

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Industry & Buildings

Aan: Gemeente Apeldoorn
Van: Jeanne Steijn
Datum: 05 december 2023
Kopie: Edward Pfeiffer
Ons kenmerk: BJ5275-IB-ME-231205-1607
Classificatie: Vertrouwelijk
Gecontroleerd door [Click or tap here to enter text.](#)

Onderwerp: Geothermie potentie Apeldoorn

1 Samenvatting (1 à 2 A4)

HTO

Voor HTO toepassingen zijn de formaties van Maassluis, Oosterhout en Breda de gesteenten met potentie. De performance van een HTO systeem is het best gebleken op 70 C (zie onderstaande afbeelding).

De randvoorwaarden voor een potentieel geschikt gebied voor een HTO systeem zijn (HTO - Hoge temperatuur opslag in de ondiepe ondergrond, TNO, Pluymaekers et al. (2013)):

- minimale aquifer diepte van 150m (ivm opwarming oppervlakte temperatuur)
- maximale aquifer diepte van 1500m (ivm boorkosten)
- minimale aquifer dikte van 20m
- minimale aquifer transmissiviteit van 100Dm (oftewel ongeveer 100 m2/dag)
- interferentie met grondwater beschermingsgebieden is ongewenst

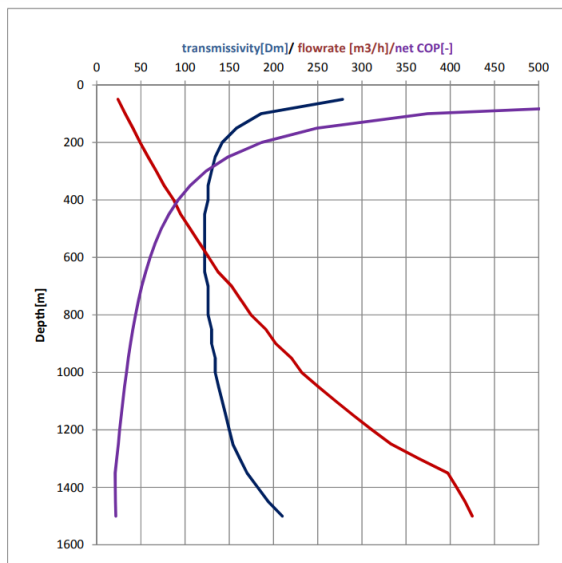
Debiet en COP van een HTO systeem zijn afhankelijk van (HTO - Hoge temperatuur opslag in de ondiepe ondergrond, TNO, Pluymaekers et al. (2013)):

- doorlatendheid van de ondergrond
- pompdruk (max. 10% van de hydrostatische druk)

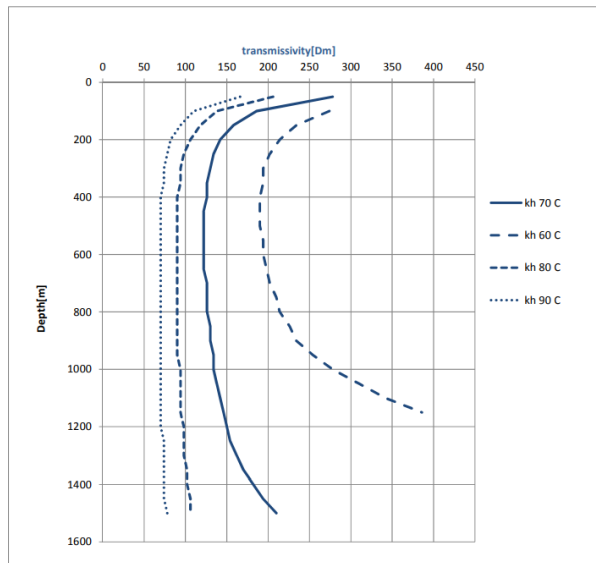
Belangrijke indicatoren voor de performance van een HTO systeem zijn (HTO - Hoge temperatuur opslag in de ondiepe ondergrond, TNO, Pluymaekers et al. (2013)):

- doorlatendheid van de aquifer
- temperatuur van het opslag water
- aantal vollast bedrijfsuren

Onder Apeldoorn komen de Maassluis, Oosterhout en Breda formaties voor tussen een diepte van 145 en 621 m. De transmissiviteit van de Maassluis formatie heeft de meeste potentie onder Apeldoorn (HTO - Hoge temperatuur opslag in de ondiepe ondergrond, TNO, Pluymaekers et al. (2013), figuur 9 t/m 11). Dit is tevens de ondiepste formatie, gelegen tussen 145 en 200 m diepte, wat nadelig is voor het debiet maar voordelig voor de overall performance (zie onderstaande figuren).



