoger dan bij injectie sec, waardoor ook de nettobijdragen aan de andere beschouwde milieuthema’s dan waterconsumptie hoger is dan bij integrale injectie.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat het concept “Vast Zout” geen toegevoegde waarde heeft zolang er voor zout geen nuttige toepassing kan worden gevonden.

### 9.2.2 Alternatief Indikken en brijinjectie versus alternatief waterinjectie

In het Alternatief indikken en brijinjectie wordt productiewater grotendeels teruggewonnen voor productie van ketelvoedingswater en is watergebruik voor stoomproductie circulair of beter dan circulair<sup>16</sup>.

Opwerking vergt volgens de in deze LCA gevolgde berekeningen minder elektriciteit dan integrale injectie. Aan de andere kant is er voor opwerking een significante hoeveelheid bulkchemicaliën nodig.

Het netto-effect van deze uitruil tussen elektriciteit en chemicaliën is – bij de aangehouden verbruiken van elektriciteit en chemicaliën en de aan productie daarvan gerelateerde milieubelasting – een netto beperkt hogere bijdrage aan een aantal beschouwde milieuthema’s.

Omgerekend naar bijdragen is de bijdrage bij Alternatief indikken en brijinjectie aan schade aan menselijke gezondheid in 2024 en 2033 respectievelijk 40% en 190% hoger dan de bijdrage bij Alternatief integrale injectie, terwijl de bijdrage aan schade aan ecosystemen in 2024 en 2033 respectievelijk 10% en 40% lager is. De bijdrage aan uitputting van minerale grondstoffen en fossiele energie is voor elk zichtbaar vergelijkbaar. In beide verwerkingsroutes neemt de milieubelasting per m<sup>3</sup> productiewater in de loop van de tijd af doordat de milieubelasting per eenheid elektriciteit afneemt. De afname is bij Alternatief indikken en brijinjectie minder sterk doordat milieubelasting gerelateerd aan productie van de bij productiewater geconsumeerde elektriciteit een minder groot aandeel in de totale milieubelasting heeft.

Bovenstaande wordt echter vertekend doordat voor elektriciteit wel, maar voor NaOH-productie geen rekening wordt gehouden met reductie van milieubelasting tijdens productie. In principe zal ook de productie van Cl<sub>2</sub> en natronloog in de toekomst worden gebaseerd op hernieuwbare energie<sup>17</sup>. Een deel van de productie is op dit moment al verduurzaamd<sup>18</sup>.

Verder kan nog worden opgemerkt dat het aangehouden elektriciteitsgebruik voor injectie van 4,5 kWh<sub>e</sub>/m<sup>3</sup> een gemiddelde waarde betreft. Naarmate het gasveld verder gevuld raakt en de druk in het veld toeneemt zal meer elektriciteit moeten worden gebruikt voor injectie. Naarmate injectie meer energie

<sup>16</sup> Bedoeld wordt: er wordt meer schoon water geproduceerd dan er nodig is voor ketelvoedingswaterproductie.

<sup>17</sup> Zie ook: <https://www.nobian.com/nl/onze-duurzaamheidsaanpak-grow-greener-together>. Nobian wil in 2040 uitsluitend hernieuwbare energie gebruiken bij zoutproductie en elektrolyse.

<sup>18</sup> Voor zoutproductie wordt bij Frisia Zout in Harlingen stoom geproduceerd op basis van huishoudelijk afval gebruikt. De stoom wordt geleverd door OMRIN. Bij Nobian in Hengelo wordt stoom van Twence gebruikt. De geleverde stoom is geproduceerd op basis van B-hout.



kost en het zoutgehalte in productiewater daalt zal terugwinning van schoon water met omgekeerde osmose relatief gunstiger en energie-extensiever zijn vergeleken met integrale injectie.

Een in deze LCA niet meegenomen effect betreft eventuele indirecte effecten van vervanging van RWZI-effluent als grondstof voor ultra-puur waterfabriek door water teruggewonnen uit productiewater. Bij behandeling van RWZI-effluent worden onder andere medicijnresten uit het effluent verwijderd. Waarschijnlijk wordt het effluent geloosd wanneer water uit productiewater als grondstof voor de ultra-puur waterfabriek wordt gebruikt en worden medicijnresten en andere verontreinigende stoffen in effluent op oppervlaktewater geëmitteerd. In principe kan dit worden voorkomen door schoon water uit productiewater niet te gebruiken als grondstof voor ketelvoedingswater, maar in een andere toepassing te zetten.

### 9.2.3 Samenvatting resultaten LCA

In Tabel 9-6 zijn de classificaties samengebracht.

Tabel 9-6: Samenvattend overzicht van de milieueffecten per alternatief

Milieu-LCA	Alternatief 1: Volledig zuiveren tot zoet water en vast zout	Alternatief 2a: Indikken van de waterstroom, brijninjectie in aquifer	Alternatief 2b: Indikken van de waterstroom, brijninjectie in Schoonebeek gasveld	Alternatief 3: Waterinjectie in Schoonebeek gasveld
Menselijke gezondheid	--	-	-	<b>0</b>
Ecosysteem	--	<b>0</b>	<b>0</b>	-
Voorraden grondstoffen	--	-	-	-
<b>Totaal Milieu-LCA</b>	--	-	-	-

Om vanuit de afzonderlijke scores tot een totaalscore voor milieu te komen, is vooral gekeken naar de hoeveelheid '- -' scores. Daarmee wordt immers aangeduid dat er een significant negatief milieueffect is. Een score van 0 of een '- ' geeft slechts geen of beperkte milieueffecten aan. In het geval van een of meerdere '- -' scores is de totaalscore als '- -' aangegeven. Bij minimaal één '- ' score is de totaal score een '- '. Indien alle scores op 0 komen, wordt de totaalscore als '0' gegeven.

Uit de milieuscores blijkt dat Alternatief 1 meer negatieve effecten op het milieu heeft dan de andere alternatieven.

## 10 Risico's

### 10.1 Benoemen risico's

Formeel is een risico de kans dat een gebeurtenis optreedt vermenigvuldigd met de gevolgen van de gebeurtenis. In de praktijk wordt een gebeurtenis zelf echter ook veelal als risico aangeduid. In deze rapportage is getracht de ongewenste gebeurtenissen te benoemen, en daarbij een indicatie te geven van de bijbehorend risico's.

#### **Omgaan met risico's (veiligheid, gezondheid en milieu)**

Risico's hebben betrekking op veiligheid, gezondheid en milieu. Dit zijn allemaal aspecten die horen bij het leven in de biosfeer. Risico's in de diepe ondergrond hebben een andere lading. Als de effecten van een gebeurtenis beperkt blijven tot de diepe ondergrond, geeft dit geen risico voor de biosfeer. De gebeurtenis levert daarmee geen risico's op voor veiligheid, gezondheid en milieu. Alleen als deze effecten op termijn invloed kunnen hebben op het leven in de biosfeer, dan is er sprake van een risico.

Onderzoek naar risico's vormt een integraal onderdeel van de CE-afwegingsmethodiek, zodat het meenemen van de zorgpunten met betrekking tot risico's in dit onderzoek aansluit op de beschikbare aanpak. Er wordt onderscheid gemaakt naar risico's die kunnen optreden in de operationele fase en lange termijn risico's, die veel later na beëindiging van de activiteiten kunnen optreden. Bij de laatste categorie is het de gedachte dat de volgende generaties niet met de gevolgen van de huidige activiteiten moeten worden geconfronteerd.

De risico's kunnen per alternatief verschillen. Veel risico's komen echter bij meerdere alternatieven voor, zoals het risico dat er opnieuw een lekkage ontstaat in een transportleiding, aangezien alle alternatieven gebruik maken van transportleidingen. Doordat de waterkwaliteit van het te transporteren water per alternatief kan verschillen, geldt dat de gevolgen en daarmee de grootte van het risico verschillend kunnen zijn. Onderstaand is een overzicht gegeven van de risico's die in de Herafweging zijn meegenomen. Vervolgens is aangegeven bij welke alternatieven deze risico's van toepassing zijn, en in hoeverre het korte of lange termijn risico's betreft. In de volgende paragrafen 10.2 (korte termijn) en 10.3 (lange termijn) zijn de risico's getoetst per alternatief.

#### **Overzicht risico's per onderdeel**

De risico's hebben betrekking op afzonderlijke onderdelen van de alternatieven. De waterstroom volgend zijn dat risico's bij de zuivering, transport of lozing op oppervlaktewater, waterinjectie en de verwerking van restproducten. Afhankelijk van het alternatief komen niet al deze onderdelen voor.

#### **Waterzuivering**

- Verontreiniging van de omgeving (bodem, lucht, water) door stoffen (korte termijn risico). Als chemicaliën of andere stoffen uit het zuiveringsproces onverhoopt in de ondiepe ondergrond komen, ontstaat bodem- en grondwaterverontreiniging.
- Waterstroom door een lekkage in de zuivering naar het oppervlaktewater (korte termijn risico). Zo kunnen stoffen in het oppervlaktewater komen. Hierdoor wordt het lokale watersysteem aangetast.

#### **Watertransport**

- Lekkage uit de transportleiding (korte termijn risico, op de lange termijn vindt geen transport meer plaats). Bij lekkage komt water uit de transportleiding in de bodem terecht. Dit kan afhankelijk van het alternatief schoon zoet water zijn of zout water met aanvullende stoffen. Hierbij is onderscheid te

maken naar de plaats waar de lekkage plaatsvindt en in hoeverre zich hier een kwetsbaar natuurgebied of waterwingebied bevindt.

#### **Waterlozing in de biosfeer (oppervlaktewater)**

- Samenstelling of temperatuur van het te lozen water kan door een procesverstoring in de zuivering tijdelijk afwijken van de normen (korte termijn risico). Hierbij is van belang in hoeverre het lozingspunt nabij een gevoelig gebied ligt, met natuurwaarden of een functie voor benutting van het water.

#### **Waterinjectie**

- Lekkage bij de injectieputten (korte en lange termijn risico), met als mogelijk gevolg verspreiding van productiewater in de ondergrond richting grondwater, of bijvoorbeeld naar een sloot waar de landbouw gebruik van maakt.
- Lekkage injectiewater uit reservoir (lange termijn risico), waardoor het productiewater zich zou kunnen verspreiden naar omliggende diepe bodemlagen.
- Aantasting zoutlagen boven het reservoir (korte termijn risico, mogelijk lange termijn risico). De Zechstein kalksteenreservoirs bevinden zich onder of tussen dikke steenzoutlagen (Haliëet). Oplossing van dit zout door het niet verzadigde injectiewater kan leiden tot vermindering van de integriteit van de steenzoutlagen. In de operationele fase zal er steeds nieuw water het reservoir instromen, wat bij contact met zoutlagen tot oplossing kan leiden. Op de langere termijn is er sprake van stilstaand water in het reservoir en zou er alleen een diffusieproces kunnen ontstaan, zoals blijkt uit onderzoeken van de NAM.
- Aardbevingen (korte en mogelijk lange termijn risico), ten gevolge van de injectie van productiewater. Door een veranderende drukverdeling in de ondergrond zouden hierdoor aanwezige breukzones gereactiveerd kunnen worden.

#### **Verwerking restproducten**

- Transport restproducten (korte termijn risico), als een vrachtwagen met restproducten een ongeluk heeft en de restproducten op de weg, in de sloot of in de lucht komen. Deze toename van transportbewegingen kan de veiligheid van bewoners in gevaar brengen.
- Lekkage van restproducten uit bovengrondse opslag naar het milieu (lange termijn risico). Restproducten zonder een hergebruikfunctie en die niet afgebroken kunnen worden, blijven voor lange tijd opgeslagen in de biosfeer, bij voorkeur in een afgeschermd stortplaats om verontreiniging van de omgeving te voorkomen. Op de lange termijn kunnen deze restproducten alsnog naar de omgeving weglekken.

#### **Beschrijving risico's en gevolgen**

Bij de beschrijving van de risico's wordt aangegeven wat de mogelijke gevolgen zijn voor gezondheid, veiligheid en milieu. Ook wordt beschreven hoe de kans dat ze optreden minimaal kan worden gemaakt. Hierbij is aandacht voor gerichte monitoring en de mate waarin de gevolgen kunnen worden verwijderd. Dit leidt uiteindelijk tot een inschatting van de grootte van de risico's.

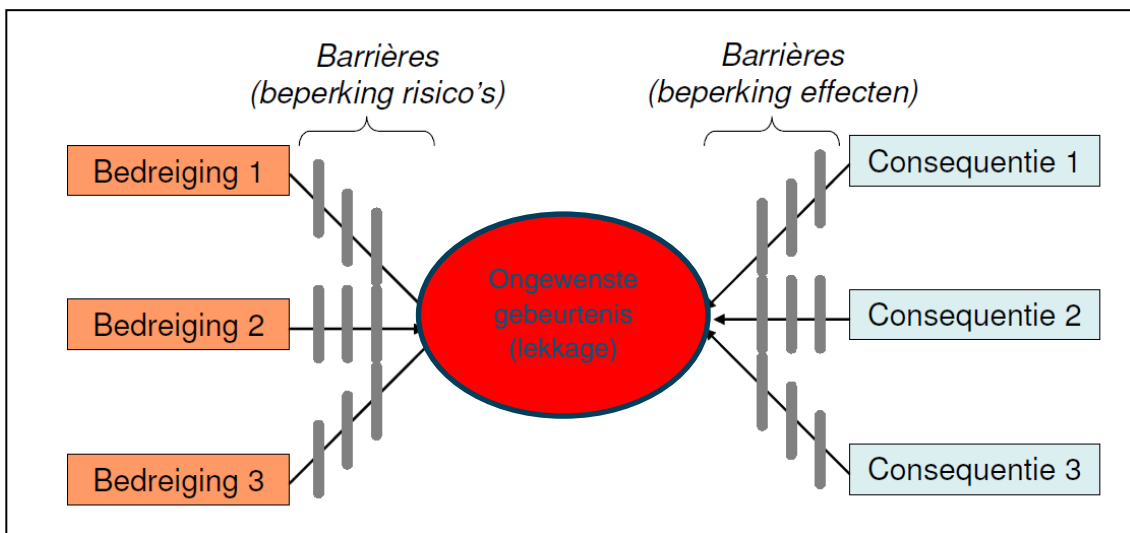
De risicobepaling voor bijvoorbeeld een lekkage in een leiding kan rekenkundig worden bepaald, als externe veiligheid. Vanuit statistische gegevens wordt berekend hoe groot de kans is dat een gebeurtenis optreedt en wat de gevolgen zijn. Dit wordt uitgedrukt in plaatsgebonden risico en groepsrisico. Deze statistische gegevens zijn niet beschikbaar voor de activiteiten in de diepe ondergrond. Er wordt daarom gebruik gemaakt van een kwalitatieve aanpak, waarin voor iedere ongewenste gebeurtenis de mechanismen worden beschreven om de kans te verkleinen én om de gevolgen te beperken.

