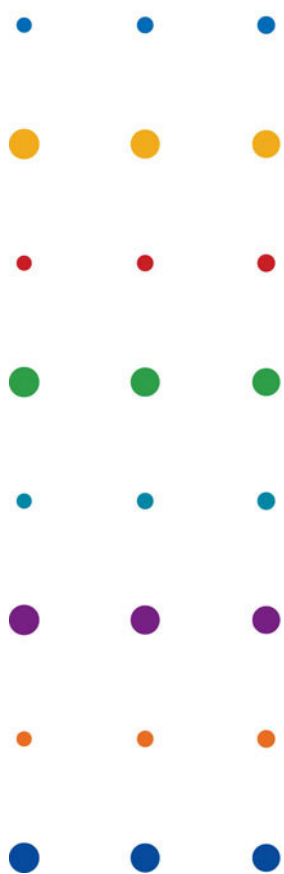


# Energie-efficiency scan

## Bergermeer Gas Storage

### TAQA Energy B.V.



TAQA Energy B.V.  
TAQA reference: BGS-UR-5020concept

September 2008  
Definitief

# Energie-efficiency scan

## Bergermeer Gas Storage

### TAQA Energy B.V.

file : B5211  
registration number : MD-MV20080899  
version :

TAQA Energy B.V.  
TAQA reference: BGS-UR-5020  
September 2008  
Definitief

<b>CONTENTS</b>	<b>PAGE</b>
1 INLEIDING	3
2 TOETSINGSKADER	3
3 ENERGIEASPECTEN VAN VOORKEURSONTWERP EN ALTERNATIEVEN	4
3.1 Verwarming gas tijdens de free-flow injectiefase	4
3.1.1 Beschrijving voorkeursontwerp free-flow gasverwarming	4
3.1.2 Alternatieven gasverwarming free-flow injectiefase	5
3.1.3 Conclusie gasverwarming fase 1	5
3.2 Compressoren en aandrijving	6
3.2.1 Beschrijving voorkeursontwerp compressoren en aandrijving	6
3.2.2 BBT en alternatieven compressoren en aandrijving	6
3.2.3 Conclusie compressoren en aandrijving	7
3.3 Gaskoeling voor en na compressie	7
3.3.1 Beschrijving voorkeursontwerp koelsystemen	7
3.3.2 BBT en alternatieven koelsystemen	8
3.3.3 Gebruik van restwarmte on-site en off-site.	8
3.3.4 Conclusie koelsystemen	8
3.4 DPCU	9
3.4.1 Beschrijving voorkeursontwerp DPCU	9
3.4.2 BBT en alternatieven DPCU	10
3.4.3 Conclusie DPCU	11
3.5 Toepassing van expansie-energie	11
3.5.1 Conclusie toepassing van expansie-energie	11
4 ENERGIE-EFFECTEN VAN ALTERNATIEVE LOCATIES	12
4.1 Effect HD of LD leiding op energiegebruik.	12
4.2 Afgelegde weg gastransport	14
4.3 Conclusie alternatieve locaties	14
5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	14
6 COLOPHON	15

**DHV Group**

Deze pagina is bewust leeg gelaten.

## 1 INLEIDING

TAQA Energy B.V. overweegt een nieuwe ondergrondse gasopslag ("Bergermeer Gas Storage", afgekort BGS) te realiseren in een aardgasveld in de regio Alkmaar. Voor het project wordt aardgas opgeslagen in een nu nagenoeg uitgeput ondergronds aardgasveld dat ligt tussen Alkmaar en Bergen. Bovengronds zullen installaties worden gebouwd om het te injecteren gas te comprimeren en het geproduceerde gas te behandelen. Een gedetailleerde beschrijving van het project is opgenomen in het MER van het project.

Het BGS project bestaat in hoofdzaak uit drie delen:

- Het putterrein in de Bergermeer ten westen van Alkmaar,
- De behandlungs- en compressie-installatie op het industrieterrein Boekelermeer-Zuid ten zuiden van Alkmaar,
- De verbindende ondergrondse leidingen.

Ten behoeve van de besluitvorming over dit project stelt DHV B.V. in opdracht van TAQA een milieueffectrapport (MER) op. In de richtlijnen van het bevoegd gezag voor het MER is expliciet aangegeven dat in het MER aandacht dient te worden geschonken aan het doelmatig gebruik van energie in dit project met name voor de compressie en behandeling van het gas:

### *5.7 Energie*

*Beschrijf voor de technische varianten voor de compressie en behandeling van het gas de bijbehorende energiebalansen. Betrek daarbij de mogelijkheden om het energieverbruik te minimaliseren en energie-integratie toe te passen.*

Dit betreft dan met name:

- Compressoren aangedreven door gasturbines, in plaats van door elektromotoren;
- Droging van aardgas met silicagel versus andere technieken, bijvoorbeeld lage-temperatuurscheiding en toepassing van glycol;
- De mogelijke nuttige toepassing van de expansie-energie.

Bij de ontwikkeling van het meest milieuvriendelijke alternatief (mma) dient expliciet te worden meegenomen dat de installaties zijn ontworpen en kunnen worden geopereerd met zo laag mogelijk energieverbruik en een optimale energie-integratie.

Dit rapport gaat in op de energie-efficiëntie van het project en de verschillen in energie-efficiëntie van de in het MER onderzochte alternatieven.

## 2 Toetsingskader

Om te toetsen of voor het BGS doelmatig gebruik van energie wordt gemaakt en de betreffende installaties voldoen aan de stand der techniek op dit gebied is uitgegaan van de eisen van de IPPC richtlijn<sup>1</sup>. Deze richtlijn heeft als doelstelling tot een geïntegreerde aanpak te komen om industriële verontreiniging te voorkomen en te bestrijden. Dit geldt voor lucht, water, bodem en alle overige milieuaspecten (waaronder energie) waar een bedrijf mee te maken heeft. Overeenkomstig deze Europese richtlijn dienen alle bestaande installaties, die onder deze richtlijn vallen, vóór 31 oktober 2007 aan de richtlijn te voldoen.

