

RAPPORT

Inzicht in energiegebruik en besparingsmogelijkheden van mijnbouwbedrijven

Deel 1

Klant: Staatstoezicht op de Mijnen

Referentie: BK8948-RHD-RP-0001

Status: Definitief/1

Datum: 19 mei 2026

HASKONING NEDERLAND B.V.

Mijnbouwstraat 120
2628 RX Delft
Netherlands
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

Telefoon: +31 88 348 90 00
E-mail: info@haskoning.com
Website: haskoning.com

Titel document:	Inzicht in energiegebruik en besparingsmogelijkheden van mijnbouwbedrijven
Ondertitel:	Deel 1
Referentie:	BK8948-RHD-RP-0001
Uw kenmerk	Click or tap here to enter text.
Status:	Definitief/1
Datum:	19 mei 2026
Projectnaam:	Energiebesparing Mijnbouw
Projectnummer:	BK8948
Auteur(s):	Haskoning
Opgesteld door:	Haskoning
Gecontroleerd door:	Haskoning
Datum:	19-05-2026
Goedgekeurd door:	Haskoning
Datum:	19-05-2026
Classificatie:	Projectgerelateerd

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

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van Haskoning Nederland B.V. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat. Dit document kan zijn opgesteld met behulp van kunstmatige intelligentie (AI); alle door AI gegenereerde inhoud is beoordeeld en gevalideerd door onze experts.

Versie	Datum	Omschrijving	Opgesteld	Gecontroleerd	Goedgekeurd
1	19-05-2026	Definitief rapport – deel 1	Haskoning	Haskoning	Haskoning

1	Inleiding	9
1.1	Achtergrond	9
1.2	Doelstellingen	9
1.3	Verwachte resultaten	9
1.4	Leeswijzer	10
2	Energetische sectorschets	11
2.1	Sectoroverzicht	11
2.2	Sectorbeschrijvingen	12
2.2.1	Olie en gas	12
2.2.1.1	Proces gaswinning	12
2.2.1.2	Proces oliewinning	13
2.2.1.3	Inschatting energiegebruik	14
2.2.2	Zoutwinning (pekkel)	15
2.2.2.1	Proces pekkelwinning	15
2.2.2.2	Inschatting energiegebruik	16
2.2.3	Geothermie	17
2.2.3.1	Proces geothermie	17
2.2.3.2	Inschatting energieverbruik	18
2.2.4	Gasopslag	18
2.2.4.1	Proces gasopslag	19
2.2.4.2	Schatting energieverbruik	20
2.3	Energetische sectorschets	21
3	Overzicht energiebesparingsmogelijkheden	22
3.1	Aanpak	22
3.2	Energiebesparingsmaatregelen	22
3.2.1	Vervangen van motoren door hoogrendementmotoren	24
3.2.2	Vervangen van heftrucks door elektrische heftrucks	26
3.2.3	Toepassen van (turbo)expanders bij hoge druk gasvelden	28
3.2.4	Fysiek optimaliseren van compressoren	30
3.2.5	Optimaliseren van piggingprogramma's	32
3.2.6	Optimaliseren van regeling van pompen en compressoren	34
3.2.7	Afstemmen van turbines en compressoren op beoogde last	36
3.2.8	Toepassen van elektrisch aangedreven compressoren	38
3.2.9	Verlagen van druk in offshore hoofdleidingen	40
3.2.10	Vervangen van compressor-impellers	42
3.2.11	Toepassen van duurzame energieopwekking	44
3.2.12	Aanbrengen of verbeteren van isolatie	46
3.2.13	Minimaliseren van fakkel- en ventgebruik	48

3.2.14	Optimaliseren van persluchtsystemen	50
3.2.15	Vervangen van pneumatische instrumentatie door elektrisch	52
3.2.16	Reduceren van glycolrecirculatiedebiet	54
3.2.17	Centraliseren van gas- en oliebehandeling	56
3.2.18	Reduceren van diffuse emissies (lekkages)	58
3.2.19	Efficiënter opwekken van elektriciteit voor tijdelijke activiteiten	60
3.2.20	Toepassen van mechanische damprecompressie (MVR) bij indampen	62
3.2.21	Optimaliseren van putbehandeling (zoutwas)	64
3.2.22	Optimaliseren van koeltorenregeling	66
3.2.23	Optimaliseren van vacuümsystemen	68
3.2.24	Automatisering van pekeldichtheidsregeling	70
3.2.25	Reduceren van helikoptervluchten naar platforms	72
3.2.26	Terugwinnen van warmte uit pek	74
3.2.27	Toepassen van droge rookgasreiniging	76
3.2.28	Scheiden van stoomsystemen in meerdere drukniveaus	78
3.2.29	Extra warmteonttrekking uit retourstroom richting put	80
3.2.30	Toepassen van warmteintegratie	82
3.2.31	Toepassen van warmteopslag/buffering bij kort-cyclische opslagvelden	84
3.2.32	Terugwinnen van warmte uit rookgassen	86
3.2.33	Optimaliseren van heat tracing	88
3.2.34	Hergebruiken van warmte uit compressoren	90
3.2.35	Toepassen van warmteterugwinning bij ontgassing	92
3.2.36	Reduceren van stoomverlies via condenspotten	94
3.2.37	Optimaliseren van verlichting	96
4	Eerste analyse van naleving en besparingspotentieel	98
4.1	Aanpak	98
4.2	Olie- en gaswinning	99
4.3	Gasopslag	100
4.4	Zoutwinning	101
4.5	Geothermie	102
5	Conclusies en aanbevelingen	103
5.1	Conclusies	103
5.2	Aanbevelingen	104

Tabellen

Tabel 2-1: Inschatting energieverbruik olie- en gasbedrijven	14
Tabel 2-2: Inschatting energieverbruik zoutwinning	16
Tabel 2-3: Inschatting energieverbruik geothermie	18
Tabel 2-4: Inschatting energieverbruik gasopslag	20
Tabel 3-1: Overzicht geïdentificeerde energiebesparingsmaatregelen met indicatie van terugverdientijd (TVT) binnen 5 jaar.	23
Tabel 3-2: Indicatieve rendementen voor verschillende type verlichting en besparing t.o.v. LED	97

Figuren

Figuur 2-1 Per sector een overzicht van het aantal offshore en onshore velden (links) en het aantal operators actief (rechts) in 2025 .	11
Figuur 2-2 Schematische weergave van een offshore gas platform met de belangrijkste installaties	12
Figuur 2-3 Schematische weergave van een offshore olie platform met de belangrijkste installaties	13
Figuur 2-4 Jaarlijkse CO ₂ emissies in de olie- en gaswinningsindustrie in Nederland, volgens CBS	14
Figuur 2-5 Schematisch overzicht van de winning van pekel met de belangrijkste installaties	16
Figuur 2-6: Schematisch overzicht van het geothermieproces met de belangrijkste installaties	17
Figuur 2-7 Schematische weergave van het proces van stikstofopslag met de belangrijkste installaties .	19
Figuur 2-8 Ingeschatte jaarlijkse energieverbruiken en emissies per mijnbouw sector in Nederland.	21
Figuur 3-1 Energie atlas, North Sea Energy, 29/9/2023	41
Figuur 3-2: Schematisch voorbeeld van extra warmteonttrekking uit retourstroom richting injectieput	81

Managementsamenvatting

Sinds de invoering van de energiebesparingsplicht voor mijnbouwlocaties ligt er voor Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) een inhoudelijk brede toezichtstaak. Dit rapport is opgesteld om SodM daarvoor een praktische kennisbasis te geven: waar wordt in de mijnbouwsector vooral energie gebruikt, welke besparingsmogelijkheden zijn realistisch en hoe goed hebben bedrijven deze zelf in beeld? De hoofdboodschap is dat energiebesparing in de sector zeker aandacht krijgt, maar dat de inzet en de kwaliteit van de onderbouwing sterk verschillen tussen bedrijven en subsectoren.

Het onderzoek combineert drie sporen. Eerst is een energetische sectorschets gemaakt voor olie- en gaswinning, zoutwinning, geothermie en gasopslag. Daarmee is bepaald waar de grootste energiegebruiken zitten en welke installaties daarbij bepalend zijn. Vervolgens zijn een reeks energiebesparingsmaatregelen uitgewerkt, inclusief toepassingsgebied, randvoorwaarden en een indicatie van de verwachte terugverdientijd ten opzichte van de grens van vijf jaar. Tot slot is een eerste analyse gemaakt van ingediende rapportages onder de informatie- en onderzoeksplicht. Hiervoor zijn 6 van de in totaal 15 ingediende rapportages voor de onderzoeksplicht energiebesparing geanalyseerd. Daarbij is gekeken naar naleving, kwaliteit van de rapportages, type maatregelen en indicatief besparingspotentieel. Deze aanpak is bewust praktisch ingestoken: niet als detailaudit per locatie, maar als basis voor toezicht, prioritering en handhaving.

De grootste energiegebruiken liggen bij olie- en gaswinning, met een ingeschat verbruik van circa 18 PJ per jaar, gevolgd door zoutwinning met circa 7 PJ, gasopslag met circa 2,8 PJ en geothermie met circa 1,8 PJ. De belangrijkste besparingskansen verschillen per sector. Bij olie- en gaswinning en gasopslag ligt het zwaartepunt bij compressoren, bijvoorbeeld door betere regeling, herconfiguratie of drukoptimalisatie. Bij zoutwinning zit het grootste theoretische potentieel in mechanische damprecompressie, maar kleinere maatregelen zoals isolatie en optimalisatie van stoomsystemen zijn sneller uitvoerbaar. Bij geothermie is het besparingspotentieel beperkter, omdat veel installaties relatief nieuw en efficiënt zijn ingericht; daar liggen kansen vooral in isolatie, pompen en aandrijvingen.

De belangrijkste opgave ligt niet alleen in het vaststellen of aan formele verplichtingen is voldaan, maar vooral in het beoordelen of gemaakte keuzes, maatregelen en resultaten voldoende concreet, volledig en controleerbaar zijn onderbouwd. De analyse laat zien dat sommige bedrijven dit al goed doen, met uitgewerkte maatregelen, duidelijke aannames en onderbouwde terugverdientijden. Andere rapportages missen juist verplichte onderdelen, transparantie of diepgang, waardoor niet goed is vast te stellen of alle rendabele maatregelen in beeld zijn. SodM kan hier verschil maken door de verwachtingen voor rapportagekwaliteit eenduidig te maken, met ruimte voor een sectorspecifieke invulling per subsector vanwege verschillen in installaties, energiegebruik en besparingspotentieel. Daarbij kan SodM gericht doorvragen op de grootste energieverbruikers en handhavend optreden wanneer analyses te algemeen blijven. Daarmee ontstaat een gelijk speelveld en wordt voorkomen dat energiebesparing beperkt blijft tot een administratieve verplichting, in plaats van te leiden tot daadwerkelijke verbetering van de bedrijfsvoering.

Met de aangekondigde actualisatie van de Erkende Maatregelenlijst in 2026 en wijzigingen in de energiebesparingsplicht in 2027 wordt dit belang groter. De terugverdientijdgrens wordt naar verwachting verhoogd van 5 naar 7 jaar. Daardoor neemt het potentiële pakket aan verplichte maatregelen toe, en wordt de toezichthoudende en handhavende taak van SodM des te belangrijker.

1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft een introductie van het project ter ondersteuning van de Staatstoezicht op de Mijnen (SodM). Het beschrijft kort de achtergrond en doelstellingen van het onderzoek naar het energiegebruik en de energiebesparingsmogelijkheden van mijnbouwbedrijven. Het project heeft tot hoofddoel het SodM te voorzien van inzicht en praktische handvatten voor de voorbereiding op haar toezicht op de energiebesparingsplicht onder de Omgevingswet.

1.1 Achtergrond

Sinds 1 juli 2023 moeten mijnbouwlocaties voldoen aan de algemene energiebesparingsplicht. Vanaf 1 december 2023 moeten mijnbouwondernemingen daarnaast voldoen aan de informatie- en onderzoeksplicht. Het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) is op basis van het Besluit activiteit leefomgeving (Bal) aangewezen voor het toezicht hierop. Om deze taak effectief uit te kunnen voeren, is inzicht nodig in het energiegebruik, de besparingsmogelijkheden en de naleving binnen de mijnbouwsector. Dit project ondersteunt het SodM bij het opbouwen van die kennisbasis. Daarbij worden twee sporen parallel uitgevoerd: het in kaart brengen van rendabele energiebesparingsmaatregelen en het verkennen van de naleving en het besparingspotentieel binnen de sector.

1.2 Doelstellingen

Het project heeft tot doel SodM te voorzien van gerichte kennis en praktische handvatten voor haar toezichthoudende rol. De belangrijkste doelstellingen zijn:

- Het identificeren van relevante en rendabele energiebesparende maatregelen voor mijnbouwbedrijven;
- Inzicht verkrijgen in de mate waarin bedrijven voldoen aan de informatie- en onderzoeksplicht;
- Een eerste inschatting bieden van het besparingspotentieel binnen de sector;
- Het aanleveren van onderbouwde informatie waarmee SodM haar toezicht op energiebesparing effectief kan uitvoeren

1.3 Verwachte resultaten

Het project richt zich op het leveren van concrete en bruikbare resultaten die bijdragen aan een effectief toezicht op de energiebesparingsplicht binnen de mijnbouwsector. De verwachte uitkomsten zijn als volgt:

- **Energetische sectorschets:** Een overzicht van het energiegebruik binnen de verschillende subsectoren van de mijnbouwsector in Nederland. Dit vormt de basis voor het identificeren van energiebesparingsmogelijkheden en het ontwikkelen van sectorspecifiek toezicht.
- **Overzicht van energiebesparingsmaatregelen:** Een gestructureerd overzicht van breed toepasbare maatregelen, inclusief een indicatie of deze binnen vijf jaar rendabel zijn. De maatregelen worden geclusterd per installatietype of proces en sluiten aan bij de systematiek van de Erkende Maatregelenlijsten (EML).
- **Handhaverschecklist:** Een praktische checklist die SodM ondersteunt bij de beoordeling van maatregelen in energiebesparingsplannen. De checklist biedt per maatregel context, veelvoorkomende belemmeringen, mogelijke oplossingen en relevante best practices.
- **Eerste verkenning van naleving en besparingspotentieel:** Een kwalitatieve analyse van representatieve rapportages die mijnbouwbedrijven hebben ingediend onder de informatie- en onderzoeksplicht energiebesparing. Deze verkenning geeft inzicht in de naleving binnen de sector en het bijbehorende besparingspotentieel en bevat aanbevelingen voor verdere ondersteuning en toetsingsontwikkeling door SodM.

1.4 Leeswijzer

Voorliggend rapport betreft *BK8948-RHD-RP-0001 Inzicht in energiegebruik en besparingsmogelijkheden van mijnbouwbedrijven – Deel 1*.

Dit eerste deel is gericht op het opbouwen van een inhoudelijke kennisbasis voor het toezicht op energiebesparing binnen de mijnbouwsector. De nadruk ligt daarbij op een energetische sectorschets van de verschillende subsectoren binnen de Nederlandse mijnbouwsector en op een overzicht van energiebesparingsmaatregelen die binnen de sector toepasbaar kunnen zijn, inclusief een indicatie van de rendabiliteit daarvan.

Daarnaast bevat dit deel een beknopte samenvatting van de belangrijkste inzichten uit de analyse van naleving en besparingspotentieel. De verdere uitwerking van deze analyse is opgenomen in *BK8948-RHD-RP-0001 Inzicht in energiegebruik en besparingsmogelijkheden van mijnbouwbedrijven – Deel 2*.

De opbouw van het rapport is als volgt:

- **Hoofdstuk 2** bevat de energetische sectorschets van de mijnbouwsector.
- **Hoofdstuk 3** bevat een overzicht van energiebesparingsmogelijkheden binnen de mijnbouwsector, inclusief een indicatie van de rendabiliteit van de beschreven maatregelen.
- **Hoofdstuk 4** bevat de belangrijkste inzichten uit de analyse van naleving en besparingspotentieel
- **Hoofdstuk 5** bevat de conclusies en aanbevelingen die voortkomen uit het onderzoek.

2 Energetische sectorschets

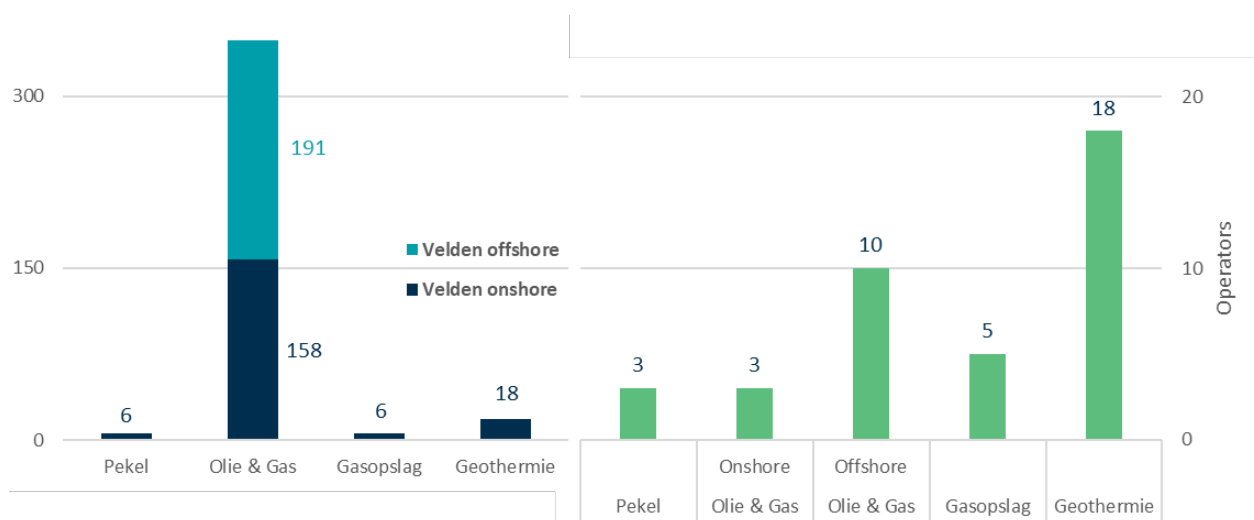
Dit hoofdstuk geeft een energetische sectorschets van de mijnbouwsector in Nederland. Het biedt een overzicht van de aard en omvang van de sector ingedeeld in verschillende clusters. Vervolgens worden de typische processen en installaties beschreven per cluster en het bijbehorende energiegebruik geschetst. Deze analyse vormt de basis voor het herkennen van energiebesparingsmogelijkheden en het ontwikkelen van sectorspecifiek toezicht door SodM.

2.1 Sectoroverzicht

Het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) houdt toezicht op alle activiteiten die onder de Mijnbouwwet vallen. Binnen de mijnbouw onderscheiden we in deze studie vier sectoren. Deze indeling in vier sectoren wordt in de rest van dit rapport aangehouden:

1. Olie- en gaswinning;
2. Zoutwinning (pekkel);
3. Geothermie (aardwarmte);
4. Ondergrondse gasopslag (stikstof en aardgas).

Figuur 2-1 laat per sector zien hoeveel velden in gebruik zijn en hoeveel operators actief zijn in 2025. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen activiteiten op land (onshore) en op zee (offshore). Bij het aantal operators is één bedrijf in beide categorieën opgenomen. TAQA Energy B.V. is zowel onshore als offshore actief en wordt daarom in beide overzichten meegeteld. Bij geothermie bedoelen wij met velden de locaties. Een veld (locatie) kan bestaan uit een of meerdere doubletten.



Figuur 2-1 Per sector een overzicht van het aantal offshore en onshore velden (links) en het aantal operators actief (rechts) in 2025¹.

¹ NLOG datasets 2025, verkregen via [Datacenter | NLOG](#)

2.2 Sectorbeschrijvingen

Van de mijnbouwsectoren in hoofdstuk 2.1 is uitgewerkt wat de activiteiten zijn met de daarbij behorende processen en installaties.

2.2.1 Olie en gas

Bij olie- en gaswinning wordt een mengsel van koolwaterstoffen, water en zand uit de ondergrond geproduceerd. In een gasput bestaat dit mengsel vooral uit aardgas, met daarnaast water, zand en een kleine hoeveelheid aardgascondensaat (zeer lichte, vloeibare vorm van aardolie). In een olieput is dit andersom: daar is olie het hoofdbestanddeel, met daarnaast water, zand en een kleine hoeveelheid aardgas. De productie verloopt op land (onshore) en op zee (offshore) volgens dezelfde stappen: winning, behandeling en transport. Offshore gebeurt dit meestal via grotere productieplatforms, vaak met kleinere satellietplatforms die hun productie aanvoeren naar een hoofdplatform.

2.2.1.1 Proces gaswinning

In 2025 werd in Nederland aardgas gewonnen uit 130 velden op land (onshore) en 149 velden op zee (offshore). De productie bedroeg circa 2,8 miljard Nm³ per jaar onshore en 5,7 miljard Nm³ offshore. In totaal waren 12 operators actief in de Nederlandse gaswinning. Het proces bestaat uit drie hoofdstappen:

1. Voorbewerking

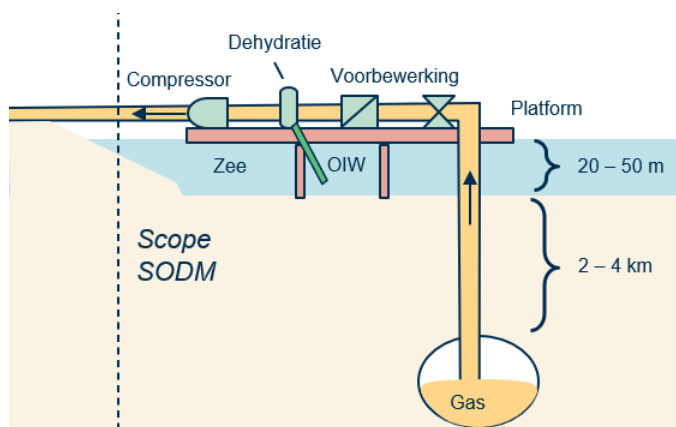
Het gasmengsel komt door de druk in het reservoir naar boven. Bovengronds wordt het vervolgens teruggebracht naar een werkbare procesdruk en in een slugcatcher gescheiden in gas en een vloeistofstroom (water, slib en een kleine hoeveelheid olie).

2. Dehydratie

Het gas wordt met glycol gedroogd om water(damp) te verwijderen. Het afgescheiden water wordt gezuiverd via olie-in-water (OIW)-scheiding. Eventueel meegevoerd zand wordt doorgaans al bij de putkop gefilterd. Het gezuiverde water wordt afgevoerd, geloosd of geherïnjecteerd.

3. Compressie

Indien nodig wordt het gas op druk gebracht met een booster- en vervolgens een exportcompressor, zodat het gas met voldoende druk naar de transportleiding kan worden geëxporteerd. De export compressoren van de grotere platforms hebben doorgaans een gezamenlijk vermogen van tientallen megawatts (MW) en vormen veruit de grootste energieverbruiker van een winningsplatform.



Figuur 2-2 Schematische weergave van een offshore gas platform met de belangrijkste installaties

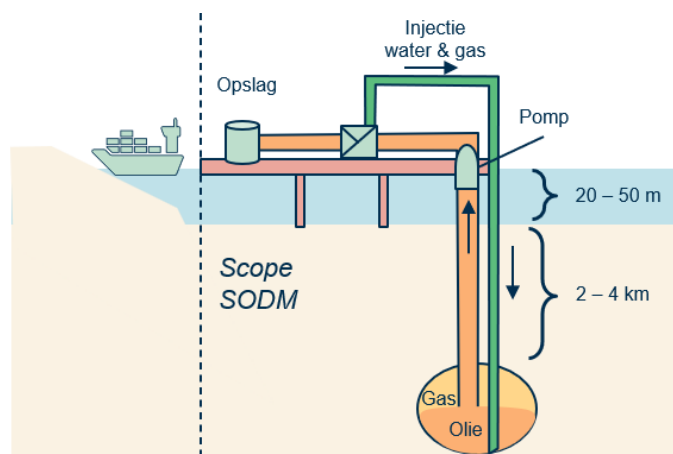
In 2025 bedroeg de Nederlandse olieproductie circa 125.000 m³ per jaar op land (28 velden) en 260.000 m³ per jaar op zee (42 velden). De productie werd uitgevoerd door vijf operators. Het proces van oliewinning bestaat uit vier hoofdstappen:

Het mengsel van olie, gas en water komt door reservoirdruk of met behulp van kunstmatige lift (zoals pompelpompen of gaslift) naar de oppervlakte. Wanneer de druk afneemt, kan gas- of waterinjectie worden toegepast om de productie te ondersteunen.

Op de productie-installatie wordt het mengsel gescheiden in olie, gas en water met behulp van driefasen scheiders. Indien nodig wordt het mengsel verwarmd om de scheiding te verbeteren.

De olie wordt ontzout en gestabiliseerd zodat deze voldoet aan transportspecificaties. Het afgescheiden gas en water worden behandeld of hergebruikt, bijvoorbeeld voor injectie in het reservoir.

De behandelde ruwe olie wordt opgeslagen en vervolgens via pijpleidingen of per tanker afgevoerd naar een raffinaderij voor verdere verwerking.



Figuur 2-3 Schematische weergave van een offshore olie platform met de belangrijkste installaties

2.2.1.3 Inschatting energiegebruik

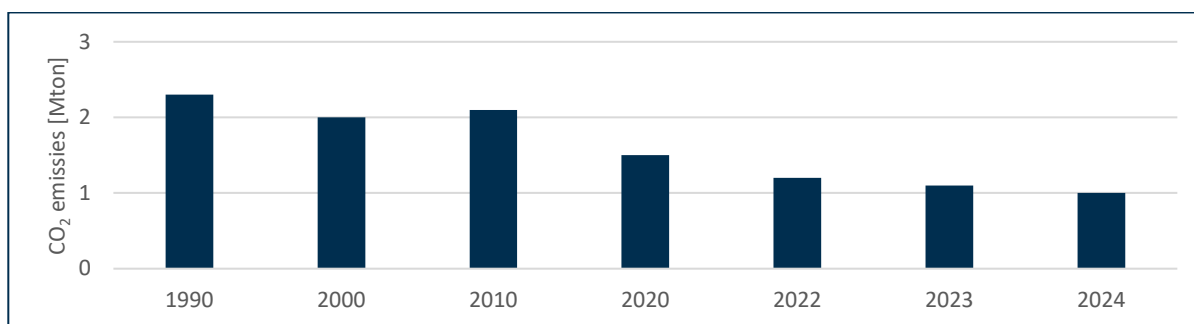
Binnen het kader van deze studie richten we ons op het energiegebruik in de olie- en gassector. Zoals hierboven beschreven, wordt bij olieproductie de olie opgepompt en vervolgens verwerkt. Bij gasproductie wordt het gas behandeld en daarna op druk gebracht met compressoren. Deze compressie kost, bij een vergelijkbare productiestroom, aanzienlijk meer energie dan het verpompen van olie. Gaswinning was in 2025 in termen van energetische productiewaarde ongeveer twintig keer groter is dan oliewinning². Het totale energiegebruik in de sector hangt daarom in sterke mate samen met gasproductie. Het is aannemelijk dat het grootste deel van het energiegebruik plaatsvindt op basis van aardgas. Dit hangt samen met het grote aandeel gasproductie en het feit dat veel gaswinningsplatforms zich offshore bevinden, waar meestal geen aansluiting op het elektriciteitsnet beschikbaar is.

Er zijn geen directe gegevens beschikbaar over het totale energieverbruik van de olie- en gaswinningsindustrie in Nederland. Om dit toch te kunnen inschatten, hebben we gebruikgemaakt van de jaarlijkse CO₂-uitstoot van ongeveer 1 miljoen ton³. Wanneer deze uitstoot volledig het gevolg zou zijn van het verbranden van aardgas, komt dit overeen met circa 18 PJ energieverbruik per jaar⁴. Dat is ongeveer 6% van de energie-inhoud van de jaarlijkse productie. Indien deze energie volledig elektrisch zou worden geleverd, komt dit neer op ongeveer 7,2 PJ⁵.