Om op een systematische manier de risico's van bovengrondse en ondergrondse activiteiten met elkaar te kunnen vergelijken wordt bij de CE-afwegingsmethodiek gebruik gemaakt van de bow-tie methodiek. Dit is een overzichtelijke wijze van het presenteren van oorzaak en gevolg van een risicovolle gebeurtenis, met daarbij ruimte om mitigerende maatregelen aan te geven.

### Bow-tie methodiek

De bow-tie methodiek geeft inzicht in de mogelijke gebeurtenissen en de mate waarin gevolgen beperkt kunnen blijven. Dit geldt zowel voor de risico's op korte termijn als de risico's op langere termijn. Bij de bow-tie methodiek worden de ongewenste gebeurtenissen benoemd, met daarbij de oorzaken hoe deze kunnen optreden en de gevolgen als het daadwerkelijk gebeurt (zie Figuur 10-1).

Vervolgens worden barrières benoemd, die kunnen voorkomen dat een oorzaak leidt tot de ongewenste gebeurtenis én de barrières die de gevolgen van een dergelijk gebeurtenis beperken. In de onderstaande paragrafen zijn de korte en lange termijn risico's via deze methodiek beschreven.



Figuur 10-1. Schema van de bow-tie methode, waarbij een ongewenste gebeurtenis is geïdentificeerd, de mogelijke bedreigingen die de gebeurtenissen kunnen veroorzaken (links) en de mogelijke consequenties van de gebeurtenissen (rechts). De barrières moeten voorkomen dat een bedreiging echt plaatsvindt (links) en dat de gevolgen van een gebeurtenis zoveel mogelijk beperkt worden (rechts).

## 10.2 Toetsing risico's korte termijn (operationele risico's)

De risico's op korte termijn hebben betrekking op de risico's tijdens de operationele fase. Hierbij wordt de kans bepaald dat een gebeurtenis plaatsvindt, met daarbij de gevolgen van de gebeurtenis op de omgeving. Per onderdeel van de verwerking van het productiewater worden deze risico's besproken en gescoord aan de hand van de risicoclassificatie.

### Classificatie risico's korte termijn

De risico's worden beschreven en vervolgens wordt er een classificatie gegeven als indicatie van de omvang van de gevolgen. Dit is een classificatie van gevolgen, waarbij ieder gevolg negatief is of nihil. Als er per onderdeel meerdere risico's worden gescoord, dan wordt de meeste negatieve score opgenomen in de eindscore.

Tabel 10-1. Overzicht classificatie risico korte termijn

Classificatie	Omschrijving / Gevolgen
0	Gevolgen zijn nihil, als er iets gebeurt dan is het binnen de hekken van de mijnbouwlocatie, tijdelijk en herstelbaar
-	Gevolgen zijn buiten de hekken van de mijnbouwlocatie, deze zijn tijdelijk en herstelbaar
--	Gevolgen zijn serieus en acceptatie van het risico is alleen met expliciete monitoring en gerichte acties verantwoord
---	Zonder aanpassing is het risico zo groot dat uitvoering niet verantwoord is

De risico's hebben betrekking op waterzuivering en de verwerking van restproducten, watertransport, waterinjectie en de opslag van water in de diepe ondergrond.

### 10.2.1 Waterzuivering Alternatief 1 en 2

#### Risico's voor de omgeving maar ook bedrijfsrisico's bij ingebruikname

Waterzuivering vindt in verschillende mate plaats bij de alternatieven. Het type zuivering en de schaal en complexiteit van de waterzuivering verschilt per alternatief. Waterzuivering leidt tot twee categorieën risico's:

- Verontreiniging van de omgeving door stoffen. De waterzuivering bevindt zich op het terrein van de OBI. Indien stoffen vanuit de waterzuivering in de bodem, lucht op het water komen, ontstaat een tijdelijke verontreiniging. Het betreffen geen direct gevaarlijke stoffen, voor de medewerkers of voor de omgeving en er is dus geen veiligheidsrisico. Daarnaast kunnen verontreinigingen in bodem of water gesaneerd worden. Bewoners bevinden zich op minimaal 200 meter afstand van de waterzuivering. Het effect lijkt hiermee binnen de mijnbouwlocatie te blijven, de effecten zijn minimaal, herstelbaar en tijdelijk van aard (score 0).
- Waterstroom in oppervlaktewater. In geval van een lekkage kan een deel van de (on)behandelde en mogelijk zoute waterstroom in het oppervlaktewater terecht komen. De verontreiniging kan zich dan over een groter gebied verspreiden en kan het lokale watersysteem aantasten. In de omgeving van de OBI bevindt zich een watergang die door de waterstroom verontreinigd kan raken. Deze kan afgesloten worden zodat verdere verspreiding niet zal plaatsvinden. De verontreiniging is tijdelijk van aard, maar kan mogelijk tot buiten de OBI komen. Indien nodig kan het verontreinigde water weggepompt worden. Vandaar een enkel negatieve score (-).

In het ontwerp van de waterzuivering en bij het functioneren van de waterzuivering zullen voorzorgsmaatregelen getroffen worden, zodat de kans minimaal is dat er een lekkage uit de waterzuivering optreedt. Dit kan conform de reguliere bedrijfstandaard.

Tabel 10-2. Korte termijn risicoscore bij de waterzuivering per alternatief.

Alternatief	Eigenschappen waterzuivering	Risico
Alternatief 1: Volledig zuiveren tot zoet water en vast zout	Op het terrein van de OBI in Schoonebeek wordt een nieuwe waterzuiveringsinstallatie gebouwd. Hierbij wordt het productiewater volledig gezuiverd, waarbij zowel de hulpstoffen als het zout uit het water worden gehaald.	Verontreiniging van de omgeving door stoffen. Effecten blijven binnen inrichting, zijn minimaal, tijdelijk en herstelbaar (score 0). Waterstroom lekt in oppervlaktewater. Effecten zijn tijdelijk van aard en herstelbaar, maar kunnen tot buiten de mijnbouwlocatie komen (score -).
Alternatief 2: Indikken van de waterstroom, circulaire aanpak	Het productiewater wordt behandeld met ontzoutingstechnieken waarbij een schoon effluent en een geconcentreerde afvalstroom (brijn) vrijkomen. De ontzoutings- en zuiveringsinstallaties worden nabij de OBI-locatie in Schoonebeek gebouwd.	Verontreiniging van de omgeving door stoffen. Effecten blijven binnen inrichting, zijn minimaal, tijdelijk en herstelbaar (score 0). Waterstroom lekt in oppervlaktewater. Effecten zijn tijdelijk van aard en herstelbaar, maar kunnen tot buiten de mijnbouwlocatie komen (score -).
Alternatief 3: Waterinjectie in Schoonebeek gasveld	Bij dit alternatief is geen sprake van waterzuivering.	Geen waterzuivering (score 0).

## 10.2.2 Watertransport

Watertransport vindt plaats bij alle alternatieven. De afstand, het type transportleiding en de mate waarin watertransport langs kwetsbare gebieden plaats vindt, verschilt per alternatief. Watertransport leidt tot het risico van lekkage uit de leiding:

- Lekkage uit de watertransportleiding leidt tot aantasting van de bodem in de directe omgeving. Om te voorkomen dat een lekkage optreedt, kunnen verschillende maatregelen worden genomen. Nabij kwetsbare gebieden zoals natuur- en waterwingebieden, zal extra bescherming nodig zijn of een aangepaste route voor de transportleiding. Bescherming van de transportleiding tegen aantasting van binnenuit vindt plaats door de materiaalkeuze van de leiding en indien nodig de toevoeging van anti-corrosiemiddel en biocide. Externe factoren kunnen de transportleiding ook beschadigen, zoals graafwerkzaamheden door derden. Om dit risico te beperken zijn er standaardregels voor buisleidingen en graafwerkzaamheden (zoals meldingsplicht).
- Als een lekkage optreedt zijn er maatregelen om de effecten te beperken. Door monitoring van de druk in de transportleiding kunnen (grote) lekkages snel gedetecteerd worden. Het leidingtraject wordt periodiek geïnspecteerd en lokaal zijn terreinbeheerders en agrariërs op de hoogte van de ligging van het traject, zodat lekkages kunnen worden opgemerkt en doorgegeven. In geval van een lekkage wordt de verontreinigde bodem gesaneerd, zodat de verontreinigingen opgeruimd worden. Het risico op lekkage is hiermee tijdelijk van aard en herstelbaar. Omdat de lekkage buiten de inrichting plaats kan vinden krijgt het een enkel negatieve score (-). Uitzonderingen hierbij zijn buisleidingen in natuur- of waterwingebieden. Deze krijgen een dubbel negatieve score omdat de negatieve effecten in deze gebieden groter zijn (score - -). Gerichte monitoring op lekkage zal in dat geval noodzakelijk zijn om de risico's voldoende te kunnen beperken.

### Risico van lekkage in natuurgebieden

Indien productiewater in natuurgebieden terecht komt, kan dit leiden tot schade aan het natuurgebied, waarbij herstel vele jaren kan duren. Een eventuele verontreiniging met productiewater kan worden gesaneerd, maar de sanering zelf kan leiden tot negatieve effecten door verstoring van kwetsbare natuur.



### Interactie tussen ondiepe grondwaterlagen en de diepere ondergrond

De ondiepe grondwaterstroming is lokaal kwetsbaar voor veranderingen. Dit geldt voor kwelstromen en freatische grondwaterstanden, waar een evenwicht gezocht wordt tussen agrarische en natuurbelangen. Daarbij is peilbeheer en regulering van grondwateronttrekking van belang. De waterinjectie in diepe grondwaterlagen heeft geen invloed op deze ondiepe grondwaterstroming. Daarvoor is de diepte waarop waterinjectie plaatsvindt te groot (800 meter in de aquifer van Schoonebeek oost en ruim 3.000 meter in Schoonebeek gasveld) en zijn er veel scheidende lagen tussen de gasreservoirs en de ondiepe kwetsbare waterlagen. Waterinjectie in lege gasreservoirs heeft zodoende geen effect op verdrogingsbestrijding of andere maatregelen die aan het maaiveld worden doorgevoerd.

De risicoscore bij watertransport is per alternatief toegelicht in onderstaande tabel.

Tabel 10-3. Korte termijn risicoscore bij watertransport per alternatief.

Alternatief	Eigenschappen watertransport	Risico
Alternatief 1: Volledig zuiveren tot zoet water en vast zout	Nieuw aan te leggen leiding naar Stieltjeskanaal, circa 10 km. Transport van schoon zoet water.	Lekkage van schoon zoet water leidt niet tot milieu-impacts (score 0).
Alternatief 2: Indikken van de waterstroom	Nieuwe leiding naar aquifer en bestaande leiding naar Schoonebeek oost of het gasveld Schoonebeek. Transport van geconcentreerd zout water met opgeloste stoffen. De leidingen bevinden zich op voldoende afstand van kwetsbare gebieden.	Bodemverontreiniging, geeft tijdelijke aantasting. Lekkage van geconcentreerd zout injectiewater is tijdelijk en kan gesaneerd worden (score -).
Alternatief 3: Waterinjectie in Schoonebeek gasveld	Bestaande leiding naar gasveld Schoonebeek. Transport van zout water met opgeloste stoffen. Inclusief biocide en H <sub>2</sub> S-binder. De leiding bevindt zich op voldoende afstand van kwetsbare gebieden.	Bodemverontreiniging, geeft tijdelijke aantasting. Lekkage van zout injectiewater is tijdelijk en kan gesaneerd worden (score -).

### 10.2.3 Waterlozing in de biosfeer (oppervlaktewater)

Bij Alternatief 1 wordt schoon, zoet water op het oppervlaktewater bij het Stieltjeskanaal<sup>19</sup> geloosd. In Alternatief 2 is dit watervolume kleiner (ongeveer 75% van het totaal) en wordt hergebruikt voor stoomproductie waardoor beperktere lozing op oppervlaktewater plaatsvindt. Bij Alternatief 3 is geen sprake van lozing naar oppervlaktewater. De risico's van lozing van het water zijn afhankelijk van:

- De samenstelling en temperatuur van het te lozen water. Dit kan tijdelijk afwijken van de normen. Als een verontreiniging door de waterzuivering heen komt, verslechtert dit de waterkwaliteit van het oppervlaktewater. Dit kan optreden bij procesverstoringen in het zuiveringsproces. Het betreft een tijdelijk effect, maar kan zeer slecht voor de lokale waterkwaliteit zijn, als de vervuilde waterlozing gedurende langere tijd optreedt of in een kwetsbare omgeving komt. Vanwege de ernst van het effect krijgt dit een dubbel negatieve score als er geen mitigerende maatregelen genomen worden (score - -). Als de waterkwaliteit bij het lozingspunt continue gemonitord wordt, kunnen problemen snel worden gesignaleerd en verholpen. De waterlozing kan dan direct worden gestopt. Ook kan eventueel gebruik worden gemaakt van een waterbuffer, zodat het niet direct in de omgeving komt. In geval van een procesverstoring kan dan actie ondernomen worden voordat het water in het milieu komt. Met mitigerende maatregelen krijgt de lozing op het Stieltjeskanaal een enkel negatieve score, omdat het een zeer tijdelijk effect betreft en de vervuiling snel verdunt raakt (score -).