<sup>1</sup> Europese richtlijn "Integrated Pollution and Prevention Control" (IPPC), nr. 96/61/EG van de Raad van de Europese Unie van 24 september 1996,

Het voldoen aan de IPPC richtlijn betekent onder meer dat de milieuvergunningen in het kader van de Wet milieubeheer (Wm) en de Wet verontreiniging oppervlaktewateren (Wvo) dienen te worden geactualiseerd, waarbij getoetst moet worden of wordt voldaan aan de Beste Beschikbare Technieken als bedoeld in de IPPC richtlijn. Het toetsen aan de Beste Beschikbare Technieken (BBT) dient te gebeuren aan de hand van in Europees verband opgestelde documenten, genaamd Best Available Technology (BAT) Reference Documents, ofwel BREF's. Dit zijn zowel zogenaamde horizontale BREF's waarin per bedrijfstak wordt vastgelegd wat BBT is als verticale BREF's waarin per milieuaspect BBT is vastgelegd. Er bestaan onder meer verticale BREF's voor lucht- en wateremissies, afval en ook energie-efficiency.

De toetsing of de installaties voldoen aan BBT op het gebied van energie-efficiëntie in deze scan is met name uitgevoerd aan de 'Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency' van juni 2008 en de 'Reference Document on Cooling Systems' van december 2001.

### **3 ENERGIEASPECTEN VAN VOORKEURSONTWERP EN ALTERNATIEVEN**

In het voorkeursontwerp zijn volgende basiselementen van belang met betrekking tot energie:

- Verwarmingssysteem voor de free-flow injectiefase. In de eerste fase van de injectie wordt kussengas in het reservoir zonder compressoren geïnjecteerd om het reservoir op werkdruk te brengen. Momenteel wordt onderzocht of het injecteren van relatief koud gas invloed kan hebben op het reservoir en de tubing. De reservoirtemperatuur is momenteel in de orde van 60 – 70 °C, terwijl het initieel geïnjecteerde gas kouder zal zijn omdat temperatuur van het gas in het gasnet circa 10°C is en het gas door het Joule-Thomson effect nog verder zal afkoelen. Mocht de lage gastemperatuur inderdaad ongewenst blijken te zijn dan zal het gas tijdens de free-flow injectiefase worden verwarmd tot circa 60°C. Daarna zal de gascompressie er voor zorgen dat het gas voldoende is opgewarmd.
- Compressie units. De compressoren worden zowel voor injectie als voor productie gebruikt.
- Koeling van gas. Om het gas in alle werkgebieden met de juiste temperatuur te kunnen injecteren of produceren is onder bepaalde condities koeling van gas nodig.
- DPCU (Dew Point Correction Unit). Deze unit is ontworpen om het water en zwaardere koolwaterstoffen uit de gastroom te verwijderen.

In de volgende paragrafen wordt verder ingegaan op bovenstaande punten. Elke paragraaf gaat in op de energieaspecten van het voorkeursontwerp, de Beste Beschikbare Technieken (BBT) en mogelijke alternatieven.

#### **3.1 Verwarming gas tijdens de free-flow injectiefase**

##### **3.1.1 Beschrijving voorkeursontwerp free-flow gasverwarming**

Het veld is nu nagenoeg leeggeproduceerd en heeft nog slechts een restdruk van ca. 10 bar. De oorspronkelijke druk van het gasveld was ca. 230 bar. Om het veld als gasopslagveld te gaan gebruiken moet het weer met gas worden gevuld tot een druk waarbij de putten weer voldoende productief worden en de gewenste opslag- en productiecapaciteit kan worden gehaald. Het werkdrukk bereik van de gasopslag komt voorlopig te liggen tussen 88 en 133 bar. Om het reservoir op het werkdrukk niveau te brengen moet eerst kussengas worden geïnjecteerd. In eerste instantie (2010 – 2011) zal dit 'free-flow' gebeuren op basis van de druk in het hoofdgasnet. Wanneer de compressors in 2011 beschikbaar komen zullen deze het gas comprimeren (boosten) en daarbij gelijk het gas op temperatuur brengen.

Momenteel wordt nog onderzocht welke minimale injectietemperatuur is vereist om eventuele ongewenste effecten in de tubing of het reservoir te voorkomen. Mocht verwarming van het gas nodig zijn dan zal hiervoor op de puttenlocatie Bergermeer (BGM) een (verhitter (heater) worden geplaatst.

In het voorkeursontwerp vindt de voorverwarming plaats via elektrische heaters. In totaal wordt er circa 5 800 miljoen Nm<sup>3</sup> kussengas geïnjecteerd. Per dag wordt circa 10 miljoen Nm<sup>3</sup> gas geïnjecteerd (dus gasveld is vol na circa 580 dagen injectie). Momenteel wordt uitgegaan van een benodigd vermogen voor de verhitting van circa 12 MW. Een alternatief voor elektrische verwarming is gasverwarming, direct of via een medium zoals hot oil, water of stoom.

De reden om elektrische heaters toe te passen is gelegen in onderstaande aspecten:

- Uit eerdere ervaringen van TAQA bij de PGI blijkt dat gasgestookte heaters storingsgevoelig zijn en veel onderhoud vergen. Dit is niet wenselijk vanuit de optiek van een onbemande site.
- Het streven naar een zero-emissions installatie. Doelstelling hierbij is om geen emissies te realiseren op de locatie
- De operator van de gasopslag is niet de eigenaar van het getransporteerde gas. Daarmee is het niet mogelijk voor de operator om het getransporteerde gas toe te passen voor eigen gebruikdoeleinden. Op BGM is wel een hoog vermogen elektriciteitsaansluiting beschikbaar vanaf 2009 maar geen aansluiting op het gasnet.
- Het is de verwachting van TAQA dat elektriciteit steeds 'groener' wordt geproduceerd, waardoor de CO<sub>2</sub> emissies van elektrische heaters zullen afnemen.