De olie- en gaswinning in Nederland neemt af. Hierdoor vertonen ook de CO₂-emissies een dalende trend (zie Figuur 2-4). Aangezien de energie-inschatting is gebaseerd op deze emissies, betekent dit logischerwijs dat ook het energiegebruik in de sector naar verwachting afneemt.

Tabel 2-1: Inschatting energieverbruik olie- en gasbedrijven

	Energieverbruik per jaar [PJ]
Laag scenario 2024 – elektrisch (ondergrens)	7,2
Hoog scenario 2024 – aardgas (uitgangspunt studie)	17,8



Figuur 2-4 Jaarlijkse CO₂ emissies in de olie- en gaswinningsindustrie in Nederland, volgens CBS

² Op basis van productiegegevens van [Datacenter | NLOG](#)

³ CBS Emissies naar lucht op Nederlands grondgebied; totalen 2024, geraadpleegd op 21/01/2026, [StatLine - Emissies naar lucht op Nederlands grondgebied; totalen](#)

⁴ 1.000.000 ton CO₂ / 56.200 tonCO₂/PJ

⁵ 1.000.000 ton CO₂ / 138.056 tonCO₂/PJ. 138.056 tonCO₂/PJ (0,14 kgCO₂/MJ) is de emissiefactor van het elektriciteitsnet van 2025.

2.2.2 Zoutwinning (pekkel)

Zout kan op verschillende manieren worden gewonnen. In Nederland gebeurt dit voornamelijk via oplosmijnbouw (solution mining), waarbij zout in de ondergrond wordt opgelost in water en als pekkel wordt opgepompt. SodM is hiervoor de toezichthouder voor winning uit de diepe ondergrond en houdt daarbij toezicht op zowel het winningsproces als het verwerkingsproces tot en met de bulkfase (zie ook de processtappen hierna).

In Nederland zijn zes pekkelwinningsinstallaties in gebruik, geëxploiteerd door drie bedrijven. In 2024 bedroeg de productie circa 18,5 miljoen m³ pekkel, overeenkomend met ongeveer 5,7 miljoen ton zout ⁶.

2.2.2.1 Proces pekkelwinning

Het productieproces van pekkel uit ondergrondse zoutlagen bestaat uit drie hoofdstappen ⁷:

1. Injectie

Via een boorput wordt zoet water geïnjecteerd in een diepe zoutlaag. Het water lost het zout op, waardoor een ondergrondse holte (caverne) ontstaat. De vorming van deze caverne wordt gestuurd door druk, debiet en temperatuur te beheersen.

2. Productie (oppompen)

De gevormde pekkel wordt via de boorput naar het oppervlak gepompt. Injectie en productie vinden gelijktijdig plaats in een continu proces. De zoutconcentratie wordt bewaakt om een stabiele kwaliteit te waarborgen.

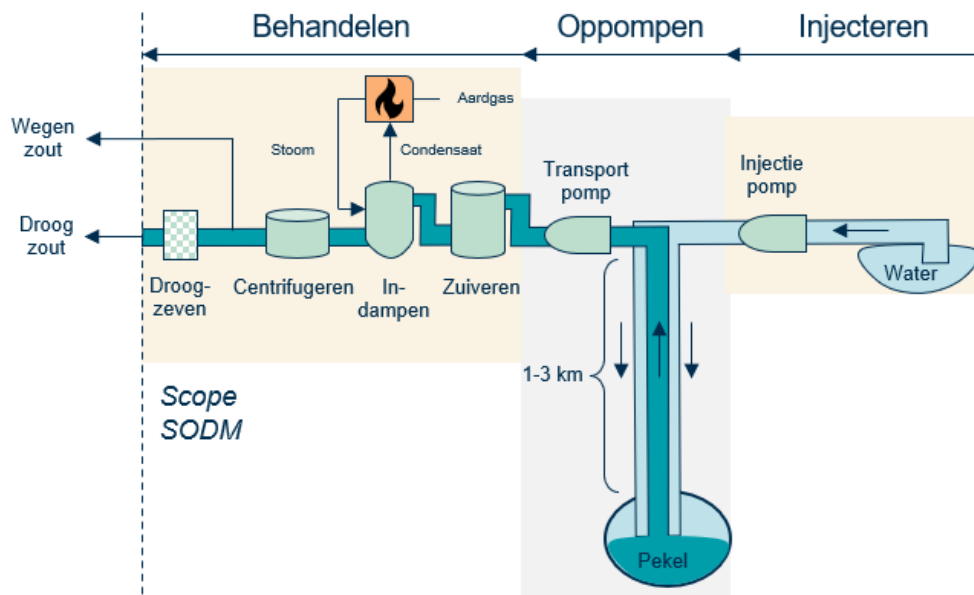
3. Behandeling

Bovengronds wordt de pekkel gefilterd om zand en onopgeloste deeltjes te verwijderen. Vervolgens wordt de pekkel ingedampt om water af te scheiden. Dit is een energie-intensieve stap. Het geconcentreerde zout wordt daarna gecentrifugeerd, waarbij het zoutproduct in bulkfase ontstaat. Dit vormt de laatste stap binnen de toezichtscope van SodM. Dit zoutproduct kan vervolgens direct worden toegepast, bijvoorbeeld in de chemische industrie of als wegzout, of verder worden verwerkt tot producten voor huishoudelijke of voedingsmiddelentoeepassingen.

Na beëindiging van de winning moet de caverne op een veilige en stabiele manier worden achtergelaten. Hierbij kan nog langdurig drukbeheer nodig zijn, bijvoorbeeld door beperkte pekkelproductie. In sommige gevallen kan de caverne ook geschikt worden gemaakt voor hergebruik, bijvoorbeeld voor ondergrondse opslag.

⁶ Op basis van productiegegevens van [Datacenter | NLOG](#)

⁷ <https://earthathome.org/minerals-cl-gp/>



Figuur 2-5 Schematisch overzicht van de winning van pekkel met de belangrijkste installaties

2.2.2.2 Inschatting energiegebruik

Binnen het kader van deze studie richten we ons op het energiegebruik bij pekkelwinning. Het energiegebruik wordt in hoofdzaak bepaald door de installaties die nodig zijn voor injectie, productie en indamping. Dit betreft met name injectiepompen voor het inbrengen van zoet water in de zoutlaag, productie- en transportpompen voor het oppompen en verplaatsen van pekkel, compressoren voor warmteterugwinning (Mechanical Vapor Recompression; MVR) en gasgestookte ketels voor het leveren van thermische energie.

Voor het indampingsproces is energie-intensief. De combinatie van grote volumestromen en thermische scheiding maakt dat de compressoren en ketels het grootste aandeel hebben in het totale energieverbruik van een installatie.

De gezamenlijke CO₂-uitstoot van de pekkelwinningsbedrijven bedroeg circa 440 kton in 2022. Het gerapporteerde energieverbruik was in dat jaar circa 7 PJ⁸.

Tabel 2-2: Inschatting energieverbruik zoutwinning

	Energieverbruik per jaar [PJ]
Gerapporteerd verbruik 2022 (uitgangspunt studie)	7

⁸ OPEB_Lokaties 251001 SodM en de Informatieplichten (SodM 1dec25)

2.2.3 Geothermie

In Nederland zijn in 2025 18 producerende geothermielocaties, geëxploiteerd door 18 exploitanten. Deze exploitanten werken vaak samen met elkaar of andere partijen binnen één project. Sommige exploitanten hebben meerdere locaties. Het aantal exploitanten kan jaarlijks wijzigen door fusies, overnames of faillissementen. Meer dan driekwart van de projecten levert warmte aan de glastuinbouw; het overige deel voorziet in warmte voor de gebouwde omgeving.

2.2.3.1 Proces geothermie

Het proces van geothermie bestaat uit vier hoofdstappen:

1. Productie (oppompen)

Via de productieput wordt formatiewater opgepompt uit een diepe aardlaag. De temperatuur ligt doorgaans tussen 60 en 120 °C, afhankelijk van diepte en geologie.

2. Behandeling en warmteoverdracht

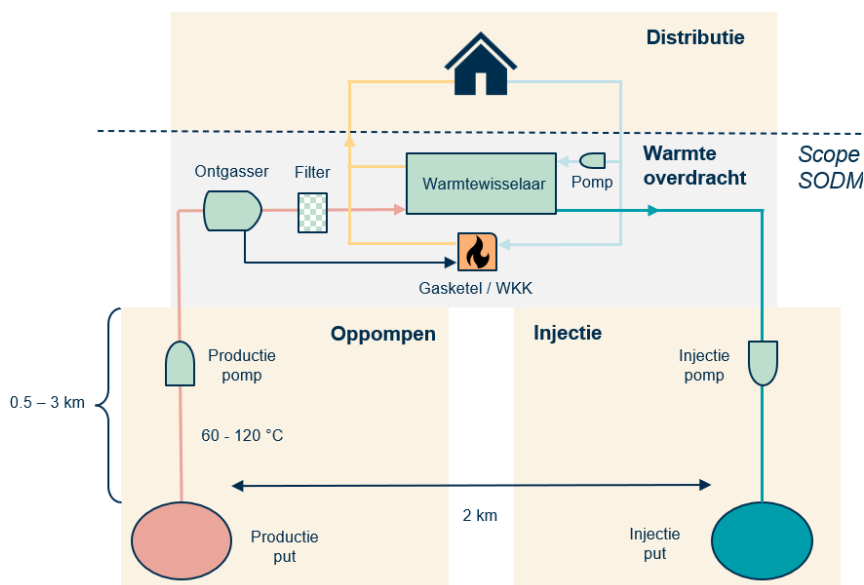
In het formatiewater kunnen gas en vaste deeltjes (zoals zand) aanwezig zijn. Daarom wordt het formatiewater aan het oppervlak eerst door een ontgasser en een filter geleid, waar deze componenten kunnen worden afgescheiden. Vrijgekomen aardgas wordt afgevoerd en in de praktijk verbrand in een ketel, en in enkele gevallen benut in een WKK-installatie. Vervolgens wordt de warmte via een warmtewisselaar overgedragen aan een gesloten secundair circuit. Het formatiewater komt daarbij niet in contact met het distributiesysteem.

3. Distributie

Het verwarmde secundaire water wordt via een warmtenet geleverd aan kassen, gebouwen of industriële processen. Het warmtenet zelf valt buiten de toezichtscope van SodM.

4. Injectie

Het afgekoelde formatiewater wordt via de injectieput teruggebracht in dezelfde aardlaag. Hiermee blijft het systeem hydraulisch in balans en wordt drukverlies in het reservoir voorkomen.



Figuur 2-6: Schematisch overzicht van het geothermieproces met de belangrijkste installaties

2.2.3.2 Inschatting energieverbruik

Binnen het kader van deze studie richten we ons op het energieverbruik van geothermie-installaties. Het energieverbruik wordt voornamelijk bepaald door de elektrische pompen voor productie en injectie van formatiewater. Per installatie gaat het doorgaans om:

- een **productiepomp** van circa 0,5–3 MW (afhankelijk van diepte en debiet);
- een **injectiepomp** van circa 0,3–2 MW.

Het energieverbruik hangt sterk samen met de diepte van de putten, het benodigde debiet en de drukverliezen in het systeem.

Voor geothermie zijn geen officiële sector brede cijfers beschikbaar. Op basis van aangeleverde gegevens⁹ van zeven bedrijven over de periode 2021–2023 wordt het totale energieverbruik door ons geschat op circa 1,3 PJ per jaar. Deze bedrijven hebben gezamenlijk 12 doubletten¹⁰. Wanneer voor de overige doubletten wordt gerekend met de laagste en hoogste gerapporteerde waarden, en deze vervolgens op te tellen bij de reeds bekende doubletten, ontstaat de volgende bandbreedte:

Tabel 2-3: Inschatting energieverbruik geothermie

	Energieverbruik per jaar [PJ]
Laag scenario – 2021 tot 2023 (ondergrens)	0,8
Midden scenario – 2021 tot 2023 (uitgangspunt studie)	1,8
Hoog scenario – 2021 tot 2023 (bovengrens)	2,9

2.2.4 Gasopslag

In Nederland zijn twee typen ondergrondse gasopslag in gebruik: aardgasopslag en stikstofopslag. In de toekomst kunnen hier mogelijk ook waterstof, gasolie en CO₂ aan worden toegevoegd.

De enige ondergrondse stikstofopslag bevindt zich in Heiligerlee. Gasunie Transport Services B.V. (GTS) gebruikt stikstof om hoogcalorisch aardgas om te zetten in laagcalorisch gas, geschikt voor levering aan huishoudens en kleinverbruikers. Voor buffering wordt stikstof opgeslagen in een zoutcaverne met een volume van circa 0,86 miljoen m³.

Ondergrondse aardgasopslaglocaties bevinden zich in Zuidwending (Veendam), Alkmaar, Bergermeer, Grijskerk en Langelo (Norg). Deze worden beheerd door EnergyStock B.V., TAQA Piek Gas B.V., TAQA Onshore B.V. en de Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. De locatie Veendam betreft een zoutcaverne; de overige locaties zijn voormalige gasvelden.

⁹ OPEB Lokaties 251001 SodM en de Informatieplichten (SodM 1dec25)

¹⁰ NLOG datasets 2025, verkregen via [Datacenter](#) | [NLOG](#)

2.2.4.1 Proces gasopslag

Het proces van gasopslag bestaat uit drie hoofdstappen:

1. Aanvoer en compressie

Gas wordt vanuit het transportnet aangevoerd. Voor stikstofopslag wordt stikstof geproduceerd in een luchtscheidingsinstallatie (Zuidbroek) en via een hogedrukleiding naar Heiligerlee getransporteerd. Een deel wordt direct bijgemengd in het gasnet; het overige deel wordt gecomprimeerd tot opslagdruk (circa 75–160 bar)

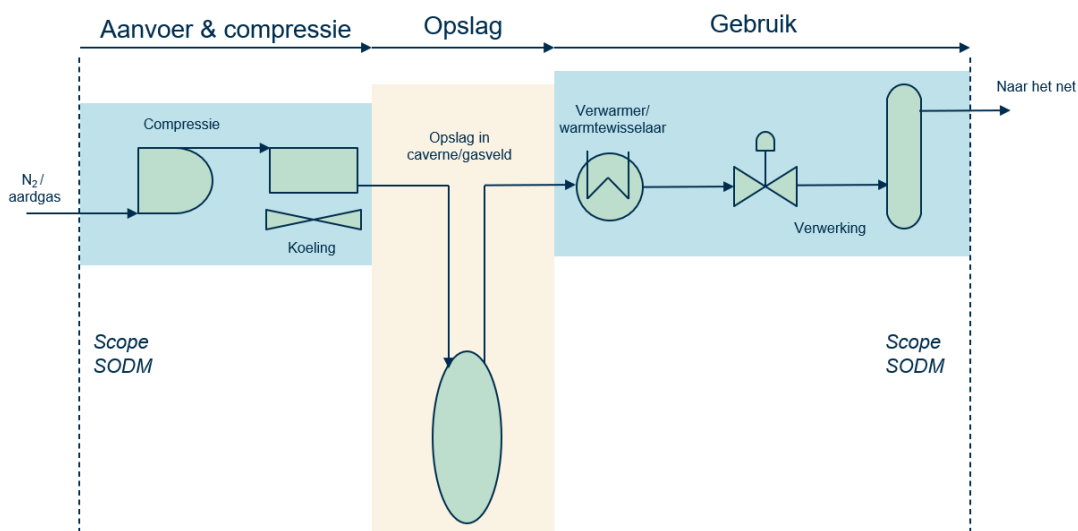
De compressie-installaties zijn grootschalig. In Grijskerk staat een compressor van 38 MW; in Norg zijn twee vergelijkbare compressoren aanwezig. In Bergermeer staan zes elektrische compressoren van elk circa 10 MW¹¹ die comprimeren tot een druk tussen de 133 en 150 bar¹². De Norg opslag in Langelo gaat zelfs tot drukken tussen de 225 en 327 bar¹³.

2. Opslag

Het gecomprimeerde gas wordt via putten geïnjecteerd in een leeg gasveld (poreuze zandsteenlaag) of in een zoutcaverne. Tijdens opslag worden druk, temperatuur en integriteit continu gemonitord. In de stikstofopslag kan er zo'n 190.000 m³/uur worden geïnjecteerd¹⁴.

3. Productie (onttrekking en conditionering)

Bij levering wordt het gas uit de opslag gehaald en eerst gefilterd. Vervolgens wordt het verwarmd, met een vermogen in de orde van megawatten, en wordt de druk verlaagd tot het vereiste transportniveau¹⁵. Daarna vindt droging plaats, bijvoorbeeld met glycol of silicagel, voordat het gas opnieuw in het transportnet wordt ingevoerd.



Figuur 2-7 Schematische weergave van het proces van stikstofopslag met de belangrijkste installaties¹⁶.

¹¹ Milieueffectrapport Gasopslag Bergermeer Hoofdrapport 2008, p84, Microsoft Word - MER Hoofdrapport TAQA BGS 13-11-2008.doc

¹² Kennisgeving definitief instemmingsbesluit opslagplan Bergermeer voor gasopslag en het besluit omgevingsvergunning Bergermeer, Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

¹³ <https://demijnraad.nl/file/download/534cc7cd-d11f-47cf-ad0e-994a38e64c8b/15-04-2019-opslagplan-ondergrondse-gasopslag-norg.pdf>

¹⁴ Aanvraagdocumenten Instemming wijziging opslagplan Stikstofbuffer Heiligerlee A-438

¹⁵ Aanvraagdocumenten Instemming wijziging opslagplan Stikstofbuffer Heiligerlee A-438

¹⁶ Aanvraagdocumenten Instemming wijziging opslagplan Stikstofbuffer Heiligerlee A-438

2.2.4.2 Schatting energieverbruik

Binnen het kader van deze studie richten we ons op het energieverbruik van gasopslaginstallaties. Het energieverbruik wordt vrijwel volledig bepaald door compressie. De compressoren worden gebruikt om gas op te persen tot opslagdruk en hebben een vermogensorde van circa 2–60 MW per installatie, vaak in meerdere trappen met tussentijdse koeling. Daarnaast wordt energie gebruikt voor verwarming en conditionering van het gas, met een vermogen in de orde van megawatten.

Van gasopslag zijn geen publieke volledige sector brede cijfers beschikbaar over energieverbruik of CO₂-emissies. Haskoning heeft de energierapportages mogen inzien van de bedrijven en is zo tot een sectoroverzicht kunnen komen. Voor de locaties waarvan alleen elektriciteitsverbruik is separaat is gerapporteerd voor gasopslag zijn de ETS-emissies teruggerekend tot een aardgasverbruik, om zo alsnog een aardgasverbruik te verkrijgen. De stikstofopslag in Heiligerlee heeft een relatief beperkte opslagcapaciteit (ruim 700 keer kleiner dan Norg) en wordt in deze inschatting verwaarloosd.

Tabel 2-4: Inschatting energieverbruik gasopslag

	Energieverbruik per jaar [PJ]
Sommatie van gerapporteerde verbruiken	2,8

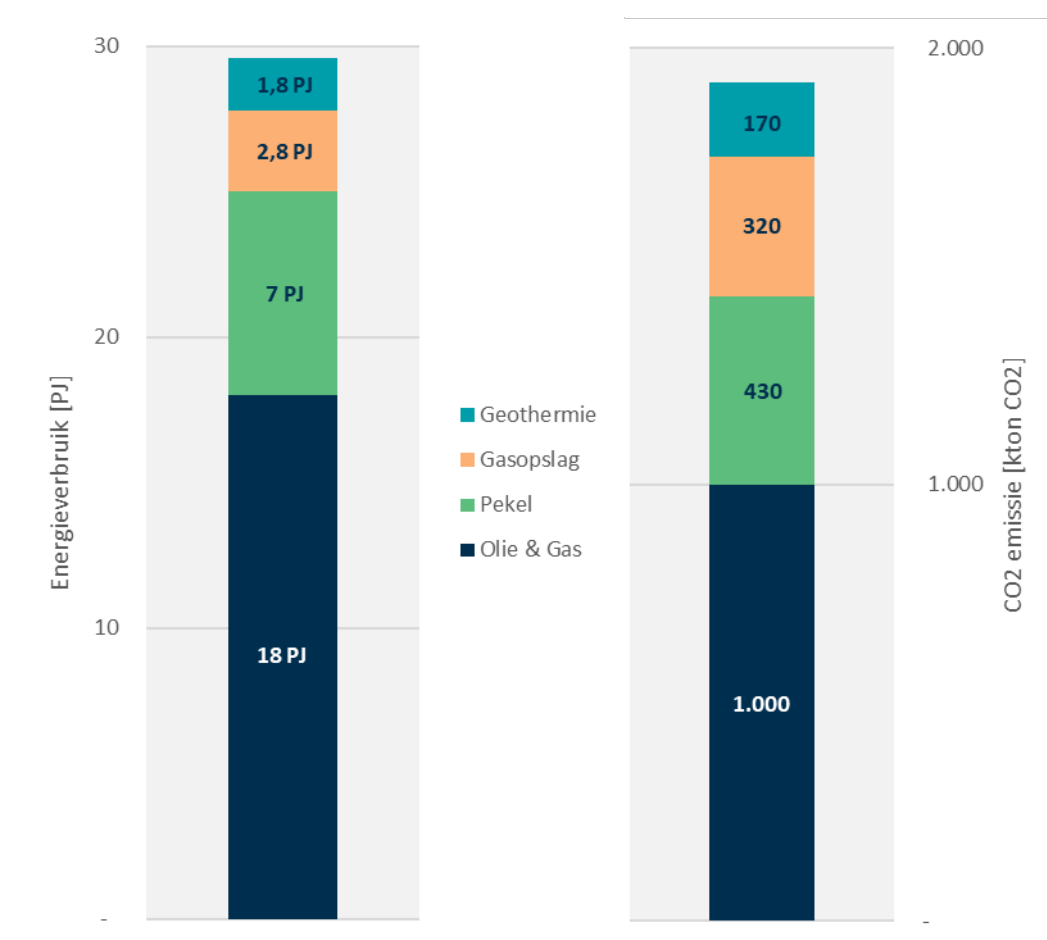
2.3 Energetische sectorschets

In hoofdstuk 2.2 is het energieverbruik per mijnbouwsector globaal ingeschat. Deze analyse betreft een energetische sectorschets op hoofdlijnen, gebaseerd op beschikbare gegevens, aannames en kengetallen. Figuur 2.9 zijn geeft een overzicht van deze grove inschattingen voor de Nederlandse mijnbouwsector.

De bijbehorende emissies zijn ingeschat op basis van de emissiefactoren van aardgas en van grijze stroom van 2022¹⁷, het jaar waarin gebruikte rapportages zijn gerapporteerd.

Uit deze inschattingen blijkt dat de olie- en gassector met circa 18PJ de meest energie-intensieve mijnbouwsector in Nederland is. Ter vergelijking: zoutwinning en pekelpductie bedragen circa 7 PJ, gasopslag ongeveer 2,8 PJ En geothermie circa 1,8 PJ.

Het merendeel van het energieverbruik binnen de olie- en gassector is toe te schrijven aan gaswinning, waarvan ongeveer twee derde offshore plaatsvindt. Binnen de gaswinning wordt het energieverbruik in hoofdzaak bepaald door compressoren die het aardgas op druk brengen voor transport naar het hoofdnet. Deze installaties vormen daarmee de belangrijkste bron van energieverbruik en bijbehorende emissies binnen de Nederlandse mijnbouwsector.



Figuur 2-8 Ingeschatte jaarlijkse energieverbruiken en emissies per mijnbouw sector in Nederland.

¹⁷ <https://co2emissiefactoren.nl/factoren/2025/11/51/elektriciteit-grijze-stroom/>

3 Overzicht energiebesparingsmogelijkheden

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de geïdentificeerde energiebesparingsmaatregelen binnen de mijnbouwsector. Op basis van de eerder beschreven processen en installaties wordt een gestructureerd overzicht opgesteld van maatregelen die technisch toepasbaar en sectorspecifiek relevant zijn.

3.1 Aanpak

Om SodM te voorzien van gerichte kennis is een overzicht opgesteld van breed toepasbare energiebesparingsmaatregelen binnen de mijnbouwsector. De inventarisatie is gebaseerd op de expertise van Haskoning, aangevuld met inzichten uit ingediende rapportages en eerdere projecten. Dit heeft geleid tot een thematisch geordende longlist van realistisch geachte maatregelen.

Bij de selectie en uitwerking is gekeken naar maatregelen die in potentie binnen vijf jaar rendabel kunnen zijn. Gezien het gehanteerde detailniveau en de locatie- en installatieafhankelijkheid van de businesscase is per maatregel een kwalitatieve inschatting gemaakt van de technische en economische randvoorwaarden. Er zijn geen detailberekeningen uitgevoerd; de beoordeling is indicatief en kan per locatie verschillen.

Van iedere maatregel, wordt conform de huidige EML's het volgende beschreven:

- | | |
|-------------------------------|---|
| • Onderwerp | Bijv. 'aandrijvingen' of 'stoom' |
| • Toe te passen maatregelen | Beschrijving van de maatregel in enkele alinea's |
| • Huidige situatie | Beschrijving van hoe de situatie nu vaak is |
| • Economische randvoorwaarden | Moment van vervangen, bij min. draaiuren |
| • Technische randvoorwaarden | Bijv. min. capaciteit, ruimte, nabijheid installaties, etc. |
| • Direct uitvoerbaar | Bijv. ja / nee zelfstandig moment |
| • Beheer & onderhoud | O.a. reiniging, veiligheid, controles |

In dit hoofdstuk wordt eerst een samenvattend overzicht gepresenteerd, gevolgd door de uitwerking per maatregel. Ter ondersteuning van de toezichtpraktijk is aanvullend een **handhaverschecklist** ontwikkeld (zie Appendix A1). Deze biedt per maatregel beknopte context, inzicht in veelvoorkomende belemmeringen, mogelijke oplossingsrichtingen en relevante best practices.

3.2 Energiebesparingsmaatregelen

Dit hoofdstuk bevat de nadere uitwerking van de geïdentificeerde energiebesparingsmaatregelen. Gezien de inhoudelijke relevantie van de maatregelen en de sterke locatieafhankelijkheid van een feitelijke businesscase, is ervoor gekozen de volledige longlist te rapporteren. Dit betekent dat ook maatregelen met een indicatieve terugverdientijd van meer dan vijf jaar zijn opgenomen, zodat een compleet en transparant overzicht ontstaat.

Ter inleiding is in Tabel 3-1 een samenvattend overzicht opgenomen met per maatregel: het thema, de toepasselijke mijnbouwsector(en) en een eerste indicatie van de terugverdientijd. Deze indicatie betreft een kwalitatieve inschatting op basis van het gehanteerde detailniveau van deze studie en ondersteunt de onderlinge vergelijking van maatregelen op hoofdlijnen.

Na dit overzicht volgt de nadere uitwerking per maatregel conform de eerder beschreven systematiek.

Tabel 3-1: Overzicht geïdentificeerde energiebesparingsmaatregelen met indicatie van terugverdientijd (TVT) binnen 5 jaar.

