

Retouradres: Postbus 80015, 3508 TA Utrecht

Ministerie van Economische Zaken
Directoraat-Generaal Energie, Telecom en Mededinging
Directie Energiemarkt
T.a.v. Drs. J.J. van Beek
Postbus 20401
2500 EK DEN HAAG



Onderwerp

Bepaling begrenzing winningsvergunning aardwarmte.

Geachte mevrouw van Beek,

Zoals afgesproken tijdens het overleg op 31 januari en 6 maart jl. tussen het Ministerie van Economische Zaken en TNO-AGE stuur ik u hierbij een uiteenzetting van de overwegingen die TNO-AGE gebruikt om de begrenzing van een winningsvergunning aardwarmte te berekenen. Deze notitie is een nadere precisering en vervangt de notitie van 5 juni met kenmerk AGE 14-10.034.

Met vriendelijke groeten,

Dr. I.C. Kroon
Hoofd Adviesgroep Economische Zaken

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56

Datum

3 september 2014

Onze referentie

AGE 14-10.050

Contactpersoon

Drs. H.F. Mijnlief

E-mail

harmen.mijnlieff@tno.nl

Doorkiesnummer

+31 88 866 45 14

Uw referentie

overleg 31 januari 2014

Op opdrachten aan TNO zijn de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, zoals gedeponeerd bij de Griffie van de Rechtbank Den Haag en de Kamer van Koophandel Den Haag van toepassing. Deze algemene voorwaarden kunt u tevens vinden op www.tno.nl.
Op verzoek zenden wij u deze toe.

Handelsregisternummer 27376655

Datum
3 september 2014

Onze referentie
AGE 14-10.050

Blad
2/11

Bijlage: Overwegingen bij de berekening van de begrenzing van een winningsvergunning voor aardwarmte.

Uitgangspunten en bestaande regels

In overleg met het Ministerie van Economische Zaken zijn de volgende uitgangspunten voor vergunningverlening geformuleerd:

- Het te vergunnen gebied voor de winning van aardwarmte moet in zijn geheel binnen het bestaande opsporingsvergunninggebied liggen.
- De vergunning wordt in principe voor maximaal 35 jaar verleend.
- Gedurende de looptijd van de winningsvergunning mag de (berekende) temperatuurdaling op de grens van het vergunde gebied maximaal 1°C zijn, om te vermijden dat productie van aardwarmte buiten de winningsvergunning plaatsvindt.
- Als de maximaal toegestane afkoeling op de gebiedsgrens eerder dan na 35 jaar verwacht wordt, zal de duur van de vergunning beperkt worden.
- Vergunningverlening is gericht op doelmatige van winning aardwarmte.
- De voorkeur wordt gegeven aan een vergunning-polygoon die ruimer is opgezet dan minimaal noodzakelijk.
- Het deel van de opsporingsvergunning dat buiten het bepaalde winningsvergunninggebied valt blijft geldig tot de voor de opsporingsvergunning vastgestelde einddatum.
- Aardwarmteproducenten registreren en leveren maandelijks productiegegevens, onder meer temperatuur en volume van het geproduceerde water, aan de overheid.

De nauwkeurigheid waarmee het temperatuurverloop in de tijd kan worden voorspeld, is mede afhankelijk van de hoeveelheid en kwaliteit van beschikbare ondergrondgegevens. Omdat deze data voor aanvang van de winning nog beperkt voorhanden zijn, kan de afkoeling van de ondergrond in de regel slechts globaal geschat worden aan de hand van generieke aannames.

