



Handboek Geothermie 2014

Handboek geothermisch operator



Ministerie van Economische Zaken

Inleiding

Voor u ligt het 'Handboek Geothermie'. Dit handboek bevat een inleiding in de geothermie en richtlijnen voor een Veiligheids- en Gezondheidszorgsysteem (VG-zorgsysteem) voor geothermische operators. Ook beschrijft het handboek de geothermische sector en de organisatie daarvan in Nederland.

Voor een meer algemene inleiding over geothermie (met name in de glastuinbouw) verwijzen wij naar het 'Stappenplan winning aardwarmte glastuinbouw' dat op diverse plaatsen op het internet te vinden is, zoals op www.energiek2020.nu en www.geothermie.nl. Dit stappenplan bevat ook andere nuttige overzichten en tips voor de geothermische praktijk.

Dit handboek wordt in de tijd aangepast en verbeterd. Het sluit daarmee werkenderwijs hopelijk steeds beter aan bij de eisen en wensen van de (rijks-)overheid en van banken/verzekeraars, andere financiers, brandweer en gemeenten.

Om de werkwijze binnen de sector verder te standaardiseren en (daardoor) te verbeteren en projecten te versnellen, is in de tweede helft van 2014 gestart met het opstellen van 'Industriestandaarden en Recommended Practices'. Deze omvatten onder andere voorbeeldcontracten en standaardprocedures en zullen dan zorgen voor meer uniformiteit in de sector.

De samenstellers van dit handboek nodigen partijen uit om verdere inhoud aan het handboek te geven. Wij denken hierbij aan houders van opsporings- en winningsvergunningen voor geothermie, adviesbureaus en ervaringsdragers uit de olie- en gasindustrie, zoals NOGEPA (Nederlandse Olie en Gas Exploratie en Productie Associatie) en aan de diverse overheden. U kunt uw reacties richten aan info@geothermie.nl. Het handboek (en de bijlagen) is onder andere te downloaden via www.energiek2020.nu en www.geothermie.nl. U kunt ook op deze sites terecht voor meer informatie.

Dit handboek is ontwikkeld in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en LTO Glaskracht in het kader van het programma Kas als Energiebron. De redactieraad is vanuit vele bedrijven en organisaties gevoed met informatie. Dat waarderen wij zeer. Vanuit zijn functie als toezichthouder heeft Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) als waarnemer gefungeerd in de begeleidingscommissie.

De Redactieraad voor dit handboek bestond uit: Ad van Adrichem, Saskia Hagedoorn, Victor van Heekeren, Cees de Jonge, Gaby van der Knaap, Frank Schoof, Radboud Vorage, Wart van Zonneveld en Ted Zwinkels.

Leeswijzer

Het handboek is opgedeeld in twee delen:

1. Algemene beschrijving van geothermische projecten, van ontwerp tot sluiting
2. Richtlijnen voor een (voor alle fasen benodigd) VG-zorgsysteem

Daarnaast zijn diverse voorbeelden en check-listen als bijlage beschikbaar.

Wij hopen dat dit handboek een waardevolle bijdrage levert aan de ontwikkeling van en kwaliteitsbewaking in de geothermische sector in Nederland.

Namens de redactieraad,

Frank Schoof

Deel 1

Deel 1 van dit handboek Geothermie beschrijft de belangrijkste kenmerken van de geothermische sector en de manier waarop de sector is georganiseerd. Achtereenvolgens is besproken in welke context geothermische activiteiten plaatsvinden, wie daarbij zijn betrokken en welke rollen en verantwoordelijkheden partijen hebben. Ook zijn de verschillende fases van een project beschreven.

Inhoud

1.	Het geothermische 'veld'	6
1.1.	Inleiding	6
1.2.	Wettelijk kader	6
1.3.	De rol van vergunninghouders (operators).....	7
1.4.	Platform Geothermie en DAGO.....	7
1.5.	Fasering van geothermische projecten	8
1.6.	De organisatie van de operator.....	8
1.7.	Beoordeling door SodM, indieningstermijnen	9
2.	Ontwerpfase	10
2.1.	Inleiding	10
2.2.	Organisatie ontwerpfase.....	10
2.2.1.	Organisatieopbouw	10
2.2.2.	Onderdelen van de ontwerpfase.....	11
2.3.	Geothermisch ontwerp	11
2.3.1.	Ondergronds ontwerp.....	11
2.3.2.	Bovengronds ontwerp	14
2.3.3.	Interferentie	15
2.4.	Vooruitdenken.....	15
2.4.1.	Beheersmatig vooruitdenken	15
2.4.2.	Technisch vooruitdenken	15
2.5.	Vergunningen	16
2.6.	Omgevingsmanagement	16
3.	Boorfase	17
3.1.	Inleiding	17
3.2.	Organisatie van de boorfase	17
3.3.	Juridische zaken en vergunningen	18
3.4.	Bij SodM in te dienen documenten.....	19
4.	Test- & ontwikkelfase	21
4.1.	Inleiding	21
4.2.	Samenstelling en eigenschappen formatiewater.....	21
4.3.	Aandachtspunten test- & ontwikkelfase.....	22
4.4.	Organisatie test- & ontwikkelfase	22
4.5.	Radioactiviteit.....	25
4.6.	Putontwikkeling.....	26
4.7.	Aanleveren boorgegevens.....	29
4.8.	Juridische zaken en vergunningen	29
5.	Bouw installaties	31
5.1.	Inleiding	31
5.2.	Beheersorganisatie.....	31
5.3.	Een project op zich	31
5.4.	Vergunningen	32
6.	Winningsfase	33
6.1.	Inleiding	33
6.2.	Veiligheid in de winningsfase begint in de ontwerpfase.....	33
6.3.	Beheersorganisatie.....	34
6.4.	Vergunningen	36
6.5.	In te dienen documenten voor de start van de winning.....	36
6.6.	Bedrijfsvoeringsaspecten	37
6.7.	Geochemie, corrosie en scaling.....	38

7.	Sluiten	43
7.1.	Inleiding	43
7.2.	Indienen werkprogramma.....	43
7.3.	Veiligheid en gezondheid	45
8.	Begrippenlijst	46

1. Het geothermische 'veld'

1.1. Inleiding

Geothermie, het benutten van aardwarmte, vindt in Nederland zijn toepassing sinds 2007. Het aantal werkende installaties neemt momenteel toe met circa twee per jaar. De voor de aanleg en het gebruik te verrichten activiteiten vinden plaats binnen de context van de wetgeving en de afspraken binnen de sector zelf. Daarom is het van belang deze wettelijke kaders en andere afspraken over rollen en verantwoordelijkheden goed helder te hebben voordat een project van start gaat. Dit hoofdstuk beschrijft een aantal belangrijke kenmerken van de context waarbinnen geothermische activiteiten plaatsvinden. Het hoofdstuk eindigt met de fasering van geothermische projecten. Deze fasering wordt in de volgende hoofdstukken verder uitgewerkt.

1.2. Wettelijk kader

Alles wat met de opsporing, winning en het opslaan van delfstoffen en aardwarmte te maken heeft, is geregeld in de Mijnbouwwetgeving, de Wabo en de Arbowetgeving. In deze wetten en de daaraan gelieerde regelingen - het Mijnbouwbesluit en de Mijnbouwregeling - is bepaald waaraan een vergunninghouder moet voldoen en welke procedures van toepassing zijn. In de vergunning kunnen aanvullende voorwaarden worden gesteld, bijvoorbeeld ten aanzien van afspraken met omwonenden. Afhankelijk van de locatie en de omstandigheden, zijn verder vergunningen op basis van andere wetten vereist. Denk met name aan lozingsvergunningen (Rijkswaterstaat, waterschap) en vergunningen voor aan- en afvoer van (boor-)materiaal (wegbeheerder, gemeente). De stand van zaken met betrekking tot het Bevoegd Gezag voor de Wabo is weergegeven in [bijlage 1: 'vergunningsvormen voor geothermieprojecten bij tuinders'](#).

Oftewel: de wet- en regelgeving is hoofdzakelijk te vinden in:

- Mijnbouwwetgeving (Mijnbouwbesluit & Mijnbouwregeling)
- Besluit algemene regels milieu Mijnbouw (bekender onder de naam AMvB 125 of BARMM.)
- Arbowetgeving
- Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo)

Toezicht op de uitvoering van de Mijnbouwwetgeving is ondergebracht bij Staatstoezicht op de Mijnen, SodM. SodM gaat na of een operator (inclusief het ontwerp van zijn terrein, de vergunningplichtige werkzaamheden en/of installaties) aan de wettelijke eisen voldoet en kan zo nodig handhavend optreden. Hun missie geeft dat ook aan: *'Het zekerstellen dat de mijnbouw en het transport van gas op een maatschappelijk verantwoorde wijze wordt uitgevoerd'*.

SodM vormt zich een oordeel over de vraag of de activiteiten van de operator ook daadwerkelijk veilig en beheerst zullen verlopen. Dit gebeurt aan de hand van onderzoek van de documenten, waar nodig aangevuld met gesprekken en feitelijke inspecties. Als de kwaliteit onvoldoende is mogen de werkzaamheden dus niet starten of doorgaan.

Voor de opsporings- en winningsvergunningen is het Ministerie van EZ het Bevoegde Gezag. SodM adviseert het ministerie over de vergunningverlening.

De geldende wetten en andere bestuurlijke documenten zijn te vinden op internet, bijvoorbeeld via www.wetten.overheid.nl. U kunt zoeken op 'mijnbouwwet'. Zie ook de websites van

- het 'Nederlandse Olie & Gasportaal' NLOG (<http://www.nlog.nl/nl/home/NLOGPortal.html>) waar ook veel informatie over aardwarmte te vinden is, en van
- SodM (<http://www.sodm.nl/onderwerpen/aardwarmte/wetgeving>)

Deze sites bevatten ook nuttige achtergrondinformatie, overzichten et cetera.

1.3. De rol van vergunninghouders (operators)

Een vergunninghouder (in de praktijk en ook hierna soms 'operator' genoemd) moet zich realiseren dat hij een grote verantwoordelijkheid heeft tijdens de opsporing en winning van aardwarmte en de meekomende delfstoffen. Tijdens de realisatie van de putten en tijdens de bedrijfsfase zijn er typisch olie- en gas gerelateerde risico's. Bovendien staat een geothermische installatie voortdurend bloot aan verschillende elementen en daarmee aan slijtage. Daarnaast bevinden putten zich veelal in de nabijheid van gebouwen, huizen en andere voorzieningen waar gewoond en gewerkt wordt. De combinatie van risico's, kans op slijtage van veelal dure componenten en nabijheid van de bewoonde omgeving kan leiden tot ongevallen, hoge faalkosten en omgevingschade. Professioneel ontwerp, voorbereiding, uitvoering, onderhoud en beheer (O&B) voorafgaand en tijdens de boor-, test- en winningsfase zijn dan ook van groot belang voor de veiligheid en de technische performance en duurzaamheid van de geothermische installatie. Dit leidt direct tot vermindering van de faalkosten en –risico's en is derhalve ook van grote bedrijfseconomische waarde. **Een goed Veiligheids- en Gezondheidszorgsysteem ('VG-zorgsysteem') is dan ook onontbeerlijk.** De achtergrond en (mogelijke) inhoud van een dergelijk systeem zijn omschreven in deel 2 van dit Handboek. Daarnaast is de geothermie in Nederland in ontwikkeling en is dus het delen van kennis en ervaring en het continu verbeteren van de prestaties van belang voor de gehele sector.

Van een verantwoord werkende operator (met een opsporings- en/of winningsvergunning) in Nederland is te verwachten dat deze:

1. zijn VG-zorgsysteem actief gebruikt en minimaal jaarlijks actualiseert (en een regelmatige audit uitvoert);
2. zichzelf en zijn (betrokken) personeel schoolt en zich op de hoogte stelt van de ontwikkelingen in het vakgebied;
3. helpt om de branche-kennis en kwaliteit te verbeteren en anderen desgevraagd informeert over zijn bevindingen.

1.4. Platform Geothermie en DAGO

Het Platform Geothermie is een non-profit organisatie gericht op de bevordering van de toepassing van (diepe) geothermie in Nederland. Het Platform doet dit onder meer door kennisoverdracht en het geven van voorlichting over (diepe) geothermie door middel van presentaties, publicaties, nieuwsbrieven en de organisatie van symposia en werkbezoeken. Op de website www.geothermie.nl is meer informatie over het Platform te vinden.

In mei 2014 is de vereniging van 'doublet-eigenaren' opgericht ('DAGO, Dutch Association of Geothermal Operators). DAGO-leden voeren regelmatig overleg over met name de bedrijfsvoeringsaspecten van geothermische projecten. Namens/vanuit DAGO vindt over generieke issues overleg plaats met (vooral) SodM. Lidmaatschap staat in principe open voor alle vergunninghouders die binnenkort met de feitelijke boringen willen starten. Meldt u zich aan bij DAGO als het project de boorfase nadert.

Voor nieuwkomers in de geothermie is het van groot belang om in de voorbereidingsfase en de ontwerpfase veel kennis op te doen en te leren van de ervaringen binnen het Platform en DAGO. Platform en DAGO werken samen om deze operators van alle benodigde informatie te voorzien. Verdere standaardisering van de aanpak, kennisbijeenkomsten et cetera zijn in ontwikkeling om de operators te ondersteunen. Maak gebruik van de mogelijkheden die er zijn (en nog komen).

1.5. Fasering van geothermische projecten

In dit handboek onderscheiden we de volgende fases van een geothermisch project. Deze fases zijn in de volgende hoofdstukken verder toegelicht.



In [bijlage A 'Tijdschema'](#) is een globaal overzicht opgenomen van de doorlooptijden. Dit schema is indicatief. Voor de meest actuele versie kunt u de website van SodM (en Platform Geothermie) raadplegen. Wij adviseren het schema open te houden tijdens het doornemen van de hoofdstukken 2 tot en met 7 van dit deel van het handboek.

1.6. De organisatie van de operator

Om te beoordelen of een operator in staat is om zijn werkzaamheden, zoals de wet omschrijft 'daadwerkelijk veilig en beheerst uit te voeren', dient hij bij SodM aannemelijk te maken dat hij beschikt over:

1. ter zake kundig management;
2. voldoende vakbekwaam en ervaren (staf)personeel om de mijnbouwkundige processen te beheersen;
3. personeel dat voldoende bekend is met de Nederlandse wet- en regelgeving;
4. een organisatie die in staat is om adequaat te handelen als er zich calamiteiten voordoen;
5. een Plan van Aanpak voor het uitvoeren van de voorgenomen werkzaamheden;
6. voldoende financiële middelen om de voorgenomen werkzaamheden uit te voeren

De eisen die SodM aan de organisatie van de operator stelt zijn op de SodM- site te vinden:

<http://www.sodm.nl/sites/default/files/redactie/technische%20eisen%20aan%20operators%20aardwarmte.pdf>

Een toelichting in Powerpoint-vorm is te vinden op :

<http://www.sodm.nl/sites/default/files/redactie/nadere%20toelichting%20gestelde%20eisen%20websitever sie.pdf>

Bijlage 2 'Opbouw Operator-organisatie' geeft aan hoe een verantwoorde organisatie is op te bouwen.

1.7. Beoordeling door SodM, indieningstermijnen

SodM beoordeelt niet alleen de (onder 1.6 genoemde) organisatie van de operator en de bijbehorende (zorg-) systemen, maar ook de meer technische documenten. In elke fase zijn nieuwe/aanvullende documenten vereist. Deze zijn in de betreffende hoofdstukken beschreven (onder 'in te dienen documenten'). Vanaf de boor-/bouwphase zijn diverse VG-documenten vereist, als detaillering van de werkwijze in die fase. Deel 2 gaat hier dieper op in.

SodM beoordeelt de documenten; waar nodig volgen kritische vragen en zijn aanpassingen en aanvullingen vereist. Bij geconstateerde tekortkomingen vraagt SodM de onderneming via een brief een nadere invulling te geven en/of in de benodigde informatie te voorzien. Als de tekortkomingen de organisatie betreffen, dan is het belangrijk het zorgsysteem, de procedures en het 'lerend vermogen' (systematisch leren van de eigen fouten en die van anderen) structureel te verbeteren inclusief het toezicht op de naleving. Bij tekortkomingen in de techniek¹ dienen uiteraard adequate aanvullingen en herzieningen plaats te vinden.

Voor een goede beoordeling is voorafgaand contact met SodM aan te bevelen. In voorkomende gevallen is een overleg/voorbepreking op zijn plaats of noodzakelijk, bijvoorbeeld:

1. voorafgaand aan het aanvragen/verlenen van de opsporingsvergunning, voorafgaand aan de boring, tijdens de zelfevaluatie boren en winnen;
2. voorafgaand aan bijzondere werkzaamheden (zoals testen, schoonmaakacties en (groot) onderhoud);
3. voorafgaand aan het in gebruik nemen van de installatie;
4. telkens na afronding van de (reguliere) driejaarlijkse auditcyclus.

