

Geothermie Zuidrand

Haalbaarheidsstudie Geothermie -concept-

Opdrachtgever

Gemeente Haarlemmermeer
Postbus 250
2130 AG HOOFDORP
T 0900 - 18 52
E roland.van.der.Vaart@haarlemmermeer.nl
Contactpersoon: dhr. R. van der Vaart

Adviseur

IF Technology bv
Velperweg 37
Postbus 605
6800 AP ARNHEM
T 026 - 35 35 555
F 026 - 35 35 599
E info@iftechnology.nl
Contactpersonen: dhr. B.J. de Zwart
dhr. K. Hellebrand

/60327/BZ
29 juli 2010

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	2
1 Inleiding	4
2 Projectinformatie Zuidrand	5
2.1 Locatie en bouwplan	5
2.2 Energetische uitgangspunten.....	7
3 Geologische inventarisatie	9
3.1 Geschikte lagen.....	9
4 Juridisch kader	13
4.1 Mijnbouwwet.....	13
4.2 Warmtewet	14
4.3 Overige vergunningen.....	15
5 Energieconcept.....	16
5.1 Referentievariant	16
5.2 Geothermie.....	16
5.3 Energiebesparing en emissiereductie	21
6 Uitwerking geothermie.....	23
6.1 Globale uitwerkingen geothermie.....	23
6.2 Globale uitwerking bovengrondse installatie.....	24
7 Financiële analyse.....	26
7.1 Investeringskosten	26
7.2 Exploitatiekosten	28
7.3 Financiële analyse.....	28
7.4 Geothermie voor de Westflank.....	29
7.5 Tarieven	29
7.6 EPC en geothermie.....	31
8 Organisatie	33
9 Risico-inventarisatie	35
9.1 Risico-inventarisatie	35
9.2 Elektriciteitsopwekking met geothermie	36
10 Conclusies	38
10.1 Conclusies.....	38
10.2 Vervolgtraject	39

Bijlagen:

- 1 Geologische tijdsschaal
- 2 Geologische inventarisatie

1 Inleiding

Ten zuiden van Hoofddorp worden de voorbereidingen getroffen voor de uitvoering van een tweetal nieuwbouwprojecten: Zuidrand en Toolenburg. Het project Zuidrand wordt gerealiseerd tussen de (oude) Bennebroekerweg en de Nieuwe Bennebroekerweg. Toolenburg Zuid wordt aangrenzend aan Zuidrand gerealiseerd. De totale ontwikkeling omvat de bouw van circa 2.850 woningen en circa 55.000 m² bruto vloeroppervlak voor voorzieningen.

Tevens ontwikkelt de gemeente Haarlemmermeer aangrenzend aan het project Zuidrand het bedrijvenpark "De President", met circa 70 hectare uitgeefbare kavels. Een gedeelte van de kavels is reeds uitgegeven. Hier stoppen de ontwikkelingen rondom Hoofddorp niet, ten westen van Hoofddorp wordt momenteel nagedacht over een plan voor de nieuwbouw van circa 10.000 woningen in het gebied de Westflank.

De gemeente Haarlemmermeer heeft voor deze ontwikkelingen hoge ambities met betrekking tot duurzaamheid. Binnen deze ambitie past een duurzame energievoorziening, waarbij gebruik wordt gemaakt van geothermie. Geothermie is een techniek, waarbij op grote diepte aardwarmte wordt onttrokken. Deze aardwarmte kan direct worden benut voor het verwarmen van woningen, processen en gebouwen. Geothermie is een zeer kosteneffectieve manier om de uitstoot van CO₂ te verminderen. Door het toepassen van geothermische warmte kan in de woningbouw een energiebesparing worden gerealiseerd van 70 tot 80%. Daarnaast heeft geothermie, door de lage en stabiele operationele kosten, een zeer aantrekkelijk perspectief voor investeerders met een lange termijn visie.

Om de technische mogelijkheden voor geothermie te onderzoeken is reeds een groot-schalig geologisch onderzoek uitgevoerd voor de regio Noord Holland (referentie: IF WEP, Geothermal Energy Noord-Holland, 22.039/109140/NB, d.d. 8 juni 2010). Uit dit onderzoek is gebleken dat de geologische situatie in Hoofddorp potentie biedt voor de toepassing van geothermie. De Gemeente Haarlemmermeer heeft IF gevraagd om een vervolgstap te zetten, waarbij de technische en financiële haalbaarheid wordt onderzocht voor de toepassing van geothermie.

Het voorliggende onderzoek beschrijft de technische, financiële en de juridische mogelijkheden van geothermie op de projectlocatie. Hierbij worden de volgende drie scenario's uitgewerkt:

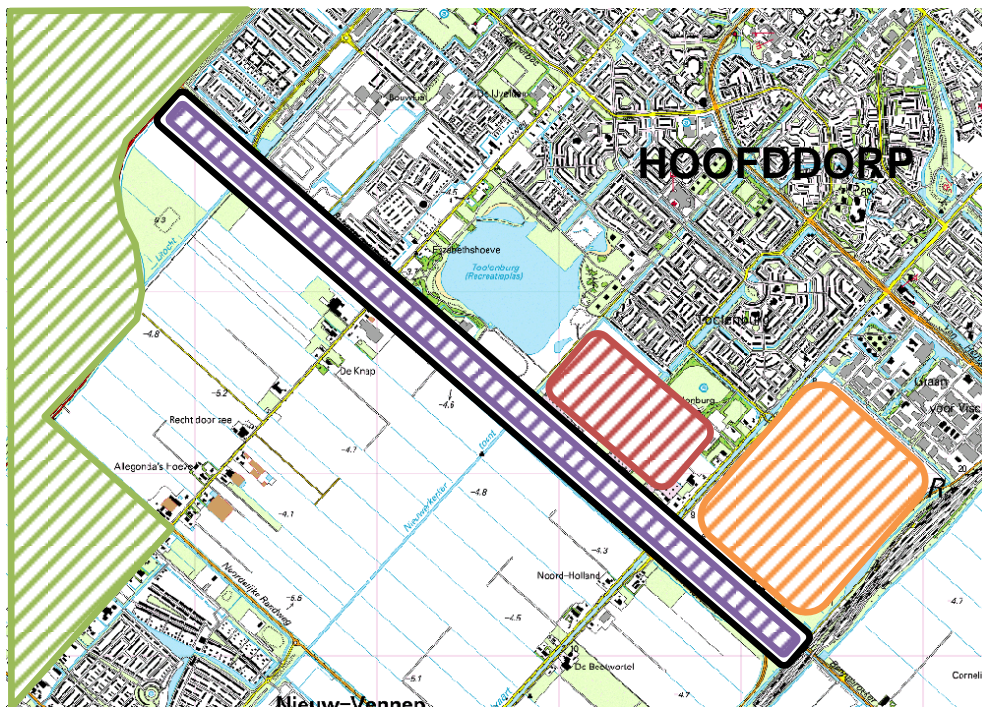
- Scenario 1: warmtelevering aan de Zuidrand, Toolenburg en de President;
- Scenario 2: warmtelevering aan de Zuidrand en Toolenburg;
- Scenario 3: warmtelevering aan de Zuidrand.

Daarnaast zal ook gekeken worden naar tariefstructuren en organisatorische aspecten. Als laatste worden de risico's en aandachtspunten omschreven waarmee rekening dient te worden gehouden bij de toepassing van geothermie.

2 Projectinformatie Zuidrand

2.1 Locatie en bouwplan

De nieuwbouw van Zuidrand, Toolenburg en “de President” zijn gepland aan de zuidzijde van Hoofddorp tussen en rondom de (oude) en Nieuwe Bennebroekerweg. De beide wegen zijn in de figuur aangeduid middels een zwart kader.



Figuur 2.1 Projectlocatie nieuwbouw Hoofddorp

De Zuidrand (paars gebied) wordt ontwikkeld tussen de (oude) en Nieuwe Bennebroekerweg. Het gaat om een gebied van circa 150 m breed en vier kilometer lang. Het project Zuidrand omvat de bouw van circa 1.200 woningen, het saunacomplex "Thermen Holiday" en het Huis van de Sport, bestaande uit een sporthal, een wedstrijdzwembad, een turncentrum, horeca en een sauna. Voor de woningen kan onderscheid worden gemaakt tussen appartementen en woningen van het type sociaal, midden en duur.

In Toolenburg Zuid en het Sportpark Toolenburg (rood gebied) worden circa 1.650 woningen gerealiseerd. Net als bij Zuidrand betreft het hier de realisatie van appartementen en woningen in verschillende uitvoeringsklasse qua prijs en grootte. Toolenburg Zuid en het Sportpark biedt tevens ruimte voor de ontwikkeling van circa 13.700 m² BVO voor maatschappelijke voorzieningen.

Het bedrijventerrein de President (oranje gebied) omvat totaal 100 ha. Hiervan is 70% (70 ha.) uitgeefbaar. Voor dit onderzoek is aangehouden dat 65% van de uitgeefbare kavels wordt bebouwd. De bebouwing bestaat uit kantoren en bedrijfsruimten met een hoogte van 7 tot 25m. Uitgangspunt voor de kantoren is drie verdiepingen. Voor het bepalen van de energievraag van de bedrijven is de volgende verdeling aangehouden:

Tabel 2.1 Bebouwing kavels de President

	oppervlak	aandeel
totaal President	100 ha	100%
verkaveld	70 ha	70%
bebouwd totaal	45 ha	65%
bebouwd gebied 1	9 ha	20%
bebouwd gebied 2	36 ha	80%
BVO gebied 1:	190.000 m ²	100%
bedrijfsruimte	50.000 m ²	25%
kantoor (3 verdiepingen)	140.000 m ²	75%
BVO gebied 2:	580.000 m ²	100%
bedrijfsruimte	250.000 m ²	43%
kantoor (3 verdiepingen)	330.000 m ²	57%
Totaal BVO kantoor	300.000 m²	
Totaal BVO bedrijfsruimte	470.000 m²	

De bouw van de President geschiedt in drie fases:

fase 1.1 (ca 30 ha) thans circa 12 ha uitgegeven, fasering 2010 - 2015;

fase 1.2 (ca 15 ha), fasering 2012 - 2020;

fase 2 (ca 55 ha) nog niets uitgegeven, fasering 2020 - 2030.

Ten westen van de gemeente Haarlemmermeer is de Westflank gelegen (groen gebied). Voor dit gebied wordt een plan gemaakt voor ontwikkeling van circa 10.000 woningen. Geothermie biedt kansen voor de warmtelevering aan deze woningen. Mogelijk dat hier een combinatie mogelijk is met de geothermie voor Zuidrand en Toolenburg. De ontwikkeling van de Westflank bevindt zich in een vroeg stadium en is derhalve niet verder meegenomen binnen dit onderzoek. Wel wordt een doorkijk gemaakt voor de mogelijkheden van warmtelevering aan dit gebied.

In tabel 2.2 zijn de geplande wooneenheden en oppervlaktes voor voorzieningen weer- gegeven. In dit overzicht is de "Westflank" niet meegenomen.

Tabel 2.2 Bouwplan Zuidrand, Toolenburg en de President

		Zuidrand	Sportpark Toolenburg	Toolenburg Zuid	de Presi- dent		
	woonopp.						
appartementen:	[m ²]	aantal/BVO	aantal/BVO	aantal/BVO	BVO	totaal	planning
- sociaal	100	385	60	436		881	2012-2017
-midden	115	220	0	198		418	2012-2017
-duur	125	220	20	198		438	2012-2017
						1737	
woningen							
-sociaal	110	100	60	62		222	2012-2017
-midden	125	0	0	37		37	2012-2017
-duur	140	300	160	421		881	2012-2017
						1140	
voorzieningen:							
-Huis van de Sport		15.835				15.835	2011-2013
-Sauna Thermen		9.600				9.600	2010-2012
-overig		10.000	13.000	700		28.700	2012-2017
bedrijventerrein:							
-kantoor					470.000	470.000	2010-2030
-bedrijfsruimte					300.000	300.000	2010-2030
totaal wooneen- heden						2877	
totaal voorzienin- gen						54.135	
totaal bedrijventer- rein						770.000	

* ontwikkeling Zuidrand loopt van 2012 tot 2015.

De wooneenheden worden gerealiseerd tussen 2012 en 2017. Uitgangspunt is evenredig verdeelde bouw van de wooneenheden binnen deze termijn.

2.2 Energetische uitgangspunten

Op basis van projectervaring bij zowel bedrijventerreinen als woningbouwprojecten is het totale verwarmingsvermogen en de jaarlijkse warmtevraag bepaald aan de hand van kentallen. Tabel 2.3 toont de energetische uitgangspunten voor dit onderzoek.

Tabel 2.3 Energetische uitgangspunten ontwikkelingen

	Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3	
	vermogen [kWt]	warmte [MWht]	vermogen [kWt]	warmte [MWht]	vermogen [kWt]	warmte [MWht]
totaal appartementen	7.800	7.400	7.800	7.400	3.700	3.500
totaal woningen	8.500	7.500	8.500	7.500	2.900	2.600
Totaal utiliteit	8.600	20.000	8.600	20.000	8.000	19.400
totaal bedrijventerrein	21.000	15.400	-	-	-	-
Totaal referentie	46.000	50.300	25.000	34.900	14.700	25.600
Totaal geothermie	32.200	62.900	17.500	43.600	10.300	32.000

Kentallen onderzoek

In tabel 2.4 zijn de kentallen weergegeven welke zijn gehanteerd voor dit onderzoek.

Tabel 2.4 Energetische en financiële kentallen

energetisch	
rendement ketel	85% op o.w. in blok-schema's staat 85%
verbrandingswaarde gas	8,8 kWh _t /m ³
COP distributie	100
COP geothermie	20
investeringen	
individuele ketel wooneenheden (inclusief gasaansluiting)	3.000 €/woningequivalent
individuele ketel per voorzieningen en bedrijven	110 €/kW _t
collectieve ketel geothermie	90 €/kW _t
distributienet naar woningen (2 pijps geïsoleerd)	5.500 €/woningequivalent
afleverzet afnemers	1.000 €/woningequivalent
distributienet naar voorzieningen	300 €/kW _t
afleverzet voorzieningen	100 €/kW _t
exploitatie	
verbruikskosten elektriciteit grootverbruik	0,10 €/kWh _e
verbruikskosten referentie en collectieve geothermie	0,50 en 0,35 €/m ³
onderhoud en beheer opwekkers ketels	4 %/aanneemsom
onderhoud en beheer distributie	1,0 %/aanneemsom
onderhoud en beheer geothermie en afleversets	1,5%/aanneemsom
financiële analyse	
gewenst projectresultaat	8%
looptijd project	30 jaar
tarieven warmtelevering woningen conform Warmtewet	17 €/GJ
tarieven vastrecht woningen conform Warmtewet	250 €/woning
maximale bijdrage aansluitkosten ketel (BAK) conform Warmtewet	3.000 €/woning
levensduur ketel, afleversets	15 jaar
levensduur geothermie, distributie	30 jaar
jaarlijkse inflatie	2%
jaarlijkse stijging elektriciteitsprijzen	5%
jaarlijkse stijging gasprijs	5%
milieu	
emissiefactor CO ₂ -uitstoot	0,566 kg/kWh _e
emissiefactor CO ₂ -uitstoot	1,780 kg/m ³ a.e.

