

Rapportage

Geothermie voor Den Haag

Januari 2005



Gemeente Den Haag



DWA
installatie- en energieadvies

Denken in doen



if
technology



ENECO
energie

Inhoudsopgave:

1	Gegevens project	3
1.1	Projectnummer	3
1.2	Projecttitel	3
1.3	Penvoerder en medeaanvragers	3
1.4	Verslagperiode	3
2	Inhoudelijk eindrapport	4
2.1	Samenvatting haalbaarheidsstudie Geothermie in Den Haag	4
2.1.1	Geothermie.	4
2.1.2	Haalbaarheidsstudie, varianten en analyse.	5
2.1.3	Conclusies.	7
2.1.4	Aanbevelingen.	8
2.2	Inleiding	9
2.2.1	Geothermie algemeen.	9
2.2.2	Geothermie en de stadsverwarming in de Gemeente Den Haag	10
2.2.3	Geothermie voor warmtenetten en het energiebeleid.	10
2.3	Doelstelling	11
2.4	Werkwijze	11
2.5	Resultaten	12
2.5.1	Technische afbakening	12
2.5.2	Financiële aspecten	18
2.5.3	Consortium	18
2.6	Discussie	19
2.6.1	De uitgangspunten.	19
2.6.2	De discussiepunten.	19
2.7	Conclusies en aanbevelingen	20
2.7.1	Conclusies.	20
2.7.2	Aanbevelingen.	21
3	De realisatie van de doelstelling	22

Colofon

De haalbaarheidsstudie naar de toepassingsmogelijkheden van Geothermie voor Den Haag is uitgevoerd in de tweede helft van 2004 door een samenwerkingsverband van de Gemeente Den Haag, IF Technology, DWA, TNO/NITG, Eneco, E.on en de Stichting Platform Geothermie

De studie is mede mogelijk gemaakt door ondersteuning van het BSE programma OTC (Ondersteuning TransitieCoalities), dat door SenterNovem wordt uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Economische Zaken. Penvoerder van de studie is het Platform Geothermie.

Het bureau van de Stichting Platform Geothermie is ondergebracht bij Van Heekeren & Frima Consultants te Den Haag; de contactpersonen zijn Wieske Paulissen, Janneke van Berlo en Victor van Heekeren.

Voor nadere inlichtingen kan contact opgenomen worden met:



Platform Geothermie
Jan van Nassastraat 81
Telefoon 070-3244043
2596 BR Den Haag
info@geothermie.nl

1 Gegevens project

1.1 Projectnummer

Projectnummer: 5005-03-20-01-032

1.2 Projecttitel

Projecttitel: Integratie Geothermie in Warmtenetten

1.3 Penvoerder en medeaanvragers

Stichting Platform Geothermie

Gemeente Den Haag

IF Technology

DWA

TNO/NITG

Buiten deze vijf formele aanvragers hebben ook Eneco en E.on meegewerkt aan de studie.

1.4 Verslagperiode

1 juni 2004 – 15 februari 2005

2 Inhoudelijk eindrapport

2.1 Samenvatting haalbaarheidsstudie Geothermie in Den Haag

2.1.1 Geothermie.

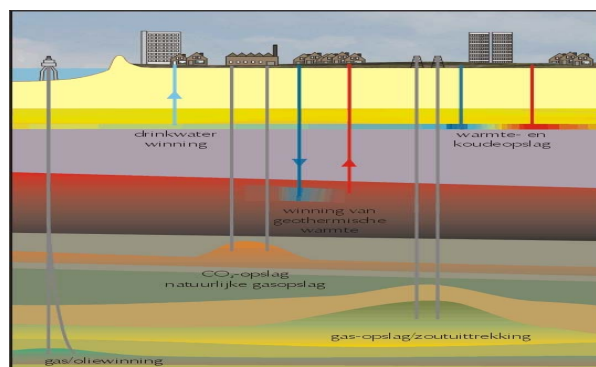
Onder geothermie wordt in dit kader verstaan het gebruiken van de warmte uit diepere aardlagen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het warme water dat ligt opgeslagen in watervoerende zandpakketten (aquifers).

Geothermie in een nutshell.

Voor Nederland is een interessant potentieel gelegen in de warme watervoerende lagen op een diepte van 500 meter tot 4 kilometer. Dit zijn tevens de diepten, waar olie en gas wordt gewonnen. Het veelal zouthoudende water - met een temperatuur van 50 tot 120 graden - wordt met een productieput opgepompt. Na warmtewisseling wordt het afgekoelde water middels een injectie-put (vanuit het zelfde punt op het maaiveld) teruggevoerd; dit houdt de druk in het reservoir op peil. Het geheel van reservoir met twee putten wordt een doublet genoemd. De volume stroom bedraagt circa 100 tot 250 kubieke meter per uur. De capaciteit varieert ruwweg van 3 tot 14 MWth. De technische levensduur van een geothermische put bedraagt 30 tot 100 jaar. Bij beëindiging van winning treedt na verloop van tijd weer regeneratie van de bron op. In Duitsland, Denemarken en Frankrijk zijn er enige tientallen installaties, die aardwarmte produceren uit aardlagen, die met Nederland vergelijkbaar zijn.

De belangrijkste reden voor toepassing van geothermie is, dat het een duurzame bron van energie is. De emissies van CO₂ zijn verwaarloosbaar. Maar ook andere vormen van milieubelasting zijn minimaal of ontbreken geheel. Een geothermisch doublet vergt weinig plaats en veroorzaakt na de realisatie ook geen hinder of overlast voor de omgeving. Er is geen afval, geen geluidshinder of andere emissies. Vele andere vormen van hernieuwbare energie kennen variaties in het aanbod door externe factoren (licht, wind, seizoen etc.). Een geothermische bron is daarentegen het gehele jaar door dag en nacht beschikbaar, want onafhankelijk van klimaat en weergesteldheid. Een geothermische bron is ook goed regelbaar.

Bestaande warmtedistributienetten – stadsverwarmingsnetten – worden als een interessant toepassingsgebied voor geothermie gezien. Het voordeel ten opzichte van nieuwe bouwlocaties is de aanwezigheid van een bestaande, substantiële warmtevraag in combinatie met relatief lage aansluitingskosten. Zowel de vraag naar warmte als de infrastructuur voor distributie is immers al aanwezig.



Qua landelijk energiebeleid past geothermie bij de transitiepaden *Modernisering EnergieKetens* en *Nieuw Gas*.

2.1.2 Haalbaarheidstudie, varianten en analyse.

Tegen deze achtergrond hebben de Gemeente Den Haag, IF Technology, DWA, TNO/NITG en het Platform Geothermie het initiatief genomen om een haalbaarheidstudie te starten naar toepassing van aardwarmte voor de stadsverwarming in Den Haag. Kort na de start van de studie zijn Eneco, de beheerder van het distributienet, en E.on, de operator van de gasturbine en warmteleverancier voor de bestaande stadsverwarming, tot de initiatiefgroep toegetreden.

Als uitgangspunt voor het onderzoek is - in eerste instantie - gekeken naar de mogelijkheden van de directe opwarming van het retourwater van de bestaande stadsverwarming (**variant 0**). Deze bestaande stadsverwarming heeft een temperatuurtraject van 110 °C (aanvoer) tot 70 °C (retourtemperatuur).

