

Informatiebladen aardwarmtewinning

Voorwoord, disclaimer

1. **Beschrijving**
 - a. **Algemeen**
 - b. **Winning met aardwarmte-doublers**
 - c. **Warmtekrachtcentrales (EGS)**

2. **Potentieel in Nederland**
 - a. **Vergunningen**
 - b. **Geotechnische randvoorwaarden**
 - c. **Kans op geothermisch vermogen (standaard doublet)**
 - d. **Mogelijkheden voor EGS**

3. **Proces**
 - a. **Fasering en vergunningen**
 - b. **Keten aardwarmtewinning**

4. **Ruimtegebruik en infrastructuur**
 - a. **Boringen**
 - b. **Warmtewisselaar verwarming huizen/kassen**
 - c. **Aardwarmte krachtcentrales (EGS)**

5. **Effecten**
 - a. **Bodemdaling**
 - b. **Bodemtrillingen**
 - c. **Milieu**

6. **Andere activiteiten**
 - a. **Competitie en synergie**
 - b. **Herbenutting**

Voorwoord, disclaimer

Deze informatiebladen zijn gemaakt ter ondersteuning van het kaartmateriaal dat in het kader van de projecten VRODO (Vorbereiding Ruimtelijke Ordening Diepe Ondergrond) en STRONG (Structuurvisie Ondergrond) aan de provincies en gemeenten is opgeleverd. Het betreft concepten die nog in bewerking zijn en het is daarom nadrukkelijk niet de bedoeling om deze informatie buiten het kader van STRONG te gebruiken.

De informatiebladen geven een algemeen overzicht van de activiteiten die in de diepe ondergrond mogelijk zijn en van de infrastructuur en mogelijke effecten die samenhangen met het gebruik van de diepe ondergrond. Specifieke technologische details omtrent de installaties, gebruikte technieken en stoffen, etc. zullen uit andere, daar toe geëigende bronnen moeten worden gehaald. TNO is niet aansprakelijk voor eventuele fouten en onvolkomenheden in dit overzicht.

De documenten zijn nog in bewerking maar geven voorlopig voldoende informatie voor het evalueren van de kaarten binnen VRODO. Hieronder volgt een aantal kanttekeningen ten aanzien van de geleverde informatie:

-De informatie is niet volledig. Er zullen, waar dat mogelijk is en het binnen de scope van het project past, nog aanvullingen en verbeteringen volgen.

-De documenten omvatten algemene kentallen en beschrijvingen die van de werkelijke situatie kunnen afwijken. TNO is niet aansprakelijk waar het deze afwijkingen betreft.

-De meeste figuren zijn louter ter illustratie weergegeven en nu nog afkomstig van diverse bronnen. M.n. bij schematische overzichten wordt vaak een verkeerde indruk van de schaal/omvang gegeven, bijvoorbeeld betreft de diepte waarop activiteiten plaatsvinden. Deze figuren zullen later waar mogelijk worden vervangen door eigen TNO-illustraties die een betere indruk van schaal en omvang geven.

Beschrijving

1a) Algemeen

Concept April 2012

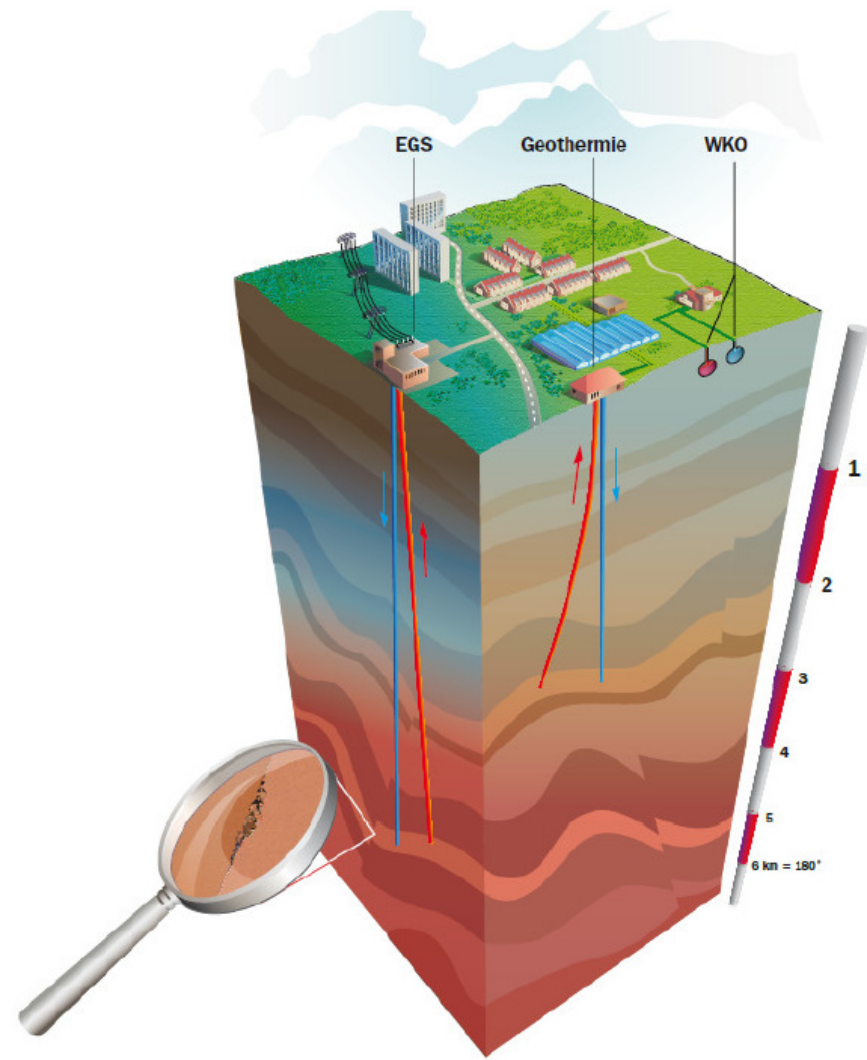
TNO innovation
for life

Algemeen

Grondwater op grotere diepte is een bron van energie in Nederland. Vooral nog toegepast voor het direct gebruik van aardwarmte voor verwarming en op termijn voor de opwekking van elektriciteit.

