

MER Aardgas⁺ De Wijk

Deelrapport 3: Beschrijving ondergrondse aspecten



Initiatiefnemer

Nederlandse Aardolie Maatschappij BV
www.nam.nl/aardgasplus

Correspondentieadres

Nederlandse Aardolie Maatschappij BV
t.a.v. MER Aardgas + De Wijk
Postbus 28000
9400 HH Assen

Datum

Assen, september 2010

Contactpersonen

Projectleider

Radboud Bisschop
Telefoon: 0592-363482
E-mail : radboud.bisschop@shell.com

Vergunningen

Jeannet Hadderingh
Telefoon: 0592- 36 40 30
E-mail: jeannet.hadderingh@shell.com

Voor mediazaken

Henk Heeringa
Telefoon: 0592 - 36 27 65
E-mail: henk.heeringa@shell.com

In opdracht van de NAM opgesteld door:

Haskoning Nederland B.V.
Ingmar Hans
Jan van Grootheest
Evert Holleman



INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 INLEIDING	7
2 BESCHRIJVING VAN HET AARDGASVELD DE WIJK	9
2.1 Inleiding	9
2.2 Algemene beschrijving reservoirs De Wijk	9
2.2.1 Geologische opbouw omgeving De Wijk	9
2.2.2 Vier gasreservoirs	10
2.2.3 Aanwezigheid van breuken in de ondergrond	12
2.3 Reservoir 1 (Tuffiet)	12
2.3.1 Geologische karakteristieken	12
2.3.2 Bestaande locaties en putten	13
2.3.3 Huidige situatie gaswinning	13
2.4 Reservoir 2 (Waterhoudend gasreservoir of kortweg Waterlaag)	13
2.4.1 Geologische karakteristieken	13
2.4.2 Locaties en putten	14
2.4.3 Huidige situatie gaswinning	14
2.5 Reservoir 3 (De Wijk Zuid)	14
2.5.1 Geologische karakteristieken	14
2.5.2 Locaties en putten	14
2.5.3 Huidige situatie gaswinning	15
2.6 Reservoir 4 (De Wijk Oost)	15
2.6.1 Geologische karakteristieken	15
2.6.2 Locaties en putten	15
2.6.3 Huidige situatie gaswinning	16
2.7 Samenvattend overzicht De Wijk reservoirs	16
3 HET 'VEGEN VAN GAS'	19
3.1 Methodiek	19
3.2 Toepassing in De Wijk	22
3.2.1 Ervaringen met stikstofinjectie	22
4 ALTERNATIEVEN EN VARIANTEN	25
4.1 Referentiesituatie	25
4.2 Voorgenomen activiteit (voorkeursalternatief)	26
4.2.1 Configuratie locaties en putten	27
4.2.2 Gaswinning in voorkeursalternatief	30
4.3 Alternatief diepere compressie	30
4.3.1 Principe diepere compressie	30
4.3.2 Configuratie locaties en putten	31
4.3.3 Ervaringen met diepere compressie	31
4.3.4 Gaswinning in alternatief diepere compressie	31
4.4 Vergelijking alternatieven	32
4.5 Uitvoeringsvarianten	32
5 EFFECTEN IN DE ONDERGROND	33
5.1 Inleiding	33



5.1.1	Benutting diepe ondergrond	33
5.1.2	Geen normale milieuregels in diepe ondergrond	33
5.1.3	Selectie effecten ondergrond	33
6	BODEMBEWEGING	35
6.1	Inleiding	35
6.2	Huidige situatie	36
6.3	Autonome ontwikkeling	40
6.4	Toetsingskader effectbepaling	41
6.5	Effectbeschrijving	41
6.5.1	Voorgenomen activiteit (voorkeursalternatief)	41
6.5.2	Diepere compressie alternatief	46
6.6	Effectvergelijking	47
6.7	Leemten in kennis	48
7	MOGELIJK RISICO OP LEKKAGE VAN STIKSTOF UIT HET RESERVOIR	51
7.1	Mogelijke routes van lekkage uit een reservoir	51
7.2	Huidige situatie	52
7.3	Autonome ontwikkeling	53
7.4	Beoordelingskader	53
7.5	Effectbeschrijving	53
7.5.1	Voorkeursalternatief	53
7.5.2	Alternatief diepere compressie	58
7.6	Effectvergelijking	58
7.7	Leemten in kennis	58
8	AFGELEIDE EFFECTEN	61
8.1	Inleiding	61
8.2	Veranderingen in het reservoir	62
8.2.1	Inleiding	62
8.2.2	Huidige situatie	63
8.2.3	Autonome ontwikkeling	63
8.2.4	Beoordelingskader	63
8.2.5	Effectbeschrijving	64
8.2.6	Effectvergelijking	65
8.2.7	Leemten in kennis	65
8.3	Capaciteit voor opslag andere stoffen	65
8.3.1	Inleiding	65
8.3.2	Huidige situatie	66
8.3.3	Autonome ontwikkeling	66
8.3.4	Beoordelingskader	66
8.3.5	Effectbeschrijving	67
8.3.6	Effectvergelijking	67
8.3.7	Leemten in kennis	68
9	SAMENVATTEND OVERZICHT ONDERGRONDSE EFFECTEN	69
10	MONITORING EN BEHEERSING VAN RISICO'S	71
10.1	Inleiding	71
10.2	Bodemdaling	71
10.2.1	Monitoring van bodemdaling	71



10.2.2	Mitigatie van bodemdaling	72
10.3	Samenstelling geproduceerd aardgas	73
10.4	Lekkage via geabandonneerde putten	73

Bijlagen

- 1 Achtergrondinformatie: Geologie in Drenthe
- 2 Mogelijke risico's van lekkage vanuit de ondergrond voor het Drentsche drinkwater





1 INLEIDING

Het MER Aardgas⁺ De Wijk is opgebouwd uit drie deelrapporten. Het eerste deelrapport geeft een overzicht van alle aspecten van de voorgenomen activiteit en de mogelijke varianten, met daarbij een samenvattende beschrijving van de mogelijke effecten. Het tweede deelrapport beschrijft per milieuaspect het huidige beleid, de huidige lokale en regionale omstandigheden, de mogelijke effecten en een classificatie van de effecten. Het hier voorliggende rapport vormt het derde deelrapport van het MER. Het gaat in detail in op de gaswinning met behulp van stikstofinjectie, waarbij de diepe ondergrond uitgebreid in beeld wordt gebracht, met daarbij tevens de mogelijke gevolgen voor de bovengrond.

In de huidige situatie vinden er bij De Wijk al activiteiten in de ondergrond plaats, in de vorm van de huidige situatie gaswinning. Gedurende het project Aardgas⁺ wordt er aanvullend stikstof in de ondergrond gebracht. Hierdoor vindt stuwning van het resterende aardgas plaats richting de winputten. De druk blijft vrijwel gelijk aan de huidige druk, doordat de hoeveelheid geïnjecteerd stikstof ongeveer overeenkomt met de hoeveelheid geproduceerd aardgas. Daarmee kunnen de veranderingen in de diepe ondergrond als beperkt gekenschetst worden. Aangezien het een nieuwe toepassing in Nederland betreft en deze techniek in de toekomst wellicht ook bij andere gasvelden kan worden toegepast, heeft de NAM er voor gekozen uitgebreid in te gaan op deze techniek in de vorm van dit MER.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de bodemopbouw, gebaseerd op de geologische geschiedenis in deze omgeving. Daarbij wordt expliciet ingegaan op de ondergrondse structuren van het gebied, zoals de reservoirs, de afdekkende lagen en de breukzones. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 beschreven hoe het stikstof in de reservoirs wordt gebracht en er toe leidt dat meer aardgas bij de winputten terecht komt.

Hoofdstuk 4 beschrijft de verschillende keuzes die er zijn bij het optimaliseren van de aardgaswinning. Vervolgens wordt in hoofdstuk 5 nader ingegaan op de mogelijke effecten. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in de directe projectgerelateerde effecten, zoals mogelijke bodembeweging (hoofdstuk 6) en het risico van lekkage van stikstof uit het reservoir (hoofdstuk 7). Daarnaast wordt ingegaan op afgeleide aspecten (hoofdstuk 8), zoals de mogelijke veranderingen in de reservoirs en de gevolgen voor de resterende opslagcapaciteit in de velden.

De bevindingen worden samengevat in hoofdstuk 9 en in hoofdstuk 10 wordt tot slot ingegaan op de monitoring.





2 BESCHRIJVING VAN HET AARDGASVELD DE WIJK

2.1 Inleiding

De Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) produceert sinds de jaren vijftig aardgas uit het gasveld De Wijk. Dit gasveld is gelegen tussen Koekange en Echten in het zuidwesten van Drenthe, in de gemeente De Wolden. In het gasveld van De Wijk bevindt zich zogenaamd zoet gas, wat wil zeggen dat het gas geen zwavelwaterstof (H_2S) bevat.

Sinds het begin van de winning is circa 14,5 miljard m^3 aardgas uit dit gasveld gewonnen, behandeld en afgeleverd aan het gasnet. In de loop van de jaren is de gasproductie afgenomen vanwege de daling van de druk in het veld.

In de beginjaren van de winning werd per dag circa 3,5 miljoen m^3 aardgas gewonnen. In de huidige situatie wordt nog circa 0,6 miljoen m^3 per dag gewonnen. Door de lage druk raakt het gasveld, dat uit verschillende lagen (ook wel reservoirs genoemd) bestaat, in de komende jaren uitgeproduceerd.

Een uitzondering hierop vormen het meest ondiepe reservoir en een waterhoudende laag van het veld, die nog relatief veel aardgas bevatten. Vanuit deze reservoirs vindt momenteel geen gasproductie plaats. De dieper gelegen reservoirs bevatten nog 15 tot 20% van de oorspronkelijke hoeveelheid aardgas.

Opbouw van het hoofdstuk

In paragraaf 2.2.1 wordt eerst een algemene beschrijving gegeven, waarin de geologische opbouw van de reservoirs wordt besproken. In de volgende paragrafen worden vervolgens de vier reservoirs die relevant zijn voor het project Aardgas+ apart besproken. Hierbij worden de volgende aspecten belicht:

- Geologische karakteristieken;
- Bestaande locaties en putten;
- Huidige situatie gaswinning.

2.2 Algemene beschrijving reservoirs De Wijk

2.2.1 Geologische opbouw omgeving De Wijk

De geologische opbouw in het gebied van het De Wijk veld bestaat uit meerdere min of meer horizontale lagen, waar onder zich oudere gekantelde lagen bevinden. Zowel in de horizontale lagen als in de gekantelde lagen komen aardgasreservoirs voor. In bijlage 1 bij dit deelrapport wordt de Drentse geologie nader toegelicht.



De hoofdreservoirs worden gevormd door onderstaande voorkomens:

- Op een diepte tussen de 430 en 510 m vormen het Basale Tuffiet van Dongen Laagpakket en daaronder de Krijtkalk Formatie een anticline in het gebied, met daarin een gasvoorkomen;
- In de dieper gelegen Krijt en Trias formaties (ca. 1140-1325 m) worden nog drie gasvoorkomens onderscheiden: Noord, Oost en Zuid;
- De Noord en Zuid voorkomens zijn opgebouwd uit Volprieausen en Solling zandsteen, Rogenstein Laagpakket (Oölieten) en Hoofdkleistein Laagpakket;
- Het Oostelijke voorkomen bestaat uit Vlieland Zandsteen (Krijt) en Onder Muschelkalk lagen (Trias);
- Onderliggend aan de reservoirs liggen Zechstein 2 and 3 carbonaten (Perm), Rotliegend conglomeraten en Tubbergen zandsteen (Carboon).

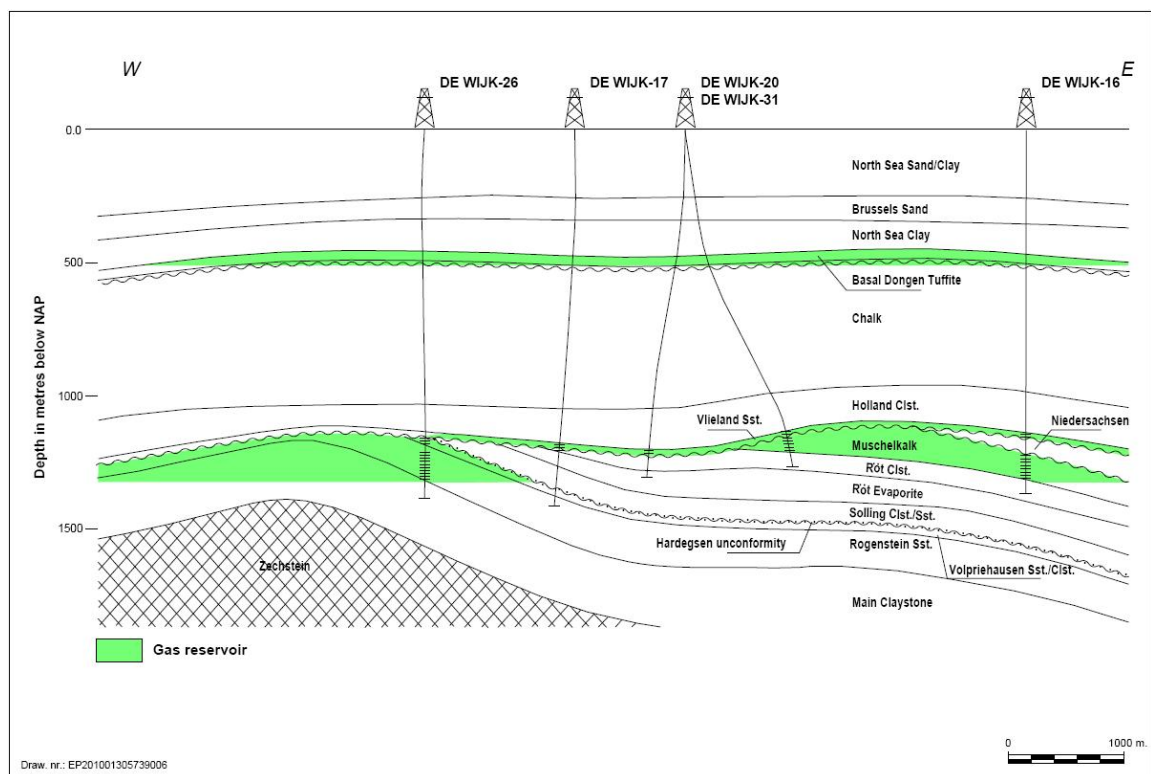
2.2.2 Vier gasreservoirs

Het De Wijk veld bestaat uit vier verschillende boven en naast elkaar liggende gashoudende lagen (ook wel als reservoirs aangeduid). Deze vier reservoirs kunnen worden benut voor de toepassing van de Enhanced Gas Recovery (EGR) methode, door middel van injectie van stikstof. Dit is in tabel 2.1 aangeduid als de deelprojecten van het project Aardgas+.

Tabel 2.1 Deelprojecten

Naam in MER	Formaties waarin reservoir voor komt	Voorkomen	Deelproject
Reservoir 1	Tuffiet/Krijtkalk	De Wijk Zuid/Oost	1
Reservoir 2	Solling/Volprieausen en Boven Rogenstein	De Wijk zuid	2
Reservoir 3	Onder Rogenstein	De Wijk Zuid	3
Reservoir 4	Vlieland Group en Muschelkalk laag	De Wijk Oost	4

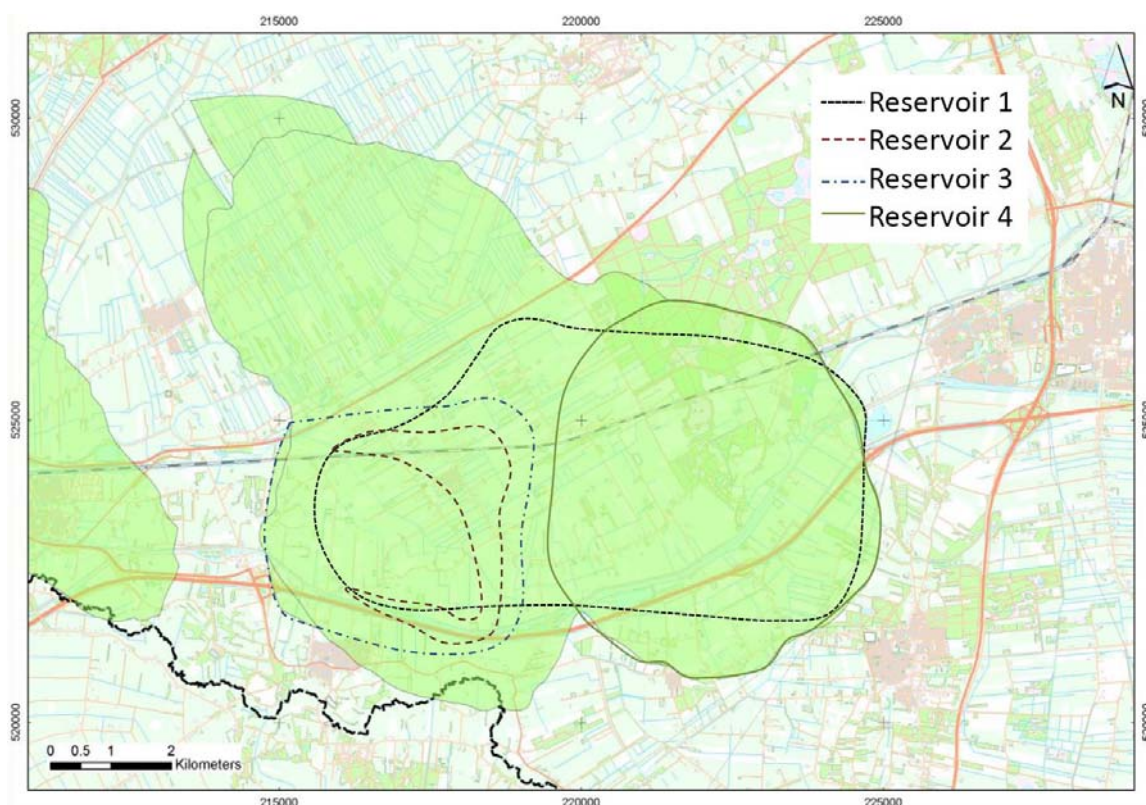
Figuur 2.1 toont een dwarsprofiel van de ondergrond, met daarin de meest bepalende geologische formaties en de ligging van de gashoudende lagen. In figuur 2.1 is tevens een aantal boringen weergegeven.



Figuur 2.1 Doorsnede De Wijk-gasveld (west – oost)

In het kader van dit MER is een gedetailleerde beschrijving van de geologische opbouw van het De Wijk veld niet van directe toegevoegde waarde. Daarom is de beschrijving van de reservoirs vereenvoudigd en zijn vooral de buitencontouren van de vier relevante reservoirs van belang.

Vanaf het maaiveldniveau gezien, bevinden de aardgasreservoirs zich onder elkaar en gedeeltelijk naast elkaar. Dit maakt het mogelijk om vanaf een enkele locatie een put te boren in verschillende reservoirs. Figuur 2.2 geeft een bovenaanzicht, waarin de ligging van de vier reservoirs ten opzichte van elkaar en van de omgeving van De Wijk schematisch is weergegeven.



Figuur 2.2. Bovenaanzicht De Wijk-gasveld met de buitencontouren van de vier relevante reservoirs voor het Aardgas⁺ project. Het groene stuk geeft de buitencontour van alle De Wijk-reservoirs weer, inclusief de reservoirs die niet voor Aardgas⁺ in aanmerking komen.

2.2.3 Aanwezigheid van breuken in de ondergrond

Bij vrijwel alle gasvelden komen breukzones voor. Een natuurlijke breuk ontstaat door een verschuiving van geologische lagen. Hoewel recentelijk geen breuken in dit gebied zijn ontstaan, toont de geologische opbouw van de ondergrond aan, dat dit in het verleden wel heeft plaatsgevonden. Indien vele miljoenen jaren geleden een breuk is ontstaan, blijft deze zichtbaar in de diepere geologische lagen.

Langs de breukzones wordt gesteente materiaal vaak verbrijzeld (bijvoorbeeld zandkorrels) of gesmeerd (bijvoorbeeld klei). Voor de reservoirs in het De Wijk veld geldt dat er geen grote breuken aanwezig zijn. In reservoir 1 bestaan mogelijk wel kleinere breuken. In Reservoir 2, 3 en 4 zijn geen of nauwelijks breuken aanwezig. Uit het feit dat het gas zich in de reservoirs heeft geaccumuleerd in de loop der miljoenen jaren, kan worden afgeleid dat eventueel aanwezige breuken niet doorlatend zijn.

2.3 Reservoir 1 (Tuffiet)

2.3.1 Geologische karakteristieken

Als onderdeel van de Tertiaire Onder-Noordzee Groep bevindt zich op circa 480 meter diepte het Basale Tuffiet van Dongen Laagpakket en daaronder de Krijtkalk formatie. Het Basale Tuffiet van Dongen Laagpakket in het De Wijk voorkomen is gevormd in het vroege



deel van het Tertiaire tijdperk. De gesteentelaag bestaat voornamelijk uit siltsteen en ongeconsolideerde klei met wat zandsteen en vulkanisch materiaal. Deze gesteentelaag vertoont een hoge porositeit.

In het Tuffiet en in het bovenste deel van de Krijt kalk formatie bevindt zich ter plaatse van De Wijk en Wanneperveen aardgas. Het gas in het Tuffiet wordt ingesloten door een afdekkende laag van het Ieper Kleisteen. Gas dat zich in de Krijt kalk formatie bevindt wordt ingesloten door een afdekkende laag van de Landen Formatie. De dikte van het reservoirgesteente varieert van 20 tot 40 meter en de afdekkende laag is 25 tot 50 meter dik.

Het gas is oorspronkelijk afkomstig uit de diepere Carboon formaties maar kon zich gedurende miljoenen jaren door een afsluitende laag van kleisteen uit de Dongen formatie ophopen in het Basale Tuffiet van Dongen Laagpakket. De initiële druk in het reservoir was 60 bar en de temperatuur in het reservoir is 28 °C.

2.3.2 Bestaande locaties en putten

Vanaf de jaren '50 tot 1990 heeft gaswinning uit het Tuffiet reservoir plaatsgevonden. In het relatief ondiep gelegen Tuffiet/Krijt kalk reservoir zijn drie putten geboord vanaf twee locaties.

Tabel 2.2 Bestaande locaties en putten in het Tuffiet		
Reservoir	Huidige winlocaties en putten	
	Locatie	Putten
Tuffiet /Krijt kalk	De Wijk-2 (a)	WYK-3 (a)
	De Wijk-6	WYK-8 (a) + WYK-9 (a)

(a) = geabandonneerd (afgesloten)

2.3.3 Huidige situatie gaswinning

Productie uit het Basale Tuffiet van Dongen Laagpakket in het De Wijk begon in de jaren '50 van de vorige eeuw. Al snel werd duidelijk dat de productie gevoelig was voor bodemdaling in het gebied. In april 1990 werd besloten de productie te stoppen, omdat berekeningen aantoonde dat de bodemdaling kon oplopen tot 25 centimeter wanneer het reservoir uitgeproduceerd zou zijn.

Uit dit reservoir is derhalve tot nu toe in zeer beperkte mate aardgas gewonnen; naar verwachting bevindt zich echter nog circa 85% van de oorspronkelijke hoeveelheid aardgas in dit reservoir. De huidige druk in het reservoir is 51 bar.

2.4 Reservoir 2 (Waterhoudend gasreservoir of kortweg Waterlaag)

2.4.1 Geologische karakteristieken

De kalkafzettingen uit het Krijt komen tot circa 1.100 meter diepte voor. Op circa 1.200 meter diepte komt de Holland kleisteen voor, bovenop de afzettingen uit het Perm en Trias. De kleisteenafzettingen vormen afsluitende lagen voor de dieper gelegen gashoudende



lagen. Direct onder de kleiafzettingen bevindt zich een gashoudende laag, waarin veel water voorkomt. De afzettingen behoren tot de Formatie van Solling/Volprieausen en van Boven Rogenstein. Het gas is oorspronkelijk afkomstig uit de diepere Carboon en Zechstein formaties maar kon zich door een afsluitende laag van kleisteen uit de Holland formatie ophopen in de Solling/Volprieausen en Boven Rogenstein gesteentelaag. De initiële druk in het reservoir was 140 bar en de temperatuur in het reservoir is 49 °C. De dikte van het reservoirgesteente is circa 20 meter, en de afdekkende kleisteenlaag is tussen 25 en 50 meter dik. De huidige druk bedraagt circa 115 bar.