Figuur 2: Transmissiviteit (blauw), debiet (rood) en COP (paars) uitgezet tegen de diepte.



Figuur 4: Performance analyse met betrekking tot variatie temperatuur opslagwater (60-90C).

Vermogen van de HTO te Middenmeer: zomer 10 MWth, winter 2 – 8 MWth. Debiet max. 150 m3/uur
average flow rate during heat storage 86 m3/uur, average flow rate during heat recovery 69m3/uur.

Ondiepe geothermie

Ondiepe geothermie kan in Noord-Gelderland uit de drie Paleogeen Formaties worden gewonnen. Reservoirs uit het Paleogeen hebben over het algemeen een goede doorlaatbaarheid. Dit is voordelig voor de te winnen vermogens (zie onderstaande afbeelding). De temperatuur is over het algemeen lager dan 50 °C. Het zijn de formaties:

- Heers Formatie
- Zand van Brussel
- Laagpakket van Vesse

Dit betreft lage temperatuur winning. Advies om in een lokale haalbaarheidsstudie te kijken hoe geothermie in het warmtenet kan worden gebruikt en of de temperatuur moet worden verhoogd met een warmtepomp.

Een indicatie van typische debieten uit deze formaties is onderstaand weergegeven (bron: Kansen voor Ondiepe geothermie voor glastuinbouw, WUR). Typisch debiet is 65 m3/uur.

Tabel 1 Verwacht debiet voor de verschillende formatielagen [m³/uur]

	Laag	Midden	Hoog
Brussel	1-10	15-35	50-100
Breda	25-45	55-90	110-150
Oosterhout	30-50	60-90	110-150
Maassluis	25-45	55-90	100-150

Typische bepaling vermogen in MWth: 0.9MWth/doublet.

Vergelijking 1 Formule voor berekening thermisch vermogen doublet OGT

$$kWth = Q * \rho * C_v * \Delta T$$

- kWth = thermisch vermogen = $65 * 1.020 * 4,1 * 10^3 * (11/3,6 * 10^6)$
- Q = waterdebiet = 65 [m³/uur]
- ρ = dichtheid formatiewater = 1.020 [kg/m³]
- c_v = warmtecapaciteit water = $4,1 * 10^3$ [J/kg/K]
- ΔT = afkoeling water = 11 [K]

Gebaseerd op gemiddelde waarden: 0.9 MWth/doublet

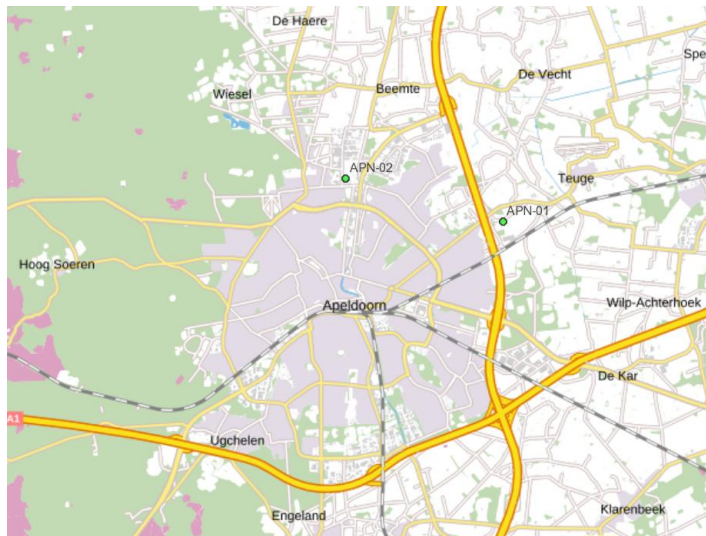
Diepe geothermie

Voor diepe geothermie is geen potentie verwacht onder de stad Apeldoorn. De geschikte gesteenten voor diepe geothermie en de status daarvan onder Apeldoorn, zijn in onderstaand overzicht weergegeven. De belangrijkste kanshebber, het Rotliegend, is geel highlighted.