Ad. 1) Aanvraag opsporingsvergunning

Bij de aanvraag voor een opsporingsvergunning hoort een VG-zorgsysteem. De beschrijving omvat een uiteenzetting op hoofdlijnen, voor de verschillende mijnbouwkundige processen (fases). Zie deel 2 van dit Handboek voor de opbouw van het zorgsysteem. Verder dient (de directie van) de mijnonderneming duidelijk te maken dat een adequaat zorgsysteem aanwezig en functionerend is. De aanvraag is er in eerste instantie op gericht om het gebied 'aan maaiveld' vast te leggen waar geothermische warmte gezocht kan worden. In de aanvraag geeft dan ook, op basis van bijvoorbeeld een geologische quick-scan, een onderbouwing van de betrouwbaarheid van de geologische condities, de grootte van het reservoir en de diepte van de aan te boren formaties, zodat EZ (en de Mijnraad) de mogelijke effecten op andere mijnbouwactiviteiten kunnen (laten) inschatten.

Ad. 2) en 3) Bijzondere werkzaamheden, In gebruik nemen

Acht weken vóór de ingebruikname levert de operator het onderhangende² VG-document voor de winningsfase in, inclusief een 'Voorontwerprapport' (inclusief HAZID en HAZOP), en een document 'Gedetailleerd ontwerp, opstarten en gebruik'.

Vier weken vóór aan het uitvoeren van de bijzondere werkzaamheden moet een evaluatie ingeleverd zijn van alle beheerssystemen die bijdragen aan de vermindering van de risico's. De evaluatie bevat (ook) het verslag van de uitgevoerde audit op het zorgsysteem door een onafhankelijke auditor.

Ad. 4) Audit-cyclus

De operator dient het VG-zorgsysteem regelmatig door te lichten. Zie ook hiervoor deel 2 van dit Handboek. Het verdient aanbeveling de aard en de frequentie van de doorlichting zodanig te kiezen dat SodM de doeltreffendheid van het VG-zorgsysteem telkens na een aantal jaren kan beoordelen. Dat maakt het voor iedereen makkelijker.

¹ Stelt u zich dan ook de vraag waarom deze gebreken niet door u als operator zijn ontdekt.

² 'onderhangend' in de zin dat het VG-document dient te passen in de systematiek van het (bij de opsporingsvergunning beschreven) VG-zorgsysteem van de operator.

2. Ontwerpfase

2.1. Inleiding

De operator is eindverantwoordelijk voor een goed verloop van de ontwerpfase. Zijn organisatie (zie ook hoofdstuk 1) is daar dan ook op ingericht. Hij (en niet bijvoorbeeld het boorbedrijf) moet de relevante vergunningen aanvragen en zorgt ervoor dat bij het begin van de boorfase zijn werkplan bij SodM geen vragen meer oproept.

De operator dient zijn VG-zorgsysteem en daaronder hangende VG-documenten voor deze fase op orde te hebben. Deze documenten bevatten onder andere:

- Doelstellingen van dit project
 - Hoe wil de vergunninghouder de bron creëren & beheren?
- Risk-assessment (hoe worden welke risico's voorkomen/beheerst? In termen van de regelgeving: hoe is de 'implementatie van de beheersmaatregelen'?)
- Beschrijving van de (project-)organisatie en de taken/bevoegdheden van de betrokken medewerkers en partijen
- Organogram en communicatielijnen
- Beschrijving van de kwaliteitsbewaking

Veel operators vragen voor hun project SDE+-subsidie aan. De subsidieverlener vereist bij de SDE-aanvraag een geldige Wabo-vergunning ('omgevingsvergunning'). Deze vergunning omvat (ten minste) de inrichting van het boorterrein en de putkelders. Houd (dus) rekening met de doorlooptijd en met de benodigde informatieverstrekking aan het bevoegde gezag.

2.2. Organisatie ontwerpfase

2.2.1. *Organisatieopbouw*

Voor een heldere organisatie van de ontwerpfase wordt aanbevolen om een projectplan op te stellen waarin de te ondernemen stappen zijn benoemd met een peildatum en wie hiervoor verantwoordelijk is. De volgende aspecten komen hierbij aan de orde:

- Definieer welke uitkomsten van belang zijn en aan welke waarde of norm deze moeten voldoen
- Definieer de deelprojecten en hun samenhang/interfaces
- Maak een realistische (bouw-)planning, zorg voor alternatieven en back-ups
- Ga vroegtijdig met partijen in gesprek over de financiering
- Zorg voor het perfecte team...

Het is raadzaam om een team samen te stellen dat ervaring heeft met de lokale situatie en de ins en outs van (onder andere) het VG-zorgsysteem kent en werkt volgens de gemaakte afspraken zoals voor communicatie en taakverdelingen. Ga hier niet van uit, verifieer en train dat zo nodig ook! Wanneer de operator zaken doet met een bureau/organisatie met meerdere personen, maak dan afspraken over de teamsamenstelling zodat niet onverwacht mensen uit het team plaats maken voor anderen.

Met name de keuze van de projectleider/projectdirecteur is van belang. Deze zal immers het project intern en extern moeten vertegenwoordigen. Idealiter heeft hij (of zij) het volgende profiel:

- Heeft inhoudelijke kennis (helikopterview) van de levenscyclus van een geothermisch systeem (boren van gasputten, monitoren van integriteit aardwarmteputten en onderhouden daarvan).
- Kent de verschillende mijnbouwkundige processen.
- Kent de relevante wet- en regelgeving.
- Is vertrouwd met de (bijbehorende) administratieve verplichtingen.

- Is niet verbonden (in dienst van) een uitvoerende dienstverlenende onderneming die betrokken (ingehuurd) is in het geothermieproject.
- Is in dienst van vergunninghouder, draagt zorg voor de gewenste eindresultaten en is bevoegd te handelen.
- Is fulltime beschikbaar gedurende kritieke periodes en blijft in principe beschikbaar van de boor- tot en met de productiefase.
- Is een aantoonbaar ervaren project- en procesmanager.

Zie ook de eerdergenoemde [bijlage 2 'Opbouw Operator-organisatie'](#).

2.2.2. *Onderdelen van de ontwerpfase*

In de ontwerpfase komen de volgende activiteiten en onderwerpen aan de orde:

- Diepte, temperatuur en doorlatendheid van de aquifer aantonen en P90-studie (zie verderop voor uitleg) van het verwachte geothermische vermogen laten uitvoeren (*haalbaarheid*)
- Reservoir-geologisch model opstellen om de levensduur van het doublet te berekenen (*haalbaarheid*)
- 'Basis of design' van de gehele geothermische installatie opstellen (*uitvoerbaarheid*)
- Boorrisico's, beheersmaatregelen en de financiële gevolgen vaststellen (*risicomanagement*)
- Locatie specifieke risico's identificeren en ondervangen (*risicomanagement*)
- Business case opstellen en financiële haalbaarheid toetsen (*financierbaarheid*)
- Definitief projectplan opstellen met boorprognose, definitief putontwerp, completion (afwerking van de put in de aquifer), test- en exploitatieprogramma.
- Onderzoeken van contractvorm en mogelijkheid tot (financiële) risicoafdekking (in het contract en/of direct verzekeren), inclusief het anticiperen op eisen en timeframes van subsidies!
- Eventueel aanvraag tot wijziging van het bestemmingsplan indienen
- Voorbereiding van de aanbesteding aannemers, consultants en de boorinstallatie.



Voor meer details zie [bijlage 3 'Checklist voorbereidingsfase'](#).

2.3. Geothermisch ontwerp

2.3.1. *Ondergronds ontwerp*

Een betrouwbaar ondergronds/geologisch ontwerp van de geothermische aquifer (watervoerende laag) is de kern van een geothermieproject. De hoeveelheid beschikbaar geothermisch water bepaalt immers het ontwerp, de kosten en het risicoprofiel, zowel technisch als financieel. Uit de diepte van de aquifer, de temperatuur, de doorlatendheid en het putontwerp, inclusief het ontwerp van de geothermische installatie met ESP ('electrical submersible pump') volgt de prognose van het debiet (m^3/h) en de hoeveelheid winbare geothermische warmte. Dit wordt berekend met het programma DoubletCalc, een numerieke analyse die wordt uitgedrukt in de verwachtingswaarden P90-P50-P10. Deze berekening met een ondersteunende

geologische analyse is ook van belang bij de aanvraag van SDE+ subsidie en de SEI-regeling (kans op misboring). TNO controleert dan de berekeningen. Het programma is onder andere te vinden op <http://www.nlog.nl/nl/geothermalEnergy/DoubletCalc.html>.

LET OP: om het risico van misboring af te dekken kunt u onder voorwaarden in aanmerking komen voor deelname aan de 'Garantieregeling', formeel geheten: 'Regeling Nationale EZ Subsidies (RNES) - Risico's dekken voor aardwarmte' ofwel RNES Aardwarmte. (Voorheen de SEI-regeling).

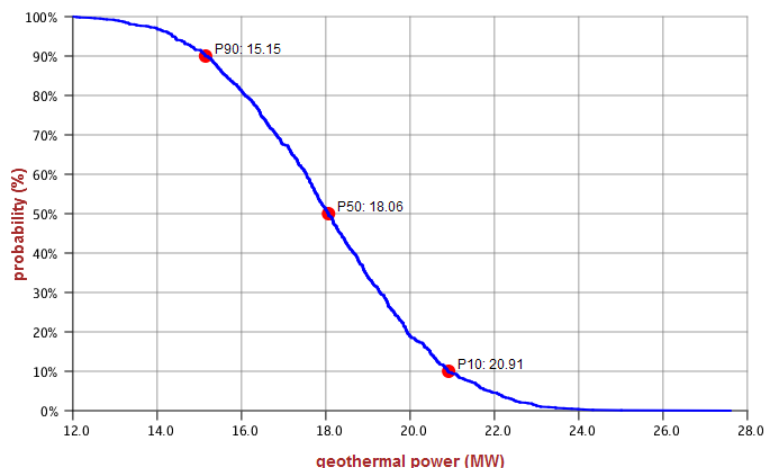
De voorwaarden zijn te vinden op <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/risicos-dekken-voor-aardwarmte>. Ook <http://www.nlog.nl/nl/geothermalEnergy/geothermalEnergy.html> geeft nader uitleg (onder 'Garantieregeling geothermie'. U dient bijvoorbeeld DoubletCalc gegevens aan te leveren.

Verwachtingswaarden P90- P50- P10

Vanwege de onzekerheden in de geologie van het opsporingsgebied werkt men met 'verwachtingswaarden' voor het te realiseren bronvermogen. Deze staan bekend als P90, P50 en zo voorts.

Hierin staat P90 voor: '*het indicatieve vermogen bij een overschrijdingskans van 90%*'. Anders geformuleerd: het vermogen dat de put met een kans van 90% tenminste kan leveren. (Er is dus 10% kans dat de put de P90 niet haalt³).

De P90 is dus groter dan de P50 en zo voorts. Een typisch verloop van de verwachtingswaarden is als volgt:



De belangrijkste geologische vragen in deze fase zijn daarom:

- Hoe krijg ik goede geologische informatie voor een betrouwbaar geothermisch reservoirmodel?
- Met welke risico's van de ondergrond heb ik te maken en hoe kan ik de bijbehorende maatregelen treffen?

De belangrijke geothermische parameters van een geologisch onderzoek zijn:

- geologische dikte (m)
- N/G (%) van de aquifer ('Nett/ Gross', ofwel netto vs bruto reservoirdikte ~ payzone)
- diepte (m) en temperatuur (°C)
- porositeit (%) en permeabiliteit (mD, milliDarcy)
- geologische heterogeniteit en anisotropie⁴ (verticaal vs horizontaal).

³ Voor de volledigheid: dit betreft de geologie. Als de put, de filters of de formatie dichtbij de put verstopt is, is het vermogen uiteraard minder!

⁴ anisotropie: het effect dat materialen in verschillende richtingen verschillend reageren. Zo kan bijvoorbeeld horizontale doorlatendheid verschillen van verticale doorlatendheid.

- breuken en effect op/ interferentie met nabij gelegen velden en kans op seismiciteit (bodembewegingen)
- benodigd pompvermogen en COP (Coefficient of Performance van de installatie)
- zoutgehalte van formatiewater
- kans op opgelost gas en vrij gas

De belangrijke elementen van een putontwerp zijn:

- ondergronds doubletontwerp met productie- en injectieafstand
- verbuizingschema met diameter (hangt onder andere samen met haalbaar debiet)
- casing-shoe diepte (afstemmen met geologische gelaagdheid en risico's)
- type bronpomp (ESP, electric submersible pump) (hangt samen met diepte en diameter)
- reservoir-testprogramma (hangt onder ander af van de diepte)
- te installeren filters en completion
- Hydraulische (over-)druk prognose
- Materiaalkeuze en -kwaliteit (bijvoorbeeld de staalkwaliteit hangt af van de (geo-)chemie en de verwachte eigenschappen van het formatiewater)
- corrosiebeheersplan
- drukbeheersing en veiligheidsprocedures (QHSE)

De geothermische energie uit een doublet is als volgt te berekenen:

$$P_{th} = q \cdot \Delta T \cdot C_w / 3600 \text{ [MW}_{th}]$$

waarin

P_{th} = potentiële geothermisch vermogen in MW_{th}

q = geothermische flow in m^3/h

ΔT = temperatuurverlaging $^{\circ}C$ ('delta T')

C_w = specifieke warmte van water in MJ/m^3K

De energetische prestatie is uit te drukken als:

$$Eff_{geoth} = E_{resflow} - E_{pomp}$$

en

$$CoP = E_{resflow} / E_{pomp}$$

waarin

Eff_{geoth} = verkregen energie

$E_{resflow}$ = geothermische energie uit het reservoir

E_{pomp} = energie nodig voor ESP en (indien aanwezig) injectiepomp

CoP = Coefficient of Performance, de verhouding tussen de hoeveelheid verkregen warmte tegenover de hoeveelheid verbruikte energie.

De geologische modellering kan dan het volgende beeld opleveren:

Input			Output	
<i>Reservoir parameter</i>	<i>eenheid</i>	<i>berekende variatie</i>	<i>verwacht geothermisch vermogen</i>	<i>MWth</i>
Zoutgehalte	g/l	210 (L) 280 (M) 300 (H)	P90	15.1
Geothermische gradient	°C/100m	0,0276	P50	18.9
Permeabiliteit	mD	200 (L) 430 (M) 510 (H)	P10	21.4
N/G dikte	m	0.79 (L) 0.9 (M) 1,0 (H)		
Aquifer top (productieput)	m TVD	2748		
Aquifer top (injectieput)	M TVD	2583		
Reservoirtemperatuur	°C	100.8		
Injectietemperatuur	°C	42.0		

Voorbeeld van input and output parameters in een geologische onzekerheidsanalyse van een geothermisch project.

2.3.2. Bovengronds ontwerp

Rekening houdend met onzekerheden in hoeveelheden en samenstelling van het formatiewater (zie ook de hoofdstukken 4 en 5) is een voorlopig ontwerp te maken van de bovengrondse apparatuur. De belangrijkste zijn:

- Een frequentieregelaar voor de elektrische onderwaterpomp (ESP), die het waterdebiet (uit de put regelt).
- Een 'degasser'/separator' die eventueel meegeproduceerde olie en gas scheidt van het formatiewater. Deze staat meestal naast de aardwarmtecentrale
- Een ketel of wkk-installatie voor de verbranding van het afgevangen (methaan) gas met eventueel een fakkel als (nood-)brander
- Filters voor de verwijdering van zand, fijne deeltjes en eventuele corrosiedeeltjes, om vervuiling van de warmtewisselaars en verstopping van de injectieput tegen te gaan.
- Warmtewisselaars, die de warmte vanuit het circuit (injectie- en productieput) overdragen op het warmtedistributienetwerk (aan- en afvoer, buffer en verwarmingsbuizen). Dit is de scheiding tussen het zoute formatiewater en het CV-water in het distributienetwerk.
- Pompen voor de circulatie in het distributienetwerk.
- Een injectiepomp voor het terugpompen van het afgekoelde water in injectieput en doseerinstallatie voor corrosiewerende vloeistof en/of het tegengaan van neerslag.
- Meet- en regelapparatuur om de delen van de installatie te kunnen bedienen en bewaken.

Soms is bij de aardwarmtecentrale ook een warmtekrachtinstallatie, een warmtepomp en/of pieklastketel nodig. De pieklastketel kan de extra vraag naar warmte op koude dagen opvangen. Daarnaast dient deze als back-up. Of een pieklastketel noodzakelijk is, is afhankelijk van de broncapaciteit en de grootte van de warmtevraag.

Laat u adviseren door één van de diverse adviesbureaus voor het ontwerp, de aanbesteding en de uitvoering. Het valt buiten de scope van dit Handboek om de diverse mogelijke uitvoeringsvormen met hun eigen voor- en nadelen hier te beschrijven en af te wegen.