2.4.2 Locaties en putten

In dit reservoir zijn drie putten geboord vanaf twee locaties. Doordat gaswinning uit dit reservoir is gestaakt zijn de putten afgesloten (abandoned) of is de productie stilgezet (suspended).

Tabel 2.3 Bestaande locaties en putten in de waterlaag

Reservoir	Huidige winlocaties en putten	
	Locatie	Putten
Waterlaag Formatie van Solling/Volprieausen en van Boven Rogenstein	De Wijk-15	WYK-15 (s) WYK-13 (s)
	De Wijk-13	WYK-14 (a)

(a) = geabandonneerd, (s)= gesuspendeerd (uit productie)

2.4.3 Huidige situatie gaswinning

Tussen 1976 en 1980 heeft gaswinning uit het Solling reservoir plaatsgevonden. De productie van dit reservoir is gestart in 1976. Echter, aan het eind van 1980 is dit reservoir in zijn geheel gevuld met water uit een actieve waterlaag (aquifer). Sindsdien is de winning gestaakt, omdat er geen technieken beschikbaar waren om de productie uit dit reservoir weer te hervatten.

2.5 Reservoir 3 (De Wijk Zuid)

2.5.1 Geologische karakteristieken

Een derde gashoudende laag bevindt zich voornamelijk in afzettingen uit het Onder Rogenstein en de Hoofdkleisteen, aangeduid als De Wijk Zuid. Het reservoir ligt op circa 1.200 meter diepte. De initiële druk in het reservoir was 140 bar en de temperatuur in het reservoir is 49 °C. De dikte van het reservoirgesteente is circa 100 meter, en de afdekkende kleisteenlaag is tussen 25 en 50 meter dik.

2.5.2 Locaties en putten

De gaswinning in dit reservoir vindt plaats vanaf de locaties De Wijk-15, De Wijk-26 en De Wijk-6. In dit reservoir zijn vijf putten geboord vanaf drie locaties. Deze putten zijn nog operationeel.



Tabel 2.4 Bestaande locaties en putten in het De Wijk Zuid reservoir

Reservoir	Huidige winlocaties en putten	
	Locatie	Putten
De Wijk Zuid Onder Rogenstein en de Hoofdkleistein	De Wijk-15	WYK-22 (p)
	De Wijk-26	WYK-26 (p)
	De Wijk-6	WYK-6 (p)
		WYK-11 (p)
		WYK-34 (p)

(p) = producerend

2.5.3 Huidige situatie gaswinning

De winning van gas uit dit reservoir is gestart in de jaren zestig van de vorige eeuw. De winning vindt momenteel plaats door middel van compressie vanuit Ten Arlo. Met dit productiesysteem nadert de productie uit het reservoir zijn einde. De huidige druk in het reservoir is circa 40 bar.

2.6 Reservoir 4 (De Wijk Oost)

2.6.1 Geologische karakteristieken

Een vierde gashoudende laag bevindt zich in afzettingen van de Vlieland Group en de Muschelkalk laag. Dit reservoir wordt aangeduid als De Wijk Oost. De initiële druk in het reservoir was 140 bar en de temperatuur in het reservoir is 49 °C. De dikte van het reservoirgesteente is circa 100 meter, en de afdekkende kleisteinlaag is ongeveer 120 meter dik.

2.6.2 Locaties en putten

In dit reservoir zijn negen putten geboord vanaf zeven locaties. De gaswinning in dit reservoir vindt momenteel plaats vanaf drie locaties. De overige vier locaties zijn afgesloten. Op de vier huidige winlocaties bevinden zich de vijf producerende putten.

Tabel 2.5 Bestaande locaties en putten in het De Wijk Oost reservoir

Reservoir	Huidige winlocaties en putten	
	Locatie	Putten
De Wijk Oost afzettingen van de Vlieland Group en de Muschelkalk laag	De Wijk-17	WYK-17 (p)
	De Wijk-20	WYK-20 (p)
		WYK-31 (p)
	De Wijk-16	WYK-16 (p)
		WYK-29 (p)
	De Wijk-5 (a)	WYK-5 (a)
	De Wijk-24 (a)	WYK-25 (a)
	De Wijk-21 (a)	WYK-21 (a)
	De Wijk-2 (a)	WYK-2 (a)

(a) = geabandonneerd, (p) = producerend



2.6.3 Huidige situatie gaswinning

Het De Wijk Oost reservoir produceert feitelijk vanuit twee verschillende reservoirs; het Vlieland zandsteen en het mergelachtige kalksteen van het Onder Muschelkalk. Winning uit dit reservoir vindt plaats sinds 1989. De winning vindt momenteel plaats door middel van compressie vanuit Ten Arlo. Met het huidige productiesysteem nadert de productie uit het reservoir zijn einde. De huidige druk in het reservoir is circa 30 bar.

2.7 Samenvattend overzicht De Wijk reservoirs

Onderstaande tabel 2.6 geeft een overzicht van de kenmerken van de vier reservoirs uit het De Wijk veld die relevant zijn voor dit MER.

Tabel 2.6 Overzicht kenmerken reservoirs De Wijk veld in huidige situatie				
	Reservoir 1 De Wijk Zuid/Oost	Reservoir 2 De Wijk Zuid	Reservoir 3 De Wijk Zuid	Reservoir 4 De Wijk Oost
Geologie				
Diepte	480 m	1.200 m	1.200 m	1.200 m
Reservoirnaam	Tuffiet/Krijtkalk	Solling/Volpriehausen	Rogenstein	Vlieland/Muschelkalk
Reservoirgesteente	Zand/Kalksteen	Zandsteen	Zand/Kalksteen	Zand/Kalksteen
Dikte reservoir	20-40 m	20 m	~100 m	~100 m
Gesteente afdeklaag	Kleistein	Kleistein	Kleistein	Kleistein
Dikte afdeklaag	25-50 m	25-50 m	25-50 m	~120 m
Temperatuur in reservoir	28 °C	49 °C	49 °C	49 °C
Afsluitende breuken	Niet aanwezig Wel kleinere breuken	Niet aanwezig	Niet aanwezig	Niet aanwezig
Drukken				
Oorspronkelijke druk	60 bar	140 bar	140 bar	140 bar
Huidige druk (anno 2010)	51 bar	115 bar	40 bar	30 bar
Verwachte einddruk huidige winning	51 bar	115 bar	34 bar	20 bar
Putten				
Operationele putten aanwezig	0	3	5	5
Afgesloten putten aanwezig	3	1	0	4
Gas				
Totaal volume gas oorspronkelijk aanwezig	1.960 mln Nm ³	4.050 mln Nm ³	5.400 mln Nm ³	7.000 mln Nm ³
Productie tot nu toe	320 mln Nm ³	2.800 mln Nm ³	4.300 mln Nm ³	5.850 mln Nm ³
Percentage geproduceerd	16%	69%	80%	84%
Verwachte resterende productie (regulier)	0 Nm ³	0 Nm ³	200 mln Nm ³	200 mln Nm ³



Huidige putten en locaties

Onderstaande tabel 2.7 geeft een overzicht van de putten locaties waaruit de winning plaatsvindt. Hierin zijn tevens de afgesloten putten opgenomen (abandoned) en de putten die buiten werking zijn, maar nog niet afgesloten (suspended).

Tabel 2.7 Overzicht van de bestaande locaties en putten

Locatie	Put	Status	Boring	Abandonnering	Reservoir 1 (NLFFT*)	Reservoir 2, 3 en 4 (RN*)
De Wijk-2	WYK-2	Suspended	1951			x
	WYK-3	Abandoned	1951	1994	x	
De Wijk-4	WYK-4	Producterend	1951			x
	WYK-23	Suspended	1984			x
	WYK-32	Producterend	1988			x
	WYK-33	Producterend	1988			x
De Wijk-5	WYK-5	Abandoned	1951			x
De Wijk-6	WYK-1	Abandoned	1949	1949		
	WYK-6	Producterend	1952			
	WYK-8	Abandoned	1960	1975	x	
	WYK-9	Abandoned	1960	1975	x	
	WYK-10	Abandoned	1960	1975		
	WYK-11	Producterend	1960			x
	WYK-12	Abandoned	1960	1975		
	WYK-34	Producterend	2001			x
De Wijk-7	WYK-7	Abandoned	1953	1954		
De Wijk-13	WYK-13	Suspended	1973			x
	WYK-14	TD reached	1974			x
De Wijk-15	WYK-15	Suspended	1977			x
	WYK-22		1982		x	x
De Wijk-16	WYK-16	Producterend	1978			x
	WYK-29		1985		x	x
De Wijk-17	WYK-17	Producterend	1978			x
	WYK-18	Abandoned	1978	1993		
De Wijk-19	WYK-19	Abandoned	1978	1999		x
De Wijk-20	WYK-20		1981		x	x
	WYK-31	Producterend	1988			x
De Wijk-21	WYK-21	Suspended	1981			x
De Wijk-24	WYK-24	Abandoned	1985	1993		
	WYK-25		1985		x	x
De Wijk-26	WYK-26	Producterend	1985			x
	WYK-27	Abandoned	1985	1993		
	WYK-28	Abandoned	1985	1993		
De Wijk-30	WYK-30	Abandoned	1988	1999		x

*) In het vigerende winningsplan voor De Wijk / Wanneperveen worden binnen het De Wijk veld het NLFFT en RN reservoirs onderscheiden. Het NLFFT is het Tuffiet reservoir (reservoir 1), en de RN zijn de Trias-reservoirs (reservoir 2, 3 en 4).





3 HET 'VEGEN VAN GAS'

3.1 Methodiek

Normaal gesproken wordt de gaswinning gestaakt op het moment dat de gasproductie als gevolg van de dalende druk zodanig is afgenomen dat de winning niet meer economisch rendabel is. Door de toepassing van verbeterde winningstechnieken (enhanced gas recovery; EGR) kan de productie van een gasreservoir worden verlengd. Hoewel er verschillende vormen van EGR zijn, wordt in dit MER uitsluitend ingegaan op stikstofinjectie.

Het principe van deze techniek kan worden vergeleken met het 'vegen van gas' (vaak wordt de Engelse term 'sweeping' gebruikt). Voor het project Aardgas⁺ in De Wijk geldt dat aan de rand van het gasreservoir stikstof wordt geïnjecteerd, die vervolgens door de poriën in het reservoirgesteente naar de winputten migreert. Daarbij drukt de stikstof het aardgas als het ware voor zich uit, als een soort bezem. Vervolgens kan dit vooruit gestuwde aardgas worden gewonnen aan de buitenste randen van het gasreservoir. Bij deze werkwijze wordt de stikstof dus ingezet als een mijnbouwhulpstof.

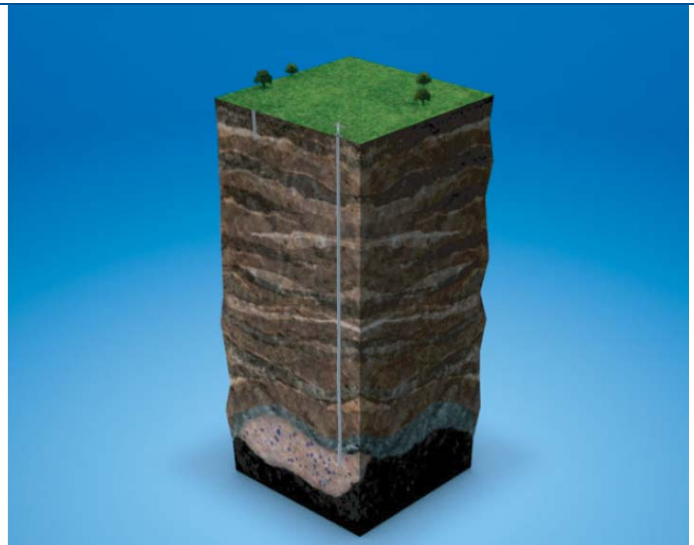
De stikstof zal naar verwachting slechts beperkt mengen met het aanwezige aardgas, zodat bij de winput slechts geleidelijk een toename van stikstof is waar te nemen, totdat uiteindelijk grote hoeveelheden stikstof de winput bereiken. Wanneer dit 'stikstoffront' de winputten bereikt, wordt de injectie van stikstof beëindigd. Na het stoppen van de stikstofinjectie zal de aardgaswinning nog enige tijd door kunnen gaan totdat productie stopt (vergelijkbaar met een situatie bij winning zonder stikstofinjectie), of totdat het stikstofgehalte te hoog wordt. Wanneer deze situatie wordt bereikt, is het gasreservoir 'geveegd' en is de operationele fase van het project Aardgas⁺ ten einde gekomen.

Voor het project Aardgas⁺ geldt dat door middel van het 'vegen van gas' ongeveer 2/3 deel van het nog resterende gas kan worden gewonnen. Dit betekent dat 1/3 van het resterende gas achter blijft in het reservoir.

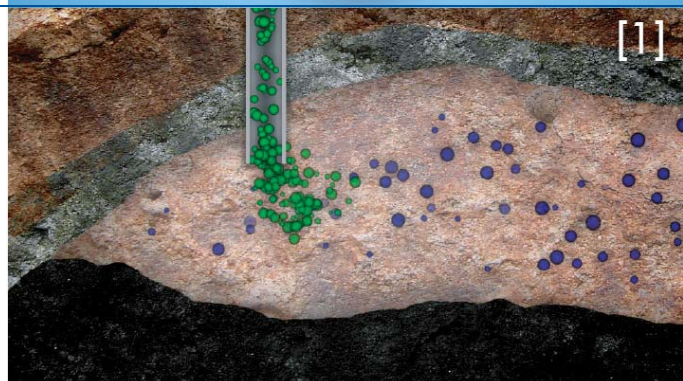
Ter illustratie is onderstaand een stappenschema opgenomen, waarin het principe van het project Aardgas⁺ is weergegeven.



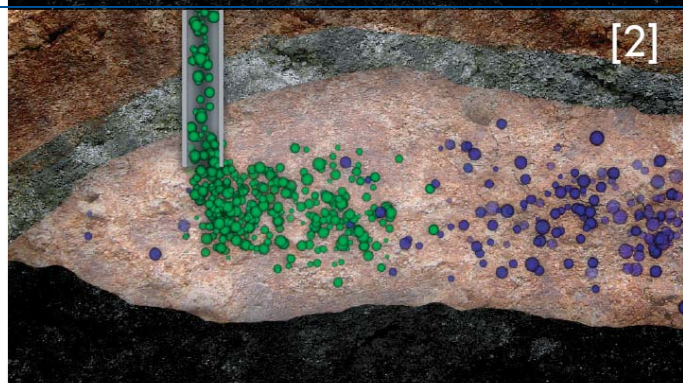
De aardgashoudende gesteentelagen in De Wijk bevinden zich tussen circa 500 en 1200 m-mv.



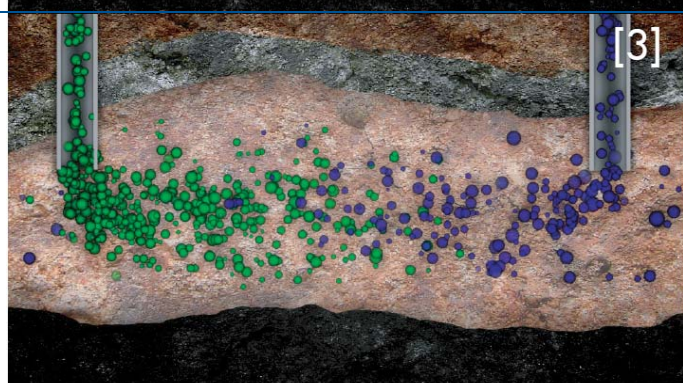
Door een leiding wordt stikstof naar de injectieputten getransporteerd en via bestaande en nieuwe putten in het gasreservoir gepompt (1)*.



De stikstof verspreidt zich door het gesteente en duwt het aardgas als het ware uit de poriën van het zandsteen (2)*.



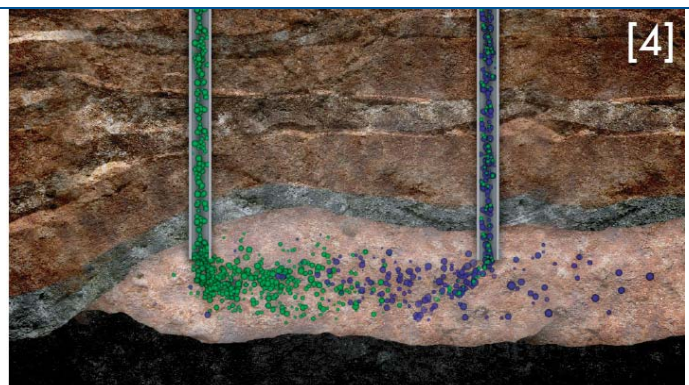
Stikstof mengt zich slecht met het aardgas in de poriën. Het duwt de resterende voorraad naar een winput (3)*.





Via de winput wordt het gestuwde aardgas gewonnen. De winning stopt als het stikstof de winput bereikt.

De stikstof kan zonder problemen veilig in het veld blijven. Net zoals het aardgas er al honderden miljoenen jaren in gezeten heeft.



*) De stikstof wordt gevisualiseerd door de groene bolletjes, het aardgas door de paarse bolletjes.

Keuze voor stikstof als mijnbouwhulpstof

Bij het project Aardgas+ is gekozen voor de injectie van stikstof. Gebruik van stikstof heeft een aantal voordelen ten opzichte van andere gassen (zoals lucht, CO₂, of CO₂-houdende afgassen):

- Stikstof zit in de lucht en is hierdoor in ruime mate beschikbaar;
- Stikstof hoeft (tot op zekere hoogte) niet uit het geproduceerde aardgas verwijderd te worden. Immers, het door de Gasunie geleverde aardgas bevat een percentage stikstof om er voor te zorgen dat het, vanuit verschillende gasvelden geleverde aardgas, eenzelfde energiewaarde heeft;
- Stikstof is inert, wat betekent dat het niet kan reageren met andere stoffen, waaronder het reservoirgesteente;
- Stikstof is niet corrosief, waardoor geen maatregelen nodig zijn om corrosie in het productiesysteem te voorkomen.

Om bovenstaande redenen is het gebruik van stikstof het meest effectief. Vanwege de hoge concentratie in lucht (78%) is het volop beschikbaar. Daarnaast heeft stikstof gunstige eigenschappen: het is niet toxisch, niet corrosief en het is iets lichter dan lucht waardoor het snel met de lucht mengt. Deze eigenschappen maken ook dat de veiligheidsrisico's van het gebruik van stikstof zeer beperkt zijn.

Mengen stikstof en aardgas geen probleem

Wanneer het geïnjecteerde stikstof mengt met aardgas, is niet direct sprake van een probleem. Stikstof komt altijd voor in aardgas in het aardgasnet van Gasunie, omdat hiermee de kwaliteit van het aardgas wordt gereguleerd.

In het reservoir mengt stikstof in principe slecht met aardgas. In de poriën van het gesteente zal stikstof het aardgas voor zich uit duwen. Menging kan wel optreden in de winput. Bij een concentratie van 90% stikstof of meer wordt winning in de betreffende put gestaakt, omdat dit dicht bij het punt komt waar de energie die nodig is voor het injecteren van stikstof gelijk is aan de energie die wordt gewonnen (in de vorm van aardgas).



3.2 Toepassing in De Wijk

In hoofdstuk 2 zijn de vier reservoirs in De Wijk beschreven. Per reservoir wordt hieronder een korte beschrijving gegeven voor de toepassing van stikstofinjectie. Een meer gedetailleerde uitwerking is opgenomen in hoofdstuk 4 (alternatieven).

Reservoir 1 (Tuffiet)

Door toepassing van EGR kan dit reservoir herontwikkeld worden. Bij de ontwikkeling van dit reservoir is de bodemdaling een belangrijk aandachtspunt. Door injectie van stikstof worden verdere drukverlagingen in het reservoir geminimaliseerd. Daarmee wordt ook de bodemdaling verminderd. Door injectie van stikstof kan ongeveer 2/3 deel van het resterende aardgas worden gewonnen.

Reservoir 2

Bij de gaswinning uit dit reservoir komt water mee. Het meeproduceren van water bij gaswinning valt binnen de operationele mogelijkheden, omdat bij te grote hoeveelheden de productie wordt verlaagd. Het bestaande bovengrondse productiesysteem is geschikt om het water af te vangen, te transporteren en te verwerken. De hoeveelheid water die tijdens de operationele fase wordt meegeproduceerd kan variëren. Tijdens de gaswinning zal de hoeveelheid meegeproduceerd water worden gemonitord, waarbij de productie kan worden aangepast. Door injectie van stikstof kan ongeveer 2/3 deel van het resterende aardgas worden gewonnen. Voor dit reservoir geldt dat het aanwezige gas zonder de enhanced gas recovery techniek niet mogelijk is.

Reservoir 3 en 4

Voor reservoir 3 en 4 zijn er geen bijzonderheden. Momenteel vindt productie uit deze reservoirs plaats, maar de gaswinning met de huidige wintechnieken nadert zijn einde. Door injectie van stikstof kan ongeveer 2/3 deel van het resterende aardgas worden gewonnen.

3.2.1 Ervaringen met stikstofinjectie

Internationaal veel ervaring

Stikstofinjectie wordt al decennia lang toegepast in olievelden, vooral in de Verenigde Staten. Uit de ervaringen met stikstofinjectie zijn geen incidenten met stikstof bekend.

Stikstofinjectie in de olie- en gasindustrie gebeurt onder de term EOR (Enhanced Oil Recovery) of EGR (Enhanced Gas Recovery) met injectie van stikstof in de olielaag (om de efficiëntie van de olie winning te verbeteren) of in een gaslaag die boven een olielaag aanwezig is (de zogenaamde gascap). Stikstofinjectie in de gascap gebeurt om gas te winnen, maar tegelijkertijd ook de druk op de onderliggende olielaag gelijk te houden, wat de efficiëntie van oliewinning uit deze laag verbetert. Het project Aardgas⁺ in De Wijk is in feite vergelijkbaar met het winnen van aardgas in een gascap, waarbij in dit geval echter de onderliggende olielaag ontbreekt.

Gasbuffering in gasreservoirs

Naast toepassing voor verbeterde olie- en gaswinning wordt stikstofinjectie ook toegepast in gasopslagreservoirs. Hierbij dient de stikstof als kussen gas bij de buffering van aardgas in



aardgasreservoirs. Het kussen gas is het gedeelte dat het werk gas volume op druk houdt, maar niet geproduceerd wordt.

Gasbuffering in gasreservoirs (ook wel UGS genoemd: underground gas storage) is op veel vlakken ook vergelijkbaar met het project Aardgas⁺. De NAM heeft jarenlange ervaring met het injecteren van aardgas in gasreservoirs bij Norg (Drenthe) en Grijpskerk (Groningen). Daarbij wordt geen gebruik gemaakt van stikstof, maar hierdoor is veel kennis op het gebied van injectie van gasen in gasreservoirs en hoe de gesteentelagen reageren op drukveranderingen.

Ook wordt stikstof veelvuldig gebruikt om putten schoon en veilig te stellen, of pijpleiding en faciliteiten te conserveren, ook binnen NAM. Stikstof vormt hiervoor een ideaal medium, mede omdat stikstof niet schadelijk is voor het milieu en niet reactief of corrosief is.

Stikstofbuffering in zoutcavernes

Gasunie is gestart met de werkzaamheden om één van de zoutwinninglocaties van AkzoNobel nabij Heiligerlee een andere bestemming te geven en deze vanaf 2012 te gebruiken als stikstofbuffer. Deze buffer is noodzakelijk om ook in de toekomst de levering van aardgas op de juiste kwaliteit te kunnen blijven garanderen.