#	Maatregel	Thema	Sectoren	TVT < 5 jaar
1	Vervangen van motoren door hoogrendementmotoren	Aandrijvingen	Algemeen	Situatieafhankelijk
2	Vervangen van heftrucks door elektrische heftrucks	Aandrijvingen	Algemeen	Situatieafhankelijk
3	Toepassen van (turbo)expanders bij hoge druk gasvelden	Compressie	Gas/olie	Situatieafhankelijk
4	Optimaliseren van compressorontwerp en -configuratie	Compressie	Algemeen	Situatieafhankelijk
5	Optimaliseren van piggingprogramma's	Compressie	Gas/olie	Situatieafhankelijk
6	Optimaliseren van regeling van pompen en compressoren	Compressie	Algemeen	Waarschijnlijk
7	Afstemmen van turbines en compressoren op beoogde last	Compressie	Algemeen	Onwaarschijnlijk
8	Toepassen van elektrisch aangedreven compressoren	Compressie	Algemeen	Onwaarschijnlijk
9	Verlagen van druk in offshore hoofdleidingen	Compressie	Gas/olie	Waarschijnlijk
10	Vervangen van compressor-impellers	Compressie	Algemeen	Situatieafhankelijk
11	Toepassen van duurzame energieopwekking	Opwek energie	Algemeen	Situatieafhankelijk
12	Aanbrengen of verbeteren van isolatie	Isolatie	Algemeen	Waarschijnlijk
13	Minimaliseren van fakkels- en ventgebruik	Fakkels	Algemeen	Situatieafhankelijk
14	Optimaliseren van persluchtssystemen	Perslucht	Algemeen	Waarschijnlijk
15	Vervangen van pneumatische instrumentatie door elektrisch	Perslucht	Algemeen	Waarschijnlijk
16	Reduceren van glycolrecirculatiedebiet	Processpecifiek	Gas/olie	Waarschijnlijk
17	Centraliseren van gas- en oliebehandeling	Processpecifiek	Gas/olie	Situatieafhankelijk
18	Reduceren van diffuse emissies (lekkages)	Processpecifiek	Gas/olie	Waarschijnlijk
19	Efficiënter opwekken van elektriciteit voor tijdelijke activiteiten	Opwek energie	Algemeen	Situatieafhankelijk
20	Toepassen van mechanische damprecompressie (MVR) bij indampen	Processpecifiek	Zout	Situatieafhankelijk
21	Optimaliseren van putbehandeling (zoutwas)	Processpecifiek	Gas/olie	Situatieafhankelijk
22	Optimaliseren van koeltorenregeling	Warmte	Algemeen	Waarschijnlijk
23	Optimaliseren van vacuümsystemen	Processpecifiek	Algemeen	Waarschijnlijk
24	Automatiseren van pekeldichtheidsregeling	Warmte	Zout	Waarschijnlijk
25	Reduceren van helikoptervluchten naar platforms	Processpecifiek	Gas/olie	Waarschijnlijk
26	Terugwinnen van warmte uit pekels	Warmte	Zout	Onwaarschijnlijk
27	Toepassen van natte rookgasreiniging	Processpecifiek	Algemeen	Onwaarschijnlijk
28	Scheiden van stoomsystemen in meerdere drukniveaus	Warmte	Algemeen	Situatieafhankelijk
29	Extra warmteonttrekking uit retourstroom richting put	Warmte	Geothermie	Situatieafhankelijk
30	Toepassen van warmteintegratie	Warmte	Algemeen	Situatieafhankelijk
31	Toepassen van warmteopslag/buffering bij kort-cyclische opslagvelden	Warmte	Gasopslag	Situatieafhankelijk
32	Terugwinnen van warmte uit rookgassen	Warmte	Algemeen	Waarschijnlijk
33	Optimaliseren van heat tracing	Warmte	Algemeen	Waarschijnlijk
34	Hergebruiken van warmte uit compressoren	Warmte	Algemeen	Waarschijnlijk
35	Toepassen van warmteterugwinning bij ontgassing	Warmte	Geothermie	Onwaarschijnlijk
36	Reduceren van stoomverlies via condenspotten	Warmte	Algemeen	Waarschijnlijk
37	Optimaliseren van verlichting	Verlichting	Algemeen	Waarschijnlijk

3.2.1 Vervangen van motoren door hoogrendementmotoren

Nummer maatregel	1
Naam maatregel	Vervangen van motoren door hoogrendementmotoren
Onderwerp	Aandrijvingen
Sector	Algemeen
Beschrijving	Vervangen van elektromotoren met lage efficiëntieklasse (IE2 of lager) door motoren met hogere efficiëntieklasse (IE4 of hoger) om elektriciteitsverbruik te verminderen. <i>Zie ook EML maatregelcodes FC4, FC5.</i>
Huidige situatie	Aanwezigheid van elektromotoren met een efficiëntieklasse IE3, IE2 of lager. Deze motoren zijn herkenbaar doordat er geen IE-klasse/IE1/IE2 of IE3 op het typeplaatje van de motor staat.
Terugverdientijd < 5 jaar	Afhankelijk van aantal draaiuren, met name waarschijnlijk bij >1.000 (IE2 of lager) of >1.900 (IE3) draaiuren per jaar.
Economische randvoorwaarden	Voldoende draaiuren en geplande vervanging zijn bepalend voor rendabiliteit.
Technische randvoorwaarden	Vermogen > 0,75 kW en inpasbaarheid binnen bestaande installatie vereist.
Direct uitvoerbaar	Nee, meestal bij vervanging of revisiemoment.
Beheer & onderhoud	Regelmatige inspectie van de lagers en weerstand van de wikkelingen volgens leveranciersvoorschriften

Nadere toelichting

Hoogrendementmotoren (bijvoorbeeld IE4) hebben een lager elektrisch verlies dan oudere motoren (IE2 of lager). Hierdoor wordt bij gelijke mechanische output minder elektriciteit verbruikt. De energiebesparing is met name relevant bij motoren met veel draaiuren, zoals pompen, ventilatoren en compressoren.

De maatregel is opgenomen in de Erkende Maatregelenlijst (EML) onder codes FC4 en FC5. Voor nadere technische en financiële specificaties wordt verwezen naar de betreffende EML-maatregelen (RVO):

- [FC4 - Vervang elektromotoren met efficiëntieklasse IE2 of lager door een motor met efficiëntieklasse IE4 of hoger | RVO.nl](#)
- [FC5 - Vervang IE3-elektromotoren door efficiëntieklasse IE4 | RVO.nl](#)

De energiewinst per motor is relatief beperkt in procenten, maar kan bij grotere vermogens en langdurig gebruik substantieel zijn.

In offshore-omgevingen kunnen aanvullende aandachtspunten gelden. Hoogrendementmotoren zijn vaak zwaarder of groter dan oudere motoren. Dit kan gevolgen hebben voor fundatie, beschikbare ruimte en onderhoudstoegankelijkheid. In dergelijke situaties moet vervanging zorgvuldig worden beoordeeld.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Aantal draaiuren per jaar
 - >1.000 draaiuren voor vervanging van IE2 of lager (conform EML)
 - >1.900 draaiuren voor vervanging van IE3 (conform EML)
- Motorvermogen
- Elektriciteitsprijs
- Moment van natuurlijke vervanging
- Eventuele aanpassingen aan fundatie of constructie

Vervanging vóór einde levensduur is doorgaans alleen rendabel bij hoge draaiuren.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Vermogen >0,75 kW (conform EML)
- Inpasbaarheid binnen bestaande bouwruimte
- Geschiktheid voor ATEX-zones indien van toepassing
- Controle van as-uitlijning en mechanische belasting
- Beoordeling van gewicht en fundatie (met name offshore)

3.2.2 Vervangen van heftrucks door elektrische heftrucks

Nummer maatregel	2
Naam maatregel	Elektrische heftrucks
Onderwerp	Aandrijvingen
Sector	Algemeen
Beschrijving	Vervangen van heftrucks met verbrandingsmotoren door elektrische of hybride heftrucks om brandstofverbruik en energieverliezen te verminderen.
Huidige situatie	Op veel locaties worden nog heftrucks met verbrandingsmotoren ingezet, ook bij binnen gebruik of intensieve logistieke processen. Vervanging met elektrische heftrucks gebeurt doorgaans bij vlootvernieuwing.
Terugverdientijd < 5 jaar	Afhankelijk van inzetduur en subsidies Waarschijnlijker bij intensief gebruik en hybride oplossingen.
Economische randvoorwaarden	Voldoende inzetduur, passende batterijcapaciteit en beschikbare laadinfrastructuur zijn bepalend voor rendabiliteit.
Technische randvoorwaarden	Correcte dimensionering van batterij en laders en voldoende netcapaciteit vereist; ATEX-geschiktheid kan aanvullende eisen stellen.
Direct uitvoerbaar	Nee, bij natuurlijke vervanging of vlootvernieuwing
Beheer & onderhoud	Energiebeheerstrategie is cruciaal om de levensduur van de batterij te verlengen

Nadere toelichting

Elektrische heftrucks hebben een hogere aandrijfefficiëntie dan heftrucks met een verbrandingsmotor. Bij verbrandingsmotoren treden verliezen op door verbranding, stationair draaien en mechanische aandrijving. Elektrisch rijden voorkomt deze verliezen en verlaagt het energieverbruik per draaiuur.

Het werkelijke energieverbruik en de inzetbaarheid zijn sterk afhankelijk van batterijcapaciteit, laadstrategie en inzetprofiel. Voor het bepalen van de juiste batterijconfiguratie zijn onder andere nodig:

- Gewicht van de last
- Gemiddelde hefhoogte
- Rijafstand (met en zonder last)
- Inzetduur per ploeg

Daarnaast moet rekening worden gehouden met dagelijkse ontlaaddiepte en capaciteitsafname gedurende de levensduur van de batterij. Correct gekozen laders en een passend laadregime (bijvoorbeeld opportunity charging) kunnen het energieverbruik beperken en de levensduur van de batterij verlengen.

Hybride heftrucks kunnen in sommige situaties leiden tot een kortere terugverdientijd dan volledig elektrische varianten. Een goede energiebeheerstrategie is noodzakelijk om de vermogensverdeling tussen verbrandingsmotor, elektromotor en batterij te optimaliseren. Voor emissievrij binnengebruik moet het hybride ontwerp geschikt zijn voor tijdelijke volledig elektrische werking.¹⁸

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Aantal draaiuren per jaar
- Brandstofprijs versus elektriciteitsprijs
- Aanschafkosten van elektrische of hybride heftrucks
- Investeringskosten in laadinfrastructuur
- Moment van vlootvernieuwing

Bij intensief gebruik is vervanging doorgaans rendabel; bij beperkte inzet is de terugverdientijd langer.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Voldoende laadinfrastructuur en netcapaciteit
- Correcte dimensionering van batterij en laders
- Geschiktheid voor ATEX-omgeving indien van toepassing
- Logistieke planning van laadmomenten

¹⁸ al., C. e. (2020). *Hybridisation of forklift trucks. IET Electrical Systems in Transportation*.

3.2.3 Toepassen van (turbo)expanders bij hoge druk gasvelden

Nummer maatregel	3
Naam maatregel	Toepassen van (turbo)expanders bij hoge druk gasvelden
Onderwerp	Compressie
Sector	Gas/olie
Beschrijving	Installeren van een turboexpander om drukenergie in hoogdruk gasvelden terug te winnen door gecontroleerde expansie, waarbij mechanische of elektrische energie wordt opgewekt én extra koeling ontstaat voor vloeistofscheiding.
Huidige situatie	Drukreductie wordt normaliter gerealiseerd via regelkleppen (Joule-Thompson, J-T), waarbij druk en potentiële energie verloren gaan. In veel velden is geen turboexpander aanwezig; in sommige worden J-T-kleppen überhaupt niet toegepast.
Terugverdientijd < 5 jaar	Afhankelijk van o.a. gasdebiet, drukverschil, elektriciteitsprijs, CAPEX. Bij hoge drukvelden en continue flow kan de TVT < 5 jaar zijn. De hoogste potentie ligt bij hogedruk velden, die echter schaars zijn.
Economische randvoorwaarden	Voldoende drukverschil, gasdebiet en elektriciteitsopbrengst vereist om hogere CAPEX te rechtvaardigen.
Technische randvoorwaarden	Structurele drukreductie, voldoende temperatuur en inpasbaarheid in bestaande infrastructuur
Direct uitvoerbaar	Afhankelijk van locatie: alleen uitvoerbaar als er een substantiële drukval aanwezig is, voldoende stabiele flow, en plaatsing in bestaande compressie-/processing-configuratie mogelijk is.
Beheer & onderhoud	Lagere onderhoudskosten dan mechanische koeling; bypass-kleppen en drukregelvoorzieningen nodig voor betrouwbaarheid; hydraatvorming moet worden voorkomen.

Nadere toelichting

Een (turbo)expander, of expansieturbine, zet de energie van hogedrukgas om in mechanische energie. Wanneer deze energie wordt gebruikt om een generator aan te drijven of een compressor te ondersteunen, wordt energie teruggewonnen die anders verloren zou gaan bij drukverlaging over een J-T-klep.

Bij traditionele drukreductie wordt drukenergie omgezet in warmte zonder nuttige energierugwinning. Een expander benut dit drukverschil om elektriciteit op te wekken of mechanisch vermogen te leveren.

Toepassing is met name relevant bij:

- Structurele drukverlaging in transmissie- of verwerkingsstations
- Hoge volumestromen
- Continu bedrijf

Andere toepassingen van een expander zijn in lage-temperatuur industriële processen en om zwaardere koolwaterstoffen uit aardgas terug te winnen ('natural gas liquids').

De maatregel is echter sterk locatieafhankelijk. In Nederlandse gasvelden neemt de veld-/inlaatdruk in de tijd af, waardoor het beschikbare drukverschil beperkt kan zijn. De hoogste potentie ligt bij hogedrukvelden, die echter schaars zijn (met enkele uitzonderingen zoals N-0 van One-Dyas).

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Voldoende gemiddeld gasdebiet
- Groot en continu drukverschil
- Elektriciteitsprijs
- Investeringskosten in expanderinstallatie (CAPEX)
- Operationele kosten en onderhoud

De investering is aanzienlijk hoger dan een J-T-klep, waardoor de businesscase doorgaans alleen sluit bij structurele drukreductie.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Voldoende hoge veld- of inlaatdruk
- Temperatuur boven hydraat- en bevriezingsgrens
- Geschikte gascondities (samenstelling)
- Voldoende leidinglengte van expander naar separator en voldoende verblijftijd in separator
- Inpassing in bestaande infrastructuur
- Beschikbaarheid van compressor recycle flow met voldoende hoge druk en flow rate om een expander aan te drijven

Bij dalende velddruk kan de maatregel technisch of economisch minder aantrekkelijk worden.

3.2.4 Fysiek optimaliseren van compressoren

Nummer maatregel	4
Naam maatregel	Fysiek optimaliseren van compressoren
Onderwerp	Compressie
Sector	Algemeen
Beschrijving	Fysiek aanpassen van bestaande compressoren zodat zij dichterbij hun optimale rendementspunt (best efficiency point BEP) opereren. Dit omvat o.a. restaging, aanpassen van impellers (zie ook maatregel #10), optimaliseren van drukverhoudingen, en het verwijderen of aanpassen van overgedimensioneerde trappen.
Huidige situatie	Bij veel installaties draaien compressoren niet optimaal door veranderde procescondities, gewijzigde gasstromen of verouderde configuraties. Hierdoor ontstaan onnodige extra compressiestappen; te hoge of te lage drukverhoudingen per trap; lagere isentrope efficiëntie en hoger energieverbruik; onbalans tussen aanvoer en afname, waardoor compressors buiten het BEP draaien.
Terugverdientijd < 5 jaar	Afhankelijk van type aanpassing en energiebesparingspotentieel.
Economische randvoorwaarden	Investering en downtime moeten in verhouding staan tot energiebesparing.
Technische randvoorwaarden	Beschikbaarheid van procesdata en fysieke aanpasbaarheid vereist.
Direct uitvoerbaar	Nee, uitvoering vereist fysieke modificatie tijdens geplande stop.
Beheer & onderhoud	Lagere onderhoudslast door minder belasting. Monitoring van procescondities blijft van belang. Inspectieschema's moeten worden herzien na aanpassing.

Nadere toelichting

Door compressoren fysiek te optimaliseren, kunnen compressortrappen en gasstromen beter aansluiten op de werkelijke bedrijfscondities. Dit omvat onder meer:

- Restaging (verplaatsen, herconfigureren of verwijderen van trappen)
- Aanpassen of vervangen van impellers ¹⁹.
- Optimaliseren van drukverhoudingen per trap
- Verwijderen of aanpassen van overgedimensioneerde trappen

¹⁹ Revamping or rera

In veel installaties draaien compressoren niet optimaal door veranderde procescondities, gewijzigde gasstromen of verouderde configuraties. Hierdoor ontstaan onnodige extra compressiestappen, te hoge of te lage drukverhoudingen per trap en een lagere isentrope efficiëntie. Het resultaat is een hoger energieverbruik en onbalans tussen aanvoer en afname, waardoor compressoren buiten hun best efficiency point (BEP) opereren.

Met name bij offshore gasproductie kan dit optreden wanneer velden leger raken en de oorspronkelijke compressorconfiguratie niet langer optimaal is afgestemd op de actuele druk- en debietcondities.

Aanpassingen zijn vaak goedkoper dan volledige vervanging van een compressor, maar vereisen grondige technische analyse.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Investeringskosten, welke sterk afhankelijk zijn van type compressor en omvang van de benodigde aanpassing
- Verwachte energiebesparing
- Downtime tijdens uitvoering
- Resterende levensduur van het asset
- Verhoging van beschikbaarheid (minder trips)

Bij relatief beperkte ingrepen kan een terugverdientijd binnen 5 jaar haalbaar zijn; bij grotere modificaties of lange stilstand niet.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Beschikbaarheid van technische gegevens, zoals compressormaps (prestatiekaart) en historische procesdata
- Analyse van aerodynamica, mechanica en rotordynamica
- Fysieke aanpasbaarheid (ruimte, toegang, compatibiliteit)
- Borging van proces- en veiligheidsmarges (o.a. API-normen)

Zonder betrouwbare data is het verbeterpotentieel moeilijk te onderbouwen.

3.2.5 Optimaliseren van piggingprogramma's

Nummer maatregel	5
Naam maatregel	Optimaliseren van piggingprogramma's
Onderwerp	Compressie
Sector	Gas/olie
Beschrijving	Optimalisatie van piggingprogramma's om leidingen schoner te houden, vloeistofslugs te reduceren, drukverliezen te beperken, inspecties te verbeteren en doorstroming te verhogen.
Huidige situatie	Leidingen met piggingfaciliteiten opereren niet altijd, door suboptimaal ingestelde frequentie, verkeerde pig-types of operationele problemen (slugs, stuck pigs). Bestaande leidingen kunnen beperkingen hebben: diameterwissels, te scherpe bochten, ontbrekende launchers/receivers. Sommige leidingen zijn deels of geheel "unpiggable"
Terugverdientijd < 5 jaar	Afhankelijk van flowrate, wax-/vuilafzetting, drukverliezen, vermeden downtime, lagere energie- en compressiekosten, verbeterde integriteit en minder incidenten.
Economische randvoorwaarden	Verlaging van operationele kosten en voorkomen van downtime moeten opwegen tegen uitvoeringskosten.
Technische randvoorwaarden	Leiding moet pigbaar zijn en voorzien van geschikte infrastructuur.
Direct uitvoerbaar	Ja mits de leiding pigbaar is.
Beheer & onderhoud	Onderhoud pig traps, afsluiters, bypass-lijnen; naleven veiligheidsprocedures

Nadere toelichting

Pigging omvat het inzetten van pigs voor reinigen, vloeistofverwijdering en inspectie (integriteit, corrosie/scheuren). Pigs worden in een launcher geplaatst, door productstroom of gasdruk door de leiding geduwd en uiteindelijk opgevangen in een receiver, waar depressurisatie en veilige verwijdering plaatsvinden.

Optimalisatie richt zich op het juiste type pig, de juiste piggingfrequentie en inzet van flow-assurancemodellen om de noodzaak voor pigging te voorspellen. In de praktijk is pigging vaak periodiek

of reactief, terwijl een gerichte inzet kan bijdragen aan beperking van drukverliezen en vermindering van extra compressie-energie.^{20 21 22}

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Verlaging operationele kosten: pigging voorkomt verhoogde wrijving en drukverlies in leidingen, waardoor (compressie)energieverbruik dalen
- Vermijden downtime door incidenten: hydraulische blokkades, (corrosie)lekken veroorzaken stilstanden
- Slugs/afzetting: in leidingen waar meer vloeistof/olie-slugs of afzetting optreedt, is de winst door pigging groter

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Beschikbare ruimte voor piginfrastructuur (o.a. launcher en receiver)
- Geschiktheid van de leiding voor pigs
- Selectie juiste type pig (afhankelijk van o.a. geometrie, drukniveau en mate van afzetting)
- Monitoring (tracking om 'lost pigs' te voorkomen)

²⁰ solutions, N. (2026, February 17). What Is Pigging? A Comprehensive Guide to Pipeline Cleaning and Safety. Opgehaald van <https://www.n2-solutions.com/news/what-is-pigging-a-comprehensive-guide-to-pipeline-cleaning-and-safety>

²¹ al., B. e. (2025). Pigging Previously Unpiggable Pipelines . GOTECH.

²² Agency, E. P. (2026, February 17). Pipeline Pig Launching and Receiving. Opgehaald van <https://www.epa.gov/natural-gas-star-program/pipeline-pig-launching-and-receiving>

3.2.6 Optimaliseren van regeling van pompen en compressoren

Nummer maatregel	6
Naam maatregel	Optimaliseren van regeling van pompen en compressoren
Onderwerp	Compressie
Sector	Algemeen
Beschrijving	Optimalisatie van regelstrategieën voor pompen en compressoren door toepassing van o.a. frequentieregeling (Variable Speed Drive, VSD), start-stop automatisering, recycle/beperking van inefficiënte bypass-stromen, anti-surge-regeling (compressoren) en operationele matching tussen vraag en machinekarakteristiek om energieverbruik en emissies substantieel te reduceren.
Huidige situatie	Veel oudere pomp- en compressorinstallaties kunnen buiten hun Best Efficiency Point (BEP) of optimale werkgebied werken; Een groot deel van industriële pompen draait buiten hun optimale zone en compressorstations functioneren suboptimaal door vaste toerentallen, overdimensionering of inefficiënte recycle-stromen ²³ .
Terugverdientijd < 5 jaar	Waarschijnlijk , maar afhankelijk van de toepassing en verbeterpotentieel; stijgt bij hoge draaiuren en systemen met veel recycle ²⁴
Economische randvoorwaarden	Potentieel afhankelijk van variatie in belasting en mogelijkheid tot softwarematige optimalisatie.
Technische randvoorwaarden	Betrouwbare meting, regelkwaliteit en inzicht in curves/maps vereist
Direct uitvoerbaar	Ja, aanpassingen softwarematig en/of met beperkte hardware-upgrade (zoals VSD of sensors).
Beheer & onderhoud	Continue monitoring, periodieke her-benchmarking van pompen compressorkarakteristieken, onderhoud aan sensoren en VSD's

Nadere toelichting

Pompen

²³ [Sulzer Exposes \\$1.5M Energy Waste in Industrial Pump Operations | Industry-Asia](#)

²⁴ [Optimization of compressor stations](#)

Industriële pompen draaien vaak buiten hun optimale werkgebied door vaste-snelheidsbedrijf, verouderde ontwerpen of veranderende procescondities (drukveranderingen, fouling). Door regeling beter af te stemmen op de werkelijke flowvraag kan het energieverbruik aanzienlijk worden verlaagd.

Optimalisatiemaatregelen voor pompen bestaan uit:

- Frequentieregeling (Variable Speed Drive, VSD) om energieverliezen over regelkleppen te vermijden
- Start-stop en load-matching van parallelle pompen
- Minimaliseren van recycleflow via verbeterde procesregeling

Compressoren

Compressoren kennen een complexe interactie tussen druk, temperatuur en gascondities. Ze kunnen buiten hun optimale compressor-map draaien, met inefficiënt recyclebedrijf om surge te voorkomen of vaste toerentallen die niet passen bij variërende procescondities. Door betere afstemming tussen vraag en machinekarakteristiek kan het energieverbruik substantieel dalen.²⁵

Optimalisatiemaatregelen voor compressoren zijn:

- Frequentieregeling, voor elektrische compressoren is VSD-regeling effectief. Voor gasturbinedreven compressoren ligt optimalisatie vooral in load sharing en anti-surge.
- Optimalisatie van anti-surge setpoints, fouten leiden tot hoge recycle stromen, optimalisatie van setpoints kan energieverbruik verlagen
- Minimaliseren van recycleflows, verbeteren van de regelstrategie; hierbij moeten de surge-limieten gerespecteerd blijven
- Load-sharing tussen parallelle compressoren
- Maandcyclus-optimalisatie (bij gasopslag)

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Variatie in belasting en procescondities
- Aantal draaiuren
- Softwarematige optimalisatie versus hardware-aanpassingen
- Gasprijs en compressorvermogen
- Directe reductie van recycleverliezen
- Het verschil tussen softwarematige optimalisatie (lagere investeringskosten) t.o.v. hardware-aanpassingen. Dat gezegd hebbende. Hebben VSD's een relatief lage CAPEX²⁶.

Bij beperkte variatie of lage draaiuren is het besparingspotentieel kleiner.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Inzicht in pompcurves en compressormaps
- Betrouwbare realtime procesdata (flowmeting, drukmeting)
- Integratie van anti-surge en load-sharing logica
- Validatie van surge- en cavitatiegrenzen
- Mogelijke aanpassingen aan 'probrammable logical controller' (PLC) voor geavanceerde regelmethode

²⁵ *Operational Matching Optimization of Large-Scale Natural Gas Storage Compressor Units | MDPI*

²⁶ *Manual for Industrial Pump Systems Assessment and Optimization*

3.2.7 Afstemmen van turbines en compressoren op beoogde last

Nummer maatregel	7
Naam maatregel	Afstemmen van turbines en compressoren op beoogde last
Onderwerp	Compressie
Sector	Algemeen
Beschrijving	Selecteren of vervangen van turbines/compressoren op basis van de verwachte toekomstige last om langdurig efficiënt bedrijf te waarborgen. Met name relevant voor nieuw te ontwikkelen assets. Aanschaf van een nieuwe turbine/compressor is voor een bestaande asset alleen relevant als de huidige installatie vervangen moet worden en nog langere termijn productie is voorzien.
Huidige situatie	Machines worden soms geselecteerd op piekcapaciteit of omstandigheden die later veranderen, waardoor zij langdurig buiten hun optimale werkgebied opereren.
Terugverdientijd < 5 jaar	Onwaarschijnlijk , met name bij bestaande assets vanwege hoge CAPEX; vooral relevant bij nieuwbouw of natuurlijk vervangingsmoment.
Economische randvoorwaarden	Hoge investeringskosten maken toepassing vooral zinvol bij nieuwbouw of einde levensduur.
Technische randvoorwaarden	Betrouwbare lastprognoses en correcte inpassing in asset vereist.
Direct uitvoerbaar	Nee, alleen bij nieuwbouw of vervanging.
Beheer & onderhoud	Conform onderhoudsplan van nieuwe turbine/compressor. Voordelen zijn minder onderhoud en voorspelbare onderhoudsintervallen

Nadere toelichting

Het selecteren van een turbine of compressor op basis van de verwachte toekomstige last (flow, drukverhouding, variabiliteit en bedrijfsuren) voorkomt structureel energieverlies. Een juiste machineselectie zorgt ervoor dat de machine gedurende het dominante deel van haar levensduur rond het beste rendementspunt (Best Efficiency Point, BEP) opereert.

Deze maatregel is met name relevant bij nieuw te ontwikkelen assets, waar de keuze van turbine of compressor de efficiëntie voor de komende 20–30 jaar bepaalt.

Bij bestaande assets is toepassing vooral zinvol wanneer de huidige machine aan vervanging toe is of wanneer productie voor langere termijn wordt voortgezet. In brownfield-situaties is de terugverdientijd doorgaans niet binnen 5 jaar vanwege de hoge investeringskosten.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Hoogte van de CAPEX (vaak hoog waardoor de terugverdientijd vaak niet binnen 5 jaar valt)
- Resterende levensduur van het asset
- Life-cycle cost vergelijking bij vervanging
- Operationele voordelen (minder trips, langere levensduur)
- Verwachte efficiëntiewinst over lange termijn

De maatregel is economisch vooral gunstig bij nieuwbouw of geplande vervanging.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Inzicht in toekomstige last (flow, druk, samenstelling)
- Rekening houden met decline curves en variabiliteit
- Aerodynamisch, mechanisch en rotordynamisch ontwerp
- Borging van surge/choke-marges en trillingsgrenzen
- Inpassing in fundatie, leidingen en regelsysteem

Onzekerheid in toekomstige productie kan leiden tot hernieuwde mismatching.