Aardwarmte is een vorm van duurzame energie, die in Nederland goed kan worden geproduceerd door warm water van 45-120° C op te pompen uit watervoerende aardlagen op 1,5 tot 4 km diepte. Gebaseerd op temperatuurgegevens van de ondergrond zijn verschillende evaluatieprojecten uitgevoerd in de tachtiger jaren, die uiteindelijk hebben geresulteerd in een aantal inventarisatie- en haalbaarheidsstudies. In 2005 is de eerste exploratievergunning toegekend. Sindsdien zijn er meer dan 100 vergunningaanvragen ingediend. Sinds 2007 wordt er in het Westland daadwerkelijk aardwarmte gewonnen.

WKO (warmte-koude opslag) systemen worden al zeer breed geïmplementeerd in Nederland. Deze werken echter in ondiepere lagen buiten het bereik van de Mijnbouwwet en worden derhalve hier niet behandeld.



Beschrijving

1b) Winning met aardwarmte-doublers

Concept April 2012

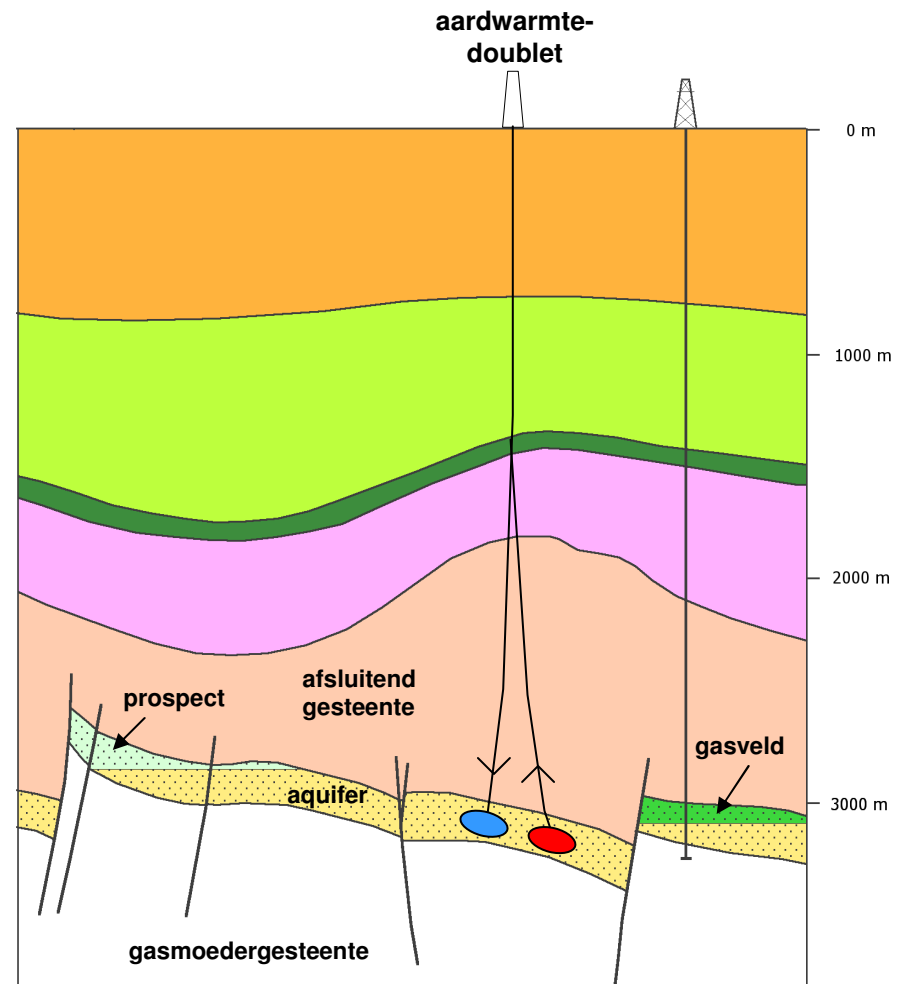


Aardwarmte (geothermie) kan via een aantal systemen worden gewonnen. Voor Nederland zijn vooral de aardwarmte-doublers en Enhanced Geothermal Systems (EGS) van toepassing.

Bij aardwarmte-doublers worden een productie- en injectieput in dezelfde watervoerende laag (aquifer) geboord. De afstand tussen beide putten op de einddiepte (2 km of dieper) bedraagt ca. 1500 m. Ze worden vanuit dezelfde oppervlaktelocatie geboord. Het warme water wordt opgepompt en geeft zijn thermische energie af via een warmtewisselaar. Het afgekoelde water wordt weer geïnjecteerd.

Tijdens productie en injectie zal het koude geïnjecteerde water over een periode van enkele tientallen jaren naar de productieput toestromen. Zodra het koudefront contact maakt met de productieput, zal het doublet zijn vermogen verliezen.

Voor een standaard doublet is in de regel geen verdere stimulering (fracking) van het gesteente nodig.