- Formatie van Holland zandsteen (Krijt) > afwezig bij Apeldoorn
- Vlieland subgroep zandsteen (Krijt) > afwezig bij Apeldoorn
- Schieland Groep zandsteen (Jura) > afwezig bij Apeldoorn
- Dogger Bank Laagpakket zandsteen (Jura) > afwezig bij Apeldoorn
- Bontzandsteen (Trias) > slechte reservoirkwaliteit is elders gebleken
- **Rotliegend Groep zandsteen (Perm) > potentie verwachting is laag (bron: Publieksrapportage Potentieonderzoek Gelderland)**
- Carboon zandsteen (Carboon) > slechte reservoirkwaliteit is elders gebleken
- Carboon kalksteen (Carboon) > slechte reservoirkwaliteit is elders gebleken

2 Geologie van Apeldoorn

Er zijn in de regio Apeldoorn twee boringen uitgevoerd in de jaren '70. Deze geven een indicatie van de opbouw van de ondiepe ondergrond (tot ruim 1km diepte) en kunnen worden gebruikt in combinatie met de seismische interpretatie (zie Publieksrapportage Potentieonderzoek Gelderland). De boringen zijn uitgevoerd ten noorden en noordoosten van de stad Apeldoorn (zie APN-01 en APN-02 op onderstaande kaart).



Bron: NLOG.nl

Diepte stratigrafische eenheden (gemeten langs het boorgat)

Stratigrafische eenheid	Bovenkant (m)	Onderkant (m)
niet geïnterpreteerd	0.00	145.00
Formatie van Maassluis	145.00	200.00
Formatie van Oosterhout	200.00	500.00
Formatie van Breda	500.00	621.00
Veldhoven Klei Laagpakket	621.00	700.00
Rupel Klei Laagpakket	700.00	887.00
Laagpakket van Vessem	887.00	900.00
Laagpakket van Asse	900.00	920.00
Zand van Brussel Laagpakket	920.00	957.00
Laagpakket van Ieper	957.00	1002.00
Basale Dongen Tuffiet Laagpakket	1002.00	1012.00
Landen Klei Laagpakket	1012.00	1060.00

Bron: NLOG.nl. In rood omlijnd de formaties die interessant zijn voor HTO, in oranje de formaties die interessant zijn voor ondiepe geothermie.

Een overzicht van de ondergrond van provincie Gelderland en daarin aangegeven de gesteenten die geschikt zijn voor productie van geothermie, zijn aangegeven in onderstaande afbeelding.

Voor HTO toepassingen zijn de formaties van Maassluis, Oosterhout en Breda (zie bovenstaand overzicht van de ondiepe ondergrond in Apeldoorn) gesteenten met potentie.

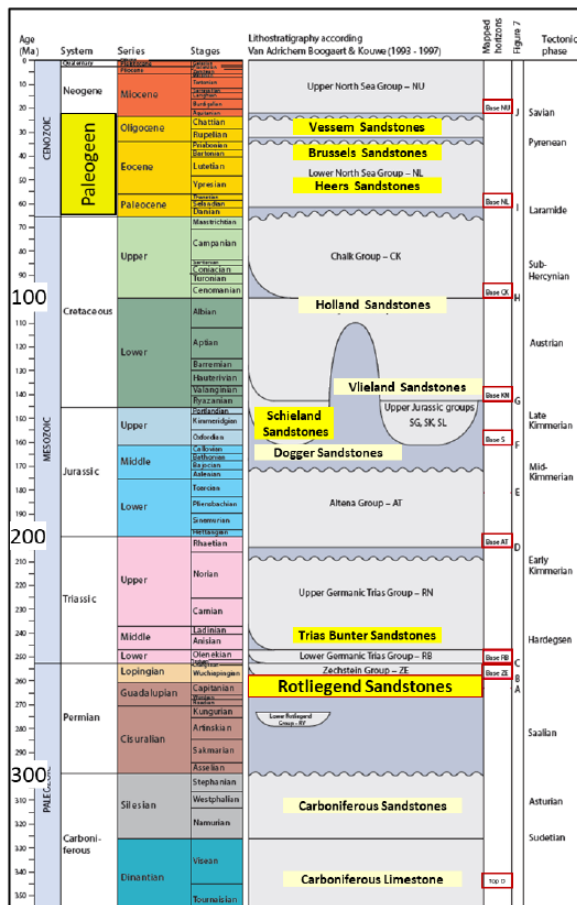
Dit betreft voor ondiepe geothermie de gesteenten uit het Paleogeen:

- Vessem zandsteen (Paleogeen)
- Brussels zandsteen (Paleogeen)
- Heers zandsteen (Paleogeen)

En voor diepe geothermie betreft dit de volgende formaties uit de periodes:

- Holland zandsteen (Krijt) > afwezig bij Apeldoorn
- Vlieland zandsteen (Krijt) > afwezig bij Apeldoorn
- Schieland zandsteen (Jura) > afwezig bij Apeldoorn
- Dogger zandsteen (Jura) > afwezig bij Apeldoorn
- Bunter zandsteen (Trias) > slechte reservoirkwaliteit is elders gebleken
- Rotliegend zandsteen (Perm) > potentie verwacht laag (bron: Publieksrapportage Potentieonderzoek Gelderland)
- Carboon zandsteen (Carboon) > slechte reservoirkwaliteit is elders gebleken
- Carboon kalksteen (Carboon) > slechte reservoirkwaliteit is elders gebleken

Afbeelding 3.3 Versimpelde stratigrafische kolom voor Nederland. Aangegeven zijn de geïnterpreteerde seismische horizonnen (rood kader) en de mogelijke geothermische reservoirs (gele arcering) (gebaseerd op Kombrink, 2012).

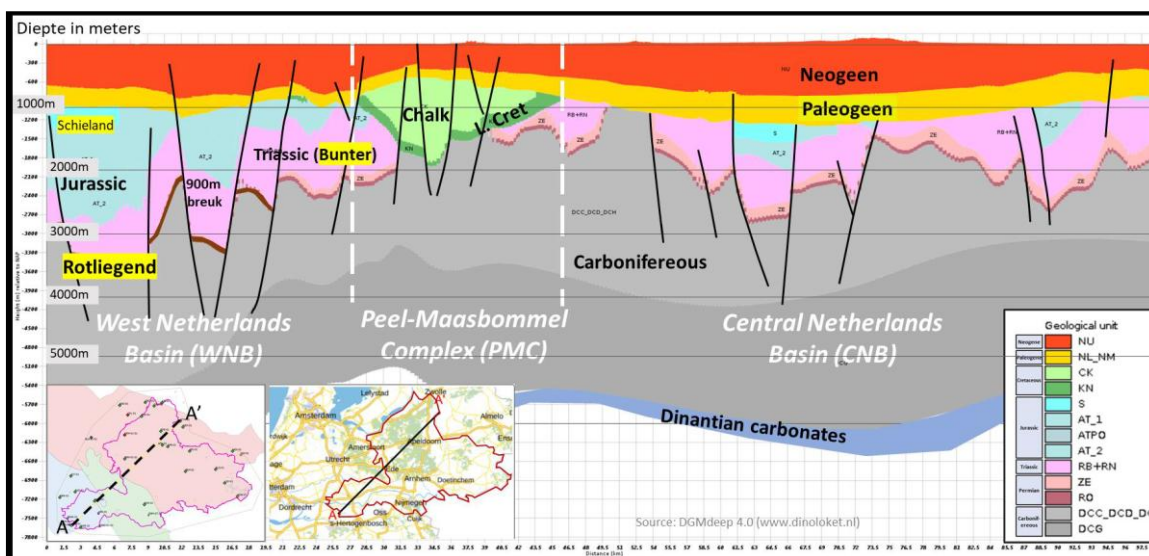


Bron: Publieksrapportage Potentieonderzoek Gelderland

3 Diepe geothermie

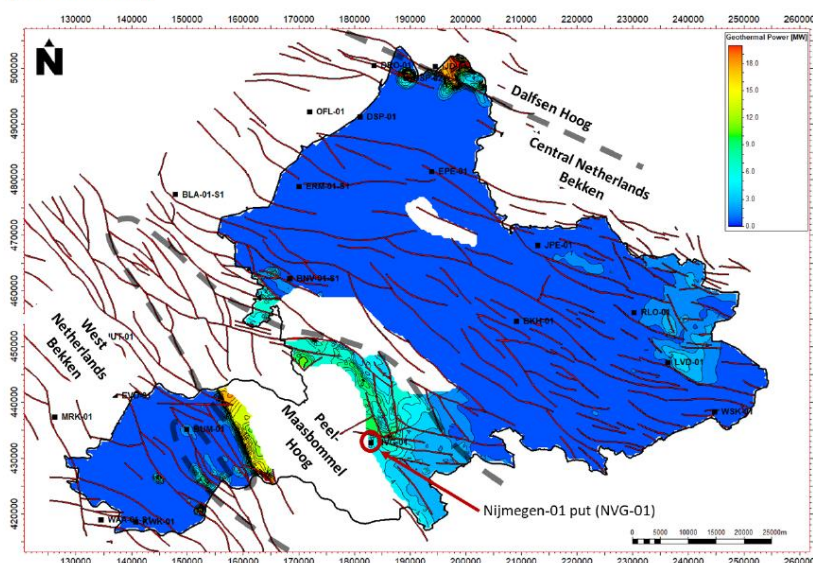
De stad Apeldoorn is gelegen in het geologische gebied genaamd het Centraal-Nederland Bekken (CNB). Het geologie van het CNB is uniek door de afwezigheid van gesteente uit het Onder Krijt, een groot deel van de Jura, en een ondieper gelegen Rotliegend gesteente.