2.3.3. *Interferentie*

Interferentie (onderlinge beïnvloeding van de putten)

Is een onderwerp dat de nodige aandacht verdient, zeker als putten/ doubletten dicht bij elkaar gepland zijn.

Interferentie tussen de eigen producer en injector is op termijn onvermijdelijk: de 'doorbraaktijd' (tijdsduur tot het afgekoelde injectorwater de temperatuur van het productiewater gaat beïnvloeden.) Deze doorbraaktijd hangt af van de geproduceerde hoeveelheid water, de afstand op einddiepte tussen productie- en injectieput - in de praktijk meestal tussen 1.000 en 2.000 meter - en van de poreusheid en de dikte van de aquifer. Vanaf het moment van doorbraak arriveert nog niet volledig opgewarmd injectiewater in de productieput. Daardoor zakt de temperatuur van het productiewater geleidelijk. De exploitatie van aardwarmte is voort te zetten totdat de temperatuur van het productiewater een kritische ondergrens heeft bereikt.

Interferentie tussen doubletten onderling kan positieve effecten hebben (zoals verbetering van de injectiedruk of de productiedruk) maar ook negatieve (verkorting van de doorbraaktijd). In 2010 is door TNO een onderzoek gedaan naar de optimale plaatsing van doubletten ten opzichte van elkaar. De conclusies zijn met veel voorbehouden en aannames omgeven en daardoor niet generiek toepasbaar. Duidelijk is dat elke nieuwe boring weer nieuwe en zeer relevante informatie oplevert voor de plaats van de volgende. Momenteel (2014) zijn met name in het Westland gesprekken gaande over onderlinge afstemming en informatie-uitwisseling gedurende ontwerp- én winningsfase. Door informatie in te winnen bij DAGO en/of de betrokken operators kunt u zich hierover een actueel beeld vormen.

2.4. Vooruitdenken

Bij geothermische projecten is vooruitdenken essentieel, zeker in de voorbereidings- en de ontwerpfase. Bij het vooruitdenken maken we onderscheid tussen 'beheersmatig vooruitdenken', 'technisch vooruitdenken' en 'risicomanagement'.

2.4.1. *Beheersmatig vooruitdenken*

De boor- en testfases zijn belangrijk, maar het geld wordt verdiend in de winningsfase. Ook in die fase moeten de veiligheid en kwaliteit gewaarborgd zijn. Het is daarom noodzakelijk in de voorbereidende fase de organisatie (en veiligheid) voor de winningsfase 'in de steigers te zetten' en aan de overheid te presenteren. Denk aan de VG-documenten en zie hoofdstuk 5 voor een verdere precisering. Er spelen vragen zoals: Wie gaat de exploitatie doen? Wordt hiervoor een BV opgericht? Hoe zorgen we dat voor deze organisatie ons VG-zorgsysteem past? Is deze organisatie ook financieel in staat kwalitatief goed en veilig productie te draaien? Et cetera.

2.4.2. *Technisch vooruitdenken*

Bij het technisch vooruitdenken gaat het meer om de aardwarmtewinning zelf. Het aantreffen van onverwachte bijvangst (olie, gas of nog andere stoffen) zal bijvoorbeeld leiden tot aanpassing van de installatie, van de testprocedures en (wellicht) van de exploitatie. Kijk of hier vroegtijdig rekening mee te houden is. Bereken bijvoorbeeld de 10^{-6} -veiligheidscontour (onderdeel van de QRA, uitleg verderop) en houd rekening met de consequenties, bijvoorbeeld het ruimtebeslag en de locatie van de verschillende installatiedelen.

Bij technisch vooruitdenken hoort ook het inlezen in de voorschriften die gelden voor de boorlocatie en de winningsinstallatie.

2.5. Vergunningen

Voorafgaand aan de ontwerpfase heeft de operator een opsporingsvergunning aangevraagd en verkregen. Voor de ontwerpfase zelf zijn geen vergunningen vereist. In de ontwerpfase vraagt de operator wel de benodigde toestemmingen/vergunningen voor activiteiten in de boorfase aan, zoals aangeven in Hoofdstuk 3.

Op het gebied van vergunningen en de rol die de operator daarin heeft, geeft de toelichting op de Mijnbouwwet, artikel 22, 5e lid, het volgende aan:

De operator is de persoon (natuurlijke of rechtspersoon), die door de houder van de vergunning wordt aangewezen om de feitelijke werkzaamheden te verrichten of daartoe opdrachten te verlenen.

Er kunnen meerdere personen participeren in een vergunning. Alle personen bij elkaar worden als één 'vergunninghouder' beschouwd. Het verrichten van de feitelijke werkzaamheden of het verlenen van opdracht daartoe is slechts toegestaan aan de aangewezen persoon. De aanwijzing van die persoon vindt voor de eerste maal plaats 'in de vergunning' (Mijnbouwwet, art.22, 6^e lid). Naderhand kan een andere persoon worden aangewezen, nadat de vergunninghouder daartoe schriftelijke toestemming van de Minister van EZ verkregen heeft.

2.6. Omgevingsmanagement

Afhankelijk van de locatie is het omgevingsmanagement belangrijk tot zéér belangrijk. De aanleg van de boorlocatie, en zeker de boring zelf vereist vaak veel transport van en naar de site, geluid (zie eisen BARM), en bovendien is boren een continu (24/24) proces. Dit roept vragen op bij omwonenden. Vroegtijdige informatieverstrekking en afstemming met bijvoorbeeld bewonersorganisaties is dan ook aan te bevelen. Informeer bij de operators van bestaande putten naar de informatieverschaffing, de rol van de website (raadpleeg zelf hun website!), eventuele FAQ's en dergelijke.

Geef niet alleen informatie over de boorfase, maar ook, of wellicht: vooral, over de winningsfase. Waar moeten de omwonenden misschien de volgende 30 jaar tegenaan kijken? Wat is het doel van het project. Hoe zijn de risico's beheerst? Kunnen de omwonenden meeprofiteren?



3. Boorfase

3.1. Inleiding

De boorfase is de meest risicovolle fase van het project, zeker wat veiligheid betreft. Een groot aantal partijen komt op de boorlocatie, er wordt continu gewerkt en de beslissingen moeten (meestal) snel genomen worden.

Het VG-zorgsysteem en de daar onder hangende VG-documenten (Project Specific Safety and Health Plan, Fire Fighting and Rescue Plan en het Blow-out Contingency Plan) voor deze fase moeten daarop ingericht zijn. Tevens moet de inpassing gewaarborgd zijn van de VG-zorgsystemen van de leveranciers in het (overkoepelende) systeem van de operator. Deel 2 van dit handboek gaat verder in op het VG-zorgsysteem. De boorfase kent veel onzekerheden. Onzekerheden die voor een deel af te dekken zijn via af te sluiten verzekeringen. Boorrisico's zijn in principe verzekeraar, evenals de productieverwachtingen. Hierbij is een heldere definitie van de productie en productieomstandigheden van belang.



Voorbeeld van de bouw van putkelders.

3.2. Organisatie van de boorfase

De organisatie tijdens de boorfase volgt onder meer uit de wijze van aanbesteden van de werkzaamheden. In grote lijnen zijn er twee uitersten: het lump-sum contract en het day rate contract. In het eerste geval is er met de boorfirma een prijs uitonderhandeld voor de realisatie van de putten en liggen alle coördinatieverplichtingen en prijsonderhandelingen met de subcontractors bij de boorfirma. Lumpsum-contracten zijn er in talloze vormen. De operator kan hierbij kiezen welke zaken en risico's hij daarin opneemt. In het tweede geval stuurt de operator alle activiteiten aan van de boorfirma en de subcontractors en wordt er afgerekend op de bestede uren. Er is nu geen sprake van een resultaatverplichting maar van een inspanningsverplichting.

Aannemers/contractors voeren een groot aantal activiteiten uit voor de operator. De operator selecteert de aannemers op basis van professionele vaardigheden, HSE-prestaties (Health, Safety & Environment), planning en economische aspecten. Voor bijvoorbeeld de booractiviteiten is de uitbesteding gespecialiseerd werk, waarvoor diverse bureaus ondersteuning aanbieden. Zoals bij elke aanbesteding is het verstandig de selectiecriteria van te voren goed te overdenken en vast te leggen en bij de beoordeling systematisch te werk te gaan.

Grotere aannemers die onafhankelijke diensten verlenen voor de operator (geologische en -seismische diensten, boren, platform/module-engineering en -constructie, constructie van pijpleidingen enzovoort), moeten de geschiktheid van hun managementsystemen aantonen (gebaseerd op internationale standaarden,

zoals OHSAS 18001, ISO 14001 en 9001). SodM gebruikt bij de beoordeling de NTA 8620⁵ als leidraad. Uiteraard is dit maatwerk.

Alle grotere aannemers zijn verantwoordelijk voor hun werkplek en voor de coördinatie en uitvoering van hun activiteiten die worden uitgevoerd vanaf de werkplek. Als zij werkzaamheden uitvoeren in de nabijheid van werkplekken van de operator, moet er een overbruggingsdocument ('bridging document') zijn ontwikkeld voor het beheer van de interfaces tussen de managementsystemen van beide ondernemingen. Indien van toepassing moet ook een VG-document zijn ontwikkeld voor gelijktijdige werkzaamheden. De operator blijft eindverantwoordelijk.

Andere aannemers moeten beschikken over basiskennis van de HSE-aspecten binnen de reikwijdte van hun activiteiten en moeten voorzien in een eenvoudig en effectief systeem (bijv. VCA). Deze aannemers voeren werkzaamheden uit onder het managementsysteem van de operator (toolbox-meetings, geven werkvergunning zoals bepaald is in het PSSHP).

3.3. Juridische zaken en vergunningen

(Onderstaande gaat er van uit, dat de opsporingsvergunning (eerder) al verkregen is! Zie ook hoofdstuk 1.)

Voor de boring is in ieder geval een omgevingsvergunning verplicht, naast eventuele andere vergunningen/goedkeuringen. Al deze vergunningen stellen eisen aan het ontwerp en de uitvoering van het project.⁶

De lijst van de aan te vragen vergunningen bestaat ten minste uit: (in sommige gevallen is de gemeente GEEN Bevoegd Gezag, zie de [bijlage 1 'Vergunningsvormen voor geothermieprojecten bij tuinders'](#).)

1. Omgevingsvergunning, meestal aan te vragen bij de gemeente, bestaande uit:
 - Aanlegdeel bassin welltest
 - Aanlegdeel verhardingen
 - Uitwegdeel
 - Bouwdeel boorkelders
 - Bouwdeel pompruimte zonder installaties
 - Eventueel: bouwdeel silo (rioolbuffer of welltestbuffer)

Planning: 3 à 4 maanden voor start aanleg boorlocatie

Doorlooptijd: 8-14 weken (passend binnen het bestemmingsplan)

2. BARMM-melding, in te dienen bij het Ministerie van EZ

Het heien van de conductor is onderdeel van het werkplan, en dus ook te specificeren en te melden.

Planning: 4 tot 8 weken voor aanvang boren

Doorlooptijd: 4 weken

Voor de volledigheid zijn ook de vergunningen voor de volgende fases vermeld:

Test- & ontwikkelfase (zie ook hoofdstuk 4)

BARMM-melding, te doen bij het Ministerie van EZ

Planning: 4 tot 8 weken voor aanvang van de tests

Doorlooptijd: 4 weken

Duur test- & ontwikkelfase maximaal 3 maanden

⁵ Deze NTA bevat eisen voor een VG-zorgsysteem voor het voorkomen van zware ongevallen waarbij een of meer gevaarlijke stoffen zijn betrokken en voor het beheersen van de gevolgen daarvan.

⁶ Per vergunning kunnen afwijkende eisen gesteld worden.

Installatiebouw-fase en Winningsfase (zie ook hoofdstuk 5, 6)

Omgevingsvergunning, aanvraag in te dienen bij het Ministerie van EZ

- Bouwdeel installaties (met name de ontgasser)
- Milieudeel inclusief aanmeldingsnotitie m.e.r.-beoordeling

Planning: conceptaanvraag zo vroeg mogelijk in het traject. (praktisch: direct na uitbesteding boren in een "worst-case" format.)

Doorlooptijd: ongeveer 6 maanden.

Winningsvergunning, aanvraag in te dienen bij het Ministerie van EZ

Planning: conceptaanvraag op zijn vroegst na de eerste well-test, bij voorkeur na de tweede well-test

Doorlooptijd: 6-12 maanden.

3.4. Bij SodM in te dienen documenten

Om de boorfase in te gaan, dient de operator nog een aantal andere documenten op te stellen en in te dienen bij SodM. De meest relevante documenten betreffen:

- Geologisch onderzoek (uit hoofdstuk 2) inclusief de inschatting van de aanwezigheid van olie/gas, het profiel van het beoogde boortraject en de dieptecontourkaart van de waterlaag waarop de boring is gericht. SodM zal op basis hiervan door de Adviesgroep EZ ('AGE') van TNO laten nagaan of er een kans is (en zo ja, hoe groot) op het aantreffen van olie en gas, en op de mogelijk invloed die injectie of productie heeft op spanningen op de breukvlakken en (dus) op mogelijke bevingen. Per vergunning kunnen er aanvullende voorwaarden gesteld worden. Het verdient aanbeveling het geologisch onderzoek circa zes maanden voor de boring te bespreken, zodat aanpassingen mogelijk zijn zonder grote consequenties voor het ontwerp en (dus) de kosten. Let er ook op dat (meestal) de opsporingsvergunning verlangt dat de operator dit rapport *vóór het einde van het tweede jaar* na vergunningverlening inlevert.
- Zelfevaluatie circa zes maanden vóórdat de eerste boring van start gaat (zie [bijlage 4 'zelfevaluatie van het boorproces'](#)), met daarin onder andere de visie en eisen van de operator betreffende:
 - Ontwerp van boorgaten (well design)
 - Aanleg van boorgaten (well construction)
 - Beheersing en beveiligingen bij de aanleg van boorgaten (well control)
 - Reactie op noodsituaties (emergency response)
 - Algemene aspecten

Het advies is om de zelfevaluatie van het winningsproces terzelfder tijd uit te voeren. Dit zorgt ervoor dat de installatie en de ondergrondse apparatuur écht met het oog op de bedrijfsvoering is ontworpen en voorkomt zo verrassingen aan het begin van de bedrijfsvoeringsfase.

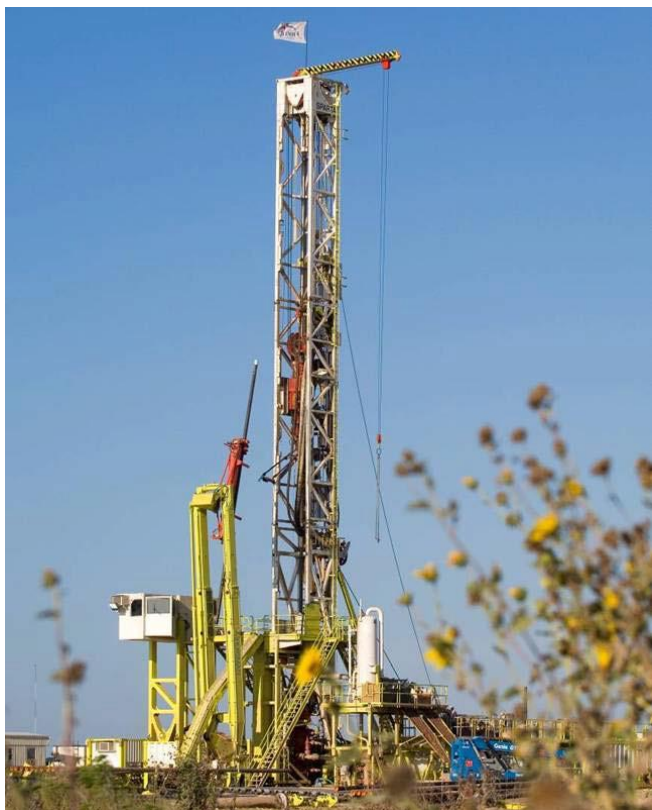
- Boorprogramma (vier weken vóór de start van de boorfase indienen bij SodM), met:
 - Putontwerp
 - Acceptatiecriteria (wanneer is de put 'af')
 - Procedure voor het Management of Change (MoC)
 - Rapport toets putontwerp volgens well-verification scheme door een onafhankelijke well examiner
 - Plan hoe tijdens de boor- en testfase aan de milieuregels (d.w.z. aan de BARM-eisen) wordt voldaan ten aanzien van bodem, lucht, licht, geluid en externe veiligheid. Bijvoorbeeld voor de behandeling van de boorvloeistof gelden de zgn. REACH-eisen.⁷
 - Meet- en monitoringsplan
 - Calamiteitenbeheersplan (moet samenvallen met VG-documentatie)
 - Competentiematrix, verificatie- en autorisatieschema voor de boorfase

⁷ Voor meer info over REACH: <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/gevaarlijke-stoffen/vraag-en-antwoord/wat-is-reach.html>

Zoals hiervoor al is genoemd, is een second opinion vereist op het putontwerp door een independent well examiner. Voor de bijbehorende richtlijnen voor dat onderzoek, zie [bijlage 5 'richtlijn independent well examination'](#).