Schematische doorsnede van een aquifer met gasvelden en een doublet

Beschrijving

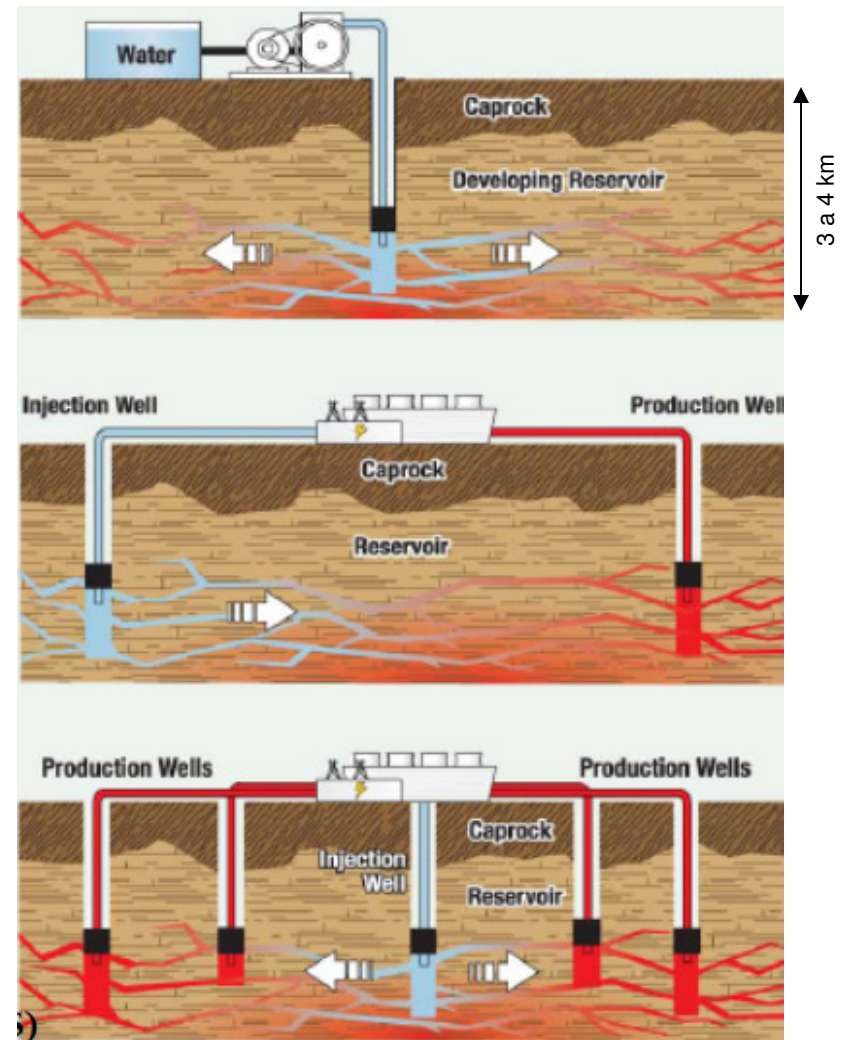
1c) Warmtekrachtcentrales (EGS)

Concept April 2012

TNO innovation
for life

Bij Enhanced Geothermal Systems (EGS) wordt thermische energie vanaf grote dieptes (en dus hogere temperaturen) gewonnen. In Nederland kan water met een temperatuur van $> 120^{\circ}\text{C}$ worden gewonnen op dieptes vanaf ca. 3500 a 4000 m. De hoge temperaturen kunnen worden gebruikt voor het opwekken van elektriciteit.

Op grote dieptes neemt de doorlatendheid van het gesteente meestal sterk af en zal deze door stimulering moeten worden verbeterd. Bij EGS wordt daarom eerst koud water in de diepe laag gepompt. Door het grote temperatuurverschil tussen het geïnjecteerde water en het gesteente, en de hoge druk waarmee geïnjecteerd wordt, ontstaan er barsten en scheuren (een vorm van fracturing). Zodra de scheuren gevormd zijn, kan een productieput voor het oppompen van warm water worden geïnstalleerd. Doorgaande productie van warm water en injectie van koud water zorgt er voor dat de doorlatende scheuren en barsten, en daarmee het doorlatende systeem, in stand blijven.



Voorbeeld van een Enhanced Geothermal System. Let op: diepte niet op schaal (bron: www1.eere.energy.gov)