<sup>19</sup> Overigens kan ook 'schoon' 'kaal' water de waterkwaliteit van het ontvangend water negatief beïnvloeden omdat het bijvoorbeeld geen hardheid bevat. Lozing op groter oppervlaktewater heeft dan de voorkeur

De risicoscore bij de waterlozing is per alternatief toegelicht in de onderstaande tabel.

Tabel 10-4. Korte termijn risicoscore bij waterlozing per alternatief.

Alternatief	Eigenschappen Waterlozing	Risico
Alternatief 1: Volledig zuiveren tot zoet water en vast zout	Lozing van schoon zoet water in Stieltjeskanaal. Monitoring waterkwaliteit.	Verontreinigen komen in oppervlaktewater terecht, indien zuivering niet goed functioneert. Na signalering via de monitoring wordt de lozing gestopt en is het effect tijdelijk. Vanwege de doorstroming van het water raakt de verontreiniging verdund en verdwijnt uiteindelijk (score -).
Alternatief 2: Indikken van de waterstroom, circulaire aanpak	Hergebruik (ca. 75%) schoon zoet water voor stoomproductie.	Verontreinigen komen in oppervlaktewater terecht, indien zuivering niet goed functioneert. Na signalering via de monitoring wordt de lozing gestopt en is het effect tijdelijk. Vanwege de doorstroming van het water raakt de verontreiniging verdund en verdwijnt uiteindelijk (score -).
Alternatief 3: Waterinjectie in Schoonebeek gasveld	Geen waterlozing.	Geen lozing (score niet van toepassing).

## 10.2.4 Waterinjectie - algemeen

In Alternatief 2 en 3 wordt het productiewater in het aquifer of lege gasveld geïnjecteerd. Waterinjectie in de diepe ondergrond leidt tot verschillende risico's. De risico's zijn te verdelen in drie onderdelen (lekkage bij putten, aantasting zoutlaag, aardbevingen). Voor ieder onderdeel staat in onderstaande paragrafen beschreven welke maatregelen de kans dat dit risico optreedt verkleinen en welke maatregelen de effecten van het risico beperken als het toch optreedt. De maatregelen tegen lekkage uit het reservoir, nadat het injectiewater eenmaal is opgeslagen, staan beschreven bij de lange termijn risico's (paragraaf 10.3).

### Classificatie risico's waterinjectie korte termijn

De classificatie van de risico's is gebaseerd op de volgende overwegingen, waarbij een score van een enkele min (-) wordt gegeven als een risico niet is uit te sluiten, twee minnen (- -) in het geval er een kleinschalig effect zal optreden en drie minnen (- - -) indien er een duidelijk effect in de biosfeer optreedt.

### Uitgangspunt risico beheersingsprotocollen en documenten

Als wordt overgegaan naar waterinjectie in de omgeving van Schoonebeek dan zal met betrekking tot het monitorings- en inspectieprogramma een raamwerk aan documenten worden opgesteld die goedkeuring vereisen van de toezichthouder Staatstoezicht op de Mijnen (Sodm). Deze documenten vormen geen onderdeel van dit onderzoek, maar zullen worden opgesteld in het kader van de vergunningaanvraag. Het gaat om de volgende documenten:

- Uitwerking Waterinjectie Protocol. Dit document biedt invulling aan SodM's "Protocol aanvraag Injectievergunning" waarin de elementen zijn vastgelegd die dienen te worden beschreven.

- Overkoepelende Risico Analyse. Dit document biedt een gestructureerde uitwerking van alle risico's die gepaard gaan met waterinjectie en de maatregelen om deze te voorkomen en/of de consequenties van ongewenste gebeurtenissen te beperken.
- Seismische Dreigingsanalyse. In dit document wordt het risico op aardbevingen beschreven.
- Seismisch Risico Beheersplan. In dit document worden de stappen beschreven die genomen zullen worden als er aardbevingen optreden, die omvatten ook het insluiten van het veld als er zwaardere aardbevingen optreden (Magnitude groter dan 3,0).
- Waterinjectie Management Plan. In dit document worden de monitorings- en inspectieactiviteiten vastgelegd en waar deze activiteiten worden gerapporteerd. Op basis hiervan wordt slijtage en falen van apparatuur en installaties tijdig opgemerkt en kan waterinjectie worden vergeleken met de verwachting waardoor afwijkingen proactief worden opgemerkt.

### 10.2.5 Waterinjectie – risicobepaling lekkage bij de put

Het risico van lekkage bij putten is uitgebreid onderzocht nadat er lekkage was vastgesteld aan onderdelen van twee injectieputten in Twente. Door het toepassen van meerdere barrières heeft dit niet geleid tot lekkage naar de biosfeer, en daarmee geen gevaar voor mens en milieu opgeleverd, zoals ook SodM heeft bevestigd. Wel toont het aan dat beschadiging op korte of langere termijn een serieus risico vormt, evenals het nut van het toepassen van meerdere barrières en het belang van het controleren van de integriteit van de barrières.

#### Nieuwe putten en bestaande putten

Voor het injecteren van productiewater in alternatief 2 en 3 wordt uitgegaan van nieuwe putten. De nieuwe injectieputten bestaan uit meerdere cilindrische stalen buizen die met cement zijn verankerd. Hierbinnen bevindt zich een vervangbare injectiebuis met een corrosiebestendige binnenkant (Glass Re-enforced Epoxy, GRE)<sup>20</sup>. In de ruimte tussen de injectiebuis en de putwand bevindt zich een vloeistof, evenals tussen de verschillende andere stalen buizen. Hierin wordt de druk gemeten, waardoor een eventuele lekkage gedetecteerd wordt voordat deze in de bodem kan komen. Door deze putconstructie wordt in de ondiepe ondergrond het grondwater gescheiden van het injectiewater door 3 of 4 metalen buiswanden.

#### Classificatie

Lekkage injectieputten. Als een injectieput lek is, kan injectiewater uit de put naar de omgeving stromen, of omgekeerd kan water uit de ondergrond naar de put stromen. Dit geldt niet alleen voor de injectieputten, maar ook de overige putten in het reservoir (zoals de geabandoneerde putten in het Schoonebeek gasveld<sup>21</sup>). Bij een lekkage in de put op grote diepte ontstaat een vergelijkbare situatie als bij een lekkage uit het reservoir (zie hieronder). Als de putlekkage op geringe diepte plaatsvindt, kan het injectiewater in de biosfeer terecht komen en vermengen met het zoete of brakke grondwater en uiteindelijk het oppervlaktewater. Zeker als het grondwater en oppervlaktewater functies hebben als drinkwater voor mens of natuur, is dat (zeer) onwenselijk.

Als de samenstelling van het productiewater zodanig is dat het, vermengd met oppervlaktewater of grondwater, gevaar voor de gezondheid oplevert, is de score drievoudig negatief (**score - - -**). Als dit geen directe gevaren voor de gezondheid of het milieu oplevert, is de score dubbel negatief (**score - -**). Door gerichte monitoring kan een lekkage worden getraceerd en gesaneerd, waardoor een beperkte hoeveelheid injectiewater uit de put weg kan lekken en weggepompt kan worden. In dat geval zijn de effecten tijdelijk en herstelbaar. De score is dan enkel negatief (**score -**).

<sup>20</sup> Het is de verwachting dat door te kiezen voor een kunststof (GRE) bekleding van deze stalen injectiebuis het benodigde chemicaliën gebruik voor corrosie preventie kan worden geminimaliseerd.

<sup>21</sup> Er zijn aan Nederlandse zijde 10 putten geboord tot in het Schoonebeek Zechstein gasreservoir, en 6 aan Duitse zijde. Andere putten zijn ondieper geboord ten behoeve van de oliewinning uit het bovengelegen Bentheim reservoir.

### Risico

Het injectiewater wordt via de injectiebuis in het reservoir gebracht. Tijdens de injectie zal er onder in de put een hogere druk aanwezig zijn dan in het reservoir. Omdat de reservoirdruk door de gaswinning momenteel aanzienlijk lager is dan de oorspronkelijke reservoirdruk is de benodigde druk in de put in de beginfase waarschijnlijk lager dan de omgevingsdruk boven het reservoir. Echter, op termijn zal de reservoir druk oplopen, zodat bij een beschadigde put het injectiewater uit de put naar de omgeving van de put zou kunnen stromen. Lekkage van injectiewater uit de injectieput wordt gezien als een ongewenste gebeurtenis. De put kan worden aangetast van binnenuit of van buitenaf. Aantasting van binnenuit kan ontstaan door de samenstelling van het injectiewater, waardoor aantasting van de put ontstaat. Aantasting van buitenaf kan ontstaan door andere (graaf) werkzaamheden die de put beschadigen of door bodembeweging, zoals zoutkruip.

### Gevolgen van een lekkage uit de put

Als de lekkage relatief ondiep optreedt, kan injectiewater in de biosfeer terecht komen. Op grotere diepte is er een risico dat het steenzout (haliet) rondom de put wordt aangetast. Dit laatste wordt beschreven in paragraaf 10.2.6.

Lekkage (relatief ondiep) naar de biosfeer:

- Injectiewater lekt tijdens de injectie uit de put naar de ondergrond, specifiek naar de biosfeer en veroorzaakt daar verontreiniging. In het geval van een ondiepe lekkage komt het injectiewater samen met het aanwezige grondwater. Deze verontreiniging van grondwater dient voorkomen te worden. De bodemlagen in de biosfeer worden deels benut voor de winning van grondwater, voor drinkwater of anderszins zoals beregening van agrarische gronden. Het zoete grondwater bevindt zich in de regio Drenthe in de regel tot maximaal 150 tot 200 meter diepte. De grond dient gesaneerd te worden, waarbij het weggelekte injectiewater wordt opgepompt, zodat er geen of beperkte restanten in de bodem aanwezig blijven. Dit risico heeft vanwege de mogelijk gevolgen een score - -.

### Risico's oude putten

In de injectie-reservoirs bevinden zich ook andere putten die niet worden gebruikt voor waterinjectie. Sommige van deze putten zijn definitief geabandonneerd. Tijdens abandonnering is de definitieve afsluiting van deze putten getest. SodM ziet hierop toe. De afsluiting van deze putten is gegarandeerd zolang de druk in het reservoir niet te hoog oploopt. Als de druk door waterinjectie toch te hoog op zou lopen, dan kan er een risico op lekkage ontstaan. Bij het Schoonebeek gasveld is de druk in de operationele fase laag. Daarom is dit risico opgenomen bij de lange termijn risico's (volgende paragraaf).

### Preventieve maatregelen

Bij het boren van de put wordt rekening gehouden met veiligheidseisen om lekkage te voorkomen. Tussen de injectiebuis en de putwand bevinden zich zoals bovenstaande beschreven meerdere metalen buiswanden; de ruimten hiertussen is gevuld met cement of een vloeistof, waarvan de druk aan het oppervlak wordt gemeten.

Deze verschillende barrières scheiden het injectiewater van de bodemlagen boven het injectiereservoir. Bij de waterinjectie wordt anti-corrosie middel en indien nodig zuurstofbinder toegevoegd om te zorgen er geen aantasting van de stalen put plaatsvindt.

### Monitoring

Om de conditie van de putten en het reservoir te monitoren vindt elk jaar een aantal activiteiten plaats volgens het specifiek voor waterinjectie op te stellen Waterinjectie Management Plan.

- Regelmatige inspectie van de injectieputten. Deze inspectie is gericht op de kwaliteit van de stalen verbuizingen in de put en de kwaliteit van de cementlaag waarmee de verbuizing is vastgezet in het gesteente.
- Alle bovengrondse putafsluiters worden getest en onderhouden.
- De injectiedruk en volumes worden continu gemonitord op de injectiepompen. Deze zijn uitgerust met een druk begrenzing, waardoor de druk niet hoger kan worden dan scheurvormingsdruk in de afdichtende lagen. Hierdoor wordt de kans op mogelijke scheurvorming in de onder en bovenliggende afdichtende anhydrietlagen sterk gereduceerd. Bovendien wordt ervoor gezorgd dat de gemiddelde druk in het reservoir niet boven de oorspronkelijke reservoirdruk uitkomt waarmee het risico op lekkage via geabandoneerde putten in het Schoonebeek olieveld wordt geminimaliseerd.
- Daarmee samenhangend worden ook de drukken van de annulaire ruimten buiten de injectieverbuizing (tubing) gemeten, zodat een eventuele lekkage in de put tijdig kan worden opgemerkt. Ook wordt jaarlijks het vloeistofniveau in annulaire ruimte tussen binnen- en buitenbuis gemeten.
- Door het vergelijken van periodieke logs wordt geobserveerd of er veranderingen optreden in het Haliet achter de casing.
- Periodiek controle van de binnendiameter van de tubing (injectiebuis) en de casing onder de packer (afsluiter). Bij overmatige slijtage, wordt deze vervangen door een nieuwe tubing.
- In de putten worden metingen uitgevoerd op incidentele basis. Jaarlijks wordt een plan gemaakt waarin de noodzakelijke metingen aangegeven staan. Ook de kwaliteit van de cementering wordt met behulp van een inspectie getoetst. Daarnaast vinden er metingen plaats die de druk in het reservoir meten.