3.2.8 Toepassen van elektrisch aangedreven compressoren

Nummer maatregel	8
Naam maatregel	Toepassen van elektrisch aangedreven compressoren
Onderwerp	Compressie
Sector	Algemeen
Beschrijving	Elektrische compressoren vervangen gas- of dieselgedreven turbinedrives. Elektrische motoren hebben een hogere energie-efficiëntie, nauwkeurige flow- en drukregeling en reduceren on-site verbrandingsemissies.
Huidige situatie	Veel compressoren draaien nog op gasturbines of gasmotoren. Turbine-treinen halen vaak slechts 35–45% efficiëntie (of lager), terwijl moderne elektrische compressordrives een veel hogere efficiëntie kunnen halen
Terugverdientijd < 5 jaar	Onwaarschijnlijk , afhankelijk van netcapaciteit, retrofitomvang, draaiuren, CO ₂ -prijs, stroom- vs. brandstofprijs
Economische randvoorwaarden	CAPEX voor motor en aanpassingen OPEX-reductie door energie-efficiëntie, CO ₂ -emissiereductie en minder onderhoud
Technische randvoorwaarden	Elektrische infrastructuur Mechanische integratie
Direct uitvoerbaar	Nee, tijdens productiestop
Beheer & onderhoud	Elektrische systemen vereisen minder onderhoud dan turbines Condition-monitoring en predictive maintenance verlagen de uitvalkans ²⁷

Nadere toelichting

De maatregel voorziet in het vervangen van bestaande gas- of dieselaangedreven compressoraandrijvingen door elektrische motoren in combinatie met een adjustable speed drive (ASD).

In conventionele configuraties veroorzaken gasturbines hoge directe CO₂-, NO_x- en SO_x-emissies en vertonen zij relatief lage thermische efficiënties. Elektrische compressoren behalen daarentegen hoge motor-/drive-efficiënties over een breed lastbereik. Hierdoor daalt het energieverbruik substantieel. Elektrificatie elimineert daarbij directe verbrandingsemissies²⁸.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

²⁷ Efficiency Increase of Energy Systems in Oil and Gas Industry
by Evaluation of Electric Drive Lifecycle, Korolev et al., 2021

²⁸ The case for electrifying brownfield compressor stations, van Rensburg, 2024

- De CAPEX: de aanschaf van een elektromotor brengt grote investeringskosten mee, waardoor de investering vooral interessant is voor nieuwe assets (of vervanging). In brownfieldsituaties zal de terugverdientijd lang zijn en is deze maatregel niet kosteneffectief.
- De OPEX-reductie: de lagere energie inzet door de hogere motor-/drive-efficiëntie verlaagt energiekosten. Ook zijn er geen brandstofkosten (gas/diesel), behalve voor eventuele back-up generator; energiekosten zijn wel afhankelijk van de elektriciteitsprijs. Elektromotoren vereisen minder grote turn-arounds dan gasturbines.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Elektrische infrastructuur: de netcapaciteit moet voldoende zijn. Offshore kan de elektromotor gecombineerd worden met kabels van offshore windparken.
- Mechanische integratie: goede analyse van de torsiedynamiek is van belang. Mogelijk kan de bestaande gearbox gebruikt worden mits de motorselectie (toerental/koppel) in lijn is
- Snelheidsregeling om capaciteit te controleren en surge te voorkomen ²⁹.

²⁹ [*Compressors \(2022\) | Ipieca*](#)

3.2.9 Verlagen van druk in offshore hoofdleidingen

Nummer maatregel	9
Naam maatregel	Verlagen van druk in offshore hoofdleidingen
Onderwerp	Compressie
Sector	Gas/olie
Beschrijving	Verlagen van de operationele druk in offshore hoofdtransportleidingen om compressie-energie voor gastransport te verminderen.
Huidige situatie	Offshore hoofdleidingen (NOGAT, NGT) opereren op ca. 80 bar.
Terugverdiëntijd < 5 jaar	Waarschijnlijk , afhankelijk van aanpassingskosten, organisatorische afspraken en transportcondities
Economische randvoorwaarden	Kosten van aanpassingen productieplatforms en onshore ontvangstfaciliteiten. Organisatorische complexiteit: verdeling van de kosten over gebruikers van de gasinfrastructuur
Technische randvoorwaarden	Stabiele werking bij lagere druk en beheersing van flow-assurance-risico's vereist. Vereist aanpassing van de exportdruk op alle leverende offshore productieplatforms. Mogelijk impact op ontvangstfaciliteiten (Den Helder, Uithuizen).
Direct uitvoerbaar	Nee, vereist systeembrede afstemming en aanpassing
Beheer & onderhoud	Stabiele werking bij lagere druk en beheersing van flow-assurance-risico's vereist.

Nadere toelichting

Een groot deel van het aardgas dat op de Noordzee wordt geproduceerd wordt aan land gebracht via een van de hoofdleidingen van NOGAT (aandeelhouders Eni, EBN, PGGM en Spirit Energy³⁰) of NGT (aandeelhouders Pension Denmark, Aberdeen Standard Investments, Tenaz en Eni³¹). Er zijn echter meerdere (hoofd)leidingen, o.a. van Petrogas en Wintershall.

De gasinfrastructuur in de Noordzee is sterk geïntegreerd, de gasproducenten maken gebruik van elkaars infrastructuur om het gas aan land te brengen. Het is daarom alleen mogelijk een lagere leidingdruk te realiseren wanneer het systeem als geheel stabiel blijft opereren. Dit leidt ook tot operationele complexiteit om drukverlaging te realiseren. Door dalende gaswinning stijgen de operationele kosten van gastransport. Drukverlaging kan helpen om deze kosten te reduceren. Het is echter ook mogelijk dat een deel van de gasinfrastructuur gaat verdwijnen. Deze infra zal in dat geval ook niet meer beschikbaar zijn voor hergebruik voor andere toepassingen, zoals transport van CO₂ en waterstof.

³⁰ *Over ons - Nogat*

³¹ *Onze aandeelhouders - Noordgastransport*

Voor het zo efficiënt mogelijk aan land brengen van gewonnen aardgas moet ook de verdeling over gasbehandelingsplatforms worden beschouwd (maatregel #17) en de eventuele realisatie van nieuwe gaswinningplatforms en -leidingen. Tevens is efficiëntie van gastransport een belangrijk doel in het Sectorakkoord gaswinning in de energietransitie.³²

Economische randvoorwaarden

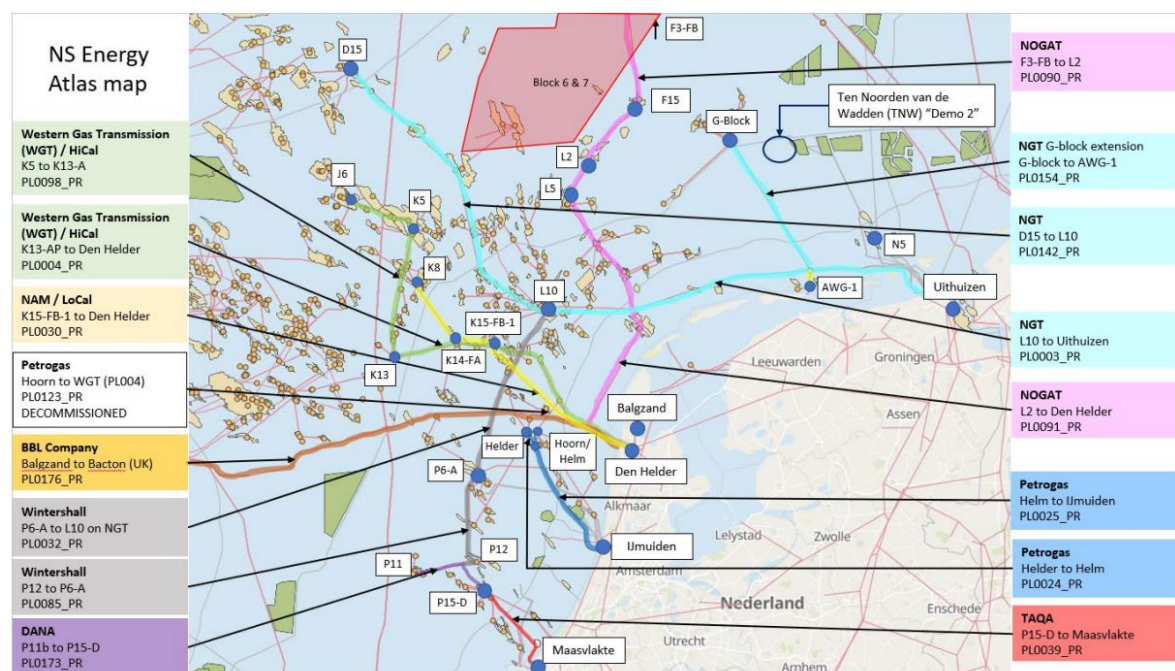
De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Organisatorische complexiteit, het verlagen van de druk vereist samenwerking tussen meerdere operators en contractpartijen, dit is een potentiële showstopper
- Bij drukverlaging daalt de transportcapaciteit, de verwachte kosten moeten gedekt blijven
- Veel kleine velden op de Noordzee zitten in de late levensfase; een lagere transportdruk kan ervoor zorgen dat deze velden langer kunnen produceren, mits de transportkosten gedekt blijven
- Behoud van internationale contractverplichtingen (relevant voor bijv. NOGAT)
- Kosten in aanpassingen aan (offshore en onshore) installaties, zoals instrumentatie en controlesystemen moeten rendabel zijn

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Compressoren moeten voldoende in staat zijn om stabiel op een lagere druk te draaien.
- De lagere druk leidt tot risico op slugs (tweefasenstroming) en condensaatophoping.
- Downstream installaties moeten de drukverlaging ook aankunnen, bijvoorbeeld Uithuizen (NGT) en Den Helder (NOGAT). Bijv. NOGAT is verbonden met internationale verbindingen naar Denemarken en Duitsland, deze verbindingen moeten ook in staat zijn de lagere druk aan te kunnen.



Figuur 3-1 Energie atlas, North Sea Energy, 29/9/2023

³² KGG, E. N. (2025). Sectorakkoord gaswinning in de energietransitie.

3.2.10 Vervangen van compressor-impellers

Nummer maatregel	10
Naam maatregel	Vervangen van compressor-impellers
Onderwerp	Compressie
Sector	Algemeen
Beschrijving	Tijdige vervanging van versleten of suboptimaal presterende compressor-impellers om efficiëntie, drukverhouding, betrouwbaarheid en energieverbruik te verbeteren. Versleten impellers veroorzaken hogere verliezen, lagere efficiëntie en mogelijk surge-problemen; vervanging door moderne, geoptimaliseerde impellers herstelt of verhoogt rendement.
Huidige situatie	In veel situaties worden impellers pas vervangen na falen; slijtage leidt tot wrijving, lagere volumestroom, hogere temperaturen, inefficiëntie en verhoogde belasting van motoren.
Terugverdientijd < 5 jaar	Afhankelijk van mate van slijtage, gasdebiet, energiekosten, continuïteitseisen. Preventief vervangen voorkomt verhoogde energieconsumptie (door inefficiëntie) en faalkosten; efficiencyverschillen bij impellergeometrie kunnen significante verliezen veroorzaken
Economische randvoorwaarden	Energiebesparing en voorkomen van ongeplande downtime moeten opwegen tegen vervangingskosten.
Technische randvoorwaarden	Compatibiliteit met bestaande compressorconfiguratie en surge-control vereist.
Direct uitvoerbaar	Nee, vervanging vereist stilstand of geplande overhaul.
Beheer & onderhoud	Periodieke inspectie van impellergeometrie, slijtagepunten, coatings. Regelmatige prestatiemetingen (drukverhouding, efficiency) en conditie-monitoring (temperaturen, trillingen). Vast onderhoudsprogramma voorkomt situaties waarin impellers efficiency verliezen.

Nadere toelichting

Een compressor-impeller is het kernonderdeel van een centrifugaalcompressor dat kinetische energie aan het gas overdraagt. Slijtage, vervorming of geometrische afwijkingen leiden tot:

- Lagere isentrope efficiëntie

- Minder drukopbouw per trap
- Hogere uitlaattemperaturen
- Grotere kans op surge
- Hogere motorbelasting

Oudere of beschadigde impellers produceren dus meer wervelingen en verliezen, verhogen energiekosten en verkorten de levensduur van de compressor^{33 34 35}

In veel situaties worden impellers pas vervangen na falen. Preventieve vervanging kan echter efficiëntieverlies beperken en ongeplande uitval voorkomen. Efficiëntieverschillen tussen impellergeometrieën kunnen significant zijn en direct invloed hebben op het energieverbruik.

Bij vervanging moet worden geborgd dat:

- OEM-impellercomponenten worden toegepast
- Materiaal- en balansnormen worden gevolgd
- De impeller compatibel is met de bestaande compressorconfiguratie
- De integratie met surge-control en regelstrategie intact blijft

Vervanging vereist doorgaans uitvoering tijdens een geplande turnaround, tenzij de compressor parallel opereert en voldoende redundantie aanwezig is.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt af van:

- Energie-efficiëntie (efficiëntiewinst in de impeller levert direct energiebesparing)
- Energiekosten
- Kosten van impellervervanging
- Downtime tijdens uitvoering
- Vermeden kosten door voorkomen van uitval
- Continuïteitseisen van de installatie

Preventieve vervanging kan een terugverdientijd <5 jaar hebben wanneer efficiëntieverlies aantoonbaar is en uitvoering plaatsvindt tijdens een geplande stop.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Compatibiliteit met bestaande compressorstandaarden
- Integratie met surge-control en regelstrategie
- Toegang, demontabiliteit en hijsmogelijkheden
- Beschikbare ruimte voor werkzaamheden en apparatuur (zoals een kraan).

Inspectie van impellergeometrie, slijtagepunten en coatings is essentieel om het verbeterpotentieel te onderbouwen.

³³ Zaim. (2025). *Industrial Compressed Air System Optimization: Experimental Evaluation of Energy Efficiency and Sustainability Gains*. MDPI.

³⁴ al., R. V. (2024). *NASA HECC Geometry and Performance Review Part 2: Geometric Differences Between the As-Manufactured and Design-Intent Impeller Geometry and Their Effects on the Vaneless Diffuser Configuration Performance*. ASME Turbo Expo 2024: Turbomachinery Technical Conference and Exposition, 14.

³⁵ Energy, U. D. (2026, February 17). *Energy Tips – Compressed Air*. Opgehaald van <https://www.compressedairchallenge.org/data/sites/1/media/library/tipsheets/tipsheet06.pdf>

3.2.11 Toepassen van duurzame energieopwekking

Nummer maatregel	11
Naam maatregel	Toepassen van duurzame energieopwekking
Onderwerp	Opwek energie
Sector	Algemeen
Beschrijving	Gebruik van duurzaam opgewekte stroom voor activiteiten i.p.v. gas/dieselgeneratoren
Huidige situatie	Offshore beperkt toegepast; wel op minimum faciliteiten platforms (wind, zon). Elektrificatie offshore neemt wel toe via windparken en kabels naar land Onshore wordt duurzame energie al breder gebruikt.
Terugverdientijd < 5 jaar	Afhankelijk van locatie, netaansluiting, schaalgrootte en brandstofbesparing.
Economische randvoorwaarden	Investerings in opwek en aansluiting moeten opwegen tegen brandstof- en OPEX-besparing.
Technische randvoorwaarden	Netcapaciteit, integratie in bestaande systemen en betrouwbaarheid moeten geborgd zijn
Direct uitvoerbaar	Nee, afhankelijk van netcapaciteit, kabelinfrastructuur, aanpassingen bij de locatie
Beheer & onderhoud	Onderhoud van elektrische installaties, periodieke inspecties, offshore corrosiegevoelige PV/windcomponenten

Nadere toelichting

Het toepassen van duurzame energieopwekking houdt in dat locaties elektriciteit gebruiken die is opgewekt met hernieuwbare bronnen zoals wind, zon of een hybride combinatie hiervan. Dit vervangt de inzet van conventionele gas- en dieselgeneratoren voor de aandrijving van productie-installaties, pompen, compressoren en ondersteunende systemen. Door duurzame bronnen direct op de locatie te benutten of aan te sluiten op bestaande net- of windparkinfrastructuur, kan de operationele CO₂-uitstoot substantieel worden verminderd en neemt de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen af. Kleinschalige toepassingen van duurzame opwek, zoals voor navigatieverlichting, komen in de praktijk al voor. Op lange termijn zijn offshore wellicht drijvende zonnepanelen een optie, deze technologie wordt momenteel op pilotschaal getest.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Kosten van duurzame opwek (zon, wind, hybride systemen):
 - Onshore wind/zon kunnen relatief goedkoop worden aangesloten op het elektriciteitsnet (mits voldoende netcapaciteit). Zon PV kan op velden en (parkeer)daken worden geïntegreerd. Systemen met energieopslag (wind/zon met batterij) kunnen economisch interessant zijn bij beperkte netcapaciteit.

- Offshore zijn investeringskosten en onderhoudskosten hoger, o.a. door ontwerpvereisten en risico's door corrosie/zoutbelasting. Ook kunnen systemen met opslag economisch interessant zijn bij lage energievraag om variaties in opwek op te vangen.
- Kosten voor elektrische aansluiting:
 - Onshore is de aansluiting op het net eenvoudige, maar netcongestie beperkt soms de aansluitcapaciteit waardoor extra kosten voor congestiemanagement/batterijen nodig zijn.
 - Offshore zijn, vanwege hoge kabelkosten, kosten alleen rendabel indien meerdere platforms worden gekoppeld (gedeelde infrastructuur) en een windpark nabij is of een platform via een kabel naar land verbonden kan worden.
- Brandstofbesparing bij vervanging van diesel- of gasgeneratoren
- Schaalgrootte van de installatie:
 - Duurzame opwek is op land eenvoudiger te realiseren via netaansluitingen of grootschalige zon/windparken.
 - Offshore is schaalbaarheid beperkter door beschikbare ruimte en hoge installatiekosten
- Eventuele inzet van energieopslag

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Aansluitmogelijkheden:
 - Onshore is goede beschikbaarheid van ruimte voor zonnevelden, zon op dak of kleine windturbines.
 - Offshore is de ruimte op platforms beperkt en zijn er hogere structurele eisen. En is de integratie van opwek- en elektrische infrastructuur (zoals transformatoren) complexer.
- Locatie:
 - Onshore is afhankelijk van de locatie netcongestie een beperking voor de aansluiting op het elektriciteitsnet.
 - Offshore is opwekcapaciteit op een platform beperkt; aansluiting is alleen haalbaar als een kabel naar land of een windpark mogelijk is (afhankelijk van afstand en beschikbare capaciteit van de kabel).
- Integratie in bestaande systemen:
 - locaties zijn vaak (deels) ingericht op autonoom bedrijf op generatoren, aansluiting van externe stroom vereist beveiligingssystemen, frequentieregeling, back-ups systemen.
- Veiligheid en betrouwbaarheid:
 - Hazardous Area Classificatie (ATEX) zones zijn belangrijk voor plaatsing van PV-panelen, power converters en batterijen. Voor sommige locaties is redundantie vereist, dan moet duurzame opwek gecombineerd worden met back-up voorzieningen. Ook vanwege fluctuerende productie is redundancy van belang. Offshore blijft daardoor back-up van generatorsets essentieel, tenzij het platform volledig wordt geëlektrificeerd en gekoppeld aan een stabiele energieleverancier.

3.2.12 Aanbrengen of verbeteren van isolatie

Nummer maatregel	12
Naam maatregel	Aanbrengen of verbeteren van isolatie
Onderwerp	Isolatie
Sector	Algemeen
Beschrijving	Beperken van warmteverliezen door het aanbrengen of verbeteren van thermische isolatie op leidingen, appendages en procesinstallaties. <i>Zie ook EML maatregelcodes FB5, FB6, PE2, PE3, PE4</i>
Huidige situatie	In bestaande installaties zijn soms delen van leidingen, appendages of apparatuur ongeïsoleerd of voorzien van verouderde/beschadigde isolatie. Met name bij hoge mediumtemperaturen en installaties met continu bedrijf treden daardoor structurele warmteverliezen op.
Terugverdientijd < 5 jaar	Waarschijnlijk , bij hoge temperaturen en continu gebruik; situatieafhankelijk bij lagere temperaturen of beperkt bedrijf. Aanvullende inspectie- of lekdetectiemaatregelen kunnen de terugverdientijd beïnvloeden.
Economische randvoorwaarden	Voldoende temperatuurverschil en continu gebruik vereist.
Technische randvoorwaarden	Geschiktheid van isolatiemateriaal, inspecteerbaarheid, lekdetectie en beheersing van corrosierisico's vereist. B
Direct uitvoerbaar	Ja, mits ruimte en veiligheid dit toelaten.
Beheer & onderhoud	Regelmatige inspectie op beschadiging en corrosie onder isolatie.

Nadere toelichting

Warmteverliezen via ongeïsoleerde of slecht geïsoleerde leidingen en apparatuur leiden tot onnodig energieverbruik. Dit geldt met name bij installaties met hoge procestemperaturen en continubedrijf.

Investeren in isolatie loont vaak direct. Het isoleren van niet-geïsoleerde delen met hoge mediumtemperaturen kan zich binnen enkele maanden terugverdienen. Een extra investering in een verbeterd isolatiepakket verdient zich in veel gevallen binnen twee jaar terug, mits deze wordt uitgevoerd op het moment dat bestaande isolatie toch aan vervanging toe is. Omdat montagekosten vaak het grootste deel van de investering vormen, zijn de meerkosten voor betere isolatiematerialen (lagere warmtegeleidingscoëfficiënt of grotere dikte) relatief beperkt. Het advies is daarom om bij vervanging kritisch te kijken naar het optimale isolatiepakket.³⁶

³⁶ [Isoleren in de industrie | RVO.nl](#)

Toepassing van adequate isolatie kan leiden tot:

- Lagere warmtevraag
- Minder brandstof- of stoomverbruik
- Stabieler procescondities
- Verlaging van oppervlaktetemperaturen (veiligheid)

Tegelijkertijd is corrosie onder isolatie een belangrijk aandachtspunt. Corrosie kan optreden door indringing van waterdamp of regenwater en kan zelfs roestvast staal aantasten. Vocht beïnvloedt bovendien de thermische prestaties van het isolatiemateriaal negatief.

In offshore- en sterk corrosieve omgevingen is dit risico groter. Hier moet isolatie zodanig worden ontworpen dat het systeem droog blijft en de onderliggende leidingen beschermd zijn tegen de omgeving, bijvoorbeeld met geschikte coatings, metalen beplating of aluminium afwerking. Preventieve maatregelen en inspectieprogramma's zijn essentieel om corrosie onder isolatie te voorkomen.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid van deze maatregel hangt vooral af van:

- Temperatuurniveau en temperatuurverschil met de omgeving
- Continuïteit van warmtegebruik
- Energieprijs
- Moment van vervanging van bestaande isolatie
- Eventuele aanvullende maatregelen voor inspectie of lekdetectie

Isolatie is met name rendabel bij hoge temperaturen en continubedrijf. Aanvullende inspectie- of lekdetectiemaatregelen kunnen de terugverdientijd beïnvloeden.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing van deze maatregel vereist:

- Correcte dimensionering van isolatiedikte
- Geschikte materiaalkeuze (vocht- en corrosiebestendig)
- Bescherming tegen vochtindringing
- Inspectie en beheersing van corrosie onder isolatie
- Borging van inspecteerbaarheid en lekdetectie, met name bij appendages

3.2.13 Minimaliseren van fakkel- en ventgebruik

Nummer maatregel	13
Naam maatregel	Minimaliseren van fakkel- en ventgebruik
Onderwerp	Fakkels
Sector	Algemeen
Beschrijving	Beperken van continu of routinematig affakkelen en venten van gas om energieverlies te verminderen.
Huidige situatie	In Nederland is routinematig affakkelen sterk beperkt. Fakkel- en ventgebruik vindt voornamelijk plaats bij opstart, onderhoud of noodsituaties.
Terugverdientijd < 5 jaar	Afhankelijk van situatie: doorgaans haalbaar bij optimalisatie van procedures, minder vaak bij investering in Flare Gas Recovery Units.
Economische randvoorwaarden	Voldoende continu gasvolume en hergebruikmogelijkheden vereist.
Technische randvoorwaarden	Veiligheids- en drukontlastingsfunctie moet gewaarborgd blijven.
Direct uitvoerbaar	Sterk proces- en installatieafhankelijk.
Beheer & onderhoud	Monitoring van fakkel- en ventstromen en analyse van oorzaken.

Nadere toelichting

Affakkelen en venten van gas leidt tot verlies van energie. Het afgefakkelde of gevent gas bevat een calorische waarde die in principe nuttig kan worden ingezet, bijvoorbeeld voor energieopwekking, herinjectie of interne verbrandingstoepassingen.

In Nederland is routinematig affakkelen sterk beperkt en vindt fakkel- en ventgebruik voornamelijk plaats bij opstart, onderhoud of noodsituaties. Dit sluit aan bij de Europese Methaanverordening (EU 2024/1787), die operators verplicht om methaanemissies te monitoren en waar mogelijk te reduceren, en routinematig venten en affakkelen in beginsel niet toestaat. De verordening verplicht emissiereductie, maar laat de invulling van maatregelen grotendeels vrij. Veiligheid blijft daarbij leidend.³⁷

In de Nederlandse praktijk ligt het grootste aanvullende verbeterpotentieel daarom vaak niet bij continue affakkeling, maar bij optimalisatie van start- en shutdownprocedures en drukbeheer. Door gecontroleerdere opstart, betere procesafstemming en beperking van drukopbouw kan incidenteel fakkelen worden verminderd zonder grote investeringen.

Wanneer toch sprake is van structurele of frequente gasafvoer, kan energieverlies worden beperkt door:

- Verbetering van procesregeling en drukbeheersing
- Terugwinning van lage-druk gasstromen

³⁷ Verordening (EU) 2024/1787 van het Europees Parlement en de Raad van 13 juni 2024 inzake de vermindering van methaanemissies in de energiesector en tot wijziging van Verordening (EU) 2019/942.

- Inzet van een Flare Gas Recovery Unit (FGRU)

Een Flare Gas Recovery Unit vangt gasstromen op die anders naar de fakkel of vent zouden gaan, comprimeert deze en voert ze terug naar het proces of een nuttige toepassing. Dit is met name relevant bij continue lage-druk gasstromen, bijvoorbeeld uit separators of opslagtanks.³⁸

Naast vaste installaties kunnen ook mobiele recompressie-units worden ingezet. Deze units comprimeren tijdelijk gas dat anders zou worden gevent/gefakkeld en voeren het terug naar een andere leiding of het gasnet. Dergelijke systemen zijn transporteerbaar, geschikt voor verschillende gassamenstellingen en ontworpen voor veilige inzet in explosiegevaarlijke omgevingen.³⁹ Praktijkervaring laat zien dat mobiele recompressie-units bij onderhoudswerkzaamheden aanzienlijke gasvolumes kunnen terugwinnen, waarbij het eigen brandstofverbruik relatief beperkt blijft ten opzichte van het teruggewonnen gasvolume (zo bespaarde Gasunie circa 0,8 miljoen m³ aardgas in 2023⁴⁰)

De energiebesparing is direct gerelateerd aan het volume en de calorische waarde van het gas. Bij uitsluitend incidenteel fakkelen blijft het energiebesparingspotentieel beperkt; vaste gasrecovery-installaties zijn dan meestal niet binnen vijf jaar terugverdienbaar.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Het volume en de frequentie van afgefakkeld of gevent gas
- De calorische waarde van het gas
- Mogelijkheden voor hergebruik of teruglevering
- Investeringskosten in compressie- en recovery-installaties
- Operationele kosten van compressie

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Borging van veiligheids- en noodafblaasfuncties
- Mogelijkheid tot optimalisatie van start- en shutdownprocedures
- Inpassing van gas terugwinning in bestaande procesinstallatie
- Geschikte gascondities (druk, samenstelling)
- Voldoende afzet of hergebruikmogelijkheden
- Naleving van emissie- en veiligheidsregelgeving

³⁸ <https://www.gasprocessingnews.com/articles/2018/04/minimize-flaring-with-modifications-to-flare-gas-recovery-unit>

³⁹ [Decarbonisation options for the Dutch Gas and Oil industry](#)

⁴⁰ [We reduce carbon emissions from our day-to-day operations › Action on three fronts](#)

3.2.14 Optimaliseren van persluchtssystemen

Nummer maatregel	14
Naam maatregel	Optimaliseren van persluchtssystemen
Onderwerp	Perslucht
Sector	Algemeen
Beschrijving	Verminderen van energieverbruik in persluchtssystemen door reductie van lekkages, drukverlaging en optimalisatie van gebruik. <i>Zie ook EML maatregelcodes FA1, FA2, FA3, FA4, FA5, FA6, FA7, FA8.</i>
Huidige situatie	Persluchtssystemen kennen vaak structurele lekkages en draaien op hoger drukniveau dan noodzakelijk
Terugverdientijd < 5 jaar	Waarschijnlijk, vaak binnen 5 jaar bij actieve lekdetectie en drukoptimalisatie.
Economische randvoorwaarden	Voldoende draaiuren, significante lekverliezen
Technische randvoorwaarden	Inzicht in verbruik en systeemdruk, toegankelijkheid voor lekdetectie, compressorcapaciteit
Direct uitvoerbaar	Ja, doorgaans zonder grote modificaties.
Beheer & onderhoud	Regelmatige lekdetectie en monitoring systeemdruk.