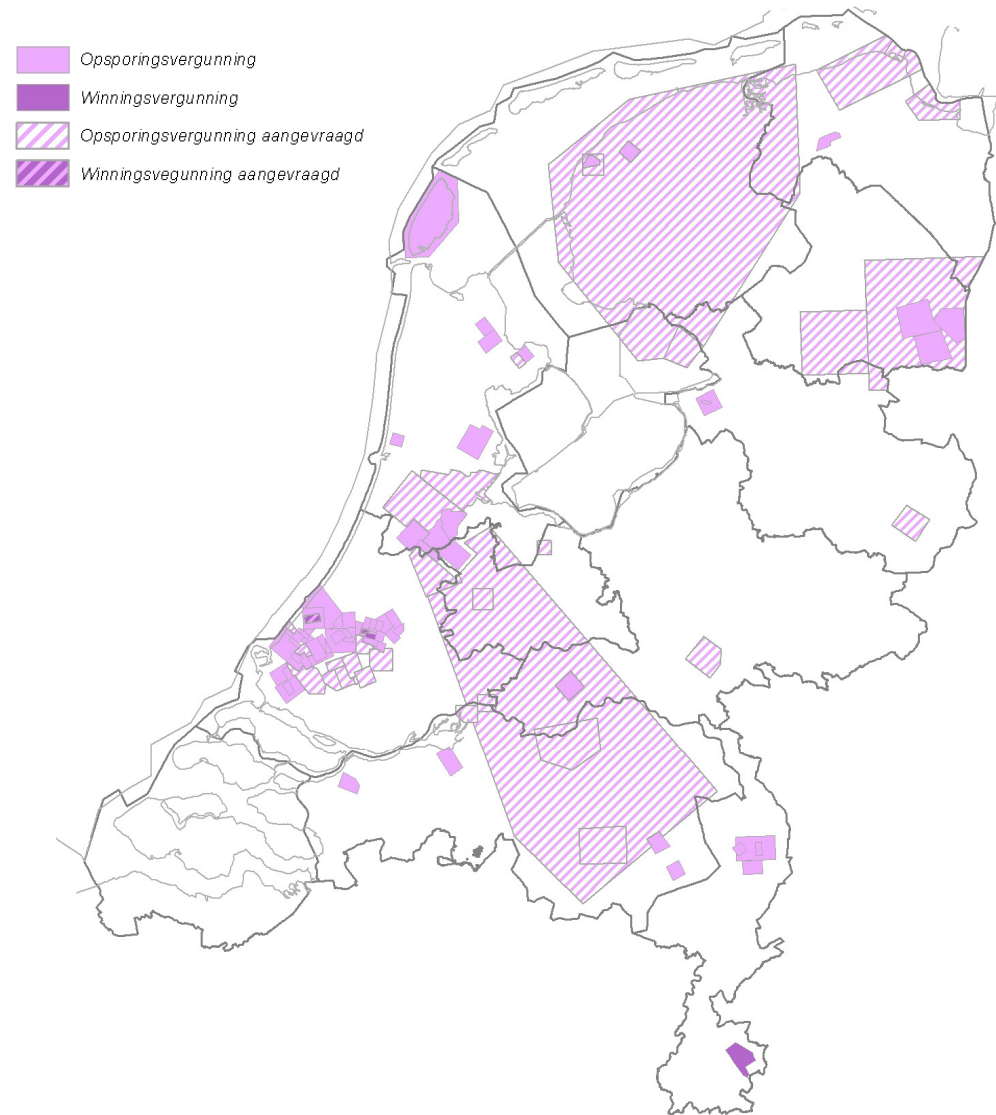
Potentieel in Nederland

2a) Vergunningen

Concept April 2012

TNO innovation
for life

Sinds 2007 is in Nederland de winning van aardwarmte serieus op gang gekomen. Inmiddels is voor veel gebieden een opsporingsvergunning verleend of aangevraagd. In Bleiswijk en Heerlen liggen twee winningsvergunningen. De vergunninggebieden voor aardwarmte overlappen vaak met de opsporings- en winningsvergunningen voor koolwaterstoffen.



Vergunninggebieden voor opsporing en winning van aardwarmte (dd. April 2012)

Potentieel in Nederland

2b) Geotechnische randvoorwaarden

Concept April 2012



Harde geologische randvoorwaarden

Aquifer / zandsteenlaag met voldoende hoge **temperatuur**. Voor een standaard doublet wordt uitgegaan van een temperatuur van minimaal 45 tot 60° C. Voor winning van elektriciteit zijn temperaturen van meer dan 120° C nodig.

De laag moet voldoende **dikte** en **doorlatendheid** hebben om een bepaald **debiet** te kunnen leveren.

Andere technische en economische wegingsfactoren

Homogeniteit qua samenstelling en eigenschappen van het gesteente. Dit bepaalt m.n. de doorstroming.

Waterdruk in de aquifer bepaalt welke pompinstellingen er moeten worden gebruikt.

Het voorkomen van **andere stoffen** in de aquifer zoals gas of olie. Deze kunnen de winning negatief beïnvloeden.

Breekbaarheid: Voor EGS moet het gesteente geschikt zijn voor het laten ontstaan van barsten en scheuren.

Potentieel in Nederland

Concept April 2012

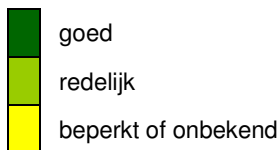
2c) Kans op geothermisch vermogen (standaard doublet)



Verbreiding

Diepe aquifers hebben een grote verbreiding in Nederland (behalve in Zeeland). De locaties met gunstige eigenschappen zijn beperkter en komen veelal overeen met de gebieden waar ook olie- en gasvelden aanwezig zijn.