Omdat de retourtemperatuur van de bestaande stadsverwarming zich rond de 70°C beweegt zal het formatiewater uitgekoeld kunnen worden tot circa 75 °C. Al vrij snel is geconcludeerd, dat verdere uitkoeling van het water zinnig lijkt, omdat het geothermische retourwater nog een voldoende hoog temperatuurniveau heeft voor verwarming van een nieuwbouwwijk. In een nieuwbouwwijk kan een warmtenet worden aangelegd met een temperatuurcurve van 70 °C tot circa 40 °C. De huizen zijn in deze variant uitgevoerd met LTV (lage temperatuur verwarming) systemen, **variant 1**).

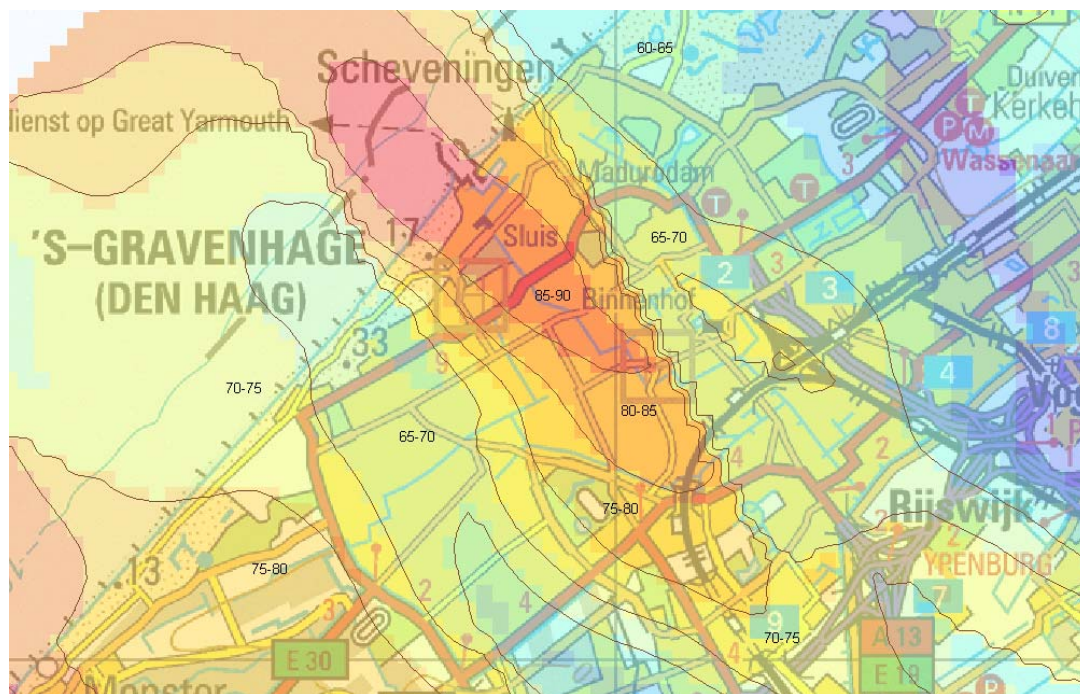
Eventueel is verdere uitkoeling van het formatiewater tot circa 30 °C nog mogelijk als dit gebruikt wordt als voeding van een hoge temperatuur warmtepomp. Wanneer de directe levering dan niet in staat is om voldoende warmte te leveren, schakelt de HT-warmtepomp bij. Het retourwater van het warmtenet van variant 1 wordt hiermee opgewarmd tot 70 °C (**variant 2**).

Tot slot is gekeken naar de optie om de resterende warmte uit het geothermiewater als laatste stap te gebruiken als warmtebron voor een tweede groep woningen met een individuele warmtepomp. Deze laag temperatuur warmte wordt in andere woningen benut, dan de warmte uit de directe levering en HT-warmtepomp. Om de warmte van de geothermie bron in de zomerperiode gedurende een groter aantal uren te kunnen gebruiken, kan gebruik worden gemaakt van seizoensopslag in een aquifer. Deze warmte wordt in de winter weer teruggewonnen.

Een uitkoeling tot circa 20°C is met deze laatste optie (**variant 3**) maximaal haalbaar. In totaal zijn aldus vier alternatieven onderzocht, die overigens niet noodzakelijkerwijs altijd gezamenlijk toegepast hoeven te worden.

Een tweede invalshoek was de locatie. Tegen de achtergrond van de ligging van de bestaande stadsverwarming en de te verwachten nieuwbouwlocaties in Den Haag is een tweetal locaties geselecteerd met substantiële (toekomstige) warmtevraag: Den Haag Centrum/Binkhorst en ZuidWest. De locaties verschillen met name in het temperatuurniveau van de warmtevraag. In Den Haag Centrum is verreweg de grootste vraag op het temperatuurniveau van > 110°C (de bestaande stadsverwarming). Dit pleit voor het aanboren van een diepere, want warmere aardlaag (de temperatuur neemt circa 3 °C per 100 meter toe). In Den Haag ZuidWest is tamelijk veel (ver)nieuwbouw te verwachten met navenant meer warmtevraag op lagere temperatuur van 70°C (of minder). Hier kan daarom eventueel ook een ondiepere laag aangeboord worden.

Voor het onderzoek naar geothermische warmte voor Den Haag is door TNO/NITG naar de twee voor aardwarmte meest relevante afzettingen (zandpakketten) gekeken. De diepste is de zogemaande Onder-Germaanse Trias Groep op circa 3000 tot 3500 meter onder het maaiveld met een temperatuurniveau van circa 115 °C. Daarboven liggen de zanden van het Rijswijk Laagpakket op circa 2000 meter diepte met een temperatuur van circa 75 °C.



Bij dit onderzoek bleek over de diepere Onder-Germaanse Trias Groep minder bekend, dan over het Rijswijk Laagpakket. Wel bekend is, dat de transmissiviteit van de zandpakketten (dit is het product van de laagdikte en de permeabiliteit = doorlatendheid) van de Onder-Germaanse Trias Groep naar het noorden toe afneemt. De mate van transmissiviteit is cruciaal voor de productiecapaciteit van de geothermische bron (en daarmee voor de thermische capaciteit). Aangezien de weinige aangetroffen waarden voor de transmissiviteit van de Onder-Germaanse Trias Groep zanden aan de zuidkant van Den Haag ook nog tamelijk laag waren, is geconcludeerd, dat de risico's van de Onder-Germaanse Trias Groep – zeker voor een eerste geothermisch project – te hoog waren. De scan naar de overeenkomstige eigenschappen van het Rijswijk Laagpakket geeft een positiever beeld. Op tamelijk veel plaatsen is voldoende laagdikte en alleszins acceptable permeabiliteit te verwachten. De geologische situatie pleit derhalve voor een gebruik van de zanden van het Rijswijk Laagpakket en de bovengrondse situatie pleit dan voor Den Haag ZuidWest. *Dit impliceert wel, dat Variant 0 – de stadsverwarming - alleen met behulp van additionele investeringen in hoge temperatuur warmtepompen gerealiseerd kan worden.* Op basis van de geologische informatie zijn door IF Technology diverse bronontwerpen gemaakt met bijbehorende kostenschattingen. *Vooralsnog* is gekozen voor een dimensionering op basis van een debiet van 110 m³ per uur bij een put-diameter van 5,5 inch (op het diepste = smalste punt). Een hoger debiet van circa 150 m³ per uur bij een diameter van 7 inch is tegen relatief bescheiden meerkosten haalbaar (bij voldoende warmtevraag). Qua locatie is gekozen voor een doublet nabij de piekketel van Eneco bij de Escamplaan (in Den Haag ZuidWest). De kosten voor de ondergrondse installaties, zijnde twee putten inclusief pompen, verbindend leidingwerk, onvoorzien, advieskosten, etc.

bedragen circa 5 miljoen euro. De technische levensduur wordt geschat op ten minste 30 jaar.