- **VG-document** voor bijzondere werkzaamheden (voor het boren, eventueel al direct voor het testen), als bedoeld in artikel 2.42 van het Arbeidsomstandighedenbesluit, en artikel 3.7 van de Arboregeling. Hierin geeft de operator aan hoe hij de risico's tijdens de boor- en test- & ontwikkelfase beheerst. De operator levert dit document vier weken vóór de start van de boorfase ter controle in bij SodM. Het bevat de geïdentificeerde gevaren, een evaluatie daarvan, de genomen maatregelen om ze te beheersen, de wijze waarop hij zorgt voor een effectieve samenwerking tussen de verschillende partijen die bij de boring actief zijn, de manier waarop de operator dit gaat (of laat) coördineren, de manier van toezicht houden op onder andere de veiligheid van de gebruikte apparatuur, en de beheersing van mogelijke calamiteiten. Een en ander staat bekend als: Project Specific Safety and Health Plan, Fire Fighting and Rescue Plan en het Blow-out Contingency Plan. (brandbestrijdings- en noodplan). Zie [bijlage 6: 'voorbeeld VG-documenten voor de boorfase'](#).
- **BARMM-melding**. De operator levert dit document uiterlijk vier weken vóór de start van de boorfase in bij SodM. Aan te bevelen is om het document eerder op te stellen (en te bespreken), omdat de BARMM richtlijnen en kwaliteitseisen geeft waaraan de boorlocatie moet voldoen. Voor het indienen van de BARMM-melding is ook een kwantitatieve risicoanalyse (QRA-berekening) nodig. Nadere uitleg over de BARMM is opgenomen in [bijlage 7 'inhoud van een BARMM \(melding\)'](#).

Als achtergrondinformatie is opgenomen [bijlage 8 'Inhoud van een VG-document'](#), zoals dat volgt uit de Arbeidsomstandighedenregeling.



'Sfeerimpressie' van een boortoren

4. Test- & ontwikkelfase

4.1. Inleiding

Tijdens de test- en ontwikkelfase wordt de productiviteit en indien gewenst de injectiviteit van de putten getest en indien nodig en mogelijk, te verbeteren ('ontwikkelen'). Daarnaast is deze fase bedoeld om de (overige) eigenschappen van het formatiewater, het reservoir en de putten te bepalen. Met deze gegevens is de aard en omvang van de bovengrondse apparatuur te bepalen, voor de test- & ontwikkelfase en voor de winningsfase. De opstelling en werkwijze van de apparatuur in de testfase zijn niet per se toegestaan voor de hierop volgende winningsfase. Houd hier vroegtijdig rekening mee!

In principe zijn er twee soorten tests: de productietest en de injectietest.

Bij het testen en ontwikkelen gelden de veiligheidsprincipes die in de olie- en gasindustrie ontwikkeld zijn.

Denk hierbij onder andere aan:

- Continue meting/registratie van gassen (en andere koolwaterstoffen).
- Ontwerp en aanleg van de (tijdelijke) bovengrondse installatie, rekening houdend met de maximaal mogelijk optredende drukken.
- Meting aanwezigheid radioactieve stoffen (LSA) vooraf en achteraf
- Afstemming van de (start van) de werkzaamheden met de benodigde instanties, zoals brandweer en SodM.

De tests leveren voor de eerste keer 'formatiewater' (water uit de putten) op. Dit water bevat een aantal andere (delf-)stoffen en verontreinigingen. Het is op voorhand is niet met zekerheid te zeggen dat er geen gas of olie meekomt. In de testopstelling is daarom een gas/waterscheider nodig, die wellicht in een definitieve installatie achterwege kan blijven. Bij een laag bubble-point is het mogelijk om de winningsinstallatie zo te ontwerpen dat het gas opgelost blijft in het geothermiewater. Dit heeft als voordeel dat er minder neerslag is.

De operator dient voorbereid te zijn op de behandeling van het formatiewater. Paragraaf 4.2. is dan ook gewijd aan het beschrijven en uitleggen van de tot nu toe in de bestaande geothermieprojecten (mogelijke) 'bijvangst' en verontreinigingen. De volgende paragrafen gaan in op de tests zélf.

Via onderstaande link is een filmpje te zien van een eerste productietest:

<https://www.youtube.com/watch?v=OUBUg6NdRMo&NR=1>

Een deel van de in de eerste weken/maanden benodigde apparatuur is vrijwel zeker tijdelijk. Denk hierbij aan:

- extra fijne/grote filters, met bijbehorende appendages
- fakkel
- containers voor opvang van residu
- containers of bassins voor opvang van geothermiewater, als dat om wat voor reden dan ook niet geïnjecteerd kan worden. *Dit kan gaan om duizenden kubieke meters water!*

Deze apparatuur is te huur maar uiteraard ook te koop. Hierbij kunnen lange levertijden aan de orde zijn.

4.2. Samenstelling en eigenschappen formatiewater

Formatiewater is uiteraard geen zuiver H₂O. Het bevat onder andere grote hoeveelheden zout (NaCl). Door de ontstaansgeschiedenis van de geologische afzetting waaruit het water onttrokken wordt, zijn nog andere stoffen denkbaar of zelfs waarschijnlijk. Onder andere:

- Methaan en/of andere koolwaterstoffen. Deze zijn 'opgelost' of in vloeistofvorm aanwezig in het reservoir. De 'lagere koolwaterstoffen' worden gasvormig zodra de druk afneemt (dat wil zeggen in de productiebuis op weg naar het oppervlak). Dit wordt toepasselijk het bubble-point genoemd. De hogere koolwaterstoffen blijven in de vloeistoffase, afhankelijk van de temperatuur.

- Metalen, zoals lood en ijzer. Dit lood kan bovendien licht radioactief zijn en neerslaan afhankelijk van de temperatuur. Corrosie van de casing kan hierbij als katalysator optreden, onder invloed van de temperatuur. Dit is tot nu toe alleen bekend van een injectieput. Let op: houd in dergelijke gevallen ook de bovengrondse installatie in de gaten! Zie ook paragraaf 4.5. over LSA/radioactiviteit.
- H₂S (zwaveldioxide). Dit is tot nu toe niet in Nederland voorgekomen.
- Als laatste is nog het zand (en klei en kalk) uit de formatie te noemen. Zo kan de kalk neerslaan, onder andere doordat temperatuur en samenstelling van het formatiewater veranderen, hoofdzakelijk door warmteonttrekking en ontgassing. Deze verschijnselen zijn in meer detail beschreven in het hoofdstuk over de winningsfase.

Het verdient aanbeveling met de geologische adviseurs goed door te spreken welke stoffen mogelijk en welke waarschijnlijk zijn en te zorgen dat er afstemming is met het testteam en het team dat de bovengrondse installaties ontwerpt. De afvoer van het eerste formatiewater (testwater) is behandeld in één van de volgende paragrafen.

4.3. Aandachtspunten test- & ontwikkelfase

Afhankelijk van de locatie is omgevingsmanagement belangrijk. De test- & ontwikkelfase gaat typisch gepaard met veel transport van en naar de site, geluid, affakkelen, geur et cetera. Dit kan veel vragen oproepen bij omwonenden. Vroegtijdige informatieverstrekking en afstemming met bijvoorbeeld bewonersorganisaties is dan ook aan te bevelen. Nodig bijvoorbeeld omwonenden uit voor een presentatie en rondleiding op locatie.



Tankwagens voor afvoer formatiewater.

4.4. Organisatie test- & ontwikkelfase

In deze fase is de rol van de booronderneming en de drilling-supervisors een stuk kleiner geworden. Het komt nu aan op meer operationele productie-ervaring in plaats van 'boor-ervaring'. De operator moet (net als in de boorfase) onder andere voldoen aan de eisen uit de AMvB 125. Dat betekent bijvoorbeeld dat zijn organisatie in staat is de testactiviteiten te plannen en te overzien en met de bevoegde instanties (SodM, brandweer) de plannen, veiligheid en beheersmaatregelen heeft afgestemd. Voorts is tijdige melding (vier weken van tevoren) van het testplan vereist, zodat publicatie et cetera kunnen plaatsvinden. Als de operator niet zélf voldoende kennis in huis heeft gehaald kan hij (deels!) daarvoor adviseurs vragen.

De test- & ontwikkelfase valt min of meer uiteen in de volgende delen:

1. Schoon produceren (stel van te voren de criteria vast wanneer er sprake is van 'schoon', zie ook de aandachtspunten in dit hoofdstuk)
2. Beschrijven van de test: bepalen van de te meten items, de werkvolgorde, veiligheidsmaatregelen en de benodigde apparatuur.
3. Waarschijnlijk (afhankelijk van het putontwerp en de test) is het nodig om ontheffing aan te vragen bij SodM om de put tijdelijk met een enkelvoudige beveiliging (de vloeistofkolom in de casing) open te hebben. Om bijvoorbeeld een pomp in de put te installeren wordt de putkop verwijderd, met daarin de afsluiters. Hierbij is verscherpt toezicht vereist. Gedurende een korte periode staat SodM dit toe, mits men een en ander zorgvuldig uitvoert en (dus) tijdig aan hen voorlegt. (Hou rekening met een doorlooptijd van twee weken.)
4. Installeren van de benodigde tijdelijke bovengrondse apparatuur.
5. Productietest (en/of injectietest) van de beide putten.
6. Eventueel Installeren van extra apparatuur.
7. Ontwikkelen van de putten.

Het ontwikkelen/stimuleren van putten is een operatie die vergelijkbaar is met de booroperatie, bijvoorbeeld qua voorbereiding, documentatie en toezicht. Denk dus van te voren goed na over de bijbehorende aanpak, de doorlooptijden en de organisatieaspecten, inclusief het overleg met SodM.

De verschillende onderdelen van de test- & ontwikkelfase zijn hieronder kort toegelicht.

(Kortdurende) productietesten

Na elke boring vindt een puttest (onttrekkingstest) plaats.

De puttest dient er voor om:

- De productiecapaciteit te bepalen
- Schoonproduceren en de boorvloeistof te verwijderen en
- een betere indruk te krijgen van de temperatuur en samenstelling van het te winnen water en de overige delfstoffen (in de praktijk: gas).
- De connectiviteit te bepalen in verband met de doorbraaktijd

Een onttrekkingstest kan gebruik maken van een ESP of van de air-lift-techniek. In het laatste geval wordt het geothermiewater omhoog gevoerd met behulp van perslucht. Het voordeel is dat de ESP niet beschadigd raakt door meegevoerd zand uit het reservoir. Een nadeel van deze techniek is, dat het niet mogelijk is om een uitspraak te doen over de hoeveelheid gas die opgelost zit in het geothermiewater.

Idealiter wordt ook de injectiviteit bepaald. Dit vereist het plaatsen van de wellhead, pompen, zeer goede (tijdelijke) filters en een chemische waterbehandeling (Bij het gebruik van vers water is een behandeling vereist met KCL, biocide en oxygen scavenger) om vervuiling en zwellen van mogelijke kleideeltjes in het reservoir te voorkomen.

De puttesten zijn ingedeeld in drie of meer volumestappen. Elke stap wordt idealiter uitgevoerd tot de pompdruk bij de ESP ('intake pressure') bij een bepaald volume stabiel is. Afhankelijk van onder andere de omstandigheden en de wensen/eisen van de operator in relatie tot de afgesloten contracten en/of verzekeringen duren de tests enkele uren of dagen. Denk ook weer aan de REACH-eisen en de opvangcapaciteit voor het testwater en de verwerking/afvoer van het testwater.

Bij het testen van de tweede put van het doublet is door middel van een niveaumeting in de eerste put de connectiviteit van de putten vast te stellen. Deze meting kan ook waardevolle informatie verschaffen over het reservoir (zoals permeabiliteit, aanwezigheid van breukzones in het reservoir.)

De productietesten vinden plaats op basis van een 'worst case'-analyse van de boorgegevens. De boorvloeistof is chemisch afval, af te voeren naar een erkende verwerker. Het bronwater kan eventueel worden opgeslagen en teruggepompt, mits van zuurstof ontdaan en goed gefilterd en gereinigd (In een recent advies heeft TNO dit desalniettemin afgeraden.) Anders bestaat het risico van verstopping van de

filterbuis door scaling en/of het reservoir en van aantasting van de verbuizing door corrosie of erosie. Metingen en tests dienen uit te wijzen of en zo ja welke inhibitor ter voorkoming van de bovenstaande risico's gewenst is. In overleg met de ontwerper van de putten zijn de maximaal toegestane korrelgrootte van de vaste stoffen, de zuurgraad en de corrosiviteit van het injectiewater te bepalen. Aan de hand daarvan zijn dan maatregelen te nemen.

Aandachtspunten:

- De afvoer van de eerste twee tot drie putvolumes via tankwagens als chemisch afval.
- De afvoer van de volgende m³ kan wellicht naar zee. (Toestemming van Rijkswaterstaat is dan vereist en tijdig aan te vragen bij de betreffende zogenoemde 'directie'(afdeling), bijvoorbeeld Noord, Midden of Zuid⁸.) Een goede registratie van de hoeveelheden, drukken et cetera is minimaal gewenst, om hiermee later de analyses te kunnen doen.
- Een (eventueel) opvangbassin moet voldoende groot en voldoende veilig zijn.
- Een goede monstername is vereist om de precieze watersamenstelling te bepalen. De monstername moet rekening houden met de (mogelijke) aanwezigheid van gas. Het beste kan deze daarom 'downhole' (onderin de put) gebeuren. De kosten kunnen dan meerdere tienduizenden euro's bedragen. Indien de monstername goed gebeurt, is ook het bubble-point⁹ te bepalen. Het bubble-point is van invloed op het ontwerp van de winningsinstallatie. Het alternatief is om bovengronds bij de productie met tegendruk een monster te laten nemen. Een dergelijke monstername op maaiveld is minder nauwkeurig, maar zeker niet zinloos. Laat je goed voorlichten. Zorg ook voor de analyse van de vaste stoffen. Deze kunnen immers chemisch reageren met andere stoffen en al dan niet daardoor voor verstopping van de injector zorgen.
- Definieer van te voren wat het resultaat van de puttest dient ten zijn. (Wanneer stoppen we? Wat is het testprogramma?)
- Bepaal vooraf duidelijke kwaliteitscriteria voor het reinigen. Wanneer is de put 'schoon'? Te weinig reinigen kan (later) leiden tot verstoppingen in de injector en/of een moeilijke productie (een grote 'draw-down' van de producer).
- Hou rekening met de mogelijkheid dat het geothermie water een geringe hoeveelheid radioactieve stoffen meevoert. Deze hoeveelheid radioactiviteit is meestal heel laag, maar kan een probleem zijn als het dragende materiaal (vooral lood) zich afzet in de buizen, afsluiters of pompen van de testinstallatie. Voorafgaande en na afloop van de test zijn de onderdelen te onderzoeken op de aanwezigheid van radioactieve straling.

Ontwikkeling van de putten

Na de installatie van de hiervoor beschreven apparatuur en na toestemming van het Ministerie van EZ, kunnen onder het regime van de Opsporingsvergunning ook enkele langer durende tests van de putten plaatsvinden. De opsporingsvergunning is uiteraard niet bedoeld voor het produceren van aardwarmte, zodat terughoudendheid geboden is. Er is in elk geval voldoende te produceren om in redelijkheid een winningsplan te kunnen opstellen. De eigenschappen van het reservoir komen pas volledig naar voren na een langere periode, die meestal enkele maanden in beslag neemt. Deze test- & ontwikkelfase verdient dan ook organisatorisch en veiligheidstechnisch de aandacht zoals in dit hoofdstuk is beschreven.

De ontwikkelfase is beëindigd als de bron 'stabiel' is. Idealiter is dan de Winningsvergunning van kracht en kan (vrijwel) zonder onderbreking de winningsfase starten. Houd rekening met de doorlooptijd van de aanvraag van de Winningsvergunning (en de overige benodigde vergunningen). Zie hiervoor het hoofdstuk exploitatie.

⁸ Momenteel (2014) is een overleg in voorbereiding om landelijke afspraken te (proberen te) maken met RWS.

⁹ de diepte waarop de druk zo ver vermindert is dat in het water opgelost vrij komt (overgaat in 'vrij' gas).

De stappen in het ontwikkelen van putten zijn:

1. Schoonmaken van de producer
2. Schoonmaken van de injector
3. Schoonmaken van de formatie rondom producer en injector
4. Vaststellen van de injectiviteit en productiviteit en manieren om deze te verbeteren.