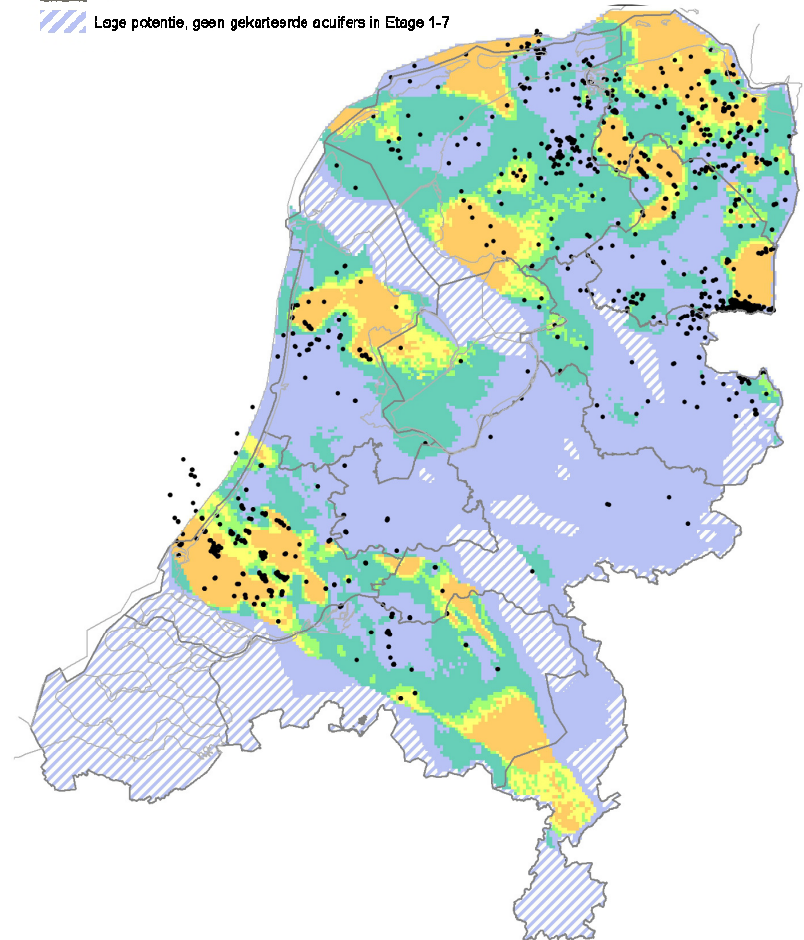
Kansen voor standaard doubletten



	Friesland	Groningen	Drenthe	Overijssel	Noord-Holland	Flevoland	Utrecht	Gelderland	Zuid-Holland	Zeeland	Noord-Brabant	Limburg
Etage 7: Tertiaire Groepen											goed	
Etage 6: Chalk Groep												
Etage 5: Rijnland Groep	beperkt of onbekend	beperkt of onbekend	beperkt of onbekend	beperkt of onbekend					goed			
Etage 4: Jura Groepen									goed			
Etage 3: Trias Groepen		redelijk	redelijk	beperkt of onbekend	beperkt of onbekend	beperkt of onbekend	beperkt of onbekend	redelijk	goed		goed	redelijk
Etage 2: Zechstein Groep												
Etage 1: Rotliegend Groep	goed	goed	redelijk	beperkt of onbekend	goed	redelijk	beperkt of onbekend	beperkt of onbekend	beperkt of onbekend			beperkt of onbekend
Etage 0: Carboon		beperkt of onbekend	beperkt of onbekend									

Verbreiding van aquifers met goede eigenschappen voor winning aardwarmte met standaard doublet

- Gebruik metingen voor aquifereigenschappen
- Goed, 50% kans op >20 MW
- Goed, 50% kans op 15 - 20 MW
- Goed, 50% kans op 10 - 15 MW
- Mogelijke indicatie, 30% kans op >10 MW
- Lage potentie, <30% kans op >10 MW
- Lage potentie, geen gekarteerde aquifers in Etage 1-7