Op basis van de genoemde uitgangspunten zijn vervolgens de totale investeringen – inclusief distributienet voor de warmte – berekend. Hierbij is uitgegaan van 6.000 huizen, waarbij de aardwarmtebron de basislast dekt en de resterende warmtevraag geleverd wordt door een bioketel. Schattingen zijn gemaakt van het resterend gebruik van energie (in aardgasequivalenten), kosten van onderhoud, rente en afschrijving. Op basis hiervan heeft DWA de jaarkosten per woning doorgerekend en vergeleken met de twee gekozen referenties (een individuele HR ketel en een individuele warmtepomp).

Overzichtstabel financiële analyse

Referentie en variant	ketel	Individuele WP	Variant 1	Variant 2	Variant 3
Kosten totaal			47.420.248	48.121.623	57.847.873
Investering per woning	2.500	11.151	7.903	8.020	8.384
kWh gebruik per woning	50	2.645	453	667	924
m ³ aardgasequivalent per woning per jaar	853	-	471	373	324
Energiekosten per woning	535 ¹	317	211	188	204
Onderhoudskosten per woning	50	147	49	53	64
Afschrijving en rente per woning	225	821	506	513	564
Totale jaarkosten per woning	810	1.285	766	755	833
CO₂ emissie per woning (kg/jaar)	1.528	979	167	247²	342²

¹ inclusief vast recht

² Oplopende CO₂ emissie in variant 2 en 3 als gevolg van systeemkeuze. Een warmtepomp (met geringe CO₂ emissie) vervangt in dit model een bioketel (nul emissie) als aanvullende warmtebron. Bij een gasketel als referentie nemen CO₂ emissies af.

2.1.3 Conclusies.

Ondanks de beperkingen in tijd en omvang van de oriënterende studie, zijn de deelnemers van mening, dat een helder en genuanceerd beeld is ontstaan over de toepasbaarheid van aardwarmte en de mogelijke bijdrage van geothermie aan de energievoorziening van Den Haag. De qua technische en economische haalbaarheid meest aangewezen optie betreft de directe warmtelevering (via een warmtewisselaar) van een (ver)nieuwbouwwijk in Den Haag ZuidWest, in combinatie met een hoge temperatuur warmtepomp (Variant 2 in het onderzoek). Aan deze variant wordt in eerste instantie de voorkeur gegeven – boven de variant, die als uitgangspunt voor de studie gold (directe levering aan de bestaande stadsverwarming). Deze voorkeur heeft geen algemene geldingskracht, aangezien deze preferentie uitsluitend wordt ingegeven door zeer locatie-specifieke geologische gegevens. Het risico van een (te) lage productie van de geothermische bron op deze diepte (uit dit zandpakket) is te hoog.

De gekozen voorkeursvariant leidt tot de laagste *jaarkosten* per woning in vergelijking tot de twee referenties (HR ketel en individuele warmtepomp per woning). De *investeringskosten* per woning zijn aanmerkelijk hoger dan de referentie individuele HR ketel. Bij de gehanteerde gasprijzen (2004) en zonder subsidie op investeringen en/of CO₂ bijdrage voor duurzame productie van warmte is er een (te) lange terugverdientijd (onrendabele top). De investeringskosten van Variant 2 zijn lager dan de referentie individuele warmtepomp.

Het systeem levert een substantiële bijdrage aan de totale warmtelevering (57%) en een vermeden CO₂ emissie van circa 7.700 ton per jaar. De aanleg van een geothermiedoublet biedt daarnaast mogelijk een optie tot het oplossen van CO₂ in het retourwater, waarmee het CO₂ effect substantieel verhoogd kan worden.

Qua risico's zij opgemerkt, dat het boren van putten op deze diepte 'proven technology' is. Er zijn circa 3.000 diepere putten geboord in de Nederlandse bodem en het geologische risico betreft met name de eerder genoemde transmissiviteit van het specifieke zandpakket. De quick scan naar de geologische condities geeft relatief gunstige uitkomsten voor de bruikbaarheid van de Rijswijk Laagpakket (dikte, permeabiliteit, continuïteit). Maar in een vervolgfase dient dit risico met behulp van een reservoirmodel en simulatie nauwkeuriger in kaart gebracht te worden¹.

Voor een realistische slaagkans is het een randvoorwaarde, dat er commitment komt onder de stakeholders om een aardwarmteproject te implementeren als in de vervolgfase blijkt, dat aan de technische conclusies van deze studie wordt voldaan bij een economisch patroon, dat overeenkomt met vergelijkbare duurzame energie-opties.

Daarnaast is het een randvoorwaarde, dat de stakeholders in de bouw gezamenlijk met de gemeente, de temperatuur van de retourwarmte van (ver)nieuwbouwprojecten verlagen met behulp van LTV systemen. Bij de uitgifte van grond of concessie zou de gemeente eisen dienen te stellen, die de toepassing van duurzame energie systemen borgen. De volgende stap in het proces betreft de voorbereiding van de implementatie van het geothermieproject, het traject tot een beslissingsrijp investeringsvoorstel met inbegrip van het verkrijgen van meer geologische zekerheden, offertes van aanbieders, vergunningen en subsidies. De kosten van dit traject worden geraamd op circa 250.000 euro. Een aanzienlijk deel hiervan (circa 50%) heeft betrekking op de kostbare, maar essentiële inspanningen op het terrein van het vervaardigen van een reservoirmodel en simulatie. De resterende kosten worden gemaakt bij de uitwerking van de benodigde installaties, de vergunningsaanvragen en de kosten van opstellen van het investeringsplan. De doorlooptijd bedraagt naar verwachting één tot anderhalf jaar.

2.1.4 Aanbevelingen.

- a) Het is wenselijk om de resultaten van deze studie middels een doelgerichte workshop onder de aandacht te brengen van de relevante actoren, die betrokken zijn bij de grootschalige (ver)nieuwbouw projecten in Den Haag.
- b) Bij positieve respons verdient het aanbeveling om de optie aardwarmte voor Den Haag verder uit te werken in samenspraak met deze stakeholders voor de realisatie van (ver)nieuwbouw in den Haag.
- c) Bij de uitwerking zou een aantal aspecten opnieuw aandacht verdienen c.q. onderwerp kunnen zijn van een nadere optimalisatieslag. Dit zijn in het technische vlak onder meer het in kaart brengen van de waarschijnlijkheid van de productiecapaciteit van de bron, de optimalisatie van de diameter/capaciteit van de geothermische installatie versus het aantal vollaasturen en de verdere analyse van de haalbaarheid/wenselijkheid van het oplossen van CO₂ in het geothermisch water. In het economische vlak dient het inzicht verscherpt te worden in de omvang en effecten op de netto contante waarde van de investering op grond van te verkrijgen subsidies, effecten van energieprijsscenario's en effecten van heffingen c.q. bijdragen als gevolg van (vermeden) CO₂.