Ad 1. Meestal is de productieput eenvoudig schoon te maken met de ESP. Denk aan de afvoer van het (eerste) formatiewater. Dit veronderstelt wel dat de ESP al gedimensioneerd en geïnstalleerd is. Er is een kans dat de ESP beschadigt door het eerste formatiewater. Een schoonmaakoperatie zoals 'coil tubing' is te overwegen als de productie tegenvalt. De ESP wordt daarvoor verwijderd en later weer teruggehangen. Dit allen al is een kostenpost van circa 50.000 euro.

Ad 2. Het schoonmaken van de injector kan met een eigen of gehuurde ESP, met 'coil tubing' of eventueel met gasliften. Al deze manieren vereisen een gedegen werkplan, in te dienen bij SodM. Ook is een tijdige inschakeling noodzakelijk van diverse leveranciers in verband met bijvoorbeeld leveringstijden en beschikbaarheid van apparatuur. Het schoonmaken van de injector duurt circa twee tot vier weken.

Ad 3. Het schoonmaken van de formatie gebeurt deels bij het schoonmaken van de putten, maar deels is dit een langzamer proces. Houd er rekening mee dat bijvoorbeeld zuurinjectie of andere (vet-/olie oplopende) middelen geïnjecteerd en weer opgepompt moeten worden. Hiervoor zijn eveneens werkplannen, inschakeling van leveranciers (leveringstijden!) en veiligheidsplannen aan de orde.

Ad 4. Uit de stappen twee en drie komt veel informatie beschikbaar over het gedrag van de put en de formatie en de wijze waarop deze reageert op veranderingen in debiet, retourtemperatuur et cetera. Hieruit is af te leiden welke wijzigingen naar verwachting de meeste verbetering zullen leveren.

4.5. Radioactiviteit

LSA, Low Specific Activity (Lage Specifieke Activiteit) of NORM (Naturally Occurring Radioactive Material) zijn verzamelnamen voor natuurlijke radioactieve stoffen die bij de productie van aardolie en aardgas kunnen vrijkomen. Bij het produceren en dus ook tijdens het testen is het mogelijk deze straling aan te treffen. De operator dient ook in de test- & ontwikkelfase procedures te hebben om hiermee veilig om te gaan. De voornaamste radioactieve stof waar mee de operator te maken heeft is waarschijnlijk 'lood 210'. Dit speelt vooral in de Slochteren-formaties, in noordelijke delen van Nederland. Bespreek vóór het testen de mogelijkheid van LSA en de wijze van handelen. Als LSA geconstateerd is, zijn speciale vergunningen vereist én dienen er procedures te komen om (ook) in de winningsfase verantwoord te kunnen werken.

LSA komt voor:

- Gasvormig bij pigging-operaties (radon, niet zichtbaar)
- In vaste/vloeibare vorm (sludge, filters, in de afscheiders en ontgasser)
- Vast (op diverse onderdelen, zoals scales)

De stralingsdosis die men oploopt bij werkzaamheden is in principe (zeer) laag, zeker vergeleken met wat iedereen op jaarbasis oploopt aan natuurlijke en niet-natuurlijke radioactieve straling. De straling kan wel een gevaar vormen voor de gezondheid bij:

- regelmatige en langdurige blootstelling
- inwendig contact met LSA-stoffen

Besmetting vindt plaats op vier mogelijke manieren: 1) de huid: contact met sludge, filtermateriaal en scales (op wanden van leidingen, en dergelijke), 2) via inademing: deeltjes die vrijkomen bij verspanende bewerkingen, aerosoldeeltjes (hogedrukspuiten), radon, 3) via inslikken door met besmette handen te eten.

(sludgespetters, aanraking met scales of 4) via de ogen: spetters op het gezicht.

Algemene richtlijnen voor verantwoord omgaan met straling zijn dan ook:

- Schakel vooraf een stralingsdeskundige in. Deze zijn in te huren, maar ook voor bepaalde routinewerkzaamheden is toezicht van een expert vereist. Het verdient dan ook aanbeveling binnen de eigen (onderhouds-)organisatie één of meerdere mensen tot het gewenste niveau op te leiden.
- De toezichthoudend stralingsdeskundige dient de betrokkenen voorafgaand aan de werkzaamheden te instrueren
- Beoordeling van de werkzaamheden door de toezichthoudend stralingsdeskundige en vaststelling van eventuele aanvullende maatregelen
- Bij afvoer van materialen deze altijd meten op de aanwezigheid van LSA-stoffen voordat zij de locatie verlaten
- De coördinerend stralingsdeskundige inschakelen bij werkzaamheden op zogeheten vergunningsplichtige LSA-locaties
- De coördinerend stralingsdeskundige wordt altijd betrokken bij de opslag en afvoer van besmette materialen.

(Bovenstaande is grotendeels ontleend aan een Gasunie-publicatie.)

Zie ook: [bijlage 9 'voorbeeld werkinstructie LSA'](#), en [bijlage 10 'voorbeeld Werkplan schoonmaakoperatie LSA'](#).

4.6. Putontwikkeling

Inleiding

Na het boren wordt de put schoongemaakt (verwijderen van de boorvloeistof uit de verbuizing, maar vooral van kleinere en grotere vaste deeltjes uit de formatie). Hierbij produceert u niet alleen formatiewater maar ook formatiemateriaal (veelal zand) met de nodige verontreinigingen zoals die in de formatie voorkomen. Rondom de screens is de stroomsnelheid van het water het hoogst, zodat daar de meeste deeltjes loskomen. Verder kan een hoger debiet (geleidelijk of plotseling) ertoe leiden dat bepaalde segmenten van de formatie 'open' gaan en meer gaan leveren dan eerst (en meer dan andere segmenten).

Het schoonmaken gaat naadloos over in het ontwikkelen van de put: de productie (of injectie) komt in de praktijk pas na enige tijd (weken/maanden) op een stabiel niveau. Dat kan komen (aan de productiekant) doordat verontreinigingen, zand et cetera uit de formatie mee komen naar boven waardoor de productie verbetert. Aan de injectiekant kunnen eventuele verontreinigingen dieper de formatie ingedrukt worden, wat de injectiviteit verbetert. Doordat bijvoorbeeld gas of olie bovengronds verwijderd zijn uit het formatiewater is dit van samenstelling/pH-waarde veranderd. De injectie van dit koudere water kan de injectiviteit juist verslechteren. Ook zijn er andere scenario's denkbaar, afhankelijk van de ondergrond, de verbuizing et cetera.

Verbetering van de putprestaties

Al met al kunnen er meerdere redenen zijn om tot verdere verbetering van de putten te willen overgaan. Uit de olie- en gasindustrie is een veelheid aan methoden beschikbaar voor injectiviteitsverbetering. Ook de geothermische sector doet hier onderzoek naar. Bijvoorbeeld het TNO-onderzoek van oktober 2012, <http://geothermie.nl/actueel/nieuws/nieuws-single-display/article/tno-bia-rapport-injectiviteit/>. Onderstaand zijn enkele mogelijkheden genoemd. Laat u goed informeren door experts. Alleen op basis van specialistische adviezen en rapporten is een keuze te maken.

Werkzaamheden vereisen afstemming met SodM

De (hierna beschreven) werkzaamheden om putprestaties te verbeteren zijn meldingsplichtig volgens de BARMM. Het werkplan dient dan ook te worden besproken met SodM, vergelijkbaar met de boorfase.

Uiteraard dienen ook de VG-documenten op de werkzaamheden te zijn afgestemd en besproken. Belangrijk punt van aandacht voor de werkzaamheden is (het bepalen van) de maximale injectiedruk. SodM en TNO hebben richtlijnen opgesteld voor het bepalen van de maximale injectiedruk en overweegt deze vast te leggen (per put) in de WABO [omgevingsvergunning](#) (en het winningsplan). Zie hiervoor het '[Protocol injectiedrukken bij aardwarmte.](#)' Men werkt aan richtlijnen voor het beperken van seismiciteit ten gevolge van de winning.

Oorzaken

Een tegenvallende productiviteit kan een aantal oorzaken hebben:

1. Boor-oorzaken zoals grote 'skin' en onjuiste screens bij de gegeven formatie.
2. Formatie-oorzaken zoals tegenvallende porositeit/permeabiliteit.

Voor de injectiviteit geldt min of meer hetzelfde, zij het dat het injecteren van het formatiewater, al dan niet met toevoegingen/ additives een extra dimensie geeft:

3. 'injectieoorzaken' zoals verstoppingen door neerslag van (voorheen) opgeloste materialen of door formatiedeeltjes uit de producer.

Door onvolledig schoonmaken kan een deel van de boorvloeistof achterblijven en de 'doorgang' verstoppen bijvoorbeeld doordat de vloeistof zich heeft gehecht aan de formatie of de screens. Dit wordt 'skin' genoemd. Er is dan een overgangsweerstand tussen de formatie en de screens (of de min of meer holle ruimte daarachter).

Verder kan een deel van de screens verstopt zijn door zand of iets dergelijks. Mede hierdoor zal de formatie direct achter de screens onvoldoende schoon (= doorlatend) zijn. Door allerlei oorzaken kan ook het onderste deel van de screens vol zitten met zand/formatiemateriaal/ roest van de verbuizing.

Geïnjecteerde formatiedeeltjes zijn overigens deels te verwijderen door de stromingsrichting om te draaien: tijdelijk produceren uit de injector en bovengronds goed filteren. Dit is een element uit de onderhoudsaanpak. Doordat de verbuizing naar boven toe groter wordt, is de stromingssnelheid bovenin de put lager dan onderin. Zwaardere deeltjes zullen daardoor niet naar de oppervlakte komen, maar blijven zweven (en na het stoppen van de pomp weer terugvallen naar waar ze vandaan kwamen.)

Overzicht van beschikbare methodes voor putstimulatie

Informatie over de toestand van de put en de formatie is uiteraard belangrijk om een keuze uit de verschillende methodes te kunnen maken. Nader vooronderzoek verdient dan ook aanbeveling. Zo geeft een (visuele) inspectie via een zogenaamde 'bailer' (via een bailerrun) aan welk materiaal onderin de put ligt en vanaf welke diepte. Verder zijn camera-inspecties van de toestand van de verbuizing en de screens mogelijk in combinatie met de bailer. Bij een bailerrun hoort een lab-analyse van de verkregen monsters, om zo de aard van de verstopping/vervuiling te achterhalen.

Verder zijn de gegevens over zandproductie (hoeveelheid, samenstelling) en de watersamenstelling belangrijk. Skin- of huidvorming zit veelal op de achterzijde van de screens, tegen de formatie aan. De camera zal deze dan niet zichtbaar maken.

Vervuiling van de screens aan (vooral) de binnenzijde is op te lossen door met 'coiled tubing' de binnenzijde te reinigen. Vergelijk dit met een roterende hogedruksput.

Indien de put is voorzien van een port-collar, een voorziening om (aan de bovenzijde van de screens) áchter de screens te komen, dan is er te werken met reversed circulation: door apparatuur in de put te laten zakken kan men via de collar achter de screens injecteren en uit de screens produceren. De stromingsrichting over de screens draait om, vandaar uiteraard de naam. Skin, vuil en losse formatiedeeltjes op het raakvlak van formatie en screens worden 'opgezogen'. Het is dan nog steeds lastig te bepalen hoe diep de reiniging is en hoe de formatie daarachter is.

'Tweeling-pompen'. Een idee dat voor zover bekend nog niet is toegepast: door met twee pompen te werken zijn producer en injector regelmatig te wisselen. Dit trekt de fijne deeltjes in de put min of meer los. Dit

vereist de aanwezigheid van een tweede ESP, idealiter uiteraard van te voren gepland en besteld. Verder is een zeer fijnmazige filtering belangrijk. Deze methode kan leiden tot een goede ontwikkeling van de formatie rondom de screens, met weinig verstopping en heeft als bijeffect dat eventuele skin ook deels verdwijnt. Eventueel is de pomp permanent te installeren en te gebruiken voor de 'reguliere schoonmaak'.

Een andere mogelijkheid is het aanbrengen van grotere, plotselinge drukveranderingen in injector en producer ('jutteren' zoals dat ook bij WKO gebeurt.) Gedurende enkele dagen/weken laat men regelmatig de druk in de put plotseling en sterk variëren, waardoor deeltjes in de formatie los komen. Daarna de put 'schoon produceren'. Dit vereist apparatuur om de putten op druk te zetten en gecontroleerd (en snel) druk af te laten.

Als laatste redmiddel voor skinverwijdering, maar vooral indien (ook) de formatie onvoldoende meewerkt, is hydraulische stimulatie mogelijk. Door een hogere druk op de put te zetten is de skin te doorbreken en daarmee de injectiviteit te verbeteren. Hydraulic stimulation is geen begrip dat bij een bepaalde druk hoort. Bij elke injectie is er een kans op scheurvorming. Gesteentes kennen wel een bepaalde 'frac-druk': de druk waarbij de scheurvorming in het gesteente sneller gaat verlopen. Het gesteente 'gaat open'. Bij geothermie en de gebruikelijk gehanteerde drukken is de scheurvorming beperkt tot enkele decimeters of eventueel meters. Om onder druk te injecteren, of dat nu is voor 'gewoon injecteren' of voor stimuleren, is een veiligheids- en effectenonderzoek vereist en te overleggen aan SODM. Hiervoor gelden strikte richtlijnen en veiligheidseisen. Vanaf een zekere, per formatie en put verschillende druk, zijn aanvullende maatregelen nodig, zoals seismische metingen. Het bijbehorende meetplan beschrijft de te verrichten seismische metingen. In de eerste plaats betreft het maatregelen ter voorkóming van seismiciteit, een en ander als uitvloeisel van een te houden risico-inventarisatie en –evaluatie (RI&E).

Propped frack. ('frac & pack'). Als boven, maar dan (ook) grof zand injecteren om de barsten open te houden. Nodig zodra hydraulic stimulation alléén niet voldoende is.

Voor verbetering van de injectiviteit behoort ook chemische stimulatie tot de mogelijkheden. Door het injecteren van chemische stoffen (veelal bepaalde zuren) is bepaalde neerslag in /rond de injectiezone op te lossen en te transporteren naar een minder gevoelige locatie dieper in de formatie.

Voor de volledigheid: bij het injecteren van koud(-er) water in een gesteente ontstaan in meer of mindere mate 'krimpscheuren'. Dit is gunstig, want dit verbetert de injectiviteit. In de O&G-sector staat dit bekend als 'thermal fracking' en zijn er rekenmodellen om na te gaan hoe snel het 'front' zich in het gesteente verplaatst.

De geothermische sector doet onderzoek naar andere en verfijndere methoden van productiviteitsverbetering. Dit betreft vooral de achterliggende oorzaken, om van daaruit methodes te vinden die minder duur/ingrijpend zijn dan de bovengenoemde. Bijvoorbeeld het TNO-onderzoek van oktober 2012, <http://geothermie.nl/actueel/nieuws/nieuws-single-display/article/tno-bia-rapport-injectiviteit/>. Informeer bij collega's en het Platform naar de laatste stand van zaken.

Kosten van putstimulatie

Op basis van richtprijsoffertes en eigen ramingen kunnen we uitgaan van de volgende kosten voor de verschillende, elkaar deels uitsluitende, opties:

	Toelichting	Kosten (ca.)¹⁰
Lab tests	Nadere controle/ analyse van de monsters	30k (max 50k)
Inspectie via bailerrun	incl. visuele inspectie binnenzijde casing en filter met camera. Geeft geen info over de verontreiniging ('skin') op de boorgatwand	30k
Clean-out injector inwendig	Via coiled tubing de binnenzijde van de injector schoonmaken ('hogedrukspuit')	150k
Reversed circulation	Via coiled tubing of kleine 'work-over installatie' zijn de screens (binnen- en achterkant), het ingestorte zand tussen boorgatwand en screen en <u>mogelijk</u> de eerste cm van de formatie schoon te maken	300k
Tweelingpompen	Extra productiepomp in de injector hangen, incl omschakelmogelijkheid. Water injecteren in de andere put.	400k
Hydraulic stimulation	Door hogere druk skin doorbreken en daarmee de injectiviteit verbeteren.	400k per put inclusief kosten monitoring
Propped frac	('frac & pack'). Als boven, maar dan (ook) grof zand injecteren om de barsten open te houden. Nodig zodra hydraulic stimulation alléén niet voldoende is.	600k per put

4.7. Aanleveren boorgegevens

Een operator dient zowel gegevens over de boring(-en)/het boorgat aan EZ (in de praktijk: aan TNO in Utrecht/ Zeist) aan te leveren als gesteentemonsters.

Het Mijnbouwbesluit geeft hierover aan (artikel 110):

- De uitvoerder verstrekt Onze Minister een representatief deel van uit een boorgat verkregen gesteentemonsters, die bij het opsporen van delfstoffen zijn verkregen. De uitvoerder verstrekt de monsters binnen twaalf weken nadat deze zijn verkregen.
- De uitvoerder bewaart gedurende twaalf weken een representatief deel van uit een boorgat verkregen vloeistof- en gasmonsters, die bij het opsporen van delfstoffen zijn verkregen. Op verzoek van Onze Minister verstrekt de uitvoerder een representatief deel van de monsters.