Nadere toelichting

Het opwekken van perslucht is energie-intensief en relatief inefficiënt. Persluchtcompressoren hebben een laag energetisch rendement. Slechts circa 5% van de toegevoerde elektrische energie wordt omgezet in nuttige arbeid, terwijl het grootste deel vrijkomt als warmte. Daarnaast is lekkage in persluchtssystemen niet ongebruikelijk; verliezen tussen 10 en 35% van het totale persluchtgebruik worden in de praktijk regelmatig gerapporteerd.⁴¹

Optimalisatie van persluchtssystemen richt zich daarom primair op het beperken van onnodig gebruik en het terugdringen van lekverliezen. In veel installaties draaien compressoren continu om lekkages en kleine afnames te compenseren, waardoor structureel energieverlies optreedt.

Deze maatregel richt zich op het efficiënter maken van het bestaande persluchtstelsel. Wanneer daarnaast structurele vermindering van instrumentluchtgebruik mogelijk is (zie maatregel 15), kan het totale persluchtverbruik verder worden gereduceerd.

Belangrijke optimalisatiemaatregelen zijn:

- Systematische lekdetectie en reparatie
- Verlaging van systeemdruk tot het minimaal vereiste niveau

⁴¹ [Perslucht in de industrie | RVO.nl](#)

- Uitschakelen van ongebruikte aftakkingen
- Optimalisatie van compressorregeling
- Voorkomen van oneigenlijk gebruik (bijv. schoonblazen)

Lekreductie en drukverlaging vergen doorgaans beperkte investeringen en zijn vaak snel rendabel. Drukverlaging moet worden afgestemd op de minimale drukbehoefte van gebruikers.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid is met name afhankelijk van de omvang van lekverliezen en het aantal draaiuren van compressoren. Relevant zijn:

- Totale persluchtvaart en compressorbelasting
- Hoogte van lekverliezen
- Elektriciteitsprijs
- Organisatorische borging van periodieke lekcontrole

Technische randvoorwaarden

Succesvolle optimalisatie vereist:

- Inzicht in systeemdruk en verbruikspatronen
- Toegankelijke leidingen en koppelingen voor lekdetectie
- Correcte dimensionering van compressorcapaciteit
- Monitoring van drukval en energieverbruik

3.2.15 Vervangen van pneumatische instrumentatie door elektrisch

Nummer maatregel	15
Naam maatregel	Vervangen van pneumatische instrumentatie door elektrisch
Onderwerp	Perslucht
Sector	Algemeen
Beschrijving	Vervangen van pneumatische actuatoren en regelinstrumentatie door elektrische varianten om persluchtverbruik te verminderen. <i>Zie ook EML maatregelcode FA6 en FA8</i>
Huidige situatie	Pneumatische instrumentatie en gereedschap worden doorgaans gebruikt voor toepassingen waar ook elektrisch alternatieven voor zijn.
Terugverdientijd < 5 jaar	Waarschijnlijk, vooral binnen 5 jaar mogelijk bij significant perslucht verbruik.
Economische randvoorwaarden	Besparing op compressie-energie versus investeringskosten
Technische randvoorwaarden	ATEX-geschiktheid en fail-safe ontwerp vereist
Direct uitvoerbaar	Ja, doorgaans zonder grote modificaties.
Beheer & onderhoud	Minder luchtvoorziening, meer elektrisch onderhoud.

Nadere toelichting

Het opwekken van perslucht is energie-intensief en relatief inefficiënt. Persluchtcompressoren hebben een laag energetisch rendement. Slechts circa 5% van de toegevoerde elektrische energie wordt omgezet in nuttige arbeid, terwijl het grootste deel vrijkomt als warmte. Daarnaast is lekkage in persluchtsystemen niet ongebruikelijk; verliezen tussen 10 en 35% van het totale persluchtgebruik worden in de praktijk regelmatig gerapporteerd.⁴²

Pneumatische instrumentatie maakt gebruik van continu beschikbare perslucht, die wordt geproduceerd door compressoren. Regelkleppen, actuatoren en meetinstrumenten verbruiken vaak permanent lucht, ook wanneer geen actieve regeling plaatsvindt. Hierdoor kan het energiegebruik van compressoren structureel hoger zijn dan strikt noodzakelijk.

Waar maatregel 14 zich richt op het optimaliseren van het bestaande persluchtsysteem (bijvoorbeeld door lekreductie en drukverlaging), gaat deze maatregel een stap verder door het persluchtgebruik zelf te verminderen of te elimineren. Beide maatregelen kunnen complementair worden toegepast: eerst optimaliseren van het systeem (maatregel 14), en vervolgens structurele reductie van de vraag (maatregel 15).

⁴² [Perslucht in de industrie | RVO.nl](#)

Door pneumatische instrumentatie te vervangen door elektrische of elektromechanische alternatieven kan het verbruik van perslucht aanzienlijk worden verminderd of zelfs geheel worden geëlimineerd. Dit leidt tot een lagere belasting van compressoren en daarmee tot energiebesparing. Het besparingspotentieel is beperkt bij lage instrumentluchtvaart of wanneer compressoren voor andere toepassingen nodig blijven.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid is sterk afhankelijk van de omvang van het instrumentluchtverbruik en de compressorbelasting. De maatregel is met name kansrijk wanneer:

- Compressoren continu of langdurig draaien
- Het instrumentluchtverbruik significant is
- Meerdere pneumatische actuatoren gelijktijdig worden vervangen
- Compressoren verouderd of inefficiënt zijn

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- ATEX-geschikte elektrische componenten waar nodig
- Betrouwbare elektrische voeding
- Fail-safe werking bij spanningsuitval
- Integratie in het bestaande regelsysteem
- Beoordeling of compressoren nog nodig blijven voor andere toepassingen

3.2.16 Reduceren van glycolrecirculatiedebiet

Nummer maatregel	16
Naam maatregel	Reduceren van glycolrecirculatiedebiet
Onderwerp	Processpecifiek
Sector	Gas/olie
Beschrijving	Een structurele verlaging van het glycol recirculatiedebiet in gasdehydratie-installaties om energieverbruik te verlagen en emissies te reduceren
Huidige situatie	Veel gebruik van glycol is op basis van de ontwerpflow. Bij lagere productie van gas wordt meer glycol rondgepompt dan nodig.
Terugverdientijd < 5 jaar	Waarschijnlijk , afhankelijk van reductiepotentieel en type installatie
Economische randvoorwaarden	Besparing op pompenergie, chemicaliën en regeneratieverliezen moet aantoonbaar zijn.
Technische randvoorwaarden	Leidingen en pompen moeten geschikt zijn voor variabele flow en kwaliteitsbewaking.
Direct uitvoerbaar	Ja, mits hydraulisch geschikt en kwaliteitsbewaking aanwezig is.
Beheer & onderhoud	Onderhoud van flash-tanks, pompen en online meetapparatuur vereist. Eventueel integreren in predictive maintenance systemen.

Nadere toelichting

Bij gasdehydratie wordt glycol gebruikt om waterdamp uit aardgas te verwijderen. In de praktijk wordt het glycolrecirculatiedebiet vaak hoger ingesteld dan strikt noodzakelijk, om risico op onvoldoende droging te vermijden.

Door het debiet beter af te stemmen op de werkelijke waterdampbelasting kan het energieverbruik van pompen worden verlaagd en nemen regeneratieverliezen af. Online metingen van waterdampgehalte of dauwpunt maken het mogelijk de circulatie automatisch te regelen op basis van productkwaliteit in plaats van op vaste, conservatieve instellingen.

Een lager circulatiedebiet kan bovendien bijdragen aan hogere gasrecovery uit flash tank separators, doordat herwonnen gas kan worden teruggevoerd naar compressor-suction of als brandstof kan worden benut.⁴³

In installaties waar momenteel conservatief met hoge circulatie wordt gedraaid, is het reductiepotentieel vaak substantieel. In dergelijke gevallen is een terugverdientijd binnen vijf jaar doorgaans haalbaar, afhankelijk van de mate van overdimensionering en het type installatie.

⁴³ [Optimize Glycol Circulation and Install Flash Tanks Separators in Glycol Dehydrators](#)

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Besparing door gasrecovery uit flash-tanks
- Verlaging van pompenergie
- Verlaging van chemicaliënkosten ⁴⁴.
- Verlaging van regeneratieverliezen
- Huidige mate van overdimensionering

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Geschiktheid van leidingen en pompen voor variabele flow
- Betrouwbare online waterdamp-/dauwpuntmeting ⁴⁵.
- Geautomatiseerde setpointregeling
- Hydraulische toetsing van pomp en leidingen
- Behoud van productkwaliteit (off-spec voorkomen)

⁴⁴ [*Optimize Glycol Circulation | US EPA*](#)

⁴⁵ [*Effective strategies to reduce triethylene glycol consumption in natural gas processing plants - ScienceDirect*](#)

3.2.17 Centraliseren van gas- en oliebehandeling

Nummer maatregel	17
Naam maatregel	Centraliseren van gas- en oliebehandeling
Onderwerp	Processpecifiek
Sector	Gas/olie
Beschrijving	Concentreren van gas- en oliebehandeling op één centrale locatie in plaats van verspreide behandeling per veld of platform.
Huidige situatie	Behandelingsinstallaties voor gas- en oliewinning zijn vaak per veld of locatie ingericht, waardoor meerdere parallelle installaties in bedrijf zijn. Bij verschillende operators vindt behandeling van gas al plaats op centrale behandelings-hubs.
Terugverdientijd < 5 jaar	Afhankelijk van schaal en infrastructuur; vaak alleen bij grotere volumes haalbaar.
Economische randvoorwaarden	Voldoende productievolume en gunstige transportkosten
Technische randvoorwaarden	Transportinfrastructuur en procescondities
Direct uitvoerbaar	Nee, vereist structurele aanpassing van infrastructuur.
Beheer & onderhoud	Reductie van beheer en onderhoudsactiviteiten door minder installaties, maar hogere complexiteit op centrale hub

Nadere toelichting

Behandelingsinstallaties bij gas- en oliewinning worden vaak veld- of platformgebonden ontworpen, afgestemd op lokale productiecondities zoals druk, debiet en samenstelling. Hierdoor beschikken meerdere velden over eigen scheidings-, compressie- en behandelingsinstallaties.⁴⁶

Wanneer meerdere velden binnen bereik van bestaande infrastructuur liggen, kan behandeling worden geconcentreerd op een centrale hub. Door gas- en oliebehandeling te centraliseren kunnen kleinere, verspreide installaties worden uitgefaseerd.

Centralisatie kan leiden tot:

- Vermindering van duplicatie van apparatuur
- Efficiëntere benutting van compressoren en separators
- Minder deellastbedrijf van kleine installaties
- Lager energiegebruik per geproduceerde eenheid

Grotere installaties op een centrale locatie kunnen doorgaans dichter bij hun optimale werkpunt opereren dan meerdere kleinere installaties verspreid over verschillende velden.

⁴⁶ Op basis van veldgegevens van [Datacenter | NLOG](#)

Tegelijkertijd vereist centralisatie transport van ruwe olie of gas naar de centrale locatie. Dit kan extra pomp- of compressievermogen vragen. De uiteindelijke energiewinst is daarom afhankelijk van afstand, drukverschillen, infrastructuur en productievolume.

Naast energiebesparing kan centralisatie leiden tot:

- Vermindering van onderhoudsactiviteiten
- Lagere bemanningsbehoefte op satellietlocaties

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Productievolume en resterende veldlevensduur
- Afstand tot centrale hub
- Investering in pijpleidingen en transportinfrastructuur
- Vermeden duplicatie van installaties

Bij kleine volumes of korte resterende levensduur is centralisatie vaak niet rendabel.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Beschikbare transportleidingen of uitbreiding daarvan
- Voldoende capaciteit op de centrale verwerkingslocatie
- Integratie van verschillende druk- en samenstellingscondities
- Borging van procesveiligheid en redundantie

3.2.18 Reduceren van diffuse emissies (lekkages)

Nummer maatregel	18
Naam maatregel	Reduceren van diffuse emissies (lekkages)
Onderwerp	Processpecifiek
Sector	Gas/olie
Beschrijving	(Systematisch) Opsporen van verouderde of slecht afgedichte leidingen, putten en andere componenten waar methaanlekkages (aardgas) plaatsvinden en deze vervolgens vervangen of afdichten. Het reduceren van diffuse emissies kan middels een LDAR-programma ⁴⁷ (Leak Detection and Repair).
Huidige situatie	Inspecties en reparaties vinden al plaats bij sommige partijen, maar niet altijd structureel of integraal. Dit leidt tot ongemerkt hoge methaanemissies met tot gevolg verlies van product en emissies van broeikasgassen.
Terugverdientijd < 5 jaar	Waarschijnlijk , bij relevante productievolumes en aantoonbaar diffuus methaanverlies, doordat herwonnen gas direct economische waarde vertegenwoordigt.
Economische randvoorwaarden	Gasprijs, schaalgrootte en toegankelijkheid bepalen de businesscase.
Technische randvoorwaarden	De installatieonderdelen moeten toegankelijk zijn voor inspectie en reparatie. Ondergronds of onderwater is een LDAR programma complexer.
Direct uitvoerbaar	Ja. LDAR-campagnes kunnen onmiddellijk worden gestart zonder de productie te onderbreken. De meeste kleine reparaties kunnen tijdens de inspectie of kort daarna worden uitgevoerd
Beheer & onderhoud	Na implementatie vereist de maatregel periodieke inspecties, bijvoorbeeld per kwartaal of halfjaar.

Nadere toelichting

Diffuse emissies bij olie en gas winningslocaties ontstaan door lekkages van methaan en andere koolwaterstoffen via flenzen, afsluiters, pompen, compressoren, opslagtanks, leidingen en ontluchtingspunten. Deze maatregel bestaat uit het (systematisch) opsporen en reduceren van deze emissies via een LDAR programma (Leak Detection and Repair), en het vervolgens vervangen van

⁴⁷ [Diffuse emissies van vluchtige organische stoffen en Meetprotocol lekverliezen | Informatiepunt Leefomgeving](#)

verouderde componenten het verbeteren van afdichtingen. Detectie kan plaatsvinden met optische gasdetectiecamera's, vaste sensoren of periodieke metingen met handmeetapparatuur.

In de sector worden dergelijke programma's al breed toegepast, onder meer in het kader van het methaanreductieplan van Element NL. Daarnaast stelt de Europese Methaanverordening eisen aan het opsporen en reduceren van emissies, met als doel diffuse emissies tot een minimum te beperken.

In 2024 werd circa 6 miljoen ton aardgas (8,5 miljard Nm³) geproduceerd door 12 operators.⁴⁸ Indien per platform een diffuus verlies van 0,1%⁴⁹ optreedt, komt dit neer op circa 100 ton methaan per jaar per platform. Bij een aardgasprijs van ongeveer €390 per ton (€0,28/Nm³) vertegenwoordigt dit een jaarlijkse waarde van circa €39.000 per platform.

Om binnen een terugverdientijd van vijf jaar te blijven, kan in dat geval circa €195.000 aan een LDAR-programma worden besteed. Het daadwerkelijke verlies is vooraf niet exact bekend; bij hogere productievolumes of grotere lekpercentages kan de maatregel zich sneller terugverdienen.

Economisch randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van

- Gasprijzen: de maatregel is economisch aantrekkelijker naarmate de gasprijs hoger is.
- Heffingen: toekomstige methaanhellingen (zoals voorgesteld in EU-verordeningen) verlagen de terugverdientijd doordat deze emissies anders direct zouden worden doorbelast.
- Schaalgrootte: voor zeer kleinere installaties, putten, en lekkages kunnen de "voorrijdkosten" van inspectie- en onderhoudsteams een drempel vormen.
- Toegankelijkheid: leidingen onder de grond of onderzee vereisen complexe ingrepen voor een LDAR wat hogere kosten met zich mee brengt. Lekkages moeten groot zijn om een LDAR aan deze minder toegankelijke onderdelen economisch rendabel te laten zijn.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Toegankelijkheid van installaties voor inspectie en reparatie
- Beschikbaarheid van geschikte detectietechnologie
- Structurele implementatie van LDAR-procedures
- Mogelijkheid tot veilige reparatie zonder productieonderbreking

Ondergrondse of onderwater-installaties maken uitvoering complexer.

⁴⁸ NLOG datasets 2025, verkregen via [Datacenter | NLOG](#)

⁴⁹ Uit referentie projecten

3.2.19 Efficiënter opwekken van elektriciteit voor tijdelijke activiteiten

Nummer maatregel	20
Naam maatregel	Efficiënter opwekken van elektriciteit voor tijdelijke activiteiten
Onderwerp	Opwek energie
Sector	Algemeen
Beschrijving	Efficiënter inzetten van tijdelijke stroomopwek door betere dimensionering, load management en toepassing van hybride systemen.
Huidige situatie	Bij tijdelijke werkzaamheden worden vaak mobiele dieselgeneratoren ingezet die regelmatig op deellast draaien.
Terugverdientijd < 5 jaar	Afhankelijk van inzetduur; alleen bij langdurige of repeterende inzet kansrijk.
Economische randvoorwaarden	Voldoende draaiuren en herbruikbaarheid van apparatuur zijn bepalend.
Technische randvoorwaarden	Correcte dimensionering en naleving van ATEX- en veiligheidseisen vereist.
Direct uitvoerbaar	Ja
Beheer & onderhoud	Monitoring van belastinggraad en brandstofverbruik.

Nadere toelichting

Bij tijdelijke activiteiten, zoals onderhoud, work-overs of bouwfases, wordt vaak gebruikgemaakt van mobiele dieselgeneratoren. Deze draaien in de praktijk regelmatig op deellast, waardoor het specifieke brandstofverbruik stijgt en het rendement afneemt.

Energiebesparing kan worden gerealiseerd door:

- Betere afstemming van generatorvermogen op de werkelijke belasting
- Toepassing van automatische load management
- Inzet van hybride systemen (generator in combinatie met batterijopslag)
- Elektrificatie van tijdelijke apparatuur in plaats van dieselgedreven tools

Met name hybride systemen maken het mogelijk om piekvermogens op te vangen met batterijcapaciteit, waardoor de generator dicht bij het optimale werkpunt kan draaien. Dit leidt tot lager brandstofverbruik per geproduceerde kWh.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt met name af van:

- Aantal draaiuren per project
- Frequentie van hergebruik op andere locaties
- Brandstofprijs
- Investering in hybride of efficiëntere installaties

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Correcte dimensionering van generator en/of batterij
- Voldoende elektrisch vermogen voor piekbelasting
- Veilige tijdelijke bekabeling
- Naleving van ATEX-eisen bij inzet in explosiegevaarlijke zones

De maatregel is vooral relevant bij projecten met langere looptijd of bij roulatie van mobiele installaties tussen verschillende locaties. Bij kortdurende inzet is het energiebesparingspotentieel doorgaans beperkt. Bij incidenteel of zeer kort gebruik zijn investeringen vaak lastig te rechtvaardigen

3.2.20 Toepassen van mechanische damprecompressie (MVR) bij indampen

Nummer maatregel	21
Naam maatregel	Toepassen van mechanische damprecompressie (MVR) bij indampen
Onderwerp	Processpecifiek
Sector	Zout
Beschrijving	Toepassen van mechanische damprecompressie (Mechanical Vapour Recompression, MVR) bij indampinstallaties om stoom te hergebruiken als verwarmingsmedium.
Huidige situatie	Indampen vindt vaak plaats met stoom of thermische olie via warmtewisselaars waarvan de warmte afkomstig is uit ketels.
Terugverdientijd < 5 jaar	Situatieafhankelijk , eerder terug te verdienen bij grote en continue indampvraag
Economische randvoorwaarden	Hoge CAPEX en elektriciteitsvraag moeten opwegen tegen stoomreductie.
Technische randvoorwaarden	Voldoende temperatuurlift, netcapaciteit en beheersing van fouling/scaling vereist.
Direct uitvoerbaar	Afhankelijk van beschikbare netaansluiting en integratie in bestaande installatie.
Beheer & onderhoud	Periodiek compressoronderhoud en reiniging van warmtewisselaars noodzakelijk.

Nadere toelichting

Bij zoutwinning wordt de pekelse stroom ingedampt. Traditioneel gebeurt dit met indampers die worden verwarmd met stoom of thermische olie via warmtewisselaars. Daarbij wordt de verdampte waterdamp normaal gesproken gecondenseerd en gaat de latente warmte verloren via koelwater. Hierdoor is een aanzienlijke externe warmtevraag nodig.

Mechanische damprecompressie (Mechanical Vapour Recompression, MVR) benut de geproduceerde damp opnieuw door deze mechanisch te recomprimeren. Hierdoor stijgen druk en temperatuur van de damp, waarna deze opnieuw als warmtebron kan worden ingezet in de indamper. Dit vermindert de behoefte aan externe warmte sterk en verschuift het energiegebruik naar elektriciteit.

MVR is een energie-efficiënte technologie waarbij restwarmte uit industriële processen wordt hergebruikt door de thermodynamische waarde van damp te verhogen. In plaats van verse stoom toe te voegen, fungeert de vrijgekomen damp als eigen warmtebron. Het toepassen van een MVR bij indampen werkt volgens de volgende stappen:

1. **Verdamping:** In een warmtewisselaar wordt een vloeistof verhit tot het kookpunt. De ontstane damp bevat aanzienlijke latente energie, maar heeft een te lage temperatuur om het proces zelf draaiende te houden.

2. *Compressie*: Een mechanische compressor (ventilator of blower) zuigt deze damp aan en comprimeert deze. Volgens de algemene gaswet stijgen hierbij zowel de druk als de temperatuur van de damp.
3. *Condensatie*: De oververhitte damp wordt teruggevoerd naar de verwarmingszijde van de warmtewisselaar. Omdat de temperatuur nu hoger is dan die van de procesvloeistof, vindt er warmteoverdracht plaats. De damp condenseert en geeft zijn latente warmte af.

De efficiëntie van de MVR wordt uitgedrukt in de COP (Coefficient of Performance). Omdat de compressor enkel de temperatuursprong (Delta T) hoeft te overbruggen en niet de volledige verdampingsenergie hoeft te leveren, is het elektriciteitsverbruik fracties lager dan de thermische energie die wordt teruggewonnen. Dit leidt tot lagere operationele kosten.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Investeringskosten van MVR-installatie
- Elektriciteitsprijs versus stoomprijs
- Grootte en continuïteit van de indampvraag
- COP en gerealiseerde energiebesparing
- Onderhouds- en reinigingskosten

Met name hoge CAPEX en extra elektriciteitsvraag zijn hier belangrijke factoren. De maatregel is vooral rendabel bij grote, continue processen met stabiele bedrijfscondities.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Voldoende temperatuurlift (ΔT)
- Beschikbare netaansluiting
- Integratie in bestaande warmtehuishouding
- Beheersing van fouling en scaling
- Ontwerp op onderhoudbaarheid (reiniging warmtewisselaars)
- Voldoende compressorbetrouwbaarheid

Bij beperkte capaciteit of sterk fluctuerende belasting kan MVR minder geschikt zijn.

3.2.21 Optimaliseren van putbehandeling (zoutwas)

Nummer maatregel	22
Naam maatregel	Optimaliseren van putbehandeling (zoutwas)
Onderwerp	Processpecifiek
Sector	Gaswinning
Beschrijving	Zoutdepositie in gasputten leidt tot aanzienlijke productie- én energieverliezen. De belangrijkste oorzaken zijn druk- en temperatuurdalingen en methanol gerelateerde effecten. Operationele optimalisatie (zoals verbeterde monitoring, 'predictive modelling' en slim geplande interventies) is essentieel om zowel productie-efficiëntie als energieverbruik te verbeteren.
Huidige situatie	Bij gaswinning op de Noordzee is zoutdepositie een veelvoorkomend probleem. Mitigatie gebeurt vooral via (continue) waterwassing, methanoloptimalisatie en mechanische interventies.
Terugverdientijd < 5 jaar	Afhankelijk van type mitigerende maatregel en mate van zoutdepositie
Economische randvoorwaarden	Kosteneffectiviteit van interventies en investering in was-skid i.r.t. mate van depletie van het gasveld
Technische randvoorwaarden	Monitoring van trends in putdruk, temperatuur en flowrate en WGR-variaties. Toepasbaarheid van zoutwas en/of chemische mitigatie, mechanische interventies
Direct uitvoerbaar	Afhankelijk van type mitigerende maatregel
Beheer & onderhoud	

Nadere toelichting

Zoutdepositie komt vaak voor in mature, gedepleteerde gasvelden. Twee mechanismen veroorzaken zoutvorming:

- Gas-stripping bij lage water-gasverhoudingen (WGR):
 - bij lage WGR wordt water uit het formatiewater gestript. Het zoutgehalte van de brijn neemt toe en zout water slaat neer, vooral in de formatie en near-wellbore zone. Gasputten worden gekenmerkt door een zaagtand-profiel in de productie door herhaaldelijke blokkades en wasinterventies.
- Verlaagde oplosbaarheid door druk- en temperatuurdaling:
 - bij hogere WGR raakt het water verzadigd met haliet (NaCl; steenzout). Bij dalende temperatuur en druk slaat zout neer in de tubing en topside.

Zoutdepositie leidt naast productieverlies tot extra energieverbruik door hogere tegendruk en lagere doorstroming, waardoor compressoren harder moeten werken. Ook leiden meer interventies tot energie-intensieve operaties. In de praktijk worden mijnbouwhulpstoffen en zoutwasbehandelingen toegepast om

zoutafzettingen in putten te verwijderen. Typische maatregelen voor mitigatie en verwijdering van zout en mogelijkheden om energieverbruik te verlagen zijn:

- Waterwassing via handmatige injecties of permanente installaties ('washes' en 'gargling')
- Optimalisatie van wasvolume en -frequentie
- Monitoring en modellering van zoutprecipitatie

Door productie en wasregime te optimaliseren kan de tijd tot zoutvorming worden verlengd en kan de frequentie van interventies worden verminderd. Hierdoor daalt het energieverbruik en neemt de operationele belasting af.

De toepasbaarheid van zoutwas of chemische mitigatie is afhankelijk van putcondities, beschikbare infrastructuur en veiligheidsaspecten. Evaluatie na interventies (drukval, productie, compressorbelasting) is noodzakelijk om het effect te onderbouwen.

Nadere toelichting over specifieke mitigerende maatregelen zijn omschreven in de SNS Salting Study van Oil & Gas Authority (OGA).⁵⁰

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Frequentie van wasinterventies
- Mate van productieverlies door zoutdepositie
- Kosten van interventies en waterhandling
- Effect op compressorbelasting

Wanneer interventies frequent plaatsvinden, is het besparingspotentieel groter.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Monitoring van druk-, temperatuur- en flowtrends
- Inzicht in WGR-variaties
- Onderbouwd plan voor wasvolume en -frequentie
- Evaluatie van effect na interventie

Onzekerheid over zoutprecipitatie kan optimale instellingen bemoeilijken.

⁵⁰ [SNS Salting Study - March 2018](#)

3.2.22 Optimaliseren van koeltorenregeling

Nummer maatregel	23
Naam maatregel	Optimaliseren van koeltorenregeling
Onderwerp	Warmte
Sector	Algemeen
Beschrijving	Optimaliseren van de regeling van koeltorens om energieverbruik van ventilatoren en pompen te verminderen.
Huidige situatie	Koeltorens draaien in de praktijk vaak met vaste setpoints en (trap)aan/uit-regeling; ventilatoren en pompen leveren meer dan nodig bij deellast of gunstig weer.
Terugverdientijd < 5 jaar	Waarschijnlijk , vooral bij regelingsoptimalisaties en VSD.
Economische randvoorwaarden	Aantal draaiuren, elektriciteitsprijs, mate van overdimensionering en type regeling.
Technische randvoorwaarden	Betrouwbare meting van koelwater en (nattebol)condities; toepasbaarheid van type regelingen (zie nadere toelichting)
Direct uitvoerbaar	Ja, vaak via softwarematige optimalisatie
Beheer & onderhoud	Periodieke kalibratie van metingen en onderhoud van aandrijvingen.