¹ De olie-industrie past veelal een diagram toe, waarin de productiviteit van de put is uitgezet tegen de waarschijnlijkheid, dat deze productiviteit gerealiseerd gaat worden gedurende een langere periode.

2.2 Inleiding

2.2.1 Geothermie algemeen.

Onder geothermie wordt in dit kader verstaan het gebruiken van de warmte uit diepere aardlagen om huizen, kantoren of kassen te verwarmen. Deze watervoerende lagen zijn in grote gebieden in de ondergrond van Nederland aanwezig.

Op 1 tot 4 kilometer diepte hebben deze watervoerende lagen een temperatuur van 50 tot 120 °C. De winning van aardwarmte vraagt grote hoeveelheden warm water. Voor een rendabele aardwarmte installatie is het daarom noodzakelijk dat de watervoerende lagen ook voldoende doorstroming hebben om daaruit de benodigde hoeveelheid formatiewater te kunnen produceren.

De dieptes, waarop warm water gevonden kan worden, komen overeen met de dieptes waarop olie en aardgas gewonnen worden. De technieken, die nodig zijn om dit warme water aan het oppervlak te krijgen, zijn op zich bekend. Omdat het formatiewater veel zout bevat kan het niet op het oppervlakte water worden geloosd, het afgekoelde water wordt daarom terug de bodem in geïnjecteerd. Dit houdt tevens het reservoir op druk en vermijdt de risico's van bodemdaling. Het geheel van een productieput en een retourleiding heet een geothermisch doublet.

Een geothermisch doublet wordt in het algemeen zo ontworpen, dat de technische levensduur dertig tot honderd jaar bedraagt. Dit wordt meestal bereikt, door vanaf één punt op het maaiveld één van de twee putten - of beide - gedeveerd (schuin) te boren, zodat er een aanzienlijke afstand – ondergronds – is tussen injectiepoint en onttrekkingspunt. Dit voorkomt 'kortsluiting' en maakt, dat het koude front van geïnjecteerd water pas na tientallen jaren de productieput bereikt. Daarna neemt het rendement van het doublet langzaam af.

Het eigenaardige is eigenlijk, dat geothermie in Nederland nog helemaal niet wordt toegepast. In ons omringende landen zoals Duitsland, Denemarken en Frankrijk wordt op tal van plaatsen aardwarmte gewonnen. Bovendien zijn de geologische condities van de Nederlandse ondergrond goed vergelijkbaar met bijvoorbeeld Duitsland. Onderzoeken hebben dan ook uitgewezen dat aardwarmtewinning in Nederland geologisch en technisch gezien grote kansen heeft.

De belangrijkste reden voor toepassing van geothermie is, dat het een duurzame bron van energie is. Geothermie spaart milieu en klimaat. De emissies van CO₂ (als gevolg van het gebruik van elektriciteit voor het pompen van het water) zijn verwaarloosbaar. Maar ook andere vormen van milieubelasting zijn minimaal of ontbreken geheel. Een geothermisch doublet vergt na realisatie weinig plaats en veroorzaakt daardoor ook geen hinder of overlast voor de omgeving. Er is geen afval, geen geluidshinder of andere emissies.

Een tweede belangrijk argument is de regelbaarheid en beschikbaarheid. Vele andere vormen van hernieuwbare energie kennen variaties in het aanbod door externe factoren. Het fluctuerende aanbod van wind, licht, water en seizoensfluctuaties – zoals in het aanbod van sommige vormen van groene biomassa – vereist opslag van energie of reservecapaciteit, die meestal op fossiele brandstoffen gebaseerd zal zijn. Opslag en/of reservecapaciteit voor opwekking is uiteraard kostenverhogend.

Een geothermische bron is daarentegen het gehele jaar door dag en nacht beschikbaar, want onafhankelijk van klimaat en weergesteldheid. Een geothermische bron is ook goed regelbaar. Terugregelen of uitzetten van de pomp volstaat. Opslag is niet nodig; het water zit er al miljoenen jaren. Ook een geothermische bron vergt onderhoud, maar de beschikbaarheid in uren per jaar ligt hoog en wordt in het algemeen niet als probleem ervaren. Het onderhoud is goed te plannen.

Door deze karakteristieken, de onafhankelijkheid en de regelbaarheid, is geothermie ook bijzonder geschikt als *component* voor energiesystemen, waarbij verscheidene vormen van duurzame energie en/of fossiele brandstoffen worden gecombineerd.

2.2.2 Geothermie en de stadsverwarming in de Gemeente Den Haag

Bestaande warmtedistributienetten – stadsverwarmingsnetten – worden als een interessant toepassingsgebied voor geothermie gezien. Het voordeel ten opzichte van nieuwe bouwlocaties is de aanwezigheid van een bestaande, substantiële warmtevraag in combinatie met relatief lage aansluitingskosten. Zowel de vraag naar warmte als de infrastructuur voor distributie is immers al aanwezig. Er zijn daarnaast ook beperkingen. Zo is de ingangstemperatuur van een stadsverwarmingsnet meestal veel hoger, dan noodzakelijk voor het verwarmen van woningen. Dit heeft tot gevolg, dat alleen de diepere aquifers in aanmerking komen als warmtebron (de temperatuur stijgt gemiddeld drie graad Celsius per honderd meter). Bovendien ligt de bovengrondse locatie vast, zodat het aantal vrijheidsgraden voor het vinden van een geschikte aquifer daardoor beperkt wordt.

In Den Haag ligt een uitgebreid stadsverwarmingsnet, dat deels gevoed wordt met restwarmte van een gasturbine en voor het resterende deel met hulpketels op een aantal locaties in Den Haag. Daarnaast speelt het aspect, dat er op diverse plaatsen in de gemeente grootschalige (ver)nieuwbouwprojecten gepland zijn. Het beleid van de gemeente Den Haag is gericht op vergroening van de energievoorziening met als lange termijn einddoel (2050) een CO₂-neutrale stad.

Tegen deze achtergrond hebben de Gemeente Den Haag, IF Technology, DWA, TNO/NITG en het Platform Geothermie het initiatief genomen om een haalbaarheidstudie te starten naar toepassing van aardwarmte voor de stadsverwarming in Den Haag. Kort na de start van de studie zijn Eneco, de beheerder van het distributienet, en E.on tot de werkgroep toegetreden.

2.2.3 Geothermie voor warmtenetten en het energiebeleid.

Circa 80% van de energievraag in Nederland wordt gevormd door warmtevraag. Veelal wordt hierin voorzien door inzet van hoogwaardig aardgas. Een optie, die zich in toenemende belangstelling kan verheugen is de decentrale integratie van hernieuwbare warmtebronnen met afvalwarmte (industrie, elektriciteitsopwekking) en/of warmte gegenereerd met fossiele brandstoffen. Toepassing van geothermie *in warmtenetten* past als zodanig in het Energie Transitie-pad Modernisering EnergieKetens (MEK), onderdeel Warmtetransitie.

Daarnaast past geothermie als warmtebron voor woningen, kantoren of tuinbouwkassen ook in het Transitiepad *nieuw gas*. Immers het merendeel van de warmtevraag in deze toepassingen ligt op een relatief bescheiden temperatuurniveau (30 tot 70 °C). Toch wordt in deze warmtevraag voor een zeer groot deel voorzien met behulp van aardgas -

op een onnodig hoog temperatuurniveau. Vanuit exergie overwegingen (geen hoogwaardige warmtebron voor laagwaardige warmte) is dit zeer ongewenst. Toepassing van aardwarmte voor energielevering in deze temperatuur ranges ligt daarentegen voor de hand en past daarom binnen de transitie *nieuw gas*.