Kans op produceren van geothermisch vermogen met standaard doubletten

Potentieel in Nederland

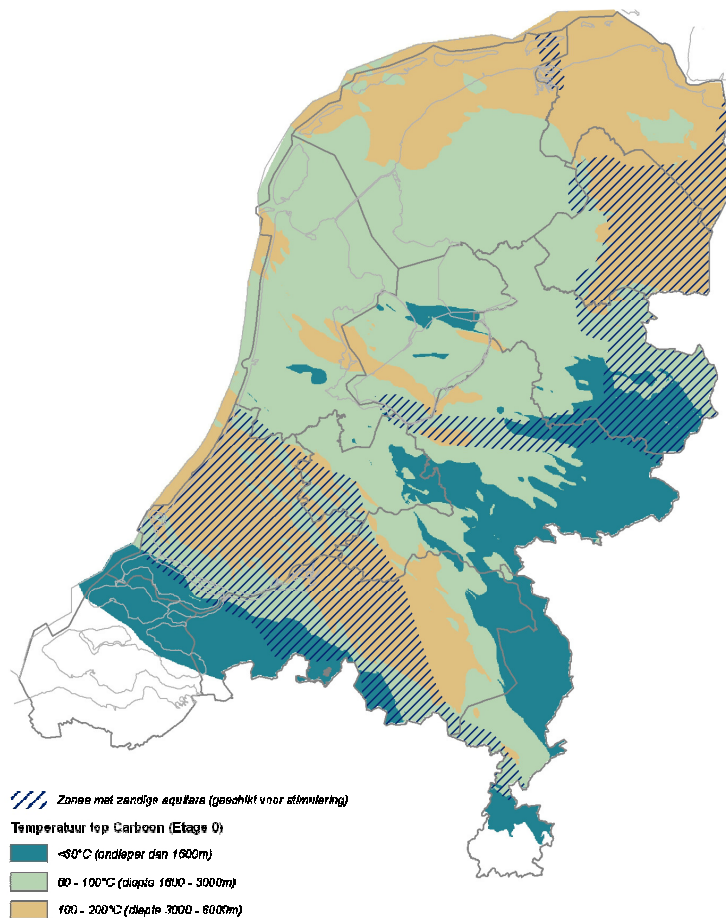
2d) Mogelijkheden voor EGS

Concept April 2012

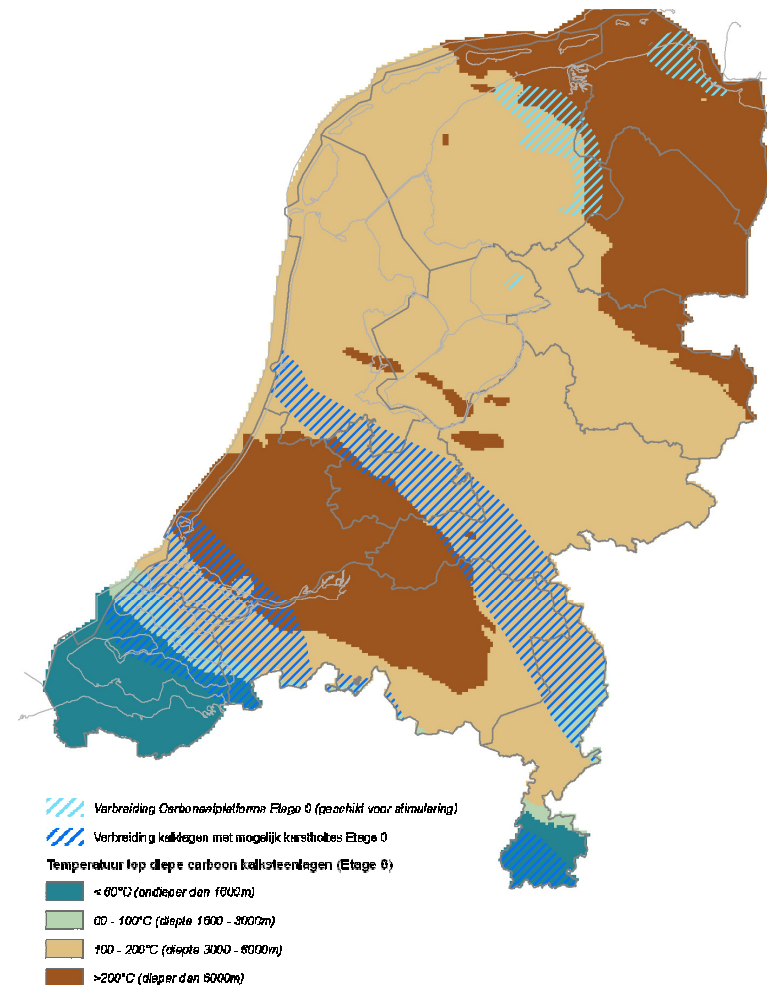


Verbreiding

Over de verbreiding en eigenschappen van de diepste eenheden in de ondergrond is nog veel onbekend. In principe is er naar verwachting in heel Nederland wel een mogelijkheid voor EGS indien diep genoeg wordt geboord. De onderstaande kaarten geven een overzicht van gebieden waarvan min of meer bekend is dat er gesteentelagen aanwezig zijn die geschikt zijn voor stimulering en een hoge temperatuur hebben.



Temperatuur en verbreiding van zandlagen in Etage 0 (Carboon)



Temperatuur en verbreiding van kalksteenlagen in Etage 0 (Carboon)

Proces

3a) Fasering en vereiste vergunningen

Concept April 2012



Fase	Activiteiten	Vergunningen, regelingen
Opsporing	Vooronderzoek en aanvraag (vereist)	Opsporingsvergunning aardwarmte
	Seismisch verkenningsonderzoek (optioneel)	Gemeentelijke wet- en regelgeving
	Proefboring(en), metingen, testen (vereist)	Omgevingsvergunningen, BARMM-melding
	Boren tweede put voor doublet (vereist)	Omgevingsvergunningen, BARMM-melding
Winning	Evaluatie en aanvraag winningsvergunning (vereist)	Winningsvergunning aardwarmte
	Aanleg warmtewisselaar (vereist)	Omgevingsvergunningen
Afsluiting	Verwijderen van infrastructuur, dichten van putten, gebiedsrenovatie (vereist indien er geen verdere benutting is)	Afsluitplan, omgevingsvergunningen

Proces

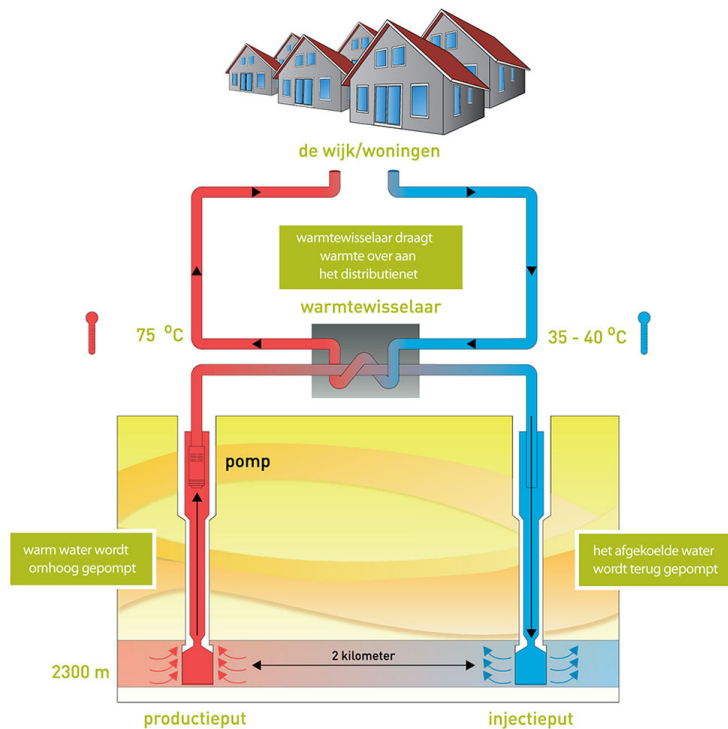
3b) Keten aardwarmtewinning

Concept April 2012



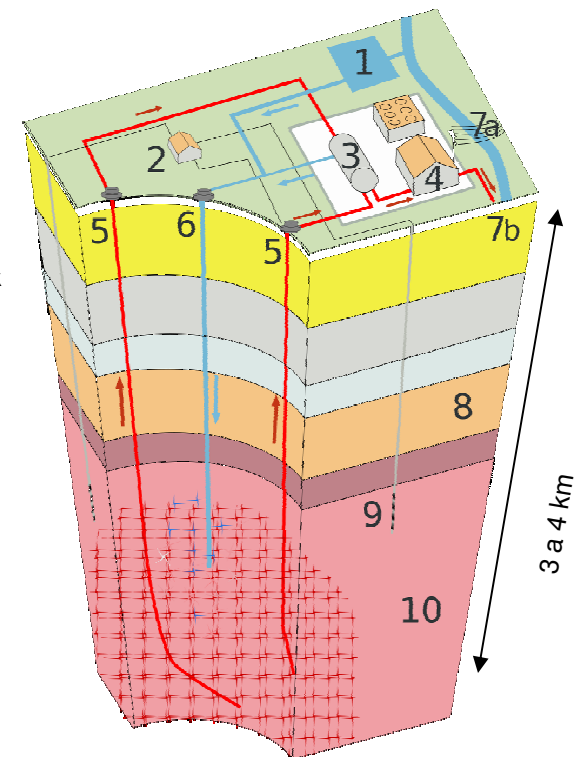
De keten voor winning van aardwarmte met standaard doubletten en een warmtewisselaar is zeer kort. De productie-/injectieput en warmtewisselaar bevinden zich op één locatie en beslaan slechts een beperkte ruimte. Van daar uit wordt de warmte gedistribueerd via leidingen (aansluiting op warmtenet in stad of leidingen naar de kassen).