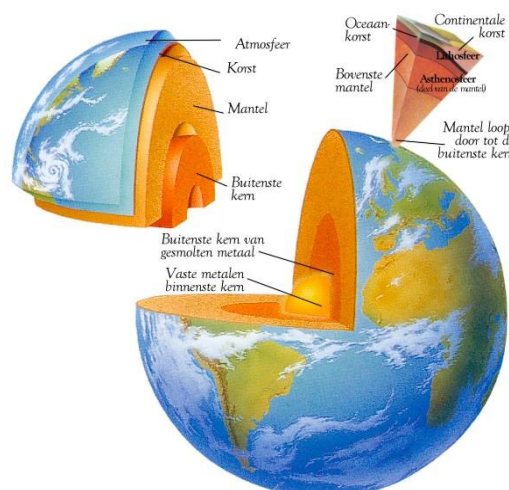
Coëfficiënt Of Performance (COP)

De COP geeft inzicht in de energetische prestatie van het systeem. De COP wordt berekend door het verwarmingsvermogen (MW_t) te delen door het elektrische vermogen (MW_e). Een COP van 20 betekent dat 1 deel elektrische energie 20 delen thermische energie oplevert. De COP dient dus zo hoog mogelijk te zijn.

3 Geologische inventarisatie

Onder aardwarmte of geothermie wordt in dit kader verstaan het gebruiken van warmte uit diepere aardlagen om huizen, kantoren of kassen te verwarmen, of elektriciteit op te wekken. De warmte ontstaat in de kern van de aarde, op een diepte van 5.000 tot 6.500 km. De temperatuur van de kern bedraagt 5.000 tot 6.000 °C. De warmte wordt naar het aardoppervlak getransporteerd via verschillende processen. De temperatuur neemt met de diepte toe.

De korst van de aarde is opgebouwd uit verschillende soorten gesteentes. Een klein gedeelte bestaat uit afzettingsgesteentes (formaties), die geschikt kunnen zijn voor de toepassing van geothermie. De afzettingsgesteentes bestaan uit verschillende materialen die zijn afgezet tijdens verschillende tijdsperioden (bijlage 1). Sommige formaties zijn doorlatend en bevatten water. Dit water heeft dezelfde temperatuur als het omringende materiaal. Door putten te maken in de doorlatende delen kan dit water onttrokken worden. De warmte kan dan weer worden gebruikt voor verwarming en het afgekoelde water wordt weer geïnjecteerd in de formatie waaraan het onttrokken is.

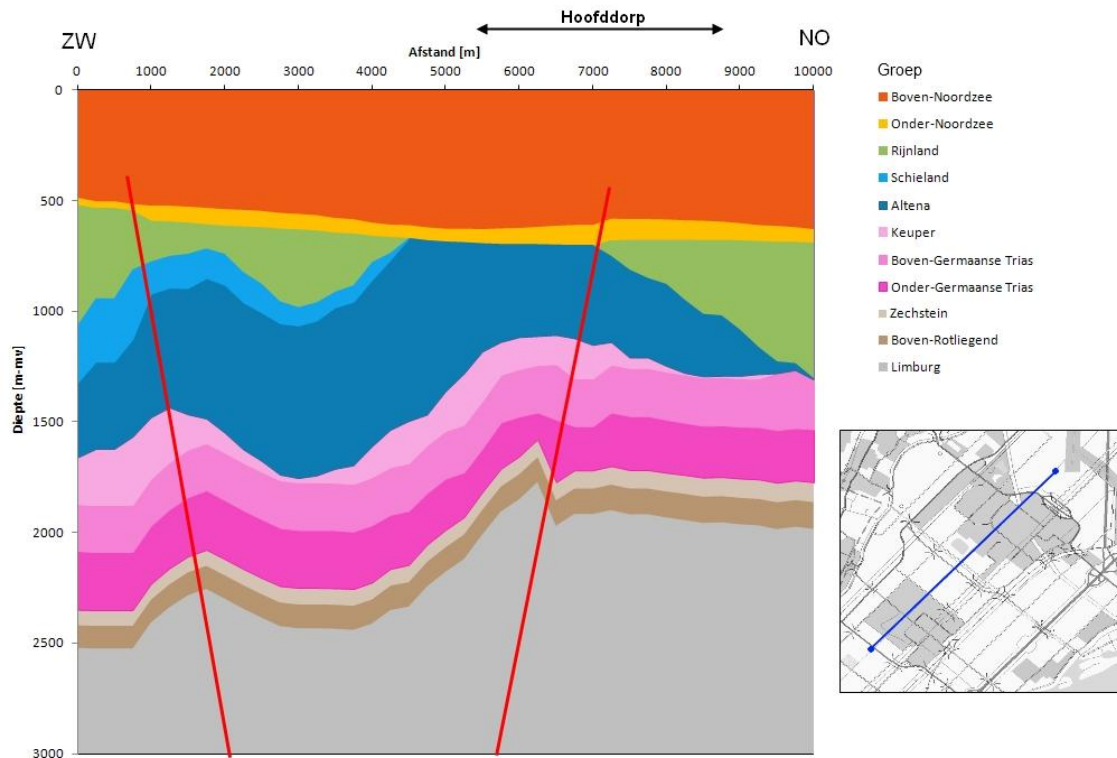


Figuur 3.1 Opbouw van de aarde.

Niet alle formaties zijn geschikt voor geothermie. Allereerst moet in de formatie voldoende water aanwezig zijn. De porositeit is hiervoor de bepalende factor. Daarnaast moet de temperatuur van het water in het gesteente hoog genoeg zijn. Tevens moet de doorlatendheid (permeabiliteit) groot genoeg zijn om grondwater aan de formatie te onttrekken. Om te bepalen of er geschikte formaties aanwezig zijn, zijn de Geologische Atlas van Nederland en boorgegevens (o.a. well log- en kernmetingen) van diverse boringen gebruikt. Een uitgebreide geologische inventarisatie is opgenomen in bijlage 2.

3.1 Geschikte lagen

In tegenstelling tot het relatief platte oppervlak varieert de geologische ondergrond van Nederland sterk. In figuur 3.2 is een geologische doorsnede onder Hoofddorp weergegeven. Hierin is te zien dat de diepte en dikte van een aantal lagen varieert. Daarnaast is te zien dat een aantal lagen in het noordoosten niet meer aanwezig zijn.



Figuur 3.2 Geologische doorsnede onder Hoofddorp.

Uit figuur 3.2 blijkt dat onder Hoofddorp een grote breuk (rode lijn) aanwezig is. Het is voor de ontwikkeling van een aardwarmte project van belang de exacte locatie te bepalen. Aanbevolen wordt om in een vervolgfase de aanwezige 2D en 3D seismiek te interpreteren.

Onder Hoofddorp komen verschillende pakketten voor die mogelijk in aanmerking komen voor de winning van aardwarmte. Deze zijn weergegeven in tabel 3.1. In deze tabel is tevens de temperatuur en de transmissiviteit weergegeven. De transmissiviteit geeft de mate van geschiktheid van een laag aan voor het winnen van aardwarmte; hoe hoger, hoe meer water, en dus warmte, onttrokken kan worden. Een uitgebreide beschrijving van elke laag is gegeven in bijlage 2.

Tabel 3.1 Overzicht mogelijk geschikte lagen voor geothermie

mogelijk geschikte laag	diepte [m]	temperatuur [°C]	transmissiviteit [Dm]
Vlieland Zandsteen Formatie ⁽¹⁾	750-800	39	< 0,5
Onder-Volpriehausen Zandsteen Laagpakket	1735 - 1770	49-79	< 0,1
Slochteren Formatie	1965 - 2150	73-90	4,3

⁽¹⁾ Alleen aanwezig ten noorden van de breuk (Hoofddorp-Noord).

De transmissiviteit van het Vlieland - en de Onder-Volprieause Zandsteen zijn dusdanig laag dat deze niet geschikt zijn voor de toepassing van geothermie. De Slochteren Formatie komt als enige in aanmerking voor geothermie.

In putten in de omgeving zijn destijds temperatuurmetingen genomen. Aan de hand van deze metingen kan de temperatuurgradient bepaald worden. Deze kan vervolgens worden gebruikt voor het bepalen van de temperatuur op een bepaalde diepte. De put SPL-01-S1 wijkt echter af van de andere putten in de omgeving. De gemeten temperatuur in de Slochteren Formatie is hier 20 °C hoger dan verwacht op basis van de regionale gradiënt. Deze verhoging wordt toegeschreven aan het nabij gelegen breuksysteem waardoor warmer water naar boven kan circuleren en voor de hogere temperaturen zorgt. Ditzelfde systeem is ook aanwezig onder Hoofddorp waardoor de temperatuur hoger kan zijn dan verwacht. In de rest van de studie is daarom gerekend met een temperatuur van 85 °C.

De transmissiviteit van de Slochteren Formatie is laag. In de regionale studie naar de eigenschappen van de Slochteren Formatie is gekeken naar de mogelijkheden om het debiet te verhogen. Aan de hand van reservoirstimulatie, zie kader 3.1, kan het reservoir verbeterd worden. Andere technieken, waaronder horizontale putten, kunnen toegepast worden om het debiet verder te verhogen. Aanbevolen wordt in een vervolgfase te kijken naar het optimale systeem ontwerp.

In tabel 3.2 zijn de haalbare debieten per bronnenpaar (één onttrekkings- en één infiltratiebron) weergegeven zonder en met reservoirstimulatie. De p50 en p90 zijn benamingen uit de statistiek. Een p90 betekent concreet dat in 90% van de gevallen het debiet groter zal zijn dan de berekende waarde.

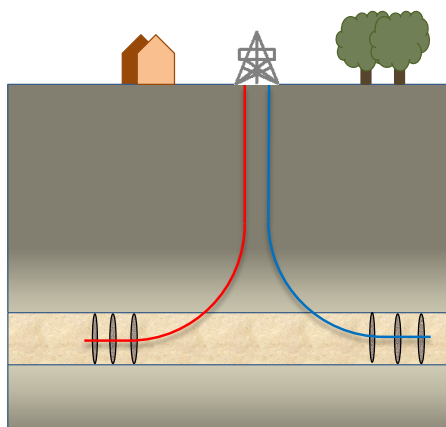
Tabel 3.2 Capaciteit geothermie in Slochteren

	debiet [m ³ /h]			
	zonder reservoirstimulatie		met reservoirstimulatie	
	COP 15	COP 20	COP 15	COP 20
p50	50	40	180	140
p90	20	15	75	55

Uitgangspunt voor dit onderzoek is een gemiddeld (p50) geothermiesysteem met reservoirstimulatie met een COP van 20.

Kader 3.1 Verbeteringstechnieken en mogelijk andere concepten

<i>Reservoirstimulatie</i>	Hierbij worden technieken, waaronder fraccen, toegepast om de eigenschappen van de formatie zelf te vergroten. Bij fraccen wordt onder druk vloeistof in de formatie gepompt waardoor kleine scheurtjes ontstaan en de doorstroming verbeterd; het gesteente wordt gekraakt. In deze studie is naar één vorm van fraccen gekeken waarbij de eigenschappen van de formatie ter hoogte van SPL-01 zijn gebruikt. Verwacht wordt dat deze eigenschappen overeenkomen met die rondom Hoofddorp.
<i>Horizontale putten</i>	Bij een horizontale put wordt een vooraf bepaalde lengte horizontaal in de formatie geboord. Hierdoor wordt het contactoppervlak van de formatie met de put vergroot. Het water kan daardoor makkelijker in de put stromen waardoor een hoger debiet kan worden onttrokken. Een horizontale put kan ook gecombineerd worden met (multiple-) reservoirstimulatie, zie figuur 3.3. Hier is in deze studie nog niet aan gerekend.
<i>Breuksystemen</i>	Een breuksysteem bestaat uit een netwerk van grote en kleine breuken/scheuren in het gesteente waar water makkelijker doorheen kan stromen. Door een put te verbinden met deze scheuren kan meer water worden onttrokken. Dit levert veelal 2 tot 3 keer meer vermogen op. Uit de resultaten van de regionale studie blijkt dat het breuksysteem onder Hoofddorp hiervoor in aanmerking komt. In een vervolgstudie dient de locatie en de oriëntatie van de breuken vastgesteld te worden.



Figuur 3.3 Het principe van een horizontale put met multiple fracs.

4 Juridisch kader

4.1 Mijnbouwwet

Aardwarmte wordt gezien als het winnen van de delfstof warmte en valt daardoor onder de Mijnbouwwet. Het Ministerie van Economische Zaken is het bevoegd gezag. Hieronder worden de verschillende stappen beschreven die nodig zijn om de juiste vergunningen te verkrijgen.

Opsporingsvergunning

Voordat een geothermische installatie (juridisch) mag functioneren moeten verschillende vergunningen worden aangevraagd. Als eerste wordt een opsporingsvergunning voor aardwarmte aangevraagd. Met een opsporingsvergunning mag binnen een bepaald gebied gezocht worden naar aardwarmte. De inhoud van een opsporingsvergunningaanvraag is wettelijk vastgelegd in de Mijnbouwregeling en de Mijnbouwwet en bevat algemene en financiële informatie van de aanvrager, een werkplan en een geologische rapport. Het Ministerie van Economische Zaken is het bevoegd gezag en verleent de vergunning.

Winningsvergunning

Na realisatie van de geothermische bronnen is een winningsvergunning nodig voordat de warmte daadwerkelijk gewonnen mag worden. Onderdeel van de aanvraag is het winningsplan. In het winningsplan moeten de volgende onderdelen aan bod komen:

- de verwachte hoeveelheid aanwezige delfstoffen en de ligging ervan;
- het aanvangstijdstip en de duur van de winning;
- de wijze van winning en de daarmee verband houdende activiteiten;
- de hoeveelheden jaarlijks te winnen delfstoffen;
- de kosten op jaarbasis van het winnen van delfstoffen;
- bodembeweging als gevolg van de activiteiten en maatregelen ter voorkoming daarvan.

In principe kan er op de winning van delfstoffen accijnzen geheven worden. Zo dient er voor de winning van olie en gas een afdracht plaats te vinden aan de overheid. Uit het Warmte op Stoom programma komt de volgende passage: "Op grond van de Mijnbouwwet kan de minister van Economische Zaken in de winningsvergunning een voorschrift opnemen op grond waarvan de houder van de opslagvergunning jaarlijks een afdracht verschuldigd is aan de staat. Gelet op het belang van de ontwikkeling van aardwarmte in Nederland is het beleidsuitgangspunt om geen gebruik te maken van deze mogelijkheid." Aardwarmte is dus "belastingvrij".

Procedure opsporings- en winningsvergunning

Nadat een aanvraag voor een opsporingsvergunning of een winningsvergunning is ingediend wordt deze gepubliceerd in de Staatscourant (artikel 15 Mijnbouwwet). Hiermee krijgen andere partijen in de mogelijkheid voor hetzelfde gebied een concurrerende opsporingsvergunningaanvraag in te dienen. Dit kan gedurende 13 weken na de datum van publicatie in de Staatscourant. Mocht er een concurrerende aanvraag worden ingediend, dan zal EZ partijen uitnodigen aan de onderhandelingstafel. De partij met de sterkste onderbouwing van de geologische kennis en het financiële model maakt daarbij de meeste kans.

Indien een winningsvergunning wordt aangevraagd voor een gebied waar een opsporingsvergunning voor verleend is, wordt de uitnodiging niet gepubliceerd en vervalt de termijn van 13 weken.

Na afloop van de termijn van 13 weken vraagt het Ministerie van Economische Zaken advies aan drie partijen:

1. TNO Bouw en Ondergrond: voor advies over de geologische onderbouwing en de begrenzing van het aangevraagde gebied.
2. Staatstoezicht op de mijnen (SodM): voor advies over technische capaciteit van nieuwe operators.
3. Gedeputeerde Staten (GS) van de betreffende provincie indien het aangevraagde gebied provinciaal is ingedeeld: voor advies over gebiedsaspecten.