2.3 Doelstelling

Het doel van het project is de voorbereiding van een transitie-experiment behorend bij het Transitie-pad Modernisering EnergieKetens (MEK), onderdeel Warmtetransitie. Het onderwerp van de haalbaarheidsstudie is de integratie van geothermische warmte in het Haagsche warmtedistributienet, dat met restwarmte gevoed wordt. Subdoelstellingen zijn:

- Het nader definiëren en afbakenen van het experiment qua omvang, planning en uitvoering;
- Het vormen van een consortium, waarin de key stakeholders deelnemen en het definiëren van rollen en taken van deelnemers;
- Het in kaart brengen van de financiële en technische randvoorwaarden van de uitvoering van een geothermisch project.

De achterliggende doelstelling is een aanzet te geven tot een veranderingsproces, dat kan leiden tot een substantiële verbetering op het terrein van de energievoorziening door gebruik te maken van een duurzame energie-optie, die in Nederland – in tegenstelling tot ons omringende landen – nog niet van de grond is gekomen.

2.4 Werkwijze

De werkzaamheden betreffen de voorbereiding van een transitie experiment en zijn in een relatief korte periode van 8,5 maand uitgevoerd.

In grote lijnen ging het hierbij om de volgende activiteiten

1. Het project is gestart met de technische afbakening van de omvang, mogelijke locaties voor afzet van de aardwarmte, gewenste temperatuurgradiënt en andere factoren, die relevant zijn voor de energieprestatie van het geothermische doublet. Vervolgens is een quick scan uitgevoerd naar de beste locatie(s) als combinatie van bovengrondse vraag en geologische condities. Dit aspect heeft de meeste tijd en aandacht gevergd in het haalbaarheidsonderzoek.
De taakverdeling was hierbij als volgt. De Gemeente Den Haag heeft aangegeven waar op middellange termijn nieuwbouwlocaties en daarmee nieuwe warmtevraag te verwachten zijn. Eneco en E.on hebben de relevante informatie van het SV net aangeleverd en Eneco heeft daarnaast de bestaande warmtevraag van enige (clusters van) grote gebouwen verzameld. TNO/NITG heeft een beeld geschetst van de globaal te verwachten geologische condities in de regio Den Haag en warmtekaarten geproduceerd. IF technology heeft op basis van deze informatie een beeld gevormd van de geohydrologie en het daaruit voortvloeiend globaal ontwerp en te verwachten kosten van de ondergrondse installaties. DWA heeft een systeemconcept opgesteld, bestaande uit vier varianten voor de bovengrondse installaties en de globale kosten hiervan berekend.
2. De tweede taak was de identificatie van key stakeholders en het verkrijgen van draagvlak voor de uitvoering van een geothermieproject. De studie is gestart met een tamelijk groot aantal partners (zie 1.3). Vanaf het begin heeft ook Eneco in het

onderzoek geparticipeerd en vanaf medio augustus ook E.on, de operator van de gasturbine, die een groot deel van de warmte levert voor het Eneco stadsverwarmingsnet.

- De derde activiteit betrof de opzet van het financiële en economische kader. Op basis van de technische opties, voortvloeiend uit 1) zijn ruwe begrotingen opgesteld voor de kosten van ondergrondse (IF) en bovengrondse (DWA) installaties. Op basis hiervan en de gehanteerde uitgangspunten van warmtelevering (TNO/NITG) en warmtevraag (Den Haag, Eneco, E.on) is vervolgens een oordeel gevormd over de rentabiliteit en de noodzakelijke technische en financiële randvoorwaarden voor uitvoering van het project.

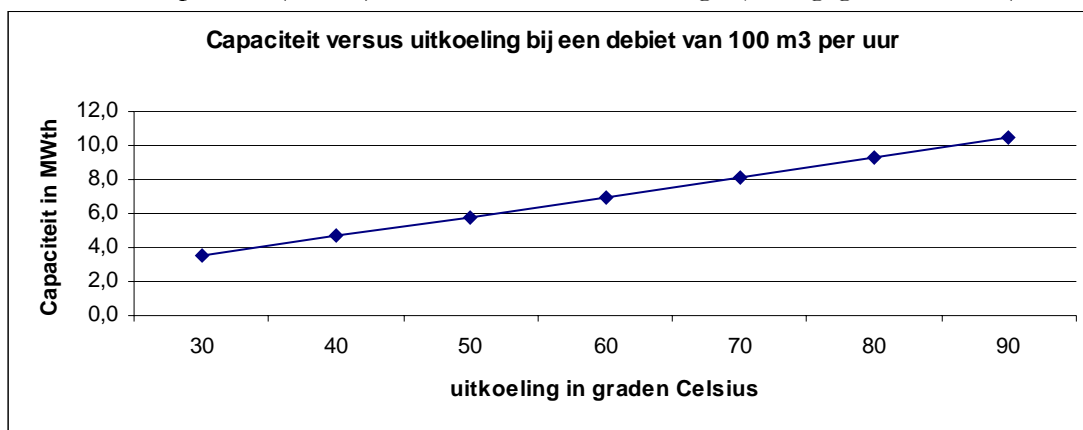
2.5 Resultaten

2.5.1 Technische afbakening

Als uitgangspunt voor het onderzoek is - in eerste instantie - gekeken naar de mogelijkheden van de directe opwarming van het retourwater van de bestaande stadsverwarming (**variant 0**). Deze bestaande stadsverwarming heeft een temperatuurtraject van 110 °C (aanvoer) tot 70 °C (retourwater)..

Omdat de retourtemperatuur van de bestaande stadsverwarming zich rond de 70 °C beweegt kan het formatiewater op zijn best uitgekoeld kunnen worden tot circa 75 °C. Al vrij snel is geconcludeerd, dat verdere uitkoeling van het water zinnig lijkt, omdat het geothermische retourwater nog een voldoende hoog temperatuurniveau heeft voor verwarming van een nieuwbouwwijk.

Grafiek van capaciteit (MWth) versus mate van uitkoeling bij een gegeven debiet (100m³)



In een nieuwbouwwijk kan een warmtenet worden aangelegd met een temperatuurcurve van 70 °C tot circa 40 °C. De huizen zijn in deze variant uitgevoerd met LTV systemen, **variant 1**).