Meer dan vijftig jaar geleden werd het grootste gasveld van West-Europa, het Groningenveld bij Slochteren ontdekt. Een unieke situatie waar de Nederlandse samenleving enorm van heeft kunnen profiteren. Maar de vondst was ook het begin van een nieuw energietijdperk voor een groot deel van Europa. Nederland heeft zich ontwikkeld tot een belangrijk knooppunt voor gastransport in Noordwest Europa.

Het Nederlandse gasaanbod loopt terug, terwijl de vraag juist nog aan het toenemen is. Als gevolg daarvan zullen producenten en leveranciers meer gas uit het buitenland gaan importeren dan nu het geval is. Dit gas heeft een andere samenstelling dan het Nederlandse gas, maar dankzij toevoeging van stikstof kan het gas geschikt worden gemaakt voor de Nederlandse huishoudens (bron: www.gasunie.nl).

Gevoeligheid bodemdaling bij winning uit de Tuffietlaag

Bij de ontwikkeling van het Tuffiet reservoir is bodemdaling een belangrijk aspect. Door middel van stikstof EGR kan het aardgas in dit reservoir gewonnen worden, waarbij de bodemdaling geminimaliseerd kan worden. Bij de reguliere gaswinning daalt de druk in het reservoir steeds verder, waardoor compactie kan optreden, hetgeen kan resulteren in bodemdaling. Bij stikstof EGR wordt de druk in het reservoir op peil gehouden door stikstof, waardoor de kans op compactie afneemt.

Een mogelijk risico van een (te) lage injectiviteit is dat de injectie onder te hoge druk plaatsvindt, waardoor scheurtjes kunnen ontstaan in het gesteente (dit wordt fracturing genoemd). Het optreden van fracturing is niet gewenst.

Injectiviteitstest Tuffietlaag bij gasveld Wanneperveen geslaagd

Ten behoeve van het project Aardgas⁺ is uitgerekend hoeveel stikstof per dag geïnjecteerd moet worden om het productiesysteem te optimaliseren. Of deze benodigde hoeveelheid

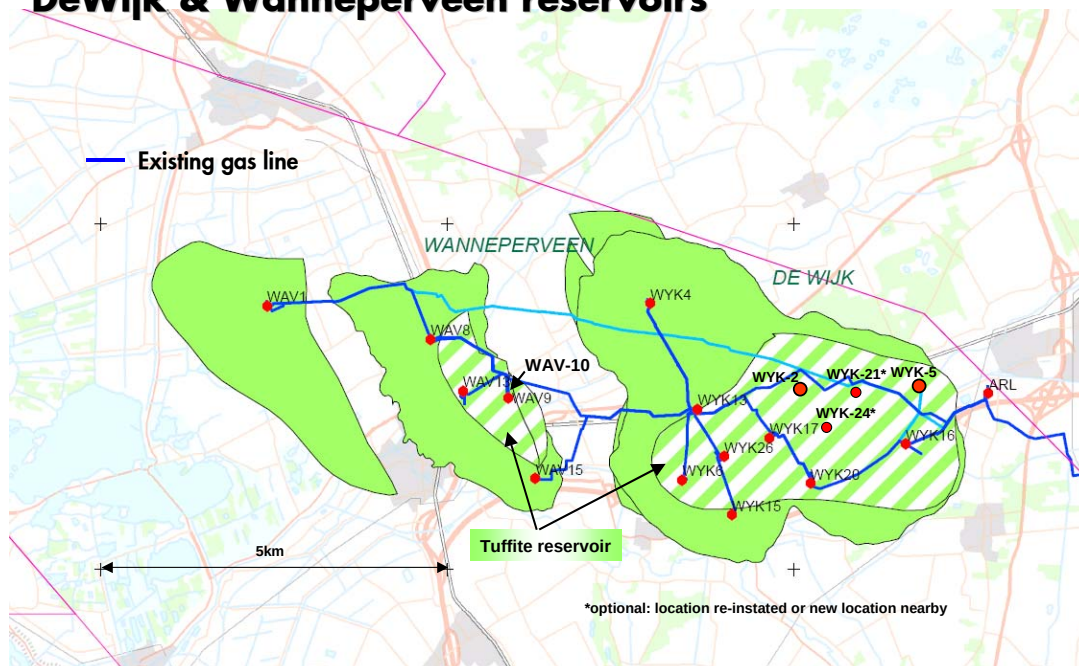


daadwerkelijk geïnjecteerd kan worden, hangt af van de doorlatende eigenschappen van de Tuffietlaag. De mate waarin stikstof geïnjecteerd kan worden, wordt de injectiviteit genoemd.

Een mogelijk risico van een (te) lage injectiviteit is dat er meer putten geboord zouden moeten worden. Het is niet gepland om injectiviteit te verhogen door middel van het forceren van de injectie, waardoor scheurtjes kunnen ontstaan in het gesteente (fracturing).

Om de injectiviteit te onderzoeken is een injectiviteitstest gedaan in de Tuffietlaag, ter hoogte van Wanneperveen (put WAV-10). Hoewel deze put niet in het De Wijk veld ligt, is de put in exact dezelfde Tuffietlaag geboord als de Tuffietlaag in het De Wijk veld (zie figuur 3.1).

DeWijk & Wanneperveen reservoirs



Figuur 3.1 Locatie van put WAV-10, waarin een leak-off test is uitgevoerd voor stikstofinjectie.

Uit de test blijkt dat de injectiviteit van de Tuffietlaag zeer goed is. De benodigde hoeveelheid stikstof (200.000 m³ stikstof per dag) kan zonder complicaties worden geïnjecteerd. Hierbij treedt geen fracturing op. De injectiviteit van het gesteente blijkt zelfs hoger te zijn dan verwacht, omdat de putten en het gesteente als het ware worden schoongebazen door de stikstof, waardoor microscopisch kleine verstoppingen verdwijnen.

Voor de overige drie reservoirs in het De Wijk veld is reeds bekend dat de injectiviteit voldoende geschikt is om zonder problemen stikstof te kunnen injecteren.



4 ALTERNATIEVEN EN VARIANTEN

In het MER zijn de alternatieven en varianten afgezet tegen de referentiesituatie. De referentiesituatie bestaat uit de huidige situatie plus autonome ontwikkelingen. Dit is voor het project Aardgas+ de situatie waarbij de gaswinning van het gasveld De Wijk op de huidige wijze nog voor een periode van circa tien zal worden voortgezet, bij steeds lagere reservoirdrukken.

In paragraaf 4.1 wordt de referentiesituatie verder uitgewerkt, waarbij voornamelijk wordt ingegaan op de aspecten die betrekking hebben op de ondergrond. Er blijft nog een hoeveelheid aardgas aanwezig in de reservoirs die met andere technieken gewonnen kan worden. Dit zijn de twee alternatieven die vervolgens beschreven worden.

- Stikstofinjectie; het voorkeursalternatief (zie paragraaf 4.2);
- Diepere compressie; het diepere compressie alternatief (zie paragraaf 4.3).

4.1 Referentiesituatie

De referentiesituatie komt wat betreft de winning overeen met de huidige situatie, zoals beschreven in hoofdstuk 2. Onderstaand zijn de belangrijkste aspecten voor de toetsing in het MER samengevat:

- Principe huidige winning;
- Configuratie van locaties en putten;
- Gaswinning in de referentiesituatie.

Principe huidige winning

Normaal gesproken stroomt het aardgas bij winning vanzelf uit het gasveld naar de put, vanwege de hoge druk in het reservoir. Na verloop van tijd wordt de druk in het gasreservoir te laag en moet het gas actief uit het reservoir gezogen worden. Deze techniek wordt compressie genoemd. Door middel van compressie kan de druk in de winputten verlaagd worden, waardoor het aardgas alsnog de putten in stroomt. Deze techniek is de afgelopen 15 jaar al toegepast voor De Wijk met een centraal compressorstation op de NAM-locatie Ten Arlo en vindt momenteel ook nog plaats. De winning met compressie loopt tegen het einde van de productiefase.

Gaswinning in de referentiesituatie

Uit reservoir 1, de Tuffietlaag, is tot nu toe in zeer beperkte mate aardgas gewonnen; naar verwachting bevindt zich nog circa 85% van de oorspronkelijke hoeveelheid aardgas in dit reservoir. De huidige druk in het reservoir is 51 bar. In de referentiesituatie vindt geen winning plaats uit deze laag.

De productie van reservoir 2 is gestart in 1976. Echter, aan het eind van 1980 is dit reservoir in zijn geheel uitgewaterd, door een nabij gelegen aquifer. Sindsdien is de winning gestaakt, omdat er geen conventionele technieken beschikbaar waren om de productie uit dit reservoir weer te hervatten. De druk in het reservoir is momenteel 115 bar. In de referentiesituatie vindt eveneens geen winning plaats uit reservoir 2.



In reservoir 3 nadert de gaswinning het einde van de winningsfase, waardoor nu compressie wordt toegepast. Verwacht wordt de productie na circa 10 jaar zal stoppen, waarbij nog 200 miljoen Nm³ gas wordt geproduceerd (zie tabel 4.1).

Voor reservoir 4 is de situatie vergelijkbaar met de situatie in reservoir 3, waarbij in een periode van circa 10 jaar nog circa 200 miljoen Nm³ gas gewonnen kan worden. De druk in reservoir 4 daalt hierbij tot 20 bar (zie tabel 4.1).

Tabel 4.1 Verwachte hoeveelheid gasproductie en einddruk in de referentiesituatie				
	Verwachte hoeveelheid gaswinning referentiesituatie (mln Nm ³)	Begindruk (bar)	Huidige druk (bar)	Verwachte einddruk Referentiesituatie (bar)
Reservoir 1	0	60	51	51
Reservoir 2	0	140	115	115
Reservoir 3	200	140	40	34
Reservoir 4	200	140	30	20

Zoals uit tabel 4.1 blijkt vindt winning in de referentiesituatie plaats vanuit reservoir 3 en 4. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de locaties:

- De Wijk 4 (drie putten);
- De Wijk 15 (één put);
- De Wijk 17 (één put);
- De Wijk 20 (één put).

Tabel 4.2 geeft een overzicht van de winlocaties in de referentiesituatie met daarbij de producerende putten.

Tabel 4.2 Winlocaties en aantal putten in de referentiesituatie		
Reservoir	Locatie	Aantal putten
1	Geen	Geen
2	Geen	Geen
3	De Wijk 4, -15, -17, -20,	
4		

4.2 Voorgenomen activiteit (voorkeursalternatief)

De voorgenomen activiteit omvat de ontwikkeling van Aardgas+, zoals beschreven in hoofdstuk 2. Hieronder wordt het voorkeursalternatief verder uitgewerkt, waarbij nadrukkelijk wordt gekeken naar de aspecten die betrekking hebben op de ondergrond.



Daarbij komen de volgende onderwerpen aan bod:

- Configuratie van locaties en putten;
- Ervaringen met stikstofinjectie;
- Gaswinning in het voorkeursalternatief.

4.2.1 Configuratie locaties en putten

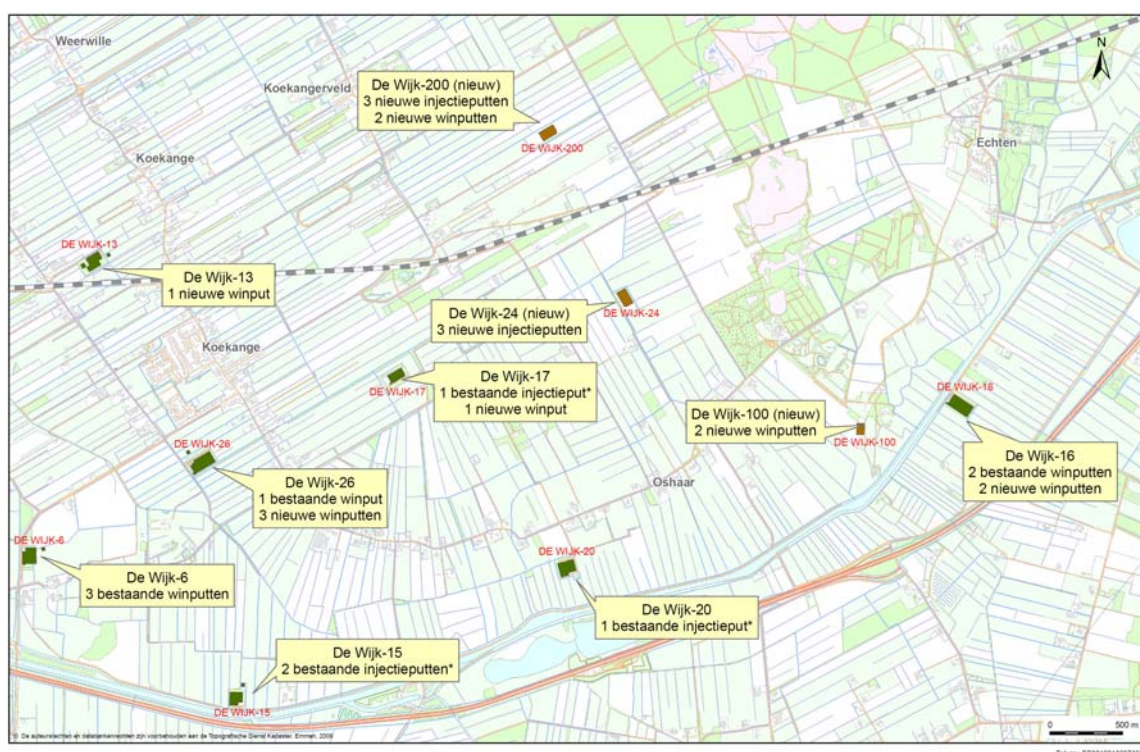
Stikstofproductie en -injectie

In het voorkeursalternatief wordt op een locatie naast de locatie De Wijk-20 stikstof geproduceerd en gecompriëerd in een luchtscheidingsinstallatie (LSI). De stikstof wordt met deels nieuwe leidingen getransporteerd naar centraal gelegen injectielocaties. In totaal zijn er vijf injectielocaties, inclusief De Wijk-20. De LSI wordt op een aparte locatie naast De Wijk-20 geplaatst.

Eén injectielocatie en een gecombineerde injectie- en winlocatie moeten nieuw worden aangelegd. De locatie De Wijk-24 is een al opgeruimde locatie. Deze zal opnieuw worden aangelegd. Voor de injectie van stikstof worden vier bestaande putten omgebouwd tot injectieputten en zes nieuwe putten geboord. Eén boring duurt circa 14 dagen tot een maand.

Aardgaswinning

Aan de uiteinden van het gasveld, ten westen en ten oosten van de injectielocaties, zal de gaswinning plaatsvinden. In totaal zijn er 7 winlocaties nodig. Naast vijf bestaande locaties, zijn twee nieuwe winlocaties nodig (De Wijk-100 en De Wijk-200) om het systeem te optimaliseren. Voor locatie De Wijk-100 is een nieuwe locatie in beeld. Het is niet mogelijk dit deel van het reservoir vanaf een bestaande NAM-locatie aan te boren. Vanwege de ondiepe ligging van het reservoir en technische beperkingen moet het reservoir vrijwel verticaal worden aangeboord. Twee van de winlocaties worden tevens als injectielocatie gebruikt, namelijk De Wijk-17 en De Wijk-200 en De Wijk-20, daar men voornemens is om deze put weer in bedrijf te gaan nemen in de toekomst. De overige winlocaties liggen ten westen en ten oosten van de injectielocaties. Een overzicht van de locaties en puttenconfiguratie wordt gegeven in figuur 4.1.



Figuur 4.1 Overzicht locaties en puttenconfiguratie (* winputten worden omgebouwd naar injectieputten)

Het geproduceerde aardgas wordt met hoofdzakelijk bestaande leidingen naar Ten Arlo getransporteerd.

Het bij de gasproductie in deelproject 2 vrijkomende formatiewater wordt vanaf de bestaande locatie De Wijk-13 per truck afgevoerd naar Borgswaer (Groningen). Productiewater vanaf De Wijk-16 en De Wijk-20 wordt rechtstreeks afgevoerd naar Ten Arlo.

Voor de winning van het aardgas worden in totaal 11 nieuwe putten geboord en worden 6 bestaande putten in gebruik genomen. De put WYK-26 op de locatie De Wijk 26 produceert uit zowel reservoir 2 als reservoir 3. In tabel 4.3 is een overzicht gegeven van het aantal te gebruiken bestaande en nieuwe putten per locatie.

Tabel 4.3 Benodigde putten

	Locatie	Aantal putten	
		Bestaand	Nieuw
Injectielocaties	De Wijk-15	2*	
	De Wijk-17	1*	
	De Wijk-20	1*	
	De Wijk-24		3
	De Wijk-200		3
Winlocaties	De Wijk-17		1
	De Wijk-6	3**	
	De Wijk-13		1
	De Wijk-16	2**	2



Tabel 4.3 Benodigde putten

	Locatie	Aantal putten	
		Bestaand	Nieuw
	De Wijk-26 (in 2 en 3)	1 **	3
	De Wijk-100		2
	De Wijk-200		2

Toelichting:

* Winputten worden omgebouwd naar injectieputten.

** Winputten blijven winputten.

Er zal ook e.a. moeten gebeuren om de putten gereed te maken voor injectie (perforeren/ formaties afsluiten, integriteitschecks, etc).

Deelprojecten

Het project Aardgas+ kan worden opgesplitst in verschillende deelprojecten, die gerelateerd zijn aan de reservoirs waaruit aardgas gewonnen wordt. Het gasveld De Wijk bestaat uit vier verschillende boven en naast elkaar liggende gashoudende reservoirs. Het project bestaat dan ook uit vier deelprojecten. In onderstaande tabel 4.4 zijn de verschillende deelprojecten en reservoirs weergegeven.

Tabel 4.4 Deelprojecten

Deelproject	Reservoir	Locaties	
		Injectie	Productie
1	Tuffite/Chalk	De Wijk-24 (3 nieuwe putten) De Wijk-200 (3 nieuwe putten)	De Wijk-16 (2 nieuwe putten) De Wijk-17 (1 nieuwe put) De Wijk-26 (3 nieuwe putten) De Wijk-100 (2 nieuwe putten)
2	Sol/Volpr./U.Rn existing wells (NERG)	De Wijk-15 (1 bestaande put)	De Wijk-26 (1 bestaande put)
3	Rogenstein	De Wijk-15 (1 bestaande put)	De Wijk-6 (3 bestaande putten) De Wijk-26 (1 nieuwe put) De Wijk-13 (1 bestaande put)
4	Vlieland/ M'kalk	De Wijk-17 (1 bestaande put)* De Wijk-20 (1 bestaande put)	De Wijk-16 (2 bestaande putten) De Wijk-200 (2 nieuwe putten)**

* De bestaande put op locatie De Wijk-17 voor stikstofinjectie betreft een alternatief voor de injectieput op de locatie De Wijk-20, in het geval de injectiviteit van deze injectieput onvoldoende blijkt.

** De definitieve beslissing over het boren van 2 nieuwe winputten op de locatie De Wijk-200 wordt gedurende de looptijd van het project Aardgas+ genomen.

De verschillende deelprojecten kunnen onafhankelijk van elkaar worden gerealiseerd. Deze volgorde, waarin de deelprojecten worden gerealiseerd, staat echter niet vast en kan worden aangepast.



4.2.2 Gaswinning in voorkeursalternatief

De aardgaswinning uit het De Wijk veld kan door toepassing van het project Aardgas+ met 15 tot 20 jaar worden verlengd. In totaal kan er nog ruim 2 miljard m³ aardgas extra worden gewonnen, ten opzichte van de referentiesituatie.

In het project worden vier reservoirs ontwikkeld. In onderstaande tabel is aangegeven hoeveel gas naar verwachting kan worden gewonnen door de toepassing van stikstof EGR. Tevens is aangegeven wat de verwachte einddruk in de reservoirs is na afronding van het project Aardgas+.

Tabel 4.5 Verwachte hoeveelheid gasproductie en einddruk in het voorkeursalternatief				
	Verwachte hoeveelheid gaswinning voorkeursalternatief (mln Nm ³)	Beginndruk (bar)	Huidige druk (bar)	Verwachte einddruk Voorkeursalternatief (bar)
Reservoir 1	1.000	60	51	45
Reservoir 2	50	140	115	115
Reservoir 3	600	140	40	40
Reservoir 4	400	140	30	30

4.3 Alternatief diepere compressie

Als alternatief voor de gaswinning door stikstofinjectie, kan de gaswinning worden verlengd door het toepassen van zogenaamde diepere compressie. Hieronder wordt het alternatief diepere compressie verder uitgewerkt, waarbij nadrukkelijk wordt gekeken naar de aspecten die betrekking hebben op de ondergrond. Daarbij komen de volgende onderwerpen aan bod:

- Principe diepere compressie;
- Configuratie van locaties en putten;
- Ervaringen met diepere compressie;
- Gaswinning in alternatief diepere compressie.

4.3.1 Principe diepere compressie

Normaal gesproken stroomt het aardgas bij winning vanzelf uit het gasveld naar de put, vanwege de hoge druk in het reservoir. Na verloop van tijd is de druk in het reservoir dusdanig laag, dat het niet meer vanzelf uit het reservoir stroomt vanuit het reservoir. Door middel van compressie kan de druk in de winputten verlaagd worden, waardoor het aardgas alsnog de putten in stroomt. Deze techniek is de afgelopen 15 jaar al toegepast voor De Wijk met een centraal compressorstation op de NAM-locatie Ten Arlo. Bij diepere compressie wordt de druk in de put verder verlaagd, waardoor ook bij een geleidelijke verdere verlaging van de druk in het reservoir nog aardgas kan worden gewonnen. Bij diepere compressie wordt in feite het aardgas met een nog lagere druk uit het reservoir gezogen.



In het diepere compressie alternatief wordt ook het Tuffiet reservoir geproduceerd. Uitgangspunt hierbij is dat bij de productie van dit reservoir niet meer bodemdaling op mag treden dan bij het voorkeursalternatief (stikstofinjectie).

4.3.2 Configuratie locaties en putten

Ten opzichte van het voorkeursalternatief hoeft in het diepere compressie alternatief geen luchtscheidingsinstallatie gebouwd te worden. De productie van reservoir 1 verloopt via vier putten. Deze putten worden geboord (één put per locatie) van locatie De Wijk-26, De Wijk-17, De Wijk-16 en De Wijk-100. De Wijk-100 locatie is nodig om het Krijtkalk reservoir van reservoir 1 te produceren. Voor reservoir 3 en 4 zijn geen nieuwe putten nodig. Tevens zijn (aanvullende) compressoren op Ten Arlo nodig.

4.3.3 Ervaringen met diepere compressie

Compressie wordt veelvuldig toegepast in de aardgaswinning. De term 'diepere compressie' impliceert dat er al compressie wordt toegepast, maar dat de druk bij diepere compressie verder wordt verlaagd. In het De Wijk veld is dit het geval voor de reservoirs 3 en 4. Het ondiepe Tuffiet reservoir heeft nog voldoende reservoirdruk, waardoor compressie niet nodig is bij de productie van dit reservoir.

4.3.4 Gaswinning in alternatief diepere compressie

Het diepere compressie alternatief omvat productie uit reservoir 1, 3 en 4. In dit alternatief wordt reservoir 2 als onwinbaar beschouwd. Voor reservoir 1 geldt dat de productie beperkt zal zijn, omdat niet meer bodemdaling mag optreden dan bij het voorkeursalternatief. Tevens geldt dat voor reservoir 1 geen diepere compressie nodig is, omdat de reservoirdruk nog relatief hoog is: het gas stroomt vanzelf uit het reservoir.

Naar verwachting kan met de investeringen in het diepere compressie alternatief nog 500 miljoen Nm³ aardgas extra worden gewonnen, ten opzichte van de referentiesituatie. Tijdens de gaswinning in het diepere compressie alternatief daalt de druk in de reservoirs 1, 3 en 4 verder dan in het voorkeursalternatief. De verwachte einddruk in de reservoirs is ook weergegeven in onderstaande tabel 4.6.