Nader details, adressen en zo voorts zijn aangegeven in [Bijlage 11 'Aan te leveren boorgatgegevens en gesteentemonsters'](#).

4.8. Juridische zaken en vergunningen

De test- & ontwikkelfase valt onder de Opsporingsvergunning. Afhankelijk van de te verrichten werkzaamheden zijn extra vergunningen vereist. Bij bijvoorbeeld afvoer van het formatiewater naar zee moet de operator toestemming of wellicht zelfs een vergunning hebben (van het Waterschap of van Rijkswaterstaat). Ook voor het transport van gassen, vloeistoffen et cetera van/naar de bronlocatie kunnen speciale vergunningen nodig zijn. De duur van de test- & ontwikkelfase is begrensd en wordt bepaald in overleg met SodM. Momenteel geldt in principe een maximale periode van drie maanden.

Wel is in principe een BARMM-melding vereist.

¹⁰ Kosten veelal gebaseerd op richtoffertes voor 2500 meter, inclusief advies en voorbereiding en 10% onvoorzien. Sommige kosten vallen lager uit als men ze in combinatie met andere maatregelen neemt!

Melding doen bij Ministerie van EZ

Planning: 4 tot 8 weken voor aanvang testen

Doorlooptijd: 4 weken.

Eigendom bijvangst

Zoals al aangegeven is de vondst van enig gas of zelfs olie niet uit te sluiten. Aangezien de opsporingsvergunning is verleend voor aardwarmte, dat wil zeggen water, is de vraag hoe met de 'onvermijdelijk meekomende' delfstoffen is om te gaan. De hoofdlijn is dat deze winning is toegestaan. Voor substantiëlere hoeveelheden gelden evenwel andere regels. Uitgangspunt is dat slechts tot een bepaalde norm, de totale opbrengst van de bijvangst aan de vergunninghouder aardwarmte toekomt. De norm van 'vrije' bijvangst wordt per productieput vastgesteld op een jaarbasis gemiddelde van 3,6 Nm³ gasvormige koolwaterstoffen per m³ water en/of 5,0 m³ olie per dag. Boven deze hoeveelheden is afstemming verplicht met EZ en met een eventuele vergunninghouder voor gas of olie in het betreffende gebied. In bepaalde gevallen kan de winningsvergunning worden moeten uitgebreid met olie- of gaswinning. Voor de details, zie [bijlage 12 'Eigendom bijvangst'](#).

5. Bouw installaties

5.1. Inleiding

Deze fase omvat het ontwerp, bestellen, bouwen en in gebruik nemen van de bovengrondse apparatuur. Het aansluiten van het systeem aan de afnemers (vooral relevant bij een project met meerdere, verder weg gelegen afnemers) is geen onderdeel van dit handboek, maar dient uiteraard wel op tijd geregeld te zijn. Het begrip 'bovengrondse apparatuur' omvat hier alle benodigde apparaten, pijpleidingen et cetera die voor een adequate onttrekking van de warmte en behandeling van het water (filtering, scheiding, toevoeging van additieven et cetera) en de meekomende delfstoffen vereist zijn. Denk aan gas/waterscheiders, olie/waterscheiders, gasdrogers en fakkels.

5.2. Beheersorganisatie

De beheersorganisatie in deze fase kan gelijk zijn aan die uit de Ontwerpfase voor zover het ontwerp van de installaties betreft en aan de organisatie uit de test- & ontwikkelfase voor zover het de bouw en ingebruikname betreft. Zorg er (dus) voor dat de rollen en taken duidelijk zijn en dat die ook in de betreffende VG-documenten beschreven zijn.

5.3. Een project op zich

Het zorgen dat de juiste bovengrondse apparatuur op tijd bedrijfs gereed is, is een project op zich. Het is dan ook aan te bevelen dit op tijd en serieus op te pakken. De stappen mogen duidelijk zijn: ontwerp, aanbesteden, bouw en in gebruik nemen. Deze fase kan meerdere maanden tot een half jaar in beslag nemen. Als bij elk project: hou rekening met het gebruik. Neem daarvoor hoofdstuk 6 goed door en overleg met anderen over hun ervaringen.

Ontwerp

In de Ontwerpfase voor de boring is uitgegaan van een bepaalde samenstelling van het formatiewater, maar met de nodige onzekerheid en marge. In de puttests zijn deze aannames getoetst en bijgesteld. Dan kan de definitieve apparatuur ontworpen worden. (Voor bepaalde installatiedelen is wellicht al een voorontwerp gemaakt of zelfs al een bestelling geplaatst).

Gelet op de leveringstijden van de bovengrondse en ondergrondse apparatuur vindt in de praktijk het bestellen van kritische apparatuur pas plaats als de putten getest zijn. De puttesten geven in eerste instantie niet meer dan een indicatie: het komt veelvuldig voor dat de productiviteit van een put in de loop van de tijd verandert. Houdt daar dus rekening mee. Alternatief is dat men de apparatuur en verbindingen 'worst-case' dimensioneert. Dan is een inschatting vereist van de andere benodigde voorzieningen. De aan te vragen vergunningen (zoals Wabo) moeten uiteraard met deze 'worst case' rekening houden. Bijvoorbeeld de grootte van injectiepompen kan in de loop der tijd veranderen. Ook is vaak nog niet zeker of bijvoorbeeld een eventuele oliefractie zal toe- of afnemen.

Voor het ontwerpproces gelden dezelfde eisen als bij het ontwerpen van de boringen: stel ontwerpcriteria op, toets of hieraan voldaan is, maak een HAZOP en een HAZID, et cetera.

De aanbesteding en selectie van leveranciers is hier verder niet beschreven, maar is eveneens vergelijkbaar met de eerdere aanbestedingen. Vergeet de afstemming van de VG-documenten niet!

Bouw

De bouw vindt plaats door de geselecteerde leveranciers. Zorg voor goed toezicht en laat uw eigen bedienend en onderhoudspersoneel in een vroeg stadium kennismaken met de apparatuur.

Ingebruikname

De ingebruikname is (na de 'koude inbedrijfstelling') een samenspel met de ondergrondse installatie. Dit vereist adequate afspraken en veiligheidsprocedures, vergelijkbaar met de test- & ontwikkelfase. Veelal

zullen hier nog externe partijen bij betrokken zijn. Zorg voor een goed afnameprotocol en adequate training van het personeel, zodat ook ná het vertrek van deze partijen de installaties naar behoren te bedrijven zijn. Zie ook het hoofdstuk over de winningsfase.

5.4. Vergunningen

Let op dat voor het definitief in gebruik nemen van de apparatuur een Wabo-vergunning (omgevingsvergunning) en een winningsvergunning nodig zijn. Overleg met SodM over het tijdstip van indienen van de winningsvergunning.

Deze bouwfase valt ook nog onder de Opsporingsvergunning. Afhankelijk van de te verrichten werkzaamheden zijn wellicht nog extra vergunningen vereist. Denk aan het (nogmaals) afvoeren van het eerste productiewater, afhankelijk van de vraag of de putten lang hebben stilgestaan of niet.

In principe is een BARM-melding vereist.

Melding doen bij Ministerie van EZ

Planning: 4 tot 8 weken voor aanvang testen

Doorlooptijd: 4 weken.

6. Winningsfase

6.1. Inleiding

De exploitatie- of beheerfase richt zich op het langjarig veilig en efficiënt gebruiken van het doublet, inclusief de vereiste rapportage daarover aan de vergunningverlener. Allereerst vereist dit een goed en veilig ontwerp en een goede beheersorganisatie met bijbehorend gekwalificeerd personeel. Dit is in de paragrafen 6.2. tot en met 6.5 uitgewerkt.

Vanaf paragraaf 6.6 staat de praktijk van de bedrijfsvoering centraal. Hierbij is van belang dat de operator een zeer goed begrip moet hebben van de processen in de ondergrond én de effecten van het formatiewater op de bovengrondse installatie.

6.2. Veiligheid in de winningsfase begint in de ontwerpfase

Om gevaar en stilstand te voorkomen, moet het systeem 'veilig' ontworpen zijn volgens bepaalde procedures. Daarnaast moet er voldoende borging zijn om ervoor te zorgen dat het systeem ook gedurende zijn levenscyclus aan deze voorwaarden blijft voldoen.

- Bij het ontwerp is aantoonbaar rekening gehouden met mogelijke storingen, defecte apparatuur et cetera aan de installatie en de gevolgen hiervan voor de installatie evenals voor de omgeving (bijvoorbeeld lekkende kleppen, oplopende drukken). Dit blijkt uit een HAZOP-studie.
- Een veilige bedrijfsvoering betekent in deze context: de installatie bevat adequate detectieapparatuur (druk- en flowmeters met signalering op afstand). Met deze detectieapparatuur is het proces voldoende te monitoren. Er is signalering die trends en trendafwijkingen vroegtijdig opmerkt. De operator dient de uitkomsten te kunnen interpreteren en wegen en adequaat actie te kunnen nemen.
- Tevens zijn er signaleringen die bij vooraf gedefinieerde afwijkingen leiden tot het uitschakelen van het systeem (ic. brengt het systeem in een veilige toestand).
- Er zijn werkprocedures en onderhoudsplannen voor de installaties (bijvoorbeeld drukloos maken van het systeem vóór openen van afsluiters).

Deel 2, VG-zorgsysteem gaat hier nader op in.

Met behulp van de gegevens die tijdens de testperiode verkregen zijn over de drukken, flow, eventuele gasbijvangst enzovoorts ontwerpt een deskundige een definitief bovengronds systeem. Hiervoor gebruikt hij veelal de volgende hulpmiddelen en onderzoeken (die de operator ook aan SodM aanlevert):

- PI & D

Piping and Instrumentation Diagram, een overzichtstekening van leidingwerk en instrumenten in een procesinstallatie. Al deze onderdelen zijn apart genummerd met daarnaast een lijst met alle specifieke eigenschappen van het desbetreffende onderdeel.

- PED

De PED (Pressure Equipment Directive) is een Europese Richtlijn (97/23/EG) die betrekking heeft op alle drukapparatuur met een overdruk groter dan 0,5 bar.

Alle leidingen zijn ontworpen volgens deze wettelijke drukvoorschriften.

- HaZoP

Hazard and Operability study (beheersbaar maken van risico's). In een HAZOP- studie zijn alle mogelijke procesverstoringen tegen het licht gehouden en is nagegaan wat de gevolgen van deze storingen zouden kunnen zijn (voor mens, omgeving en productie). Vervolgens wordt bekeken welke maatregelen genomen zijn om deze gevolgen te voorkomen en of deze afdoende zijn.

- HAZID

In een Hazard Identification Study onderzoekt men de (van buiten komende) gevaren en gebeurtenissen en stelt men de maatregelen vast om deze te vermijden en/of de kwalijke gevolgen te verminderen¹¹.

- QRA Quantitative Risk Assessment

In een QRA zet men de eigenschappen van de risicovolle activiteit (bijv. aardwarmte-installatie) af tegen de eigenschappen van de omgeving, waarbij in het bijzonder de aanwezigheid van personen in beeld wordt gebracht.

- Explosieveiligheidsdocument (in geval van gas-bijvangst)

Een explosieveiligheidsdocument geeft de gevarenezones met betrekking tot gasontploffingsgevaar aan. De zonerings-tekening, samen met de inventarisatie van het binnen de zone aanwezige elektrisch materieel en andere potentiële ontstekingsbronnen vormen de basis voor dit document.

- Akoestisch onderzoek

De te installeren apparatuur dient geen geluidsoverlast te geven. De normen uit de vergunning zijn de minimumeisen.

6.3. Beheersorganisatie

De operator kiest een organisatievorm waarbij de inbreng van specifieke deskundigheid voor kwaliteitsbewaking en calamiteiten organisatorisch verankerd is:

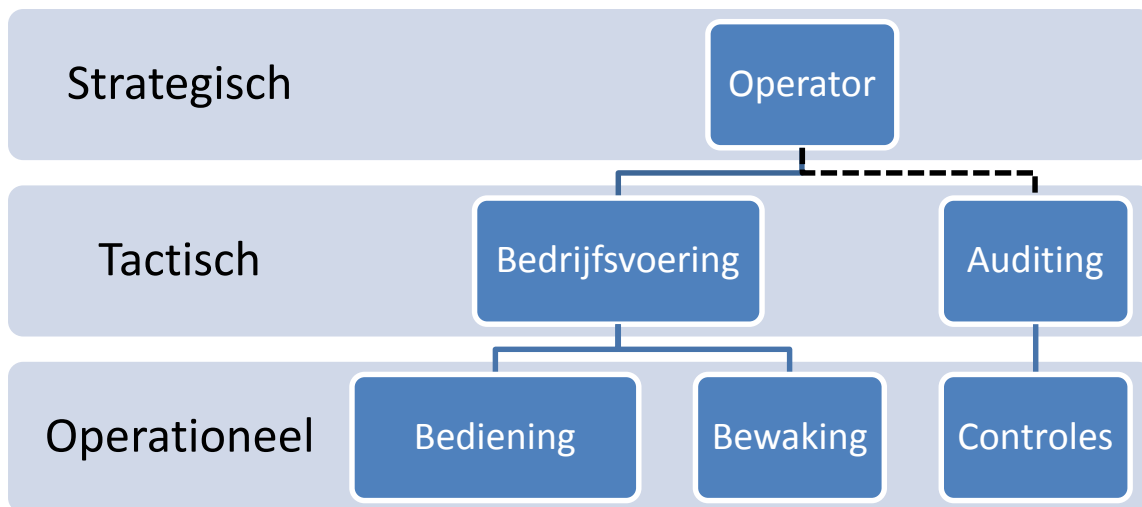
- Het bedienend personeel moet theoretisch en praktisch onderlegd zijn om de bron veilig en duurzaam te kunnen beheren en bedienen en weten welke specialisten in te schakelen bij welk type 'probleem'
- De operator gaat bij voorkeur een langdurige relatie aan (via een overeenkomst) met deskundigen (uit de gas- en olie-industrie) die jaarlijks het beheer van de bron beoordelen. Eventueel is dit te combineren met de jaarlijkse controle. Dit kunnen deskundigen vanuit het eigen bedrijf zijn of van elders. Na overleg met SodM is vast te stellen of de afspraken en uitvoering adequaat zijn.

De operator heeft contracten met specialistische partijen die hun deskundigheid beschikbaar stellen zodra er zich bijzondere situaties met de bron voordoen, dan wel als er een veiligheidsrisico ontstaat. Dit kunnen eveneens deskundigen vanuit het eigen bedrijf zijn of van elders. Bij gebruikmaking van externen (officieel wel onderdeel van de projectorganisatie van de operator voor de winningsfase) hanteert men ook wel het begrip 'oproepcontract' of consignatiecontract. Een RI&E is niet compleet zonder het opstellen van beheersmaatregelen. Dit gebeurt in samenwerking met een erkende organisatie voor arbeidsomstandigheden (een arbodienst).

¹¹ Verschil tussen HAZOP en HAZID:

HAZOP houdt zich vooral bezig met procesgerelateerde gevaren, HAZID met andere meer 'van buiten' komende gevaren zoals stroomuitval, vallende bomen et cetera. HAZOP focust zich op de apparatuur en de leidingen et cetera, terwijl HAZID de installatie als onderdeel van een groter geheel ziet. Een HAZID levert vooral input voor de QRA, terwijl de HAZOP input levert voor het ontwerp, de bedrijfsvoering en het onderhoud. In principe zijn ze dan ook aanvullend, in de praktijk is het soms lastig om ze strikt te scheiden.

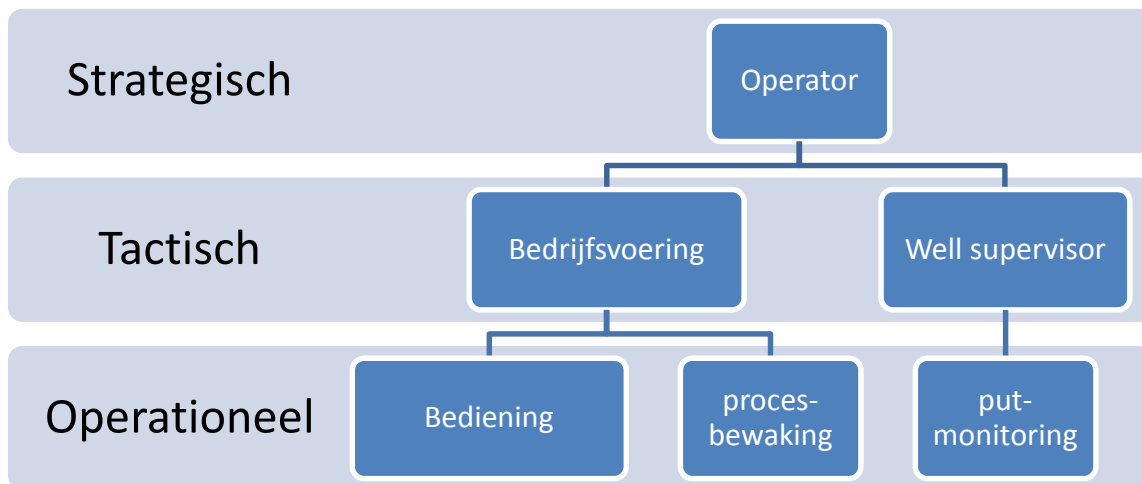
Mogelijke beheersvorm, met 'extern toezicht'



De auditor is een externe partij, die (vergelijkbaar met een accountant) periodiek controleert of de installatie conform de afspraken bedreven wordt, dat wil zeggen conform het Meerjarenplan, Veiligheidsplan et cetera. Ook controleert de auditor of de benodigde veiligheidsvoorzieningen in orde zijn. Hij adviseert de Operator en moet bij fraude en misstanden de vergunningverlener en SodM rechtstreeks informeren. Een dergelijke functie is in Nederland nog niet geïmplementeerd.