TNO, SodM en GS geven, indien mogelijk, binnen 6 weken na de datum van afloop van de termijn voor het indienen van concurrerende aanvragen advies op de genoemde aspecten van de aanvraag. De Minister van Economische Zaken vraagt vervolgens advies aan de Mijnraad (artikel 105, derde lid, Mijnbouwwet) over door hem te verlenen vergunning. De Mijnraad vergadert eenmaal per 2 à 3 maanden.

De Minister van Economische Zaken dient overeenkomstig artikel 17 van de Mijnbouwwet binnen 6 maanden na afloop van de termijn voor concurrerende aanvragen op de aanvraag om een opsporingsvergunning te besluiten. De minister kan de beslistermijn eenmalig met ten hoogste 6 maanden verlengen. Van een beschikking tot verlening van een opsporingsvergunning wordt mededeling gedaan in de Staatscourant (artikel 17 Mijnbouwwet). Indien geen bezwaar bestaat tegen deze vergunning wordt de vergunning na 6 weken onherroepelijk.

4.2 Warmtewet

Op donderdag 3 juli 2009 heeft de Tweede Kamer ingestemd met de Warmtewet. Let wel de warmtewet is nog niet van kracht. In dit onderzoek is wel reeds rekening gehouden met invloed van de Warmtewet op de exploitatie van het systeem. Uitgangspunt van deze warmtewet is dat iedereen tegen betaalbare prijzen over warmte moet kunnen beschikken. De hoofdregel is dat levering van warmte alleen is toegestaan met een zogenaamde leveringsvergunning. Aan een vergunning kunnen voorschriften en beperkingen worden verbonden.

Een vergunninghouder heeft de plicht op een betrouwbare wijze, tegen redelijke prijzen en voorwaarden én met inachtneming van een goede kwaliteit van dienstverlening zorg te dragen voor de levering van warmte aan verbruikers aangesloten op zijn warmtenet.

De Warmtewet introduceert naast een vergunningstelsel een maximumprijs ter bescherming van verbruikers tegenover de warmteleverancier. De hoogte van het tarief is gebaseerd op de prijs die een verbruiker betaalt voor het verkrijgen van dezelfde hoeveelheid warmte door het gebruik van gas als energiebron (het zogenaamde “niet meer dan anders (NMDA) principe”).

Een vergunning is niet vereist voor kleinschalige levering van warmte. Hiervan is sprake wanneer een partij:

- warmte levert aan ten hoogste 10 personen tegelijk;
 - per jaar niet meer warmte levert dan 10.000 gigajoules;
- eigenaar is van de gebouwen waarvoor de warmte wordt geleverd.

Invloed warmtewet ontwikkelingen Hoofddorp

Vooruitlopend op de concepten als omschreven in hoofdstuk 5 geldt dat de Warmtewet van toepassing is voor warmtelevering met de geothermie.

Dit project zal, gezien bovenstaande informatie gaan vallen onder de warmtewet. Op dit moment wordt door het ministerie van EZ en de NMA gewerkt aan de uitvoeringsregeling. De exacte invulling van de warmtewet zal medio 2010 duidelijker worden.

4.3 Overige vergunningen

Voor het inpassen van de bronnen van het bodemenergiesysteem, het verbindend leidingwerk tussen de bronnen en de technische ruimte van het grondwatersysteem, dient mogelijk gebruik te worden gemaakt van gemeentegrond of grond van derden. Voor het realiseren en behouden van de bronnen zullen de benodigde vergunning moeten worden aangevraagd bij het bevoegd gezag. Denk hierbij aan bijvoorbeeld een bouwvergunning, recht van opstal en -overpad.

5 Energieconcept

In totaal zijn één referentievariant en drie scenario's met geothermie uitgewerkt. De scenario's zijn onderstaand omschreven.

- referentievariant: verwarming middels individuele gasgestookte ketels
- Scenario 1: warmtelevering aan de Zuidrand, Toolenburg en President;
- Scenario 2: warmtelevering aan de Zuidrand en Toolenburg;
- Scenario 3: warmtelevering aan enkel de Zuidrand.

In dit hoofdstuk worden de energieconcepten van de verschillende scenario's verder uitgewerkt.

5.1 Referentievariant

In de referentiesituatie wordt de warmte geleverd op conventionele wijze middels gasgestookte ketels. Iedere afnemer krijgt een eigen ketel. In onderstaande tabel zijn de uitgangspunten voor de referentiesituatie weergegeven voor de drie scenario's.

Tabel 5.1 Energetische uitgangspunten referentie

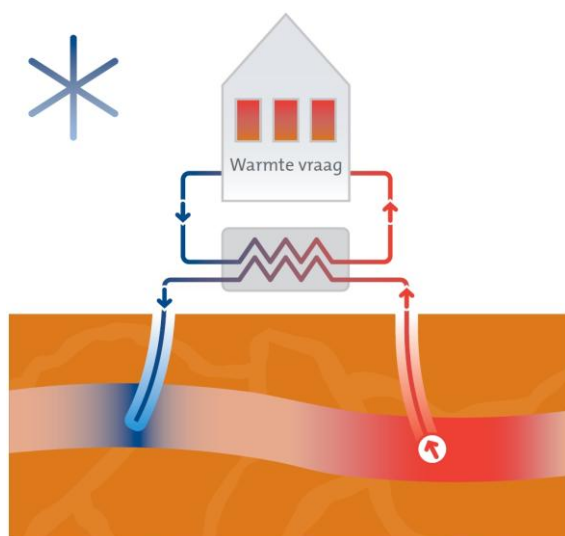
	Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3	
	vermogen	warmte	vermogen	warmte	vermogen	warmte
	[kWt]	[MWht]	[kWt]	[MWht]	[kWt]	[MWht]
Totaal referentie	46.000	50.300	25.000	34.900	14.700	25.600

5.2 Geothermie

5.2.1 Algemene conceptuele aspecten geothermie

Principe geothermie

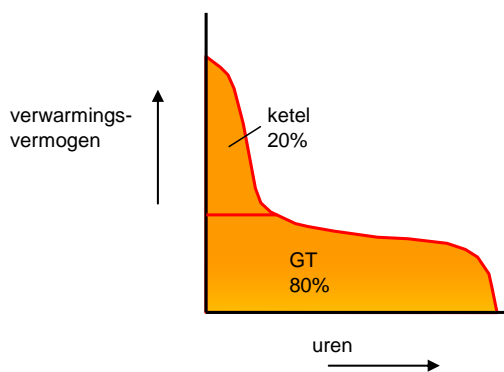
Voor het leveren van warmte aan het plangebied wordt warm grondwater aan de bodem onttrokken uit de productieput (producer). De warmte wordt via een warmtewisselaar overgedragen aan het warmtenet, waarmee de warmte wordt getransporteerd naar de afnemers. Het afgekoelde grondwater wordt middels injectie put (injector) in de bodem geïnfiltreerd. In onderstaande figuur is het principe van geothermie schematisch weergegeven.



Figuur 5.1 Principe van bodemenergie

Inzet componenten opwekkingsinstallatie

Voor het verwarmen van de voorzieningen en de wooneenheden is een bepaalde maximale capaciteit (vermogen) benodigd, zie tabel 2.1. Gedurende het jaar zal de benodigde capaciteit fluctueren. Door het benodigde vermogen voor verwarming te rangschikken in de tijd, ontstaat een zongenaamde jaarbelastingduurkromme. In onderstaande figuur is dit principe weergegeven.



Figuur 5.2 Principe jaarbelastingduurkromme

Op de y-as is het benodigde vermogen weergegeven en op de x-as het aantal uren dat een bepaald vermogen voorkomt. Een pieklast voor verwarming komt dus relatief weinig uren voor. Het oppervlak wat door de grafiek en de assen wordt ingesloten is de benodigde energie voor koeling en warmte op jaarbasis.

Aan de hand van deze kromme is het mogelijk om de capaciteit en energielevering van de diverse opwekkingscomponenten te bepalen. In het geval van de referentievariant, zie paragraaf 5.1, wordt de volledige capaciteit en energie geleverd door de ketels.

Bij de varianten met geothermie wordt vanuit financieel oogpunt gebruik gemaakt van meerdere opwekkers, een zogenaamde bivalente verwarmingsinstallatie. In figuur 5.2 is dit bivalente principe weergegeven. De geothermie wordt ingezet voor een relatief klein

verwarmingsvermogen, maar kan daarmee op duurzame wijze circa 80% van de warmte leveren. De relatief goedkope piekkelstel wordt ingezet voor het piekvermogen en levert daarmee op minder duurzame maar een beperkt aandeel (20%) van de warmte. In volgende paragrafen zijn de verschillende scenario's omschreven.

Collectieve installatie

Geothermie kan worden omschreven als een collectieve verwarmingsvoorziening. Bij een collectieve installatie hebben niet alle afnemers op hetzelfde moment een warmtevraag. Voor dit onderzoek is derhalve rekening gehouden met een zogenaamde gelijktijdigheid van de afnemers. Voor het bepalen van het maximaal benodigde verwarmingsvermogen is rekening gehouden met een gelijktijdigheid van 70%. Daarnaast zal bij collectieve opwekking en distributie sprake zijn van energieverliezen. Voor dit onderzoek is rekening gehouden met 20% distributieverliezen.

De gelijktijdigheid en distributieverliezen worden berekend over respectievelijk de vermogens en energiehoeveelheden zoals weergegeven in tabel 2.3.

Afgiftesystemen

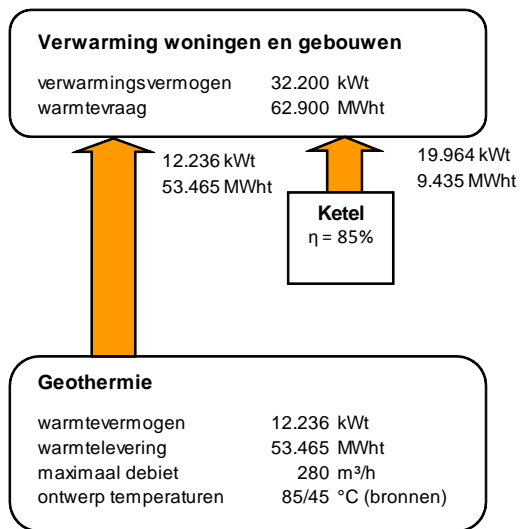
De keuze voor een type energievoorziening kan invloed hebben op de gebouwinstallaties voor afgifte. Bij conventionele verwarmingsinstallaties met een ketel, is sprake van aanvoer- en retourtemperaturen naar de afgiftesystemen van bijvoorbeeld 90/70°C (hoge temperatuur). Voor de ruimteverwarming worden relatief kleine radiatoren gebruikt. Een andere mogelijkheid is de toepassing van lage temperatuur verwarming (LTV, 50/40°C). Voorbeelden van afgiftesystemen geschikt voor LTV zijn vloerverwarming, betonkernactivering en luchtbehandeling.

De onttrekkingstemperatuur van de geothermie is dermate hoog dat deze geschikt is voor een conventionele klimaatinstallatie voor verwarming. In algemene zin is de toepassing van verwarming op lage temperatuur voor geothermie gewenst. Met behulp van een lage temperatuur afgiftesystemen is het mogelijk het grondwater verder af te koelen dan wanneer hoge temperatuur afgiftesystemen worden toegepast. Hierdoor is het verwarmingsvermogen van de geothermie veel groter. Daarnaast draagt de toepassing van LTV bij in de verhoging van het comfortniveau (gelijkmatigere verwarming) een in een stuk toekomstbestendigheid doordat deze wijze van verwarming ook goed aansluit op andere duurzame technologieën.

Voor ruimteverwarming is het uitgangspunt lage temperatuur verwarming. Het temperatuurtraject (aanvoer/retour) is 55/30°C. Voor tapwater is een minimale aanvoertemperatuur van 70°C in verband met Legionella noodzakelijk.

5.2.2 Energieconcept GT1

In figuur 5.3 zijn de uitgangspunten en het energieconcept weergegeven voor de toepassing van geothermie voor scenario 1. Het betreft hier de warmtelevering aan de het volledige bouwplan van Zuidrand, Toolenburg en de President.

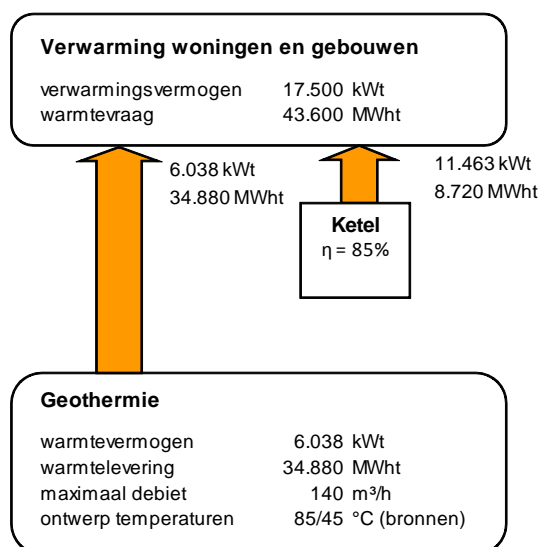


Figuur 5.3 Systeemconcept en uitgangspunten scenario 1

De warmte wordt geleverd met een bivalente installatie. Het totale verwarmingsvermogen en warmtevraag is dusdanig hoog dat twee p50 doubletten kunnen worden toegepast. De geothermie levert met een relatief klein vermogen circa 90% van alle warmte. De collectieve ketel levert het resterende aandeel van de warmte tijdens pieksituaties. Bij toepassing van één doublet geothermie zal een aanzienlijk groter deel van de warmte geleverd moeten worden met de piekketels. Dit gaat ten koste van de duurzaamheid en de rentabiliteit van de geothermie.

5.2.3 Energieconcept GT2

In figuur 5.4 zijn de uitgangspunten en het energieconcept weergegeven voor de toepassing van geothermie voor scenario 2. Het betreft hier de warmtelevering aan de Zuidrand en Toolenburg. Voor de President moet een andere warmtevoorziening worden getroffen.

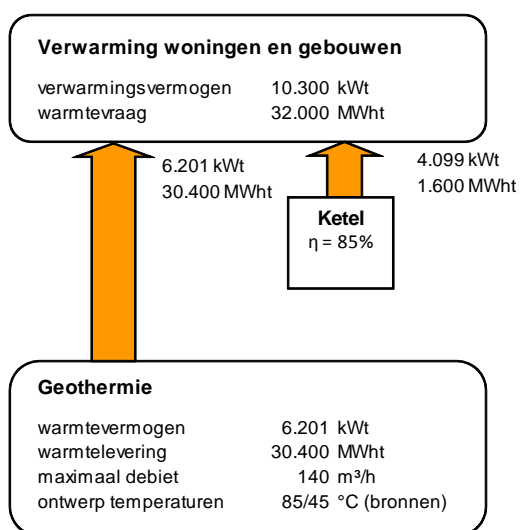


Figuur 5.4 Systeemconcept en uitgangspunten scenario 2

Het systeemconcept is gelijk aan GT1. Het aandeel warmtelevering met de geothermie komt overeen met 75% van de totale warmtevraag van de Zuidrand en Toolenburg. Bij dit scenario wordt de geothermie toegepast met één doublet.