Tabel 4.6 Verwachte hoeveelheid gas en einddruk in het diepere compressie alternatief

	Verwachte hoeveelheid gaswinning (mln Nm ³)	Begindruk (bar)	Huidige druk (bar)	Verwachte einddruk (bar)
Reservoir 1	280	60	51	45
Reservoir 2	0	140	115	115
Reservoir 3	120	140	40	31
Reservoir 4	100	140	30	18

De levensduur van het Ten Arlo productie systeem zou door middel van diepere compressie kunnen worden verlengd tot circa 2022.



4.4 Vergelijking alternatieven

In de voorgaande hoofdstukken is een overzicht gegeven van de referentiesituatie, het voorkeursalternatief en het diepere compressie alternatief. De nadruk lag hierbij op de aspecten die betrekking hebben op de diepe ondergrond.

Onderstaande tabel laat de verschillen zien tussen de alternatieven en de referentiesituatie, met betrekking tot de hoeveelheid gas die kan worden gewonnen en de verwachte einddruk na beëindiging van de gaswinning. De hoeveelheden gaswinning bij de alternatieven geven de extra hoeveelheden aan, ten opzichte van de referentiesituatie. Dat betekent dat in totaal in de referentiesituatie in circa 10 jaar nog ongeveer 400 Nm³ aardgas wordt gewonnen. Bij toepassing van stikstofinjectie wordt aanvullend circa 2.050 Nm³ aardgas gewonnen. Inclusief de winning in de referentiesituatie bedraagt de totale gaswinning daarmee in circa 20 jaar ongeveer 2.450 Nm³ aardgas. Bij toepassing van diepe compressie kan aanvullend circa 500 Nm³ aardgas worden gewonnen. De totale hoeveelheid gaswinning komt bij dit alternatief daarmee in circa 20 jaar op ongeveer 900 Nm³ aardgas.

Tabel 4.7 Overzicht verschillen tussen referentiesituatie en alternatieven

In mln Nm ³	Referentiesituatie		Voorkeursalternatief		Diepere compressie	
	Resterende winning (miljoen m ³)	Verwachte einddruk (bar)	Extra winning (miljoen m ³)	Verwachte einddruk (bar)	Extra winning (miljoen m ³)	Verwachte einddruk (bar)
Reservoir 1	0	51	1.000	45	280	45
Reservoir 2	0	115	50	115	0	115
Reservoir 3	200	34	600	40	120	31
Reservoir 4	200	20	400	30	100	18
Totaal alternatief	400		2.050		500	
Totale winning	400		2.450		900	

4.5 Uitvoeringsvarianten

In het MER zal een aantal uitvoeringsvarianten worden opgenomen, waarin variaties ten aanzien van de voorgenomen activiteit zijn opgenomen. De uitvoeringsvarianten hebben uitsluitend betrekking op aanleg en ruimtelijke inpassing van locaties en leidingen en hebben daarmee geen effecten op de diepe ondergrond.



5 EFFECTEN IN DE ONDERGROND

5.1 Inleiding

5.1.1 Benutting diepe ondergrond

De belangstelling voor de mogelijkheden die de diepe ondergrond biedt neemt de laatste jaren sterk toe. Naast de olie- en gasindustrie, komen steeds meer gebruiksfuncties voor de ondergrond in beeld, die kunnen bijdragen aan de leveringszekerheid van onze energievoorziening en aan klimaatdoelstellingen. Voorbeelden hiervan zijn de winning van aardwarmte (geothermie), benutting van leeggeproduceerde gasreservoirs voor opslag/buffering gassen (CO₂, aardgas) of formatiewater en de benutting zoutcavernes voor buffering van gassen.

Deze ontwikkelingen vragen ook meer regie op de ondergrond, wat is terug te zien in recente beleidsontwikkelingen van het Rijk en de provincies. Zo heeft de provincie Drenthe een structuurvisie opgesteld voor de diepe ondergrond ('Met Drenthe de diepte in').

Vanwege de toenemende belangstelling voor functies in de diepe ondergrond en het innovatieve karakter van het Aardgas⁺ project, zijn de effecten met betrekking tot de diepe ondergrond expliciet onderdeel van dit MER.

5.1.2 Geen normale milieuregels in diepe ondergrond

Bij een reguliere MER hoort een standaard set aan toetsingsparameters, zoals bodem, water, ecologie, archeologie, landschap, geluid, externe veiligheid, luchtemissies, energie, transport, afvalstoffen. Deze milieuaspecten zijn waarneembaar op en rond maaiveld en worden daarom besproken in deelrapport 2 van dit MER.

Op grotere diepte zijn de standaard toetsingsparameters echter minder of niet relevant. Als voorbeeld geldt dat olie in een oliereservoir wordt gezien als een delfstof en niet als een bodemverontreiniging, zoals in de ondiepere bodem.

Doordat op grotere diepten geen normale milieuregels gelden, kan dus niet worden getoetst aan de standaard milieunormen in de diepe ondergrond. In feite geldt deze constatering voor alle activiteiten en gebruiksfuncties in de diepe ondergrond en daarmee ook voor het project Aardgas⁺ in De Wijk.

5.1.3 Selectie effecten ondergrond

De activiteiten uit het project Aardgas⁺ kunnen leiden tot effecten in de ondergrond, die mogelijk doorwerken tot aan maaiveld. Deze effecten worden getoetst in het voorliggende deel van het MER. Ook kunnen er implicaties zijn voor het toekomstige gebruik, welke tevens aan de orde komen.

Voor gaswinning bij De Wijk speelt bodembeweging een belangrijke rol. Door de winning van gas en/of de injectie van stikstof verandert de dynamiek van de druk in het reservoir, waardoor een risico op bodembeweging ontstaat in de vorm van bodemdaling, -stijging of -



trillingen. Vooral het relatief ondiep gelegen Tuffiet reservoir is gevoelig gebleken voor bodemdaling.

Naast bodembeweging is voor het project Aardgas⁺ ook het risico op mogelijke lekkage van stikstof uit het reservoir van belang. Via verschillende routes zou het mogelijk kunnen zijn dat stikstof uit het reservoir ontsnapt en in de bovenliggende gesteentelagen terecht komt.

Naast de zogenaamde projectgerelateerde effecten, zoals bodembeweging en lekkage van stikstof, is in dit MER ook gekeken naar afgeleide effecten. Deze effecten hebben betrekking op de mogelijkheden voor toekomstig hergebruik van de reservoirs. Ten eerste is gekeken naar de integriteit van het reservoir; veranderingen aan de structuur en de kwaliteit van het gesteente kunnen van invloed zijn op de integriteit van het reservoir. Ten tweede is de resterende opslagcapaciteit van belang. Wanneer gasreservoirs zijn 'leeggeproduceerd' kan worden besloten deze in te zetten voor andere doeleinden, zoals het bufferen van aardgas of het opslaan van productiewater of andere stoffen.

In totaal worden vier aspecten getoetst in dit MER:

- Projectgerelateerde effecten;
 - o Bodembeweging (hoofdstuk 6);
 - o Lekkage van stikstof uit het reservoir (hoofdstuk 7).
- Afgeleide effecten (hoofdstuk 8).
 - o Veranderingen in het reservoir (hoofdstuk 8.2);
 - o Resterende opslagcapaciteit van het reservoir (hoofdstuk 8.3).



6 BODEMBEWEGING

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de met de ontwikkeling van het gasveld De Wijk samenhangende effecten voor bodembeweging beschreven. Daarbij worden alle verschillende mogelijke vormen van bodembeweging benoemd, om vervolgens vast te stellen welke vormen op kunnen treden in het project Aardgas+.

Voor het aspect bodembeweging zijn de volgende mogelijke vormen van bodembeweging in beeld gebracht:

- Bodemdaling ten gevolge van drukafname in het gasreservoir;
- Bodemstijging ten gevolge van druktoename in het gasreservoir ;
- Bodemtrillingen in de vorm van kleine aardbevingen.

Bodemdaling

Winning van gas kan leiden tot bodemdaling door compactie van het reservoirgesteente. Dit komt doordat de druk in de poriën in het diepe reservoir afneemt. Het gewicht van de lagen boven het reservoir blijft echter gelijk, waardoor de spanning op de gesteentekorrels zal toenemen, wat leidt tot compactie. Aan het aardoppervlak kan de compactie zich vertalen in een gelijkmatige, schotelvormige bodemdaling. Het diepste punt van de schotel ligt in het centrum. Naar de randen toe wordt de bodemdaling geleidelijk minder.

Bodemdaling door zetting behandeld in deelrapport 2

Naast bodemdaling door compactie kan bodemdaling ook optreden door zetting van de bovenste laag van de bodem. Met name in veengebieden is sprake van ondiepe bodemdaling. Door het vergaan van oude plantenresten uit de veenbodem, transformeert de veenbodem langzaam naar een zandbodem. Daarbij treedt zetting van de bodem op. Bij verlaging van grondwaterstanden kan dit proces versneld worden. Het aspect bodemdaling door zetting wordt verder behandeld in deelrapport 2, hoofdstuk 3.7.

Bodemstijging

Wanneer in een gasreservoir gassen worden geïnjecteerd, bestaat de kans op bodemstijging. Dit kan vooral in de directe omgeving van de injectieputten plaatsvinden.

Bodemtrilling

Naast bodembeweging in de vorm van bodemdaling en -stijging, kan de winning van aardgas leiden tot bodemtrilling. Door veranderingen van de druk in de ondergrond kunnen spanningsveranderingen optreden. Dit kan leiden tot plotselinge bewegingen langs bestaande natuurlijke breuken, waardoor een lichte aardbeving plaatsvindt. Boven het De Wijk veld is overigens tijdens de gasproductie over de afgelopen 50 jaar geen trilling geregistreerd.

Het aspect bodembeweging heeft in dit MER betrekking op de operationele fase, waarin de winning van aardgas en injectie van stikstof plaatsvinden. Compactie kan ook nog jaren na



afronding van de winning doorgaan, zodat de eindverlaging boven een gasveld mogelijk pas vele jaren na de operationele fase wordt bereikt.

Richtlijnen

In de richtlijnen voor het MER is ten aanzien van het milieuaspect bodembeweging het volgende genoemd:

De Commissie voor de m.e.r. (hierna 'de Commissie') beschouwt de volgende punten als essentiële informatie in het milieueffectrapport (MER). Dat wil zeggen dat voor het meewegen van het milieubelang in de besluitvorming het MER in ieder geval de volgende informatie moet bevatten.

- De verwachte bodemdaling door de verlengde gaswinning en de gevolgen daarvan voor met name de waterhuishouding;
- De wijze waarop de bodemdaling gemonitord en vergeleken wordt met de criteria hiervoor en, indien van toepassing, op welke wijze ingegrepen kan worden als de bodemdaling ontoelaatbaar dreigt te worden.

Met betrekking tot het aspect Bodem en Water is in de Richtlijnen het volgende opgenomen: "Werk de gevolgen voor bodem en water conform de startnotitie uit. Kwantificeer de bodemdaling, de wijze waarop die verloopt (mogelijke bevingen, trillingen) en gevolgen voor de waterhuishouding."

In deelrapport 3 wordt de mogelijke bodemdaling beschreven, waaraan in de Richtlijnen wordt gerefereerd. Deze bevindingen vormen het uitgangspunt om in deelrapport 2 vast te stellen welke invloed dit kan hebben op de waterhuishouding.

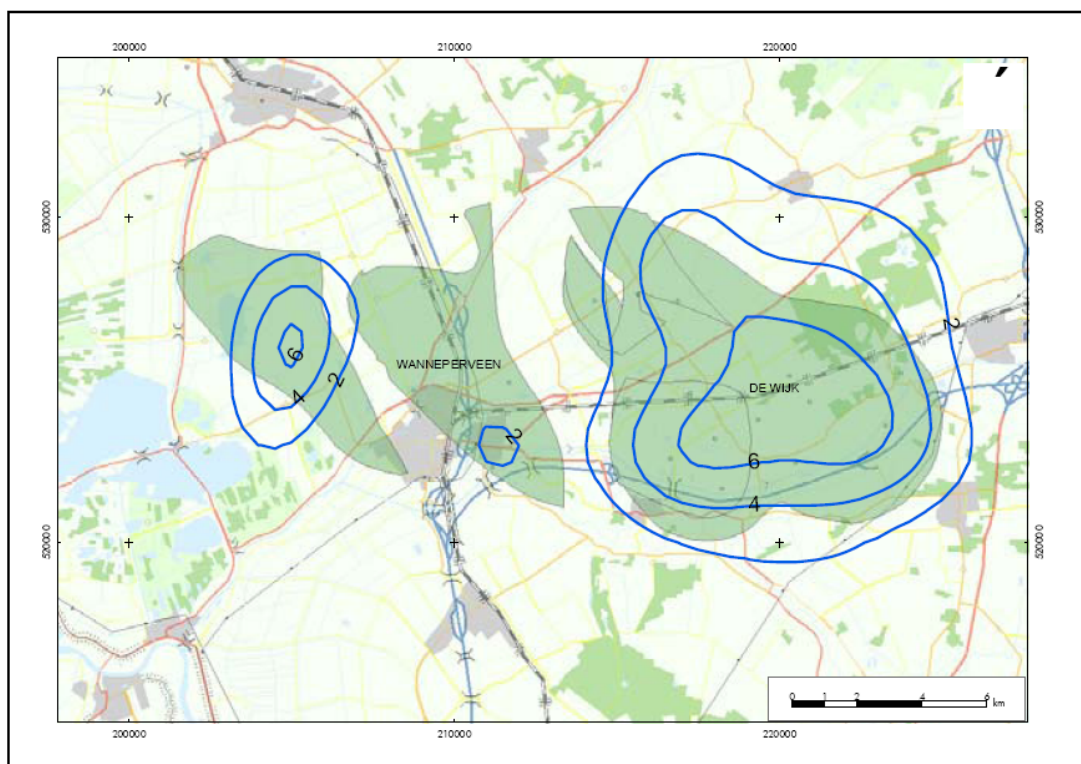
Opzet van het hoofdstuk

Eerst wordt de huidige situatie (6.2) en de autonome ontwikkelingen (6.3) ten aanzien van het milieuaspect bodembeweging beschreven. In paragraaf 6.4 komt het beoordelingskader aan bod. Hier wordt de onderzoeksmethodiek beschreven en de manier waarop effecten beoordeeld zijn. In de daarop volgende paragraaf (6.5) vindt de effectbeschrijving plaats. In paragraaf 6.6 worden de milieueffecten samengevat. Tot slot geeft paragraaf 6.7 de leemten in kennis weer.

6.2 Huidige situatie

Bodemdaling

In de huidige situatie is sprake van bodemdaling boven het gasveld De Wijk. Zoals in figuur 6.1 weergegeven bedroeg de in 2000 de gemeten daling (sinds de nulmeting in 1955) door gaswinning in dit gebied overal minder dan 8 cm.



Figuur 6.1 In 2000 gemeten bodemdaling in de omgeving van De Wijk. (bron: winningsplan De Wijk – Wanneperveen)

De meest recente bodemdalingsmeting in dit gebied heeft plaatsgevonden in het jaar 2005. Bij het meten van de bodemdaling wordt er van uitgegaan dat de gemeten bodemdaling wordt veroorzaakt door de gaswinning. In sommige gebieden kan ondiepe bodemdaling (de zetting van veengebieden) echter ook een rol spelen.

De totale maximale bodemdaling in het De Wijk veld tot nu toe is ongeveer 10 cm. Hiervan is circa 7 cm veroorzaakt door depletie van reservoir 1 in het verleden, waarbij de druk daalde van 60 bar tot 51 bar.

De overige 3 cm bodemdaling is veroorzaakt door depletie van reservoir 3 en 4, waarbij de druk daalde van 140 bar naar circa 30 tot 40 bar. Reservoir 2 is nauwelijks ontwikkeld (gedepteerd), waardoor de compactie in dit reservoir minimaal is en bodemdaling niet kan worden toegewezen aan dit reservoir.

Het verschil in bodemdaling per bar depletie tussen reservoir 1 en reservoir 2, 3 en 4 ligt aan het verschil in compactiegedrag van het reservoir. Reservoir 1 bestaat uit een relatief zwak "gesteente" en het zal per bar drukverandering meer compactie laten zien dan de andere drie reservoirs.

Bodemstijging

Tot nu toe is geen sprake geweest van bodemstijging, omdat geen gassen zijn geïnjecteerd in het De Wijk veld.



Bodemtrillingen

De winning van aardgas gaat in het algemeen gepaard met een daling van de druk in de ondergrond. Dit soort spanningsverandering kan leiden tot plotselinge bewegingen langs bestaande breuken, waardoor een aardtrilling plaatsvindt. Sinds het begin van de jaren negentig hebben verschillende instanties, waaronder de overheid, kennisinstituten en mijnbouwmaatschappijen, zich gezamenlijk met deze problematiek bezig gehouden. Momenteel zijn bovengenoemde instanties verenigd in het Technisch Platform Aardbevingen (TPA). Hiermee is alle aanwezige kennis op het gebied van aardtrillingen gebundeld. Deze kan optimaal worden ingezet met gebruikmaking van de meest actuele stand der techniek.

Het KNMI heeft geconcludeerd (Van Eck et al. 2004) dat eventuele door gaswinning geïnduceerde lichte aardbevingen niet zwaarder zullen zijn dan magnitude 3,9 op de schaal van Richter. Dat betekent (kwalitatief) dat in het ernstigste geval in de nabijheid van het voorkomen lichte, niet constructieve schade kan optreden aan veel gebouwen en matige schade aan enkele gebouwen.

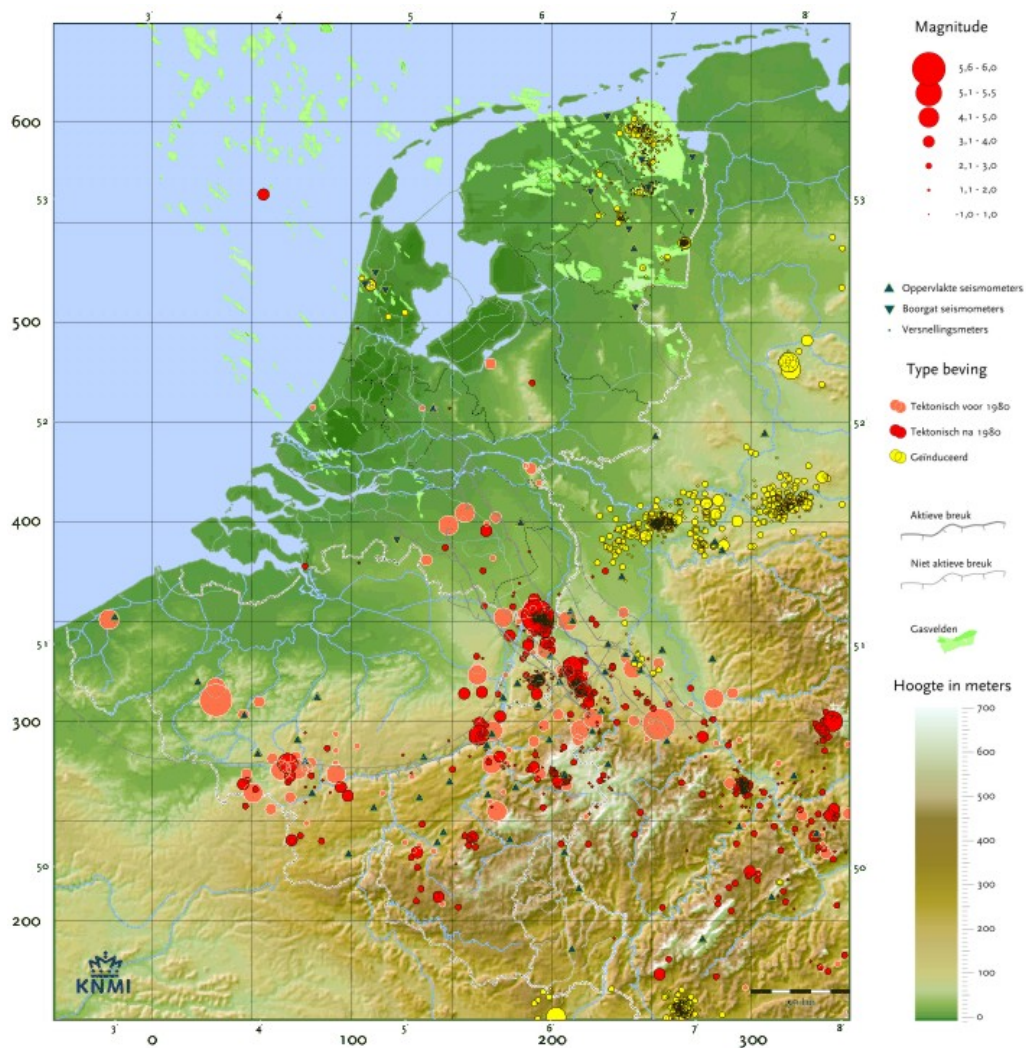
In Nederland is/wordt uit ruim 100 olie- en gasvelden op het vasteland geproduceerd. Boven een beperkt aantal velden (19) zijn trillingen geregistreerd. In het kader van de Seismisch Risico Analyse zijn de velden opgedeeld in drie categorieën:

- A. Groningen, Bergermeer en Roswinkel, waar magnitudes 3,0 en hoger zijn opgetreden;
- B. Andere velden waar aardtrillingen met magnitudes kleiner dan 3,0 zijn opgetreden;
- C. Velden waar geen trillingen zijn geregistreerd.

Monitoring van seismische activiteit vindt continu plaats en wordt uitgevoerd door KNMI met behulp van een daartoe aangelegd netwerk van seismische registratieapparatuur.

Registratie boven het gasveld De Wijk

Boven het De Wijk veld is tijdens de gasproductie over de afgelopen 50 jaar, waarbij reeds 90% van de winbare hoeveelheid gas is geproduceerd, geen trilling geregistreerd (zie ook figuur 6.2). Dit is in overeenstemming met de ervaringen bij geologisch vergelijkbare velden elders in Nederland. Het gasveld De Wijk wordt dan ook gerekend tot categorie C. Hierbij dient opgemerkt te worden dat trillingen met een magnitude van 2,0 of kleiner niet tot slecht waarneembaar zijn, omdat het waarnemingsvermogen van het meetnet in de omgeving van De Wijk bewust beperkt is, vanwege het lage risico op bodemtrillingen. Trillingen in de omgeving van De Wijk die eventueel schade zouden kunnen veroorzaken worden dus wel gemeten.



Figuur 6.2 Overzicht van bodemtrillingen in Nederland (bron: KNMI)

Methodiek gekwantificeerde schatting van de kans op een beving

Door het KNMI is aangegeven dat voor dergelijke velden met de huidige wetenschappelijke kennis nog geen algemeen seismisch 'hazard' model opgesteld kan worden, dat een betrouwbare seismische risico analyse mogelijk zou maken. Om het op basis van velden in de categorieën A en B opgestelde algemene hazard model te verfijnen en een gekwantificeerde schatting te kunnen geven van de kans op een geïnduceerde beving voor velden in categorie C, is op initiatief en onder begeleiding van het TPA door TNO-NITG een studie uitgevoerd naar de fysische en geologische parameters die de gevoeligheid van olie/gasvelden voor het optreden van aardbevingen bepalen. Hierbij zijn veel gegevens gebruikt die via de winningplannen beschikbaar zijn gekomen. Eén van de conclusies van deze studie is, dat er twee meetbare parameters aan te wijzen zijn die aantoonbaar gerelateerd kunnen worden aan de kans op het optreden van geïnduceerde bevingen. De eerste parameter (E) is de verhouding tussen de Young's moduli (een maat voor de stijfheid danwel compressibiliteit) van de "overburden" en het reservoir. De tweede parameter (B) is de breukdichtheid (zie ook rapport TNO-NITG 04-171-C).