Achtergrond

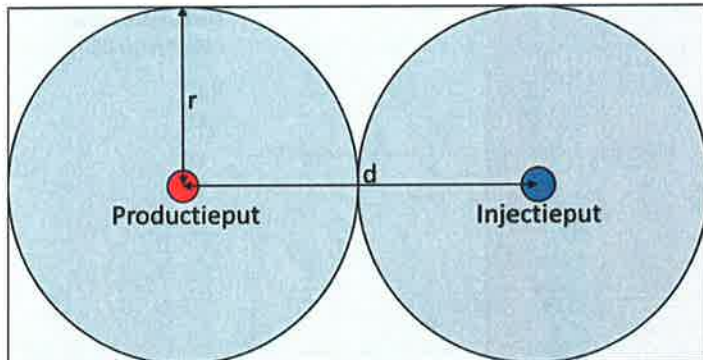
“Franse methode”

In beginsel wordt de zogenaamde “Franse methode” gebruikt (zie [1]). Hiermee wordt het beïnvloedingsgebied van een doublet gedefinieerd door een rechthoek die twee cirkels omvat. De cirkels hebben als middelpunt de productie- en injectieputlocatie op aquifer-niveau en een straal die gelijk is aan de halve afstand tussen de putten op het eerder genoemde aquifer-niveau (zie figuur 1).

Datum
3 september 2014

Onze referentie
AGE 14-10.050

Blad
3/11



Figuur 1: Bepaling vergunninggebied met behulp van de "Franse Methode". Plaatsing van injectie- en productieput op aquiferniveau; d = putafstand op aquiferniveau; r = straal cirkel = halve putafstand op aquiferniveau.

Deze methode is eenvoudig en eenduidig toe te passen en honoreert grotendeels de bovenstaande uitgangspunten. Dit is in de notitie "Rapportage ruimtelijke ordening geothermie" [1] behandeld.

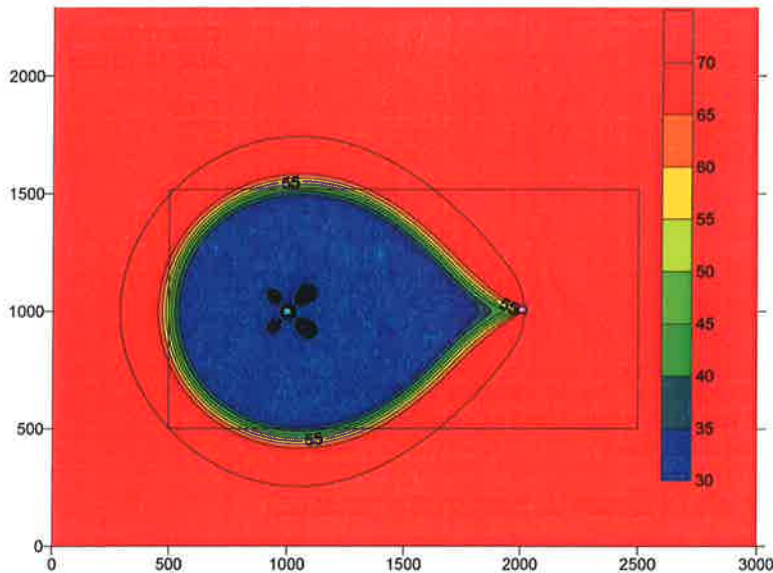
De door TNO-AGE gehanteerde definitie van 'doorbraak' is 'het moment dat bij de productieput een temperatuurdaling van 1 °C optreedt'. Het moment van "economische doorbraak" wordt bepaald door de minimaal benodigde temperatuur van het productiewater.

De gedachte die aan de "Franse methode" ten grondslag ligt, is dat op het moment van doorbraak het areaal "beïnvloede gebied" buiten de vergunningsgrens beperkt is [1] (zie , lichtrode tot groene gebied buiten de 'winningsvergunning'). Het moment van doorbraak is te bepalen aan de hand van de geregistreerde productiedata. Aspecten zoals bijvoorbeeld variatie in het productiedebiet en/of progressief meer of minder bijdrage van dieper of ondieper gelegen aquiferzones kunnen de productietemperatuur, gemeten aan de productieput of in de installatie echter beïnvloeden. Dit maakt het lastig eenduidig te bepalen of een gemeten temperatuursdaling in de productieput direct te correleren is met een overschrijding van het vergunningsgebied.