### 3.1.2 Alternatieven gasverwarming free-flow injectiefase

Een mogelijk alternatief voor elektrische heaters zijn gasgestookte heaters. Vanuit energetisch oogpunt zijn gasgestookte heaters efficiënter dan elektrische heaters. Bij elektrische heaters wordt het rendement, gemeten naar primaire energie, voornamelijk bepaald worden door het gemiddelde opwekrendement van de Nederlandse elektriciteitsopwekking. (momenteel ca. 42,2%)<sup>2</sup>. Uitgaande van een thermisch rendement van een elektrische heater van circa 95%, is het overall rendement van elektrische heaters, gemeten naar primaire energie, rond de 40%.

Gasgestookte heaters hebben, gemeten naar primaire energie, een aanzienlijk hoger rendement aangezien er geen verliezen zijn van een elektriciteitscentrale. Het rendement van gasgestookte heaters wordt bepaald door de warmteoverdracht van de heaters en toepassing van warmteterugwinning. Met goede isolatie en warmteterugwinning kan het rendement, gemeten naar primaire energie, groter dan 90% zijn.

De toepassing van gasgestookte heaters leidt dus tot een aanzienlijke energiebesparing. Nadeel is dat er veiligheidsvoorzieningen getroffen moeten worden genomen.

### 3.1.3 Conclusie gasverwarming fase 1

Vooropgesteld dat het gebruik van heaters voor de free-flow injectiefase nodig is, is het toepassen van gasgestookte heaters aanmerkelijk energie-efficiënter dan elektrische heaters. Daarbij moet aangetekend worden dat de toepassing van gasgestookte heaters andere eisen stelt aan veiligheid, dat deze een lagere beschikbaarheid hebben en meer aandacht vragen voor bediening en onderhoud.

De te besparen hoeveelheid energie is nog niet vast te stellen omdat nog niet bekend is of, en zo ja hoeveel, het gas in temperatuur moet worden verhoogd.

<sup>2</sup> Er is bij deze studie voor gekozen om bij vergelijking van de omzetting van primaire energie naar warmte of arbeid uit te gaan van het gemiddelde rendement van de Nederlandse elektriciteitsopwekking (in 2004 was dit 42,2%). Dit geeft de meest zuivere vergelijking omdat de elektriciteit voor het BGS project wordt afgenomen van het net. In de toekomst zal dit rendement wel wat toenemen door de vervanging van oude door nieuwe centrales, maar dit zal de komende periode hooguit enkele procentpunten schelen. Het vergelijkingsrendement is daarmee dus licht conservatief

## 3.2 Compressoren en aandrijving

### 3.2.1 Beschrijving voorkeursontwerp compressoren en aandrijving

In totaal worden er zes centrifugaal compressoren opgesteld, ieder aangedreven door een elektromotor met een vermogen van 10 MW. De elektromotoren worden voorzien van frequentieregelaars zodat ze optimaal in een groot werkgebied kunnen opereren. Op het moment van schrijven is er nog geen keuze gemaakt voor fabrikant of type voor de compressoren en elektromotoren. In het ontwerp is gekozen voor zes compressoren zodat de compressoren altijd zoveel mogelijk binnen hun ideale werkgebied (waar ze het meest energie-efficiënt zijn) kunnen opereren. Indien centrifugaal compressoren buiten het werkingsgebied moeten werken, moet gas worden gerecirculeerd (recycle/bypass flow) of gesmoord (discharge throtteling). Hierdoor gaat de efficiëntie aanzienlijk achteruit.

De zes compressorunits kunnen in twee verschillende modi opereren. Elke compressorunit bestaat uit twee compressietrappen. Tijdens productie zijn deze parallel geschakeld zodat ze een groot volume kunnen produceren met een beperkte drukverhoging. Tijdens injectie staan ze in serie geschakeld zodat het benodigde injectiedruk kan worden bereikt.

### 3.2.2 BBT en alternatieven compressoren en aandrijving

Voor de vraag of het voorkeursconcept voor de gascompressie voor wat betreft energieaspecten voldoet aan BBT spelen twee punten:

1. De keuze voor één of enkele grote compressoren versus meerdere kleine compressoren;
2. De keuze voor de aandrijving van de compressoren.

#### Aantal compressoren

De toepassing van meerdere parallel geschakelde centrifugaal compressoren met frequentieregelde elektromotoren sluit aan bij de BBT eisen van 'energy efficient design' (EED) uit de BREF Energy Efficiency en kan daarmee als BBT worden beschouwd.

#### Aandrijving van de compressoren

In plaats van elektrische aandrijving van de compressoren kan ook gekozen worden voor gasturbines voor de aandrijving. Beide systemen worden in de olie en gas industrie toegepast. Gasturbines worden veel in de offshore industrie toegepast omdat gas daar veelal de enige energiebron is. De BREFs geven geen uitsluitsel welk systeem de voorkeur heeft.

Om een goed vergelijk te maken tussen de twee mogelijkheden op energetisch vlak is de volgende vergelijking gemaakt:

**Elektromotoren** Bij toepassing van elektromotoren is het BBT om energie-efficiënte motoren toe te passen. Elektromotoren van dit formaat (circa 10MW) hebben een efficiëntie van tenminste 95%. Daarnaast is het BBT om frequentieregelaars toe te passen, waarbij rekening moet worden gehouden met de specifieke omstandigheden. Fabrikanten van elektromotoren van dit formaat claimen een energie-efficiëntie van meer dan 97,5%, inclusief frequentieregelaar<sup>3</sup>. Het gemiddelde opwekkingsrendement van Nederlandse energiecentrales is 42,2 %. De overall efficiency is hiermee voor de aandrijving door middel van elektromotoren :  $42,2\% * 97,5\% = 41,1\%$

In de huidige engineering fase is nog niet duidelijk welke controleapparatuur rond de elektromotoren zal worden geïnstalleerd. Aanbevolen wordt te onderzoeken of softstarters (naast een verbeterde aanloop van de motoren) een verdere energiebesparing kunnen realiseren. Softstarters kunnen worden gebruikt om bij onbelaste of overgedimensioneerde motoren een energiebesparing realiseren.