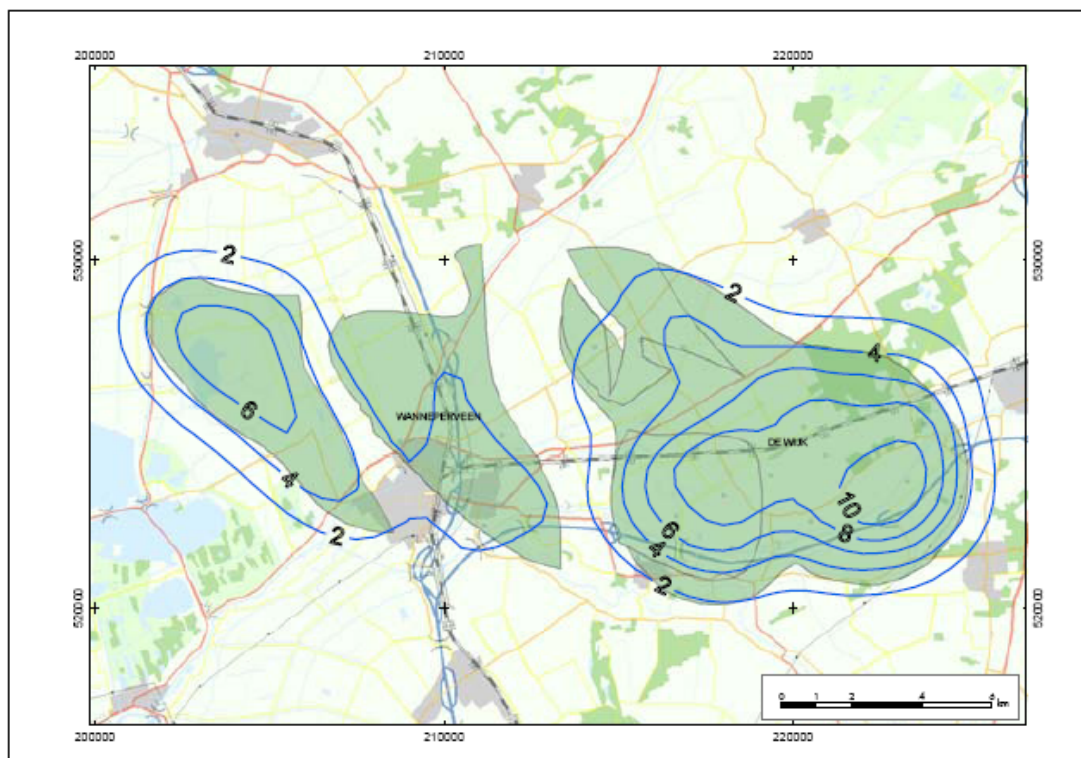
Seismisch risico nihil bij De Wijk

Op basis van deze parameters is de kans op geïnduceerde bevingen in de huidige situatie bij De Wijk nihil. De belangrijkste reden hiervoor is dat de drukveranderingen in het reservoir relatief klein zijn, waardoor spanningsveranderingen op eventuele breukvlakken beperkt blijven. Daarbij is het aantal breukvlakken in het De Wijk gasveld gering.

6.3 Autonome ontwikkeling

Bodemdaling

Na het beëindigen van de winning in 2019 zal de bodemdaling door de huidige winning tezamen met de naburige voorkomens circa 10 cm bedragen (Figuur 6.3).



Figuur 6.3 Verwachte eindsituatie van de totale bodemdaling door huidige gaswinning in het De Wijk veld in combinatie met naburige voorkomens. De contourlijnen geven de bodemdaling in cm aan (bron: vigerende winningsplan).

De onzekerheid in de uiteindelijk verwachte bodemdaling wordt bepaald door de onzekerheden in de bij de berekeningen gebruikte invoergegevens en door de betrouwbaarheid van het gebruikte gesteentemechanische model. Het resultaat hiervan is dat de onzekerheid in de verwachte bodemdaling gemiddeld circa 20% bedraagt (bereik: - 20% tot + 20% van de berekende daling) met een minimum van 2 cm.

In het meest negatieve geval zou de bodemdaling dus 12 cm kunnen zijn.

Bodemstijging

In de autonome situatie nadert de gaswinning in het De Wijk veld zijn einde. Er is geen sprake van bodemstijging.



Bodemtrillingen

Op basis van de risico inschatting zoals opgenomen in het winningsplan voor de ontwikkeling van De Wijk – Wanneperveen en voorgaande beschrijving worden bodemtrillingen niet verwacht.

6.4 Toetsingskader effectbepaling

Voor de effectbepaling heeft eerst een kwantitatieve effectbepaling plaatsgevonden door middel van het aantal centimeters daling (of stijging) per jaar en (het risico op) mogelijke trillingen. Aan de hand van deze kwantitatieve gegevens zijn de effecten (kwalitatief) geclassificeerd.

De kwantitatieve effectbepaling is omgezet in een kwalitatieve classificatie van effecten. Hierbij worden scores toegekend aan de geconstateerde effecten. Hierbij wordt aangesloten bij de 7-puntsschaal van - - - t/m + + +.

Voor bodembeweging is de ernst die de daling als gevolg heeft voor de omgeving, gebouwen, etc. maatgevend voor de score. Indien geen gevolgen van de bodemdaling worden verwacht omdat bodemdaling niet of in zeer geringe mate optreedt, zal de score neutraal ('0') zijn. De score is negatief ('-') indien een meetbaar effect optreedt. Een dubbel negatieve score ('- -') geeft aan dat de gevolgen voor de omgeving duidelijk merkbaar zijn (bijvoorbeeld schade aan gebouwen en wateroverlast). Mogelijke bodemstijging is eveneens een negatief effect, aangezien dit effect op de waterhuishouding kan hebben. Ook een risico op trillingen levert een negatieve score op.

Deze benadering leidt tot het volgende overzicht (tabel 6.1).

Tabel 6.1 Effectclassificatie Bodembeweging	
Effectscore	Bodembeweging
- - -	Meer dan 10 centimeter bodemdaling / optreden van bodemtrillingen.
- -	Tussen 5 en 10 centimeter bodemdaling / reëel risico op bodemtrillingen.
-	Minder dan 5 centimeter bodemdaling / (zeer) beperkt risico op bodemtrillingen.
0	Geen of minder dan 1 centimeter bodemdaling / geen risico op bodemtrillingen.
+	Tot stilstand brengen of (gedeeltelijk) opheffen van bodemdaling, vermindering kans op bodemtrilling.
+ +	Nvt
+ + +	Nvt

6.5 Effectbeschrijving

6.5.1 Voorgenomen activiteit (voorkeursalternatief)

Bodemdaling

De reservoirdruk tijdens het project Aardgas+ zal niet verder dalen voor reservoir 2, 3 en 4, waardoor compactie (en dus bodemdaling) niet op zal treden in deze reservoirs. Dit geldt niet voor reservoir 1, waar de reservoirdruk iets afneemt tijdens het project. Dit is nodig om te helpen om de stikstof naar productie putten te zuigen. Hierdoor geldt dat de bodemdaling



die optreedt tijdens het project Aardgas⁺ uitsluitend wordt veroorzaakt door ontwikkeling van reservoir 1. De bodemdaling in De Wijk zal door de ontwikkeling van reservoir 1 middels stikstofinjectie en gasproductie met 5 tot 10 cm toenemen. Hieronder wordt geschetst hoe de bodemdaling verloopt tijdens en na het project Aardgas⁺.

Verloop bodemdaling reservoir 1 tot 2030

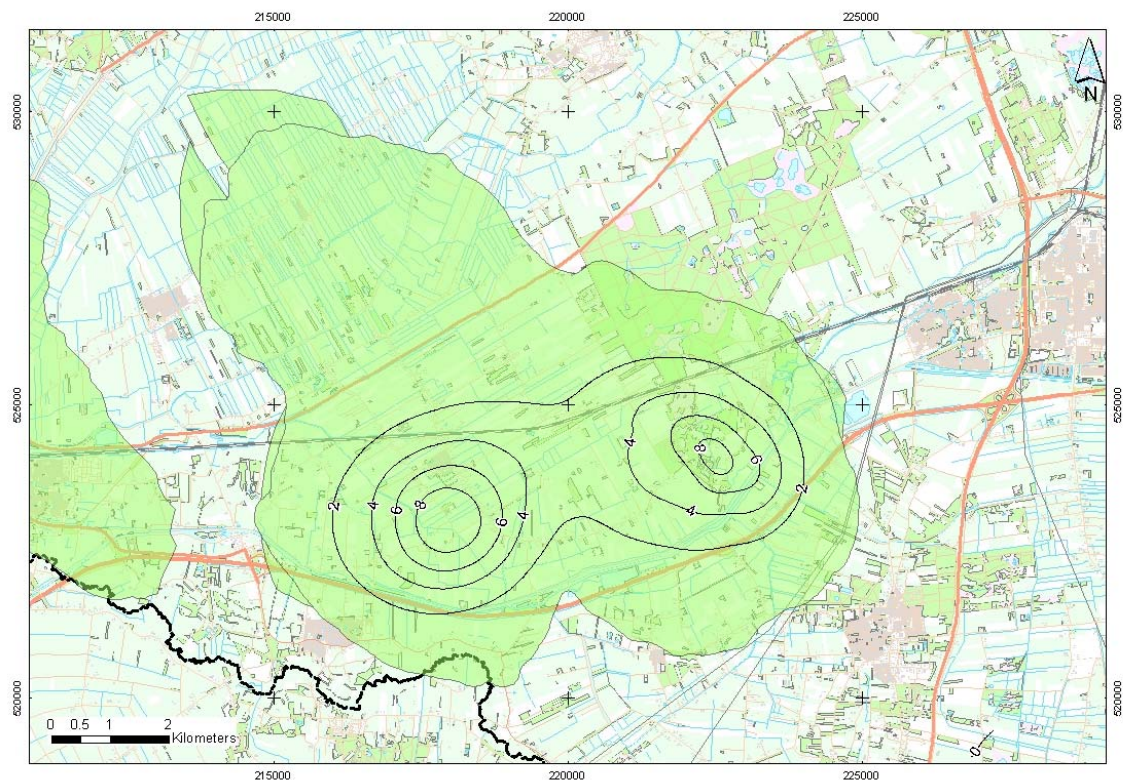
In eerste instantie zal bodemdaling optreden rondom de winputten. Wanneer de injectie van stikstof wordt beëindigd, zal bodemdaling ook optreden rond de injectieputten. Dit wordt onderstaand nader uitgewerkt.

De injectie van stikstof vindt plaats vanuit het centrale deel van het reservoir, terwijl het gas gewonnen wordt aan de buitenkant van het reservoir. De geïnjecteerde stikstof duwt het aanwezige aardgas dus naar buiten.

Als gevolg van deze winningmethode is de reservoirdruk in het middengedeelte van het reservoir (rond de injectieputten) iets hoger dan de druk aan de buitenkant van het reservoir (rond de winputten). Specifiek geldt dat de druk rond de injectieputten 55-60 bar bedraagt tijdens de injectiefase, terwijl de druk in het westelijke en oostelijke gedeelte van het reservoir, rond de winputten, 35-40 bar bedraagt.

Tijdens de injectiefase zal de bodemdaling optreden rond de winputten; vanwege de relatief lage druk treedt compactie in het reservoir op. Rond de injectieputten is de druk lokaal licht verhoogd waardoor bodemdaling hier niet optreedt.

De verschillen in druk tijdens de injectiefase verklaren de typische vorm van de bodemdaling (zie figuur 6.4), die bestaat uit twee schotels rond de winputten. In het gebied, waar de injectieputten zich bevinden, treedt bodemdaling niet op.

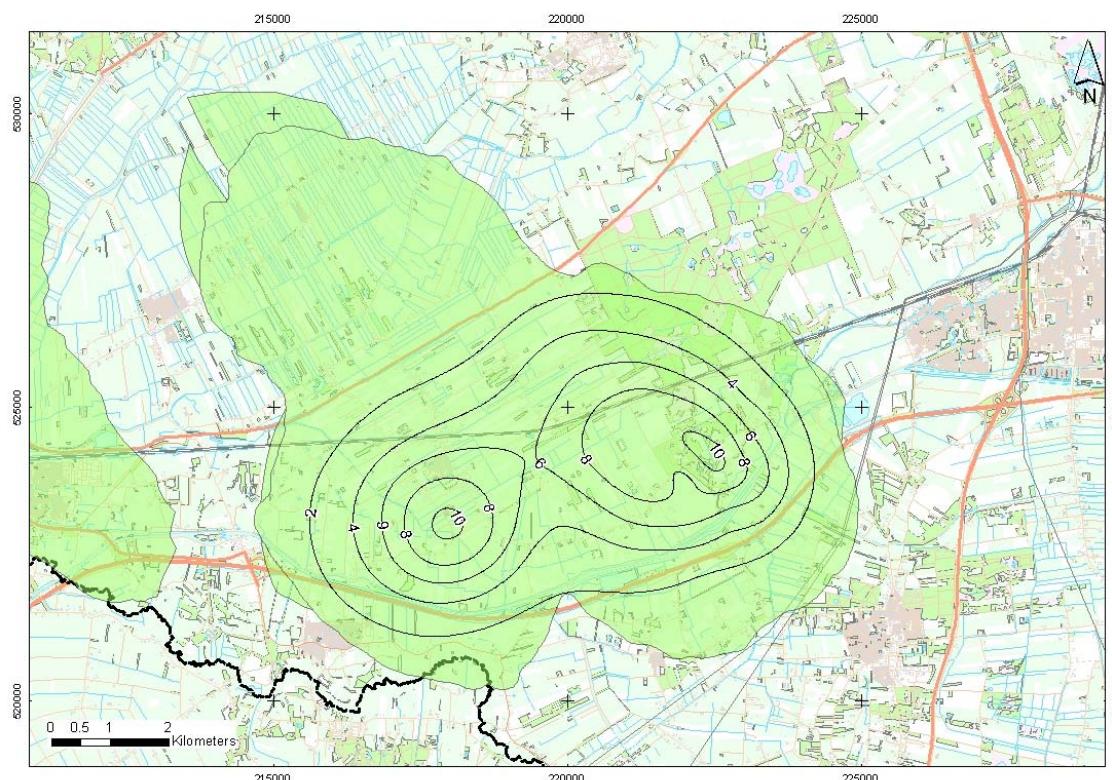


Figuur 6.4 Berekende additionele bodemdaling in 2030 ten gevolge van Aardgas⁺

Uit figuur 6.4 blijkt dat er twee gebieden zijn met bodemdaling, die een typische schotelvorm vertonen. In het centrum van de schotels bedraagt de bodemdaling in 2030 maximaal 10 centimeter.

Stabiele eindsituatie reservoir 1 in 2060

Na het beëindigen van de stikstofinjectie zal de druk rond de injectieputten afnemen. De drukverhoging rond de injectieputten wordt nu langzaam opgeheven, omdat gas van de gebieden met een hogere druk naar gebieden met een lagere druk migreert. Dit betekent dat in de fase na beëindiging van de stikstofinjectie ook bodemdaling op zal treden, ter hoogte van de winputten (de gaswinning gaat nog een bepaalde tijd door nadat de stikstofinjectie wordt beëindigd), maar ook ter hoogte van de injectieputten. Uiteindelijk zal een stabiele eindsituatie ontstaan, waarin alle drukverschillen zijn opgeheven en het project Aardgas⁺ volledig is afgerond. Deze situatie is weergegeven in figuur 6.5.



Figuur 6.5 Berekende additionele bodemdaling in 2060 ten gevolge van Aardgas⁺, wanneer een stabiele eindsituatie is bereikt.

Uit figuur 6.5 blijkt dat de bodemdaling in het centrum van de schotels uiteindelijk maximaal 12 centimeter bedraagt. Dit is twee centimeter meer ten opzichte van de situatie in 2030. In de stabiele eindsituatie is ook duidelijk zichtbaar dat de bodemdaling tussen de twee schotels is toegenomen van twee centimeter in 2030 tot 4-6 cm in 2060, veroorzaakt door de beëindiging van de stikstofinjectie.

De bodemdaling die zichtbaar is in figuur 6.4 en 6.5 is de bodemdaling als gevolg van compactie in het Tuffiet reservoir in het project Aardgas⁺. Zoals in bovenstaande tekst is aangegeven treedt nauwelijks compactie (en dus geen bodemdaling) op in de overige drie reservoirs waarin stikstof wordt geïnjecteerd. De bestaande bodemdaling in het gebied (zie figuur 6.1) is dus niet meegenomen in deze figuren.

Voor het berekenen van de bodemdaling is uitgegaan van het 'base-case' productie scenario. Dit is een scenario met een optimale balans tussen productie en bodemdaling. Omdat het project in fasen wordt uitgevoerd worden de leereffecten meegenomen in de volgende fase. Ook de effecten van bodemdaling zullen wellicht tot aanpassingen leiden, waarbij de aanpassing van het Winningsplan steeds de meest actuele stand van zaken zal beschrijven.

Schade aan bebouwing door bodemdaling

Bodemdaling door gaswinning manifesteert zich aan de oppervlakte in de vorm van een platte, zeer gelijkmatige schotel. Deze veroorzaakt een hellend vlak in het maaiveld, waarvan de gradiënt zeer gering is. De nog te verwachten bodemdaling door gaswinning



uit het gasveld De Wijk, gebaseerd op de verwachte aangenomen gasproductie, bedraagt volgens verwachting maximaal 12 centimeter.

Omdat bodemdaling door gaswinning een geleidelijk en gelijkmatig verloop heeft en de resulterende vervorming (zoals scheefstand, kromming en horizontale rek) van de bovengrond zeer klein is, wordt geen directe schade aan bebouwing verwacht. Hierbij wordt verwezen naar 'Studieresultaten betreffende ongelijkmatige zakkingen in verband met aardgaswinning in de provincie Groningen; een uitgave van de Commissie Bodemdaling door Aardgaswinning; maart 1987.'

Niet uitgesloten is echter dat de bodemdaling gevolgen kan hebben voor het normale beheer en het onderhoud van waterkeringen en waterlopen (zie deelrapport 2, hoofdstuk 3 Water). Voor zover dat beheer onvermijdelijk te maken meerkosten met zich meebrengt die voor vergoeding in aanmerking komen dan rust op NAM de verplichting die schade overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht te vergoeden.

Bodemstijging

Bodemstijging door stikstofinjectie wordt niet verwacht voor het Tuffiet reservoir, omdat het waarschijnlijk is dat het reservoir zich meer 'plastisch' en minder 'elastisch' gedraagt. Het is daarom niet aannemelijk dat eerder opgetreden compactie ongedaan kan worden gemaakt. Voor de berekening van de bodemdaling voor reservoir 1 is dan ook aangenomen dat er geen de-compactie (of bodemstijging) optreedt door verhoging van de momentele druk rond de injectie putten. Dit betekent dat de werkelijke bodemdaling minder is, in het geval dat een gedeeltelijke bodemstijging in het Tuffiet reservoir wel optreedt.

Voor de overige drie reservoirs geldt dat er een kleine kans is op een beperkte hoeveelheid bodemstijging. De injectie van stikstof in deze reservoirs zal ertoe leiden dat de gemiddelde reservoirdruk, tijdelijk en lokaal rond de injectieputten, met circa 10 bar wordt verhoogd. Op basis van de gemeten bodemdaling van 3 cm per 100 bar depletie resulteert dit in een bodemstijging van ca. 0,3 cm, als gevolg van de tijdelijke en lokale drukverhoging van circa 10 bar.

Deze kans op bodemstijging is niet meegenomen in de berekeningen voor de bodemdaling, waardoor de bodemdalingberekening op dit gebied als conservatief kan worden beschouwd. Ook hier geldt, dat de aanpassingen van het winningsplan de meest recente inzichten zal bevatten.

Bodemtrillingen

Op basis van de risico inschatting zoals opgenomen in het vigerende winningsplan voor de ontwikkeling van De Wijk – Wanneperveen worden bodemtrillingen niet verwacht. Bodemtrillingen zijn nimmer waargenomen in dit veld en deze formatie en worden ook in de toekomst niet verwacht vanwege de beperkte drukverandering en het type lithologie.

Overzicht en score bodembeweging per reservoir

Per reservoir treden met betrekking tot het aspect bodembeweging de volgende effecten op (zie tabel 6.2):


Tabel 6.2 Overzicht van bodemdaling, bodemstijging en bodemtrillingen per reservoir voor het voorkeursalternatief

	Reservoir 1	Reservoir 2	Reservoir 3	Reservoir 4
Bodemdaling*	10 cm	0 cm	0 cm	0 cm
Bodemstijging	Niet aangenomen (beperkt mogelijk)	<3 mm	<3 mm	<3 mm
Bodemtrillingen	Niet verwacht	Niet verwacht	Niet verwacht	Niet verwacht

*) De bestaande bodemdaling bedraagt maximaal 12 cm

Dit leidt tot de volgende score voor het aspect bodembeweging in het voorkeursalternatief (zie tabel 6.3). De score wordt geheel bepaald door de mogelijke bodemdaling. De overige aspecten hebben een score nihil.

Tabel 6.3 Toekenning score voor het aspect bodembeweging in het voorkeursalternatief

	Bodemdaling	Bodemstijging	Bodemtrilling
Reservoir 1	--	0	0
Reservoir 2	0	0	0
Reservoir 3	0	0	0
Reservoir 4	0	0	0

6.5.2 Diepere compressie alternatief

Tijdens de winning van gas met diepere compressie wordt de druk in het reservoir verder verlaagd, omdat meer gas wordt gewonnen. Het diepere compressie alternatief omvat productie uit reservoir 1, 3 en 4. In dit alternatief wordt reservoir 2 als onwinbaar beschouwd. Voor reservoir 1 geldt dat de productie beperkt zal zijn, omdat niet meer bodemdaling mag optreden dan bij het voorkeursalternatief.

Bodemdaling door compactie in Tuffietlaag

De bodemdaling die tijdens het diepere compressie alternatief zal optreden, wordt voornamelijk veroorzaakt door de ontwikkeling van het ondiepe Tuffiet reservoir. Het uitgangspunt is om in het diepere compressie alternatief niet meer bodemdaling te genereren dan in het voorkeursalternatief. Hiervoor geldt dus een limiet van 10 centimeter. Doordat in het diepere compressie alternatief een andere techniek wordt gebruikt dan in het voorkeursalternatief, is het mechanisme van bodemdaling ook anders. In het voorkeursalternatief zal de bodemdaling in eerste instantie lokaal optreden rondom de winputten. Wanneer de injectie van stikstof wordt beëindigd, zal ook een beperkte bodemdaling optreden rond de injectieputten. In het diepere compressie alternatief zal de bodemdaling gelijkmatiger plaatsvinden over het gehele Tuffiet reservoir. Er ontstaat een gelijkmatige schotel.

Bodemdaling door compactie in overige reservoirs

Voor reservoir 2 geldt dat bodemdaling geen rol speelt, omdat dit reservoir niet wordt ontwikkeld in het diepere compressie alternatief.

Reservoir 3 en 4 worden onder dit alternatief wel ontwikkeld, waardoor de druk in dit reservoir licht zal dalen. Voor reservoir 3 geldt dat de druk daalt van 40 naar 31 bar; voor



reservoir 4 geldt dat de druk daalt van 30 naar 18 bar. Het diepere compressie alternatief in reservoir 3 en 4 levert dus circa 3-5 bar diepere depletie op dan in het voorkeursalternatief en de referentiesituatie. Op basis van de gemeten bodemdaling van 3 cm per 100 bar depletie resulteert dit in een bodemdaling van circa 1-2 mm voor het diepere compressie alternatief.

Bodemstijging

Voor het diepere compressie alternatief is bodemstijging niet aan de orde omdat geen stoffen worden geïnjecteerd.

Bodemtrillingen

Op basis van de risico inschatting zoals opgenomen in het vigerende winningsplan voor de ontwikkeling van De Wijk – Wanneperveen worden bodemtrillingen niet verwacht.

Overzicht en score bodembeweging per reservoir

Per reservoir treden met betrekking tot het aspect bodembeweging de volgende effecten op (zie tabel 6.4):

Tabel 6.4 Overzicht van bodemdaling, bodemstijging en bodemtrillingen per reservoir voor het diepere compressie alternatief

	1	2	3	4
Bodemdaling*	10 cm	N.v.t.	1-2 mm	1-2 mm
Bodemstijging	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
Bodemtrillingen	Niet verwacht	N.v.t.	Niet verwacht	Niet verwacht

*) De bestaande bodemdaling bedraagt maximaal 10 cm

Dit leidt tot de volgende score voor het aspect bodembeweging in het diepere compressie alternatief (zie tabel 6.5). Hierbij geldt eveneens dat de score geheel wordt bepaald door de mogelijke bodemdaling.