Datum
3 september 2014

Onze referentie
AGE 14-10.050

Blad
4/11



Figuur 2: Temperatuurbeïnvloedsgebied van het doublet op het moment van doorbraak (gelijk aan 1 °C temperatuursdaling) in de productieput en de "Franse methode" rechthoek. De kleurenbalk is geeft het temperatuurinterval behorend bij de kleur in graden Celcius. Bron [1, figuur 2].

In het algemeen zijn de putten zodanig gedeveerd dat ze met toenemende diepte verder van elkaar liggen. Indien wordt aangenomen dat het afkoelingsfront verticaal is, treedt doorbraak in het traject van de productieput in principe eerder op aan de top van de aquifer dan in het midden of aan de basis van de aquifer. Vanwege de voorwaarde 'de toegekende vergunning iets ruimer op te zetten dan minimaal noodzakelijk' is ervoor gekozen het centrum van de cirkels te definiëren in het midden van de put-trajecten binnen de aquifer .

Het heeft de voorkeur om het midden van de aquifer als referentiepunt voor de cirkels te kiezen boven de diepte van de screens, het geperforeerde interval of de basis van de aquifer. Er kan namelijk sprake zijn van meerdere screens boven elkaar waardoor het lastig is om te bepalen op welke diepte ten opzichte van de screens het centrum van de cirkel gekozen moet worden. Ook kunnen in de loop van de tijd extra intervallen geperforeerd worden. Evenmin is er voor gekozen het doorprikpunt met de basis van de formatie of de diepte van de diepste screens te kiezen als centrum van de cirkel. Dit zou leiden tot een grotere oppervlakte van het vergunningsgebied, waarbij het onzeker is of het warmtepotentieel in de ondergrond optimaal benut zal worden.

Voorbeeld

Als voorbeeld is voor een hypothetische casus de evolutie van het afkoelingsgebied bepaald met behulp van een homogeen aquifermodel en 2D-aquifermodelleringsoftware, DoubletCalc2D. DoubletCalc2D is door TNO ontwikkelde software op basis van DoubletCalc. De uitbreiding van DoubletCalc naar 2-dimensies stelt de TNO-AGE in staat om ruimtelijke aquifer heterogeniteit mee te nemen in de bepaling van het beïnvloedsgebied en de evolutie in de tijd van het beïnvloedsgebied.

Datum
3 september 2014

Onze referentie
AGE 14-10.050

Blad
5/11

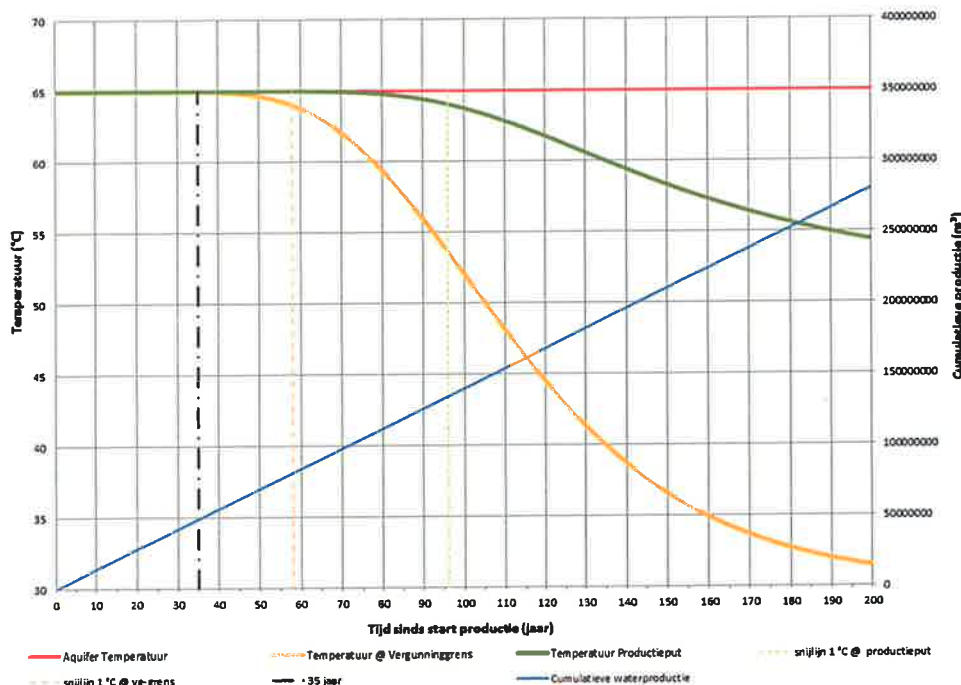
In het voorbeeld scenario is een debiet van 160 m³/uur is opgelegd (Bijlage 1). Het resultaat laat zien dat de afkoeling in dit scenario (Figuur 4):