De beste aardlaag voor de productie van diepe geothermie is het Rotliegend. Dit is tevens de enige formatie die aanwezig is onder Apeldoorn en waarvan geen slechte reservoirkwaliteit wordt verwacht. Het verwachte geothermie productievermogen van het Rotliegend is bepaald voor Gelderland en weergegeven in onderstaande kaart. In de regio van Apeldoorn is de potentie voor het Rotliegend laag.



Bron: Publieksrapportage Potentieonderzoek Gelderland

Afbeelding 5.1 De vermogenskaart van het Rotliegend. Lage vermogens zijn donker blauw. Lichtblauw en groen betekenen hogere vermogens. De hogere vermogens liggen in het PMC, en in het noorden op de grens van Gelderland op het Dalfsen Hoog



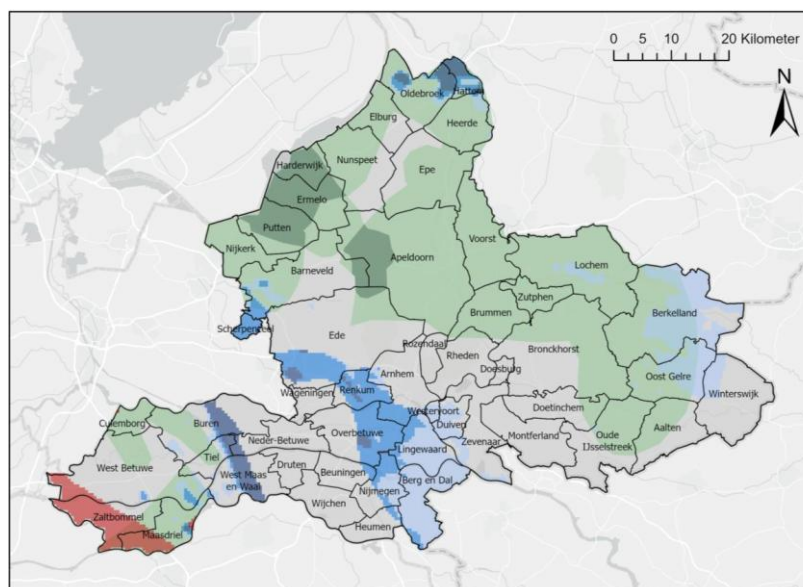
Bron: Publieksrapportage Potentieonderzoek Gelderland

4 Ondiepe geothermie

Ondiepe geothermie kan in Noord-Gelderland uit de drie Paleogeen Formaties worden gewonnen. Reservoirs uit het Paleogeen hebben over het algemeen een goede doorlaatbaarheid. Dit is voordelig voor de te winnen vermogens (zie onderstaande afbeelding). De temperatuur is over het algemeen lager dan 50 °C. Het zijn de formaties:

- Heers
- Brussel
- Vessem

Dit betreft lage temperatuur winning. Advies om in een lokale haalbaarheidsstudie te kijken hoe geothermie in het warmtenet kan worden gebruikt en of de temperatuur moet worden verhoogd met een warmtepomp.