Tabel 6.5 Toekenning score voor het aspect bodembeweging in het diepere compressie alternatief

	bodemdaling	bodemstijging	bodemtrilling
Reservoir 1	--	0	0
Reservoir 2	0	0	0
Reservoir 3	0	0	0
Reservoir 4	0	0	0

6.6 Effectvergelijking

In dit hoofdstuk is onderzocht in hoeverre bodembeweging zal optreden. Onderstaande tabel 6.6 geeft een overzicht van de bevindingen.

**Tabel 6.6 Effectvergelijking bodembeweging**

	Voorkeursalternatief (stikstofinjectie) Bodemdaling	Alternatief diepere compressie Bodemdaling
Reservoir 1	--	--
Reservoir 2	0	0
Reservoir 3	0	0
Reservoir 4	0	0

Bodemdaling is het meest belangrijke aspect met betrekking tot bodembeweging. Dit geldt in principe uitsluitend voor het Tuffiet reservoir, dat vanwege de geologische eigenschappen gevoelig is voor compactie. Beide alternatieven scoren hierin gelijk, doordat bij het diepe compressie alternatief een gemaximeerde bodemdaling is aangehouden, gelijk aan de bodemdaling bij het voorkeursalternatief.

Verder valt op dat het water reservoir (reservoir 2) niet kan worden ontwikkeld in het diepere compressie alternatief. Voor de reservoirs 3 en 4 geldt dat het alternatief diepere compressie leidt tot een lagere einddruk in vergelijking met het voorkeursalternatief. De verwachting is dat dit niet zal leiden tot aanvullende bodemdaling, zodat voor beide alternatieven het effect voor bodemdaling ten gevolge van winning uit reservoir 3 en 4 als nihil wordt beschouwd.

6.7 Leemten in kennis

Voor de berekening van bodemdaling is de compactie coëfficiënt (C_m) nodig van het reservoirgesteente. Voor het Tuffiet reservoir is de C_m berekend uit de beschikbare gegevens die tijdens de productie van het De Wijk veld zijn verzameld (1959 – 1985). Hoewel het aannemelijk is dat de werkelijke C_m goed overeenkomt met de berekende C_m , zit er een onzekerheid in de berekende C_m . De onzekerheid in de voorspellingen van de bodemdaling is direct gerelateerd aan de onzekerheid in de C_m die wordt gebruikt bij het voorspellen van de bodemdaling. Dit is verwerkt in verschillende scenario's waarbij de waarde van C_m tot bijna een factor twee varieert.

Daarnaast spelen bij het bepalen van de huidige bodemdaling en het voorspellen van toekomstige bodemdaling een aantal andere zaken een rol. Bij het bepalen van de bodemdaling wordt niet gecorrigeerd voor 'ondiepe compactie' als gevolg van de lokale zetting van veen (dit is in feite natuurlijke bodemdaling, die geen relatie heeft met het winnen van gas). De historische bodemdaling wordt geheel ten laste gelegd van de gaswinning in het De Wijk veld, maar ondiepe bodemdaling kan hier ook een rol spelen. Deze onzekerheid kan ook van invloed zijn op het bepalen van de C_m , omdat bij de huidige C_m bepaling als uitgangspunt is genomen dat de gemeten bodemdaling geheel door de gaswinning is veroorzaakt. De berekende C_m is daarmee een conservatieve bepaling van de werkelijke C_m , dat wil zeggen relatief hoog, wat leidt tot een mogelijke overschatting in de berekening van de optredende bodemdaling.

Om de C_m -waarde te kunnen bepalen is een in-situ compactie test in een Tuffiet put gepland, waar het zogenaamde RTCI tool gebruikt wordt. Dit maakt het mogelijk om de C_m -waarde te meten aan het begin van het project. In het geval dat een (iets) afwijkende C_m -



waarde wordt vastgesteld, kan de druk in de winputten worden aangepast om binnen de geplande bodemdaling van 10 cm te blijven.

Als geschetst zal deze leemte in kennis een nadere invulling krijgen wanneer de meest actuele informatie over bodembeweging wordt opgenomen in de aanpassingen van het winningsplan.





7 MOGELIJK RISICO OP LEKKAGE VAN STIKSTOF UIT HET RESERVOIR

7.1 Mogelijke routes van lekkage uit een reservoir

Bij het opslaan van gas in de ondergrond is het van belang na te gaan dat het gas niet kan weglekken uit de reservoirs. In dit project blijft de druk in de reservoirs aanzienlijk lager dan de omgevingsdruk, aangezien de reservoirs niet worden opgevuld, maar op de huidige relatief lage druk worden gehouden. Hiermee kan op voorhand de kans op lekkage als gering worden beschouwd. Het is echter toch van belang de verschillende mogelijke lekkagemechanismen in beeld te brengen en na te gaan of het risico uiteindelijk inderdaad nihil is.

Dit hoofdstuk gaat in op de mogelijke risico's en beschrijft, los van de kans dat er lekkage ontstaat, wat de eventuele gevolgen zouden zijn, mocht stikstof uit de reservoirs in de bovenliggende lagen terechtkomen. In bijlage 2 wordt beschreven in welke mate het grondwater van Drenthe gevoelig is voor mogelijke lekkage van stikstof. De (bovengrondse en grondwater) effecten worden afgewogen in deelrapport 2.

Er zijn een aantal mogelijke oorzaken denkbaar voor lekkage. Dit zijn:

Scheurvorming in de afdeklaag (Fracturing)

Ten eerste kan het zijn dat de druk in het reservoir tijdens de injectie te hoog wordt, waardoor een scheur in het reservoirgesteente of de afdeklaag geopend kan worden (fracturing). Een scheur kan bijvoorbeeld ook in een bestaande breukzone ontstaan. Indien injectie met een te hoge druk blijft doorgaan kan via deze scheuren een lekkagepad ontstaan. Het is echter wel zo dat deze scheur door de druk of spanning in het gesteente zich weer sluit als injectie met een te hoge druk stopt. Fracturing in de afdekkende gesteentelaag vormt met name een risico, omdat de afdekkende laag een natuurlijke barrière vormt die ervoor zorgt dat het gas niet verder omhoog kan migreren.

Spill-point

Daarnaast kan een lekkage ook optreden via het zogenaamde spill-point. Dit is het overstromingspunt van een reservoir; het laagste punt van de ondergrondse structuur waarin het gas gevangen zit. Wanneer teveel van een gas wordt geïnjecteerd, kan het reservoir als het ware over lopen, waarbij de stof weg kan lekken via het spill-point. Normaal gesproken ligt het spill-point aan de zijkant van een reservoir, waar een stof als het ware onder de afdekkende laag door kan weglekken als de druk in het reservoir te hoog wordt.

Putten

Een ander risico wordt gevormd door de aanwezigheid van bestaande of reeds verlaten putten. De putten zijn door de afdekkende laag geboord om het aardgas te kunnen bereiken. Hiermee vormen putten een directe verbinding tussen het reservoir en het maaiveld. Wanneer een put niet meer nodig is, wordt deze op basis van veiligheidsvoorschriften en -eisen afgesloten (geabandonneerd). Met betrekking tot het risico op lekkage van stikstof uit het reservoir zijn met name de putten van belang die reeds



geabandonneerd zijn, omdat voor deze putten een minder actieve monitoring mogelijk is dan bij operationele putten.

Reactivatie van breuken

Aanwezige breuken in de afdeklaag zouden onder invloed van de injectie van een gas in een reservoir gereactiveerd kunnen worden. Hierdoor kan een bodemtrilling ontstaan. Een lekkage pad is mogelijk indien langdurig fracturing optreedt (zie boven). Van belang is in hoeverre de breuklijnen tot aan het maaiveld reiken.

Chemische reacties

Geïnjecteerde stoffen kunnen reageren met het gesteente van de afdeklaag of het reservoir, waardoor de integriteit van het reservoir en/of de afdekkende laag beïnvloedt kan worden. Tevens kunnen door chemische reacties de putten worden aangetast, waardoor de integriteit van de put (of put afsluiting) beïnvloed kan worden.

Voor het project Aardgas⁺ is risico op lekkage van toepassing tijdens de operationele fase (tijdens de injectie van stikstof). Op de langere termijn kunnen mogelijke chemische reacties ook een risico vormen, omdat sommige chemische reacties zeer traag plaatsvinden.

Richtlijnen

In de richtlijnen voor het MER is ten aanzien van het risico op lekkage van stikstof het volgende genoemd:

De Commissie voor de m.e.r. (hierna 'de Commissie') beschouwt de volgende punten als essentiële informatie in het milieueffectrapport (MER). Dat wil zeggen dat voor het meewegen van het milieubelang in de besluitvorming het MER in ieder geval de volgende informatie moet bevatten.

- Een beschrijving van de risico's van lekkage van stikstof zoals in de startnotitie voorgesteld, inclusief de wijze waarop de risico's worden voorkomen en beheerst.

De nadruk ligt vooral op mogelijke lekkage van stikstof uit de installaties en de leidingen, dus bovengrondse lekkage. Dit hoofdstuk gaat in op mogelijke lekkage vanuit de ondergrond.

Opzet van het hoofdstuk

Eerst wordt de huidige situatie (7.2) en de autonome ontwikkelingen (7.3) ten aanzien van het risico op lekkage van stikstof uit het reservoir beschreven. In paragraaf 7.4 komt het beoordelingskader aan bod. Hier wordt de onderzoeksmethodiek beschreven en de manier waarop effecten beoordeeld zijn. In de daarop volgende paragraaf (7.5) vindt de effectbeschrijving plaats. In paragraaf 7.6 worden de milieueffecten samengevat. Tot slot geeft paragraaf 7.7 de leemten in kennis weer.

7.2 Huidige situatie

In de huidige situatie speelt een risico op lekkage van stikstof uit het reservoir geen rol, omdat er geen pure stikstof aanwezig is in het reservoir. Reservoir 1 bevat echter van nature al 11% stikstof. Reservoir 2, 3 en 4 hebben een laag percentage stikstof van minder dan 2%.



7.3 Autonome ontwikkeling

In de autonome ontwikkeling speelt een risico op lekkage van stikstof uit het reservoir geen rol, omdat er in de autonome ontwikkeling geen stikstofinjectie is in het reservoir zal plaatsvinden.

7.4 Beoordelingskader

Voor de effectbepaling heeft eerst een kwantitatieve effectbepaling plaatsgevonden. Aan de hand van deze kwantitatieve gegevens zijn de effecten (kwalitatief) geclassificeerd.

De kwantitatieve effectbepaling is omgezet in een kwalitatieve classificatie van effecten. Hierbij worden scores toegekend aan de geconstateerde effecten. Hierbij wordt aangesloten bij de 7-puntsschaal van - - - t/m + + +.

Bij de beoordeling van het risico op lekkage of het optreden van lekkage van stikstof uit het reservoir is als uitgangspunt genomen dat een lekkage altijd ongewenst is (een negatieve score). Dit leidt tot de volgende effectclassificatie.

Tabel 7.1 Effectclassificatie	
Effectscore	Bodembeweging
- - -	Lekkage van stikstof uit het reservoir waarbij (milieu)schade ontstaat.
- -	Lekkage van stikstof uit het reservoir treedt zeker op
-	Risico op lekkage van stikstof uit het reservoir
0	Geen risico op lekkage van stikstof uit het reservoir
+	Nvt
+ +	Nvt
+ + +	Nvt

7.5 Effectbeschrijving

7.5.1 Voorkeursalternatief

In hoofdstuk 6 zijn kort de mogelijke risico's op lekkage van stikstof uit het reservoir geschetst. Onderstaand wordt, specifiek voor het project Aardgas+, verder op de volgende risico's ingegaan.

- Lekkage door fracturing
- Lekkage via het spill-point
- Lekkage via geabandonneerde putten
- Lekkage door reactivatie van breuken
- Lekkage als gevolg van chemische reacties

Lekkage door de afdeklaag (fracturing)

Fracturing kan optreden wanneer de druk in een reservoir te hoog wordt. In het voorkeursalternatief is dit van toepassing bij de injectie van stikstof. Gezien de ondiepe ligging en de lage oorspronkelijke gasdruk in het Tuffiet reservoir, is het risico op fracturing in dit reservoir goed onderzocht.



De huidige druk in het Tuffiet reservoir is 51 bar en de oorspronkelijke druk was 60 bar. Modelstudies hebben aangetoond dat een injectiedruk van 63 bar als veilig kan worden beschouwd voor het Tuffiet reservoir. Deze injectiedruk is voldoende om de geplande injectiesnelheid van 200.000 m³ stikstof per dag veilig te kunnen bereiken met zes injectieputten.

Met betrekking tot de verhoogde druk door injectie van stikstof in het Tuffiet reservoir geldt dat de verhoogde druk uitsluitend lokaal voorkomt, direct om de injectieputten. Wanneer de afstand tot de put toeneemt, zal de druk snel dalen. Dit komt door de zeer lage viscositeit van stikstof. Daardoor is het niet mogelijk om hoge drukken tot ver van de injectie put te creëren. Dit betekent dat een relatief klein deel van het reservoirgesteente wordt blootgesteld aan een druk hoger dan of gelijk aan 63 bar en dat de gemiddelde reservoirdruk niet of nauwelijks verhoogd wordt. Een stikstofinjectietest in een Tuffiet reservoir in het nabij gelegen Wanneperveen veld heeft aangetoond dat geen fracturing optreedt bij de geplande injectiedrukken. Deze injectie test wordt herhaald aan het begin van de injectiefase in De Wijk wanneer de injectieputten gereed zijn.

De afdekkende laag boven het Tuffiet reservoir is de 25-50 meter dikke kleisteen formatie van Ieper. Met de huidige inzichten is het zeer onwaarschijnlijk dat een drukoverschrijding van minder dan 10 bar ervoor kan zorgen dat er scheuren ontstaan over de gehele dikte van de afdeklaag.

Hoewel niet kan worden uitgesloten dat fracturing optreedt tijdens stikstof injectie in het Tuffiet reservoir, is de kans op lekkage van stikstof door fracturing verwaarloosbaar. De risico's zijn in beeld en er zal worden gewerkt met drukken onder de kritische fracturing drukken. Bovendien zal het optreden van fracturing niet direct leiden tot lekkage door de afdekkende laag.

Voor het tweede reservoir geldt dat de kans op lekkage van stikstof door fracturing in zowel het reservoirgesteente als de afdekkende laag verwaarloosbaar is, omdat de (maximale) injectiedruk ver beneden de fracturing druk ligt.

Voor reservoir 3 en 4 geldt dat de maximale injectiedruk ruim onder de fracturing druk van de afdekkende laag ligt. Fracturing in de afdekkende laag zal daarom niet optreden, waardoor lekkage van stikstof door de afdekkende laag niet zal optreden. Voor het reservoirgesteente geldt echter dat de maximale injectiedruk hoger is dan de fracturing druk van het reservoirgesteente. Dit wordt veroorzaakt door de huidige lage druk in het reservoir, als gevolg van de gaswinning. De verwachting is dat fracturing van het reservoirgesteente niet leidt tot een verhoogd risico op lekkage van stikstof uit het reservoir; de integriteit van de afdekkende laag wordt immers niet aangetast.

In het algemeen worden grootschalige fractures niet verwacht vanwege de zeer lage viscositeit van stikstof, waardoor dit makkelijk weglekt in het gesteente. Daardoor zal de druk van de stikstof snel afnemen.



Tabel 7.2. Injectiedruk per reservoir

Reservoir	Oorspronkelijke druk	Huidige druk (bar)	Injectieput	Injectiedruk (bar) Min / base / max
1	60	51	6 putten	~60 / 62 / ~65*
2	140	114	WYK-15	120 / 120 / 120
3	140	40	WYK-22	65 / 65 / 125
4	140	30	WYK-31/17	65 / 65 / 125

*) de maximale injectiedruk voor het Tuffiet reservoir is nog niet bepaald, aangezien deelproject 1 naar verwachting pas na het opstarten van deelprojecten 2, 3 en 4 wordt uitgevoerd. Nader onderzoek / testen moet de maximale injectiedruk uitwijzen.

Lekkage via het spill-point

Lekkage via het spill-point wordt niet verwacht, omdat wordt gewerkt met reservoirdrukken die lager liggen dan de oorspronkelijke reservoirdrukken. Bij de productie uit het tuffiet reservoir vindt een tijdelijke verhoging van de druk plaats tijdens de injectie van stikstof, rond de injectieputten. Deze drukverhoging leidt niet tot een verhoogd risico op lekkage via het spill-point, omdat de drukverhoging zeer lokaal is (rond de injectieputten) en de afstand naar het spill-point relatief ver is. In alle gevallen zal de druk in de omgeving van het spill-point ruim onder de oorspronkelijke reservoirdruk liggen.

Wanneer stikstof toch via het spill-point zou weglekken, worden geen negatieve gevolgen voor het milieu verwacht. De gesteentelagen van de reservoirs in De Wijk zijn ingesloten lagen, die niet in verbinding staan met grondwater dat wordt gebruikt voor waterwinningen. Bij een lekkage via het spill-point zal het stikstof bovendien worden ingesloten door de aanwezige capillaire krachten.

Lekkage via geabandoneerde putten

Putten ten behoeve van de gaswinning of injectie van stikstof vormen een potentieel lekkagepad naar maaiveld, omdat zij direct in verbinding staan met het maaiveld. Lekkage kan optreden omdat de kwaliteit van het staal en cement van de putten kan worden verslechterd door activiteiten in de ondergrond. Ook kan een verhoogde druk ertoe leiden dat lekkage via de put optreedt.

Er bestaan reguliere veiligheidsvoorschriften voor het afsluiten van putten. In het De Wijk veld zijn diverse afgesloten putten aanwezig, die allen onder de vigerende veiligheidsvoorschriften zijn afgesloten. Dit geldt ook voor de putten die voor het project Aardgas+ zullen worden gebruikt en vervolgens worden geabandonneerd.

Abandonnering putten

Elke put wordt volgens de regels van het Mijnbouwwet afgesloten (reservoirs worden geïsoleerd met cementpluggen en daarop getest). De laatste cementplug wordt tot het maaiveld geplaatst. Er wordt dan een "cap" met een manometer op gezet. Volgens de Wet moet dit voor minstens drie maanden worden geobserveerd en er mag geen druk opbouw zijn onder de cap. In de praktijk gaat deze observatieperiode meestal door totdat de hele locatie geabandonneerd wordt. De put wordt dan minstens tot drie meter onder het maaiveld afgesneden.



De geabandonneerde putten zijn volgens de veiligheidsnormen uitgevoerd. Voor de lange termijn geldt dat de druk nauwelijks of niet hoger is dan ten tijde van abandonnering en stikstof niet reactief is. Voor alle afgesloten putten geldt dat deze zijn afgesloten volgens de wettelijke veiligheidseisen. In geen van deze putten is tot nu toe een afwijking geconstateerd, die kan duiden op een mogelijke lekkage.

Naast de reeds geabandonneerde putten moeten ook de toekomstig geabandonneerde putten in beschouwing worden genomen. Dit zijn de operationele putten in het Aardgas⁺ project, zie tabel 7.3.

Tabel 7.3 Operationele putten in het project Aardgas ⁺			
Deelproject	Reservoir	Locaties	
		Injectie	Productie
1	Tuffite/Chalk	De Wijk-24 (3 nieuwe putten) De Wijk-200 (3 nieuwe putten)	De Wijk-16 (2 nieuwe putten) De Wijk-17 (1 nieuwe put) De Wijk-26 (3 nieuwe putten) De Wijk-100 (2 nieuwe putten)
2	Sol/Volpr./U.Rn existing wells (NERG)	De Wijk-15 (1 bestaande put)	De Wijk-26 (1 bestaande put)
3	Rogenstein	De Wijk-15 (1 bestaande put)	De Wijk-6 (3 bestaande putten) De Wijk-13 (1 nieuwe put) De Wijk-26 (1 bestaande put)
4	Vlieland/ M'kalk	De Wijk-17 (1 bestaande put) De Wijk-20 (1 bestaande put)	De Wijk-16 (2 bestaande putten) De Wijk-200 (2 nieuwe putten)

In totaal zijn er tijdens het project Aardgas⁺ 10 injectieputten en 18 winputten operationeel. Na afloop van de injectie en productie zullen deze putten worden afgesloten volgens de normale procedure.

Tijdens de injectie van stikstof in de reservoirs 2, 3 en 4 blijft de gemiddelde reservoirdruk ruim onder de initiële druk en zelfs onder de huidige druk. Met de huidige reservoirdruk is geen sprake van aantasting van de integriteit van de putten, waardoor ook geen problemen worden verwacht tijdens en na de injectie van stikstof.

Tijdens de operationele fase in reservoir 1 vindt echter wel een drukoverschrijding plaats. Rond de injectieputten is de druk tijdelijk 1 – 5 bar hoger dan de initiële druk in het reservoir. Hoewel hiermee een risico wordt geïntroduceerd, zorgt het relatief kleine drukverschil ervoor dat dit risico als zeer laag wordt beschouwd.

Een verslechtering van de kwaliteit van het cement en staal van de aanwezige putten, als gevolg van een verhoogde stikstof concentratie, wordt niet verwacht. Het stikstof dat wordt gebruikt in het project Aardgas⁺ is bijna 100% puur stikstof, met een zuurstof concentratie van <10 ppm (0,001%). Dergelijk lage concentraties van zuurstof vormen geen risico voor de integriteit van de putten (zie ook: 'Lekkage door chemische reacties')

Lekkage door reactivatie van breuken

Een breuk is een verschuiving van geologische lagen. Langs de verschuivingvlakken wordt geologisch materiaal vaak verbrijzeld (bijvoorbeeld zandkorrels) of gesmeerd (bijvoorbeeld



klei). Voor de reservoirs in het De Wijk veld geldt dat er geen grote breuken aanwezig zijn. In reservoir 1 bestaan mogelijk wel kleinere breuken. In Reservoir 2, 3 en 4 zijn geen of nauwelijks breuken aanwezig.

Uit het feit dat de gasreservoirs zijn ontstaan in de loop der miljoenen jaren, kan worden afgeleid dat eventueel aanwezige breuken in de huidige situatie niet doorlatend zijn. Tijdens de activiteiten in het De Wijk veld tot nu toe, is geen reactivatie van breuken opgetreden. Reactivatie van breuken wordt dan ook niet verwacht tijdens de activiteiten in het voorkeursalternatief.

Lekkage door chemische reacties

Voor de injectie van stikstof in het reservoir is de mogelijkheid op chemische reacties onderzocht. Stikstof op zich is een inert gas; het reageert niet met andere stoffen. Het stikstof dat wordt geïnjecteerd is bijna 100% zuiver stikstof. Er kunnen wel enkele microverontreinigingen in het geïnjecteerde stikstof aanwezig zijn, die uit de lucht afkomstig zijn. Het gaat om de volgende verontreinigingen:

- <10 ppm (0,001%) zuurstof;
- Niet reactieve edelgassen;
- Mogelijk sporen van andere componenten van lucht.

Van deze verontreinigingen is zuurstof het meest belangrijk, omdat zuurstof kan reageren met het gesteente in de ondergrond, maar ook met het cement en staal van de putten.

Zuurstof dat in het reservoir wordt geïnjecteerd, zal bijvoorbeeld reageren met aanwezig pyriet. Hierdoor ontstaan ijzeroxide en zwavel. De feitelijke hoeveelheden zwavel en ijzeroxide die kunnen ontstaan met het aanwezige gehalte aan zuurstof in het stikstof zijn echter zeer klein en vormen geen risico voor een lekkage van stikstof uit het reservoir.

Overzicht en score lekkage van stikstof

Het onderzoek geeft aan dat de kans dat geïnjecteerde stikstof zal weglekken uit de reservoirs van het De Wijk veld nihil is. Tijdens de injectie van stikstof in het Tuffiet reservoir wordt de initiële druk licht overschreden voor een klein gebied rondom de injectieput, waarbij het optreden van fracturing in de afdekkende laag wordt voorkomen. De gemiddelde reservoirdruk in het Tuffiet reservoir blijft wel onder de initiële druk. In de diepere reservoirs (reservoir 2, 3 en 4) wordt de initiële druk niet overschreden.