1. na 35 jaar nog ruim binnen de gebiedsgrens blijft
2. op de gebiedsgrens na ongeveer 58 jaar 1 °C is,
3. in de productieput pas na 96 jaar 1 °C is, als de afkoeling op de gebiedsgrens inmiddels 12 °C bedraagt.
4. Als de "economische doorbraak" is bepaald op 55°C productie temperatuur de afkoeling op de gebiedsgrens inmiddels circa 33 °C bedraagt.

In de laatste twee gevallen wordt niet voldaan aan de eis van een maximale temperatuurdaling op de gebiedsgrens van 1 °C. Er kan worden gesteld dat indien in dit scenario een (langdurige) temperatuurdaling van het productiewater van 1°C wordt geregistreerd ook op de grens van de vergunning de maximaal toelaatbare temperatuurdaling is bereikt (en zelfs in beperkte mate overschreden).

De afkoeling van de aquifer wordt versneld als een hoger debiet wordt opgelegd. Het moment waarop de afkoeling op de vergunningsgrens en de productieput plaatsvindt, wordt vervroegd.

Het beïnvloede gebied ten opzichte van de rechthoek volgens de "Franse methode" op de drie tijdstippen zoals hierboven besproken (zie ook Figuur 3), worden in kaartbeeld getoond in de onderstaande figuren (Figuur 4, Figuur 5 & Figuur 6).



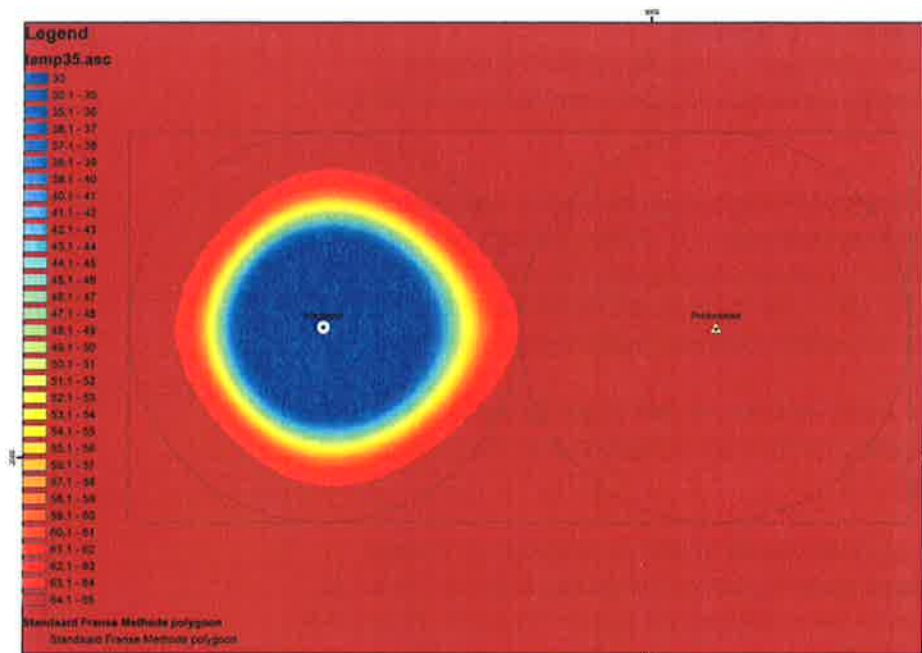
Figuur 3: Tijd sinds productiestart tegen
 - Productiewatertemperatuur bij productieput,
 - Formatiewatertemperatuur op de vergunningsgrens conform 'Franse methode'
 - de cumulatieve productie.
 Uitkomsten van een homogeen reservoir model met een opgelegd debiet van