Nadere toelichting

Optimalisatie van de koeltorenregeling is een methode om met relatief lage investeringen direct op operationele kosten te besparen. De kern van de maatregel is het elimineren van overcapaciteit door dynamische sturing in plaats van vaste setpoints of aan/uit-regeling.

In veel installaties leveren ventilatoren en pompen meer koelvermogen dan nodig, vooral bij deellast of gunstige weersomstandigheden. Hierdoor ontstaat onnodig elektriciteitsverbruik en extra slijtage.

Optimalisatie kan bestaan uit:

- **VSD-sturing (Variable Speed Drives)**
 - Ventilatoren en pompen draaien op het exacte toerental dat nodig is. Omdat het vermogen kwadratisch afneemt met het toerental, leidt een kleine snelheidsreductie tot aanzienlijke energiebesparing.
- **Nattebol-sturing**
 - De regeling houdt rekening met omgevingstemperatuur en luchtvochtigheid. Bij gunstige condities wordt de koelcapaciteit automatisch verlaagd zonder het proces in gevaar te brengen.
- **Cell-sequencing**
 - Bij meerdere koeltorencellen wordt de belasting optimaal verdeeld over ventilatoren om het meest efficiënte werkpunt te benutten.

Door de koelwatertemperatuur niet onnodig laag te forceren en transportverliezen te minimaliseren, daalt het elektriciteitsverbruik van ventilatoren en pompen substantieel.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Aantal draaiuren van de koeltoren
- Elektriciteitsprijs
- Huidige mate van overdimensionering
- Mogelijkheid tot toepassing van VSD
- Variatie in koelvraag

Omdat investeringen vaak beperkt blijven tot regeltechniek en aandrijvingen, is de terugverdientijd doorgaans kort.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Betrouwbare meting van koelwater in- en uittemperatuur
- Inzicht in nattebolcondities
- VSD-toepasbaarheid op ventilatoren en pompen
- Mogelijkheid tot cell-sequencing
- Stabiele regelstrategie binnen procesgrenzen

Meeton nauwkeurigheden kunnen leiden tot instabiliteit of verminderde besparing.

3.2.23 Optimaliseren van vacuümsystemen

Nummer maatregel	24
Naam maatregel	Optimaliseren van vacuümsystemen
Onderwerp	Processpecifiek
Sector	Algemeen
Beschrijving	Optimaliseren van vacuümsystemen door betere afstemming van pompcapaciteit, setpoints en lekreductie.
Huidige situatie	Vacuümsystemen draaien vaak continu met overcapaciteit en vaste, diepe setpoints.
Terugverdientijd < 5 jaar	Waarschijnlijk , met name bij regelingsoptimalisatie en lekreductie.
Economische randvoorwaarden	Energiebesparing moet opwegen tegen kosten van audit, regeling en aanpassingen.
Technische randvoorwaarden	Duidelijk procesminimumvacuüm en betrouwbare regeling vereist.
Direct uitvoerbaar	Ja, vaak via regelingsaanpassing en lekreductie.
Beheer & onderhoud	Structurele lekdetectie en monitoring van vacuümniveau en energieverbruik noodzakelijk.

Nadere toelichting:

Het optimaliseren van een vacuümsysteem biedt een aanzienlijk besparingspotentieel door de vraagzijde (procesbehoefte) en de aanbodzijde (pompcapaciteit) nauwkeuriger op elkaar af te stemmen. Vaak draaien systemen op een "conservatief" diep vacuüm, wat onnodig veel energie verbruikt.

Optimaliseer het vacuümsysteem door niet dieper te trekken dan nodig, lekken te verminderen, en pompen slimmer te regelen. Optimalisatie verlaagt energiekosten per geproduceerde eenheid, vermindert mechanische belasting en kan waterverbruik reduceren. Hierdoor wordt niet alleen energie bespaard, maar ook de levensduur van de installatie verlengd en het risico op verstoringen beperkt.

Typische ingrepen zijn:

- *Vraagsturing*: Door vacuümpompen uit te rusten met Variable Speed Drives (VSD) en een dynamisch setpoint, hoeft het systeem niet dieper te trekken dan voor het proces strikt noodzakelijk is. Dit voorkomt energieverlies door overcapaciteit.
- *Minimaliseren van gasvolume*: Door effectieve voorcondensatie worden dampen vloeibaar gemaakt voordat ze de pomp bereiken. Hierdoor hoeft de pomp een veel kleiner gasvolume te verplaatsen. Daarnaast is strikte lekdetectie essentieel om de instroom van "valse lucht" te beperken.
- *Sealwater-management*: Bij vloeistofringpompen wordt de temperatuur en het debiet van het sealwater geoptimaliseerd. Te warm water verslechtert het vacuüm, terwijl een te hoog debiet onnodig pompvermogen vraagt.

Structurele lekdetectie en -reparatie, onderhoud aan pompen en VSD's, en actief beheer van sealwater (kwaliteit, temperatuur, debiet) inclusief filters/separators en voorcondensatie zijn essentieel om capaciteit en efficiëntie op niveau te houden.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Aantal draaiuren
- Huidige mate van overdimensionering
- Energieprijs
- Kosten van audit en regelingsaanpassingen
- Variatie in procesbelasting

Kleine regelingsingrepen en lekreductie kennen vaak een korte terugverdientijd.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Inzicht in minimaal benodigd vacuümniveau
- Betrouwbare meting van vacuüm en energieverbruik
- Mogelijkheid tot VSD of staging
- Identificatie en beheersing van lekbronnen
- Borging van proceskritische betrouwbaarheid (back-upvoorzieningen)

In vuile of gasrijke systemen kan performance variëren, wat onderbouwing bemoeilijkt.

3.2.24 Automatisering van pekeldichtheidsregeling

Nummer maatregel	25
Naam maatregel	Automatisering van pekeldichtheidsregeling
Onderwerp	Warmte
Sector	Zout
Beschrijving	Automatiseren van de pekeldichtheidsregeling zodat het setpoint dynamisch meebeweegt met temperatuur en verzadigingsgrenzen. <i>Deze maatregel is inwisselbaar met maatregel 27 (terugwinnen van warmte uit pek).</i>
Huidige situatie	Pekeldichtheid wordt in de praktijk vaak ingesteld met een statisch, conservatief setpoint om uitkristalliseren en neerslag in leidingen te voorkomen. In koude omstandigheden is dat terecht, maar in warme periodes leidt dit geregeld tot onnodige verdunning, hogere recirculatie en/of extra verwarming, met extra pomp- en (indamp)energie als gevolg.
Terugverdientijd < 5 jaar	Waarschijnlijk , met name bij regelingsoptimalisaties en continue indampvraag.
Economische randvoorwaarden	Draaiuren, energiekosten, mate van conservatieve instelling
Technische randvoorwaarden	Duidelijke kristallisatiegrens als functie van temperatuur en pekelsamenstelling. Betrouwbare dichtheids- en temperatuurmeting en goede regelstrategie vereist.
Direct uitvoerbaar	Ja, mits meet- en regeltechniek geschikt is.
Beheer & onderhoud	Kalibratie van meetinstrumenten en beheer van uitzonderingssituaties noodzakelijk.

Nadere toelichting

Het is bij zoutwinning essentieel dat de pekconcentratie onder de kristallisatiegrens blijft om neerslag van zouten in leidingen en apparatuur te voorkomen. Wanneer zouten uitkristalliseren, ontstaan blokkades, drukverliezen en operationele verstoringen.

Om dit te voorkomen wordt de pek doorgaans:

- Verdund met extra water of recirculaat
- Op hogere temperatuur gehouden

Beide maatregelen kosten energie: extra pompenergie voor recirculatie en/of extra warmte, en vaak ook extra indampenergie als gevolg van de verdunning.

De veilige maximale concentratie is mede afhankelijk van de buitentemperatuur. Bij koud weer koelt de pekkel sterker af, waardoor het risico op uitkristalliseren toeneemt. In dergelijke omstandigheden is een lagere dichtheid terecht. In warmere periodes is de instelling echter vaak onnodig conservatief.

In de praktijk wordt de pekkelconcentratie/dichtheid vaak ingesteld op basis van wintercondities, met een statisch en ruim veiligheidsmarge. Hierdoor wordt in warme periodes geregeld onnodig verdund, extra gerecirculeerd en/of extra verwarmd, wat leidt tot hogere pomp- en indampenergie.

Automatisering van de pekeldichtheidsregeling maakt het mogelijk om het setpoint dynamisch aan te passen aan actuele temperatuur- en procescondities:

1. *Sensoren*: Real-time meting van dichtheid en de actuele procestemperatuur.
2. *Dynamisch Setpoint*: De regelsoftware berekent continu de verzadigingscurve van de specifieke pekelsamenstelling.
3. *Correctie*: Op basis van de buitentemperatuur of de koudste plek in het tracé wordt de toegestane dichtheid verhoogd wanneer de omstandigheden dit toelaten. Hierdoor hoeft er minder water te worden verplaatst en verdampt.

Door automatisering van pekeldichtheidsregeling wordt onnodige verdunning beperkt, neemt de recirculatie af en daalt de benodigde indampenergie.

Deze maatregel is inhoudelijk inwisselbaar met maatregel 27 (warmteterugwinning uit pekkel), maar richt zich primair op het voorkomen van onnodige energie-inzet door conservatieve instellingen.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Aantal draaiuren van indampinstallaties
- Energieprijs (stoom/elektriciteit)
- Mate van overconservatieve instelling
- Kosten van meet- en regeltechniek
- Besparing op pomp- en indampenergie

Bij continue processen met hoge indampvraag is de energiebesparing doorgaans substantieel.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Duidelijke kristallisatiegrens als functie van temperatuur en samenstelling
- Betrouwbare en redundante dichtheids- en temperatuurmeting
- Integratie in bestaande besturing
- Duidelijke alarm- en terugvalstrategie
- Beheer van uitzonderingssituaties

Onzekerheid over sensorbetrouwbaarheid of regelstrategie kan implementatie vertragen.

3.2.25 Reduceren van helikoptervluchten naar platforms

Nummer maatregel	26
Naam maatregel	Reduceren aantal helikopter vluchten naar platforms
Onderwerp	Logistiek
Sector	Gas/olie
Beschrijving	Reduceren van het aantal helikoptervluchten door centrale planning, bundeling en inzet van remote monitoring en drone-inspecties. Ook kan automatiseren van de productieprocessen leiden tot minder bemanning offshore, dus minder helikoptervluchten.
Huidige situatie	Via het Air Logistics Centre in Den Helder worden helikoptervluchten voor de meeste operators al gecombineerd (SNS Pool).
Terugverdientijd < 5 jaar	Waarschijnlijk , met name bij centrale planning en bundeling van logistiek.
Economische randvoorwaarden	Logistieke kostenreductie en schaalvoordelen moeten opwegen tegen investeringen in automatisering
Technische randvoorwaarden	Planningsintegratie en betrouwbare remote-/monitoringsystemen vereist.
Direct uitvoerbaar	Ja, via verdere bundeling binnen bestaande pools en aanscherping van planning; drone-inspecties vergen gefaseerde uitrol en vergunningen
Beheer & onderhoud	Onderhoud van planningstools en remote-control-/monitoringsystemen vereist.

Nadere toelichting

Offshore productieplatforms zijn niet permanent via weg- of scheepvaart bereikbaar voor personeel. Voor bemanning, onderhoud, inspecties en noodsituaties wordt daarom veel gebruikgemaakt van helikoptertransport. Deze vluchten zijn energie-intensief en kostbaar.

Het reduceren van helikoptervluchten kan worden bereikt door vluchten centraal te plannen en te combineren, zodat bezetting wordt gemaximaliseerd en tussenstops worden gebundeld. In de SNS Pool worden marine- en helikopterlogistiek al gecombineerd en gecentraliseerd via Den Helder⁵¹. Dit biedt schaalvoordeel en betere afstemming tussen operators.

In de huidige praktijk worden vluchten vaak per operator of per activiteit gepland, met variabele bezetting. Door gezamenlijke regie kan het aantal afzonderlijke vluchten worden beperkt. Ook worden in toenemende mate zogeheten 'walk-to-work'-schepen ingezet, waarbij personeel vanaf een schip toegang krijgt tot platforms.

⁵¹ <https://www.snspool.com/default.aspx>

Daarnaast kan het automatiseren en op afstand bedienen van productie- en monitoringsystemen bijdragen aan structurele verlaging van offshore bemanning en daarmee het aantal benodigde vluchten. Digitaliseringstechnologieën, waaronder remote monitoring en ‘digital twins’, spelen hierbij een rol, hoewel deze nog in ontwikkeling zijn⁵².

In de toekomst kunnen ook drone-inspecties vanaf platforms (bijvoorbeeld via docking stations) bijdragen aan het vermijden van ad-hoc inspectievluchten met helikopters.

Meer windenergie op de Noordzee vergroot de relevantie van deze maatregel, omdat het luchtruim complexer wordt en veilige vliegbewegingen beperkter kunnen worden.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Mate van bundeling en bezettingsgraad
- Logistieke schaalvoordelen (bijv. via Den Helder)
- Kosten van automatisering en remote monitoring
- Besparing op vliegburen en brandstof
- Investerings in digitale infrastructuur

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Centrale plannings- en data-integratie
- Betrouwbare remote monitoring en bediening
- Mogelijkheid tot refuelling en logistieke afstemming offshore
- Veilige inzet van drones waar toegestaan
- Aanscherping van vergunningen en procedures

⁵² Digitalisation of North Sea Energy systems (TNO, 2022)

3.2.26 Terugwinnen van warmte uit pekkel

Nummer maatregel	27
Naam maatregel	Terugwinnen van warmte uit pekkel
Onderwerp	Warmte
Sector	Zout
Beschrijving	Terugwinnen van warmte uit warme pekkelstromen via warmtewisselaars voor voorverwarming of intern hergebruik. <i>Deze maatregel is inwisselbaar met maatregel 25 (automatisering van pekeldichtheidsregeling).</i>
Huidige situatie	Na het indampen verlaat de ingedikte (geconcentreerde) pekkel de installatie doorgaans op een hoge temperatuur. Deze warmte gaat vaak verloren via koeling of afvoer naar de omgeving
Terugverdientijd < 5 jaar	Onwaarschijnlijk , vanwege investeringen in warmtewisselaars, leidingen en pompen die vaak niet opwegen tegen de besparing.
Economische randvoorwaarden	Investeringskosten voor corrosiebestendige warmtewisselaar en leidingen, draaiuren van de installatie en energieprijzen.
Technische randvoorwaarden	Beheersing van kristallisatie, corrosie en fouling vereist
Direct uitvoerbaar	Nee, vereist installatie van warmtewisselaar en integratie in proces.
Beheer & onderhoud	Regelmatige inspectie/reiniging van warmtewisselaars en afscheiders om fouling, corrosie en prestatieverlies te voorkomen.

Nadere toelichting

Pekelwarmte-terugwinning is een effectieve methode om de thermische efficiëntie van indampings- of zoutwinningsprocessen te verhogen door restwarmte uit de afgewerkte pekkelstroom direct te hergebruiken.

Na het indampen verlaat de ingedikte (geconcentreerde) pekkel de installatie doorgaans op een hoge temperatuur. Deze warmte gaat vaak verloren via koeling of afvoer naar de omgeving. Door de pekkel via een warmtewisselaar te leiden, kan de warmte worden teruggewonnen voor voorverwarming van intern proceswater of de nog niet geconcentreerde pekkelvoeding. Hierdoor neemt de externe warmtevraag (stoom of brandstof) af en kan er energie worden bespaard.

Het technisch ontwerp van warmteterugwinning van pekkel luistert nauw vanwege de fysische eigenschappen van zoutoplossingen:

- *Kristallisatiebeheersing*: De pekkel mag nooit onder zijn verzadigingstemperatuur afkoelen. Gebeurt dit wel, dan ontstaan er zoutkristallen die de warmtewisselaar en leidingen direct verstopen.
- *Materiaalbeheer*: Vanwege de hoge corrosiviteit van warme pekkel is de inzet van hoogwaardige materialen (zoals titanium of specifieke legeringen) noodzakelijk.
- *Fouling & Onderhoud*: Regelmatige inspectie en CIP (Cleaning In Place) zijn cruciaal om afzettingen op het warmte-oppervlak te voorkomen en de efficiëntie te waarborgen.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Draaiuren van het proces
- Energieprijzen (stoom, brandstof)
- Investeringskosten voor corrosiebestendige apparatuur
- Aanwezigheid van een geschikte warmtevraag
- Onderhouds- en reinigingskosten

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Veiligheidsmarge t.o.v. kristallisatietemperatuur
- Minimale uitgangstemperatuur
- Fouling- en corrosiebeheersing
- Geschikte materiaalkeuze
- Ontwerp op onderhoudbaarheid en reinigbaarheid
- Stabiele warmtevraag aan koude zijde

3.2.27 Toepassen van droge rookgasreiniging

Nummer maatregel	28
Naam maatregel	Toepassen van droge rookgasreiniging
Onderwerp	Processpecifiek
Sector	Algemeen
Beschrijving	Toepassen van efficiëntere droge rookgasreiniging (bijv. droge sorbentinjectie of spreedroogabsorptie) als alternatief voor natte rookgasreiniging.
Huidige situatie	Op sommige locaties is natte rookgasreiniging aanwezig, ondanks relatief beperkte SO ₂ -belasting of minder strenge eisen.
Terugverdientijd < 5 jaar	Onwaarschijnlijk , tenzij vervanging samenvalt met end-of-life van bestaande installatie
Economische randvoorwaarden	Retrofitkosten moeten opwegen tegen de vermindering in hulpenergieverbruik
Technische randvoorwaarden	Voldoen aan emissie-eisen en inpasbaarheid in bestaande installatie vereist.
Direct uitvoerbaar	Nee, retrofit vereist technische studie en emissieanalyse.
Beheer & onderhoud	Beheer van sorbentkwaliteit, stoffilter en reststofafvoer noodzakelijk

Nadere toelichting

Verbrandingsinstallaties binnen de mijnbouwsector zijn soms uitgerust met natte rookgasreiniging (Wet Flue Gas Desulfurization - Wet FGD), terwijl de geldende SO₂-emissie-eisen in veel gevallen ook met (semi-)droge technieken haalbaar zijn. Op sommige locaties is natte FGD historisch of standaard toegepast, ondanks een relatief beperkte SO₂-belasting of minder strenge emissie-eisen.

Natte rookgasreinigingssystemen zijn doorgaans energie-intensiever dan droge varianten. Dit komt door de benodigde hulpenergie voor slurriecirculatie (pompen), extra ventilatorvermogen door drukverlies, watergebruik en vaak aanvullende nabehandeling van afvalwater. Bij natte FGD wordt het rookgas gewassen met een vloeibare slurry, wat leidt tot intensieve circulatie en hogere hulplast.

(Semi-)droge technieken werken daarentegen met vaste sorbenten en vergen doorgaans minder water en hulpenergie. Door waar mogelijk over te stappen op een (semi-)droge techniek kan het hulpenergieverbruik dalen en neemt de waterbehoefte af. Voorbeelden hiervan zijn:

- *Droge sorbentinjectie* (Dry Sorbent Injection – DSI)
- *Spreedroogabsorptie* (Spray Dryer Absorption - SDA)

Een overstap vereist echter een zorgvuldige beoordeling. Eerst moeten brandstof- en rookgasdata worden geanalyseerd en moet worden getoetst of met een droge droge techniek aan de emissie-eisen kan worden voldaan. Conceptselectie (bijv. DSI of SDA) en inpassing in het bestaande stoffiltersysteem maken onderdeel uit van deze analyse.

In de praktijk is volledige vervanging van natte rookgasreiniging meestal niet binnen vijf jaar terugverdienbaar, tenzij het bestaande systeem het einde van zijn levensduur bereikt of toch vervangen moet worden.

Na implementatie is beheer van sorbentkwaliteit en doseerregeling essentieel. Ook vereist het stoffilter periodiek onderhoud, evenals de poederafvoer. Continue emissie- en prestatiecontrole is nodig om stabiele verwijdering en een lage drukval te borgen.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Investeringskosten voor retrofit
- End-of-life van bestaande natte installatie
- Hulpenergieverbruik huidige configuratie
- Elektriciteitsprijs
- Kosten voor reagentia en reststofafvoer

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Voldoen aan geldende emissie-eisen
- Voldoende ruimte voor reactor en stoffilter
- Analyse van rookgassamenstelling
- Emissie- en energiebalans inclusief drukval
- Integratie met bestaande rookgasbehandeling

3.2.28 Scheiden van stoomsystemen in meerdere drukniveaus

Nummer maatregel	29
Naam maatregel	Scheiden van stoomsystemen in meerdere drukniveaus
Onderwerp	Warmte
Sector	Algemeen
Beschrijving	Inrichten van het stoomsysteem in meerdere drukniveaus, zodat gebruikers met lagere temperatuureisen niet onnodig met hogedrukstoom worden gevoed. <i>Zie ook EML maatregelcode FB1</i>
Huidige situatie	Stoom wordt vaak op één hoog drukniveau geproduceerd en met drukreductie voor lagere temperatuurgebruikers.
Terugverdientijd < 5 jaar	Afhankelijk van schaal en bestaande configuratie; vooral rendabel bij grotere installaties met meerdere gebruikers op verschillend temperatuurniveau.
Economische randvoorwaarden	Voldoende stoomverbruik en meerdere lage-temperatuurgebruikers.
Technische randvoorwaarden	Inzicht in temperatuureisen van alle afnemers, hydraulische scheiding en correcte dimensionering vereist.
Direct uitvoerbaar	Meestal alleen bij grotere modificaties of nieuwbouw.
Beheer & onderhoud	Extra drukniveaus vragen om aanvullende monitoring van druk, temperatuur en condensaatretour.

Nadere toelichting

In veel installaties wordt stoom op één relatief hoog drukniveau geproduceerd en vervolgens via reduceerstations op lagere druk gebracht. Bij drukverlaging zonder energierterugwinning gaat thermodynamische kwaliteit (exergie) verloren.

Het grootste deel van de warmteoverdracht bij stoom vindt plaats tijdens condensatie (latente warmte). Voor gebruikers met lagere temperatuureisen is een lager drukniveau vaak voldoende om dezelfde hoeveelheid warmte over te dragen. Wanneer alle gebruikers op een hoog drukniveau worden aangesloten, ontstaat onnodige drukreductie en inefficiënt stoomgebruik.

Door het systeem te scheiden in bijvoorbeeld hoog-, midden- en lagedrukssystemen kan het drukniveau beter worden afgestemd op de werkelijke warmtevrage. Indicatief kan worden gedacht aan ⁵³:

⁵³ Tabel 1 in [Stoomkleppen begrijpen: Belangrijke kenmerken en types | Tameson.nl](#)

- **Hogedrukstoom:** > 10 barg (boven 200°C)
- **Middendrukstoom:** circa 1–10 barg (ca. 120–200 °C)
- **Lagedrukstoom:** < 1 barg (ca. 100–120 °C)

Door gebruikers het laagst benodigde drukniveau te bieden, wordt minder exergie vernietigd in reduceerstations en daalt het totale energieverbruik van het stoomsysteem.

Wanneer gebruikers slechts lage temperaturen nodig hebben (bijv. <100 °C), kan het bovendien efficiënter zijn deze van het stoomnet af te koppelen en te voeden met een warmwatersysteem. Daarmee wordt voorkomen dat stoom wordt opgewekt, getransporteerd, gereduceerd en gecondenseerd terwijl warm water de benodigde temperatuur direct kan leveren.

Deze maatregel is met name interessant bij grotere installaties met continu stoomverbruik.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Totale stoomvraag en continuïteit
- Aantal gebruikers met lage temperatuureis
- Investerings in leidingen en regelstations

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Inzicht in temperatuureisen per gebruiker
- Hydraulische scheiding van druktrappen
- Correcte dimensionering van leidingen
- Goede werking van condensaatretour

3.2.29 Extra warmteonttrekking uit retourstroom richting put

Nummer maatregel	30
Naam maatregel	Extra warmteonttrekking uit retourstroom richting put
Onderwerp	Warmte
Sector	Geothermie
Beschrijving	Verder benutten van resterende warmte in de retourstroom vóór injectie, via extra warmtewisselaar of warmtepomp.
Huidige situatie	Na levering aan afnemers wordt geothermisch water met een bepaalde retourtemperatuur terug naar de injectieput geleid; mogelijk restwarmte blijft onbenut.
Terugverdientijd < 5 jaar	Afhankelijk van temperatuurmargin, warmtevraag en inzet van warmtepomp.
Economische randvoorwaarden	Beschikbaar temperatuurverschil en passende warmtevraag zijn bepalend.
Technische randvoorwaarden	Minimale injectietemperatuur, scalingrisico en hydraulische grenzen moeten worden geborgd.
Direct uitvoerbaar	Sterk locatie- en projectspecifiek.
Beheer & onderhoud	Monitoring van injectietemperatuur, druk en scaling vereist.

Nadere toelichting

Bij geothermie-installaties wordt geproduceerd water via een warmtewisselaar of warmtepomp ingezet voor een afnemer (zoals een warmtenet of één of meerdere kassen). De retourstroom richting de injectieput kan in sommige gevallen nog aanvullend thermisch potentieel bevatten.

De mate waarin verdere warmteonttrekking mogelijk is, hangt onder andere af van:

- De gevraagde aanvoertemperatuur van de afnemer
- De retourtemperatuur van de afnemer
- De minimale toelaatbare injectietemperatuur in de put (bijvoorbeeld circa 35 °C in Heemskerk⁵⁴ en circa 8 °C in Zevenbergen⁵⁵)

Indien de retourstroom verder kan worden afgekoeld, kan aanvullende warmte via een extra warmtewisselaar (bij voldoende temperatuurverschil) of een warmtepomp (bij lage resterende temperatuur) worden benut.

Met een warmtewisselaar is alleen directe benutting mogelijk wanneer het temperatuurniveau voldoende hoog is voor de toepassing. Met een warmtepomp kan ook warmte op een lager temperatuurniveau (bijv.