Stikstof reageert niet met het gesteente in de ondergrond. Wel is een kleine hoeveelheid zuurstof (max. 10 ppm; 0,001%) in het stikstof aanwezig dat reageert met mineralen in het reservoirgesteente. Gezien de kleine hoeveelheid zuurstof, hebben de chemische reacties geen invloed op de integriteit van het reservoir.

Voor het aspect risico op lekkage van stikstof uit het reservoir wordt daarom voor alle vier reservoirs een neutrale score (0) toegekend (zie tabel 7.4).



Tabel 7.4 Toekenning score voor het aspect lekkage van stikstof uit het reservoir in het voorkeursalternatief

Reservoir	Fracturing	Spill-point	Putten	Breuken	Reacties
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0

7.5.2 Alternatief diepere compressie

Het risico op lekkage van stikstof uit het reservoir is voor het alternatief diepere compressie niet van toepassing. In dit alternatief wordt niet gewerkt met stikstof.

7.6 Effectvergelijking

In dit hoofdstuk is onderzocht wat het risico op lekkage van stikstof uit het reservoir is. Onderstaande tabel 7.5 geeft een overzicht van de bevindingen.

Tabel 7.5 Effectvergelijking risico op lekkage van stikstof uit het reservoir

	Voorkeursalternatief (stikstofinjectie)	Alternatief diepere compressie
Reservoir 1	0	0
Reservoir 2	0	0
Reservoir 3	0	0
Reservoir 4	0	0

Uit tabel 7.5 komt naar voren dat het risico op lekkage van stikstof uit het reservoir nihil is. Dit geldt voor elk van de vier reservoirs die relevant zijn voor het project Aardgas+. Voor het diepere compressie alternatief is het risico op lekkage van stikstof uit het reservoir niet van toepassing, omdat in dit alternatief geen stikstofinjectie plaatsvindt.

7.7 Leemten in kennis

In deze fase van het project Aardgas+ moeten een aantal verwachtingen nog in detail worden onderzocht en vastgesteld. Dit geldt bijvoorbeeld voor de injectiviteit van het Tuffiet reservoir. Uit een test in dezelfde Tuffietlaag bij Wanneperveen is gebleken dat de injectiviteit zelfs beter is dan de verwachtingen. Het is echter mogelijk dat lokale verschillen in de eigenschappen van de Tuffietlaag ervoor zorgen dat het reservoirgesteente minder gunstig zijn voor de injectie van stikstof. In dit geval kan het zijn dat de injectiedruk verhoogd moet worden tot circa 65 bar, waardoor de oorspronkelijke reservoirdruk verder overschreden wordt. Voordat de winning begint, zal een test worden gedaan om de maximale veilige injectiedruk gedetailleerd te onderzoeken.

Met betrekking tot de verhoogde druk door injectie van stikstof in het Tuffiet reservoir geldt dat de verhoogde druk uitsluitend lokaal voorkomt, direct om de injectieputten. Wanneer de afstand tot de put toeneemt, zal de druk snel dalen. Dit betekent dat een relatief klein deel



van het reservoirgesteente wordt blootgesteld aan een druk hoger dan of gelijk aan de injectiedruk en dat de gemiddelde reservoirdruk niet of nauwelijks verhoogd wordt. Voordat de winning begint, zal worden bepaald wat de exacte drukafname is rond de injectieputten.

De afdekkende lag boven het Tuffiet reservoir tussen 20 en 40 meter dikke kleisteen formatie van leper. Met de huidige inzichten is het zeer onwaarschijnlijk dat een drukoverschrijding van minder dan 10 bar ervoor kan zorgen dat er scheuren ontstaan over de gehele dikte van de afdeklaag.

De voornoemde detailstudies naar het Tuffiet reservoir zullen een nadere uitwerking krijgen in de actualisaties van het winningsplan.





8 AFGELEIDE EFFECTEN

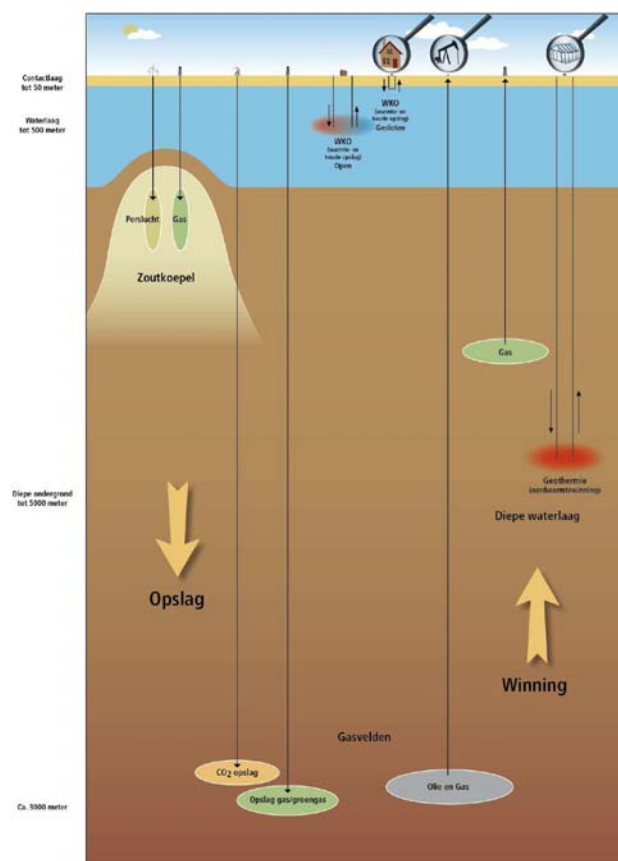
8.1 Inleiding

Naast het optreden van bodemdaling en het risico op lekkage van stikstof uit het reservoir wordt in dit MER ook naar bredere aspecten gekeken, onder de noemer afgeleide effecten:

- Mogelijke veranderingen in het reservoir (hoofdstuk 8.2);
- Resterende opslagcapaciteit van het reservoir (hoofdstuk 8.3).

Het in beeld brengen van deze aspecten komt voort uit de toenemende belangstelling naar de mogelijkheden die de ondergrond biedt. Keuzes met betrekking tot de benutting van de diepe ondergrond hebben vaak consequenties voor de lange termijn en dienen daarom zorgvuldig afgewogen te worden.

Om regie te voeren op deze ontwikkelingen worden vanuit het Rijk en de provincies verschillende beleidsdocumenten opgesteld. Zo heeft de provincie Drenthe een structuurvisie voor de ondergrond opgesteld, getiteld 'Met Drenthe de Diepte in'. Hierin wordt ook het De Wijk veld genoemd, waarbij vanuit de provinciale optiek geredeneerd injectie van formatiewater een gewenste gebruiksfunctie kan zijn. Uiteraard zal een detailstudie moeten wijzen of het De Wijk veld daadwerkelijk geschikt is voor deze of andere gebruiksfuncties.



Figuur 8.1 Voorkant van de structuurvisie "Met Drenthe de diepte in".



Richtlijnen

In de richtlijnen voor het MER zijn ten aanzien van de afgeleide duurzaamheidseffecten geen expliciete voorwaarden gesteld. Afhankelijk van de interpretatie, kan het volgende citaat uit de richtlijnen van de Commissie voor de m.e.r. ook voor de ondergrond van toepassing zijn:

Geef, indien van toepassing, ook inzicht in:

- hoeverre het initiatief verenigbaar is met andere bestaande ruimtelijke plannen en voornemens, dan wel daarmee conflicteert;

Opbouw van het hoofdstuk

In de volgende paragrafen worden de twee afgeleide duurzaamheidseffecten voor het project Aardgas+ verkend. Hierbij zal een korte inleiding worden gegeven, gevolgd door een beschrijving van de huidige situatie en de autonome ontwikkelingen. Vervolgens wordt het beoordelingskader geschetst en worden de effecten beoordeeld. Uiteindelijk wordt een vergelijking van de effecten gegeven en worden de leemten in kennis benoemd.

8.2 Veranderingen in het reservoir

8.2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de met de ontwikkeling van het gasveld De Wijk samenhangende effecten, mogelijke veranderingen of aantasting van het gasveld beschreven. Met de integriteit van een reservoir wordt bedoeld in hoeverre er veranderingen optreden in het reservoir, waarmee de kwaliteit en de structuur van het reservoir mogelijk wordt beïnvloed.

Het gaat hierbij om de volgende (mogelijke) veranderingen:

- Chemische veranderingen;
- Fysische veranderingen (druk);
- Thermische veranderingen.

Chemische veranderingen kunnen optreden doordat nieuwe stoffen in het reservoir worden geïnjecteerd. Deze stoffen kunnen tijdens de operationele fase of op de lange termijn reacties aangaan met aanwezige mineralen in het reservoir, waardoor bijvoorbeeld de integriteit van de afdekkende laag kan worden aangetast of de permeabiliteit van het reservoir kan afnemen. Ook de integriteit van de putten kan worden aangetast.

Als gevolg van drukveranderingen in het reservoir kan de structuur van het gesteente veranderen. Bij verlaging van de druk kan compactie optreden, die in sommige gevallen onomkeerbaar is. Bij verhoging van de druk kunnen scheurtjes in het gesteente ontstaan (fracturing).

Thermische veranderingen kunnen optreden wanneer stoffen in een reservoir worden geïnjecteerd. De temperaturen in gasreservoirs zijn relatief hoog (~30-50°C). Wanneer koudere of warmere stoffen worden geïnjecteerd kan dit tot plotselinge veranderingen leiden. Na verloop van tijd zullen de temperatuurverschillen zich opheffen.



8.2.2 Huidige situatie

In de gaswinning in het De Wijk veld tot nu toe, spelen fysische veranderingen een rol. Door de gaswinning (depletie) daalt de druk in het reservoir, waardoor het gewicht van het bovenliggende gesteente (de 'overburden') ervoor zorgt dat het reservoirgesteente in elkaar gedrukt wordt. Dit fenomeen wordt compactie genoemd.

Compactie speelt vooral een rol in het ondiepe tuffiet reservoir. De productie uit dit reservoir is gestaakt vanwege het optreden van compactie. De eigenschappen van het tuffiet reservoir zorgen ervoor dat het reservoirgesteente zich waarschijnlijk plastisch gedraagt en niet elastisch. Dit betekent dat compactie onomkeerbare veranderingen in het reservoirgesteente met zich meebrengt.

Reservoir 2 is tijdens de productie gevolgen met water uit een aansluitende aquifer, waardoor verdere productie niet meer mogelijk was. Dit betekent dat het reservoir is blootgesteld aan fysische en chemische veranderingen.

De reservoirs 3 en 4 zijn door hun geologische structuur niet gevoelig voor compactie. Echter, de druk in het reservoir is wel gedaald door de productie van gas, waardoor sprake is van een fysische verandering.

8.2.3 Autonome ontwikkeling

De huidige gasproductie vindt plaats uit reservoir 3 en 4. Deze reservoirs zijn met de huidige productietechniek bijna uitgeproduceerd, waardoor de druk niet veel verder zal dalen. Verwacht wordt dat de situatie tot 2019, wanneer de huidige winning stopt, niet veel zal veranderen. De fysische veranderingen als gevolg van de huidige gaswinning tot 2019 zullen dus beperkt zijn.

8.2.4 Beoordelingskader

Vanuit de beschermingsgedachte is verandering aan het reservoirgesteente, de afdeklaag of de putten, een negatieve ontwikkeling met betrekking tot de integriteit van het reservoir. Voor het beoordelen van de integriteit van het reservoir wordt daarom gekeken naar de mate van het optreden van chemische, fysische en thermische veranderingen.

Tabel 8.1 geeft het beoordelingskader weer.

Tabel 8.1 Effectclassificatie veranderingen in het reservoir	
Effect	Integriteit van het reservoir
---	Permanente verandering van de structuur en kwaliteit van het gesteente, waarbij onherstelbare schade optreedt.
--	Permanente verandering van de structuur en kwaliteit van het gesteente
-	Tijdelijke verandering van de structuur en kwaliteit van het gesteente
0	Geen verandering van de structuur en kwaliteit van het gesteente
+	Nvt
++	Nvt
+++	Nvt



8.2.5 Effectbeschrijving

Vorgenomen activiteit (voorkeursalternatief)

Bij de injectie van stikstof verandert het drukregime in het veld tijdelijk. Dit geldt vooral voor het ondiepe Tuffiet reservoir. Tijdens de injectie van stikstof wordt de oorspronkelijke reservoirdruk tijdelijk overschreden in een klein gebied rondom de injectieputten in het Tuffiet reservoir. Tegelijkertijd wordt rondom de winputten de druk verlaagd, doordat gas wordt onttrokken. Na beëindiging van de stikstofinjectie zal de druk in het reservoir uitvlakken. Verhoogde druk kan leiden tot fracturing, welke na drukverlaging aanwezig blijven. Als effectscore is hiervoor een negatief effect gescoord (- -).

In de overige drie reservoirs spelen drukveranderingen geen rol, omdat de gemiddelde reservoirdruk niet verandert ten opzichte van de huidige druk en de oorspronkelijke reservoirdruk niet wordt overschreden.

Voor alle vier reservoirs geldt dat chemische en thermische veranderingen geen invloed hebben op de integriteit van het reservoir. Stikstof is een inert gas en zal dus niet reageren met andere stoffen in het reservoir (zie hoofdstuk 8.2 over chemische reacties) en de temperatuurverschillen tussen het geïnjecteerde stikstof en het reservoirgesteente zijn klein. De temperatuur in het reservoir bedraagt circa 50 graden Celsius, het geïnjecteerde stikstof varieert tussen 5 en 50 graden Celsius.

Tabel 8.2 Toekenning score voor het aspect veranderingen in het reservoir in het voorkeursalternatief

	Voorkeursalternatief (stikstofinjectie)
Reservoir 1	- -
Reservoir 2	0
Reservoir 3	0
Reservoir 4	0

Diepere compressie alternatief

In het diepere compressie alternatief wordt de druk in reservoir 3 en 4 verder verlaagd, doordat meer gas wordt gewonnen. Dit leidt tot lichte fysische veranderingen, waardoor een licht negatieve score (-) is toegekend. Reservoir 1 wordt ontwikkeld, waarbij de druk daalt en compactie optreedt, vergelijkbaar met het Voorkeursalternatief. Reservoir 2 wordt niet verder ontwikkeld in dit alternatief, waardoor geen veranderingen optreden (score 0). Voor deze reservoirs geldt dat chemische en thermische veranderingen geen rol spelen, omdat geen sprake is van injectie van stikstof.



Tabel 8.3 Toekenning score voor het aspect veranderingen in het reservoir in het diepere compressie alternatief

	Alternatief diepere compressie
Reservoir 1	--
Reservoir 2	0 (niet ontwikkeld)
Reservoir 3	-
Reservoir 4	-

8.2.6 Effectvergelijking

In dit hoofdstuk is onderzocht of de integriteit van de reservoirs in het De Wijk veld wordt aangetast. Onderstaande tabel 8.4 geeft een overzicht van de bevindingen.

Tabel 8.4 Effectvergelijking aantasting integriteit reservoirs

	Voorkeursalternatief (stikstofinjectie)	Alternatief diepere compressie
Reservoir 1	--	--
Reservoir 2	0	0
Reservoir 3	0	-
Reservoir 4	0	-

In dit hoofdstuk is naar voren gekomen dat vooral fysische veranderingen een rol spelen, voor zowel het voorkeursalternatief als het diepere compressie alternatief (zie tabel 8.4). Dit wordt veroorzaakt door het optreden van compactie in het tuffiet reservoir, en drukverlaging bij verdere depletie van reservoir 3 en 4 in het diepere compressie alternatief. Thermische veranderingen spelen in het voorkeursalternatief een zeer beperkte rol en zijn voor het diepere compressie alternatief niet van toepassing. Dit geldt ook voor chemische veranderingen.

8.2.7 Leemten in kennis

De bevindingen in dit hoofdstuk geven een beeld van de veranderingen in het reservoir die optreden bij de voorgenomen activiteiten. Hierbij is als uitgangspunt genomen dat veranderingen een negatieve invloed hebben op de integriteit van het reservoir, omdat vanuit de beschermingsgedachte wordt geredeneerd. Dit betekent niet dat het reservoir ongeschikt wordt voor toekomstig hergebruik. In het geval van hergebruik van het reservoir zal altijd een gedetailleerde studie worden uitgevoerd.

8.3 Capaciteit voor opslag andere stoffen

8.3.1 Inleiding

In Nederland, maar ook in andere delen van de wereld, raken gasreservoirs aan hun economisch winbare einde. Afhankelijk van hoeveel gas er nog aanwezig is en met welke techniek en kosteneffectiviteit dit resterende gas kan worden gewonnen, ontstaat de keuzemogelijkheid het reservoir voor andere doeleinden in te zetten, zoals:

- Strategische aardgasbuffering;



- Permanente opslag van formatiewater;
- Permanente opslag van CO₂ of andere stoffen.

Uiteraard behoort het verlengen van de gaswinning (zoals het project Aardgas+) ook tot de mogelijkheden. Tevens is het zo dat de verschillende gebruiksfuncties elkaar (tijdelijk) uitsluiten.

Beleidsmatig zijn er recentelijk door de overheid twee documenten opgesteld met betrekking tot de wenselijkheid van hergebruik van leeggeproduceerde gasreservoirs. De provincie Drenthe heeft in haar Structuurvisie Ondergrond aangegeven dat voor toekomstig hergebruik van de gasvelden in Zuidwest Drenthe vooral de mogelijkheden van de opslag van productiewater wordt voorzien. In opdracht van het Ministerie van Economische Zaken is door TNO en ECN een rapportage opgesteld waarin mogelijke opslagreservoirs voor CO₂ zijn aangegeven. Hierin wordt het gasveld De Wijk niet gezien als een mogelijk CO₂-opslag veld.

8.3.2 Huidige situatie

De gasproductie vindt momenteel plaats uit reservoir 3 en 4. Reservoir 1 bevat nog circa 85% van de oorspronkelijke hoeveelheid aardgas. Reservoir 2 is ook ontwikkeld, maar is tijdens de winning uitgewaterd. Er is nog ruim 30% van het oorspronkelijke aardgas aanwezig in dit reservoir.

8.3.3 Autonome ontwikkeling

Huidige gaswinning stopt op korte termijn, waarmee het veld beschikbaar kan komen voor andere gebruiksfuncties. De druk in reservoir 3 en 4 zal nog een geringe hoeveelheid dalen, als gevolg van de gaswinning.

8.3.4 Beoordelingskader

De capaciteit voor opslag van stoffen in een reservoir hangt samen met de druk in het reservoir. Hoe lager de druk, des te groter de opslagcapaciteit.

Als uitgangspunt voor de beoordeling is daarom de verwachte einddruk in het reservoir genomen. Vergeleken met einddruk wanneer de huidige winning doorgaat.

Tabel 8.5 Effectclassificatie

Effect	Resterende opslagcapaciteit
---	Einddruk is hoger dan de initiële druk in het reservoir (voor de eerste gaswinning), waardoor geen opslagcapaciteit resteert en een overdruk in het reservoir ontstaat / reservoir is 'overvol'
--	Einddruk is gelijk aan de initiële druk in het reservoir (voor de eerste gaswinning), waardoor geen opslagcapaciteit resteert / reservoir is 'vol'
-	Einddruk is hoger dan de verwachte einddruk bij huidige gaswinning, waardoor minder opslagcapaciteit ontstaat / reservoir is 'beperkt beschikbaar voor opslag'
0	Einddruk is gelijk aan dan de verwachte einddruk bij huidige gaswinning / reservoir is 'grotendeels beschikbaar voor opslag'
+	Einddruk is lager dan de verwachte einddruk bij huidige gaswinning, waardoor meer opslagcapaciteit



Tabel 8.5 Effectclassificatie

Effect	Resterende opslagcapaciteit
	ontstaat / reservoir is 'geheel beschikbaar voor opslag'
++	Nvt
+++	Nvt

8.3.5 Effectbeschrijving

Vergelijking alternatieven

Om tot een score te komen, wordt de verwachte einddruk in de autonome ontwikkeling (voortzetting van de huidige productie tot 2019) vergeleken met de verwachte einddruk in het voorkeursalternatief en het diepere compressie alternatief (zie tabel 8.6).

Tabel 8.6 Overzicht verwachte einddrukken in de verschillende alternatieven

	Verwachte einddruk		
	Referentie situatie	Voorkeursalternatief (stikstofinjectie)	Diepere compressie alternatief
Reservoir 1	51 bar	45 bar	45 bar
Reservoir 2	115 bar	115 bar	115 (niet ontwikkeld)
Reservoir 3	34 bar	40 bar	31 bar
Reservoir 4	20 bar	30 bar	18 bar

Uit tabel 8.6 blijkt dat de einddruk voor alle vier reservoirs in het voorkeursalternatief gelijk is aan of hoger dan de einddruk met de huidige winning. Voor de reservoirs met een hogere einddruk geldt een licht negatieve score (-).

In het diepere compressie alternatief wordt reservoir 2 niet ontwikkeld (score 0). Wel worden reservoir 1, 3 en 4 verder ontwikkeld, waardoor de druk in deze reservoirs verder daalt. Hiermee neemt de potentiële opslagcapaciteit van deze reservoirs toe ten opzichte van de autonome situatie. Dit geeft een licht positieve score (+) voor reservoir 1, 3 en 4.

8.3.6 Effectvergelijking

Onderstaande tabel geeft een samenvattend overzicht van de scores die zijn toegekend voor het aspect 'capaciteit voor opslag andere stoffen'.

Tabel 8.7 Overzicht scores 'capaciteit voor opslag andere stoffen'

	Voorkeursalternatief (stikstofinjectie)	Alternatief diepere compressie
Reservoir 1	+	+
Reservoir 2	0	0
Reservoir 3	-	+
Reservoir 4	-	+



Ten eerste valt op dat het project Aardgas+ geen extra opslagcapaciteit genereert. Dit wordt veroorzaakt doordat stikstof wordt geïnjecteerd en hiermee de gemiddelde reservoirdruk gelijk aan de huidige reservoirdruk blijft.

Hierbij dient tevens te worden opgemerkt dat het Tuffiet reservoir nog voor 85% gevuld is met aardgas en dat het tweede reservoir volledig is uitgewaterd. De opslagcapaciteit van deze reservoirs wordt daarmee enigszins beperkt.

In het diepere compressie zorgt verdere depletie (drukverlaging) voor een toename in de opslagcapaciteit, ten opzichte van de huidige situatie. Reservoir 2 wordt echter niet ontwikkeld in dit alternatief.

8.3.7 Leemten in kennis

In dit hoofdstuk is gekeken naar de potentiële capaciteit voor opslag van andere stoffen. Daarmee wordt niet ingegaan op de feitelijke geschiktheid van het reservoir voor toepassing van andere gebruiksfuncties. De geschiktheid is onder andere afhankelijk van de geologische eigenschappen van het reservoir. Een detailstudie zal moeten uitwijzen of het De Wijk veld in aanmerking kan komen voor toepassing van andere gebruiksfuncties.

Tevens wordt in dit hoofdstuk geen onderscheid gemaakt tussen de capaciteit van de reservoirs onderling. Een vervolgstudie zal moeten uitwijzen in hoeverre de vier reservoirs geschikt zijn voor opslag van andere stoffen.



9 SAMENVATTEND OVERZICHT ONDERGRONDSE EFFECTEN

In dit MER zijn vier aspecten met betrekking op de ondergrond getoetst:

- Projectgerelateerde effecten;
 - o Bodembeweging (hoofdstuk 6);
 - o Lekkage van stikstof uit het reservoir (hoofdstuk 7).
- Afgeleide duurzaamheidseffecten (hoofdstuk 8).
 - o Verandering in het reservoir (hoofdstuk 8.2);
 - o Resterende opslagcapaciteit van het reservoir (hoofdstuk 8.3).

De effecten die voor deze aspecten zijn toegekend zijn samengevat in tabel 9.1.