Kansen voor diepe geothermie

Rotliegend reservoir

- Geen kans
- Redelijke kans
- Goede kans
- Zeer goede kans

Schieland reservoir

- Geen kans
- Redelijke kans
- Goede kans

Kansen voor ondiepe geothermie

Tertiair reservoirs

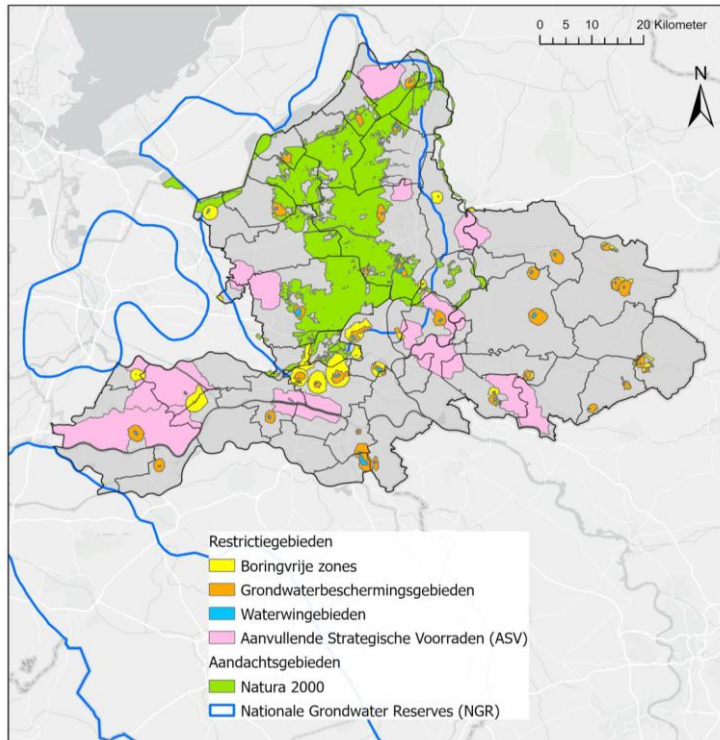
- Geen kans
- Redelijke kans
- Goede kans

Bron: Publieksrapportage Potentieonderzoek Gelderland

! Algemeen aandachtspunt: grondwaterbeschermingsgebieden

Een groot deel van Gelderland (o.a. Renkum, Veluwe en Randmeren) bevindt zich onder nationale grondwaterreserves. Dit is echter geen restrictie voor geothermie aangezien nationale grondwaterreserves geen beschermingsregime hebben in Gelderland.

De stad Apeldoorn heeft ten west een grondwaterbeschermingsgebied en een waterwingebied. Dit heeft wel mogelijke consequenties voor de beperkingen m.b.t. het boren naar geothermie of HTO.



Bron: Publieksrapportage Potentieonderzoek Gelderland

5 HTO

Hoge-Temperatuur Opslag betreft typisch de opslag van water met temperaturen tussen de 50 en 100 C op een diepte van tussen de 100 en 500 m diepte. Tot 500 m diepte valt de vergunningaanvraag onder het Omgevingsrecht en niet onder het Mijnbouwrecht (va. 500 m diepte).

De randvoorwaarden voor een potentieel geschikt gebied voor een HTO systeem zijn:

- minimale aquifer diepte van 150m (ivm opwarming oppervlakte temperatuur)
- maximale aquifer diepte van 1500m (ivm boorkosten)
- minimale aquifer dikte van 20m
- minimale aquifer transmissiviteit van 100Dm (oftewel ongeveer 100 m²/dag)
- interferentie met grondwater beschermingsgebieden is ongewenst

Debiet en COP van een HTO systeem zijn afhankelijk van:

- doorlatendheid van de ondergrond
- pompdruk (max. 10% van de hydrostatische druk)

Belangrijke indicatoren voor de performance van een HTO systeem zijn:

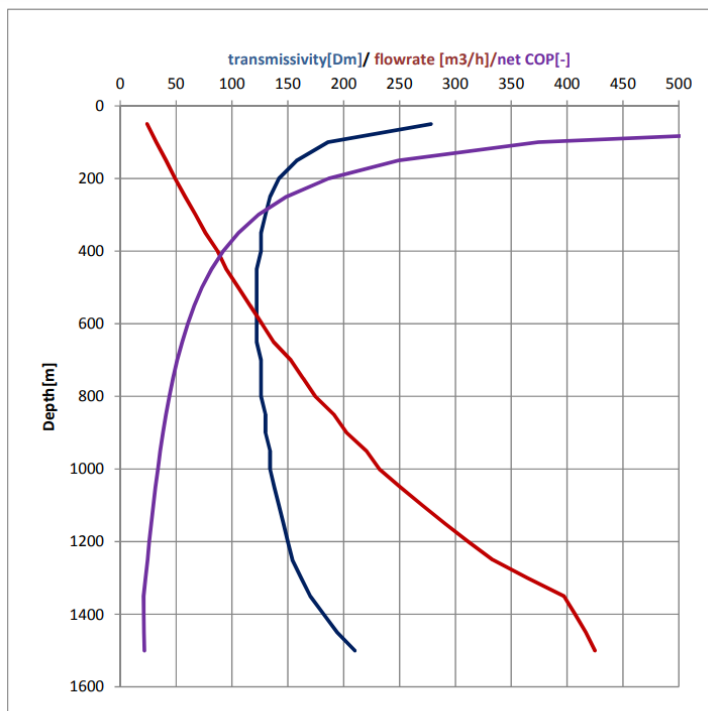
- doorlatendheid van de aquifer
- temperatuur van het opslag water
- aantal vollast bedrijfsuren

Temperatuur

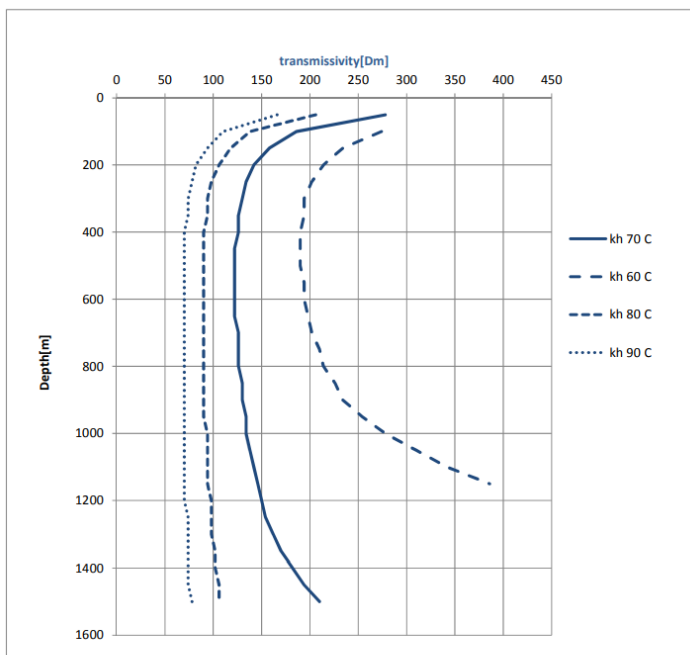
Variatie in temperatuur van het opslagwater (Figuur 4) heeft sterke invloed op de performance van het systeem. Hoe hoger de temperatuur van opslagwater, hoe beter de performance. Bij een opslagtemperatuur van 90C wordt de minimale transmissiviteit gereduceerd tot minder dan 70 Dm, vergeleken met een minimale transmissiviteit van 120 Dm bij 70C. Bij een opslagtemperatuur onder de 70C verslechtert de performance van het systeem aanzienlijk.

Vollast bedrijfsuren

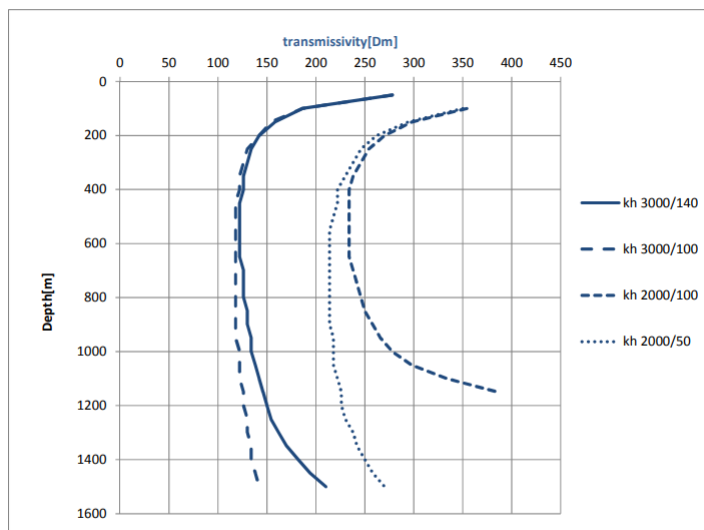
Variatie in vollast uren en elektriciteitsprijs is weergegeven in Figuur 5. Variatie in elektriciteitsprijs heeft beperkte invloed op de performance. Echter het aantal vollast bedrijfsuren van een HTO systeem heeft veel invloed op de performance. Een lager aantal bedrijfsuren van het systeem is ongunstig voor de performance.