<sup>3</sup> Efficiëntie is zonder verrekening van de  $\cos \phi$ . Voor grote elektromotoren bedraagt de  $\cos \phi$  circa 0,93



In dit stadium van engineering is moeilijk aan te geven hoeveel energie hiermee kan worden bespaard aangezien dit afhankelijk is van het aantal starts / stops en dimensionering van de apparatuur.

**Gasturbines:** Uit de gegevens van leveranciers<sup>[4]</sup> van gasturbines voor de aandrijving van compressoren (mechanical drive uitvoeringen) met een vermogen van circa 10 MW wordt een efficiëntie van maximaal 36% gerapporteerd. Vaak blijkt echter dat bij specifieke toepassingen of de kwaliteit van het beschikbare gas dat dit rendement niet waar gemaakt kan worden.

Behalve dat gasturbines achterblijven qua energie-efficiëntie ten opzichte van elektromotoren in het vollast werkgebied, is hun werkgebied kleiner. Grote elektromotoren hebben nog een goede efficiëntie bij 40% van hun vollastvermogen. Bij gasturbines is het optimale werkingsgebied kleiner en loopt bij circa 60 % belasting de efficiëntie al ver terug. Bij deellast loopt de machine niet meer stabiel en is er risico op afslaan, terwijl de emissies in deellastbereiken toenemen vanwege een slechtere werking van de DENOX installatie. Door het kleinere werkingsgebied zal de energie-efficiëntie over het gehele werkgebied voor turbines nog wat verder afnemen in vergelijking met elektromotoren, hoewel dit deels wordt voorkomen door de opstelling van meerdere kleinere compressoren.

Daarnaast kennen gasturbines een complexere opstartprocedure en zijn ze onderhoudsgevoeliger dan elektromotoren waardoor gasturbines minder geschikt zijn voor onbemande operatie.

### 3.2.3 Conclusie compressoren en aandrijving

Uit bovenstaande vergelijking kan worden geconcludeerd dat de toepassing van elektromotoren energetisch gezien de voorkeur heeft. Op basis van primaire energie is het rendement van elektromotoren 41%, terwijl het maximaal haalbare rendement van gasturbines ca. 35% zal zijn.

Naast een energetisch voordeel hebben elektromotoren het voordeel dat er lokaal geen emissies van NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> ontstaan en dat bij grootschalige elektriciteitsopwekking emissies beter en kosteneffectieve kunnen worden bestreden. Op deze overige milieuvoordelen wordt verder ingegaan in de MER.

## 3.3 Gaskoeling voor en na compressie

### 3.3.1 Beschrijving voorkeursontwerp koelsystemen

Afhankelijk van de wijze van opereren kan het vereist zijn het ingaande en/of uitgaande gas van de compressoren te koelen. In het voorkeursalternatief is er voor gekozen het gas in zogenaamde luchtkoelers te koelen met omgevingslucht. De luchtkoelers bestaan uit bundel pijpjes waar het aardgas doorheen stroomt. Door deze bundels wordt met ventilatoren lucht geblazen om het gas te koelen. De uitlaattemperatuur van het gas is split-range geregeld: Eerst wordt gekoeld op natuurlijke trek waarbij de hoeveelheid koellucht wordt geregeld door de louvres boven de koelers verder open te zetten. Bij vraag naar meer koeling worden de ventilatoren gestart, waarbij de koellucht wordt geregeld door het toerental van de elektromotoren van de ventilatoren te variëren. De koelers zijn vanwege geluidseisen en opstarten tijdens wintercondities in een gebouw opgesteld.

Het gas moet in de volgende situaties gekoeld worden:

- Productie:
  - koeling voor de compressoren. Het gas komt met circa 60°C uit het reservoir. Voordat het gas via de compressoren of via de bypass naar het gastransportnet wordt getransporteerd, wordt het gas gekoeld tot ca. 30°C.
  - koeling na de compressoren indien er bij productie compressie nodig is om te zorgen dat het gas niet te warm aan de silicagelunits wordt toegevoerd.
- Injectie:

<sup>4</sup> Gegevens van Siemens en General Electric.

- koeling na compressie indien temperatuur na compressie boven de 60 °C komt. Door compressie wordt het gas verhit. Indien bij compressie de uitlaattemperatuur boven de 60 °C komt, wordt het gas teruggekoeld tot 60 °C om te voorkomen dat bij injectie van specificaties worden overschreden.

### 3.3.2 BBT en alternatieve koelsystemen

In de BREF Industrial Cooling Systems wordt gesteld dat voor restwarmte met een temperatuur hoger dan 60°C het gebruik van luchtkoelers BBT is, met als opmerking dat er voldoende ruimte moet zijn om de koelers te plaatsten. Het is BBT om energie-efficiënte apparatuur en een goed ontwerp toe te passen, wat concreet betekent dat de luchtkoelers voldoende groot moeten worden gedimensioneerd en energiezuinige, toerentalgeregelde ventilatoren worden toegepast. In het ontwerp zijn alle luchtkoelers voorzien van variabele toerenregeling zodat bij lagere omgevingstemperaturen of bij een kleiner warmteoverschot de elektromotoren kunnen worden teruggeregeld. Het gekozen koelconcept voldoet daarmee aan BBT.

Als alternatief voor de luchtkoelers kan worden gekozen voor waterkoeling, waarbij de warmte wordt afgegeven aan koelwater via warmtewisselaars. Het warme koelwater wordt vervolgens via een koeltoren gekoeld. Voordeel van een koeltoren is dat het kan koelen tegen de natte bol temperatuur, waardoor lagere eindtemperaturen mogelijk zijn. Ook zou direct ('once through') gekoeld kunnen worden met oppervlaktewater of grondwater, maar dit is milieutechnisch minder gewenst.