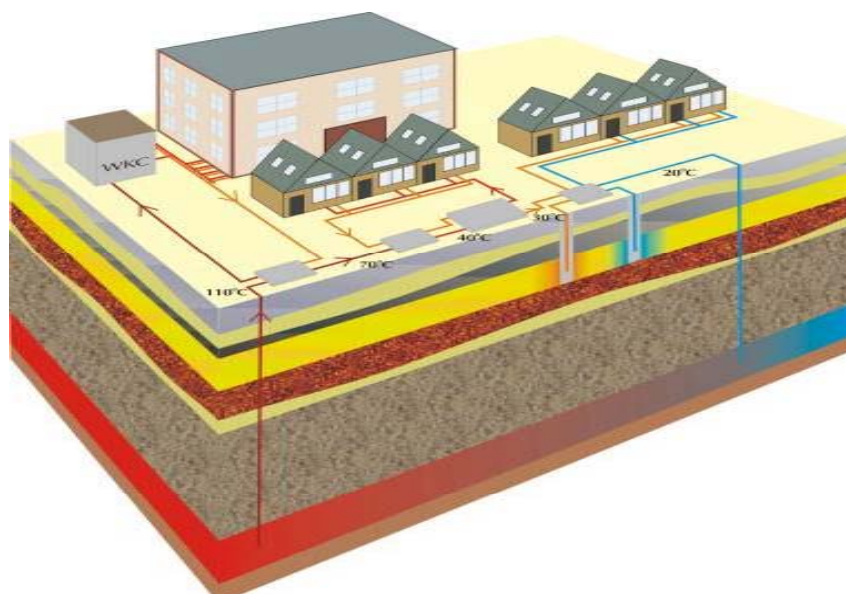
Eventueel is verdere uitkoeling van het formatiewater tot circa 30 °C nog mogelijk als dit gebruikt wordt als voeding van een hoge temperatuur warmtepomp. Wanneer de directe levering dan niet in staat is om voldoende warmte te leveren, schakelt de HT-warmtepomp bij. Het retourwater van het warmtenet van variant 1 wordt hiermee opgewarmd tot 70 °C (**variant 2**).

Tot slot is gekeken naar de optie om de resterende warmte uit het geothermiewater als laatste stap te gebruiken als warmtebron voor een tweede groep woningen met een individuele warmtepomp. Om de warmte in de zomerperiode te kunnen gebruiken, kan gebruik worden gemaakt van seizoensopslag in een aquifer. Deze laag temperatuur warmte wordt in andere woningen benut, dan de warmte uit de directe levering en HT-warmtepomp.

Een uitkoeling tot circa 20 °C is met deze laatste optie (**variant 3**) maximaal haalbaar. In totaal zijn aldus vier varianten onderzocht, die overigens niet noodzakelijkerwijs altijd gezamenlijk toegepast hoeven te worden.

Technische of economische redenen kunnen afdwingen, dat er keuzes gemaakt worden. De modulaire opbouw was echter noodzakelijk om de verschillende opties te kunnen doorrekenen. De mate van uitkoeling van het formatiewater is hierbij cruciaal voor de rentabiliteit van een geothermisch doublet. De thermische capaciteit van een bron neemt recht evenredig toe met de mate van uitkoeling (zie figuur, pagina 12).

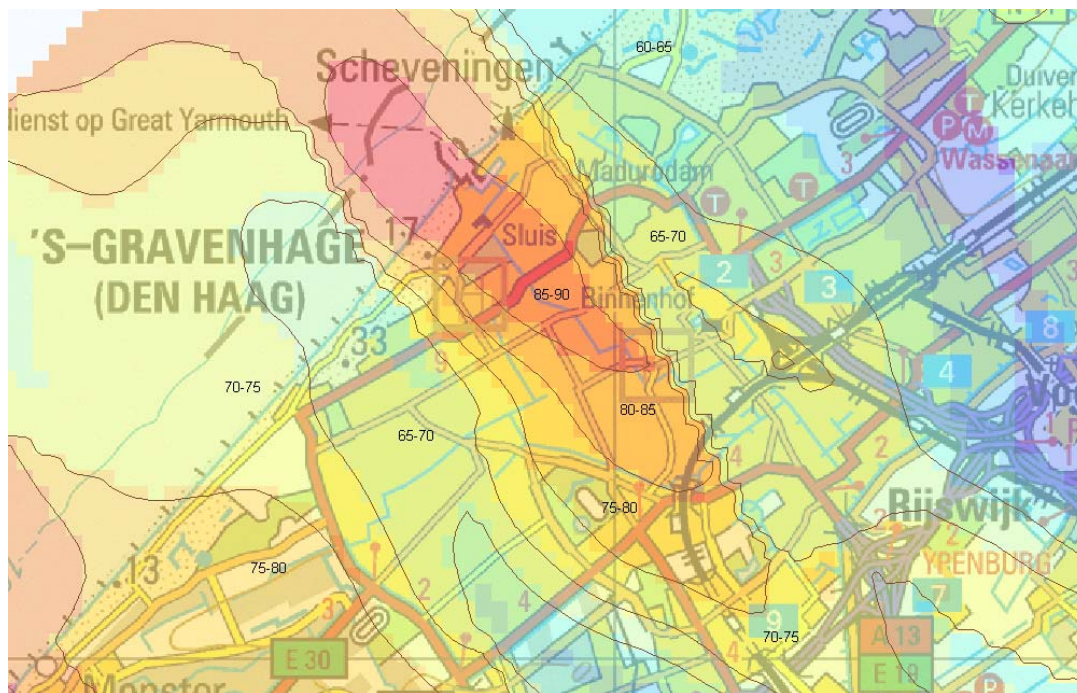
Schematische wwegave van opties voor uitkoeling (variant 0 t/m 3).



Een tweede invalshoek was de locatie. Tegen de achtergrond van de ligging van de stadsverwarming en de te verwachten nieuwbouwlocaties in Den Haag is een tweetal locaties geselecteerd met substantiële (toekomstige) warmtevrage: Den Haag Centrum/Binkhorst en ZuidWest. De locaties verschillen onder meer qua temperatuurniveau van de warmtevrage. In het Centrum is verreweg de grootste vraag op het temperatuurniveau van > 110°C (de stadsverwarming). In ZuidWest is tamelijk veel (ver)nieuwbouw te verwachten met navenant meer warmtevrage op lagere temperatuur van 70 °C (of minder).

Bij de scan naar geothermisch relevante formaties is het gewenste temperatuurniveau zeer belangrijk, zo niet doorslaggevend. Voor toepassing in de stadsverwarming verdient het de voorkeur om uit te gaan van > 110 °C, voor nieuwbouwwijken voldoet een niveau van >70 °C. Voor het onderzoek naar geothermische warmte voor Den Haag is door TNO/NITG naar de twee voor aardwarmte meest relevante afzettingen (zandpakketten) gekeken. De diepste is de zogenaamde Onder-Germaanse Trias Groep op circa 3500 meter onder het maaiveld met een temperatuurniveau van 110 – 120 °C. Minder diep zijn de zanden van het Rijswijk Laagpakket op circa 2000 meter diepte met