Figuur 2: Transmissiviteit (blauw), debiet (rood) en COP (paars) uitgezet tegen de diepte.



Figuur 4: Performance analyse met betrekking tot variatie temperatuur opslagwater (60-90C).

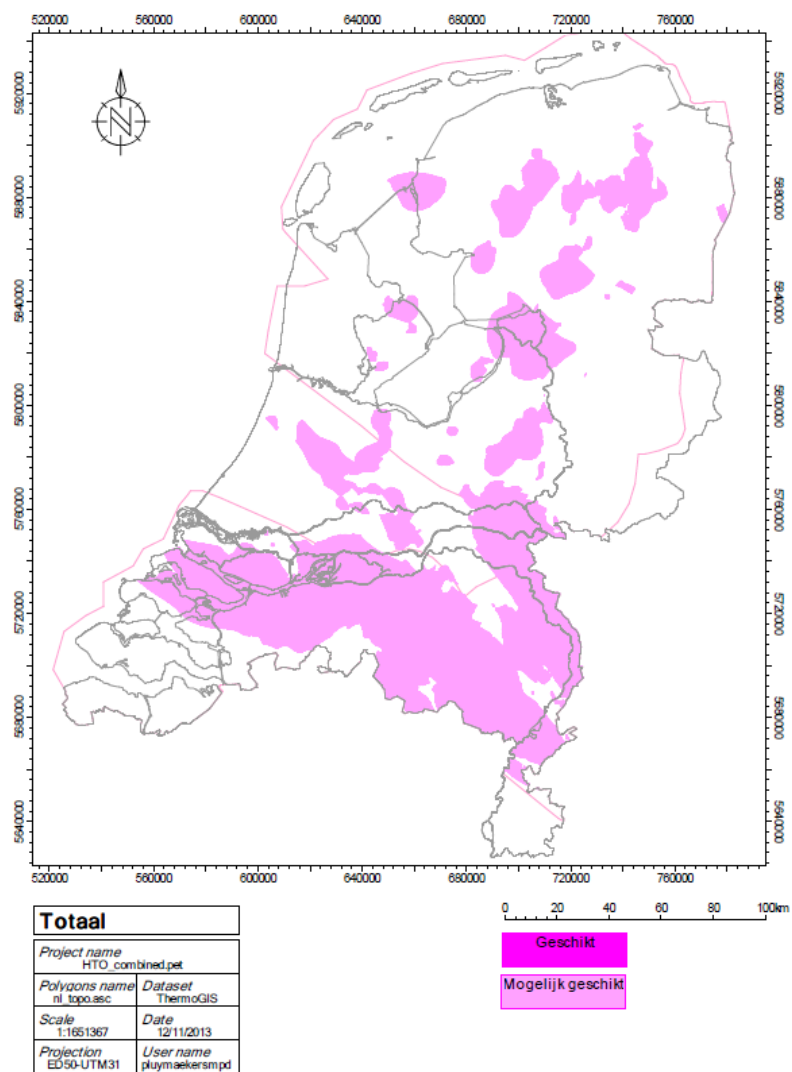


Figuur 5: Performance analyse met betrekking tot variatie van vollast uren (3000 vs 2000 uur) en elektriciteitsprijs (140-50 EUR/MWh).

Bron: HTO - Hoge temperatuur opslag in de ondiepe ondergrond, TNO, Pluymaekers et al. (2013).

Voor de selectie van geschikte aquifers is uitsluitend gekeken naar de sedimenten uit de Noordzee Supergroep. Geschikt geacht zijn de Maassluis en Oosterhout formaties in het ondiepste interval. In deze formaties kan interferentie met grondwaterwinning optreden van wege de geringe diepteligging. Ook de Breda formatie heeft goede potentie, maar komt niet voor bij Apeldoorn.

Ter evaluatie zijn: de Voort (niet in Apeldoorn), Steensel en Vessem members, het zand van Brussel en de Reusel, Heers en Swalmen members.



Figuur 14: Totale HTO potentie

Bron: HTO - Hoge temperatuur opslag in de ondiepe ondergrond, TNO, Pluymaekers et al. (2013).