Zeker indien het gas tot onder de 40°C gekoeld zou moeten worden kan waterkoeling energetisch voordeel opleveren. Voor hogere temperaturen (waar in dit geval sprake van is) is in dit stadium niet bij voorbaat duidelijk of waterkoeling energie-efficiënter is dan luchtkoeling. Aspecten die van invloed zijn op de energie-efficiëntie zijn de dimensionering, energie-efficiëntie en regelbaarheid van ventilatoren c.q. pompen en de belasting van het koelsysteem (vullast/deellast).

Nadeel van waterkoeling met een koeltoren is dat het verschillende milieu aspecten kent waaronder:

- vereist maatregelen tegen legionella,
- vereist gebruik van chemicaliën om waterkwaliteit te garanderen en biologische activiteit in het koelwater te beperken,
- spui van ingedikt koelwater en toevoeging van vers water,
- bij lage omgevingstemperaturen veroorzaakt een koeltoren een stoompluim.

Deze aspecten zorgen voor hogere operationele kosten.

### 3.3.3 Gebruik van restwarmte on-site en off-site.

Uiteraard is nuttige toepassing van restwarmte energetisch gunstiger dan het afvoeren naar de omgeving. Uit eerste studies blijkt dat er in de directe omgeving van de BKM momenteel geen (potentiële) afnemers zijn. Daarnaast is het aanbod van warmte zeer onregelmatig, wat buffering noodzakelijk maakt (bijvoorbeeld een aquifer systeem met warmtepompen). Hierdoor nemen de investeringskosten van een mogelijk restwarmte systeem echter sterk toe. Het verdient echter wel de aanbeveling met gepaste regelmaat te beoordelen of er nieuwe mogelijkheden zijn voor restwarmte benutting.

### 3.3.4 Conclusie koelsystemen

De toepassing van luchtkoelers voor restwarmte met temperatuurniveaus boven de 60°C is vanuit energetisch oogpunt energie-efficiënt indien deze voldoende ruim zijn gedimensioneerd en uitgerust zijn met frequentieregelde, energiezuinige ventilatoren.

## 3.4 DPCU

### 3.4.1 Beschrijving voorkeursontwerp DPCU

Bij gaslevering wordt het eerder geïnjecteerde gas weer geproduceerd met de putten op de BGM locatie. Het geproduceerde gas bevat een aantal verontreinigingen, afkomstig uit aardgasreservoir, die moeten worden verwijderd voordat het gas aan het gasnet kan worden geleverd. Dit betreft voornamelijk productiewater en condensaat<sup>5</sup> dat op BKM wordt verwijderd. Op de BKM worden eerst de vrije vloeistoffen uit het gas verwijderd in gas – vloeistofscheiders. Vervolgens wordt het gas, na eventuele compressie, op specificatie gebracht wat betreft het dauwpunt voor water en condensaat in twee dauwpunt correctie-eenheden (gasdroogunits of 'Dew Point Correction Unit, DPCU'). Iedere unit bestaat uit zes kolommen gepakt met silicagel. De silicagel absorbeert het water en condensaat. De droogunits bestaan verder uit apparatuur voor de regeneratie van beladen silicagel. Voordat het gas aan de gasdroogunits wordt toegevoerd, wordt het eerst met luchtkoelers gekoeld tot 25 - 40 °C en vervolgens door de silicagelkolommen geleid. Het gas wordt in de units gedroogd tot de vereiste specificatie voor het maximaal toelaatbare water- en koolwaterstoffengehalte.

Na een bepaalde adsorptietijd (afhankelijk van de gasdoorzet en het gehalte aan zwaardere koolwaterstoffen en waterdamp) is een silicagelbed verzadigd met water en koolwaterstoffen. Regeneratie van het bed is dan noodzakelijk om het weer gereed te maken voor de volgende adsorptiecyclus. De regeneratie bestaat uit een aantal stappen:

1. Verhitting: Een gedeelte van de geproduceerde gasstroom (ongeveer 5%) wordt na de productieafscheider afgetapt en vervolgens eerst door een silicagelbed geleid dat in de koelfase verkeerd (zie beschrijving van de koelstap). Daarna wordt het gas naar de regeneratiefornuizen geleid en verhit tot circa 280°C. Het verhitte gas wordt vervolgens door de verzadigde silicagelkolom geleid waarbij het gas de geadsorbeerde koolwaterstoffen en water als damp afvoert; De verhitting van een kolom duurt ongeveer 75 minuten bij maximale inzet.
2. Koeling: Zoals boven reeds is aangegeven, wordt een gedeelte van de geproduceerde (koude) gasstroom na de productieafscheider door de geregenereerde, hete kolom geleid, totdat de temperatuur bij de kolomuitlaat is gedaald tot circa 50°C. De geregenereerde en gekoelde kolom is hierna weer gereed om gebruikt te worden voor gasdroging. Het opgewarmde gas uit de kolom wordt verder geleid naar de elektrische heaters voor gebruik in stap 1. Op deze wijze wordt de warmte van het geregenereerde silicagelbed teruggewonnen. Omdat het opwarmen en koelen van een silicagelbed gelijktijdig plaatsvindt, duurt het koelen ook 75 minuten.
3. Het met waterdamp en koolwaterstoffen beladen regeneratiegas wordt vervolgens gekoeld in de regeneratiecondensor, waar het water en condensaat condenseren. In de regeneratiescheider wordt de gasstroom daarna gescheiden in een gas- en vloeistoffractie. Het gas uit de regeneratiescheiders wordt weer op druk gebracht met een compressor en wordt voor de compressoren in de gasstroom teruggevoerd. De afgescheiden vloeistoffractie wordt ter verdere verwerking naar de water- en condensaatbehandeling geleid.

In het MER wordt uitgebreid ingegaan op het trechteringsproces voor de keuze van gasdroogtechnologie voor dit project.