5.2.4 Energieconcept GT3

In figuur 5.5 zijn de uitgangspunten en het energieconcept weergegeven voor de toepassing van geothermie voor scenario 3. Het betreft hier de warmtelevering aan enkel de Zuidrand.

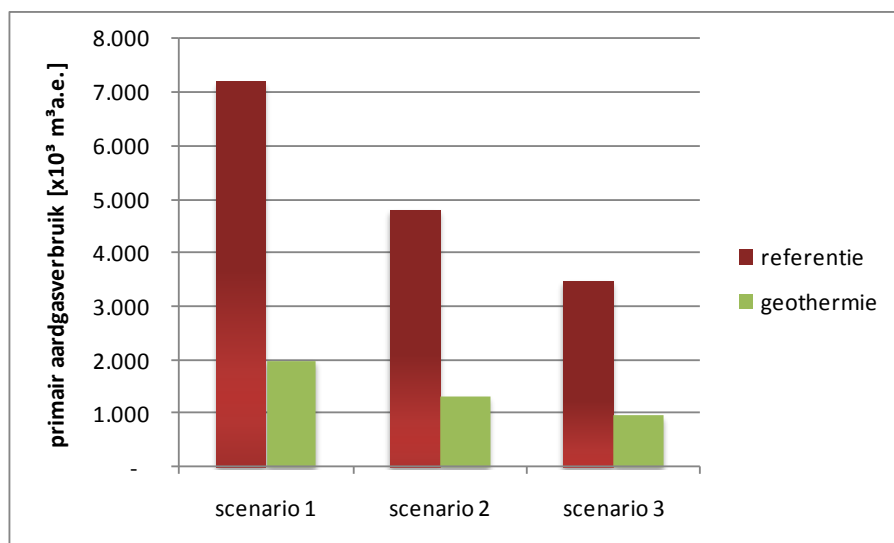


Figuur 5.5 Systeemconcept en uitgangspunten scenario 3

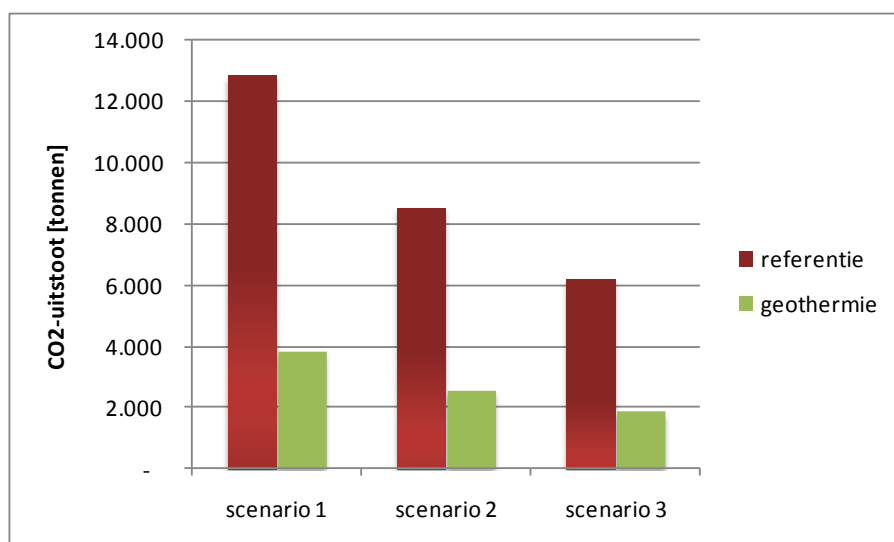
Het systeemconcept van scenario 3 is gelijk aan de voorgaande twee scenario's. Uitgaande van één doublet op maximale capaciteit (140 m³/h) kan circa 95% van alle warmte worden geleverd met de geothermie.

5.3 Energiebesparing en emissiereductie

Voor het bepalen van de jaarlijkse energiebesparing en de jaarlijkse emissiereductie is de warmtelevering met geothermie vergeleken met de warmtelevering met gas gestookte ketels. Figuur 5.6 en 5.7 presenteren het jaarlijkse verbruik van primaire energie en de uitstoot van CO₂.



Figuur 5.6 Primair aardgasverbruik scenario's



Figuur 5.7 Jaarlijkse uitstoot van CO₂

In onderstaande tabel zijn de jaarlijkse besparingen weergegeven.

Tabel 5.2 Milieuvoordeel varianten bodemenergie

	GT 1	GT 2	GT 3
reductie primair aardgasverbruik [m ³ a.e.] x10 ³	5.196	3.457	2.512
besparing primair	72%	72%	72%
reductie CO ₂ -uitstoot [ton]	8.965	5.965	4.334
besparing CO ₂	70%	70%	70%

Uit bovenstaande figuren en tabel blijkt dat de toepassing van geothermie leidt tot een aanzienlijke reductie in het primair aardgasverbruik en de uitstoot van CO₂.

6 Uitwerking geothermie

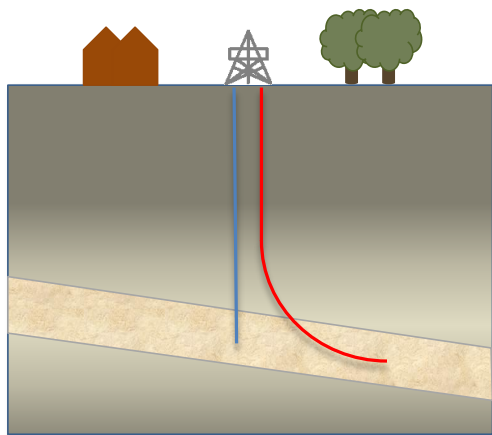
In dit hoofdstuk is het geothermieconcept op hoofdlijnen verder uitgewerkt. Hierbij wordt ingegaan op het bronontwerp, de bovengrondse installatie en de distributie naar de afnemers.

6.1 Globale uitwerkingen geothermie

Bronontwerp

Uit de geologische inventarisatie blijkt dat geothermie kan worden toegepast in de Slochteren Formatie. De filterdiepte van de productieput bedraagt 2.200 m-mv. De diepte van de injectieput is 1.900 m-mv. Om thermische interactie tussen de putten te voorkomen bedraagt de onderlinge afstand tussen de filters van de injectie- en infiltratieput 1.500 m. Dit bronontwerp is voor ieder scenario gelijk. Het aantal benodigde putten kan afwijken. Voor de toepassing van geothermie voor scenario 1 (GT1) zijn twee doubletten benodigd van 140 m³/h per doublet. Voor scenario 2 en 3 kan worden volstaan met één doublet van 140 m³/h.

Om de warmte te onttrekken aan de formatie worden (minimaal) twee putten gebruikt, een injectie- en een productieput. Voor het globale putontwerp is uitgegaan van één gedeveeerde en één verticale put. Het boren van de twee putten kan vanaf één locatie plaatsvinden. De twee putten worden ongeveer 10 m van elkaar geboord. In figuur 6.1 is het principe van een gedeveeerde boring weergegeven.



Figuur 6.1 Een verticale injectieput en een gedeveeerde productieput

Realisatie putten

Het boren van geothermische putten is groot civieltechnisch werk. Het proces vanaf de voorbereiding tot en met de oplevering duurt enige maanden, waarbij sprake is van een behoorlijk oppervlakte aan ruimtegebruik, veiligheidsvoorschriften en mogelijk enige bouwoverlast. De minimale ruimte voor een boorinstallatie, ruimte voor bouwmaterieel,

opslag, bouwketen e.d. bedraagt circa 0,5 tot 1 hectare. Voor onderhoudswerkzaamheden dient na realisatie ook ruimte beschikbaar te blijven. In figuur 6.2 is een voorbeeldopstelling van één boorlocatie weergegeven.



Figuur 6.2 Voorbeeld indeling boorlocatie (bron: NDDC)

Bronafwerking

De productie put wordt voorzien van een ESP (Electric Submersible Pump) en de injectie put met een injectieklep. Na de realisatie worden de geothermieputten afgewerkt met betonnen putbehuizingen. De afwerking van de putbehuizing aan maaiveld is vrij in te vullen. Voorwaarde is dat de putten toegankelijk zijn en goed kunnen worden afgesloten.

6.2 Globale uitwerking bovengrondse installatie

Vanaf de bronnen wordt het grondwater middels transportleidingen naar de warmtecentrale getransporteerd. In de warmtecentrale worden diverse technische componenten opgesteld voor de energie-uitwisseling met het warmtenet.

Leidingwerk vanaf de geothermie naar de warmtecentrale

Het transportleidingwerk en de appendages gekoppeld aan het leidingwerk, zoals kleppen, flenzen etc, komen in aanraking met zout grondwater van een hoge temperatuur. Niet alle materialen zijn geschikt voor deze omstandigheden. Derhalve is de materiaalkeuze bij de selectie van de leidingen en componenten zeer belangrijk. Geschikte materialen zijn bijvoorbeeld GVK of RVS. De terreinleidingen moeten worden geïsoleerd om de transportverliezen te beperken.

In de warmtecentrale wordt de warmtewisselaar opgesteld. In de warmtewisselaar vindt de warmteoverdracht plaats tussen formatiewater en het water in het distributienet. In de warmtecentrale zal tevens de piekketel worden opgesteld voor het leveren van warmte tijdens pieklast. Onderstaand worden de belangrijkste technische componenten om-

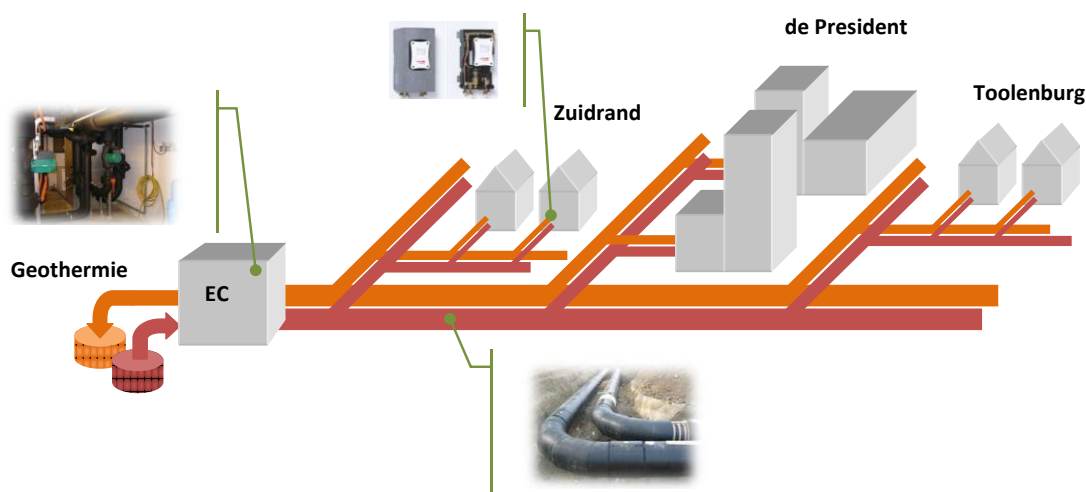
schreven. Verder worden in de warmtecentrale diverse voorzieningen getroffen voor de regeltechniek en koppeling met het warmtenet.

Distributie

Vanuit de warmtecentrale wordt de warmte wordt gedistribueerd met een 2-pijps (aanvoer en retour) warmtenet. Het distributienet wordt gevuld met leidingwater. Om het energieverlies ten gevolge van de distributie te beperken zijn de leidingen voorzien van een isolatiemantel. Het temperatuurtraject van het warmtenet bedraagt 80/40°C. Het totale warmtenet wordt open hydraulisch, zonder verdere tussenkomst van wisselaars, aangelegd tot aan de afnemers. De debieten in het leidingwerk naar de afnemers worden drukgeregeld met behulp van inregelafsluiters en drukopnemers om te zorgen dat een evenredige debietverdeling plaatsvindt.

De afnemers worden via een afleverset aangesloten op het warmtenet. Een afleverset bestaat uit een warmtewisselaar, leidingwerk, appendages, opnemers en een energiemeter. Ten behoeve van de ruimteverwarming zal het warme leidingwater uit het distributienet rechtstreeks door de afgiftesystemen stromen. Voor de warmtelevering ten behoeve van warm tapwater wordt een fysieke scheiding gemaakt met het distributienet door middel van een warmtewisselaar.

In figuur 6.3 is op schematische wijze het bovenomschreven concept weergegeven voor de toepassing van geothermie voor het verwarmen van de ontwikkelingen rondom Hoofddorp.



Figuur 6.3 Schematisatie systeemconcept geothermie en distributie

7 Financiële analyse

In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens de investerings- en exploitatiekosten en de rentabiliteit omschreven. De weergegeven kosten zijn op haalbaarheidsniveau, exclusief BTW en kennen een onnauwkeurigheid van 20%.

7.1 Investeringskosten

7.1.1 Geothermie putten

Voor de geothermie zijn de investeringen geraamd tot en met de warmtewisselaar in de technische ruimte. In onderstaande tabel zijn de investeringskosten voor één doublet geothermie weergegeven.

Tabel 7.1 Investeringskosten één doublet geothermie

Kostenpost		kosten
putten (onttrekkings - en infiltratieput)	k€	6.300
bovengrondse installatie t/m de warmtewisselaar	k€	600
reservoirstimulatie	k€	600
subtotaal putten	k€	7.500
advieskosten	k€	830
CAR- verzekering (2,5 % excl. advieskosten)	k€	188
verzekering (overheid/particulier, 7% van totale kosten)	k€	525
totaal één doublet geothermie	k€	9.043

De advieskosten omvatten de kosten ten aanzien van de vergunningen, het ontwerp en tendering van de installatie, aanvullend geologisch onderzoek en uitvoeringsbegeleiding tijdens realisatie en oplevering.

Het realiseren van de putten van de geothermie is duur. De kosten sluiten echter het risico op een mislukte boring of tegenvallende bodem niet uit. Voor marktpartijen vormt dit een belangrijk financieel aandachtspunt en mogelijk ook een belemmering om het systeem te realiseren. Om het risico op een mislukt geothermieproject te dekken kan een verzekering worden afgesloten:

- TERM (overheid) voor realisatie putten. In geval van een slechter resultaat dan verwacht, bijvoorbeeld bij een tegenvallende capaciteit, staat TERM garant voor een deel van de gemaakt kosten.
- Particuliere (bijvoorbeeld banken) ten aanzien van de realisatie en resultaat.

Voor dit project is verzekerbaarheid ook nog heel onzeker. Verzekeringen vereisen grote mate van zekerheid (gunstige businesscase bij P90)

In de kostenramingen is rekening gehouden met de kosten voor verzekeringen.

7.1.2 Investeringskosten totale installatie

De geothermie maakt onderdeel uit van de totale verwarmingsinstallatie. In tabel 7.2 zijn de geraamde investeringen weergegeven voor de verschillende scenario's geothermie zoals uitgewerkt in hoofdstuk 4 en 5. De investeringen zijn geraamd aan de hand van financiële uitgangspunten zoals weergegeven in tabel 2.4.