De controles zijn bij dezelfde auditor onder te brengen of om praktisch redenen bij een andere partij.

Mogelijke beheersvorm, met 'intern toezicht'



De well-supervisor hoort bij de eigen organisatie en is verantwoordelijk voor de monitoring van de putten én de bovengrondse installaties. Hij stelt de benodigde plannen op, woont het (management-)overleg bij, controleert de uitvoering et cetera. Ook treedt hij op als coördinator in geval van calamiteiten. De corrosiemetingen en dergelijke kunnen wellicht door dezelfde supervisor plaatsvinden.

6.4. Vergunningen

Voor de Winningsfase zijn de volgende vergunningen nodig:

1. Winningsvergunning. Deze is aan te vragen bij het Ministerie van EZ. Formeel kan de operator daarna het winningsplan indienen. Na goedkeuring start de productiefase (pas). In de praktijk komt het vaak voor dat de operator het plan en de vergunningsaanvraag gelijktijdig indient.

Om een winningsvergunning te krijgen levert de operator de volgende informatie en documenten aan: (Mijnbouwregeling 1.3.1. & 1.3.3.)

- Tijdvak van de vergunningsaanvraag, gebied, soort delfstof
- Algemene en financiële gegevens aanvrager, technische gegevens mijnbouwwerk
- Raming winning (hoeveelheden, kwaliteit)
- Structuurkaart reservoir, beschrijving onderzoeksmethoden
- Meerjarenprogramma (onderhoud et cetera)
- Systeemontwerp

Planning: conceptaanvraag op zijn vroegst na de eerste well test, bij voorkeur na de tweede well-test.

Doorlooptijd: 6-12 maanden.

Een tweetal checklists voor de aanvraag van de winningsvergunning en het indienen van het winningsplan is opgenomen in **bijlage 13 'Checklists voor aanvraag winningsvergunning en winningsplan'**.

2. Wabo-vergunning (omgevingsvergunning). Aanvraag indienen bij Ministerie van EZ. De Wabo-vergunning is via het Omgevingsloket aan te vragen. Vóór de start van de boring is een Wabo-vergunning verkregen. Deze vergunning dient in vrijwel alle gevallen te worden uitgebreid. (tenzij de permanente installatie van te voren is bedacht, precies zo is aangevraagd/vergund en zo is gebouwd).

- Bouwdeel installaties (met name de ontgasser)
- Milieudeel inclusief aanmeldingsnotitie m.e.r. beoordeling

Planning: conceptaanvraag zo vroeg mogelijk in het traject. (praktisch: direct na uitbesteding boren in een "worst-case" format.)

Doorlooptijd: ongeveer 6 maanden

Daarnaast kunnen uiteraard specifieke vergunningen benodigd zijn. Het verdient aanbeveling om hierover vroegtijdig overleg te hebben met de betreffende gemeente en het Ministerie van EZ.

6.5. In te dienen documenten voor de start van de winning

Voor het starten van de winning levert de operator bij SodM tijdig (4 weken van tevoren) het VG-document 'addendum gebruik' in, naast een zo nodig geüpdatet en ge-audit VG-zorgsysteem.

Hiervoor zijn vereist:

- Ontwerpfilosofie van het systeem
- Systeemontwerp
- Gestructureerde bedieningshandleiding
- Monitoringsprogramma van de putdata
- Adequaat onderhoudsprogramma
- Calamiteitenplan

Als check op volledigheid vraagt SodM de invulling van [bijlage 14 'zelfevaluatie van het winningsproces'](#).

6.6. Bedrijfsvoeringsaspecten

In de winningsfase zijn met name de volgende aspecten van de bedrijfsvoering van belang:

Operating Manual

De operator beschikt over een 'Operating Manual' dat bestaat uit:

- a. opstartprocedures voor de installatie-onderdelen
- b. instelparameters en bandbreedtes hiervan
- c. bedieningsinstructies voor normaal bedrijf
- d. bedieningsinstructies voor noodbedrijf
- e. het in een veilige toestand brengen van het systeem
- f. het signaleren van afwijkingen

Bovenal beschikt de operator over voldoende medewerkers die voldoende getraind zijn om het aardwarmtesysteem te bedienen en (externe) assistentie in te roepen in geval van twijfel of problemen.

Monitoring van de putdata

De operator stelt een monitoringsplan op met daarin de data die hij wil gaan monitoren en met welke interval.

Een gebruikelijk monitoringsprogramma omvat minimaal (real-time):

- ontwikkeling van het thermische vermogen van de bron, debiet
- temperatuurontwikkeling van de bron
- gehanteerde pompdrukken

In de periodieke controle wordt gemeten:

- hoeveelheden en samenstelling van het geproduceerde water (ijzergehalte, pH en chloriden)
- hoeveelheden en samenstelling mee geproduceerde delfstoffen (gas en eventueel olie);
- hoeveelheid deeltjes die slijtage kunnen veroorzaken
- ontwikkeling van corrosie
- afgenomen elektrische energie (kWh)

De operator zorgt voor rapportages aan TNO over toestand, gebruik en beheer van de conform **bijlage 15 'Template informatieformulier productiegegevens'**. (bestaande uit [15.1, de Excelsheet](#) en [15.2, de toelichting.](#))

De meetgegevens worden systematisch vastgelegd en geanalyseerd. Hierdoor is de operator te allen tijde op de hoogte van de ontwikkeling van de geothermische bron en de technische installatie en kan hij waar nodig maatregelen treffen om te voorkomen dat de beheersbaarheid van de put vermindert. Het (meerjarig) onderhoudsprogramma wordt aangepast naar aanleiding van de bevindingen uit de controles.

Adequaat onderhoud

De operator beschikt over een meerjarig onderhoudsprogramma en de bijbehorende kennis, organisatie en contracten met derden. Relevant voor het onderhoud aan de putten en de bovengrondse (mijnbouw-) installaties zijn vooral corrosie en scaling. Zie hiervoor paragraaf 5.7. Afhankelijk van de omstandigheden kunnen dat andere of meer verschijnselen zijn. Let hierop bij het ontwerp en de analyse van de water- en bodemonsters.

Bij de diverse installaties leveren de leveranciers de onderhoudsplannen mee. Deze moeten samenkomen in een totaal onderhoudsplan dat het onderhoud van de gehele installatie waarborgt. Aan de hand van gegevens van periodieke controles/metingen is het onderhoudsplan te optimaliseren.

Voor diverse (onderhouds-)werkzaamheden zijn procedures nodig. Zo dienen er bijvoorbeeld werkvergunningen afgegeven te worden aan monteurs van derden die aan de installatie gaan werken.

Optreden bij calamiteiten

Om adequaat te kunnen optreden bij calamiteiten beschikt de operator over een noodplan en een brandbestrijdingsplan:

- In een noodplan komen de volgende aspecten aan bod: BHV/ bedrijfshulpverlening (EHBO, brandbestrijding, redding, middelen, organisatie), ontruimingsplan, vluchtwegen, veiligstellen van de installatie, communicatie met interne disciplines en met overheidsdiensten, instructies voor het personeel, oproepbaarheid/ consignatie van geologen/putspecialisten, inclusief de bovengrondse installaties. Zie [bijlage B 'Voorbeeld noodplan'](#).
- In een brandbestrijdingsplan staan alle procedures voor het voorkomen (preventief) of juist bestrijden van een brand. Het brandbestrijdingsplan kan onderdeel zijn van het noodplan. **Een voorbeeld van een afzonderlijk brandbestrijdingsplan wordt later aan dit handboek toegevoegd.**

6.7. Geochemie, corrosie en scaling

Zoals in hoofdstuk 4 al aangegeven, bevat formatiewater onder andere grote hoeveelheden zout (NaCl). Daarnaast zijn andere stoffen aanwezig. Denk aan:

- Methaan en/of andere koolwaterstoffen. Deels opgelost, deels gasvormig, afhankelijk van druk en temperatuur.
- CO₂
- Metalen, zoals lood
- H₂S;
- Materiaal uit de formatie (denk aan zand, klei, kalk, etc.).

Het formatiewater kan de casing en de andere systeemcomponenten aantasten. De mate waarin deze aantasting (corrosie) optreedt is afhankelijk van de corrosieve eigenschappen van het formatiewater, de corrosiegevoeligheid van de toegepaste materialen en de eventuele beschermende maatregelen die zijn getroffen. Daarnaast kunnen, door de daling van de druk en de temperatuur, mineralen uit het water neerslaan en zich hechten aan de binnenzijde van de installatie (scaling). Corrosie en scaling kunnen ook gelijktijdig voorkomen als bij de corrosie neerslagvorming optreedt.



Voorbeeld van scaling

Deze processen kunnen verschillende negatieve gevolgen hebben voor het succesvol functioneren van de installatie. Er kan bijvoorbeeld schade ontstaan aan de casing en de apparatuur, er kunnen lekken ontstaan in de casing of de productiviteit en injectiviteit nemen af. Momenteel zijn corrosie en scaling geïdentificeerd als de belangrijkste bedreigingen voor veiligheid, milieu en prestatie. Zie [bijlage 16 'Inleiding corrosie en scaling'](#) voor meer informatie over deze twee aspecten en hun achtergronden. Onderstaand zijn de hoofdlijnen opgenomen.

Corrosie

Normaalgesproken is het gewonnen water bijzonder zout. Daarnaast bevat het vaak koolzuurgas (CO₂). Dit water kan corrosief zijn voor staal. Belangrijke invloedsfactoren zijn hierbij de systeemdruk, het CO₂-gehalte en de verdere samenstelling van het geothermische water, met name het bicarbonaatgehalte.

Door het handhaven van een zuurstofloze omgeving is corrosie te voorkomen en/of sterk te beperken. Dit is een ontwerpcriterium. Daarnaast moeten de putkelders, leidingtracés en overige apparatuur zodanig zijn ontworpen en opgesteld dat deze de vorming van roest (doorroesten) redelijkerwijs voorkomen of zijn daartoe andere beschermende maatregelen getroffen.

Materiaalselectie

In de meeste projecten is gekozen voor stalen leidingsystemen, vaten, casings en tubings. Omdat het water zuurstofvrij is, zal zuurstofcorrosie vanuit zichzelf niet plaatsvinden. Essentieel hierbij is dat het systeem volledig gesloten is: er mag geen zuurstoftoetreding plaatsvinden anders wordt het water zeer corrosief voor staal. In de praktijk lost men dit op door de systemen op druk te houden en bij een te lage druk stikstof in het systeem te injecteren. De stikstofdruk dient hoger te zijn dan de atmosferische druk.

Corrosie kan ook plaatsvinden bij een hoog koolzuurgasgehalte in combinatie met een relatief hoge systeemdruk. Het koolzuurgas lost op in het water waardoor verzuring ontstaat. Het is dan geen zuurstof maar koolzuur dat de corrosie veroorzaakt. Dit mechanisme staat bekend onder de naam CO₂-corrosie. Door monsters te nemen van het geothermische water en van het eventueel meegeproduceerde gas is te berekenen in welke mate CO₂-corrosie te verwachten is en is een verantwoorde materiaalselectie mogelijk.

H₂S in het gas kan leiden tot scheurvorming door H₂S-corrosie. In dat geval moeten de te kiezen staalsoorten H₂S bestendig zijn. Tot nu toe zijn er in Nederland geen aardwarmteprojecten bekend waarbij H₂S aanwezig is. Omdat het aanpassen van de materiaalselectie niet altijd mogelijk is (b.v. omdat aangepaste materialen te kostbaar zijn of omdat de waterkwaliteit pas bekend wordt nadat de put en de bijbehorende casing al geplaatst is) is ook te kiezen voor de toepassing van beschermende maatregelen om corrosie tegen te gaan, bijvoorbeeld het toevoegen van inhibitors.

Met name RVS is gevoelig voor put- en spleetcorrosie. Bij RVS kan alle corrosiviteit zich concentreren op één beschadiging (waardoor een klein of groter putje in het staal ontstaat), terwijl koolstofstaal over een veel groter oppervlakte zeer gelijkmatig corrodeert. Hogere temperaturen versnellen dit proces.

Naast bovengenoemde vormen van corrosie kan er bij de overgang tussen twee verschillende metalen of legeringen galvanische corrosie plaatsvinden. Een dergelijke overgang zit vaak bij de warmtewisselaars en bij filters. Deze vorm van corrosie is te voorkomen met kathodische bescherming. Er zijn twee manieren van bescherming:

1. Door het roestvaststaal elektrisch te isoleren van het overige staal. Hiervoor zijn flensisolatiesets in de handel (dit zijn kunststof bussen en ringen). Isolatie is niet altijd mogelijk, bijvoorbeeld in geval van aarding van beide van elkaar te isoleren onderdelen. Het testen van de verbinding gebeurt met een multimeter.
2. Door installatie van opofferanodes. Gebruikelijk is om hiervoor geflensde zelfsturende opofferanodes toe te passen. In de geothermie zijn dit vaak zinkanodes waarbij het zink reageert omdat het een minder edel metaal is. De locatie van de anode is belangrijk om voldoende effect te krijgen.

Corrosie-monitoring

Corrosie-monitoring en –maatregelen zijn dus een belangrijk onderdeel van het monitoringsplan en van het onderhoudsplan.

Corrosiemonitoring kan op twee manieren plaatsvinden:

1. Monitoring met coupons.

Een gebruikelijke wijze voor corrosiemonitoring in pijpleidingen en vaten is gebruik van de zogenoemde coupons. Coupons zijn proefplaatjes in de leiding die van hetzelfde materiaal gemaakt zijn als de leiding zelf

(meestal staal St. 52). Analyse gebeurt hem uit de leiding te halen tijdens een processtop. Een visuele analyse is mogelijk door foto's te maken (en te vergelijken met eerder foto's). Verder is de dikte te meten en/of het gewichtsverlies te bepalen. Zo nodig kan aanwezige roest en scaling worden geanalyseerd op chemische samenstelling. Naast de coupons in de leidingen valt ook te denken aan een side stream unit. Hierbij gaat een klein gedeelte van het geothermische water door een bypass waarin probes zijn gemonteerd. Hierdoor is geen processtop voor de monitoring nodig.

2. Online of offline monitoring met probes.

Online monitoring betekent dat het signaal direct naar de procescomputer gaat. Online monitoring gebeurt met behulp van probes (sonde, meetbuis). Door middel van weerstandsmeting wordt de dikteafname (metal loss) gemeten. De weerstand van dit corroderende probe- element wordt vergeleken met een in de probe ingebed element, om variaties in weerstand door temperatuurwisselingen te compenseren. De gevoeligheid van deze methode is beter dan $0,1 \mu\text{m}$ (één tienduizendste van een millimeter).

Offline monitoring vindt plaats met een handmeter of met een datalogger. Bij procesinstallaties is offline monitoring niet veel meer toegepast omdat het veel meer tijd kost om de data te verzamelen en te analyseren. Bij online monitoring is een 'alarm' in te stellen als de corrosie een bepaalde waarde overschrijdt.