Met betrekking tot energie-efficiëntie vallen de volgende aspecten in het ontwerp op:

- Er wordt gebruik gemaakt van warmteterugwinning. Door de verhitte, verzadigde gasstroom voor de regeneratieafscheider via een kruisstroomwarmtewisselaar langs de koude gasstroom te leiden kan een aanzienlijk deel van de warmte worden teruggewonnen. Hierdoor wordt het de vermogensbehoefte van de elektrische heaters verlaagd.

<sup>5</sup> Een mengsel van hogere koolwaterstoffen, ook wel putbenzine genoemd

- Tijdens de koeling van het geregenereerde silicagelbed wordt de warmte uit het silicagelbed teruggewonnen.
- Voor het opwarmen van de gasstroom zijn elektrische heaters gepland met een vermogen van circa 13 MW.
- Voor het koelen van de verzadigde gasstroom worden luchtkoelers toegepast met frequentieregelaars voor de ventilatoren.

### 3.4.2 BBT en alternatieven DPCU

Het toepassen van warmtewisselaars voor warmteterugwinning wordt gezien als BBT, evenals de warmteterugwinning tijdens het koelen van de geregenereerde silicagelbedden en het gebruik van luchtkoelers voor regeneratiecondensator.

Het toepassen van elektrische heaters geeft echter een hoog energiegebruik ten opzichte van alternatieven.

Mogelijke alternatieven voor de DPCU moeten worden gezocht in verdergaande warmteterugwinning en de alternatieve methoden voor de verwarming van de gasstroom voor de regeneratie.

Warmteterugwinning: Bij beschouwing van het conceptueel ontwerp is nog niet duidelijk wat de afmetingen van de warmtewisselaar zullen zijn. Voor een goede warmteoverdracht moet de warmtewisselaar voldoende groot gedimensioneerd zijn. Daarbij moet een balans gevonden worden tussen optimale warmte-uitwisseling, toenemende drukval en investeringskosten. Dit moet in de engineering fase verder worden uitgewerkt.

Voor de elektrische heater zijn er twee mogelijk alternatieven:

- Gasgestookte heaters waarbij de hete verbrandingsgassen via een warmtewisselaar direct het gas verwarmen. Voordeel hiervan is dat het energie-efficiënter is dan elektrische heaters. Nadeel is dat er veiligheidsvoorzieningen getroffen moeten worden genomen te voorkomen. Echter, deze systemen worden wel breed toegepast in de sector.
- Indirect gasgestookt verwarmingssystemen met een intermediair (stoom of hete olie). Voordeel van dit systeem is dat het gas verder verwijderd is van branders, zodat er minder veiligheidsaspecten zijn. De energie-efficiëntie zal echter lager zijn dan het bovenstaand alternatief aangezien een indirect systeem meer warmtewisselaars vereist wat ten koste gaat van de energie-efficiëntie.

Vanuit energetisch oogpunt zijn de gasgestookte heaters de meest gunstige optie. Dit volgt uit een vergelijk van de rendementen, zoals dat al is beschreven in paragraaf 3.1.

De reden om ondanks de lagere energie-efficiëntie elektrische heaters toe te passen is gelegen in onderstaande aspecten:

- Uit eerdere ervaringen van TAQA bij de PGI site blijkt dat gasgestookte heaters storingsgevoelig zijn en veel onderhoud vergen. Dit is niet wenselijk vanuit de optiek van een onbemande site.
- Het streven naar een zero-emissions installatie. Doelstelling hierbij is om geen emissies te realiseren op de locatie
- De operator van de gasopslag is niet de eigenaar van het getransporteerde gas. Daarmee is het niet mogelijk voor de operator om het getransporteerde gas toe te passen voor eigen gebruikdoeleinden.
- Het is de verwachting van TAQA dat elektriciteit steeds 'groener' wordt geproduceerd, waardoor de CO<sub>2</sub> emissies van elektrische heaters zullen afnemen.

### 3.4.3 Conclusie DPCU

In de MER is ingegaan op het trechteringproces dat heeft geleid tot de keuze van silicageldroging, in deze studie is gekeken naar de energie-efficiënte van het voorgenomen ontwerp. De toepassing van warmteterugwinning door middel van een kruisstroomwarmtewisselaar in het huidige ontwerp leidt tot een aanzienlijke energiebesparing en is BBT evenals het gebruik van luchtkoelers voor regeneratiecondensator. Echter het toepassen van elektrische heaters voor de naverwarming van het gas is vanuit energetisch oogpunt niet de meest efficiënte methode. De keuze om elektrische heaters toe te passen is gemaakt vanuit andere overwegingen dan energie-efficiënte.

## 3.5 Toepassing van expansie-energie

Het werkgebied van het reservoir loopt afhankelijk van de vullingsgraad van 88 tot 133 bar, terwijl het gasnet een druk heeft van ca. 65 bar. In principe is het mogelijk de expansie-energie terug te winnen, maar er moet echter ook voldoende drukval overblijven het systeem om de vereiste productiecapaciteit te halen. Drukval treedt op bij het gastransport door de putten, over de transportleidingen en in de gasbehandelingsinstallaties. Bij grotere productievragen moeten, afhankelijk van de reservoirdruk, compressoren worden bijgezet om het gevraagde debiet te kunnen leveren. Neemt de vraag af, dan zal er op een gegeven moment een situatie ontstaan waarbij de druk van het reservoir voldoende is om free-flow te produceren. De compressoren worden in dat geval gebypassed. Neemt de vraag in daarna nog verder af, dan wordt de capaciteit verder teruggeregeld door een aantal putten af te sluiten. Hierdoor wordt onnodig smoren voorkomen. Doordat er 20 putten op het reservoir zijn aangesloten, is er een grote flexibiliteit in de capaciteit zonder dat er onnodig gesmoord hoeft te worden. De smoorventielen op de putten zullen voornamelijk gebruikt gaan worden bij opstarten en afsluiten van putten om plotselinge drukvariaties te voorkomen.