Tabel 7.2 Investeringskosten referentie en geothermie

kostenpost		R1	GT1	R2	GT2	R3	GT3
- gasgestookte ketels	k€	11.890	1.800	9.580	980	4.560	570
- geothermie	k€	0	18.085	0	9.043	0	9.043
- distributienet naar de afnemers	k€	0	22.050	0	17.630	0	8.420
- aanleg gasnet	k€	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
- afleverzet ter hoogte van afnemers	k€	0	4.950	0	3.480	0	1.790
- afgiftesystemen afnemers	k€	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
- fiscaal voordeel (EIA: 11,2%)	-/- k€	0	4.000	0	3.000	0	2.000
- subsidies	-/- k€	0	p.m.	0	p.m.	0	p.m.
- EPC maatregelen	k€	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
subtotaal	k€	11.890	42.885	9.580	28.133	4.560	17.823
- vergunningen	k€	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
- ontwerp en advieskosten	k€	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
totaal	k€	11.890	42.885	9.580	28.133	4.560	17.823

De investeringen hebben betrekking op de realisatie van het concept tot aan de koppeling ter hoogte van de afnemers. De afgiftesystemen zijn niet meegenomen in de ramingen. Daarnaast zijn in de tabel een aantal p.m. posten opgenomen:

- In de referentie zal een collectief gasnet moeten worden aangelegd naar de woningen en gebouwen. De kosten voor het aanleggen van dit net zijn in deze fase van het onderzoek niet meegenomen.
- Toepassing van geothermie leidt tot een lagere EPC. Om in de referentie eenzelfde EPC te halen, moeten aanvullende EPC maatregelen worden getroffen;
- Vergunningen en ontwerp en advieskosten bovengrondse installatie.

Voor de toepassing van geothermie kan mogelijk een beroep worden gedaan op een aantal subsidies. Alleen de EIA is meegenomen in de kostenramingen. Onderstaand volgt een korte omschrijving.

- Energie investeringsaftrek: De geothermie en het distributienet komen in aanmerking voor de energie-investeringsaftrek. Deze regeling houdt in dat van een extra aftrek op de fiscale winst geprofiteerd kan worden.
- EOS Demonstratie: Een vernieuwende techniek als geothermie kan mogelijk in aanmerking komen voor de subsidie EOS Demonstratie. Deze subsidie heeft als doel om de introductie van vernieuwende technologieën of systemen binnen een project te stimuleren.
- Investerings in energiebesparing (IRE): De IRE -regeling is bedoeld om het investeren in energiebesparende voorzieningen te stimuleren.
- EOS onderzoek subsidies (LT nieuw, LT en KTO): Financiële steun wordt geboden aan onderzoekers met veelbelovende plannen die op termijn (lange- of middel lange- of korte termijn) leiden tot een duurzame energiehuishouding.

7.2 Exploitatiekosten

In tabel 7.3 zijn de jaarlijkse exploitatiekosten weergegeven voor de referentiesituatie en de scenario's met geothermie. De weergegeven kosten hebben betrekking op de exploitatie van de systemen bij volledige realisatie van het bouwplan.

Tabel 7.3 jaarlijkse exploitatiekosten

kostenpost		R1	GT1	R2	GT2	R3	GT3
gaskosten (vast en variabel)							
- gasverbruik ketels	k€	3.501	441	2.571	306	1.734	225
elektriciteit (vast en variabel)							
- distributie warmte	k€	0	63	0	44	0	32
- geothermie	k€	0	267	0	185	0	136
onderhoud en beheer	k€	500	600	400	400	200	300
totaal	k€	4.001	1.371	2.971	935	1.934	693

7.3 Financiële analyse

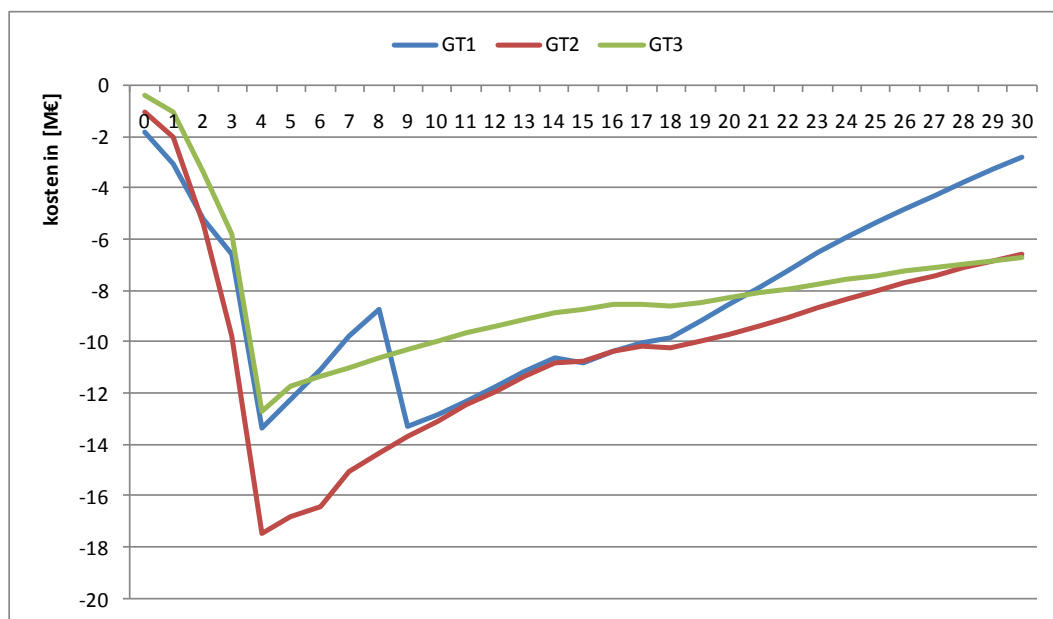
Om inzicht te krijgen in de financiële rentabiliteit van de drie scenario's met geothermie zijn een netto contante waarde (NCW) berekeningen uitgevoerd. In een NCW berekening worden de kosten en baten over een bepaalde looptijd teruggerekend naar de huidige waarde. Hiervoor is een cashflow berekening gemaakt. Het jaarlijkse resultaat wordt vervolgens tegen een bepaalde rendementseis over een periode netto contant gemaakt. Daarbij wordt rekening gehouden met rente, inflatie en indexering van de energieprijzen over de gestelde looptijd.

Input NCW -berekeningen

Uitgangspunt voor NCW -berekening is een exploitatieperiode van 30 jaar. Dat betekent dat de gestelde rendementseis binnen deze periode behaald dient te worden. De toepassing van de geothermische installatie zal pas rendabel zijn indien voldoende afnemers zijn gerealiseerd en aangesloten. Om de investeringen van de collectieve installatie te spreiden wordt gestart met de realisatie van de piekketels. De realisatie van warmtenet geschiedt parallel aan de bouw van de afnemers. Indien sprake is van meerdere geothermische putten is rekening gehouden met een gefaseerde realisatie.

In figuur 7.1 is het resultaat van de NCW berekening weergegeven van de drie scenario's met geothermie. Op de horizontale as zijn de jaren weergegeven. Op het moment dat de grafieklijn de x-as snijdt binnen de looptijd, wordt de gestelde rendementseis gehaald. Ligt op het gewenste tijdstip de grafieklijn onder de x-as, dan is het gewenste rendement niet behaald. Ligt de lijn boven de x-as, dan wordt een hoger rendement behaald dan vereist.

Uit figuur 7.1 blijkt dat geen van de scenario's het gestelde projectrendement van 8% na een looptijd van 30 jaar wordt behaald. Voor de scenario's zal extra moeten worden geïnvesteerd. Hierbij kan worden gedacht aan het verhogen van de tarieven voor het aansluiten op de geothermie of bijvoorbeeld een bijdrage door de gemeente. In de volgende paragraaf wordt hier nader op ingegaan.



Figuur 7.1 Resultaat NCW -berekening scenario's geothermie

In onderstaande tabel zijn de projectresultaten na 30 jaar weergegeven.

Tabel 7.4 Resultaten NCW berekeningen bij 8% redementseis

scenario	resultaat [k€]	rendement
GT1	-2.830	6,5%
GT2	-6.601	4,1%
GT3	-6.708	1,7%

7.4 Geothermie voor de Westflank

De totale ontwikkeling van de Westflank telt circa 10.000 woningen. Dit is ordegrrootte driemaal scenario 2. Dit impliceert dat meerdere geothermie doubletten moeten worden gerealiseerd voor de warmtelevering. De ontwikkeling van de Westflank zal over meerdere jaren lopen. Conform het bouwbesluit zal hier zeker een EPC van 0,4 of lager gelden. Doordat de warmtevraag van de afnemers voor de Westflank nog lager zal zijn dan de berekende scenario's in figuur 7.1 zal de geothermie financieel niet haalbaar zijn.

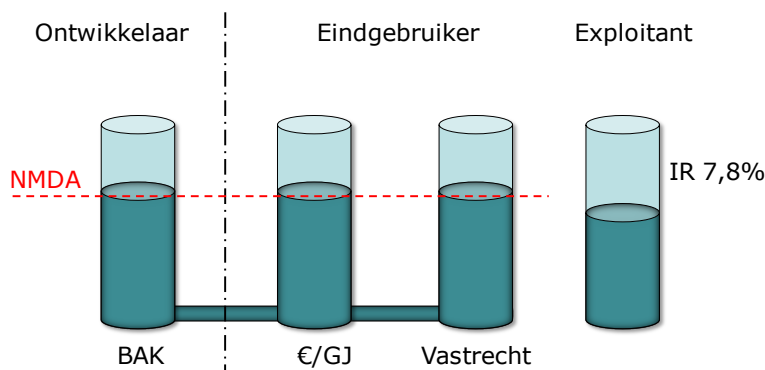
7.5 Tarieven

In paragraaf 7.3 is de financiële rentabiliteit op projectniveau berekend. Dit zegt in feite nog niets over de tarieven die een exploitant in rekening brengt bij de afnemers en eindgebruikers. In deze paragraaf wordt ingegaan op de kwalitatieve mogelijkheden van het vaststellen van de tarieven die de exploitant bij de eindgebruikers in rekening kan en mag brengen. De ideeën met betrekking tot de tariefvorming voor warmtelevering uit de Warmtewet worden hierbij aangehouden.

Voor het bepalen van de tarieven voor warmte zijn volgens de Warmtewet verschillende constructies mogelijk. Voor dit onderzoek wordt ingegaan op het maximum tarief, het zogenaamde Niet-meer-dan-anders (NMDA). Het NMDA houdt in dat de eindgebruiker

voor de levering van warmte en koude niet meer betaalt dan in het geval de eindgebruiker de warmte en koude zelf met conventionele technieken zou opwekken.

Uitgaande van een projectresultaat van 8% na 30 jaar en de tarieven conform NMDA, blijkt uit de NCW -berekening in paragraaf 7.2 dat geen enkel scenario rendeert binnen de gestelde looptijd. In onderstaande figuur is dit schematisch weergegeven.

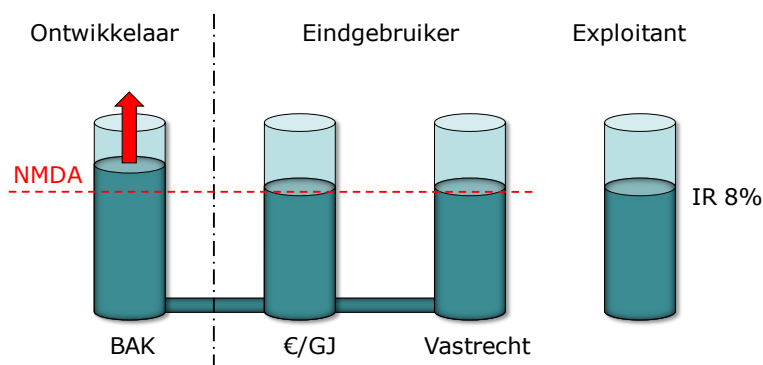


Figuur 7.2 Niet-meer-dan-anders principe

Uit figuur 7.2 blijkt dat er dus geld moeten worden bijgedragen om het project financieel rendabel te krijgen. Hiervoor worden de volgende mogelijkheden geschetst:

- Financiële bijdrage door gemeente:
Door de toepassing van de geothermie is sprake van een aanzienlijk verbetering van de EPC van de woningen maar ook op gebiedsniveau. De toepassing van geothermie draagt daarmee bij de milieudoelstellingen van de gemeente. De gemeente kan overwegen om een het project financiële te steunen. Hierdoor zal het projectrendement verbeteren waardoor marktpartijen sneller geïnteresseerd zijn om een langdurige concessie aan te gaan.
- Hogere aansluitbijdrage voor de projectontwikkelaar:
Een andere mogelijkheid is om een hogere aansluitbijdrage aan te houden voor de projectontwikkelaar. Met de toepassing van geothermie realiseert de projectontwikkelaar woningen met een scherpere EPC, dan volgens het bouwbesluit verplicht is.

In onderstaande figuur is het verlagen van de tarieven op schematische wijze weergegeven.



Figuur 7.3 Verlagen van de tarieven voor de projectontwikkelaar en afnemers

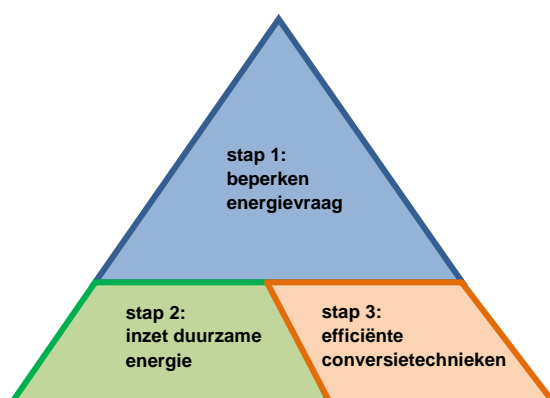
Op basis van indicatieve berekeningen is bepaald dat de aansluitbijdrage voor de woningen in geval van scenario 1, 2 en 3 respectievelijk met € 1.500, € 3.000 en € 7.000 per woning moet worden verhoogd ten opzichte van het NMDA.

7.6 EPC en geothermie

Voor nieuwe woningen gaat de EPC van 0,8 naar 0,6 in 2011 en naar 0,4 in 2015, met als doel de energieneutrale woning in 2020. Voor nieuwe utiliteitsgebouwen geldt een vergelijkbare aanscherping met als doel 50% energie-efficiëntere nieuwbouw in 2017. Voor de nieuw te bouwen woningen in de Zuidrand en Toolenburg betekent dit een aanscherping van de EPC van 0,6 en 0,4. Voor het bedrijventerrein de President zal ook een aanzienlijke verduurzamingslag gerealiseerd moeten worden.

Trias Energetica

Om te komen tot deze verduurzaming wordt de Trias Energetica gevolgd. Trias Energetica gaat uit van drie stappen. De eerste stap is de energievraag beperken. Vervolgens is de tweede stap het opwekken van duurzame energie en als laatste stap pas de resterende energievraag invullen met efficiënte installaties op fossiele energie (zie figuur 2.2).



Figuur 2.2 Trias Energetica

Het behalen van een casco EPC van 0,6 of 0,4 vraagt om ingrijpende en kostbare isolatie- en vraagbeperkende maatregelen. In de praktijk resulteert dit bijvoorbeeld in dikkere muren. In de referentie zal de warmte voor de woning nog steeds worden opgewekt op een niet duurzame wijze met een conventionele gasgestookte ketel.

Toepassing geothermie

De warmtevraag van de woning zal bij een casco EPC van 0,4 echter lager zijn dan bij een EPC van 0,8. Zoals blijkt uit de NCW- berekeningen komt de rentabiliteit van geothermie hierdoor onder druk komen te staan omdat juist in het leveren van warmte de winst zit.

Bij de toepassing van geothermie kan een gasloze wijk worden gerealiseerd. De warmte wordt duurzaam opgewekt wat resulteert in een CO₂ besparing van circa 70% per jaar. De collectieve installatie met het warmtenet biedt daarnaast een stuk toekomstbestendigheid. Alternatieve nieuwe duurzame warmtebronnen kunnen ook worden aangesloten op deze collectieve installatie.