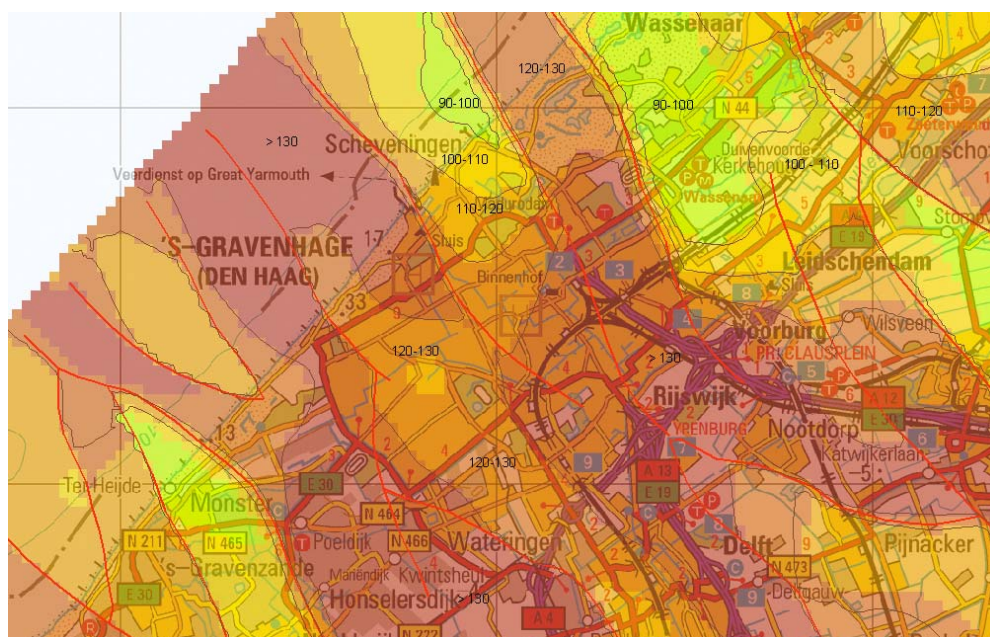
een temperatuur van circa 70 °C. De dieptes en temperaturen worden hier bij benadering gegeven. De feitelijke situatie is, dat de zandpakketten ondergronds een heuvellandschap vormen met variaties in diepte van enige honderden meters. De temperatuurgradient in Nederland kan benaderd worden met de formule 3 °C per 100 meter + 10 °C (aan het maaiveld). De temperaturen in Den Haag liggen in het algemeen iets hoger dan gemiddeld. Een temperatuurkaart van de regio op diepte van circa 2000 meter en 3500 meter is bijgevoegd.



Warmtekaart op 2000 meter diepte

Een praktische consequentie van de temperaturniveaus van de warmtevraag is, dat voor het Centrum (stadsverwarming met minimum van 110 °C) met name gekeken is naar de diepere Onder-Germaanse Trias Groep zanden en voor Den Haag ZuidWest zowel naar de Onder-Germaanse Trias Groep als het ondiepere Rijswijk Laagpakket. Qua geologie is het tweede belangrijke vraagpunt gelegen in de productiviteit van de put, het debiet. De economie van een geothermisch doublet wordt gedicteerd door het maximale debiet, de vraag naar warmte in de tijd en de temperatuur van het water (meer specifiek de ΔT tussen het opgepompte water en het water dat weer geïnjecteerd wordt). Het maximale debiet – uitgedrukt in kubieke meters per uur – wordt voornamelijk bepaald door de transmissiviteit van de aquifer (en voorts door de pompdruk). Deze transmissiviteit is gedefinieerd als het product van de dikte van de betreffende laag en haar doorlatendheid of permeabiliteit, uitgedrukt in Darcymeter (Dm). Deze transmissiviteit moet niet alleen voldoende zijn, zij moet bovendien *niet* het product zijn van een bijzonder grote doorlatendheid en dus kleine dikte of omgekeerd. Bij het onderzoek naar de ondergrond van Den Haag bleek over de diepere Onder-Germaanse Trias Groep minder bekend, dan over de zanden van het Rijswijk Laagpakket. Wel bekend is, dat de kwaliteit van de zandpakketten (permeabiliteit, porositeit) van de Onder-Germaanse Trias Groep naar het noorden toe afneemt. Aangezien de aangetroffen waarden aan de zuidkant van Den Haag ook nog tamelijk laag waren, is geconcludeerd, dat de risico's van de Onder-Germaanse Trias Groep – zeker voor een eerste geothermisch project – te hoog waren. De scan naar de overeenkomstige eigenschappen van de zanden van het Rijswijk Laagpakket geeft een positiever beeld. Op tamelijk veel plaatsen is voldoende laagdikte

en alleszins acceptable permeabiliteit te verwachten. De geologische situatie pleit derhalve voor een gebruik van de zanden van het Rijswijk Laagpakket en de bovengrondse situatie pleit dan voor ZuidWest.



Figuur 1 Temperatuur van de Onder-Germaanse Trias Groep. De getallen geven de waarde van de temperatuur aan binnen de contourlijnen.

Dit impliceert, dat de variant 0 – de stadsverwarming - alleen met behulp van additionele investeringen in warmtepompen gerealiseerd kan worden. De temperatuur van het formatiewater uit de zanden van het Rijswijk Laagpakket - maximaal 75 tot 80 °C – is onvoldoende om zonder meer te gebruiken voor de opwarming van het stadsverwarmingswater. Een optie is om met hoge temperatuur warmtepompen de temperatuur tot >110 °C te verhogen onder gelijktijdige uitkoeling van het formatiewater. Deze indirecte optie behoudt de voordelen van integratie met de stadsverwarming, maar is uiteraard wel duurder – en iets minder energie-efficiënt – dan rechtstreekse opwarming van stadsverwarmings-water met formatiewater.

Op basis van de geologische informatie zijn door IF technology schematische bronontwerpen gemaakt met bijbehorende kostenschatting. Variatie is aangebracht naar diameter van de put (5,5 en 7 inch op diepste punt) en naar verticaal c.q. gedeveerd boren. Gekeken is naar de samenstelling en eigenschappen (dichtheid, viscositeit en warmtecapaciteit) van het formatiewater. Onderzoek is verricht naar de gewenste ondergrondse afstand tussen productieput en retourput. Daarbij blijkt een afstand van 1000 meter voldoende te zijn voor een geschatte doorbraaktijd van 38 jaar (dit is de periode, die bij de gekozen debieten verstrijkt voordat de geïnjecteerde koudere retour invloed gaat uitoefenen op de temperatuur van het productiewater. Tot slot zijn bij de gekozen uitgangspunten van diameter (5,5 en 7 inch), retourtemperatuur (25 of 40 °C) en debiet (110 of 150 m³ per uur) de benodigde pompdrukken en het daarmee gepaard gaande elektriciteitsgebruik berekend.

Uiteindelijk is gekozen voor een voorlopige dimensionering op basis van een debiet van maximaal 110 m³ per uur bij een diameter van de buis (casing) in het boorgat van 5,5 inch op het diepste punt. In verband met de diepte van het Rijswijk Laagpakket in relatie

tot de locatie (Den Haag ZuidWest) is gekozen voor een verticale infiltratie put nabij de piekketel van Eneco bij de Escamplaan en een gedeveierde (afbuigende) onttrekkingsput vanaf hetzelfde punt die op einddiepte een afstand heeft van 2000 m tot de infiltratieput (zie voor locaties de kaart op pagina 16). Deze afstand is nodig omdat ter plaatse van Den Haag ZuidWest de zanden van het Rijswijk Laagpakket hoger liggen (diepte ca 1800 m), terwijl een grotere diepte gewenst is omdat de onttrekkingstemperatuur dan voldoende hoog is. Op een afstand van 2000 m naar het noordwesten is de temperatuur in de zanden van het Rijswijk Laagpakket ca 80 C, terwijl die op de locatie van de infiltratieput slechts ca 70 C is. De druk die de pomp in de onttrekkingsput moet leveren bedraagt ca 30 bar, en het elektraverbruik van de pomp bedraagt ca 3 a 4 % van de geleverde thermische energie. Dit is mede afhankelijk van de mate waarin het onttrokken water wordt afgekoeld (tot 25 a 40 °C). De kosten voor de twee putten inclusief pompen, verbindend leidingwerk, onvoorzien, advieskosten, etc. bedragen circa 5 miljoen euro. De technische levensduur wordt geschat op ten minste 30 jaar.