In principe zou het mogelijk zijn in deze laatste situatie wel uit zoveel mogelijk putten te blijven produceren en met een gasexpander de energie terug te winnen. Hieraan zijn echter de volgende bezwaren verbonden:

- Vanuit het oogpunt van de gasproductie is het minder gewenst om putten met een lage capaciteit te opereren, omdat dit tot problemen en meer putonderhoud kan leiden;
- De tijdsduur dat er gas wordt geproduceerd in een bereik waarbij de expansie-energie kan worden teruggewonnen is nu nog slecht te voorzien. Dit hangt onder meer af van de gevraagde productiecapaciteit in combinatie met de werkdruk van het veld. Uit de nu voorziene productiescenario's komt naar voren dat free-flow productie nauwelijks zal voorkomen;
- Een expander vraagt een aanzienlijke investering en leidt daarnaast tot operationele kosten voor bediening en onderhoud,
- Hierdoor is de kosteneffectiviteit van een expander nog niet vast te stellen. Verwacht wordt echter dat de daadwerkelijk tijdsduur dat de expander kan worden gebruikt laag is.
- De expander kan tot technische problemen leiden, wat de beschikbaarheid van de BGS verlaagd.

### 3.5.1 Conclusie toepassing van expansie-energie

De productie wordt geoptimaliseerd naar zo het zo effectief mogelijk toepassen van de beschikbare reservoirdruk, waarbij in lage productiebereiken putten worden afgeschakeld om geen gebruik te hoeven maken van de smoorventielen. Gevolg is dat er in de praktijk nauwelijks situaties zijn waarbij er gedurende lange tijd wordt gesmoord. Hiermee zijn er nauwelijks momenten om energie terug te winnen door middel van een expander. Daarmee wordt verwacht dat de installatie van een expander met de bijbehorende infrastructuur en onderhoud niet kosteneffectief is.

## 4 ENERGIE-EFFECTEN VAN ALTERNATIEVE LOCATIES

In het MER worden voor de gasbehandelings- en compressie-installaties (BC) verschillende alternatieve locaties onderzocht (zie de onderstaande kaart). De alternatieven en de overwegingen voor de voorkeurslocatie zijn uitgebreid beschreven in de MER. In dit hoofdstuk wordt aangegeven welke consequenties de verschillende locaties hebben met betrekking tot het energiegebruik.

Het effect op het energiegebruik van de verschillende locaties is gelegen in verschillen in de leidingtracés. Ieder alternatief heeft in beginsel dezelfde type leidingen:

- Twee hoge druk (HD) leidingen lopend vanaf de BC naar de BGM puttenlocatie.
- Twee lage druk (LD) leidingen lopende vanaf de BC naar de Hoofdgastransportleiding West en Hoofdgastransportleiding Oost.

De lage druk gasleidingen zijn ontworpen op maximaal 80 bar en de hoge druk leidingen zijn ontworpen op maximaal 160 bar. De werkelijke druk in de hoge druk leidingen is afhankelijk van de reservoirdruk en de gevraagde injectie- of productiecapaciteit. De maximale druk wordt dus alleen gehaald bij maximale vulling van het reservoir en maximale injectie.

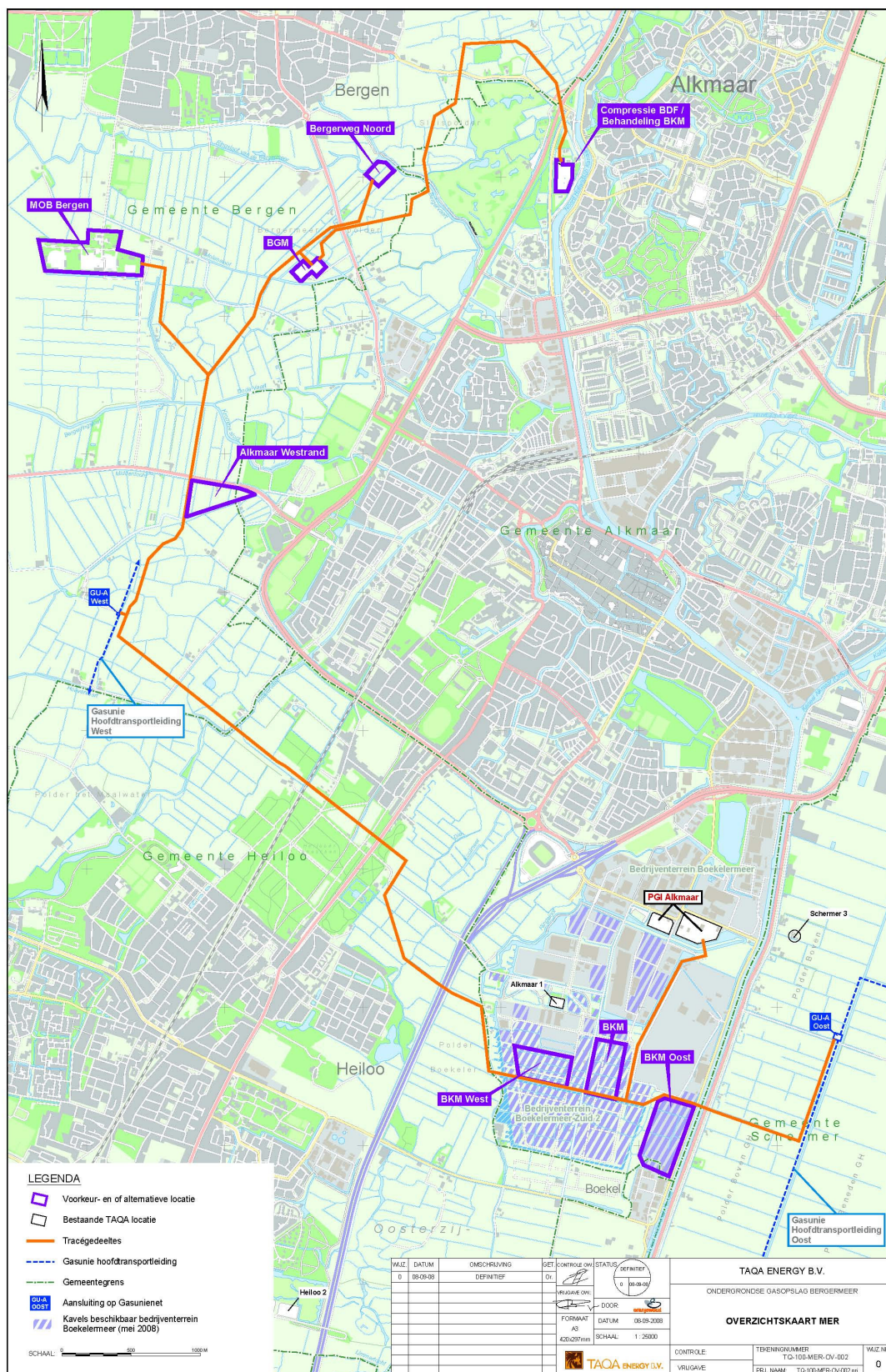
De alternatieve locaties hebben invloed op de ratio van de HD en LD leidingen. In onderstaand overzicht zijn de ratio's bij benadering aangegeven.