Het toepassen van geothermie levert ontwikkelaars een aanzienlijk voordeel op ten aanzien van de EPC. Uitgaande van het huidige bouwbesluit (EPC van 0,8), kan met de toepassing van geothermie in combinatie met een piekkelstel ook een EPC van 0,4 worden gerealiseerd. De ontwikkelaar hoeft hierdoor niet te investeren in de dure isolatiemaatregelen. De EPC kan nog verder worden verlaagd wanneer bijvoorbeeld kan worden bespaard op het elektraverbruik door PV panelen toe te passen.

Voor bewoners zal de toepassing van geothermie op een op een casco EPC van 0,8 ook voordelen opleveren. Doordat meer warmte geleverd kan worden en dure isolatiemaatregelen uit blijven, zal de rentabiliteit van de geothermie beter zijn dan bij een lage EPC. Dit biedt de exploitant de mogelijkheid om de tarieven te verlagen.

Indien voor de nieuwbouw in de Zuidrand, Toolenburg, de President en wellicht ook de Westflank wordt gestreefd naar duurzame ontwikkeling in combinatie met geothermie, zal gekozen moeten worden om eerst te streven naar duurzame opwekking middels geothermie en pas daarna isoleren. Op deze manier wordt kan het gebruik van primaire energie aanzienlijk worden gereduceerd en is financieel aantrekkelijk voor alle partijen.

8 Organisatie

Om een grootschalige collectieve duurzame energievoorziening te realiseren zullen partijen moeten samenwerken. De wijze waarop is sterk afhankelijk van de financiering en de wijze waarop partijen met risico's omgaan. In basis kan er gekozen worden voor een tweetal organisatievormen:

1. Eigen beheer gemeente
2. Eigen beheer ontwikkelende partijen
3. Volledige outsourcing

1. Eigen beheer Gemeente

Hierbij gaat niet de ontwikkelende partij het systeem realiseren, maar doet de Gemeente dit zelf. Voor veel gemeenten past het optreden als energieleverancier niet binnen het primaire takenpakket. Uitzondering hierop zijn gemeenten (bv Arnhem) die in het streven naar een duurzame energievoorziening wel middelen ter beschikbaar stellen om het systeem te ontwikkelen. Na de ontwikkelfase kan het systeem worden verkocht aan een marktpartij. Het ontwikkelrisico ligt hierbij volledig bij de Gemeente.

2. Eigen beheer ontwikkelende partijen

In deze organisatievorm gaan de ontwikkelende partijen zelf de collectieve energievoorziening realiseren en beheren. Hiermee leveren de ontwikkelende partijen energie voor hun eigen gebouwen. Voor de gebouwen die niet in eigendom zijn, treden de ontwikkelende partijen op als energieleverancier. De gemeente zal de ontwikkelende partijen het exclusieve recht moeten geven energie te leveren en anderen zullen hierop verplicht moeten aansluiten.

Voor de realisatie exploitatie van de geothermische installatie wordt geadviseerd een consortium van bedrijven samen te stellen welke verantwoordelijk zullen zijn voor het realiseren en exploiteren van de geothermische installatie. Om de installatie te ontwikkelen en te exploiteren kan het consortium een beroep doen op de door hen aangestelde aannemers en adviseurs, bijvoorbeeld voor het boren van de geothermische putten.

Voor de realisatie en exploitatie van de installatie is het van belang een beroep te doen op de kennis en expertise van een energiemaatschappij en deze te betrekken in het consortium.

In het buitenland, maar ook in Nederland worden soortgelijke grootschalige duurzame installaties ontwikkeld middels een samenwerkingsverband/consortium. Onderstaand worden in het kort twee voorbeelden beschreven.

Zo is op 4 juli 2007 het startschot gegeven voor het geothermie project in Den Haag Zuid-West. In totaal zullen circa 6.000 woningen worden gerealiseerd en worden verwarmd met geothermie. Het project wordt uitgevoerd door een samenwerkingsverband van de

wooncorporaties Vestia, Haag Wonen en Staedion, de energiebedrijven EOn Benelux en Eneco Energie en de Gemeente Den Haag.

In Heerlen is de eerste mijnwater warmtecentrale ter wereld geopend. Deze warmtecentrale is speciaal ontworpen om duurzame energiebronnen, zoals water uit de oude mijngangen onder Heerlen, te gebruiken voor verwarming en koeling van circa 200 huizen, winkels, een supermarkt, een bibliotheek en grote kantoorgebouwen. Ook dit duurzame project wordt met behulp van een consortium van bedrijven en de gemeente Heerlen gerealiseerd en geëxploiteerd.

3. Volledige outsourcing

Bij volledige outsourcing verzorgt de energieleverancier het ontwerp, de financiering, de realisatie en de exploitatie van de installatie. Door de levering van koude en warmte voor het gehele project bij één partij onder te brengen ontstaat een situatie, waarbij maximaal voordeel wordt behaald wat betreft schaalgrootte, energie-uitwisseling, onderhoud en bedrijfszekerheid. Gezien de omvang en de risico's toebehorend aan dit project zal naar verwachting geen marktpartij geïnteresseerd zijn om de voorziening alleen te realiseren, exploiteren en te financieren. De marktpartijen zullen in deze zoeken naar participanten om de kosten en de risico's te spreiden waardoor een vergelijkbare organisatiestructuur ontstaat als het omschreven consortium (variant 2).

Aanbesteding geothermische putten

De realisatie van geothermische putten kan door het consortium middels een tenderprocedure worden aanbesteed.

Het boren van geothermisch putten tot 2600 m diepte is geen alledaagse markt en de meeste boorbedrijven die de expertise hebben om dit werk te kunnen uitvoeren, hebben hun ervaringen opgedaan in de olie- en gasmarkt. In die markt (en ook in zoutwinning, gasopslag, etc.) is het gebruikelijk dat de opdrachtgever de materialen zoals casings en pompen aanlevert op de boorlocatie, en dat de boorfirma de materialen aanbrengt. De boorfirma stelt zijn apparatuur en personeel ter beschikking aan de opdrachtgever voor een afgesproken dagtarief, en het is aan de opdrachtgever om te bepalen hoe geboord gaat worden. Ook de overige werkzaamheden zoals cementeren, loggen, drilling mud aanmaken, etc. worden meestal direct door de opdrachtgever op dagbasis ingehuurd.

Een turnkey aanbidding van de geothermische putten is niet uitgesloten, maar wel ongebruikelijk. Bovendien is de olie- en gasmarkt zeer druk en hebben de meeste boorbedrijven geen behoefte aan risicovolle projecten.

Een goed alternatief voor het boren op basis van dagtarieven zou kunnen zijn "modified lumped sum" waarbij voor de meerkosten voor het langer boren bij tegenvallers een lager tarief staat. Dan heeft iedereen baat bij een snelle afronding, zonder dat de boorfirma alle risico's draagt.

9 Risico-inventarisatie

In dit hoofdstuk zijn de voornaamste technische, juridische, financiële en organisatorische risico's omschreven.

9.1 Risico-inventarisatie

Bodem

Olie en gas

In de directe omgeving zijn geen olie- of gasvelden aanwezig. De kans dat olie en/of gas aangetroffen wordt ter hoogte van de Slochteren Formatie is klein. De bekende afsluitende laag, het zout uit het Zechstein, is niet afwezig. In een vervolgonderzoek zal het risico van de aanwezigheid van ondiep gas, i.v.m. veenlagen in de ondiepe ondergrond, onder Hoofddorp in beeld moeten worden gebracht.

Temperatuur

De kans bestaat dat de temperatuur lager is dan 85°C. Dit heeft te maken met het wel/niet open staan van het breuksysteem en de afstand tot aan de breuk, zie paragraaf 3.1. Dit risico kan worden verkleind door de locatie van het breuksysteem vast te stellen aan de hand van interpretatie van de aanwezige seismiek. Vervolgens kan een thermische modellering rondom de breuk inzicht geven in het gebied wat beïnvloed wordt door de hogere temperatuur in het breuksysteem.

Bij een lagere temperatuur zal het vermogen en de inzet van de geothermie kleiner worden. Deze capaciteit kan vervolgens worden gecompenseerd door de piekketels of andere warmtebronnen.

Realisatie

Voor het realiseren en onderhouden van de geothermie putten is een aanzienlijk groot terrein benodigd van circa 0,5 tot 1 hectare (zie paragraaf 6.1). Uit ervaring met andere geothermie projecten is gebleken dat het zoeken naar een geschikte boorlocatie een intensief traject is. Om dit probleem te tackelen is het van groot belang om aan de hand van het bouwplan de bronlocaties vast te stellen.

Warmtelevering

De warmte wordt gedistribueerd met behulp van een warmtenet zonder hydraulische scheidingen (warmtewisselaars). Bij het ontwerp van het distributienet moet rekening worden gehouden met de bedrijfszekerheid van de warmtelevering gedurende onderhoud en calamiteiten (lekkages e.d.). Hierbij kan worden gedacht aan:

- Het uitvoeren van het distributienet als ringleiding.
- Meerdere hoofdleidingen van de warmtecentrale.
- Opdeling warmtenet in verschillende onderstations per wijk of cluster van afnemers.

Financieel

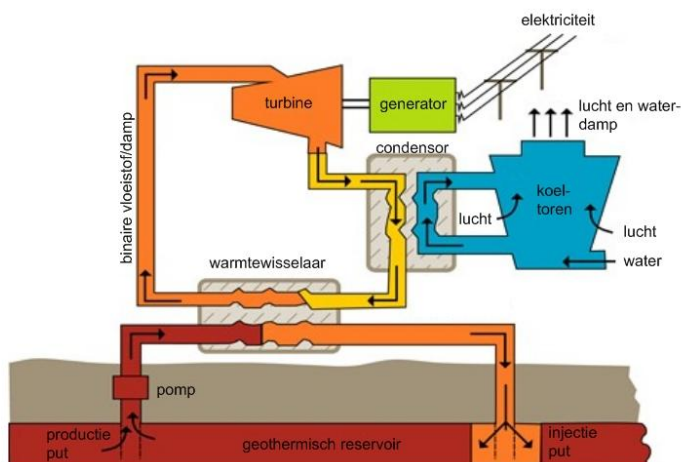
Het belangrijkste financiële risico wordt gevormd door de onzekerheid van het maximaal haalbare debiet en temperatuur. Voor dit onderzoek is gerekend met een verwacht gemiddeld debiet van 140 m³/h per doublet. Wanneer bijvoorbeeld het p90 debiet maximaal haalbaar is, is dit nagenoeg een factor drie lager dan het gemiddeld verwachte debiet. In dit geval zal de inzet van de geothermie aanzienlijk lager zijn of er moeten meerdere doubletten worden gerealiseerd. In beide gevallen zal dit een negatief effect hebben op de financiële haalbaarheid van geothermie.

In het algemeen kan worden opgemerkt dat aspecten als de bruto investeringen, het gestelde rendement, de exploitatie, de subsidies en de bouwplanning voor ieder project een belangrijke parameter vormen voor het projectresultaat. Ten aanzien van deze parameters is het belangrijk dat wordt gerekend met de juiste getallen en plannings. Geadviseerd wordt daarom om de input voor de berekening in een vervolgfase te verifiëren met de actuele gegevens.

9.2 Elektriciteitsopwekking met geothermie

Geothermisch water kan ook gebruikt worden voor de opwekking van elektriciteit. De temperatuur die hiervoor benodigd is, met een voldoende rendement, is ongeveer 120 °C. Bij een temperatuur tot 190 °C wordt elektriciteit doorgaans opgewekt met een binair systeem. Een dergelijk systeem heeft twee gesloten cycli, één voor het geothermische water en één voor de werkvloeistof. In figuur 9.2 wordt een schematische weergave getoond van een binair systeem.

Het geothermische water wordt omhoog gepompt en de warmte wordt overgedragen middels een warmtewisselaar aan de andere cyclus. De werkvloeistof heeft een lagere kooktemperatuur dan water, waardoor de werkvloeistof eerder verdampt. Het gas zorgt vervolgens voor de aandrijving van de turbine. Het gas wordt weer afgekoeld, condenseert en wordt weer teruggevoerd naar de warmtewisselaar. Het afgekoelde geothermische water, met een temperatuur van 80 °C, kan nog gebruikt worden voor verwarmingsdoeleinden.



Figuur 9.2 Schematische weergave van een binair systeem.

De benodigde temperatuur van 120 °C kan niet geleverd worden uit de Slochteren Formatie. Onder de Slochteren Formatie komen mogelijk nog een ander geschikte lagen, de

kalkstenen uit de Kolenkalk Groep, in aanmerking. De top van deze lagen bevinden zich op een diepte van 5,5 - 6,5 km. Op basis van kentallen is een inschatting gemaakt van de kosten voor één doublet tot deze diepte. De totale investeringen voor één doublet geothermie bedraagt circa M€ 32,-.

De aanwezige putten in de omgeving hebben deze lagen niet aangeboord waardoor de onzekerheid en het risicoprofiel voor de ontwikkeling van een geothermisch project in deze lagen hoog is. Een onderzoekstraject is nodig om deze terug te brengen naar een acceptabel niveau.

10 Conclusies

10.1 Conclusies

Technisch

Geothermie kan op de projectlocatie worden toegepast in de Slochteren Formatie. De maximale diepte van de putten bedraagt 2.200 m-mv. De transmissiviteit van de Slochteren Formatie is laag en met behulp van reservoirstimulatie kan de capaciteit verbeterd worden. Uitgaande van één geothermisch doublet met reservoirstimulatie en een COP van 20, kan een debiet worden onttrokken van gemiddeld 140 m³/h. Er zijn echter ook nog andere mogelijkheden om de capaciteit nog verder te vergroten. Dit verdient zeker aandacht in een vervolgfase.

Voor de warmtelevering aan de Zuidrand, Toolenburg en de President zijn, afhankelijk van welke ontwikkelingen worden aangesloten (scenario 1, 2 en 3), één tot twee doubletten benodigd. De putten worden bovengronds vanaf één boorlocatie geboord. Rekening moet worden gehouden met aanzienlijk ruimtegebruik (0,5 à 1 ha.) tijdens realisatie en onderhoud. Het bepalen van geschikte boorlocaties is een intensief traject en geadviseerd wordt om dit vroegtijdig op te starten.

Belangrijkste technische risico betreft de mogelijke aanwezigheid van ondiep gas. Indien aanwezig dienen hiervoor kostbare maatregelen getroffen te worden tijdens het boren. Daarnaast is de onttrekkingstemperatuur nog niet met grote zekerheid vast te stellen. Indien de temperatuur lager is dan verwacht, zal het beschikbare vermogen en de inzet voor verwarming met de geothermie lager worden. Dit risico kan inzichtelijk worden gemaakt door de locatie van het breuksysteem vast te stellen aan de hand van interpretatie van de aanwezige seismiek.

Juridisch

Voor de geothermie putten moet een vergunning worden aangevraagd in het kader van de Mijnbouwwet. Het bevoegd gezag is het Ministerie van Economische Zaken. Wanneer wordt overgegaan tot realisatie zal rekening moeten worden gehouden met de benodigde vergunningen en voor het realiseren en behouden van bronnen en het leidingwerk op grond van derden of gemeentegrond. Op voorhand worden hier geen belemmeringen verwacht.

Hoewel de Warmtewet nog niet van kracht is, zal deze wel van toepassing worden voor de beoogde installatie. De Warmtewet introduceert naast een vergunningstelsel een maximumprijs ter bescherming van verbruikers tegenover de warmteleverancier. Voor dit onderzoek is reeds rekening gehouden met dit maximum tarief.