### Actie bij ongewenste situatie

In het geval de metingen aantonen dat de putdikte van één van de stalen verbuizingen of de cementintegriteit onvoldoende is, kunnen putwerkzaamheden uitgevoerd worden om de injectieput te herstellen. Als de put niet meer voldoet en ook niet gerepareerd kan worden, kan de put permanent worden afgesloten door deze over verschillende diepte intervallen volledig te vullen met verschillende cement pluggen. Hierdoor kan geen stroming meer in of buitenlangs de put plaatsvinden. Monitoring zorgt ervoor dat in geval van een lekkage de waterinjectie direct gestopt wordt, waardoor de hoeveelheid gelekt water beperkt blijft. Indien de put op voldoende afstand van een kwetsbaar gebied staat, zal de grondwaterstroming naar een kwetsbare zone beperkt blijven als de lekkage binnen een jaar wordt gesignaleerd. Een lekkage die de biosfeer bereikt kan met behulp van een nieuwe ondiepe put worden verwijderd.

Tabel 10-5. Korte termijn lekkage risicoscore bij waterinjectie per alternatief.

Alternatief	Eigenschappen	Risico
Alternatief 1: Volledig zuiveren tot zoet water en vast zout	Geen waterinjectie.	Niet van toepassing.
Alternatief 2: Indikken tot brijn en waterinjectie	Injectie van geconcentreerd zout water met opgeloste stoffen in het aquifer of het Schoonebeek gasveld.	Waterinjectie kan leiden tot lekkage bij aantasting van de putten. Effecten kunnen optreden in de biosfeer (score - -). Mitigatie door positionering boringen (score -).
Alternatief 3: Waterinjectie in Schoonebeek gasveld	Injectie van zout water met opgeloste stoffen in het Schoonebeek gasveld.	Waterinjectie kan leiden tot lekkage bij aantasting van de putten. Effecten kunnen optreden in de biosfeer (score - -). Mitigatie door positionering boringen (score -).

### 10.2.6 Waterinjectie – risicobepaling zoutoplossing

Tijdens de waterinjectie in de Zechstein gasreservoirs komt het injectiewater in het reservoir, in de omgeving van zoutlagen, zoals verderop beschreven bij de lange termijn risico's in paragraaf 10.3.

#### Classificatie

Aantasting van de zoutlaag boven het reservoir. Als er geen scheidende laag (b.v. Anhydriet) aanwezig is boven het reservoir, kan mogelijk een deel van het zout oplossen. Er moet dan wel circulatie in het reservoir kunnen optreden, zodat steeds nieuw onverzadigd water het zout kan oplossen. Vanwege de lage verticale permeabiliteit in het reservoir is dit onwaarschijnlijk. Als het niet duidelijk is of zoutoplossing daadwerkelijk tot effecten in de biosfeer zal leiden, maar als de mogelijkheid bestaat geeft het een score van drievoudig negatief (score - - -). Indien zoutoplossing alleen zeer plaatselijk is, bijvoorbeeld bij een breukzone en er is weinig waterstroming, zal het effect op korte termijn gering zijn, wat een dubbel negatieve score geeft (score - -). Als zoutlagen aanwezig zijn, maar er geen contact verwacht wordt, is de risicoscore enkel negatief, omdat het effect niet geheel is uit te sluiten doordat monitoring effectief niet mogelijk is (score -).

#### Risico

Het injectiewater bevat zout, maar is niet verzadigd met zout. Er is een risico dat zout uit de zoutlagen in het water oplost, waardoor de integriteit van de zoutlagen afneemt. Dit kan optreden daar waar de waterstroming het sterkst is, nabij de injectieput.

Lekkage (relatief dieper) naar zoutlagen:

- Direct rondom een put zou injectiewater via mogelijke scheurtjes in het cement (als deze van een slechte kwaliteit is) rondom de verbuizing naar de onder- of bovenliggende steenzoutlaag (Halië) kunnen stromen. Door krimp en rek van de metalen verbuizing als gevolg van operationele activiteiten kan in de loop der tijd een klein scheurtje (micro-annulus) ontstaan achter de casing, waardoor er injectiewater (laag zout gehalte) in aanraking kan komen met de halië. Tijdens injectie wordt het injectiewater hierin geperst. Bij een injectie stop zakt het water onder invloed van zwaartekracht weg naar lagere delen van het reservoir. Het water draineert dan uit deze ruimte. Omdat het onverzadigde injectiewater niet continue rond kan stromen leidt dit mechanisme niet tot grootschalige zoutoplossing. Het water raakt snel verzadigd en kan niet nog meer zout oplossen.
- Daarnaast kan het injectiewater ook in contact komen met het zout als er een lek in de ondergrondse verbuizing is ontstaan. Ook dit mechanisme leidt niet tot grootschalige zoutoplossing omdat het onverzadigde injectiewater niet continue rond kan stromen.
- Slechts een combinatie kan een continu stromingspad opleveren wat mogelijk wel tot aantasting van de zoutlaag zou kunnen leiden. Zelfs in het slechts denkbare geval waarin er een lek in de verbuizing is, gecombineerd met scheurtjes in het cement, dan zal het water het pad van de minste weerstand kiezen: de perforaties. Zolang deze toegankelijk zijn zal nagenoeg al het water via de perforaties stromen, waardoor eventuele zoutoplossing beperkt wordt. Zoutoplossing kan zoals beschreven slechts beperkt optreden, echter het is lastig vast te stellen en mede door die onzekerheid, wordt hiervoor een score van - - aangehouden.

#### Mogelijke gevolgen

Als er zoutoplossing optreedt tijdens de waterinjectie, zal dit ter plaatse van de put tot instabiliteit kunnen leiden. Oplossing van zoutlagen op afstand van de injectieput kunnen op termijn leiden tot bodemdaling. Gezien de geringe mate waarin zoutoplossing kan optreden (zie ook de beschrijving bij 11.2.5) leidt dit tot eens score van - -.



### Preventieve maatregelen

Selectie van het Schoonebeek gasveld met een lateraal continue anhydriet laag ter bescherming van de bovenliggende halietlaag. Zoutoplossing bij breukzones kan worden voorkomen door de nieuw te boren putten, zodanig te positioneren dat ze ver genoeg van breuken af liggen. Hoe verder van de injectieput, hoe lager de stroomsnelheid van het water, waardoor het risico van zoutoplossing wordt geminimaliseerd.

### Monitoring

Monitoring van mogelijke zoutoplossing bij breukzones kan niet direct worden geregistreerd. Indirect is het mogelijk na te gaan of er zoutoplossing heeft plaatsgevonden door meting van bodemdaling boven het gasveld. Monitoring van zoutoplossing rondom de injectieput is wel mogelijk en wordt uitgevoerd door periodieke metingen in de injectieput.

### Actie bij ongewenste situatie

In het geval tijdens de waterinjectie een duidelijke indicatie ontstaat van mogelijke zoutoplossing, kan verdere waterinjectie in overleg met SodM worden aangepast.

Tabel 10-6. Korte termijn zoutoplossing risicoscore bij waterinjectie per alternatief.

Alternatief	Eigenschappen	Risico
Alternatief 1: Volledig zuiveren tot zoet water en vast zout	Geen waterinjectie.	Niet van toepassing (score 0).
Alternatief 2a: Indikken van de waterstroom, brijninjectie in aquifer	Injectie van geconcentreerd zout water met opgeloste stoffen in de aquifer van het Schoonebeek olieveld.	Boven en onder de aquifer bevinden zich geen zoutlagen die in oplossing zouden kunnen gaan (score 0)
Alternatief 2b: Indikken van de waterstroom, brijninjectie in Schoonebeek gasveld	Injectie van geconcentreerd zout water met opgeloste stoffen in het Schoonebeek gasveld.	Waterinjectie kan leiden tot zoutoplossing nabij de put en bij een breukzone (score - -). Mitigatie door positionering boringen (score -).
Alternatief 3: Waterinjectie in Schoonebeek gasveld	Injectie van zout water met opgeloste stoffen in het Schoonebeek gasveld.	Waterinjectie kan leiden tot zoutoplossing nabij de put en bij een breukzone (score - -). Mitigatie door positionering boringen (score -).

## 10.2.7 Waterinjectie – risicobepaling aardbevingen

Zowel gaswinning als waterinjectie zorgen voor drukveranderingen in de ondergrond en kunnen in potentie tot aardbevingen leiden. Bij injectie van water in een reservoir met veel hogere temperatuur, zal ook de temperatuur van het gesteente afnemen, wat tot spanningsveranderingen zal leiden. Van nature zijn er spanningen aanwezig in de diepe ondergrond. Een breukvlak dat onder kritische spanning staat, kan door een veranderde spanningsbalans een kritisch punt overschrijden, waardoor de gesteentelagen aan weerszijde van de breuk langs elkaar schuiven. Wanneer dit proces plotseling verloopt kan dit gevoeld worden als een aardbeving.

### Classificatie

Aardbevingen (korte en mogelijk lange termijn) kunnen ontstaan ten gevolge van de injectie van productiewater. Hierdoor verandert de druk en temperatuur in de diepe ondergrond, waardoor aanwezige breukzones gereactiveerd kunnen worden. Dit kan leiden tot een aardbeving. Als er kans is op dusdanig krachtige aardbevingen dat er mensen gewond kunnen raken (een veiligheidsrisico) en ernstige

schade aan gebouwen optreedt, dan is de score drievoudig negatief (score - - -). Indien aangetoond is dat het aardbevingsrisico sterk verkleind wordt door alleen injectievelden en putten te gebruiken waar de kans en magnitude van aardbevingen als gevolg van injectie klein is, dan is er sprake van een dubbel negatieve score (score - -). Het gaat dan om velden en putten die niet in de buurt van grote breukvlakken liggen of tijdens de periode van gaswinning aardbevingen hebben gekend. Als het aardbevingsrisico verder verkleind kan worden door een seismisch monitoringsnetwerk en een injectieprotocol, dan is er sprake van een enkel negatieve score (score -). In het injectieprotocol staat beschreven welke maatregelen en acties genomen worden bij een waargenomen trilling.

Deze classificatie geeft een eerste indruk. In het geval van een vergunningaanvraag wordt dit in veel meer detail uitgewerkt voor de specifieke putten en reservoirs en getoetst door SodM.

### Risico

De kans op een geïnduceerde aardbeving als gevolg van waterinjectie hangt primair af of er in de nabijheid van het injectiepunt natuurlijke breuken aanwezig zijn, die onder kritische spanning staan. De magnitude van een geïnduceerde aardbeving door mijnbouwactiviteiten is gerelateerd aan de oppervlakte van een breukvlak dat verschuift. De grote breuklijnen zijn zichtbaar op de seismische beelden van de ondergrond.

De vele aardbevingen in het zeer grote Groningengasveld zijn het bekendste voorbeeld van bevingen als gevolg van gaswinning. Ook in kleine gasvelden komen soms aardbevingen voor zoals in Annerveen, Eleveld, Roswinkel en Emmen. In de 11 jaar van waterinjectie in de Twentevelden zijn geen aardbevingen gemeten.

Boven de velden Schoonebeek gas, Coevorden en Dalen zijn een aantal aardbevingen als gevolg van de gaswinning geregistreerd. Gedurende de 25 jaar dat er wordt gemeten boven deze velden zijn er 10 kleine aardbevingen geregistreerd tijdens de gasproductie fase, met een maximale magnitude van Magnitude 2,2. Er is slechts één aardbeving geregistreerd waarbij een mogelijke associatie met waterinjectie niet uitgesloten kan worden (maar die ook door gasproductie zou kunnen komen).

In 2021 en 2022 is een studie uitgevoerd naar de seismische risico's door injectie in het Schoonebeek gasveld. De hoofdconclusie is dat het seismisch risico lager wordt ingeschat dan tijdens de gasproductiefase<sup>22</sup>.

### Preventieve maatregelen

Wereldwijd is bij de meeste gevallen, waarin waterinjectie tot een aardbeving heeft geleid, de druk in het injectiereservoir opgelopen tot boven de oorspronkelijke druk. Er ontstaan dan spanningen in de ondergrond, die daar eerder niet zijn geweest. Als deze spanningen sterk genoeg zijn kunnen eventueel aanwezige breukvlakken verschuiven met een beving tot gevolg. In Nederland is het daarom niet toegestaan om de druk te verhogen tot boven het oorspronkelijke niveau. Dit verlaagt het risico op aardbevingen aanzienlijk.

Waterinjectie moet vermeden worden in de buurt van actieve breuken. Door gebruik te maken van nieuw te boren putten kan de afstand tot de zichtbare (grotere) breuken worden meegenomen in de keuze waar de put in het reservoir wordt geboord. Met behulp van de seismische informatie zijn de breuklijnen in kaart gebracht. De kans bestaat dat kleinere breuklijnen niet zichtbaar zijn in de seismiek, maar hoe kleiner de oppervlakte van de breuk, hoe kleiner de mogelijke aardbeving zal zijn.

---

<sup>22</sup> NAM (2022) seismic threat assessment for schoonebeek-zechstein water injection. NAM rapport EP202204200931

Daarnaast is een protocol voor seismische activiteit opgesteld op verzoek van SodM. In dit protocol is vastgelegd hoe het risico op mogelijke bevingen beheerst wordt. Het beschrijft, hoe wordt voorkomen dat aardbevingen in de eerste plaats optreden en welke acties genomen worden als zich een trilling voordoet, inclusief het insluiten van het veld bij grote trillingen (groter dan Magnitude 3,0).

### Monitoring

In de regio Zuidoost Drenthe is een seismologisch netwerk geïnstalleerd. Recent zijn er meerdere versnellingsmeters geplaatst die eventuele trillingen beter kunnen waarnemen. Het waarnemen van ook de kleinere en niet voelbare bevingen verschaft extra informatie over het bevingsrisico als gevolg van de waterinjectie. Zo kunnen metingen gekoppeld worden aan het seismisch risicomangement systeem en kunnen er passende acties genomen worden.