Datum
3 september 2014

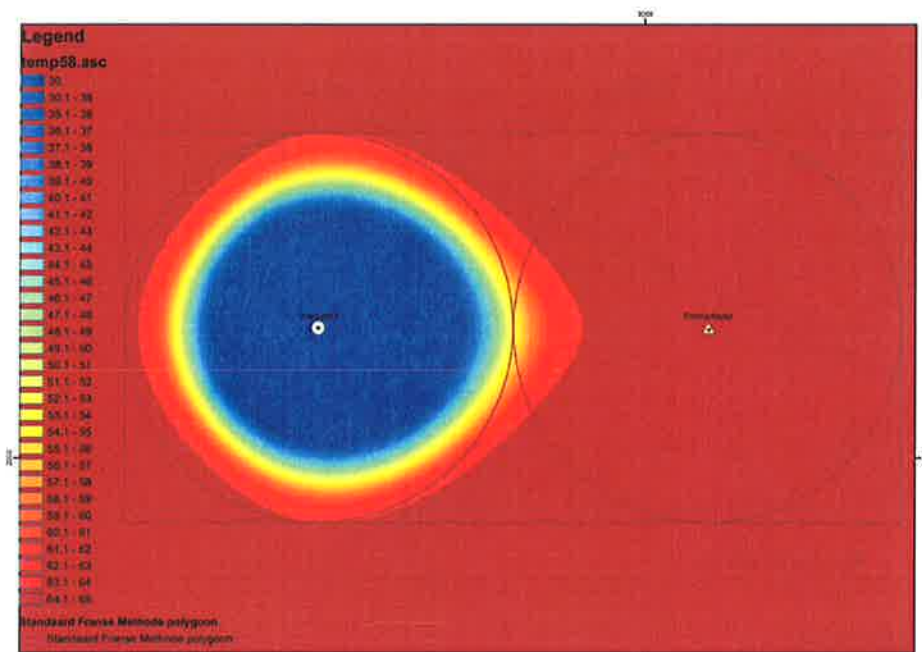
Onze referentie
AGE 14-10.050

Blad
6/11

160 m³/uur. De verticale lijnen geven de tijdsduur van:
1) standaard EZ-aardwarmtevergunningduur,
2) 1 °C temperatuurdaling op de grens van de vergunning
3) 1 °C temperatuurdaling bij de productieput.



Figuur 4: Gebied waarbinnen temperatuurdaling optreedt voor het modelscenario op tijdstip 35 jaar als maximale vergunningduur. De kleurenbalk links in de figuur is de legenda voor de temperatuur van het water in de aquifer.