⁵⁴ Definitief instemmingsbesluit op het aardwarmte winningsplan Heemskerk | NLOG

⁵⁵ Microsoft Word - 2019_11 Injectie-protocol ZVB-GT-02 V4 Final

30–40 °C) worden opgewaardeerd naar een hoger bruikbaar niveau (bijv. 50–70 °C). Dit vergroot het toepassingsbereik, maar brengt extra investeringskosten en elektriciteitsverbruik met zich mee.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Het beschikbare temperatuurverschil tussen de retourtemperatuur en de minimaal toelaatbare injectietemperatuur.
- Beschikbare warmtevraag op laag (bijv. 30–40 °C) of middentemperatuurniveau (bijv. 50–70 °C).
- Investering in aanvullende warmtewisselaars of warmtepompen
- Elektriciteitskosten (bij inzet van warmtepomp)

Technische randvoorwaarden

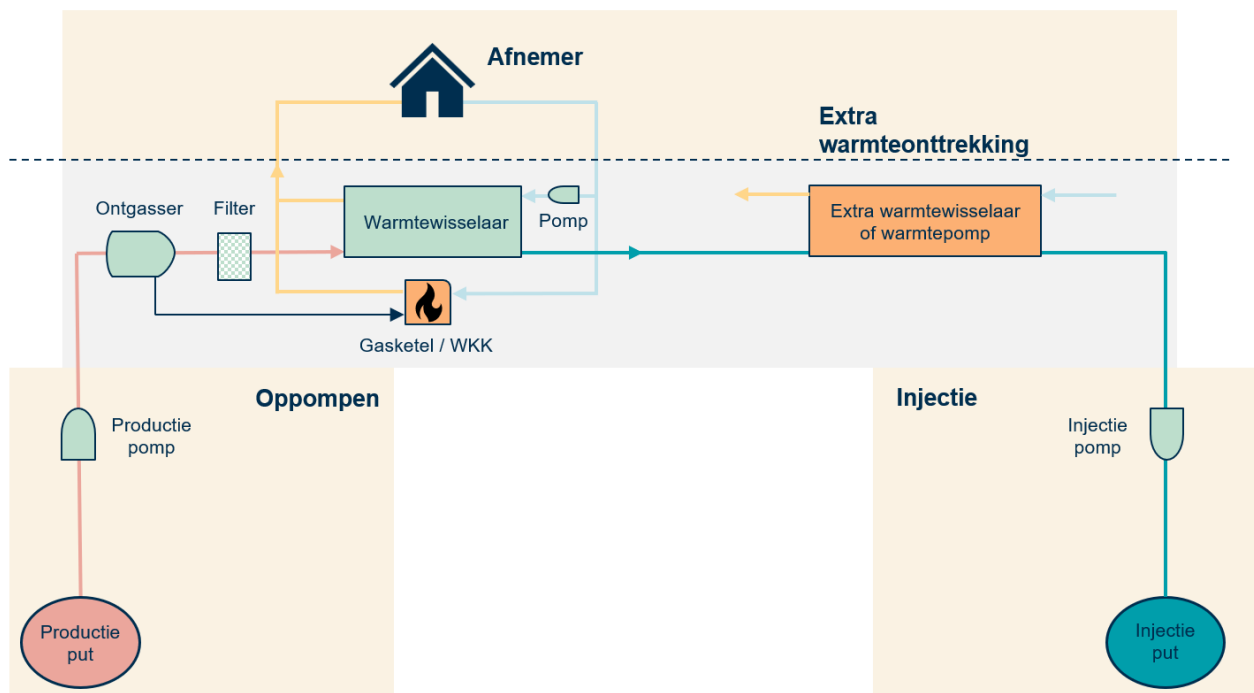
De mate van extra afkoeling wordt technisch begrensd door:

- De minimaal toelaatbare injectietemperatuur in verband met reservoirbeheer
- Scaling (neerslag van mineralen) in het productiewater
- Hydraulische en pomptechnische beperkingen
- Contractuele en vergunningsmatige temperatuurgrenzen

Daarnaast geldt bij toepassing van een warmtepomp:

- Beschikbaarheid van voldoende elektrisch vermogen
- Inpassing in het bestaande energiesysteem
- Stabiliteit van de bron- en afnametemperatuur

De maatregel is daarom sterk put- en afnemerspecifiek en vereist projectspecifieke analyse.



Figuur 3-2: Schematisch voorbeeld van extra warmteonttrekking uit retourstroom richting injectieput

3.2.30 Toepassen van warmteintegratie

Nummer maatregel	31
Naam maatregel	Toepassen van warmteintegratie
Onderwerp	Warmte
Sector	Algemeen
Beschrijving	Optimaliseren van warmtestromen binnen een installatie door hergebruik van warmte voor andere processtappen.
Huidige situatie	Warmtestromen worden vaak per processtap afzonderlijk ontworpen, waardoor warmte wordt afgevoerd terwijl elders warmte wordt toegevoerd.
Terugverdientijd < 5 jaar	Afhankelijk van situatie, haalbaar bij voldoende temperatuurverschil en continue bedrijfsvoering.
Economische randvoorwaarden	Temperatuurverschillen, debieten en benodigde aanpassingen aan bestaande installaties.
Technische randvoorwaarden	Temperatuurgradiënt en processtabiliteit; inpasbaarheid van warmtewisselaars zonder verstoring van primaire processen.
Direct uitvoerbaar	Sterk locatie- en projectspecifiek; vaak eenvoudiger bij nieuwbouw of grote modificaties.
Beheer & onderhoud	Monitoring van warmtewisselaars en aandacht voor vervuiling, corrosie en procescondities.

Nadere toelichting

Warmteintegratie richt zich op het beter benutten van interne warmtestromen, zodat externe energie-input (bijv. gas, elektriciteit of stoom) wordt verminderd. Dit vraagt om inzicht in waar warmte vrijkomt en waar warmte wordt gevraagd.

In de praktijk verloopt dit meestal in de volgende stappen:

1. *Identificatie van warme en koude stromen*
Binnen de installatie wordt in kaart gebracht waar warmte vrijkomt (bijv. compressie, regeneratie, indamping) en waar warmte wordt gevraagd (bijv. voorverwarming, droging, regeneratie).
2. *Fysieke koppeling via een warmtewisselaar*
Een warmtewisselaar (bijv. plaat- of shell-and-tube type) wordt geplaatst tussen de warme en koude stroom. De warme stroom koelt af, terwijl de koude stroom wordt voorverwarmd.
3. *Temperatuurregeling en procesborging*
Met regelkleppen en temperatuursensoren wordt ervoor gezorgd dat de warmteoverdracht stabiel verloopt en primaire procescondities niet worden verstoord.
4. *Aanpassing van leidingwerk en isolatie*
Extra leidingwerk verbindt de relevante processtromen. Goede isolatie voorkomt dat de teruggewonnen warmte alsnog verloren gaat.

Indien directe uitwisseling procesmatig niet wenselijk is (bijv. vanwege drukverschil of vervuilingsrisico), kan een tussenkring (secundair circuit) worden toegepast waarin warmte indirect wordt overgedragen.

Een belangrijk hulpmiddel bij het identificeren van potentieel is het uitvoeren van een pinch-analyse⁵⁶. Hiermee wordt systematisch inzicht verkregen in minimale externe warmtevraag en optimale warmte-uitwisseling tussen processtromen.

Warmteintegratie kan binnen de verschillende mijnbouwsectoren op uiteenlopende manieren worden toegepast. Enkele voorbeelden zijn:

- Voorverwarmen van processtromen met compressiewarmte (zie ook maatregel 35).
- Integratie van warmtestromen rond glycolregeneratie (olie- en gaswinning).
- Optimalisatie tussen productie- en ontgassingsstromen (geothermie, zie ook maatregel 36).
- Warmte-uitwisseling tussen warme en koude pekelstromen (zoutwinning, zie ook maatregel 27).
- Toepassing van Organic Rankine Cycle (ORC) voor het opwekken van elektriciteit uit restwarmte.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid is vooral afhankelijk van:

- Het temperatuurverschil tussen warme en koude stromen
- De volumestromen van warme en koude media
- Continue of intermitterende bedrijfsvoering
- Benodigde aanpassingen aan bestaande installaties

Warmteintegratie is vaak economisch aantrekkelijk bij hoge debieten en stabiele bedrijfsvoering. Bij bestaande installaties met beperkte ruimte of complexe lay-out kunnen investeringskosten de terugverdientijd verlengen.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Voldoende temperatuurverschil tussen warme en koude stromen
- Processtabiliteit en voorspelbare bedrijfscondities
- Beheersing van vervuiling, scaling en corrosie in warmtewisselaars
- Druk- en veiligheidstechnische inpasbaarheid

⁵⁶ TB242E - Processen in de energiesector

3.2.31 Toepassen van warmteopslag/buffering bij kort-cyclische opslagvelden

Nummer maatregel	32
Naam maatregel	Toepassen van warmteopslag/buffering bij kort-cyclische opslagvelden
Onderwerp	Warmte
Sector	Gasopslag (cavernes en evt. verlaten gasvelden)
Beschrijving	Benutten en bufferen van compressiewarmte bij kort-cyclische gasopslagen via warmtewisselaars en warmteopslag.
Huidige situatie	Compressiewarmte wordt vaak via luchtkoelers aan de atmosfeer afgegeven; bij productie wordt gas voor drukreductie apart verwarmd.
Terugverdientijd < 5 jaar	Afhankelijk van injectie-/productieprofiel en energieprijzen.
Economische randvoorwaarden	Gas- en elektriciteitsprijzen, bufferomvang en warmtepompbehoefte bepalend.
Technische randvoorwaarden	Inpasbaarheid als add-on en borging van leveringszekerheid vereist.
Direct uitvoerbaar	Nee, vereist nader onderzoek en engineering
Beheer & onderhoud	Normaal onderhoudsniveau, maar extra componenten (buffer, warmtepomp) verhogen onderhoudscomplexiteit.

Nadere toelichting

Deze toepassing is met name relevant bij kort-cyclische gasopslagen, zoals cavernes, waarbij perioden van injectie (opslag) en productie (levering) elkaar relatief snel opvolgen (uren tot dagen). Seizoensopslagen (waarbij injectie en productie maanden uit elkaar liggen) zijn doorgaans minder geschikt.

Tijdens injectie wordt gas gecomprimeerd tot hogere druk (bij cavernes tot circa 200 bar), waarbij de temperatuur sterk stijgt. Deze compressiewarmte wordt doorgaans via luchtkoelers aan de omgeving afgegeven. Bij productie (invoeding op het net) daalt de temperatuur juist door drukreductie (smoorklep), waardoor gas vaak moet worden voorverwarmd met warm water (typisch rond 100 °C), meestal geleverd door gasgestookte ketels. Het hergebruik van compressiewarmte biedt daarom een kans om:

- Gasbesparing te realiseren
- Koel- en verwarmvoorzieningen te ontlasten
- Het totale energiegebruik te reduceren

Injectie en productie vinden echter niet gelijktijdig plaats. Daarom is buffering van warmte noodzakelijk. Dit kan via warmtewisselaars die de compressiewarmte opslaan in water, bijvoorbeeld in buffertanks. Indien de temperatuur moet worden verhoogd, kan een warmtepomp worden ingezet.

Het beschikbare potentieel wordt met name bepaald door:

- Het drukverschil tussen gasnet en opslag (bepaalt compressietemperatuur)

- Het gasdebiet (bepaalt hoeveelheid beschikbare warmte)

Omdat leveringszekerheid van gasopslagen een absolute commerciële randvoorwaarde is, zal het systeem doorgaans als add-on worden gerealiseerd. De bestaande koel- en verwarminstallaties blijven in stand als back-up of piekvoorziening.

Voor een projectspecifieke beoordeling kunnen doorgaans de volgende stappen worden doorlopen:

- *Analyse van historische bedrijfsdata*: op basis van historische data wordt een representatief injectie- en productieprofiel vastgesteld. Dit vormt de basis voor een warmteaanbod- en warmtevraagprofiel, inclusief bijbehorende temperatuurniveaus.
- *Scenarioanalyse en dimensionering*: met behulp van scenarioanalyses (bijvoorbeeld maximaal, minimaal en gemiddeld bedrijf) wordt een inschatting gemaakt van:
 - De benodigde buffercapaciteit
 - De eventueel benodigde warmtepompcapaciteit
- *Inpasbaarheid en betrouwbaarheidstoets*: de ruimtelijke inpasbaarheid van apparatuur (zoals buffertank en warmtepomp) wordt beoordeeld, evenals de procestechnische en regeltechnische integratie als add-on systeem. Daarbij wordt expliciet gekeken naar de impact op leveringszekerheid en bedrijfsbetrouwbaarheid.
- *Economische beoordeling*: de economische haalbaarheid wordt primair bepaald op basis van het verschil tussen bespaarde gasinzet en het additionele elektriciteitsverbruik, in relatie tot de totale investeringskosten.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Gasprijs en elektriciteitsprijs
- Injectie-/productieprofiel
- Grootte van de benodigde buffer
- Eventuele inzet van warmtepomp
- Overall CAPEX
- Downtime tijdens implementatie

Bij een groter jaarlijks omslagvolume en gelijkblijvende debieten kan de terugverdientijd korter worden. Historische data bieden echter geen garantie voor toekomstig gebruik.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Voldoende beschikbare ruimte voor buffer en apparatuur
- Integratie als add-on zonder verstoring van leveringszekerheid
- Geschikte temperatuur-niveaus
- Betrouwbare regeltechniek
- Behoud van bestaande koel-/verwarminstallaties als back-up

3.2.32 Terugwinnen van warmte uit rookgassen

Nummer maatregel	33
Naam maatregel	Terugwinnen van warmte uit rookgassen
Onderwerp	Warmte
Sector	Algemeen
Beschrijving	Terugwinnen van warmte uit rookgassen via laagtemperatuur- of condenserende warmteterugwinning om ketelrendement te verhogen.
Huidige situatie	Rookgaswarmte wordt in veel sectoren al benut via economisers. Condenserende warmteterugwinning is technisch volwassen en wordt toegepast waar een geschikte laagtemperatuur warmtevraag aanwezig is. Binnen mijnbouwtoepassingen blijft benutting echter beperkt, bijvoorbeeld door het ontbreken van een geschikte warmtesink, door corrosie- en condensaatbeheersing of doordat installaties historisch niet zijn ontworpen op lage retourtemperaturen. Daardoor verdwijnt nog steeds een deel van de rookgaswarmte ongebruikt via de schoorsteen.
Terugverdientijd < 5 jaar	Waarschijnlijk , mits een geschikte laagtemperatuur warmtevraag aanwezig is.
Economische randvoorwaarden	Beschikbare warmtesink, draaiuren en investeringskosten bepalen de businesscase.
Technische randvoorwaarden	Voldoende lage retourtemperatuur, geschikte rookgassamenstelling en corrosiebeheersing vereist.
Direct uitvoerbaar	Nee, analyse van rookgassamenstelling, warmtevraag en retrofit-inpasbaarheid vereist.
Beheer & onderhoud	Periodieke reiniging, monitoring van temperaturen en drukval en beheer van condensaat noodzakelijk.

Nadere toelichting

Verbrandingsinstallaties lozen rookgassen vaak nog relatief warm, waardoor warmte verloren gaat. Om deze warmte te benutten kunnen economisers ingezet worden.

Traditionele economisers koelen rookgassen af, maar blijven boven het dauwpunt om condensatie te voorkomen. Een condenserende economiser gaat verder en koelt het rookgas onder het dauwpunt (vaak circa 50–60 °C). Hierdoor condenseert de waterdamp in het rookgas en komt latente warmte vrij die anders via de schoorsteen verloren zou gaan. Deze warmte wordt via een corrosiebestendige

warmtewisselaar overgedragen aan een laagtemperatuur-warmtesysteem, zoals een warmwaterretour, proceswater of een ander intern laagtemperatuursysteem. Op die manier stijgt het ketelrendement.

De effectiviteit van deze maatregel staat of valt met een geschikte warmtesink. Er moet een continue vraag zijn naar warmte op een lage temperatuur. Daarnaast zijn hoogwaardige, corrosiebestendige materialen (zoals RVS of kunststoffen) cruciaal, omdat het gevormde condensaat licht zuur kan zijn.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Beschikbaarheid van een continue lage-temperatuur warmtevraag
- Draaiuren van de installatie
- Gas- en elektriciteitsprijzen
- Investeringskosten voor economiser, warmtewisselaar en schoorsteenaanpassing
- Onderhouds- en reinigingskosten

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Voldoende lage retourtemperatuur
- Geschikte rookgassamenstelling (beperkte corrosieve componenten)
- Corrosiebestendige materialen
- Adequate condensatafvoer en eventueel neutralisatie
- Beheersing van fouling/vervuiling
- Monitoring van rookgastemperatuur en drukval

3.2.33 Optimaliseren van heat tracing

Nummer maatregel	34
Naam maatregel	Optimaliseren van heat tracing
Onderwerp	Warmte
Sector	Algemeen
Beschrijving	Beperken van overmatige of continu ingeschakelde heat tracing door herbeoordeling van noodzaak, setpoints en bedrijfsduur.
Huidige situatie	Heat tracing wordt vaak ontworpen op basis van worst-case omstandigheden en blijft daarna continu actief, ook wanneer dit procesmatig of klimatologisch niet noodzakelijk is.
Terugverdientijd < 5 jaar	Waarschijnlijk , met name bij optimalisatie van setpoints en bedrijfsduur.
Economische randvoorwaarden	Rendabel bij continu ingeschakelde tracing of grote getraceerde lengtes.
Technische randvoorwaarden	Procesveiligheid en vorstbescherming moeten geborgd blijven; herbeoordeling van minimale temperatuur en kristallisatierisico vereist.
Direct uitvoerbaar	Ja, mits procescondities en risico's zijn geverifieerd.
Beheer & onderhoud	Periodieke controle van setpoints, regeling en werkelijke bedrijfsduur.

Nadere toelichting

Heat tracing wordt toegepast om leidingen op temperatuur te houden ter voorkoming van vorst, viscositeitsproblemen, hydraatvorming of kristallisatie. Binnen de mijnbouwsector komt elektrische heat tracing het meest voor. In olie- en gasinstallaties en zoutwinning wordt daarnaast ook gebruikgemaakt van stoom- of warmwatertracing.

In de praktijk blijkt dat tracing vaak ruimer is toegepast dan strikt noodzakelijk, wat kan leiden tot onnodig energieverbruik. Typische voorbeelden hiervan zijn:

- Leidingen voor droge gasstromen of chemicaliën worden permanent verwarmd terwijl dit niet vereist is.
- Bypass- of spoelleidingen blijven getraceerd terwijl ze zelden worden gebruikt.
- Tracing is ontworpen voor extreme wintercondities maar staat jaarrond continu aan.
- Temperatuurinstellingen met ruime veiligheidsmarges boven de kristallisatietemperatuur zonder periodieke herijking (met name in de zoutwinning).

Optimalisatie richt zich op het afstemmen van tracing op de werkelijke proces- en klimaatomstandigheden. Typische maatregelen zijn:

- Verlagen van temperatuursetpoints
- Invoeren van seizoensafhankelijke schakeling

- Toepassing van temperatuurregeling of zone-aansturing
- Verwijdering van tracing op leidingen waar risico's aantoonbaar laag zijn

Met name oudere installaties missen vaak zonering en betrouwbare temperatuursensoren, waardoor tracing moeilijk selectief kan worden aangestuurd. Angst voor bevriezing of kristallisatie leidt dan tot het handhaven van conservatieve instellingen.

De maatregel vereist daarom een herbeoordeling per leiding of systeem, waarbij producteigenschappen, minimale procestemperaturen en klimatologische omstandigheden worden meegenomen. Procesveiligheid en vorstbescherming blijven daarbij leidend.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt af van:

- Aantal draaiuren van tracing
- Lengte van getraceerde leidingen
- Elektriciteits- of stoomprijs
- Mate van overdimensionering
- Mogelijkheid tot zonering

Bij installaties waar tracing continu actief is, kan optimalisatie vaak direct energiebesparing opleveren.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Inzicht in minimale procestemperaturen
- Borging van vorst- en hydraatbescherming
- Betrouwbare temperatuurmeting
- Mogelijkheid tot zonering of regeling
- Periodieke herijking van setpoints

Bij oudere systemen kan aanpassing van besturing of sensoren noodzakelijk zijn.

3.2.34 Hergebruiken van warmte uit compressoren

Nummer maatregel	35
Naam maatregel	Hergebruiken van warmte uit compressoren
Onderwerp	Warmte
Sector	Algemeen
Beschrijving	Hergebruiken van vrijkomende compressorwarmte voor ruimteverwarming, warm water of procesvoorverwarming.
Huidige situatie	Compressoren verspillen veel energie aan het verwarmen van lucht in de compressorruimte.
Terugverdientijd < 5 jaar	Waarschijnlijk , afhankelijk van de vraag aan warmte, het type systeem en de bijkomende investeringskosten.
Economische randvoorwaarden	Het grootste deel van de compressorenergie wordt als warmte aan de omgeving afgestaan.
Technische randvoorwaarden	Integratie met warmtebalans en geschikte warmtesink vereist.
Direct uitvoerbaar	Ja, maar vereist een integratiestudie om de warmtebalans (gelijktijdigheid van vraag en aanbod) te waarborgen. Bij veel moderne compressoren is een warmteterugwinningsmodule als 'plug-and-play' optie leverbaar.
Beheer & onderhoud	Periodieke reiniging warmtewisselaars en monitoring van olie- en waterkwaliteit noodzakelijk. Seizoensgebonden omschakeling van kleppen/kanalen (zomer/winterstand).

Nadere toelichting

Bij compressieprocessen wordt slechts een klein deel van het elektriciteitsverbruik daadwerkelijk benut voor het verhogen van de druk. Het grootste deel van de energie (tot circa 90%) komt vrij als warmte ⁵⁷. Deze warmte wordt in de praktijk vaak afgevoerd via lucht- of waterkoeling en gaat verloren naar de omgeving.

Compressoren werken het efficiëntst wanneer de gecomprimeerde lucht of het gas tussentijds wordt gekoeld. Deze noodzakelijke koeling vormt juist de bron voor warmteterugwinning.

Warmte kan op verschillende manieren worden benut:

- Direct gebruik van warme koellucht voor ruimteverwarming
- Koeling van gecomprimeerde lucht via een lucht/water-warmtewisselaar, waarbij het verwarmde water wordt ingezet voor ruimteverwarming of procesvoorverwarming
- Eventueel verdere opwaardering richting stoom, indien passend binnen de warmtebalans

⁵⁷ [Perslucht in de industrie | RVO.nl](#)

In de huidige situatie wordt compressiewarmte meestal niet benut, terwijl deze continu beschikbaar is bij draaiende compressoren.

De maatregel is relatief eenvoudig te implementeren, omdat moderne compressoren vaak al zijn voorbereid met warmteterugwinningsmodules ('plug-and-play'). De belangrijkste randvoorwaarde is de aanwezigheid van een geschikte en voldoende continue warmtevraag. Zonder stabiele warmtesink wordt de terugwinning in de praktijk vaak uitgeschakeld.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Aantal draaiuren van de compressor
- Beschikbaarheid van een continue warmtevraag
- Afstand tot warmtegebruikers
- Investeringskosten voor warmtewisselaars en leidingwerk
- Vervanging van primaire gas- of stoominzet
- Eventuele buffercapaciteit

Omdat de investeringskosten doorgaans beperkt zijn en het beschikbare warmtevermogen groot is, is de terugverdiendtijd vaak kort.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Een geschikte warmtesink die gelijktijdig beschikbaar is
- Integratie in de bestaande warmtebalans
- Beperkte afstand tot gebruikers of toepassing van buffervat
- Geschikte warmtewisselaars (onderhoudbaar en robuust)
- Monitoring van koelvermogen en geleverde warmte
- Beheersing van olie lekkage naar watercircuit (bij olie-geïnjecteerde schroefcompressoren)

3.2.35 Toepassen van warmteterugwinning bij ontgassing

Nummer maatregel	36
Naam maatregel	Toepassen van warmteterugwinning bij ontgassing
Onderwerp	Warmte
Sector	Geothermie
Beschrijving	Benutten van warmte uit het afgescheiden gas dat vrijkomt tijdens de ontgassingsstap in een geothermie-installatie, bijvoorbeeld via een warmtewisselaar.
Huidige situatie	Bij productie van geothermisch water komt bij drukverlaging in de ontgasser opgelost gas vrij (bijv. CO ₂ of kleine hoeveelheden methaan). Dit gas wordt doorgaans afgevoerd zonder specifieke warmteterugwinning.
Terugverdientijd < 5 jaar	Onwaarschijnlijk , doorgaans beperkte besparing die niet opweegt tegen investering.
Economische randvoorwaarden	Alleen kansrijk bij relatief hoge en continue gasproductie met direct beschikbare warmtevraag. In de praktijk gaat het om kleine hoeveelheden gas (bijvangst), waardoor het potentieel beperkt is.
Technische randvoorwaarden	Voldoende temperatuur en gasdebiet; veilige inpassing in gasafvoersysteem.
Direct uitvoerbaar	Nee, vereist analyse en aanvullende inpassing
Beheer & onderhoud	Inspectie warmtewisselaar; aandacht voor corrosie.

Nadere toelichting

Bij geothermie-installaties kan bij drukverlaging in de ontgasser opgelost gas vrijkomen (bijv. CO₂ en in sommige gevallen kleine hoeveelheden methaan). Dit gas heeft doorgaans een temperatuur vergelijkbaar met die van het geproduceerde water op dat moment.

In theorie kan via een warmtewisselaar warmte aan deze gasstroom worden onttrokken. In de praktijk is het thermisch potentieel meestal beperkt, omdat:

- Het gasdebiet doorgaans laag is ten opzichte van de waterstroom
- Gas een lage soortelijke warmtecapaciteit heeft
- Het beschikbare temperatuurverschil vaak klein is

Daardoor is het terugwinbare thermische vermogen meestal gering ten opzichte van het totale vermogen van de geothermie-installatie. De vermeden energiekosten zijn hierdoor vaak beperkt, terwijl wel extra investeringen nodig zijn in warmtewisselaar, leidingwerk en inpassing.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hang vooral af van:

- De hoeveelheid terugwinbare warmte
- De benodigde investering in warmtewisselaar en leidingwerk
- De aanwezigheid van een directe laagwaardige warmtevraag
- Continue bedrijfsvoering van de installatie.

Door het beperkte thermisch potentieel is het terugwinbare thermische vermogen meestal gering ten opzichte van het totale vermogen van de geothermie-installatie. De vermeden energiekosten zijn hierdoor vaak beperkt, terwijl wel extra investeringen nodig zijn in warmtewisselaar, leidingwerk en inpassing. De maatregel is daarom alleen kansrijk bij relatief hoge gasproductie en eenvoudige inpassing.

Technische randvoorwaarden

Warmteterugwinning uit de gasstroom is alleen technisch zinvol wanneer:

- Het gasdebiet voldoende hoog en continu is
- De gastemperatuur voldoende hoog en stabiel is
- Inpassing van een warmtewisselaar geen verstoring van het ontgassingsproces veroorzaakt
- Corrosie door CO₂ en vocht beheersbaar is

3.2.36 Reduceren van stoomverlies via condenspotten

Nummer maatregel	37
Naam maatregel	Reduceren van stoomverlies via condenspotten
Onderwerp	Warmte
Sector	Algemeen
Beschrijving	Beperken van stoomverliezen door correcte dimensionering, periodieke inspectie en tijdige vervanging van condenspotten.
Huidige situatie	In de praktijk zijn veel condensaatpotten over gedimensioneerd of slecht onderhouden, hierdoor kan er naast condensaat ook stoom verloren gaan. Dit leidt tot energieverliezen.
Terugverdientijd < 5 jaar	Waarschijnlijk , vooral bij structureel inspectieprogramma.
Economische randvoorwaarden	Hoge brandstofprijzen en CO ₂ -kosten vergroten de businesscase.
Technische randvoorwaarden	Beschikbaarheid van inspectiemethoden en beheerprogramma vereist.
Direct uitvoerbaar	Ja, voor de meeste installaties. Een inventarisatie en lekmeting kunnen direct worden uitgevoerd zonder procesonderbreking. De vervanging van defecte potten kan vaak tijdens gepland onderhoud of via bypasses.
Beheer & onderhoud	Minimaal jaarlijkse controle van het gehele condenspottenpark met ultrasone meetapparatuur en thermografie.

Nadere toelichting

Het reduceren van stoomverlies via condenspotten is een van de meest rendabele energetische optimalisaties binnen stoomsystemen. Een condenspot heeft als functie condensaat en lucht af te voeren zonder verse stoom te laten ontsnappen.

In de praktijk faalt echter naar schatting 15–30% van het condenspottenpark wanneer geen structureel onderhoud plaatsvindt⁵⁸. Defecte potten kunnen “open” blijven staan (blow-through), waardoor continu stoom naar het condensaatnet ontsnapt. Dit leidt tot structurele energieverliezen en kan tevens veiligheidsrisico's veroorzaken, zoals waterslag in het leidingsysteem.

Een effectieve aanpak richt zich op twee hoofdaspecten:

- *Correcte dimensionering*: Overgedimensioneerde condenspotten verliezen bij elke cyclus meer stoom dan nodig. Door de capaciteit af te stemmen op de werkelijke condensaatlast wordt marginaal stoomverlies beperkt.

⁵⁸ *Inspect and Repair Steam Traps, Energy Tips: STEAM, Steam Tip Sheet #1 (Fact Sheet), Advanced Manufacturing Office (AMO), Energy Efficiency & Renewable Energy (EERE)*

- *Actief condenspotbeheer:* Zonder structurele inspectie blijven defecte potten vaak onopgemerkt. Moderne technieken, zoals ultrasone metingen of temperatuurmonitoring, maken het mogelijk lekken te detecteren zonder procesonderbreking.

In veel installaties ontbreekt een structureel beheerprogramma. Condenspotten worden 'vergeten' of vervangen pas wanneer problemen zichtbaar worden. Lastige bereikbaarheid of het feit dat het verlies niet direct zichtbaar is, leidt vaak tot uitstel van onderhoud.