### Acties bij aardbeving

Door het seismologisch netwerk worden trillingen direct gedetecteerd. In het seismisch protocol staat beschreven dat bij trillingen boven een bepaalde grens de injectie verlaagd of gestopt wordt. Dit verkleint het seismisch risico met de verwachting dat bevingen als gevolg van waterinjectie niet direct tot één grote beving leiden, maar geleidelijk in intensiteit toenemen.

Tabel 10-7. Korte termijn risicoscore bij waterinjectie per alternatief.

Alternatief	Eigenschappen	Risico
Alternatief 1: Volledig zuiveren tot zoet water en vast zout	Geen waterinjectie.	Niet van toepassing (score 0).
Alternatief 2: Indikken van de waterstroom, brijninjectie in aquifer of Schoonebeek gasveld	Injectie van geconcentreerd zout water met opgeloste stoffen in de aquifer van het olievelde en het Schoonebeek gasveld.	Waterinjectie kan leiden tot aardbevingen. Doordat het gebied in het verleden in beperkte mate aardbevingen heeft gekend, is op voorhand niet uit te sluiten dat er (kleine) bevingen gaan optreden (score - -). Mitigatie door positionering boringen (score -). Mitigatie door positionering boringen (score -).
Alternatief 3: Waterinjectie in Schoonebeek gasveld	Injectie van zout water met opgeloste stoffen in het Schoonebeek gasveld.	Waterinjectie kan leiden tot aardbevingen. Doordat het gebied in het verleden in beperkte mate aardbevingen heeft gekend, is op voorhand niet uit te sluiten dat er (kleine) bevingen gaan optreden (score - -). Dit risico kan uiteindelijk verkleind worden als SodM akkoord geeft op de positionering van de injectieputten. (score -)

## 10.2.8 Verwerking restproducten

In Alternatief 1 en 2 wordt het productiewater gezuiverd voordat het verder wordt verwerkt. Na de zuivering wordt het water geloosd op het oppervlaktewater of geïnjecteerd in de diepe ondergrond. Naast de gezuiverde stroom ontstaan altijd reststromen met de geconcentreerde afvalproducten. Bij Alternatief 3 (waterinjectie Schoonebeek gasveld) zou eventueel een beperkte waterzuivering toegepast kunnen worden, waarna het water in de ondergrond wordt geïnjecteerd.

Bij waterzuivering ontstaan restproducten. Deze restproducten worden bij voorkeur hergebruikt of afgebroken. Dit is echter niet mogelijk voor alle restproducten. Een deel van de restproducten moet opgeslagen worden in de biosfeer. Deze stoffen worden vervoerd naar en opgeslagen in een speciale

stortplaats, waar de restproducten ‘voor eeuwig’ geïsoleerd moeten blijven van hun omgeving (mens en milieu). Transport en opslag van deze reststoffen brengt zowel korte en lange termijn risico's met zich mee.

- Transport van de restproducten (korte termijn risico). Als een vrachtwagen of schip met restproducten een ongeluk krijgt, kunnen de restproducten op de weg, in het water of in de lucht komen. Vooral bij lekkage in het water kan een relatief groot gebied vervuild raken. Afhankelijk van de aard van de vervoerde reststoffen worden er standaard eisen gesteld aan het vervoer om deze risico's te beperken. In geval van een ongeluk wordt het vervuilde gebied direct gesaneerd, waardoor de effecten tijdelijk van aard zijn en herstelbaar. Bij Alternatief 3 is geen zuivering, of een zuivering met dusdanig weinig restproducten dat de risico's tijdens transport nihil worden geacht (score 0). De hoeveelheid reststoffen bij Alternatief 1 en 2 is groter. Dit transport brengt een relatief klein risico met zich mee, maar kan buiten de mijnbouwlocatie optreden. Het risico tijdens transport krijgt daarom een enkel negatieve score (score -). Een gericht risico-verkeersplan zal bij Alternatief 1 van extra groot belang zijn om deze transportrisico's voldoende af te dekken.
- Lekkage van restproducten uit de opslag in het milieu (voornamelijk lange termijn risico). Restproducten zonder een hergebruikfunctie en die niet afgebroken kunnen worden, blijven voor lange tijd of zelf permanent opgeslagen in de biosfeer. Afhankelijk van de aard van de stoffen zijn er verschillende wettelijke eisen aan de opslag om te voorkomen dat de stoffen in het milieu terecht kunnen komen. Dit kan plaatsvinden door verwaaiing of lekkage naar de bodem en grondwater. Vanwege deze eisen zijn op de korte termijn de risico's op lekkage dusdanig klein dat hier een neutrale score aan wordt toegekend (score 0). De effecten blijven binnen de inrichting van de opslaglocatie, worden gemonitord en zijn herstelbaar. Op de (zeer) lange termijn kunnen deze opslaglocaties echter degraderen waarbij de stoffen uiteindelijk in het milieu terecht komen. Dit risico is opgenomen in het volgende hoofdstuk over lange termijn risico's.

De risicoscore bij de verwerking van de reststoffen wordt per alternatief samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 10-8. Korte termijn risicoscore bij verwerking reststoffen per alternatief.

Alternatief	Eigenschappen	Risico
Alternatief 1: Volledig zuiveren tot zoet water en vast zout	Transport van 75 ton zout per dag voor hergebruik of permanente opslag.	Het risico van lekkage uit de opslag op korte termijn wordt als nihil beschouwd. De effecten zijn tijdelijk, binnen de inrichting en herstelbaar (score 0). Vanwege de grote hoeveelheid transportbewegingen van de restproducten is de kans op een ongeluk relatief groot. Daarbij kunnen restproducten lokale verontreiniging buiten de mijnbouwlocatie veroorzaken. Met een gericht verkeersplan zijn deze risico's te beperken (score -).
Alternatief 2: Indikken van de waterstroom, circulaire aanpak, brijninjectie in aquifer olievelde of Schoonebeek gasveld	Transport van reststoffen voor hergebruik, verwerking of permanente opslag. Circa de helft van de reststoffen wordt hergebruikt.	Het risico van lekkage uit de opslag op korte termijn wordt als nihil beschouwd. De effecten zijn tijdelijk, binnen de mijnbouwlocatie en herstelbaar (score 0). Transport van de reststoffen is dermate weinig, dat risico's nihil worden geacht (score 0).
Alternatief 3: Waterinjectie in Schoonebeek gasveld	Bij dit alternatief is geen sprake van waterzuivering.	Geen reststoffen. Effecten zijn nihil (score 0).

### Toelichting risico bij transport van totale hoeveelheid zout bij Alternatief 1

De score van een min voor het risico bij transport van zout met behulp van vrachtwagens is op bovenstaande gebaseerd. De score geeft aan dat het van belang is bij een detailuitwerking hier aandacht aan te besteden door alternatieve afvoermogelijkheden uit te werken of een zodanige locatie en route te kiezen dat de kans op ongelukken geminimaliseerd wordt.

### 10.2.9 Totaaloverzicht risico's korte termijn

Tabel 10-9 vat de score op korte termijn risico's per alternatief en per stap in het verwerkingsproces samen. Dit leidt tot een totaalscore per alternatief, gebaseerd op de maximale score die optreedt binnen dat alternatief.

Tabel 10-9. Samenvatting risico's korte termijn per alternatief.

Risico korte termijn	Alternatief 1: Volledig zuiveren tot zoet water en vast zout.	Alternatief 2a: Indikken van de waterstroom, brijninjectie in aquifer	Alternatief 2b: Indikken van de waterstroom, brijninjectie in Schoonebeek gasveld	Alternatief 3: Waterinjectie in Schoonebeek gasveld
Waterzuivering	-	-	-	0
Watertransport	0	-	-	-
Waterlozing	-	-	-	N.v.t.
Waterinjectie	N.v.t.	-- (-)	-- (-)	-- (-)
Restproducten	-	0	0	0
<b>Totaal</b>	-	<b>-- (-)</b>	<b>-- (-)</b>	<b>-- (-)</b>

Uit de tabel blijkt dat bij de volledige zuivering tot vast zout het korte termijn risico een enkele min is. Voor alle andere alternatieven is er een dubbele min korte termijn risico. Dit betreft het risico van zoutoplossingen (bij Alternatief 2b en 3) en risico's bij de put en bij aardbevingen bij verschillende vormen van waterinjectie. Voor beide risico's geldt dat de positionering van de nieuw te boren putten er toe kan leiden dat het risico verminderd wordt (score -). Wat betreft de risico's op korte termijn worden op basis van deze score geen alternatieven uitgesloten.

### 10.3 Toetsing risico's lange termijn

De risico's op lange termijn hebben betrekking op de periode nadat de activiteiten zijn afgerond. Het is onwenselijk als volgende generaties rekening moeten houden met beperkingen veroorzaakt door de uitvoering van de voorgestelde alternatieven.

Doordat de installaties en transportleidingen worden verwijderd, treden hier op lange termijn geen risico's op. Dit is wel mogelijk ter plaatse het eventueel opgeslagen restzout (Alternatief 1) en ter plaatse van het opgeslagen injectiewater in de diepe ondergrond (Alternatief 2 en 3).

Tabel 10-10. Overzicht classificatie risico lange termijn

Classificatie	Omschrijving / gevolgen
0	De kans op een gebeurtenis met negatieve gevolgen is nihil op een maatschappelijk relevante tijdschaal (binnen 100 jaar)
-	De kans op een gebeurtenis met negatieve gevolgen is niet uit te sluiten op een maatschappelijk relevante tijdschaal. Er worden maatregelen genomen om deze kans te minimaliseren
--	De kans op een gebeurtenis met negatieve gevolgen is redelijkerwijs aanwezig op een maatschappelijk relevante tijdschaal. Alleen met expliciete voorzorgmaatregelen is het risico verantwoord
---	Zonder aanpassing is de kans op de gebeurtenis met negatieve gevolgen zo groot op een maatschappelijk relevante tijdschaal, dat uitvoering niet verantwoord is

### Classificatie risico's lange termijn

De risico's zijn ingedeeld aan de hand van de onderstaande risicoclassificatie. De classificatie geeft een indicatie van de omvang van de risico's. Een belangrijk verschil met de korte termijn risico's is dat deze risico's op een veel grotere tijdschaal spelen. Waar het bij de korte termijn risico's niet relevant is of de calamiteit optreedt na 1 of 10 jaar, maakt het bij de lange termijn risico's wel uit. Bij lange termijn wordt gekeken naar een periode van meerdere decennia tot meer dan 100 jaar. Hoe verder in de toekomst, hoe meer andere onzekerheden ook toenemen, waardoor dit specifieke risico in relevantie afneemt. Daarom is er een andere risicoclassificatie voor de korte en de lange termijn risico's. Het is een absolute classificatie van risico's, waarbij ieder risico negatief is of nihil.

### 10.3.1 Waterinjectie: opslag water in de ondergrond

In Alternatief 2 en 3 wordt injectiewater opgeslagen in de aquifer van het olieveld of in het Schoonebeek gasveld. Hier dient het water voor de (zeer) lange termijn te blijven en niet uit de diepe ondergrond naar de biosfeer te kunnen lekken. Bij de risico-inventarisatie is het van belang onderscheid te maken tussen het gedrag van vloeistoffen en gassen. Na waterinjectie zal het water onder in het reservoir terecht komen, terwijl het nog resterende aardgas zich geleidelijk aan boven in het reservoir zal ophopen.

#### Maatregelen bij waterinjectie om risico' te beperken

De ondergrondse gasreservoirs, die bestaan uit een poreus gesteentepakket met daarbovenop afsluitende lagen, zijn geologisch gezien stabiel. Gedurende miljoenen jaren heeft het gas zich onder de afsluitende laag verzameld en is zo miljoenen jaren in een natuurlijk evenwicht onder hoge druk bewaard gebleven. De aanwezigheid van het aardgas is bewijs dat stoffen niet uit het reservoir konden ontsnappen.

Als gevolg van de gaswinning is in het reservoir de druk verlaagd ten opzichte van de oorspronkelijke evenwichtsdruk. Dit kan leiden tot bodemdaling en zelfs aardbevingen. Door het opnieuw vullen van het reservoir met injectiewater wordt de drukdaling door de gasproductie in zekere mate gecompenseerd. In Nederland geldt de regel dat de gemiddelde reservoirdruk door waterinjectie niet hoger mag worden dan de oorspronkelijke reservoirdruk. Zo wordt voorkomen dat er ondergrondse spanningen ontstaan die voor de gaswinning niet aanwezig waren. Lokaal mag de druk bij de injectieput wel tijdelijk hoger zijn, maar ook niet zodanig hoog worden dat afsluitende lagen kunnen worden beschadigd. Deze processen worden beheerst met het Waterinjectie Management Plan.



### **Bodembeweging vooral op korte termijn een risico**

Drukverandering als gevolg van de waterinjectie kan bodemtrillingen veroorzaken. Dit is voornamelijk een korte termijn risico, en is beschreven in paragraaf 10.2.4. In theorie kunnen langzame chemische processen in de diepe ondergrond ook de drukbalans in de diepe ondergrond verstoren. Calsiet afzettingen in een natuurlijk breukvlak zouden bijvoorbeeld kunnen oplossen, waardoor de wrijvingsweerstand in de breuk afneemt en deze kan verschuiven. Zo kunnen ook nog na de waterinjectie bodemtrillingen ontstaan. Dit wordt echter als een zeer beperkt risico beschouwd en is daarom alleen bij de korte termijn risico's beschreven.

De volgende lange termijn gebeurtenissen worden onderstaand nader beschreven:

- Lekkage uit de diepe ondergrond door of langs de afgesloten putten;
- Lekkage uit het reservoir via breuken;
- Aantasting bovenliggende steenzoutlaag door zoutoplossing.