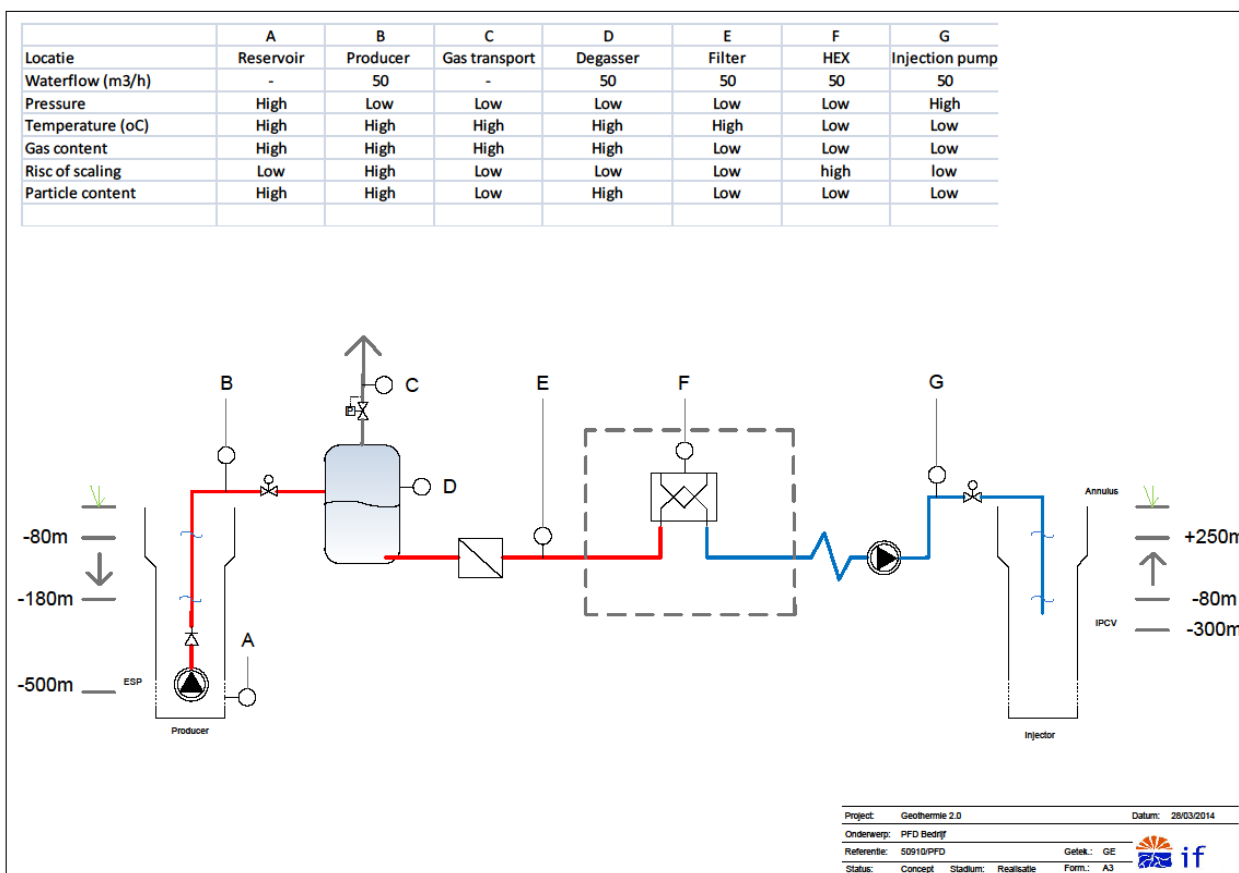
Naast deze meetmethoden is er ook apparatuur op de markt die werkt met drie elektroden. Hiermee is een elektrochemische meting mogelijk om niet alleen uniforme corrosie te meten, maar ook putcorrosie en spanningscorrosie. Bij aardwarmte is corrosie vaak CO_2 -corrosie. CO_2 -corrosie is meestal lokaal. In feite meten deze probes geen dikteafname, zoals de ER probes, maar de corrosiviteit van het water. De methodiek is gebaseerd op 'elektrochemische ruismetingen'. Hoe meer ruis, hoe meer corrosiviteit door lokale corrosie.

Scaling

Door de hoge zoutconcentratie van het water kan er gemakkelijk scaling ontstaan. Scaling is de afzetting van zouten zoals kalk en carbonaten op leidingwanden, in pompen en in warmtewisselaars. Vaak initieert een verandering in de chemische samenstelling van het water (bij ontgassen) en/of in de thermische eigenschappen (afkoelen van het water) de scaling. Een lichte vorm van scaling kan voordelig zijn doordat dit een kleine 'coatinglaag' kan vormen aan de binnenzijde van leidingen waardoor er een beschermlaag kan ontstaan ten aanzien van corrosie. Verhoogde scalinghoeveelheden kunnen echter zeer schadelijk zijn voor het systeem omdat ze verstoppingen kunnen veroorzaken. Daarnaast bestaat de mogelijkheid dat de scaling LSA-materiaal bevat.

Meting van de waterkwaliteit en directe meting van de scaling (proefstrips) zijn nodig voor een 'bestrijdingsprogramma' (injectie van inhibitors).

De plaatsen waar scaling met name kan optreden zijn in onderstaand overzicht schematisch aangegeven.



(Met dank aan IF Technology voor het ter beschikking stellen van bovenstaand schema en enkele overzichten.)

Resultaten geochemische simulatie

Scaling in geothermische installaties is in 2013 beoordeeld in het TNO-project *TC Waterbehandeling Geothermie*. Dit project omvatte verschillende Nederlandse geothermische doubletten in de boor- en winningsfase. Scaling is waargenomen bij sommige van deze doubletten, waaruit de relevantie ervan voor geothermische activiteiten in Nederland moge blijken. Het onderzoek was gericht op de scaling-effecten van grotere uitkoeling van het geproduceerde water en van ontgassing. Een grotere uitkoeling zorgt voor het hoger verwarmingsvermogen en is gunstig voor de injectiedruk aangezien in de praktijk gebleken is dat injectie van kouder water minder energie vraagt. Door ontgassing is het gewonnen gas te gebruiken als brandstof. Zowel grotere uitkoeling als ontgassing verhoogt het risico van scaling. Voor het begrijpen van de processen is gebruik gemaakt van computersimulaties van de betreffende geochemie. Toetsing van de gebruikte modellen is nog wel vereist om het model te kalibreren en nauwkeuriger voorspellingen te kunnen doen.

De simulaties laten zien dat de verwachte neerslag toeneemt bij extra uitkoeling. Dit geeft aan dat grotere afkoeling niet aan te raden is zonder scaling-preventiestrategie. De simulaties geven zelfs aan dat het scaling-potentieel van de huidige doubletten al aanzienlijk is. Dit kan nu of in de toekomst leiden tot een verminderde doorstroming in het reservoir. De drukverlaging en de ontgassing van CO₂ zijn overigens de belangrijkste oorzaken van de scaling. Dit suggereert dat doubletten met veel opgeloste CO₂ een hoog scaling-risico hebben en dat het wenselijk is maatregelen te nemen om de CO₂ in oplossing te houden, of de stijging van de pH (die optreedt als gevolg van de ontgassing) te compenseren door CO₂ of een andere pH-verlagend middel te injecteren. Een belangrijk aandachtspunt hierbij is dat het doseren van te veel pH-verlagende middelen kan leiden tot extra corrosie.

De genoemde TNO-rapporten zijn te vinden op:

http://www.geothermie.nl/fileadmin/user_upload/documents/bestanden/NOPG/TNO_rapport_R11661_TC_Geothermie_Geochemistry_Wasch.pdf

http://www.geothermie.nl/fileadmin/user_upload/documents/bestanden/NOPG/TNO_rapport_R11739_TC_Geothermie-Filters_Van_Leerdam.pdf

7. Sluiten

7.1. Inleiding

Het sluiten (abandonneren) van een put houdt in dat de operator/vergunninghouder deze buiten bedrijf stelt en op een verantwoorde wijze afsluit en achterlaat. De kans is klein, maar het kan zijn dat een put relatief snel na realisatie afgesloten moet worden als blijkt dat deze geen of onvoldoende aardwarmte geeft en niet in exploitatie te nemen is. Maar in elk geval is afsluiting van een put (of een geheel doublet) nodig als deze aan het einde van zijn levenscyclus is. De operator brengt de locatie daarna in zijn oorspronkelijke staat terug.

7.2. Indienen werkprogramma

Om een put buiten werking te mogen stellen is het indienen van een werkprogramma ('sluitingsplan') vereist. Dit werkprogramma voor het buiten gebruik stellen van de put moet minimaal vier weken vóór de aanvang van de betreffende werkzaamheden bij SodM zijn. In het werkprogramma is opgenomen in welke gemeente de put ligt, wat de naam van de put is en wat de coördinaten zijn. Verder bevat het werkprogramma:

- a) de reden voor het buiten gebruik stellen van de put
- b) de datum van de oorspronkelijke afwerking of, indien de put eerder is gerepareerd, de laatste reparatie
- c) een schets van de deviatie, indien van toepassing
- d) een opgave van het referentievlak van waaruit de dieptematen worden opgegeven
- e) een beschrijving met tekeningen van: 1°. verbuizingen; 2°. de cementatiedieptes, en 3°. de dieptes van de top van de annulaire cementkolommen
- f) de diepte waarop de put is afgewerkt en de diepte van het geperforeerde deel van de productieverbuizing
- g) een beschrijving van de afwerking van de put, inclusief specificaties van het spuitkruis
- h) een beschrijving van de ondergrondse afwerking van de put
- i) de verwachte maximale ingesloten bovengrondse druk en de annulaire drukken
- j) de formatiedruk en de referentiediepte
- k) de ondergrondse en bovengrondse temperatuur van de put
- l) de inhoud van de opvoerserie en van de annulaire ruimten
- m) de naam of typeaanduiding van de installatie waarmee de put buiten gebruik wordt gesteld evenals de naam van de drilling contractor
- n) een beschrijving van de te gebruiken beveiligingsinstallatie voor de afsluiting van de put
- o) een chronologisch overzicht van de opeenvolgende werkzaamheden, waarbij zoveel mogelijk rekening wordt gehouden met van tevoren aangenomen alternatieve mogelijkheden. Deze alternatieven zijn voorzien van een toelichting op de veiligheidsoverwegingen, met name voor kritische activiteiten
- p) de methode waarop putten in de nabijheid worden veiliggesteld (gezien de ligging van de buiten gebruik te stellen put en voor zover van toepassing)
- q) een beschrijving met tekeningen van de afwerking van de put na het buiten gebruik stellen
- r) de geschatte tijdsduur van het buiten gebruik stellen.

Voordat een put buiten gebruik wordt gesteld, is deze gevuld met een vloeistof die een zodanig soortelijk gewicht heeft dat iedere in de put te verwachten druk is te weerstaan. De vloeistof heeft bovendien een zodanige samenstelling dat corrosie wordt voorkomen en dat geen schade wordt toegebracht aan eventuele delfstofvoorkomens. Elke in de put gebruikte afsluiting is duurzaam en volledig. In de regel wordt gebruik gemaakt van cementpluggen. Andere middelen zijn toegestaan, mits dat resulteert in ten minste een gelijkwaardige afsluiting.

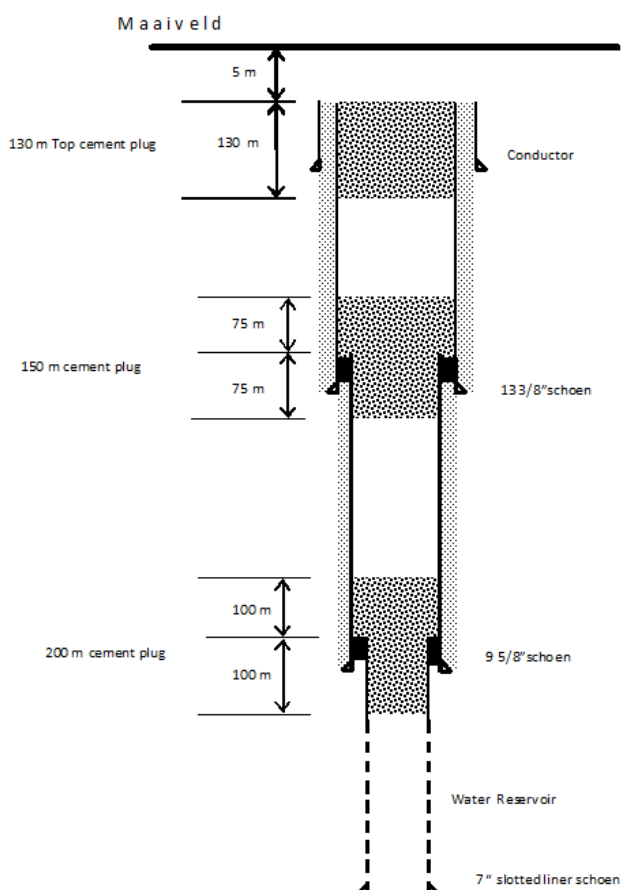
Elke afsluiting van een put moet worden getest met behulp van:

- een gewichtstest van ten minste 100 kN (10 250 kg);
- een beproevingsdruk van ten minste vijftigmaal 100.000 Pa (vijftig bar) gedurende een tijd van vijftien minuten; of
- een onderdruk in de put waarbij geconstateerd wordt dat geen vloeistof of gas vanuit het reservoir de put instroomt.

Als een geothermische put buiten gebruik wordt gesteld waarin zich een gecementeerde afgehangen verbuizing bevindt, dan wordt ter hoogte van de bovenzijde van deze verbuizing een afsluiting aangebracht bestaande uit:

- een cementplug die zich uitstrekt over minimaal vijftig meter onder de bovenzijde van de afgehangen verbuizing tot ten minste vijftig meter daarboven;
- een mechanische plug geplaatst circa tien meter onder de bovenzijde van de afgehangen verbuizing met daarop een cementplug van ten minste zestig meter;
- twee mechanische pluggen, waarvan één geplaatst dicht onder de bovenzijde van de afgehangen verbuizing en de andere dicht boven dit punt.

Voor putten zonder verbuizing of putten met een annulaire ruimte gelden speciale condities voor het bandonneren. Hieronder is een voorbeeld gegeven van een plaatsing van pluggen in een put.



Na het abandonneren brengt de operator de mijnbouwlocatie 'in de originele staat' terug. Een sloopmelding en een sluitingsplan zijn hierbij vereist.

SodM heeft aangegeven dat zij verwacht dat een operator te allen tijde beschikt over de financiële draagkracht om de putten en mijnbouwkundige installaties veilig buiten gebruik te stellen. Het buiten gebruik

stellen van een geothermisch doublet kost in de orde van grootte van 250.000 euro. Dit bedrag kan sterk variëren, afhankelijk van specifieke omstandigheden.

7.3. Veiligheid en gezondheid

Het door de vergunninghouder op te stellen VG-zorgsysteem dient (tijdig) een procedure te bevatten die het gehele proces van buiten bedrijf stellen (tijdelijk, voor langere tijd en permanent) beschrijft en in stappen verdeelt. Het VG-zorgsysteem blijft minimaal van kracht zolang het geothermiesysteem mediumvoerend is en/of er activiteiten plaatsvinden die gerelateerd zijn aan de gevaarlijke situatie. Als het systeem vrij is van gevaarlijke stoffen blijft het VG-zorgsysteem beperkt tot de bewaking en de gegevensbewaking van de ligging van leidingen die in de grond achterblijven.

Voor het buiten bedrijf stellen gelden de volgende uitgangspunten:

- Indien en vóórdat het onderhoud niet langer volgens het VG-zorgsysteem kan worden uitgevoerd (bijvoorbeeld einde technische levensduur), beëindigt de vergunninghouder de bedrijfsvoering met sluiting (abandonnement) en de daarbij behorende maatregelen aan het geothermiesysteem.
- De vergunninghouder volgt de geldende wet- en regelgeving ten aanzien van het verlaten en verwijderen van het geothermiesysteem met toebehoren.
- De vergunninghouder laat de geothermielocatie veilig voor mens en milieu achter. Van de permanent verlaten locaties moeten de gevaarlijke stoffen, slurry, schraapsel, afvalstoffen en achtergebleven producten worden verwijderd en op een passende wijze afgevoerd.
- De vergunninghouder identificeert en beoordeelt de relevante veiligheids-, milieu- en integriteitsrisico's die verbonden zijn aan de uitbedrijfname van het systeem en de bijbehorende apparatuur. Dit gebeurt door een systematische risico-inventarisatie en -evaluatie overeenkomstig dit handboek.

De vergunninghouder stelt de relevante overheidsinstanties en bevoegde gezagsorganen in kennis van het permanent verlaten van het geothermiesysteem met een verklaring dat de risicoruimte (het gebied waarbinnen gevaarlijke situaties zich kunnen voordoen gerelateerd aan het geothermiesysteem en de daarbij horende activiteiten) niet langer noodzakelijk is.

8. Begrippenlijst

10 ⁻⁶ veiligheidscontour	De contour (het 'gebied') om de installatie waarbinnen het risico op ongelukken groter is dan 10 ⁻⁶ /jaar. Te berekenen zoals (momenteel) omschreven in de 'Interim Handleiding Risicoberekeningen Externe Veiligheid', en te vinden op de SodM-site, http://www.sodm.nl/sites/default/files/redactie/interim_handleiding_risico_berekeningen_versie_1_0.pdf
VCA	VCA staat voor Veiligheid, Gezondheid en Milieu (VGM) Checklist Aannemers en is bedoeld om veilig te werken en het aantal ongevallen te verminderen.
Inhibitor	Toevoeging aan het te injecteren water om corrosie en/of neerslag te voorkomen of te verminderen.
Coil tubing	(Schoonmaak-) acties in de put die van een 'opgerolde pijp' (coiled tube) gebruik maken om stoffen onderin de put te brengen of juist van onderin weg te halen.
	MEER VOLGT