Locatie	HD/LD Ratio
Voorkeurslocatie	2
BGM Oost of West	2
MOB Bergen	0.14
Alkmaar Westrand	1
BDF / BKM	1.3

**Tabel 1: HD / LD ratio alternatieve trajecten**

### 4.1 Effect HD of LD leiding op energiegebruik.

Het transporteren van gas door een leiding berust op drukverschillen. Bij het ontwerp van een leiding wordt de dimensionering bepaald door ontwerpregels en berust in het algemeen op de aanname van een bepaalde snelheid door een leiding (voor gastransport over langere afstanden meestal in de orde van 5 - 10 m/s, afhankelijk van de leidinglengte). Bij lagere snelheden worden de toe te passen leidingdiameters te groot en bij hogere snelheden loopt de drukval te ver op leidend tot hoge compressiekosten. Consequentie hiervan is dat bij gelijk leidinglengte het drukverschil bij een HD of een LD leiding ongeveer hetzelfde zal zijn omdat per leidinglengte globaal dezelfde drukval zal optreden. De benodigde energie voor hoge druk gastransport zal echter wel iets gunstiger zijn dan die voor transport bij lagere drukken. Een indicatieve berekening, uitgaande van een drukval van 1,5 bar, geeft aan dat het theoretische energieverbruik van een compressor bij een absolute einddruk van 60 bar minder dan 1% meer energie verbruikt voor het transport dan bij een absolute einddruk van 110 bar.



Figuur 1: Kaart met de ligging van het voorkeursalternatief en de overige locatiealternatieven

## 4.2 Afgelegde weg gastransport

De totale lengte van de tracés die het gas aflegt zijn vergelijkbaar voor de verschillende scenario's. De totale benodigde pijplengte is voor het voorkeustraject weliswaar groter dan voor de MOB Bergen of Alkmaar Westrand alternatieven, maar dit komt doordat er voor de HD leidingen aparte leidingen nodig zijn voor injectie en productie. Voor de LD leidingen kan dezelfde pijpleiding worden toegepast voor zowel productie als injectie waardoor er één leidingtracé kan worden aangelegd in plaats van twee. De afgelegde afstand van het gas is daarmee voor de verschillende scenario's nagenoeg hetzelfde.

## 4.3 Conclusie alternatieve locaties

De alternatieven voor de locaties zullen naar verwachting niet resulteren in een dusdanig verschil in energieconsumptie dat dit als kritische parameter moet worden meegenomen in de locatiekeuze.

## 5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Volgens de BBT methodiek wordt in het ontwerp van de BGS zoveel mogelijk gebruik gemaakt van procesoptimalisatie en warmte-integratie.

- In de DPCU wordt op twee plaatsten warmterugwinning toegepast zodat de warmtevraag van de heaters omlaag kan. Momenteel zijn er geen (potentiële) afnemers van restwarmte in de nabijheid. Aanbevolen wordt bij eventuele nieuwkomers nabij de locatie de mogelijkheden voor restwarmtebenutting te bekijken. Procesoptimalisatie vindt plaats door het tijdig bij en afschakelen van putten tijdens productie waardoor onnodig smoren (energieverlies) wordt voorkomen.
- De toegepaste elektromotoren (compressoren en luchtkoelers) zijn voorzien van energiebesparende regeltechniek (frequentieregelaars).
- De toepassing van luchtkoelers bij restwarmte boven de 60 °C wordt als BBT beschouwd. Aanbevolen wordt bij de dimensionering van de luchtkoelers te optimaliseren naar afmeting en warmtewisselend oppervlak zodat het gebruik van de ventilatoren kan worden geminimaliseerd.
- Alternatieve locaties van de behandelings- en compressie-installatie hebben een kleine invloed op het energiegebruik zodat dit geen kritische parameter is in de keuze voor een locatie.

De toepassing van elektrische heaters bij de DPCU en eventueel bij de verhitting van kussen gas is niet de meest energie-efficiënte methode. Vanuit energetisch oogpunt heeft de toepassing van gasgestookte heaters de voorkeur. De keuze voor elektrische heaters is dan ook bepaald door andere overwegingen dan energiegebruik.



## 6 COLOPHON

---

Client	: TAQA Energy B.V.	
Project	: Energie-efficiency scan	
File	: B5211	
Length of report	: 15 pages	
Author	: Juriaan Mieog	
Internal check	: Robert van der Velde	
Project Manager	: Lodewijk Meijlink	
Project Director	: Lodewijk Meijlink	
Date	: 26 September 2008	
Name/Initials	:	Lodewijk Meijlink

---