Tabel 9.1 Overzicht toegekende scores ondergrondse effecten

Reservoir	Voorkeursalternatief (stikstofinjectie)				Alternatief diepere compressie			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Bodembeweging	--	0	0	0	--	0	0	0
Risico op lekkage stikstof	0	0	0	0	0	0	0	0
Verandering reservoir	--	0	0	0	--	0	-	-
Resterende opslagcapaciteit	+	0	-	-	+	0	+	+

Uit tabel 9.1 blijkt dat in de beide alternatieven de activiteiten in het tuffiet reservoir een negatieve score veroorzaken. Dit komt omdat in beide alternatieven compactie optreedt in het tuffiet reservoir. Daarnaast blijkt dat het risico op lekkage van stikstof uit het reservoir nihil is. Verder wordt duidelijk dat de aantasting van de integriteit van de reservoirs nauw samenhangt met het optreden van compactie. Ten slotte zorgt verdere depletie (drukverlaging) in het diepere compressie alternatief ervoor dat er meer opslagcapaciteit voor andere stoffen ontstaat.





10 MONITORING EN BEHEERSING VAN RISICO'S

10.1 Inleiding

Monitoring en beheersing van de risico's vormt een belangrijk aspect van het project Aardgas⁺. In de verschillende fasen van het project worden verschillende technieken toegepast om huidige inzichten aan te scherpen, de ontwikkelingen nauwlettend in de gaten te houden en om in te grijpen wanneer hier reden voor is. Voor het gehele project zijn de reguliere veiligheidsvoorschriften uit de gassector van toepassing.

Tijdens de aanlegfase worden nieuwe putten geboord. Bij deze boringen kan waardevolle, additionele informatie worden ingewonnen over de geologische bodemopbouw en de eigenschappen van het reservoir. Het verkrijgen van informatie uit boringen wordt 'logging' genoemd en hiervoor zijn verschillende technieken beschikbaar. Voor de nieuwe putten worden diverse technieken ingezet om meer informatie te verkrijgen over eigenschappen van het betreffende reservoir, ten behoeve van het project Aardgas⁺. In sommige gevallen worden de metingen herhaald om eventuele veranderingen in beeld te brengen.

Tijdens de operationele fase vindt continue monitoring plaats van de bodemdaling, samenstelling van het geproduceerde gas (inclusief waterproductie reservoir 2) en mogelijke lekkage via geabandonneerde putten. Wanneer de ontwikkelingen afwijken van de verwachte ontwikkelingen, kan worden besloten om mitigerende maatregelen te treffen. Na het beëindigen van de gasproductie wordt de monitoring doorgezet totdat een stabiele eindsituatie is bereikt.

Onderstaand wordt verder ingegaan op monitoring en beheersing van risico's (mitigatie). Daarbij worden de volgende aspecten behandeld:

- Bodemdaling;
- Samenstelling geproduceerd aardgas;
- Lekkage via geabandonneerde putten.

10.2 Bodemdaling

10.2.1 Monitoring van bodemdaling

De NAM is wettelijk verplicht de bodemdaling te monitoren tijdens en tot 30 jaar na het beëindigen van de gaswinning. Wanneer kan worden aangetoond dat een stabiele eindsituatie is bereikt, kan de periode van 30 jaar worden ingekort.

Voor het De Wijk veld bestaat de huidige monitoring van bodemdaling uit waterpassingen. Met behulp van deze waterpassingen wordt de bodemdaling nauwkeurig in kaart gebracht. De laatste meting is gedaan in 2005 en de eerstvolgende meting is gepland in de loop van 2010.

Uit de geschiedenis van de winning in het De Wijk veld en de verschillende onderzoeken die zijn uitgevoerd is bekend dat met name het ondiep gelegen Tuffiet reservoir verantwoordelijk is voor de bodemdaling in het gebied. De geologische eigenschappen maken het reservoirgesteente van het Tuffiet reservoir gevoelig voor compactie, wat aan maaiveld



merkbaar is als bodemdaling. De overige drie reservoirs (reservoir 2, 3 en 4) uit het project Aardgas⁺ hebben andere geologische eigenschappen, waardoor compactie in deze reservoirs slechts in geringe mate zal optreden tijdens het project Aardgas⁺.

Tijdens en na de operationele fase van het project wordt de bodembeweging nauwkeurig gevolgd met behulp van verschillende systemen:

- In-situ (ondergrondse, RTCI) meting (in een put op locatie De Wijk-100) om de hoeveelheid bodemdaling te bevestigen en om te onderzoeken of bodemstijging op zal treden;
- Satellietbeelden (InSAR) voor continue monitoring van het gehele veld;
- GPS-metingen op voorgeselecteerde calibratiepunten voor continue meting;
- Waterpassingen.

Indien de bodemdaling ontoelaatbaar dreigt te worden kunnen mitigerende maatregelen worden genomen. Het volgende hoofdstuk gaat hier verder op in.

10.2.2 Mitigatie van bodemdaling

De NAM heeft speciale 'kick-off' programma's opgesteld voor de injectie en de productie. Hierin wordt, voordat de injectie start, voor de putten bepaald wat de injectiviteit is en waar het geïnjecteerde stikstof heen migreert. Voor de productie wordt bekeken wat de productiviteit is en waar het geproduceerde gas precies vandaan komt.

Tenslotte worden instrumenten geïnstalleerd die de doorstroming in de putten meten in kunnen reguleren. Afstemming tussen de monitoring van bodemdaling, injectie en productie is nodig om het project Aardgas⁺ gebalanceerd en gecontroleerd te laten verlopen.

Gecontroleerde productie

Bij de start van de gaswinning wordt in eerste instantie een relatief hoge productiedruk in de winputten toegepast. Deze druk garandeert dat de productie van gas veilig en gecontroleerd verloopt. De keerzijde van de relatief hoge druk is dat dit ten koste gaat van gasproductie.

Een in-situ meting naar de compactie in het Tuffiet reservoir vanaf de locatie De Wijk-100 moet uitwijzen of de druk in de winput op een veilige en gecontroleerde manier verder kan worden verlaagd. Hiermee wordt de gasproductie verhoogd.

Door de druk in de winputten te reguleren kan de gaswinning dus gecontroleerd en veilig plaatsvinden. Tevens is het mogelijk om tijdens de operationele fase de winning te reduceren, waardoor minder bodemdaling op zal treden.

Gecontroleerde beëindiging van de productie

Tegen het einde van de operationele fase wordt de injectie van stikstof stop gezet. De gaswinning kan na het beëindigen van de stikstofinjectie nog enige tijd doorgaan. Op voorhand kan niet precies gezegd worden hoe lang de productie dan nog kan doorgaan, omdat dit onder meer afhangt van de hoeveelheid bodembeweging die tijdens de injectie is opgetreden.



De hoeveelheid bodembeweging (ofwel de elasticiteit van de opgetreden compactie) wordt vastgesteld door een in-situ meting (door de put tijdelijk af te sluiten) en door het meten van bodembeweging rond de injectieputten tijdens de injectiefase.

De gaswinning na het beëindigen van de stikstofinjectie kan zodoende op een veilige en gecontroleerde manier plaatsvinden.

In alle operationele putten vindt continue monitoring plaats van de reguliere parameters druk, temperatuur en injectiedebiet.

10.3 Samenstelling geproduceerd aardgas

De samenstelling van het geproduceerde gas wordt continu gemeten in Ten Arlo, (samen met andere opgemengde productie) en periodiek in de winputten van alle vier reservoirs. Het gaat hier met name om het percentage stikstof dat in het gas aanwezig is. In het geval van onverwachte veranderingen in het stikstof percentage worden metingen verricht om de bijdrage van de verschillende putten te onderzoeken. Zo kunnen snel en gericht maatregelen worden genomen. Wanneer de concentratie hoger wordt dan 90% wordt de gaswinning uit de betreffende put gestaakt.

Injectie van stikstof in reservoir 2 gebeurt via de put WYK-15. Deze put is volledig uitgewaterd, waardoor aan het begin van de injectie eerst de put moet worden 'schoongeblazen'. Verwacht wordt dat na een aantal dagen de druk stabiliseert en de injectie van stikstof naar behoren functioneert. Hierbij is het water uit en rondom de put weggedrukt.

Voor de put WYK-15 worden tijdens de operationele fase de druk, temperatuur en doorstroming continue gemeten.

Productie van aardgas uit reservoir 2 vindt plaats via put WYK-26. Hoewel het reservoir geheel is uitgewaterd (volgestroomd met water uit naburige waterlagen), kan op voorhand niet precies gezegd worden hoeveel water wordt meegeproduceerd. Aanvankelijk zal worden getest hoeveel water wordt meegeproduceerd uit put WYK-26, alvorens de injectie van stikstof begint. Indien geen water wordt meegeproduceerd, zal de productie doorgaan totdat de put volstroomt met water, waarna de injectie van stikstof start.

Productie van water

Tijdens de productie wordt de hoeveelheid water nauwlettend in de gaten gehouden vanaf de puttenlocatie. Wanneer de hoeveelheid water onder de maximaal aanvaardbare hoeveelheid ligt, wordt de productie voortgezet. Wanneer teveel water wordt meegeproduceerd, wordt de productiesnelheid gereduceerd. De beperkingen in de maximaal aanvaardbare waterproductie ontstaan doordat per dag een maximale hoeveelheid water kan worden verwerkt.

10.4 Lekkage via geabandonneerde putten

Het risico op lekkage van stikstof via de putten is erg klein en heeft vooral betrekking op reeds geabandonneerde putten (zie hoofdstuk 6). In reservoir 2, 3 en 4 wordt de



reservoirdruk niet of nauwelijks verhoogd ten opzichte van de huidige druk in het reservoir. Tevens is stikstof een inert gas dat niet zal reageren met het staal en cement van de putten. Het risico op lekkage van stikstof via geabandonneerde putten is daarom niet verhoogd, waardoor er geen aanleiding is om aanvullende monitoringsmaatregelen te nemen ten opzichte van de huidige situatie.

In het Tuffiet reservoir wordt de initiële druk tijdens de injectie van stikstof echter wel (licht) overschreden in een klein gebied rondom de injectieputten. Hoewel er geen aanwijzingen zijn dat dit een probleem zal opleveren, moet extra gelet worden op de mogelijke risico's van lekkage via putten.

Met betrekking tot reeds geabandonneerde putten geldt dat deze putten zijn afgesloten volgens de vigerende veiligheidsnormen. Hierin is een monitoringsperiode opgenomen om te verifiëren dat de putten correct zijn afgesloten. Op dit moment zijn de putten afgesloten en is de monitoringsperiode beëindigd, waardoor geen standaard monitoring meer plaatsvindt. Dit is in lijn met de reguliere procedures voor het afsluiten van putten.

Als gevolg hiervan, zijn de mogelijkheden voor monitoring van lekkage van stikstof via afgesloten putten beperkt. Visuele inspecties aan maaiveld kunnen eventuele sporen van lekkages identificeren.

Wanneer er aanwijzingen zijn dat gas weglekt via reeds afgesloten putten, worden gasmonsters genomen om de oorsprong van het gas te achterhalen. Indien nodig kan de put weer worden aangeboord om de put opnieuw af te sluiten van het reservoir.



Bijlage 1 Achtergrondinformatie: geologie in Drenthe

Bron: <http://www.encyclopediedrenthe.nl/Geologie>

Aan de oppervlakte wijst nog maar weinig op de geweldige gebeurtenissen die gedurende miljoenen jaren hebben plaats gevonden. De instabiliteit van de ondergrond, veroorzaakt door het op grote diepte voorkomen van zoutlagen en het eeuwige proces van het neerleggen en weer weghalen van zand-, grind- en kleilagen door rivieren en ijskappen, hebben de ondergrond van Drenthe tot een lappendeken gemaakt. De geologische gegevens bieden de mogelijkheid om hierin een patroon te ontdekken.

De breuken in het Carboon (tot 290 miljoen jaar geleden) bepalen de verdere geschiedenis. Afzettingen van het Carboon zijn bekend door boringen bij Drouwen. Zij liggen daar op 4000 meter diepte. Het Carboonbekken was een moerasgebied aan de rand van een gebergte dat net ten zuiden van het huidige Nederland lag. Het bekken kende een weelderige plantengroei in een tropisch klimaat dat leidde tot langdurige veenvorming. Door inkoling van deze veenpakketten werden steenkool, aardgas en aardolie gevormd. De steenkoollagen zijn het moedergesteente van het aardgas dat zich verzamelde in erboven gelegen reservoirgesteenten. Juist het mogelijk voorkomen van deze delfstoffen maakt dat er veel kennis is vergaard van de afzettingen in en na het Carboon. Over oudere lagen is veel minder bekend.

Aan het einde van de Carboontijd werd het bekken opgeheven en geërodeerd. Er was veel vulkanische activiteit langs de zogenaamde Emstrog, een slenk die van grote invloed is geweest op de vorming van de verdere ondergrond van Drenthe. De onder Gasselternijveen en Drouwenervveen aangetroffen vulkanische gesteenten (vulkanieten) zijn de enige van Nederland.

In het Perm (tot 245 miljoen jaar geleden) was er opnieuw sprake van een bekken onder zeeniveau. Na doorbraak van de barrière - ergens tussen het huidige Schotland en Noorwegen- stroomde dit vol zout water. In het late Perm (de periode die Zechstein wordt genoemd) werden dikke lagen klei en zand afgezet en vormden zich meerdere kalksteen- en steenzoutlagen waaruit in de Triastijd (tot 208 miljoen jaar geleden) door druk van het erboven afgezette gesteente zoutkoepels ontstonden. Die zijn aangetroffen onder Gasselte, Drouwen, Hooghalen en Schoonloo. De afzettingen van het Perm zijn onder de Hondsrug 1250 m dik maar door latere erosie onder Fochteloo maar 250 m.

In het Trias werden onder meer zandsteen en de zogenaamde Musschelkalk afgezet. Gedurende het midden van de Juratijd (tot 148 miljoen jaar geleden) lag Drenthe aan de rand van de zee. Er zijn in het oostelijk deel van de provincie tot 400 m dikke afzettingen bewaard gebleven in de vorm van donker gekleurde kleisteen overgaand in bitumineuze afzettingen. In de late Jura wordt Noord-Nederland opgeheven tot 1000 meter hoogte. Dit hoge deel werd door rivieren sterk geërodeerd.

In de Krijtperiode (tot 65 miljoen jaar geleden) was het hoge deel weggeërodeerd en overspoeld. De bodembewegingen hingen samen met de grootschalige plaattektoniek waarin de vorming van de Atlantische Oceaan tussen Europa en Amerika plaats vond. Daardoor ontstond ook de Noordzeeslenk die verdere geologische vorming van Nederland in belangrijke mate zou bepalen. In het Krijt werden klei en zand afgezet en in de late periode de uit Zuid-Limburg bekende mergel, overgaand in krijtkalk. In heel Noordwest-Europa is de dikte van de afzettingen ca. 1200 m.

In het Tertiair (tot 2 miljoen jaar geleden) maakt Drenthe weer deel uit van een zeebodem en worden er uit het alpiene achterland erosieproducten afgezet die een dikte bereiken van 200 tot 1000 m, afhankelijk van de mate van de bewegingen van het plastische steenzout uit het Perm (zoutvloeit die zich gedurende het hele Tertiair voor heeft gedaan). Onder het Tertiair ligt als het ware het in eerdere perioden gevormde berglandschap met depressies tot 1000 m -NAP onder het Zuidlaardermeer tot een top van 200 m -NAP ten zuidoosten van Amen. Alleen bij de Emmerschans komen afzettingen uit het Tertiair aan de oppervlakte. Deze zogenaamde Pliocene



zanden zijn fijnkorrelig en door de zee afgezet. Vervolgens zijn ze in het Kwartair door ijsstuwung aan de oppervlakte gebracht. In het Tertiair wisselden mariene afzettingen van zand en klei zich af met grove heldergrijze zanden en fijn grind aangevoerd door rivieren uit het huidige Noord Duitland en de Baltische staten. Door de voortdurende daling van het Noordzeebekken worden dikke lagen sedimenten afgezet. Onder het IJsselmeer is die laag het dikst, tot 500 m. Op de lijn Groningen - Hoogeveen nog maar 150 m.

Op de overgang van Tertiair naar Kwartair wordt in de zee vanuit het oosten een rivierdelta opgebouwd die zich uiteindelijk boven zee verheft. Op het Tertiair ligt een pakket van 150 tot 300 m uit het Kwartair (van 2 miljoen jaar geleden tot heden) opgebouwd en gevormd door rivieren en landijs. Kende het Tertiair een warm klimaat, het Kwartair wordt gekenmerkt door een afwisseling van tijden met een koud en een gematigd klimaat, de ijstijden en tussenijstijden. In het Cromerien (750.000 -350.000 jaar geleden) worden voor de in de buurt van Noord Nederland gelegen ijskap grove grindhoudende zanden als een puinwaaier afgezet, aanvankelijk alleen door rivieren uit het oosten. Voor het eerst gaat de Rijn een rol spelen in de opbouw van deze puinwaaier. In de zandgroeve De Boer bij Emmerschans dagzomen Rijnzanden, gekenmerkt door het mineraal augiet. Dit mineraal is afkomstig uit het Eifelgebied waar het door vulkaanuitbarstingen zo'n 400.000 jaar geleden aan de oppervlakte werd gebracht. In dezelfde groeve dagzoomt ook een kleipakket, de Groene Bank genoemd, eveneens uit het Cromerien. De samenstelling van de klei en de vondst van stuifmeel van diverse plantensoorten wijzen op kwelderachtige omstandigheden. Het Cromerien is dan ook een complex van koude en warmere perioden. Op de Groene Bank ligt een 10 meter dik pakket grove Rijnzanden. Ze dateren uit het begin van de volgende ijstijd, het Elsterien (tot 300.000 jaar geleden). Het pakket daar weer boven verwijst naar de overgang naar smeltwaterafzettingen uit het noorden. Ze behoren tot de Formatie van Peelo, eveneens uit het Elsterien.

In de aansluitende tussenijstijd het Holsteinien (tot 250.000 jaar gelden) rees de zeespiegel aanzienlijk en de zee drong noord Nederland binnen. In zuidwest-Drenthe liggen Rijnafzettingen in de ondergrond. De Rijn stroomde toen via Midden-Friesland naar de Noordzee. Op enkele plaatsen in Noord-Drenthe worden in de ondergrond veenpakketten aangetroffen die ontstaan zijn in het veengebied dat toen de kust omzoomde.

Dan volgt de Saaleijstijd (Saalien, 250.000-130.000 jaar geleden) waarin in de vorm van een grondmorene de keileemondergrond van het Drents plateau is ontstaan en er stuwwallen werden gevormd in onder meer Oost-Groningen en bij Steenwijk. In de Eemtijd (tot 100.000 jaar geleden) steeg de gemiddelde julitemperatuur tot boven de huidige van 16 graden Celcius. De stijgende zeespiegel veroorzaakte een hoge grondwaterstand. Door uittredende kwel vormde zich langs de Hondsrug en in de beekdalen veen. Een deel van het Hunzedal kreeg een Waddenzeeachtig uiterlijk en daar werden klei en zand afgezet.

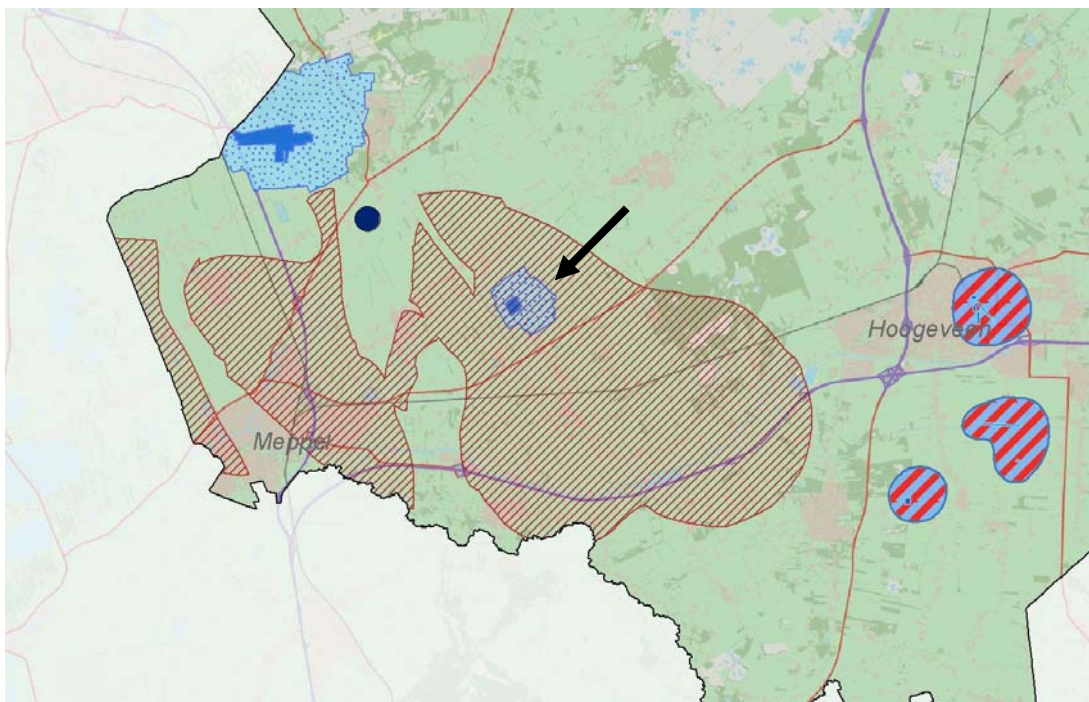
In de laatste ijstijd, het Weichselien, kende Drenthe geen ijsbedekking maar een toendraklimaat waarin op grote schaal dekzand werd afgezet. Tenslotte stijgt in het Holoceen (van 10.000 jaar geleden tot heden) de temperatuur opnieuw en worden in Drenthe in de beekdalen en aan de randen van het Drents plateau de grote venen gevormd.



Bijlage 2 Mogelijke risico's van lekkage vanuit de ondergrond voor het Drentsche drinkwater

Grondwater is voor Drenthe een uniek en onmisbaar natuurproduct. De Drentse bodem zorgt voor de watervoorziening voor drinkwaterwinning, landbouw en natuur. De zoete grondwatervoorraad is daarom van groot belang voor de provincie Drenthe en haar inwoners.

Binnen de contouren van het De Wijk veld bevindt zich het waterwingebied Ruinerwold, met daar omheen een grondwaterbeschermingsgebied. Het onderstaande figuur laat dit zien.



Figuur Bijlage 2.1 Het waterwingebied Ruinerwold, met daar omheen een grondwaterbeschermingsgebied (bron: Met Drenthe de diepte in, provincie Drenthe, 2010).

Vanwege de overlap tussen het gasveld De Wijk en de waterwinning Ruinerwold, zijn de risico's van het Aardgas⁺ project op het grondwater in de omgeving van het gasveld in dit MER expliciet in beeld gebracht.

Vanuit de ondergrond geredeneerd is het enige aanwezige risico 'lekkage van stikstof uit het reservoir'. Weggelekt stikstof migreert omhoog en zou in de ondieper gelegen grondwaterlagen kunnen komen.

De kans op lekkage van stikstof uit het reservoir is verwaarloosbaar, maar kan niet volledig worden uitgesloten. Wanneer stikstof zou weglekken uit het reservoir, zal het op de weg omhoog worden ingesloten door geologische structuren en dieper gelegen waterlagen, die geen onderdeel zijn van de waterkringloop. De kans dat stikstof het zoete grondwater bereikt is verwaarloosbaar, maar niet geheel uit te sluiten. De vraag is dus: is het schadelijk als stikstof in het zoete grondwater terecht komt? Het antwoord is ontkennend. De hoeveelheid stikstof die het water eventueel zou kunnen bereiken is klein, en stikstof is niet reactief. Het stikstof zal oplossen in water. Wanneer dit water wordt gewonnen ontgast het water vanzelf, waardoor de stikstof in de atmosfeer verdwijnt.

Kortom: het effect van mogelijke lekkage van stikstof bij het project Aardgas⁺ op de zoete grondwatervoorraad van Drenthe is, vanuit de ondergrond geredeneerd, verwaarloosbaar. Zelfs in het geval van een calamiteit is het



risico voor de zoete grondwatervoorraad nihil, omdat een stikstof verontreiniging geen schadelijke effecten op het grondwater heeft.