Een systematisch beheerprogramma (inclusief tagging en meetrapportage) voorkomt dat verliezen onder de radar blijven.

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid hangt vooral af van:

- Stoomproductiekosten (brandstofprijs)
- CO₂-emissierechten (bijv. EU ETS)
- Aantal draaiuren
- Grootte van het condenspottenpark
- Beschikbaarheid van inspectie- en onderhoudsbudget

Omdat stoomproductie relatief kostbaar is en condenspotten goedkope componenten zijn, is de terugverdientijd van een structureel inspectie- en vervangingsprogramma vaak kort.

Technische randvoorwaarden

Succesvolle toepassing vereist:

- Periodieke inspecties met ultrasoon- of temperatuurmetingen
- Correcte dimensionering op basis van werkelijke condensaatlast
- Vastlegging van verantwoordelijkheden en inspectie-intervallen
- Integratie in onderhoudsplannen
- Mogelijkheid tot vervanging tijdens geplande stops

3.2.37 Optimaliseren van verlichting

Nummer maatregel	38
Naam maatregel	Optimaliseren van verlichting
Onderwerp	Verlichting
Sector	Algemeen
Beschrijving	Vervangen van conventionele verlichting (TL, halogeen, hogedruk natrium) door energiezuinige LED-armaturen en het treffen van regeltechnische verbeteringen. <i>Zie ook EML maatregelcodes FG1 t/m, FG5, GF1 t/m GF15, GG1 t/m GG4 en PD9.</i>
Huidige situatie	Op (delen van) installaties wordt nog conventionele verlichting toegepast met relatief hoog elektrisch vermogen en beperkte levensduur. Verlichting brandt vaak langdurig of continu.
Terugverdientijd < 5 jaar	Waarschijnlijk , met name bij hoge branduren en vervanging van conventionele armaturen.
Economische randvoorwaarden	Rendabel bij voldoende branduren (indicatief >3.000 uur/jaar) en bij vervanging van armaturen met hoog specifiek vermogen. Vervanging op natuurlijke onderhoudsmomenten voorkomt kapitaalvernietiging.
Technische randvoorwaarden	Armaturen moeten geschikt zijn voor omgevingscondities (ATEX-zones, offshore corrosie, lage/hoge temperaturen) en voldoen aan vereiste lichtniveaus en veiligheidseisen.
Direct uitvoerbaar	Ja, bij retrofit of vervanging, mits veiligheid en certificering zijn geborgd.
Beheer & onderhoud	Lagere onderhoudsfrequentie dan conventionele verlichting; periodieke inspectie op werking, vervuiling en noodverlichtingsfunctionaliteit blijft vereist.

Nadere toelichting

Verlichting kan vaak efficiënter worden ingericht door zowel de toegepaste technologie als het gebruik ervan te optimaliseren. Zo kan er regelmatig energiebesparing worden gerealiseerd door regeltechnische optimalisatie, zoals tijdschakeling, daglichtregeling, bewegingssensoren en zoneschakeling. LED-verlichting heeft daarnaast een hoger lichtrendement dan conventionele verlichting. Ter vergelijking zijn voor verschillende type verlicht van indicatieve systeemrendementen en besparingen bij vervanging door LED weergegeven in Tabel 3-2.

Tabel 3-2: Indicatieve rendementen voor verschillende type verlichting en besparing t.o.v. LED

Type verlichting	Indicatief lichtrendement (lm/W) ⁵⁹	Indicatieve besparing bij vervanging door LED
Gloeilamp	10 – 15	≈ 90%
Halogeenlamp	15 – 25	≈ 85%
Spaarlamp (CFL: Compact Fluorescent Lamp)	50 – 75	≈ 60%
TL-lamp (LFL: Linear Fluorescent Lamp)	60 – 100	≈ 50%
Hogedruknaatriumlamp (HPS: High Pressure Sodium)	85 – 150	≈ 20%
LED-lamp (modern)	100 – 220	n.v.t

Economische randvoorwaarden

De economische haalbaarheid wordt bepaald door de gerealiseerde energiebesparing in relatie tot de investeringskosten. De energiebesparing is afhankelijk van:

- Het type en vermogen van de bestaande verlichting
- Het aantal branduren per jaar
- Eventuele over dimensionering van de te vervangen installatie
- Het toegepaste regelsysteem

Daarnaast spelen de volgende factoren een rol:

- Hogere elektriciteitsprijzen verkorten de terugverdientijd
- Veel branduren vergroten het besparingspotentieel
- ATEX-gecertificeerde armaturen brengen hogere investeringskosten met zich mee
- Toepassing van aanwezigheidsdetectie of daglichtregeling verhoogt de energiebesparing
- Vervanging bij natuurlijke onderhoudsmomenten voorkomt kapitaalvernietiging.

Technische randvoorwaarden

Voor een veilige en correcte toepassing moet rekening worden gehouden met de installatieomgeving en geldende normen. Belangrijke aandachtspunten hiervoor zijn:

- ATEX-certificering in explosiegevaarlijke zones
- Corrosiebestendige uitvoering en hoge IP-klasse bij offshore of buitenopstelling
- Voldoende lichtniveau conform geldende normen

Binnen de mijnbouwsector is het aandeel verlichting in het totale energieverbruik doorgaans beperkt ten opzichte van compressie, pompen of procesinstallaties. De maatregel draagt daardoor meestal beperkt bij aan de totale energiereductie, maar wordt gezien als een kosteneffectieve en laagdrempelige optimalisatie, met name bij vervanging van verouderde armaturen of bij hoge branduren.

⁵⁹ [Luminous efficacy - Wikipedia](#)

4 Eerste analyse van naleving en besparingspotentieel

Dit hoofdstuk bevat een samenvatting van de belangrijkste inzichten uit de analyse van naleving en besparingspotentieel binnen de mijnbouwsector. De analyse is gebaseerd op een selectie van rapportages die mijnbouwbedrijven hebben ingediend in het kader van de informatie- en onderzoeksplicht energiebesparing.

4.1 Aanpak

Dit hoofdstuk bevat op hoofdlijnen de belangrijkste inzichten uit de analyse van naleving en besparingspotentieel binnen de mijnbouwsector. Hiervoor is een kwalitatieve analyse uitgevoerd van een selectie rapportages die mijnbouwbedrijven hebben ingediend in het kader van de informatie- en onderzoeksplicht energiebesparing. In samenwerking met SodM is, op basis van het sectoroverzicht, een representatieve selectie gemaakt uit verschillende clusters. Daarnaast zijn gesprekken met bedrijven gevoerd om aanvullende context en praktijkinzichten te verkrijgen. De geselecteerde rapportages zijn beoordeeld aan de hand van vier invalshoeken: naleving, kwaliteit van de rapportages, type maatregelen en besparingspotentieel. Deze onderdelen worden hieronder eerst toegelicht, waarna de belangrijkste bevindingen per sector worden besproken.

De uitgebreide uitwerking van deze analyse is opgenomen in **BK8948-RHD-RP-0001 Inzicht in energiegebruik en besparingsmogelijkheden van mijnbouwbedrijven – Deel 2**.

Naleving

Onder naleving wordt beoordeeld in hoeverre de ingediende rapportages voldoen aan de geldende wet- en regelgeving, zoals de vereisten vanuit de onderzoeksplicht en de EED. Daarbij wordt gekeken naar de volledigheid van de rapportage, de aanwezigheid van verplichte onderdelen zoals analyses van aandrijfsystemen, isolatie en energiestromen, en of alle relevante locaties en installaties zijn meegenomen.

Kwaliteit van de rapportages

De kwaliteit van rapportages heeft betrekking op de diepgang, consistentie en technische onderbouwing van de aangeleverde informatie. Dit omvat onder andere de mate waarin processen en energiesystemen zijn beschreven, de kwaliteit van de energiedata en de mate waarin deze data wordt geanalyseerd, geïnterpreteerd en gebruikt voor het identificeren en onderbouwen van energiebesparingsmaatregelen.

Type maatregelen

Binnen dit onderdeel worden de geïdentificeerde energiebesparingsmaatregelen geanalyseerd die binnen de respectieve sectoren tot de grootste energiebesparing leiden. Per maatregel wordt gekeken naar het technische werkingsprincipe, de toepasbaarheid binnen de sector, de orde van grootte van de energiebesparing en de bijbehorende economische kengetallen, zoals investeringskosten en terugverdientijd.

Besparingspotentieel

Op basis van de gegevens uit de aangedragen rapporten en eigen inzichten is een indicatieve inschatting gemaakt van de potentiële energiereductie per sector.

Hierbij worden ook inzichten uit de praktijk meegenomen. Praktische beperkingen binnen de sector, zoals de levensduur van installaties, operationele beperkingen, regelgeving en investeringsdrempels, worden besproken.

4.2 Olie- en gaswinning

In Nederland is de calorische waarde van de winning van aardgas meer 20 keer groter⁶⁰ dan dat van aardolie. Hierom wordt de nadruk gelegd op gaswinning.

Naleving

De mate van naleving van de rapportages loopt binnen de olie- en gaswinningssector sterk uiteen. Zo bestaan in sommige rapportages de analyses van aandrijfsystemen en isolatiescans slechts uit enkele zinnen algemene tekst over goede milieuvoornemens. Ook zijn in deze rapportages de energiesystemen onvoldoende beschreven. In andere rapportages wordt aan iedere eis voldaan.

Kwaliteit van de rapportages

Ook de kwaliteit van de rapportages varieert sterk. Rapportages verschillen aanzienlijk in de diepgang waarmee het proces wordt beschreven. Zo rapporteren sommige bedrijven tot in detail de technische onderdelen van de belangrijkste processen, terwijl andere bedrijven slechts kort vermelden wat hun activiteiten inhouden. Ook verschilt de analyse van de energiedata sterk: sommige bedrijven presenteren alleen data, terwijl andere de data verder uitsplitsen, analyseren en verklaren en deze vervolgens gebruiken om besparingsopties te identificeren en te kwantificeren.

Type maatregelen

Een veelvoorkomende maatregel is compressoroptimalisatie, oftewel 'restagen'. Door een lager wordende productiecapaciteit van putten kan het mogelijk zijn om het aantal of de dimensies van de exportcompressoren te reduceren. Hierdoor worden de compressoren efficiënter en kan zo'n 10 - 30% van het energieverbruik worden gereduceerd. Gerapporteerde terugverdiëntijden van deze maatregel liggen tussen de 2 en 10 jaar, afhankelijk van de mismatch tussen productie en compressorcapaciteit en van de gasprijs.

Besparingspotentieel

Op veel (offshore) platforms is sinds de aanschaf een aanzienlijke mismatch ontstaan tussen de dimensies van de compressoren en het benodigde compressievermogen ten behoeve van de export van het product aardgas. Door de grootste energieverbruikers bij gaswinning, namelijk de compressoren, efficiënter in te richten, is 10 tot 30% van het energieverbruik te besparen.

De complexiteit van de maatregel ligt in het feit dat veel gasvelden in Nederland richting het einde van hun levensduur gaan, met als gevolg dat putten minder produceren en binnen afzienbare tijd geabandonneerd worden. Daardoor wordt de efficiëntieslag minder snel financieel haalbaar of overschrijden de terugverdiëntijden de levensduur van de putten.

Door gebrek aan ruimte, in combinatie met ATEX-eisen, vallen maatregelen bij offshore winning ook significant duurder uit dan vooraf ingeschat. Maatregelen die in energiebesparingsrapporten worden aangedragen, worden na haalbaarheidsstudies daardoor alsnog niet uitgevoerd.

⁶⁰ NLOG datasets 2025, verkregen via [Datacenter](#) | NLOG

4.3 Gasopslag

Naleving

Binnen de gasopslagsector is de naleving van onderzoeksplicht- en EED-rapportages wisselend. Een deel van de bedrijven voldoet volledig aan de eisen, terwijl andere rapportages (kleinere) tekortkomingen hebben. Deze tekortkomingen betreffen onder andere het ontbreken van analyses van aandrijfsystemen en isolatie, het niet opnemen van alle relevante locaties en het ontbreken van een basislijst of BBT-maatregelenlijst.

Kwaliteit van de rapportages

Ook binnen de sector varieert de kwaliteit van de rapportages sterk. Sommige rapportages zijn volledig en gedetailleerd, inclusief kwantificering van maatregelen en onderbouwing van besparingen. Andere rapportages zijn vooral beschrijvend en missen een analyse van het gepresenteerde, waardoor maatregelen onvoldoende transparant zijn.

Type maatregelen

Binnen de sector zijn de grootste maatregelen:

- Elektrificatie van installaties zoals turbines en gasfornuizen, met potentiële door exploitanten ingeschatte reducties tot circa 90% op locatieniveau en terugverdientijden van rond de 6 jaar. De meeste installaties bij ondergrondse gasopslag zijn al wel elektrisch;
- Optimalisatie van compressorinzet door capaciteitsmanagement.

De kleinere maatregelen richten zich op operationele optimalisatie en systeemaanpassingen:

- Optimalisatie van compressoren via slimme aansturing, met besparingen van circa 4% op elektriciteitsverbruik en zeer korte terugverdientijden;
- Vermijden van affakkelen door her-routing van gasstromen, met besparingen van circa 0,2% van het energieverbruik;
- Kleine efficiëntiemaatregelen zoals filteroptimalisatie met zeer korte terugverdientijden.

Een deel van de potentiële maatregelen, zoals elektrificatie en toepassing van energierugwinningstechnieken, wordt nog beperkt toegepast.

Besparingspotentieel

Het gerapporteerde besparingspotentieel in de sector voor de reeds geëlektrificeerde locaties ligt relatief laag, op enkele procenten van het totale energieverbruik.

Waar grotere systeemmaatregelen mogelijk zijn, zoals elektrificatie, kan het besparingspotentieel op de locatie aanzienlijk hoger liggen.

4.4 Zoutwinning

Naleving

Binnen de sector van zoutproductie via oplossingsmijnbouw is de naleving van EED- en onderzoekspluchtrapportages onvolledig. Bij meerdere bedrijven ontbreken vereiste onderdelen. Dit betreft onder andere gebouwanalyses, energiegebruik van intern en extern transport, prestatie-indicatoren en onverklaarde restposten in energiebalansen.

Kwaliteit van de rapportages

De kwaliteit van de rapportages is wisselend, maar overwegend beperkt. Sommige bedrijven leveren relatief uitgebreide informatie, maar met inconsistenties zoals grote restposten en ontbrekende kengetallen. Andere bedrijven hebben een duidelijk beperktere diepgang, met weinig maatregelen en onvoldoende onderbouwing van het besparingspotentieel.

Type maatregelen

Mechanische damprecompressie (MVR) is verreweg de belangrijkste maatregel binnen de sector. Door het toepassen van een MVR kunnen de bedrijven de helft van hun energie besparen. De beperkingen van een MVR zijn de hoge terugverdiertijden (20+ jaar met subsidies), hoge investeringskosten, vergunningen, problematiek met netcongestie en praktische uitvoerbaarheid.

Kleine optimalisaties zoals isolatie en aanpassingen aan het stoomsysteem hebben korte terugverdiertijden en lage investeringen, maar ook slechts een beperkt effect.

Besparingspotentieel

Energie vormt een dominante kostenfactor binnen de sector en is daarmee een belangrijke drijfveer voor energiebesparing. Het theoretische besparingspotentieel in de sector is daarom aanzienlijk. Met de implementatie van MVR's kan al zo'n 50% van het energieverbruik worden bespaard. Met kleinere optimalisaties is nog eens zo'n 10% te winnen.

Het implementeren van MVR's is echter een kostbare en complexe maatregel, waarvan niet te verwachten is dat deze binnen het kader van de EED of het energiebesparingsonderzoek zal plaatsvinden. De maatregel vereist subsidie binnen een maatwerkafpraak met de overheid.

Binnen de uitgevoerde energiebesparingsonderzoeken ligt de nadruk vaak op de bovengrondse bedrijfsvoering, waar ook de meeste energie wordt gebruikt. Gezien er weinig onderzoek is gedaan naar de energetische staat van het ondergrondse, zijn vanuit de sector externe inzichten hierover gewenst.

4.5 Geothermie

Naleving

Binnen de geothermiesector zijn onderzoeksplichtrapportages niet altijd volledig conform de eisen. Met name onderdelen zoals extern transport en analyse van gebouwen ontbreken regelmatig.

Kwaliteit van de rapportages

De kwaliteit van rapportages is over het algemeen basaal. Rapportages bevatten vaak een beperkte set maatregelen en missen een integrale analyse van het volledige energiesysteem. De onderbouwing van het besparingspotentieel is regelmatig summier en niet altijd volledig gekwantificeerd. Doordat er binnen de sector veel nieuwe locaties zijn waar aandrijfsystemen beter worden bijgehouden, is er van veel bedrijven binnen de geothermiesector een goed overzicht van de aandrijfsystemen.

Type maatregelen

Maatregelen binnen de sector zijn voornamelijk kleinschalige optimalisaties. De nadruk ligt op:

- Verbeteren van isolatie van warme componenten, met reducties van warmteverlies tot circa 80% en korte terugverdientijden van circa 3 jaar;
- Optimalisatie van pompen en aandrijvingen, bijvoorbeeld via efficiëntere motoren of beter afgestemde bedrijfsvoering;
- Elektrificatie van systemen zoals actuatoren om hulpenergieverbruik te reduceren.

Grootschalige procesmaatregelen zijn beperkt aanwezig, doordat installaties en aandrijfsystemen relatief nieuw en al efficiënt ontworpen zijn.

Besparingspotentieel

Het besparingspotentieel in de sector lijkt beperkt. Indicaties liggen slechts rond 0,5% van het totale energieverbruik. Dit komt doordat circa 90+% van het energiegebruik plaatsvindt in het primaire productieproces, dat reeds efficiënt is ingericht met moderne technieken zoals frequentieregelaars en efficiënte motoren.

Besparingen richten zich daarom vooral op verbeteringen in ondersteunende systemen, die slechts tot marginale besparingen leiden op het totale energieverbruik. Het totale potentieel blijft laag in vergelijking met andere industriële sectoren.

In de praktijk ligt de grootste energievraag bij pompsystemen, waarbij prestaties sterk afhankelijk zijn van ondergrondse onzekerheden. Hierdoor opereren installaties niet altijd in hun optimale werkgebied. Hoewel optimalisatie mogelijk is, zijn installaties doorgaans al hoog efficiënt uitgevoerd.

Isolatie blijkt de meest effectieve en toegepaste maatregel en wordt periodiek vervangen, maar monitoring van de prestaties vindt beperkt plaats. Bij appendages kan veiligheid en inspecteerbaarheid echter een beperking vormen: operators controleren deze regelmatig op lekkages en het steeds verwijderen van isolatie kan de effectiviteit verminderen. Automatische lekdetectie kan dit deels ondervangen, maar is kostbaar en beïnvloedt de terugverdientijd. Elektrificatie van componenten, zoals actuatoren, wordt gezien als best practice en is deels al doorgevoerd.

Beperkingen voor verdere optimalisatie liggen in veiligheidseisen en regelgeving, zoals minimale injectietemperaturen. Daarnaast kunnen ontwerpkeuzes en materiaalselectie gericht op levensduur en onderhoudsgemak indirect bijdragen aan energiestatistiek, maar dit is geen primaire stuurvariabele.

5 Conclusies en aanbevelingen

Dit onderzoek combineert een technische inventarisatie van energiebesparende maatregelen met een kwalitatieve analyse van representatieve rapportages die mijnbouwbedrijven hebben ingediend onder de informatie- en onderzoeksplicht energiebesparing. Daarmee geeft het onderzoek inzicht in het mogelijke besparingspotentieel binnen de verschillende subsectoren, de wijze waarop bedrijven invulling geven aan hun verplichtingen en de bruikbaarheid van de rapportages voor toezicht en verdere toetsingsontwikkeling door SodM.

De analyse van de rapportages is gebaseerd op een subselectie van 6 van de in totaal 15 ingediende rapportages voor de onderzoeksplicht energiebesparing. Deze selectie geeft naar verwachting een representatief beeld van de verschillende subsectoren binnen de mijnbouwsector.

5.1 Conclusies

Op basis van de technische inventarisatie en de analyse van de ingediende rapportages ontstaat een genuanceerd beeld. De technische inventarisatie laat zien dat er binnen de verschillende subsectoren concrete aanknopingspunten zijn voor energiebesparing. Daarnaast krijgt energiebesparing binnen de mijnbouwsector duidelijk aandacht. In alle onderzochte subsectoren zijn voorbeelden gevonden van mogelijke, uitgevoerde of onderzochte maatregelen. Tegelijkertijd verschilt de inzet sterk tussen bedrijven. Die verschillen zijn zichtbaar in het technisch in beeld gebrachte besparingspotentieel, maar ook in de volledigheid, diepgang en onderbouwing van de rapportages.

Een belangrijk uitgangspunt is dat veel bedrijven al stappen zetten op het gebied van energiebesparing. In de olie- en gaswinning worden maatregelen onderzocht en uitgevoerd rond compressoroptimalisatie, hercompressie van gasstromen, verlaging van drukverliezen en vermindering van affakkelen. Bij gasopslag zijn voorbeelden zichtbaar van optimalisatie van compressorregeling en onderzoek naar elektrificatie. Binnen de zoutwinning is energiebesparing een belangrijk thema omdat energie een dominante kostenpost is; met name mechanische damprecompressie-installaties en stoomsysteemadaptaties kunnen daar grote effecten hebben. In de geothermie zijn de installaties vaak relatief nieuw en ligt de nadruk op optimalisaties zoals isolatie, efficiënte aandrijvingen en elektrificatie van hulpinstallaties.

Tegelijkertijd laat de combinatie van de technische maatregeleninventarisatie en de rapportageanalyse zien dat er in de mijnbouwsector mogelijk meer technisch besparingspotentieel aanwezig is dan in sommige rapportages expliciet naar voren komt. De rapportages behandelen een deel van de geïdentificeerde maatregelen, maar maken niet altijd duidelijk of grotere systeemmaatregelen volledig zijn onderzocht en op basis van welke randvoorwaarden zij eventueel zijn afgevalen.

De belangrijkste uitdaging zit in de ongelijkheid van de aanpak. Sommige rapportages zijn volledig, gedetailleerd en voorzien van berekeningen. Andere rapportages blijven beperkt tot algemene beschrijvingen of missen belangrijke onderdelen. In enkele gevallen ontbreken bijvoorbeeld analyses van aandrijfsystemen of isolatie, worden locaties niet volledig meegenomen, ontbreken prestatiegegevens of is het onduidelijk hoe energiebesparingen en terugverdientijden zijn berekend.

Daarmee verschilt ook de bruikbaarheid van de rapportages voor toezicht. Een rapportage kan formeel aanwezig zijn, maar voor toezicht beperkt bruikbaar zijn wanneer de grootste energieverbruikers niet herkenbaar zijn, maatregelen niet zijn gekwantificeerd of duidelijke conclusies ontbreken. Bij de beter uitgewerkte rapportages is zichtbaar dat bedrijven hun energiegebruik uitsplitsen, maatregelen financieel en energetisch onderbouwen en ingaan op praktische belemmeringen. Bij minder sterke rapportages

ontbreekt deze onderbouwing geheel of gedeeltelijk. Daardoor is niet altijd duidelijk of een maatregel terecht is afgefallen, onvoldoende transparant is gerapporteerd of mogelijk niet nader is onderzocht.

Een terugkerende bevinding is dat energiebesparing het meest effectief wordt wanneer bedrijven zich richten op de dominante energieverbruikers in hun sector. Bij olie- en gaswinning en gasopslag zijn dat meestal compressiesystemen. Bij zoutwinning ligt de grootste energievraag in indamping en warmtevoorziening. Bij geothermie gaat het vooral om pompsystemen en benutting van warmte. Rapportages die vooral kleinere maatregelen benoemen, maar weinig inzicht geven in deze grote energie-intensieve systemen, bieden daardoor onvoldoende basis om het volledige besparingspotentieel te beoordelen.

Dat betekent niet dat kleinere maatregelen onbelangrijk zijn. Maatregelen met betrekking tot isolatie, perslucht, heat tracing, condenspotten en optimalisatie van verlichting kunnen rendabel en laagdrempelig zijn. Ze mogen echter niet de plaats innemen van een goede analyse van de grote verbruikers. De conclusie is daarom dat bedrijven zowel laagdrempelige maatregelen als grotere systeemmaatregelen in beeld moeten brengen om een volledig beeld van het besparingspotentieel te geven.

Ook blijkt dat een sectorspecifieke beoordeling noodzakelijk is. Niet elke maatregel is overal uitvoerbaar. De randvoorwaarden die in dit onderzoek zijn geïdentificeerd, laten zien dat het technische besparingspotentieel niet één-op-één kan worden vertaald naar uitvoerbare maatregelen. Zo kennen offshore platforms bijvoorbeeld beperkingen door ruimte, logistiek en ATEX-eisen en hebben gasvelden een beperkte resterende levensduur. Bij specifieke maatregelen kunnen daarnaast vergunningen en netcapaciteit een belangrijke rol spelen, bijvoorbeeld bij mechanische damprecompressie in de zoutwinningssector. De rapportages geven hierbij soms aanvullend inzicht in locatie- en bedrijfsspecifieke beperkingen die in een generieke maatregelanalyse minder zichtbaar zijn.

De hoofdboodschap is daarmee dat energiebesparing in de Nederlandse mijnbouwsector wel degelijk plaatsvindt, maar dat de inzet en kwaliteit van de naleving sterk uiteenlopen. Sommige partijen laten zien dat een volwassen en goed onderbouwde aanpak mogelijk is. Andere partijen blijven achter in volledigheid, diepgang of transparantie.

5.2 Aanbevelingen

De uiteenlopende kwaliteit van de rapportages maakt duidelijk dat actieve opvolging nodig is. Die opvolging bestaat niet alleen uit het constateren van tekortkomingen, maar ook uit het sturen op een hoger en consistentere niveau van onderbouwing binnen de sector. SodM kan bedrijven aanspreken op ontbrekende onderdelen, onvoldoende transparante energiebalansen en niet-onderbouwde uitsluitingen van maatregelen.

De handhavende functie van SodM kan juist op dit punt waarde toevoegen. Door consequent te vragen naar volledige analyses, heldere aannames, reële energieprijzen, een onderbouwde beoordeling van terugverdientijden en een expliciete afweging van maatregelen, kan SodM ervoor zorgen dat bedrijven vergelijkbaar worden beoordeeld en dat achterblijvers worden aangesproken. Tegelijkertijd kan SodM goede voorbeelden uit de sector gebruiken om de lat voor andere bedrijven te verhogen. Daarmee ontstaat een gelijk speelveld en wordt voorkomen dat energiebesparing beperkt blijft tot een administratieve verplichting, in plaats van te leiden tot daadwerkelijke verbetering van de bedrijfsvoering.

Hier ligt een duidelijke taak om via toezicht en handhaving te zorgen dat energiebesparing niet vrijblijvend blijft, maar een structureel en toetsbaar onderdeel wordt van de bedrijfsvoering in de sector.

Dit belang neemt de komende jaren verder toe. De Erkende Maatregelenlijst staat gepland voor actualisatie in 2026, terwijl voor de energiebesparingsplicht in 2027 wijzigingen zijn aangekondigd. Daarbij wordt de terugverdientijdgrens naar verwachting verhoogd van 5 naar 7 jaar, waardoor het potentiële pakket aan verplichte maatregelen groter wordt. Daarnaast is aangekondigd dat sectoren met uniforme processen of dominant gebouwgebonden energiegebruik die nu onder de onderzoeksplicht vallen, ongeacht hun energiegebruik, alleen nog onder de informatieplicht zullen vallen. Dit kan mogelijk gevolgen hebben voor de mijnbouwsector.^{61 62 63}

Juist vanwege deze veranderingen wordt het voor SodM belangrijk om tijdig scherp te krijgen welke bedrijven en activiteiten onder welk regime vallen, en hoe energiebesparing binnen de sector toetsbaar en afdwingbaar blijft.

⁶¹ [*Erkende maatregelenlijsten \(EML\) | RVO.nl*](#)

⁶² [*Ontwikkelingen Energiebesparingsplicht 2027 | Informatiepunt Leefomgeving*](#)

⁶³ [*Overheid.nl | Consultatie Actualisatie energiebesparingsplicht 2027*](#)