Financieel

De investeringskosten van de verwarmingsinstallatie zijn geraamd tot en met de aansluiting van de afnemers en bedragen voor scenario 1 M€43,-, scenario 2 M€28,- en scenario 3 M€18,- (exclusief BTW).

Voor de drie scenario's zijn rentabiliteitsberekeningen uitgevoerd, waarbij rekening wordt gehouden met de bouwplanning, inflatie en indexering van de energietarieven over een looptijd van 30 jaar en een rendementseis van 8%. Geen van de scenario's kunnen voldoen aan het gestelde rendement. Het projectrendement kan worden gehaald door de tarieven voor het aansluiten te verhogen of middels een bijdrage van de gemeente en subsidies. Op basis van indicatieve berekeningen is bepaald dat de aansluitbijdrage voor de woningen in geval van scenario 1, 2 en 3 respectievelijk met € 1.500, € 3.000 en € 7.000 per woning moet worden verhoogd ten opzichte van het NMDA.

Voor dit onderzoek is gerekend met een verwacht gemiddeld debiet van 140 m³/h per doublet. Wanneer bijvoorbeeld het p90 debiet maximaal haalbaar is, is dit nagenoeg een factor drie lager. In dit geval zal de inzet van de geothermie aanzienlijk lager worden of er moeten meerdere doubletten worden gerealiseerd. In beide gevallen zal dit een negatief effect hebben op de financiële haalbaarheid van geothermie.

Milieu

Toepassing van geothermie leidt tot een aanzienlijke reductie in het primair aardgasverbruik en de uitstoot van CO₂. Voor de drie scenario's geldt ordegrrootte een jaarlijkse besparing van 72% op het gebruik van primaire energie en 70% op de uitstoot van CO₂.

10.2 Vervolgtraject

Indien besloten wordt om geothermie op de locatie toe te passen voor het leveren van warmte moeten ons inziens de volgende stappen worden doorlopen.



Figuur 10.1 stappenplan vervolgtraject

1. *Besluitvorming*

In deze fase van het vervolgtraject moet worden besloten of wel of niet wordt door gegaan met het onderzoek naar de toepassing van geothermie op de locatie.

2. *Vormen van consortium*

Voor de realisatie exploitatie van de geothermische installatie wordt geadviseerd een consortium van bedrijven samen te stellen die gezamenlijk de installatie zullen ontwikkelen en exploiteren. Bij het opstellen van het samenwerkingsverband moeten de taken en verantwoordelijkheden van de verschillende partijen in de verschillende fasen worden besproken en worden vastgelegd.

3. *Opstellen businesscase*

Alvorens een Go/No go beslissing kan worden genomen, wordt geadviseerd aanvullend technisch en financieel onderzoek uit te voeren. Binnen dit onderzoek moet onder andere worden gekeken naar de mogelijkheden ten aanzien van reservoirstimulatie en de voorkomens van ondiep gas. Daarnaast wordt aanbevolen om de aanwezige 2D en 3D seismiek te interpreteren om de exacte locatie van de breuk en de onttrekkingstemperatuur te bepalen. De uitwerkingen van deze fase worden verwoord in een businesscase. Op basis van de businesscase kan een onderbouwde Go/ No go beslissing worden genomen.

4. *Go/No Go-beslissing*

Op basis van de resultaten van de businesscase dient te worden besloten of geothermie de geschikte toepassing is voor het leveren van warmte aan de woningen en voorzieningen in de Zuidrand, Toolenburg en de President.

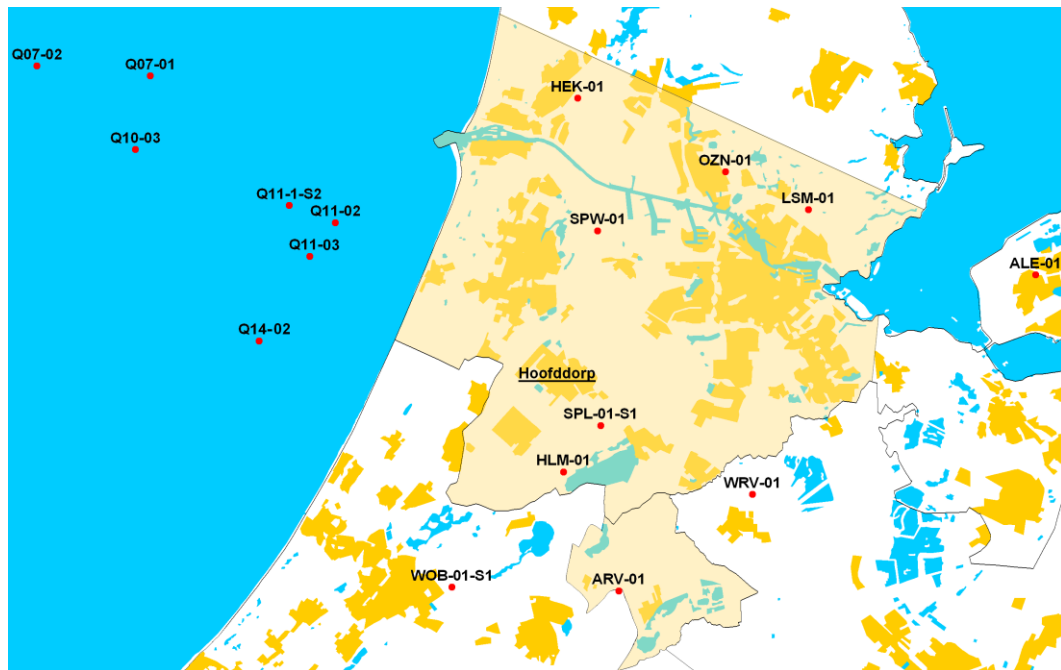
Bijlage 1 Geologische tijdsschaal

Geologische tijdtabel met stratigrafische kolom van Nederland						
Tijd [MJ]	Hoofdtijdperk	Periode	Tijdvak	Groep of Formatie	Productieve eenheden	
2.4	Kenozoïcum	Kwartair				
		Tertiair	Neogeen	Boven-Noordzee	Formaties van Maassluis, Oosterhout, Breda	
			Paleogeen	Midden-Noordzee	Voortzand, Veldhoven, Bergzand	
65				Onder Noordzee	Brusselssand, Meerssand	
	Mesozoïcum	Krijt	Laat-Krijt	Ommelanden		
				Texel		
				Vroeg-Krijt	Holland	Holland Groenzand
					Rijnland	De Lier, IJsselmonde, Berkel en Rijswijk zanden
143				Schieland	Nieuwerkerk Formatie	
		Jura	Laat-Jura			
			Midden-Jura	Altena		
			Vroeg-Jura			
208			Trias	Laat-Trias		
		Midden-Trias		Boven-Germaanse Trias		
	Vroeg-Trias	Onder-Germaanse Trias		Hoofd-Buntsandstein		
245	Paleozoïcum	Perm	Laat-Perm	Zechstein	Z3 Carbonaat	
						Z2 Carbonaat
				Boven-Rotliegend	Slochteren	Silver-pit
			Vroeg-Perm	Onder-Rotliegend		
290		Carboon	Silesian	Stephanien	Limburg	diverse zandstenen
				Westphalien		
	Namurien					
	Dinantien		Kolenkalk			
409		Devoon				
439		Siluur				
510		Ordovicium				
570		Cambrium				
		Precambrium				

Bijlage 2 Geologische inventarisatie

1 Inleiding

De technische haarkbaarheid van aardwarmte op een bepaalde locatie wordt bepaald door een aantal factoren. De belangrijkste van deze factoren is de beschikbare temperatuur en het debiet (volume per uur) dat aan een laag onttrokken kan worden. Om de geschiktheid van de verschillende formaties te bepalen zijn boorgegevens van diverse boringen in de omgeving van Hoofddorp, geologische kaarten [1], de resultaten van een regionale studie naar de Slochteren Formatie [2] en beschikbare literatuur [1, 3] gebruikt. De locaties van de gebruikte putten in de omgeving van Hoofddorp zijn op de kaart in figuur 1.1 weergegeven.



Figuur 1.1 Gebruikte putten in de omgeving van Hoofddorp. In geel het onderzoeksgebied uit de regionale studie.

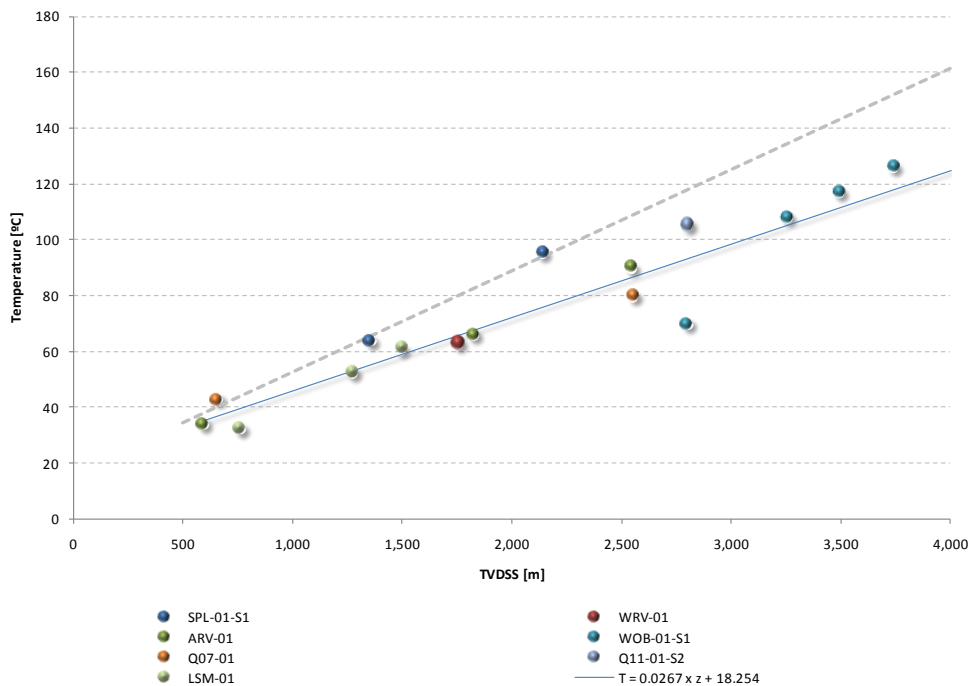
2 Geologie

2.1 Geothermische gradiënt

De geothermische gradiënt is bepaald aan de hand van metingen die uitgevoerd zijn in de aanwezig boringen. De zwarte lijn in figuur 2.1 geeft de relatie tussen de temperatuur en de diepte weer. Hieruit blijkt dat de temperatuur tussen 500 en 3.900 m-mv kan worden benaderd met behulp van de volgende vergelijking.

$$T[{}^{\circ}\text{C}] = 0,0267 [{}^{\circ}\text{C}/\text{m}] \times \text{diepte} [\text{m-mv}] + 18,254 [{}^{\circ}\text{C}] \quad (1)$$

Deze relatie geldt alleen voor bovengenoemd dieptebereik. Voor dieptes buiten dit bereik dient deze relatie opnieuw vastgesteld te worden.



Figuur 2.1 De geothermische gradiënt aan de hand van gecorrigeerde metingen in de omgeving van Hoofddorp.

Uit de grafiek in blijkt dat de temperatuur lineair met de diepte toeneemt. De gemeten temperaturen liggen goed op de regressielijn (R²=0,89). Dit betekent dat de temperatuur van 500 tot 3.900 m nauwkeurig bepaald kan worden.

In de boring SPL-01 zijn echter hogere temperaturen gemeten dan je zou verwachten op basis van de regionale gradiënt. De hogere gradiënt, weergegeven in figuur 2.1 als de gestippelde grijze lijn, wordt hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door de nabijheid van een breuksysteem. Door dit breuksysteem heen kan warmer water naar boven stromen waardoor hogere temperaturen op geringere dieptes aangetroffen zijn. Ook Hoofddorp ligt

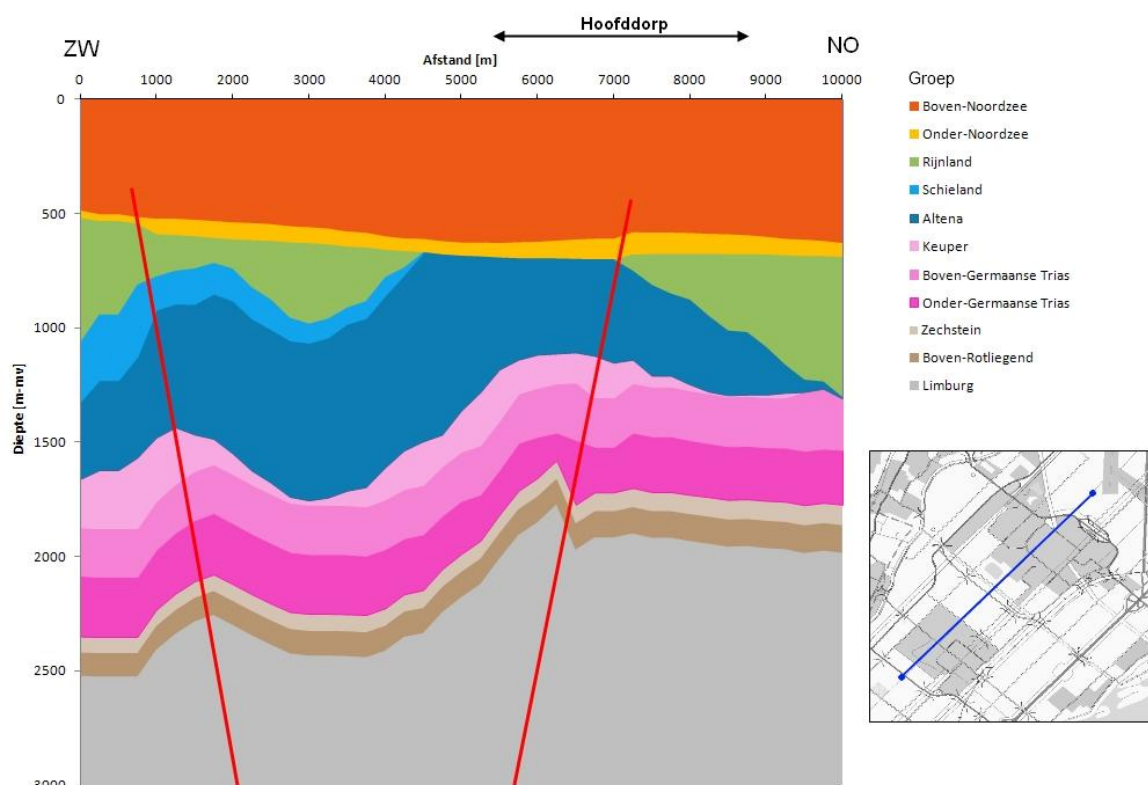
in de nabijheid van hetzelfde breuksysteem waardoor de temperatuur mogelijk hoger is. De gradiënt op basis van de metingen in SPL-01 kan het best worden weergegeven door:

$$T[^\circ\text{C}] = 0,0363 [^\circ\text{C}/\text{m}] \times \text{diepte} [\text{m-mv}] + 16,17 [^\circ\text{C}] \quad (2)$$

De temperatuurmetingen worden tijdens het boren uitgevoerd. Tijdens het boren wordt een koude boorspoeling gebruikt. De temperatuur wordt gemeten in de boorspoeling waardoor de gemeten temperatuur mogelijk met enkele graden wordt onderschat ten opzichte van de werkelijke temperatuur op diepte. In deze studie is de gradiënt bepaald aan de hand van gecorrigeerde metingen.