### **10.3.2 Lekkage via afgesloten putten**

De put doorboort de afsluitende laag, zodat de productie van olie of gas mogelijk werd. De doorvoering van de put door de afsluitende laag vormt over het algemeen het zwakste punt in het opslagreservoir.

#### **Risico**

Na gebruik wordt de injectieput afgesloten. Door corrosie over honderden of duizenden jaren kan de stalen put of de cementpluggen degraderen waardoor potentiële lekkagepaden ontstaan. Bij zowel bestaande als nieuw geboorde putten moet rekening worden gehouden met de situatie dat na de waterinjectie het reservoir op een hogere druk wordt afgesloten, dan in de situatie na alleen de gaswinning of oliewinning. Vanwege deze hogere druk moet de afgesloten put beter bestand zijn tegen eventuele lekkage van gassen.

In het Schoonebeek gasveld zijn meerdere putten aanwezig. Dus niet alleen de injectieput zelf, maar ook de overige putten vormen een potentieel lekkage pad waarlangs (gas)lekkage kan ontstaan. Het is dus van belang dat deze andere putten ook goed afgesloten zijn.

De cementering langs de buitenzijde van de put en de cementpluggen vormen normaal een ondoordringbare barrière. Lekkage kan echter ontstaan als gevolg van corrosie of slechte plaatsing van het cement. Stoffen kunnen via deze lekkagepaden naar andere formaties in de ondergrond stromen die normaal van elkaar gescheiden zijn. De doorvoering van de put fungeert dan als pad waarlangs verticale migratie van stoffen in de diepe ondergrond mogelijk wordt.

- Het geïnjecteerde water kan niet vanzelf omhoog stromen. Water bevindt zich tussen de poriën van het gesteente en zal alleen stromen naar een gebied met een lagere hydrostatische druk. Omdat het reservoir beneden zijn oorspronkelijke druk wordt afgesloten, heerst er een lichte onderdruk ten opzichte van zijn omgeving. Als de afsluitende laag boven het reservoir om een bepaalde reden toch niet meer geheel afsluit, dan zal in theorie juist water uit bovenliggende lagen het reservoir instromen. Het geïnjecteerde productiewater zal dus niet omhoog kunnen stromen naar de grondwater voerende lagen waaruit drinkwater wordt gewonnen.
- Omdat gassen lichter zijn dan water, kunnen gassen zoals methaan die nog in het 'lege' gasreservoir aanwezig zijn omhoog borrelen via lekkagepaden langs de put. Zo kunnen gassen ondiepe bodemlagen bereiken en uiteindelijk zelfs in de atmosfeer terecht komen. In watervoerende pakketten met drinkwater in Nederland komt een kleine hoeveelheid gassen voor, zoals methaan. Deze gassen zijn via een natuurlijk proces in het water gekomen. Dit is niet schadelijk voor de omgeving. Echter is

methaan wel een sterk broeikasgas, dat bijdraagt aan de klimaatverandering. Methaanlekage uit de afgesloten put is daarom ongewenst.

In de diepe ondergrond zijn echter verschillende ondoordringbare lagen aanwezig die de opwaartse gasstroom tegengehouden (zoals zout of kleisteen lagen). De bovenliggende zoutlagen hebben een zelfherstellend vermogen doordat zout zich onder hoge druk gedraagt als een dikke vloeistof (zout stroomt langzaam in de richting van eventuele holtes, zogenaamde 'zoutkruip'). Daarom is het risico op lekkage van gassen na correcte abandonnering klein. Maar dat geabandonneerde putten na honderden of zelfs vele duizenden jaren geen lekkage vertonen is niet geheel uit te sluiten.

### Selectie van de putten

Gezien de bovenstaande risicobeschrijving, dienen de putten in het gasveld te voldoen aan een goede putintegriteit, waarbij de putwand voldoende dikte heeft en de cementering in orde is. Voor het gasveld Schoonebeek Gas is een uitgebreide putselectie uitgevoerd. Voor herinjectie in het gasveld zullen nieuwe putten worden geboord, die voldoen aan de gestelde eisen.

### Preventieve maatregelen en monitoring

Door op de juiste wijze en volgens de beste standaarden een put af te sluiten wordt het risico op lekkage van gassen sterk beperkt. In Nederland ziet SodM erop toe dat de put correct afgesloten wordt. Dit geldt ook voor andere eventueel aanwezige gasputten in het reservoir die niet voor waterinjectie zijn gebruikt. De put wordt definitief afgesloten met meerdere cementpluggen van meer dan 100 meter en daartussen zit niet-corrosieve vloeistof. Boven kwetsbare secties wordt de put ook nog lateraal uitgeboord zodat een holle ruimte ontstaat. Deze gehele ruimte wordt vervolgens gevuld met cement zodat er geen verticale migratie tussen formaties onder en boven de put mogelijk is (een zogenaamde pancake plug als preventieve maatregel). Daarnaast wordt de put circa 3 meter onder het maaiveld afgeknipt en dichtgelast. De bovengrondse locatie wordt verwijderd en teruggebracht naar de oorspronkelijke staat.

### Acties in geval van lekkage van gassen

Zodra een lekkage wordt geconstateerd, kan de put worden hersteld om de gasstroom te stoppen. Of op de zeer lange termijn (ruim 100 jaar) herstelwerkzaamheden aan de put nog mogelijk zijn is echter onzeker. Ook is dan misschien niet meer bekend wat de oorzaak van de lekkage is, omdat de kennis over de gasput verloren kan zijn gegaan. Het reservoir wordt als gevolg van de injectie op hogere druk afgesloten dan na beëindiging van de gaswinning. Hierdoor neemt als gevolg van de waterinjectie het risico op lekkage van gassen mogelijk toe.

Uit bovenstaande blijkt dat er op lange termijn vrijwel geen risico is dat het injectiewater omhoogkomt in de biosfeer. De kans dat resterend methaan uit het Schoonebeek gasveld alsnog omhoog migreert is niet uit te sluiten. Dit risico is aanwezig in de situatie dat er geen waterinjectie plaatsvindt, maar wordt verhoogd doordat bij waterinjectie de reservoirdruk zal toenemen.

Omdat de lekkage van gassen zoals methaan bijdraagt aan het broeikaseffect, krijgt dit risico voor Alternatief 2 en 3 een enkel negatieve beoordeling (score -).

## 10.3.3 Lekkage uit reservoir

Het injectiewater wordt opgeslagen in de aquifer van het olieveld of in het gasveld Schoonebeek. Deze reservoirs zijn afgesloten door een ondoordringbare laag. De uiteindelijke waterdruk is lager dan de poriëndruk in het omliggende gesteente. Er is dus een naar binnen gekeerde drukcomponent. Hierdoor is de kans zeer gering dat het water uit het reservoir stroomt.

### Risico's

Als er breuken vanuit het reservoir door de afsluitende laag heen lopen kunnen deze (gaan) fungeren als een migratiepad. Omdat de olie of het aardgas niet heeft kunnen ontsnappen is het in eerste instantie zeker dat de breuken niet doorlatend zijn en er geen gassen of vloeistoffen doorheen kunnen stromen. Vanwege de gaswinning en daarna de waterinjectie treden er echter spanningsveranderingen op in het reservoir. Hierdoor kunnen breuken verschuiven of niet meer geheel afsluiten. Breuken kunnen ook gevuld zijn met bijvoorbeeld steenzout of kalksteen. Als dit oplost kan ook een lekkagepad ontstaan. Hierdoor kan het water uit het reservoir in contact komen met het vergelijkbare zoute water uit de bovenliggende lagen. Vanwege de naar binnen gekeerde drukgradiënt zal water juist het reservoir in stromen.

Mocht het geïnjecteerde water toch buiten het reservoir kunnen komen, dan bevindt het zich nog steeds op grote diepte, samen met ander zout formatiewater. Het water wordt dan onderdeel van dat lokale diepe watersysteem. Op deze diepten bevat het watersysteem zout water en er is weinig tot geen sprake van watertransport. Gezien de omgevingsdruk zal het productiewater zich gedragen zoals het overige aanwezige water, met vergelijkbare samenstelling. Dit water zal het zoete grondwater niet bereiken, anders zou dit ook gelden voor het overige zoute water. Wegens de afwezigheid van zout water aan het oppervlak is dit niet het geval.

Chemische veranderingen kunnen het reservoir in theorie aantasten. Omdat het injectiewater uit vergelijkbare formaties in de diepe ondergrond komt is het van vergelijkbare chemische samenstelling. Reservoir-eigen (compatibele) stoffen in het injectiewater zullen normaal gesproken geen problemen veroorzaken met betrekking tot de integriteit van het reservoir. Wel zal altijd preventief geverifieerd moeten worden of er bijvoorbeeld geen geochemische reacties zoals zwellen van kleien of afzetting van zouten plaats kan vinden, waardoor de productiewaterinjectie kan worden belemmerd. Zoutoplossing wordt als aparte categorie besproken.

De stoffen die nodig zijn om bijvoorbeeld bacteriëngroei te remmen of corrosie te beperken, beïnvloeden de integriteit van het reservoir niet. Desondanks wordt het gebruik van chemicaliën (niet bodem-eigen stoffen) bij de waterinjectie zoveel mogelijk beperkt. Deze chemicaliën blijven door de goede afsluitende lagen opgesloten in het reservoir.

### Preventieve maatregelen en monitoring

Er is een aantal aspecten van het reservoir waarmee rekening gehouden moet worden om te verzekeren dat het injectiewater permanent opgeslagen blijft in het reservoir. Dit zijn:

- Reservoirdruk;
- Opslagvolume;
- Aanwezigheid van breuken door de afsluitende laag heen;
- Zoutoplossing (apart in volgende paragraaf 10.3.4).

#### *Reservoirdruk*

Vanwege het gewicht van de bovenliggende gesteentelaag is de druk in de diepe ondergrond hoog. De afsluitende laag heeft bewezen het aardgas miljoenen jaren vast te kunnen houden bij deze oorspronkelijke druk. Door de gaswinning is de druk in het 'lege' gasveld lager geworden. Zolang tijdens de waterinjectie de oorspronkelijke druk niet overschreden wordt, kan men aannemen dat het injectiewater of resterende gassen niet kunnen ontsnappen uit het reservoir.

#### *Opslagvolume*

Het reservoir wordt niet verder gevuld dan tot het niveau waar het aardgas zich heeft geaccumuleerd. Als de druk namelijk hoger oploopt kan het injectiewater in sommige gevallen langs de zijkant van het reservoir stromen.

#### *Breuken*

Doorlatende breuken kunnen fungeren als migratiepad door de afsluitende laag. Zoutlagen vormen de ideale afsluiting van reservoirs omdat deze zich plastisch gedragen. Eventueel ontstane breuken sluiten zich weer in de zoutlaag. Klei(steen)lagen vertonen deze zelfhelende eigenschappen minder.

Hoewel niet uit te sluiten, is de kans op lekkage van water uit het reservoir gering en als het optreedt, zal het water mengen met vergelijkbaar water in de diepe ondergrond. Deze diepe watersystemen zijn stabiel en het is daarom zeer onwaarschijnlijk tot niet mogelijk dat het water vervolgens naar hoger gelegen bodemlagen in de biosfeer zal migreren op een maatschappelijk relevante tijdschaal. Dit risico krijgt geen negatieve beoordeling (score 0).

### **10.3.4 Zoutoplossing**

In Alternatief 2b en Alternatief 3 wordt het injectiewater opgeslagen in het Schoonebeek gasveld, in de Zechstein 2 carbonaat formatie. Boven deze formatie bevindt zich een afschermdende anhydriet laag. Daarboven komt een dik pakket steenzout (haliet) voor, met daar boven het overliggende Trias Hoofd-Kleistein Laagpakket van meer dan 200 m dik. Het injectiewater is relatief zout water, maar het is nog lang niet verzadigd met zout. Water verzadigd met zout bevat 356 g NaCl per liter bij een temperatuur van 0°C. Het injectiewater bevat 28,3 gram per liter opgeloste zouten. Indien het injectiewater in contact komt met het steenzout, kan een deel van het steenzout oplossen in het injectiewater. Dit is een ongewenste situatie. Bij Alternatief 2a met opslag in de aquifer van het olieveld speelt dit risico niet, omdat de zoutlagen veel dieper liggen dan de aquifer.

Als dit toch gebeurt, raakt het injectiewater met zout verzadigd en stopt de oplossing alsnog. Indien er stroming ontstaat in het reservoir, zal het zout verzadigde injectiewater worden vervangen door nog niet verzadigde injectiewater, waardoor het proces van zoutoplossing verder kan gaan. Tijdens water de waterinjectie treedt vooral nabij de injectieputten waterstroming op. Op de lange termijn kan waterstroming ontstaan, omdat water dat het zout oplost zwaarder wordt dan het overige water. Hierdoor zakt het in het reservoir naar beneden en wordt het vervangen door niet verzadigd water. Zo kan in theorie een convectie cel binnen het reservoir ontstaan, waardoor steeds onverzadigd water naar de zoutlaag getransporteerd wordt.

Bij een direct contact tussen injectiewater in het gasreservoir en steenzout kan zodoende zoutoplossing optreden. De mate waarin dit wordt voortgezet is afhankelijk van de stroming in het reservoir. Dit kan optreden nabij een injectieput en daar waar verticale stroming in een reservoir mogelijk is. Op termijn zal het resterende aardgas in het reservoir migreren naar de bovenzijde van het gasveld en zodoende een laag vormen tussen het steenzout en het geïnjecteerde water.