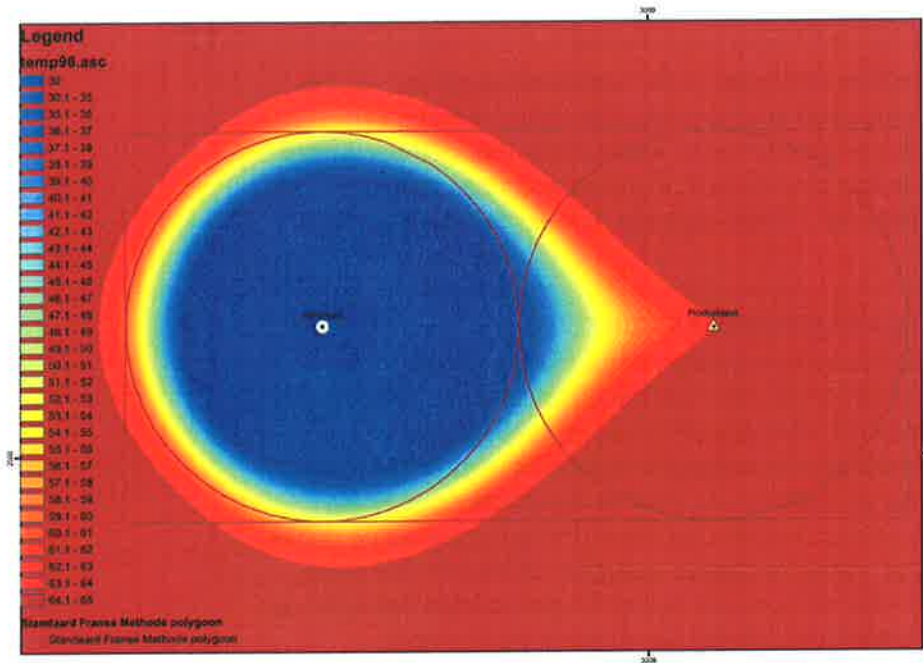
Figuur 5: Gebied waarbinnen temperatuurdaling optreedt voor het modelscenario na 96 jaar productie bij 1 °C temperatuurdaling op de gebiedsgrens. De afkoeling op de

Datum
3 september 2014

Onze referentie
AGE 14-10.050

Blad
7/11

gebiedsgrens bedraagt inmiddels 12 °C. De kleurenbalk links in de figuur is de legenda voor de temperatuur van het water in de aquifer.



Figuur 6: Gebied waarbinnen temperatuurdaling optreedt voor het modelscenario bij 1 °C temperatuurdaling bij de productieput (na X jaar productie). De kleurenbalk links in de figuur is de legenda voor de temperatuur van het water in de aquifer. **Vergunningduur**

In het hiervoor beschreven voorbeeld is het productiedebiet de belangrijkste factor die de groeisnelheid van het koudwaterfront beïnvloedt. Overige belangrijke factoren zijn:

- de afstand tussen de putten op aquiferniveau
- het volume aan formatiewater dat gemobiliseerd kan worden hetgeen mede bepaald wordt door porositeit, dikte en netto-bruto verhouding van de aquifer.

Indien rekening wordt gehouden met sterk heterogene reservoirs (in termen van doorstromingseigenschappen), is eerder reeds geconcludeerd (rapportage [1]) dat bepaling van de vergunning-polygoon met behulp van de 'Franse methode' veilig is met het oog op potentiële 'temperatuur-interferentie' tussen aanpalende vergunningen. Heterogeniteiten binnen de aquifer die min of meer parallel lopen aan de lijn tussen de productie- en injectieput leiden in de meeste gevallen tot een verkorting van de doorbraaktijd.

Methodiek bepaling gebiedsbegrenzing

Voor de bepaling van de omvang van het te verlenen vergunningsgebied wordt de vergunningsrechthoek conform de "Franse methode" bepaald. Indien er delen van deze rechthoek buiten de bestaande opsporingsvergunning vallen, worden deze uit de "rechthoek" gesneden.

Datum
3 september 2014

Onze referentie
AGE 14-10.050

Blad
8/11

Indien er sprake is van twee overlappende en gelijktijdig behandelde winningsvergunningaanvragen, dan wordt gekeken hoe de verdeling van de overlap het beste tegemoet komt aan de doelmatige winning van aardwarmte.

Indien de opbouw van de ondergrond in het ruime beïnvloedingsgebied van het aardwarmtesysteem aanleiding geeft te veronderstellen dat de winning van aardwarmte risico's, bijvoorbeeld geïnduceerde seismiciteit, met zich meebrengt die te vermijden zijn als de vergunning anders begrensd wordt dan kan de vergunningsrechthoek conform de "Franse methode" ook worden aangepast.