2.2 Geschikte lagen

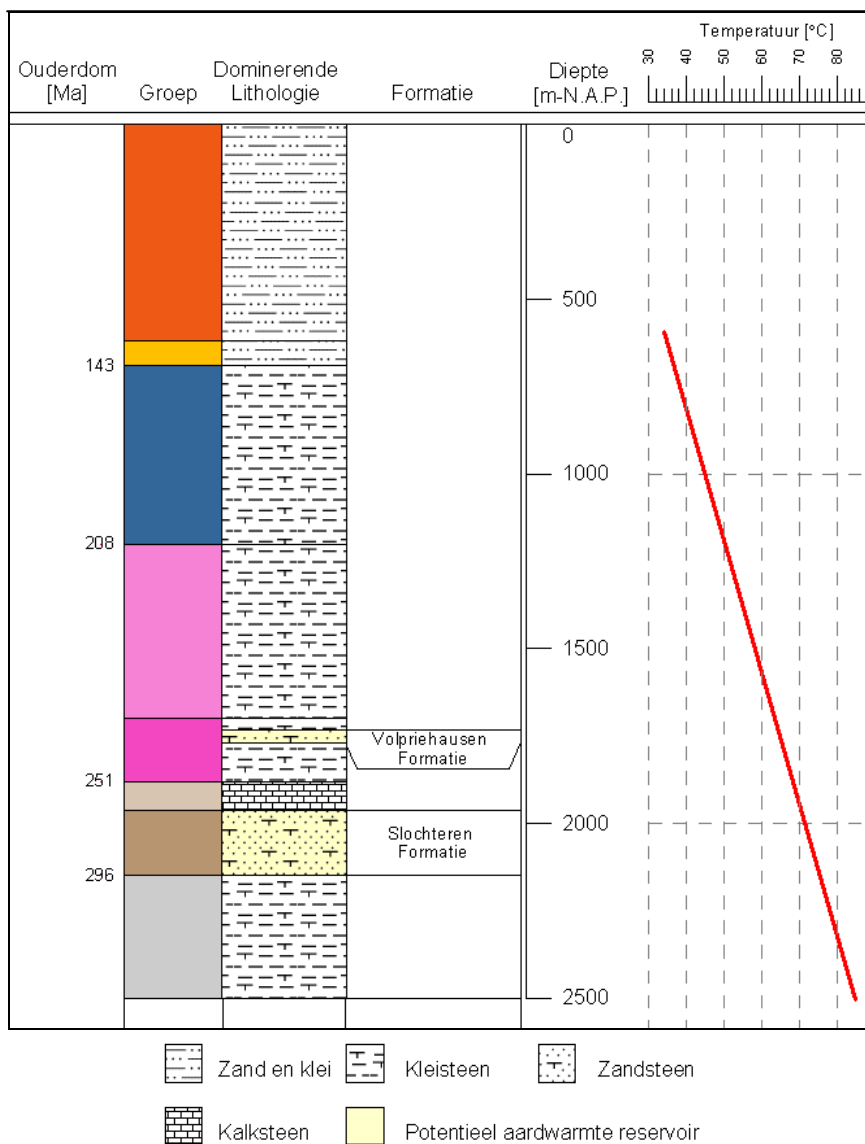
Om een indicatie van het potentieel van de lagen voor de toepassing van geothermie te krijgen, is de opbouw van ondergrond in de omgeving van de projectlocatie in beeld gebracht (figuur 2.2). De dwarsdoorsnede loopt van zuidwest naar noordoost over de projectlocatie. De geologische opbouw is bepaald aan de hand van de beschikbare olie- en gasboringen aangevuld met kaartmateriaal en literatuur.



Figuur 2.2 Dwarsdoorsnede over de projectlocatie

In figuur 2.2 is te zien dat de zuidrand van Hoofddorp nabij een breuksysteem ligt. Onder de zuidrand is daardoor een formatie niet aanwezig die ten noorden van de breuk wel aanwezig is. De doorsnede is gebaseerd op regionale geologische kaarten. De onzekerheid in de ligging van de breuk is hierdoor groot. In een vervolgfase is aan te raden de aanwezige seismische data te gebruiken voor een meer exacte locatiebepaling van de breuk en de dieptes en diktes van de lagen.

Aan de hand van de boorbeschrijving van SPL-01 is de stratigrafische kolom ten zuiden van de breuk gedetailleerd weergegeven in figuur 2.3. In tabel 2.1 zijn alleen de mogelijk geschikte lagen weergegeven. In de tabel is tevens de dikte en temperatuur per laag vermeld.



Figuur 2.3 Stratigrafische kolom onder Hoofddorp-Zuid.

Tabel 2.1 Mogelijk geschikte lagen

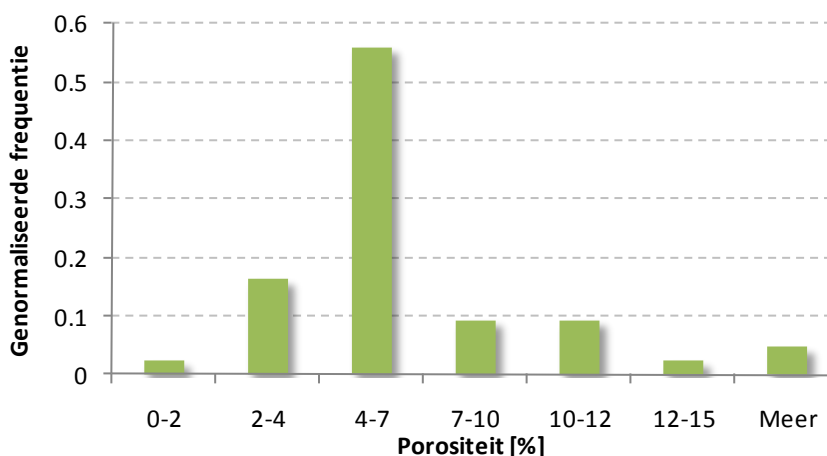
diepte [m-mv]	Groep	Sequentie	dikte [m]	temperatuur [°C]
750 - 800	Rijnland	Vlieland Zandsteen Formatie ⁽¹⁾	50	39
1735 - 1770	Onder-Germaanse Trias	Volpriehausen Zandsteen Laagpakket	35	49-79
1965 - 2150	Boven-Rotliegend	Slochteren Formatie	185	73-90

⁽¹⁾ Alleen aanwezig ten noorden van de breuk

2.3 Reservoireigenschappen

Vlieland Zandsteen Formatie

De dichtstbijzijnde put die informatie levert over de Rijnland Groep, op een afstand van ruim 20 km, is Q11-02. Deze put heeft kernmetingen beschikbaar van de Vlieland Zandsteen Formatie. Figuur 2.4 laat de verdeling van de porositeit zijn binnen deze kernmetingen. Hieruit blijkt dat de porositeiten vrij laag zijn.



Figuur 2.4 Verdeling porositeit kernmetingen Q11-02

Op basis van de kernmetingen kan een relatie bepaald worden tussen de porositeit en de permeabiliteit. Deze relatie kan het best worden weergegeven door

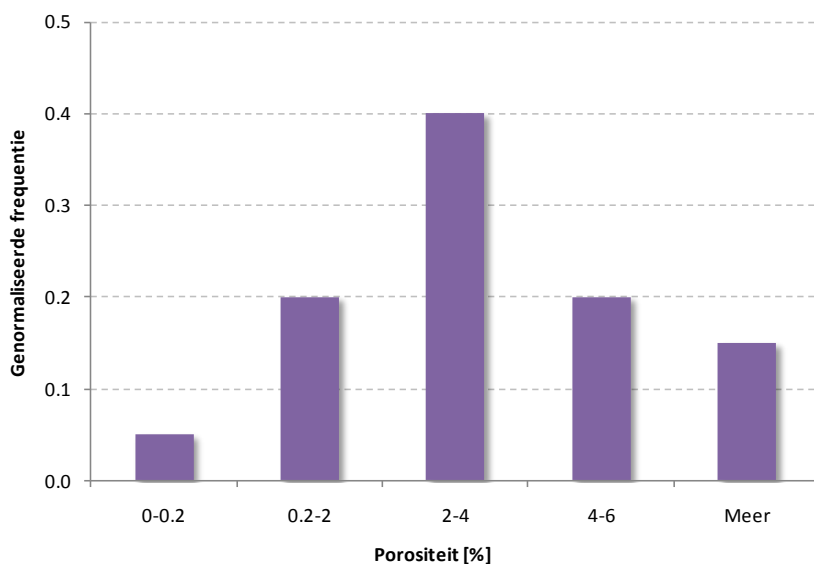
$$K [mD] = 0.7966 * e^{0.1696 * \phi [%]} \quad (3)$$

Op basis hiervan is in combinatie met de dikte de transmissiviteit bepaald. Deze wordt geschat op < 0,5 Dm. Deze transmissiviteit in combinatie met de dikte wordt onvoldoende geacht voor het gebruik van de formatie voor geothermie.

Volpriehausen Zandsteen Laagpakket

De dichtstbijzijnde put met informatie over het Volpriehausen Zandsteen Laagpakket is Q11-03. Deze put bevindt zich op een afstand ongeveer 21 km. Deze boring bevindt zich aan dezelfde kant van de breuk als het zuiden van Hoofddorp en heeft een vergelijkbare dikte van de Onder-Germaanse Trias Groep. Op basis hiervan wordt deze put representatief geacht voor de locatie. Q11-03 bevat kernmetingen van de Volpriehausen Zand-

steen. In figuur 2.5 is een verdeling van de porositeit weergegeven van de kernmetingen. Deze laat zien dat de porositeit laag is; gemiddeld rond de 2-4%.



Figuur 2.5 Verdeling porositeit kernmetingen Q11-03

De permeabiliteitsmetingen in de kern zijn dusdanig laag (<0.1 mD) dat het pakket, met een dikte van 35 m, een te lage transmissiviteit heeft om geschikt te zijn voor geothermie.

Slochteren Formatie

Aan de hand van de regionale studie naar de Slochteren Formatie worden hier de reservoir-eigenschappen van deze laag besproken.

Onder de projectlocatie ligt deze zandsteen op een diepte van 1.800 tot 2.200 m. Hierdoor varieert de temperatuur respectievelijk tussen de 66 en 77 °C. Door de mogelijke hogere gradiënt kan de temperatuur variëren tussen respectievelijk 81 en 96 °C. In deze studie wordt verder uitgegaan van een temperatuur van de Slochteren Formatie van 80 °C. Niet alleen de temperatuur maar ook de eigenschappen van de formatie bepalen de geschiktheid van een laag voor geothermie. In de regionale studie zijn via een petrofysische analyse van de aanwezige putten en een bekkenmodellering de reservoir-eigenschappen binnen het onderzoeksgebied bepaald. Dit gebied is aangegeven in figuur 1.1.

De gemiddelde permeabiliteit, op basis van de analyse in de regionale studie, heeft een waarde van 40 mD (p50). De dikte van het pakket onder Hoofddorp Zuid wordt op basis van de regionale kaarten geschat op 107 m. De transmissiviteit van de Slochteren Formatie komt hierdoor op 4,3 Dm.

In de regionale studie is tevens gekeken naar de mogelijkheden van het verbeteren van het reservoir. Dit kan o.a. bereikt worden door het toepassen van reservoirstimulatie. In de studie is gekeken naar de verbetering die bereikt kan worden door te fraccen. Bij deze techniek wordt onder hoge druk water of een andere vloeistof in het gesteente gepompt waardoor scheurtjes ontstaan in het gesteente. Deze scheurtjes hebben een hogere

doorlatendheid en zorgen voor een betere doorstroming van het water in het reservoir. In tabel 2.2 zijn de resultaten van het haalbare debiet weergegeven zonder en met reservoirstimulatie

Tabel 2.2 Het haalbare debiet onder Hoofddorp Zuid

	Debiet [m ³ /h]			
	zonder reservoirstimulatie		met reservoirstimulatie	
	COP ¹ 15	COP 20	COP 15	COP 20
p50	50	40	180	140
p90	20	15	75	55

Het haalbare vermogen is weergegeven in tabel 2.3. Hierbij is een retourtemperatuur van 40°C aangehouden.

Tabel 2.3 Het haalbare vermogen [MWt] onder Hoofddorp Zuid

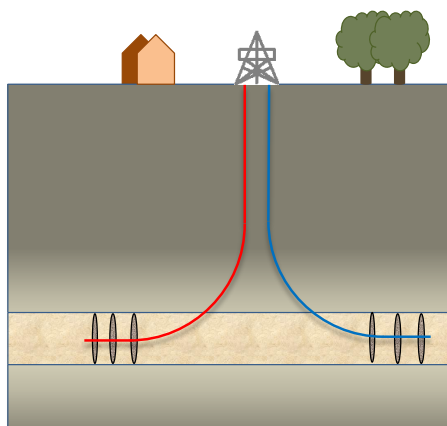
	zonder reservoirstimulatie		met reservoirstimulatie	
	COP 15	COP 20	COP 15	COP 20
	p50	2,3	1,9	8,4
p90	0,9	0,7	3,5	2,6

In de regionale studie niet gekeken naar alle mogelijkheden die beschikbaar zijn om het debiet en dus het vermogen te vergrootten. Deze zijn wel beschikbaar en het loont om in een vervolgstudie te kijken naar de optimale configuratie. De beschikbare mogelijkheden omvatten;

1. Het gebruik van andere reservoirstimulatie technieken;
In deze studie is alleen gekeken naar conventioneel fraccen. Mogelijk levert waterfraccen een hogere verbeteringsfactor van het debiet op.
2. Het gebruik van breuksystemen
Een breuksysteem bestaat uit een netwerk van grote en kleine breuken in het gesteente waar water makkelijker doorheen kan stromen. Dit levert veelal 2 tot 3 keer meer vermogen op. Volgens de regionale studie is onder Hoofddorp een breuksysteem aanwezig dat hiervoor potentie heeft. In een vervolgstudie dient de locatie en de oriëntatie van de breuken vastgesteld te worden.
3. Het gebruik van horizontale putten met reservoirstimulatie
Horizontale putten door een formatie zorgen voor een groter contactoppervlak tussen de putten en het reservoir. Hierdoor wordt de weerstand dichtbij de put vermindert en is een lagere pompkracht nodig om dezelfde hoeveelheid water te onttrekken als bij een verticale put. Door het creëren van meerdere fracs door de put wordt de weerstand van de formatie nog verder verlaagd. Zie figuur 2.6.

Het wordt aangeraden om in een vervolgfase de verschillende verbeteringsopties verder uit te werken.

¹ COP: Coefficient of performance, geeft de verhouding weer tussen de hoeveelheid geproduceerd vermogen t.o.v. het benodigde elektrische pompvermogen.



Figuur 2.6 Het principe van een horizontale put met multiple fracs.

2.4 Olie- en gasvoorkomens

In de omgeving van Hoofddorp zijn geen olie- of gasvelden aanwezig. Hoofddorp bevindt zich niet binnen een concessie gebied voor olie en/of gaswinning.

2.5 Waterkwaliteit

Het zoutgehalte van het water is bepaald met behulp van metingen beschikbaar van boringen in de omgeving. In de Slochteren Formatie is aan de hand van deze gegevens een zoutgehalte berekend van circa 140 g/L. Met dit zoutgehalte kan de dichtheid van het water op diepte berekend worden. Dit zoutgehalte is te laag om neerslag van NaCl te veroorzaken in een geothermisch systeem.