NAM heeft meerdere onderzoeken uitgevoerd naar mogelijk oplossing van steenzout en de effecten daarvan. (Halite dissolution modeling, 2016). Uit de modelstudies bleek daarom dat deze risico's nihil zijn bij de juiste reservoir keuze. Uit een tweede studie (Subsidence caused by Halite dissolution due to water injection into depleted Carbonate gas reservoirs encased in Halite) is gebleken dat in het geval dat op termijn het injectiewater door zoutoplossing toch volledig zoutverzadigd zou worden, dit tot een bepaalde mate van regionale bodemdaling zou kunnen leiden, wat naar verwachting geen schade of milieurisico's tot gevolg zal hebben.

De aanwezigheid van ondoorlaatbare en onoplosbare anhydriet- en kleilagen vormt een natuurlijke barrière tussen het injectiewater en het steenzout, wat daardoor niet in oplossing kan gaan. Het Schoonebeek gasveld is voorzien van een anhydrietlaag. In het gasveld is echter een breukzone aanwezig waar direct contact is tussen het reservoir en het steenzout. De injectieputten dienen op voldoende afstand van deze breukzone geplaatst te worden.

Zoutoplossing is een ongewenste gebeurtenis die kan optreden waar het injectiewater in het Schoonebeek gasveld in direct contact staat met steenzout, ter plaatse van de breukzone. Hier zal zoutoplossing optreden, wat een negatieve score voor Alternatief 2b en 3 oplevert (score - -). Door de injectieputten op afstand te plaatsen van de breukzone, zal de toestroom van onverzadigd injectiewater worden geminimaliseerd. De lange termijn risico's van zoutoplossing zoals bodemdaling kunnen daarmee geminimaliseerd worden. Met deze mitigerende maatregel is er een enkel negatieve score (score -).

### 10.3.5 Verwerking restproducten: opslag in stortplaatsen aan maaiveld

In Alternatief 1 en 2 is sprake van waterzuivering. Bij waterzuivering ontstaan restproducten. De meeste restproducten kunnen verwerkt worden door afvalverwerkers, zoals dit ook gebeurt bij andere waterzuiveraars in Nederland. De restproducten worden dan verbrand of hergebruikt. Dit levert geen lange termijn risico's op (**score 0**).

Bij Alternatief 1 Vaste zoutproducten, worden zodanig grote hoeveelheden zout geproduceerd, dat dit niet naar gewone verwerkers afgevoerd kan worden. Mogelijk kan dit zout direct hergebruikt worden, maar de kans is groot dat het langdurig of permanent opgeslagen moet worden in een speciale stortplaats. De opslag van dit zout in de biosfeer geeft daarom een langdurige belasting van de omgeving. Op de lange termijn bestaat het risico dat deze stortplaatsen degraderen en er reststoffen vanuit de stortplaatsen in de bodem kunnen infiltreren en zo tot milieuschade leiden. De kans dat dit gebeurt wordt op de (zeer) lange termijn als redelijk groot beschouwd. Alleen met expliciete voorzorgmaatregelen en een lange termijn beheerbeleid van de stortplaats is dit risico te verantwoorden.

Bovengrondse zoutopslag leidt ertoe dat op termijn de kans op lekkage van zout in het milieu aanzienlijk is. Dit is een ongewenste gebeurtenis, wat een negatieve score voor Alternatief 1 oplevert (score - -). Door zoutopslag in de ondergrond op te slaan, bijvoorbeeld in mijnen, kan dit risico worden vermeden. Het is echter op voorhand niet duidelijk of deze oplossing beschikbaar is. Met deze mitigerende maatregel is er een enkel negatieve score (score -).

### 10.3.6 Overzicht risico's lange termijn

De onderstaande tabel vat de score per alternatief en lange termijn risico samen. Dit leidt tot een totaalscore per alternatief, gebaseerd op de maximale score die optreedt binnen dat alternatief.

Tabel 10-11. Samenvatting risico's lange termijn per alternatief.

Risico lange termijn	Alternatief 1: Volledig zuiveren tot zoet water en vast zout.	Alternatief 2a: Indikken van de waterstroom, brijninjectie in aquifer	Alternatief 2b: Indikken van de waterstroom, brijninjectie in Schoonebeek gasveld	Alternatief 3: Waterinjectie in Schoonebeek gasveld
Lekkage putten	N.v.t.	-	-	-
Lekkage reservoir	N.v.t.	0	0	0
Zoutoplossing	N.v.t.	0	-- (-)	-- (-)
Restproducten	-- (-)	0	0	0
<b>Totaal</b>	<b>-- (-)</b>	<b>-</b>	<b>-- (-)</b>	<b>-- (-)</b>

Het lange termijn risico op lekkage van gassen uit de put kan tot een negatief effect leiden. De kans dat deze risico's zich voordoen op een maatschappelijk relevante tijdschaal is echter klein, indien de voorzorgsmaatregelen worden toegepast. Daarmee krijgen deze risico's een enkel negatieve beoordeling (**score -**).

De lange termijn risico's op lekkage uit het reservoir worden als nihil beschouwd, vanwege de strenge selectie van de opslagreservoirs en voorzorgsmaatregelen bij injectie. Daarom krijgt dit risico een neutrale beoordeling (**score 0**).

Het lange termijn risico ten gevolge van zoutoplossing wordt bij waterinjectie in het Schoonebeek gasveld als negatief beoordeeld vanwege het mogelijke directe contact met het steenzout (**score --**). Indien mitigerende maatregelen worden toegepast, door de nieuwe putten op voldoende afstand van de breukzone te plaatsen, ontstaat een lagere score, mede doordat het effect van bodemdaling beperkt zal blijven (**score -**).

Uit de tabel blijkt dat bij de volledige zuivering tot vast zout en lozing van schoon water het lange termijn risico dubbel negatief is (**score --**), vanwege de grote opslag van de restproducten. Met mitigerende maatregelen van ondergrondse opslag is dit te beperken (**score -**).

Wat betreft de lange termijn risico's worden op basis van deze scores geen alternatieven uitgesloten.



## 11 Kosten

Onderstaand is een indicatie van de kosten per alternatief weergegeven. Bij meer gedetailleerde uitwerking zal een begroting met grotere betrouwbaarheid mogelijk zijn. In de huidige situatie is uitgegaan van robuuste oplossingen, waarbij mogelijke kostenbesparingen bij optimalisatie zijn gemeld. Het huidige kostenniveau is als maatgevend gebruikt, voor een komende productieperiode van 10 jaar.

Doel van het kostenoverzicht is een indruk te krijgen van de absolute kosten die bij de verschillende keuzes horen. Daarnaast maakt het kostenoverzicht de verschillen tussen verschillende alternatieven duidelijk. Daarmee kan worden gekomen tot een afweging van kosten ten opzichte van risico of milieueffect.

### 11.1 Methodiek om kosten en baten te bepalen

#### Investeringskosten en operationele kosten

Voor het vaststellen van de kosten voor de verschillende waterzuiveringsopties heeft Royal HaskoningDHV gebruik gemaakt van beschikbare kostenmodellen. Dit heeft betrekking op zowel de investeringskosten als de operationele kosten. Royal HaskoningDHV heeft hiervoor gebruik gemaakt van beschikbare kostenmodellen uit de Nederlandse waterindustrie, gebaseerd op eerder uitgevoerde projecten. Voor specifieke onderdelen zoals de MVR en kristallisatie unit zijn prijzen bij internationaal werkende leveranciers van dergelijke installaties opgevraagd.

De investeringskosten en operationele kosten voor het watertransport en de waterinjectie zijn intern door NAM bepaald, op basis van eerdere door NAM uitgevoerde projecten. Het zijn relatief grove inschattingen, die in de praktijk nog aanzienlijk af kunnen wijken. Echter, het is de verwachting dat de orde grootte wel juist is en dat de onderlinge verschillen daadwerkelijk zullen optreden.

Voor de operationele kosten geldt dat de gehele periode van 2022 tot circa 2050 naar verwachting circa 28 jaar zal duren. Als indicatie van de kosten is nu rekening gehouden met een periode van 10 jaar. Dit is een benadering van de netto-contante-waarde methode, waarbij de huidige kosten en toekomstige kosten kunnen worden vergeleken.

Voor de alternatieven bestaan de aanlegkosten uit het ontwikkelen en realiseren van een waterzuivering, het realiseren van een leidingtracé en het aanleggen van watertransportleidingen, het realiseren van lozingspunten en daar waar waterinjectie wordt voortgezet in andere velden, het aanpassen van de benodigde locaties en boren van nieuwe putten.

#### Baten

Naast kosten zijn er voor de oliewinning Schoonebeek baten in de vorm van de oliewinning. Deze worden voor alle alternatieven gelijkgesteld, ervan uitgaande dat hetzelfde volume olie winbaar is. Doordat deze baten niet onderscheidend zijn, heeft dit geen invloed op de afweging tussen alternatieven.

#### De geraamde kosten in relatie tot eerdere ramingen

De kostenraming is op hoofdlijnen uitgevoerd, wat inhoudt dat de meest kostbare aspecten geraamd zijn, nog zonder engineering van alle onderdelen. Dat houdt in dat er onzekerheid bij de onderdelen van de kostenraming. Dit is de standaard werkwijze in de industrie waarbij geleidelijk aan de kosten met verdere uitwerking ook steeds gedetailleerder in beeld komen.

Ten opzichte van de eerdere kostenraming blijken alle alternatieven inmiddels tot hogere kosten te leiden. Dit wordt veroorzaakt door:

- Technische aanpassing van de alternatieven. Zo wordt er nu uitgegaan van nieuwe injectieputten in plaats van aanpassing en hergebruik bestaande putten.
- Marktontwikkelingen waarbij materiaalkosten snel gestegen zijn ten gevolge van krapte op de internationale markt en de relatief hoge inflatie. Door de hoge energieprijzen is er veel vraag naar olie en gas diensten (engineering, constructie, boringen). Ook zijn de prijzen van staal en apparatuur sterk gestegen.

## 11.2 Aanlegkosten

De aanlegkosten bestaan voornamelijk, afhankelijk van het alternatief, uit de kosten voor een waterzuivering, aanleg nieuwe transportleidingen en aanpassing bij de injectielocaties, inclusief boren nieuwe putten.

### Bouw van een waterzuivering

De kosten voor de aanleg van een waterzuivering verschillen per alternatief. De waterzuivering bestaat veelal uit meerdere stappen, die sterk verschillend kunnen zijn in kosten. Voor Alternatief 1 waarin een MVR en een kristallisatiestap worden gebruikt, zullen de aanlegkosten het hoogst zijn. Voor Alternatief 2 waar gebruik wordt gemaakt van membraanzuivering om het productiewater in te dikken liggen de kosten lager. Voor Alternatief 3 is geen zuivering voorzien en zijn de kosten het laagst.

### Aanleg transportleidingen

Het aanleggen van transportleidingen heeft betrekking op de afvoer van water:

- Van bestaande pijpleiding naar injectielocaties waarvoor GRE-leidingen worden gebruikt;
- GRE-transportleidingen van de OBI naar de waterzuivering en van daar naar de ultra puur waterfabriek
- Van waterinjectie skids naar de injectieputten waarvoor roestvaststaal gebruikt wordt.
- Naar oppervlaktewater om zoet water af te voeren.

De kosten van de aanleg van nieuwe GRE-transportleidingen zijn onder meer afhankelijk van de lengte van het tracé en het aantal kruisingen met wegen en vaarten.

### Boren putten

Voor waterinjectie zijn nieuwe waterinjectieputten nodig. Kosten hiervoor zijn circa € 15 miljoen per put. Het aantal putten hangt af van het te injecteren watervolume. Voor Alternatief 3, waterinjectie in Schoonebeek gasveld, zullen 4 nieuwe putten nodig zijn. Voor brijninjectie in het Schoonebeek gasveld zijn maar 2 injectieputten nodig omdat de volumestroom lager is (Alternatief 2b). Voor Alternatief 2a, waar de brijn wordt geïnjecteerd in de Schoonebeek aquifer zijn 2 injectieputten nodig en 2 waterproductieputten om de Schoonebeek oost reservoirdruk in de aquifer op pijl te houden.

### Aanpassing waterinjectielocaties

Voor de ombouw van een gaswinlocatie en gaswinputten naar een injectielocatie met waterinjectieputten, dienen, naast het boren van nieuwe injectieputten, ook waterinjectieskids geplaatst en geïnstalleerd worden. De locatie zelf dient aangesloten te worden op de watertransportleiding.

### Aanpassingen Schoonebeek putten en leidingen

Voor Alternatief 1 is het de bedoeling dat na de waterzuivering schoon water beschikbaar is voor hergebruik bij stoomproductie of voor lozing op het oppervlaktewater.

De hoeveelheid mee geproduceerd H<sub>2</sub>S kan leiden tot aantasting van de leidingen tussen de productieputten en de OBI. In de huidige situatie wordt H<sub>2</sub>S in het oliewatermengsel geneutraliseerd door het toevoegen van H<sub>2</sub>S-binder. Het oliewatermengsel bevat in plaats van H<sub>2</sub>S dan veel H<sub>2</sub>S-binder.

Er is geen effectieve waterzuivering bekend om de H<sub>2</sub>S-binder weer te verwijderen, zodat het als hulpmiddel in het productiewater aanwezig blijft. Dit is een onwenselijke situatie, omdat daarmee het resterende water niet herbruikbaar is. Het gebruik van H<sub>2</sub>S-binder kan worden voorkomen door de leidingen tussen de productieputten en de OBI te vervangen door leidingen met H<sub>2</sub>S resistent materiaal.

Het geheel vervangen van de leidingen in het Schoonebeekveld door leidingen die resistent zijn voor hogere H<sub>2</sub>S-gehalten, zal naar verwachting circa € 161 miljoen kosten. Het vervangen van roestvrijstalen-leidingen leidt tot kosten in de aanlegfase. Deze kosten worden apart getoond naast de feitelijke kosten voor de verwerking van productiewater.