Methodiek bepaling vergunningsduur

In de rapportage behorend bij de winningsvergunningaanvraag en/of het bijbehorende winningsplan staan onder meer het beoogde debiet en het beoogde aantal vollasturen van het doublet. Wanneer en na welke hoeveelheid geproduceerd water het afkoelingsfront de vergunningsgrens heeft bereikt kan met behulp van een simulatie op basis van de door de aanvrager opgegeven aquifer- en operationele parameters worden berekend. Het gerapporteerde debiet is momenteel één enkel getal. Indien het aantal beoogde vollasturen niet wordt vermeld, wordt aangenomen dat het beoogde debiet het gemiddelde debiet is voor jaar-rond productie (8760 vollasturen). Alsnog kan er een hoger of lager gemiddeld debiet gerealiseerd worden wat resulteert in een kortere dan wel langere doorbraaktijd.

De looptijd van de vergunning is in beginsel 35 jaar, tenzij, met het voorgestelde debiet (winningsplan) en een modelberekening op basis van de (aangeleverde) aquiferparameters, de afkoeling 1 °C van op de vergunningsgrens binnen 35 jaar zal worden bereikt. In dat geval wordt de looptijd beperkt tot het moment waarop de temperatuurdaling van 1 °C de vergunningsgrens bereikt.

TNO-AGE beveelt aan dat bij de vergunningverlening een extra "voorwaarde" wordt gesteld waarbij de productie moet worden gestaakt indien:

- het 'gerealiseerde cumulatief geproduceerde' volume, het ' berekende cumulatief geproduceerde' volume bij temperatuurdaling op de vergunningsgrens van de modelberekening voor de vergunnigverlening overschrijdt en / of,
- de productiewatertemperatuur langdurig is verlaagd met 1 °C.

Beide situaties kunnen een indicatie zijn voor beïnvloeding van de temperatuur buiten de winningsvergunning. De jaarlijkse actualisatie van het winningsplan is voor de producent hét document om inzichtelijk te maken wat de oorzaak is van enerzijds de daling van de productiewatertemperatuur en anderzijds om te beargumenteren dat er ondanks de overschrijding van de voorwaarden er geen beïnvloeding van de temperatuur buiten het winningsvergunningsgebied plaatsvindt. Na evaluatie van de rapportage kan besloten worden tot voortzetting of verlenging van de productie dan wel handhaving van de productiestop.

Datum
3 september 2014

Onze referentie
AGE 14-10.050

Blad
9/11

Begrenzing in diepte.

TNO-AGE is van mening dat winningsvergunningen in diepte begrensd moeten worden, zowel aan de boven- als onderzijde.

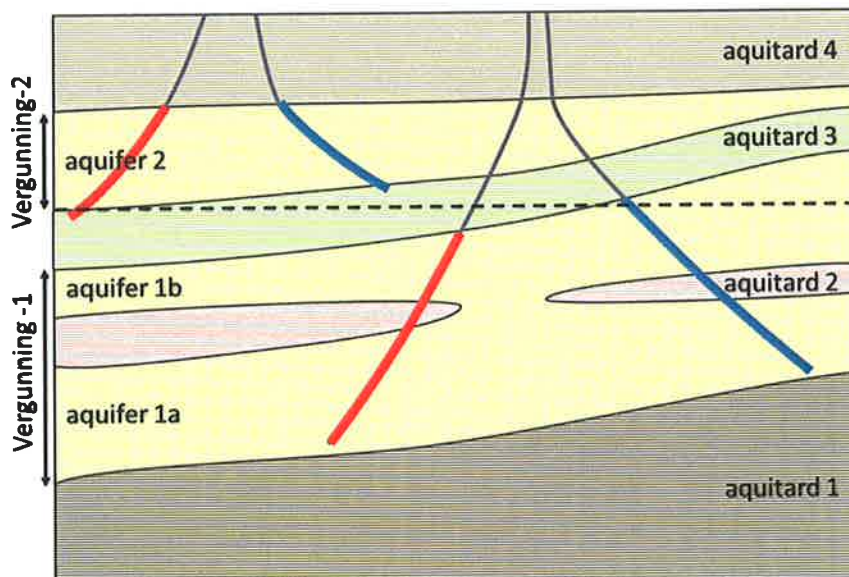
Er wordt voorgesteld om de (verticale) dieptebegrenzing te definiëren langs fysieke grenzen, die druk- en vloeistofcommunicatie tussen boven elkaar liggende watervoerende lagen (aquifers) voorkomen. Voor de bepaling van de boven- en ondergrens wordt gezocht naar lagen (aquitards) die:

- ondoorlatend zijn,
- over het gehele gebied continu aanwezig zijn (geen lokale lekken).

De aquitard moet een zodanige dikte en samenstelling hebben zodat communicatie tussen de boven- en onderliggende aquifer effectief wordt tegengegaan. Dunne lagen of lagen die bestaan uit een mengsel van klei met relatief veel zand, zijn dus ongeschikt.

Figuur 7 toont een schematische weergave van twee mogelijke vergunningen. Vergunning 1 wordt aan de onderzijde begrensd door aquitard 1 en aan de bovenzijde door aquitard 3. Aquitard 2 is discontinu en kan dus niet worden gebruikt als afsluitende laag tussen de aquifers 1a en 1b. Vergunning 2, waarvan het doublet op ongeveer dezelfde oppervlaktelocatie ligt als die van vergunning 1, wordt begrensd door de aquitards 3 en 4. De horizontale stippellijn laat zien dat een diepte in meters hier niet gebruikt kan worden als verticale begrenzing van een vergunning. De stippellijn ligt aan de linkerzijde in aquifer 2, en aan de rechterzijde in aquifer 1.

Op termijn biedt deze methode de mogelijkheid tot het uitgeven van meerdere, boven elkaar gelegen winningsvergunningen.



Figuur 7: Schematische weergave van de verticale begrenzing van een vergunning, die het mogelijk maakt boven elkaar gelegen gebieden te vergunnen.

Referenties

- [1] TNO (2009). Rapportage ruimtelijke ordening geothermie. TNO rapport TNO-034-UT-2009-01286/C, 24p. Download van <http://nlog.nl/resources/Geothermie/TNO-034-UT-2009-01286.pdf>

Datum
3 september 2014

Onze referentie
AGE 14-10.050

Blad
10/11

Datum
3 september 2014

Onze referentie
AGE 14-10.050

Blad
11/11

Bijlage 1: Parameters van het simpele voorbeeld aquifermodel

Gebiedsbeschrijving	
Xmin (meter)	0
Xmax (meter)	5000
Ymin (meter)	0
Ymax (meter)	5000
Nx	101
Ny	101
Aquifer Eigenschappen	
Initiele Temperatuur (°C)	65
Diepte (top, meter)	1500
Dikte (meter)	100
Porositeit (fractie)	0.18
Netto-Bruto (fractie)	1
Permeabiliteit (mD)	200
Saliniteit (ppm)	120000
Opslagcapaciteit ($\text{m}^3 \text{Pa}^{-1}$)	1.00E-09
Conductiviteit Water ($\text{W K}^{-1} \text{m}^{-1}$)	0.6
Conductiviteit Gesteente ($\text{W K}^{-1} \text{m}^{-1}$)	4
Dichtheid Gesteente (kg m^{-3})	2700
Put gegevens	
<i>Injectieput</i>	
X (doorprikpunt top aquifer, meter)	1750
Y (doorprikpunt top aquifer, meter)	2500
Diameter verbuizing aquifer (inch)	7
Skin	0
Injectie Temperatuur (°C)	30
Debiet (m^3/uur)	160
<i>Productieput</i>	
X (doorprikpunt top aquifer, meter)	3250
Y (doorprikpunt top aquifer, meter)	2500
Diameter verbuizing aquifer (inch)	7
Skin	1