Bij EGS is er eveneens sprake van een korte keten met productie-/injectieputten en elektriciteitsgeneratoren op één locatie. De installatie is aangesloten op het elektriciteitsnetwerk. De bovengrondse installaties zijn wel groter en bevatten meer componenten dan bij standaard verwarming van kassen en huizen.



Voorbeeld van een aardwarmteketen met standaard doublet en warmtewisselaar. Let op: diepte niet op schaal (bron: Joost de Vree)

- 1 waterreservoir
- 2 pomp
- 3 warmtewisselaar
- 4 turbinehuis
- 5 productieput
- 6 injectieput
- 7a elektriciteitsnetwerk
- 7b warmtenet
- 8 sedimentlagen
- 9 monitoringsput
- 10 diep gesteente



Voorbeeld van een enhanced geothermal system. Let op: diepte niet op schaal (bron: www.siemens.com)

Ruimtegebruik en infrastructuur

4a) Boringen

Concept April 2012

TNO innovation
for life

Aardwarmteboringen zijn vergelijkbaar met boringen voor gaswinning of zoutwinning. Afhankelijk van de diepte, kan met zwaardere of lichtere torens worden geboord. Het werkterrein is ca. 0,5 tot 1 ha groot en de toren heeft een hoogte van ca. 30 m. Een aardwarmteboring neemt, afhankelijk van de totale diepte, enkele maanden in beslag. Tijdens deze periode is er sprake van enige geluidshinder en aan- en afvoer van verkeer.

De productie- en injectieput delen doorgaans dezelfde oppervlaktelocatie. In de ondergrond hebben beide putten een gedeveerd verloop waardoor de onderlinge afstand op einddiepte ca. 1500 m is. Aardwarmteboringen worden bij voorkeur tussen de einddiepte locaties van de productie- en injectieput geplaatst.

Het plaatsen van een boring is in Nederland aan strenge regels gebonden. Er is een omgevingsvergunningen nodig, er dient een BARMM-melding gedaan te worden en er zijn verplichtingen volgend uit de mijnbouw- en arbowetgeving. Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) ziet toe op de milieu- en veiligheidstechnische aspecten van de boring, zoals de putintegriteit .



Aardwarmteboring bij Honselersdijk (foto: Geert-Jan Vis)

Ruimtegebruik en infrastructuur

4b) Warmtewisselaar verwarming huizen/kassen

Concept April 2012

TNO innovation
for life

Warmtewisselaars voor directe kassen- of huizenverwarming hebben een beperkte omvang en kunnen in een relatief klein gebouw bij de productie- en injectieput worden geplaatst. De aardwarmtedoublet zal enkele decennia warmte blijven produceren.

Voor een aardwarmtelocatie geldt dat er net zoals bij alle productiegerichte bedrijven, emissies en risico's aanwezig zijn die van invloed (kunnen) zijn op de leefomgeving. Al naar gelang de aard en omvang van de inrichting zal de intensiteit en soort hiervan variëren.

Binnen de omgevingsvergunning van de inrichting, en de handhaving daarop, wordt met deze factoren echter voldoende rekening gehouden, en limieten opgelegd, zodat de risico's op overlast voor de omgeving tot een aanvaardbaar minimum worden beperkt.



Voorbeeld van een aardwarmtewisselaar (bron: www.energieportal.nl)

Ruimtegebruik en infrastructuur

4c) Aardwarmte krachtcentrales (EGS)

Concept April 2012

TNO innovation
for life

Een warmtekrachtcentrale voor aardwarmte heeft een redelijk grote omvang van mogelijk enkele hectaren. Het terrein omvat de oppervlaktelocaties van de productie- en injectieputten, de productie-/injectiepompen, warmtewisselaars en turbines voor het genereren van de electriciteit. De centrales zijn zichtbaar in het landschap en er zijn torens waar waterdamp vrijkomt.



Voorbeeld van een enhanced geothermal warmtekrachtcentrale (foto: Jennifer Boyer)



Warmtekrachtcentrale bij Soutz (bron: ec.europa.eu)



Warmtekrachtpompen (bron: sites.google.com/site/renewablefeed/geothermal)

Effecten

5a) Bodemdaling

Concept April 2012



Bij de winning van aardwarmte is geen of nauwelijks bodemdaling te verwachten. Netto worden er geen stoffen onttrokken of geïnjecteerd waardoor er geen sprake van volume/druktoename is.