### 11.3 Operationele kosten

Tijdens de uitvoering van het project zijn er operationele kosten (OPEX). Deze bestaan bij de waterzuivering voor een belangrijk deel uit energiekosten en kosten voor chemicaliën. Bij het watertransport zijn er naar verwachting weinig kosten. Bij waterinjectie kunnen energiekosten voor komen, in verband met de benodigde injectiedruk. De afvoer van reststoffen geeft kosten, tenzij deze nuttig hergebruikt kunnen worden. Daarnaast zijn er kosten voor onderhoud en beheer bij alle onderdelen.

### 11.4 Kosten per alternatief

#### Kosten Alternatief 1

- De kosten voor de aanpassing van de infield leidingen (tussen de productieputten en de OBI) komen uit op € 161 miljoen;
- De totale aanlegkosten voor de waterzuivering, de overige installaties en benodigde leidingen komen uit op € 131 miljoen;
- De operationele kosten bestaan uit kosten voor de waterzuivering, onderhoud, energie en chemicaliën, afvoer van het zoute restproduct geraamd op € 38,4 miljoen/jaar en voor een maatgevende periode van 10 jaar zijn de kosten € 384 miljoen;
- De kosten voor Alternatief 1 komen daarmee op € 676 miljoen.

#### Kosten Alternatief 2a

- De totale aanlegkosten komen uit op (€ 131 miljoen aanpassing voor de waterzuivering en installatie pijpleidingen en € 60 miljoen voor twee nieuwe injectieputten en twee nieuwe productieputten) circa € 191 miljoen;
- De jaarlijkse productiekosten komen daarmee op € 8,6 en voor een maatgevende periode van 10 jaar zijn de kosten € 86 miljoen;
- De kosten voor Alternatief 2a komen daarmee op € 277 miljoen.

#### Kosten Alternatief 2b

- De totale aanlegkosten komen uit op (€ 102 miljoen aanpassing voor de waterzuivering en pijpleidingen en € 30 miljoen voor twee nieuwe injectieputten) circa € 132 miljoen;
- De jaarlijkse productiekosten komen daarmee op € 7,8 en voor een maatgevende periode van 10 jaar zijn de kosten € 78 miljoen;
- De kosten voor Alternatief 2b komen daarmee op € 210 miljoen.

### Kosten Alternatief 3

- De totale aanlegkosten komen uit op (€ 21 miljoen aanpassing van de injectielocaties en pijpleidingen en € 60 miljoen voor vier nieuwe injectieputten) circa € 81 miljoen;
- De jaarlijkse productiekosten komen daarmee op € 5,9 miljoen, en voor een maatgevende periode van 10 jaar zijn de kosten € 59 miljoen;
- De kosten voor Alternatief 3 komen daarmee op € 140 miljoen.

## 11.5 Overzicht berekende kosten

In onderstaande tabel zijn de mogelijke kosten voor aanpassingen in het Schoonebeek veld aangegeven. Deze kunnen variëren, afhankelijk van de inschatting van materiaaleigenschappen. Daarnaast zijn de aanlegkosten en operationele kosten weergegeven.

Tabel 11-1. Overzicht geraamde kosten van de alternatieven, uitgedrukt in miljoen €.

Kosten	Alternatief 1: Volledig zuiveren tot zoet water en vast zout.	Alternatief 2a: Indikken van de waterstroom, brijninjectie in aquifer	Alternatief 2b: Indikken van de waterstroom, brijninjectie in Schoonebeek gasveld	Alternatief 3: Waterinjectie in Schoonebeek gasveld
Schoonebeek pijpleidingen	161	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
Aanlegfase	131	191	132	81
Operationele fase	384	86	78	59
<b>Indicatie totaalkosten</b>	<b>676</b>	<b>277</b>	<b>210</b>	<b>140</b>

Uit de vergelijking blijkt dat Alternatief 3 de laagste aanlegkosten heeft. Bij de overige alternatieven bedragen de aanlegkosten tussen € 131 miljoen en € 191 miljoen. De operationele kosten van Alternatief 1 zijn aanzienlijk hoger dan bij de overige alternatieven. Uit de resultaten zoals gepresenteerd in tabel 11.1 blijkt dat de kosten hoger zijn dan eerder geraamd. Ook blijkt dat relatief gezien de kosten voor Alternatief 3 het laagste zijn.

## 12 Conclusie CE-toetsing

### 12.1 Conclusie

In deze rapportage is beschreven hoe is gekomen tot drie realiseerbare alternatieven voor de verwerking van productiewater dat ontstaat bij de oliewinning Schoonebeek. Er is uitgegaan van het optimaal functioneren van de oliewinning waarbij dagelijks 6.500 m<sup>3</sup> productiewater ontstaat. Waterinjectie in de Twentevelden wordt stopgezet en is niet meer als optie in de afweging meegenomen.

De selectie van een uitgebreide lijst, selectie op basis van vooraf gestelde criteria en nadere uitwerking van kansrijke opties, is uitgevoerd conform eerdere afwegingen in het MER 2006, de Herafweging 2016 en de Herafweging 2022. Het alternatief waarbij gezuiverd zoutwater wordt afgevoerd naar de Ems valt op politieke redenen af. De variant waarbij herinjectie plaatsvindt in het olieveld Schoonebeek valt om technische redenen af. Dit heeft geleid tot de volgende realiseerbare alternatieven:

- Zuivering van de gehele waterstroom tot schoon zoetwater en vaste zoute restproduct;
- Indikken van het mee geproduceerde water, waarbij een brijn ontstaat dat wordt geïnjecteerd in de diepe ondergrond en schoon water dat kan worden benut voor stoomproductie;
- Injectie van het meegeproduceerde water in de diepe ondergrond.

De drie alternatieven zijn vergelijkbaar met de eerder omschreven alternatieven in het MER van 2006, in de Herafweging 2016 en de Herafweging 2022. Er zijn echter optimalisaties toegepast in het ontwerp, waarvan de belangrijkste zijn:

- Bij het indikkingsalternatief wordt gebruik gemaakt van membraantechnologie. Deze is inmiddels zodanig aantoonbaar ontwikkeld dat deze inzetbaar is zuiveringstechniek. De ingedikte waterstroom zal als brijn worden geïnjecteerd in de aquifer van het olieveld Schoonebeek of in het Schoonebeek gasveld;
- Het de waterinjectie wordt uitgegaan van waterinjectie in het Schoonebeek gasveld, waarbij op twee locaties per locatie twee nieuwe injectieputten worden geboord;
- Het gebruik van mijnbouwstoffen is verder geoptimaliseerd.

De CE-toetsing is uitgevoerd op de aspecten milieu, risico's en kosten.

- De milieutoetsing heeft plaatsgevonden op twee manieren, in het verlengde van de Herafweging 2016. Het energieverbruik, de benodigde chemicaliën het de hoeveelheid te verwerken reststoffen zijn voor de alternatieven bepaald. Daarnaast is een uitgebreide LCA-toetsing uitgevoerd, waarmee de milieueffecten gekwantificeerd zijn.
- Bij de risico's zijn de gebeurtenissen van de afgelopen jaren meegewogen in het classificeren van de mogelijke risico's. Dit heeft betrekking op lekkages bij de transportleiding en een injectieput, waarbij geen negatieve effecten zijn opgetreden voor mens en milieu, maar de kans dat deze situaties optreden blijkt groter zijn dan eerder ingeschat.
- Ten aanzien van de kosten geldt dat er geen alternatieven zijn afgefallen in de afweging op basis van kosten. Bij de uiteindelijke afweging welk alternatief wordt toegepast, speelt dit uiteraard nog wel een rol. Er zijn commerciële randvoorwaarden waarbinnen NAM de oliewinning Schoonebeek meerjarig kan voortzetten. Deze randvoorwaarden hebben betrekking op de minimale hoeveelheid te produceren olie en de aanvullende kosten (voor de aanleg en operationeel) waarbij de productie nog rendabel is<sup>23</sup>.

<sup>23</sup> NAM meldt: *Bij het benoemen van extra kosten dient bedacht te worden dat de huidige oliewinning is gestart met een aanzienlijke investering die in de loop van het project terugverdiend zal moeten worden. Daarnaast is er onzekerheid ten aanzien van de olieprijs. Een hoge huidige olieprijs moet in relatie gezien worden tot een veel lagere prijs een aantal jaren geleden. Door deze twee factoren is het investeringsbudget voor NAM beperkt.*

## 12.2 Overzichtstabel classificatie aspecten CE-toetsing

Tabel 12-1. Samenvatting classificatie aspecten CE-toetsing

Milieu	Alternatief 1: Vast zout	Alternatief 2a: Indikken - olieveld	Alternatief 2b: Indikken - gasveld	Alternatief 3: Waterinjectie
<b>Totaal Milieu</b>	--	-	-	-
Energieverbruik	--	-	-	-
Reststoffen	--	-	-	0
Chemicaliën	0	-	-	-
<b>Milieu-LCA</b>	--	-	-	-
Menselijke gezondheid	--	-	-	0
Ecosysteem	--	0	0	-
Voorraden grondstoffen	--	-	-	-
<b>Risico korte termijn</b>	-	-- (-)	-- (-)	-- (-)
Waterzuivering	-	-	-	0
Watertransport	0	-	-	-
Waterlozing	-	-	-	N.v.t.
Waterinjectie	N.v.t.	-- (-)	-- (-)	-- (-)
Restproducten	-	0	0	0
<b>Risico lange termijn</b>	-- (-)	-	-- (-)	-- (-)
Lekkage putten	N.v.t.	-	-	-
Lekkage reservoir	N.v.t.	0	0	0
Zoutoplossing	N.v.t.	0	-- (-)	-- (-)
Restproducten	-- (-)	0	0	0
<b>Kosten (miljoen euro)</b>	<b>676</b>	<b>277</b>	<b>210</b>	<b>140</b>
Schoonebeek pijpleidingen	161	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
Aanlegfase	131	191	132	81
Operationele fase	384	86	78	59



## 12.3 Afweging alternatieven

### Vast zout alternatief

Uit de overzichtstabel komt naar voren dat Alternatief 1 van zuivering tot vast zout relatief minder scoort dan de andere alternatieven. Het leidt tot hogere kosten en heeft relatief veel milieueffecten, mede doordat er veel stoffen uit de diepe ondergrond worden onttrokken en vervolgens verwerkt moeten worden in de biosfeer. De risico's zijn beperkt, behalve dat mogelijk een lange termijn risico overblijft als het vaste zout niet in een ondergrondse opslag kan worden ondergebracht.

### Vergelijking Indikkingsalternatief en Waterinjectie alternatief

Alternatief 2 voor indikking in combinatie met brijninjectie (Circular alternatief) en Alternatief 3 voor waterinjectie scoren op veel punten vrijwel gelijk. Doordat voor beide alternatieven nog optimalisaties mogelijk zijn, is het van belang genuanceerd om te gaan met verschillen.

Op milieuaspecten is het verschil tussen beide gering, waarbij waterinjectie iets beter scoort op energieverbruik, gebruik chemicaliën en reststoffen. De LCA geeft aan dat Alternatief 2 Indikken beter scoort op het ecosysteem, maar iets slechter op menselijke gezondheid.

Ten aanzien van risico's geldt voor beide alternatieven dat er onzekerheden zijn met betrekking van de ondergrondse processen, maar dat dat deze niet tot grote risico's leiden op korte of lange termijn. Op voorhand is het voor komen van aardbevingen of trillingen niet uit te sluiten. Hiervoor zal met behulp van een seismische risico analyse en selectie van de nieuw te boren putten moeten worden gekomen tot een configuratie waarbij de kans op aardbevingen of trillingen geminimaliseerd wordt. Bij de variant met opslag van brijn in de aquifer van Schoonebeek oost, is er geen risico van zoutoplossing.

Het belangrijkste verschil zit in de te verwachten kosten en in de realisatieperiode. Voor het Alternatief 2 indikken bedraagt de berekende kosten voor een periode van 10 jaar € 277 miljoen, respectievelijk € 210 miljoen, terwijl dit voor het Alternatief 3 waterinjectie in 10 jaar tijd € 140 miljoen bedraagt. Voor realisatie van de alternatieven wordt minimaal 4 jaar verwacht voor het indikkingsalternatief tegen ongeveer 1 jaar voor het waterinjectie alternatief.

Een belangrijk voordeel van het Alternatief 2 indikken is dat er netto geen of weinig water uit het watersysteem wordt onttrokken. Door het afgescheiden water weer te hergebruiken voor de stoomproductie, is nog slechts een beperkte hoeveelheid water nodig van de NieuWater fabriek bij de RWZI Emmen. Het is ook mogelijk het schone water te gebruiken voor lozing op het oppervlaktewater waarbij de activiteit van NieuWater doorgang kan vinden. Dit voordeel doet zich eveneens voor bij Alternatief 1 waarbij vast zout wordt verkregen en schoon zoetwater. Het Onderzoek Oliewinning Drenthe gaat verder in op dit aspect.

## Lijst met afkortingen

EZK	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
GRE	Glass Re-enforced Epoxy (corrosieresistent materiaal)
IGF	induced gas flotation
LCA	Levenscyclus analyse (Life Cycle Analysis)
MKBA	Maatschappelijke Kosten en Baten Afweging
MVR	Mechanical Vapour Recompression
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij
NSF	nutshell filtration
OBI	Olie Behandelings Installatie
RHDHV	Royal HaskoningDHV
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie,
SG	Stoomgeneratie,
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen
TNO	Kennisinstituut Toegepast Natuurkundig Onderzoek
TU Delft	Technische Universiteit Delft
TVR	Thermal vapour recompression
UPWF	Ultra-puur waterfabriek,
WTU	Water Treatment Unit (waterzuivering)
WMD	drinkwaterbedrijf WMD Drinkwater N.V.