Effecten

5b) Bodemtrillingen

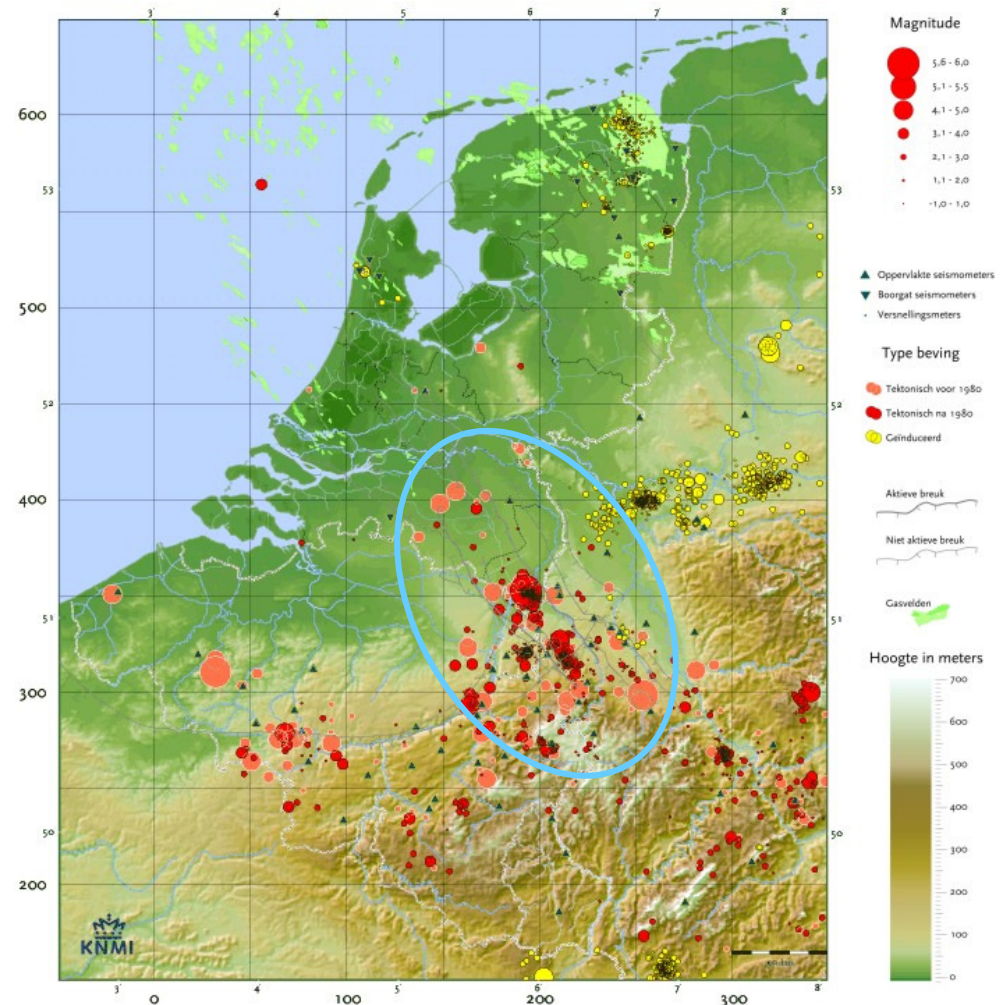
Concept April 2012

TNO innovation
for life

De kans op bodemtrillingen bij standaard aardwarmte-doublers in aquifers is zeer gering. Er is geen sprake van significante drukverandering of veranderingen in de ondergrond die tot lokale spanningen leiden. Bij injectie van water in actieve breuken kunnen mogelijk wel bevingen optreden.

Bij Enhanced Geothermal Systems bestaat wel een kans op het optreden van trillingen indien dit wordt uitgevoerd in een gebied met actieve breuken. Het fraccen zelf kan zeer lichte trillingen veroorzaken. Als de barsten en scheuren contact maken met (actieve) breuken, kunnen de vloeistoffen in de breuk komen waardoor de spanning afneemt en de breuk kan gaan bewegen. Dit soort bevingen kan mogelijk een grotere magnitude hebben dan de geïnduceerde bevingen bij gaswinning.

De kaart hiernaast (blauwe cirkel) geeft o.a. een overzicht van bevingen met een natuurlijke oorzaak (actieve breuken).



Kaart met geregistreerde aarbevingen in Nederland tussen 1904 en 2004 (bron: www.knmi.nl)

Aardwarmtewinning heeft in het algemeen zeer beperkte gevolgen voor het milieu. Risico's worden goed afgedekt door wettelijke regelingen waaraan het boren en het produceren van aardwarmte moeten voldoen. Een aantal zaken die daarbij een rol spelen zijn:

- Het goed afsluiten van te doorboren lagen (bijvoorbeeld watervoerende pakketten) en afwerken van de put (verbuizing, cementering) opdat lekkage naar of aantasting van omliggende gesteentelagen wordt voorkomen.
- Emissies dienen geminimaliseerd te worden. Het gaat hierbij om emissie van lucht, geluid, licht en afval en emissies in de bodem en in de lucht. Hieronder vallen ook eventueel meegeproduceerde koolwaterstoffen.
- Nemen van maatregelen om activiteiten zo veilig mogelijk uit te voeren.

Andere activiteiten

6a) Competitie en synergie

Concept April 2012



Aardwarmtewinning interfereert voornamelijk met andere activiteiten die ook in aquifers of reservoirs plaatsvinden. Voor EGS wordt voornamelijk zeer beperkte interferentie voorzien omdat dit op een grotere diepte dan andere activiteiten plaatsvindt.

Competitie

Olie/gaswinning: Wanneer aardwarmte in of nabij een olie/gasveld in dezelfde laag/aquifer plaatsvindt, is er mogelijk sprake van (wederzijdse) drukbeïnvloeding of het ongewenst meeproduceren van olie of gas. De beïnvloedingsafstand zal per situatie moeten worden bepaald.

Opslag of buffering van stoffen op een nabijgelegen locatie in dezelfde laag. Deze activiteit kan niet in de buurt van aardwarmte plaatsvinden wegens het meeproduceren/vrijkomen van opgeslagen stoffen of het beïnvloeden van de druk. De invloedradius zal per situatie moeten worden bepaald.

Synergie

Opsporing van aardwarmte en koolwaterstoffen kunnen mogelijk van elkaar profiteren. Indien een opsporingsboring voor olie/gas geen voorkomen aantoont, kan de put worden hergebruikt voor winning van aardwarmte.

Benutting restwarmte van het meegeproduceerde formatiewater bij olie- en gaswinning. Dit water kan via een warmtewisselaar thermische energie leveren.

Andere activiteiten

6b) Herbenutting

Concept April 2012



In het algemeen zal de aquifer na beëindiging van de aardwarmtewinning benut kunnen worden voor andere activiteiten (bijv. opslag in aquifers). De geologie en de eigenschappen van het gesteente zijn bepalend voor wat mogelijk is. Door winning van aardwarmte kunnen bepaalde eigenschappen van de ondergrond veranderen.