Voor de realisatie van de putten is een werkruimte nodig van ca 100 bij 100 meter. Deze ruimte wordt 4 a 6 maanden in beslag genomen. Daarna is het enige dat aan maaiveld zichtbaar is een klein gebouw waarin zich de warmtewisselaar en het verbindend leidingwerk bevindt (kan eventueel in de bestaande ruimte waar zich de piekketels bevinden). De putkopen dienen bereikbaar te zijn voor onderhoud en worden daarom bij voorkeur afgewerkt in aparte putbehuizingen (circa 2 bij 2 meter).

Een belangrijk doel van geothermie is het reduceren van de CO₂ emissie die gepaard gaat aan het verbranden van fossiele brandstoffen (aardgas) voor verwarming. Er wordt momenteel ook veel onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van het injecteren van vloeibaar (super kritisch) CO₂ in diepe lagen. Het idee is daarbij om CO₂ af te vangen uit de rookgassen van elektriciteitscentrales, deze te comprimeren en in diepe pakketten te bergen via injectieputten, zodat fossiele brandstoffen kunnen worden gebruikt om zonder CO₂ emissie elektriciteit te maken. In het kader van het huidige haalbaarheids-onderzoek is gekeken of het mogelijk is het geothermische doublet ook te gebruiken voor berging van CO₂ in de diepte, niet door superkritisch CO₂ te injecteren, maar door CO₂ op te lossen in het geïnjecteerde geothermische water. Uit berekeningen is gebleken dat bij de gehanteerde uitgangspunten (110 m³ per uur, 5000 vollasturen per jaar, diepte infiltratieput 1800 m, temperatuur infiltratie max 40 °C), ca 35.000 ton CO₂ per jaar kan worden opgelost in het geïnjecteerde water. Dit is, zeker in verhouding tot de CO₂ emissiereductie die gepaard gaat met de levering van geothermische warmte, aanzienlijk. Het verdient dus aanbeveling de haalbaarheid van het oplossen van CO₂ in het geothermisch water verder te onderzoeken.

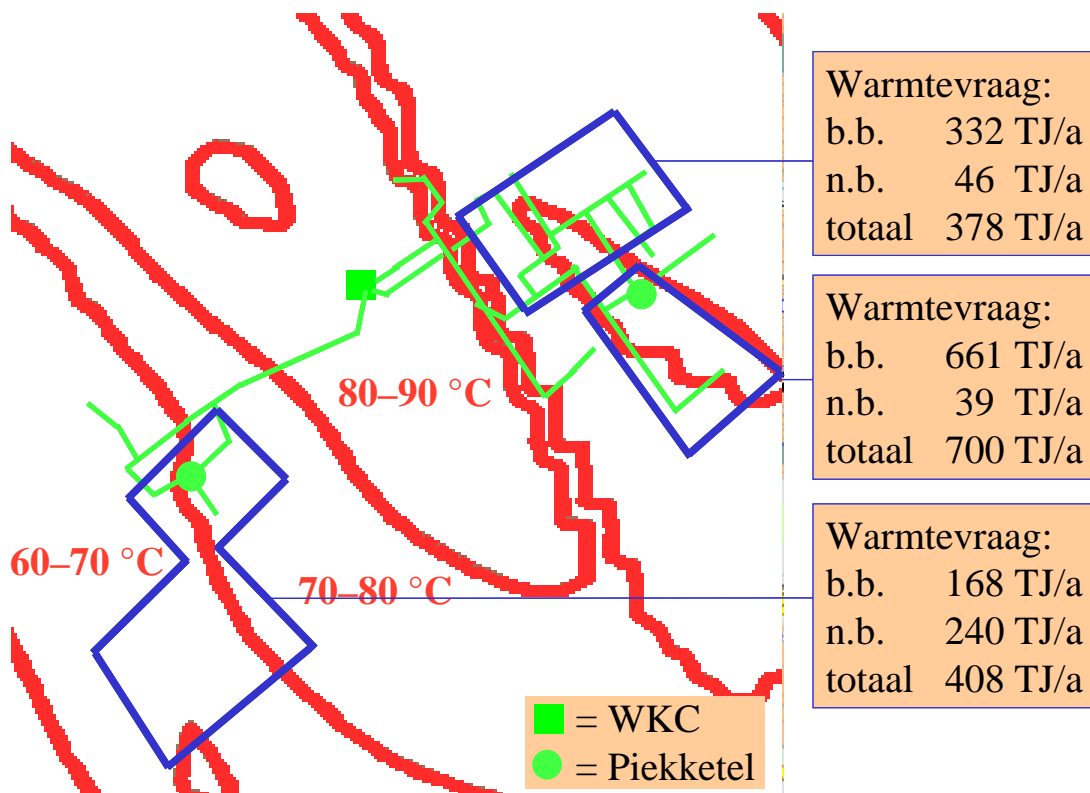
Eneco, de Gemeente en Haag en DWA hebben vervolgens de belangrijkste gebieden met een forse warmtevraag geanalyseerd. Hierbij is gekeken naar zowel de belangrijkste nieuwbouwprojecten als de warmtevraag van bestaande gebouwen die aangesloten zijn op de stadsverwarming.

In de volgende figuur is de warmtevraag van de bestaande gebouwen (BB) en nieuwbouw (NB) in de meest relevante clusters opgenomen.

Vanwege de lagere temperatuur van de zanden van het Rijswijk Laagpakket is het gebruik van het geothermie systeem voor directe opwarming van het bestaande stadsverwarmingsnet minder geschikt. Deze Variant (0) kan daarom alleen met extra investeringen in hoge temperatuur warmtepompen gerealiseerd worden. Deze optie

(Variant 0) is voor de huidige analyse om deze redenen vooralsnog buiten beschouwing gelaten, maar het verdient aanbeveling om deze optie in een vervolgtraject nader te onderzoeken.

Warmtevraag-clusters en temperatuur van de zanden van het Rijswijk Laagpakket.



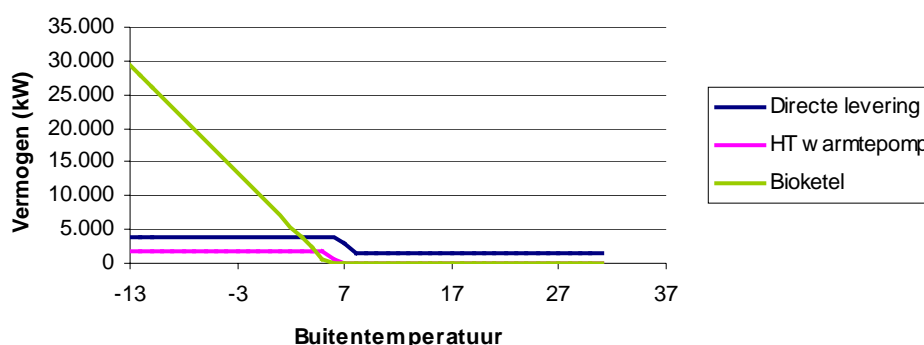
Voor de rest van de studie is dus uitgegaan van het gebruik van geothermische energie voor nieuwbouw in Den Haag ZuidWest. Voor de economische berekeningen is verder relevant, dat de gekozen thermische capaciteit van de bron impliceert, dat de levering van aardwarmte de basislast dekt van de warmtevraag. Voor de additionele vraag in de winter zal capaciteit beschikbaar moeten zijn. Voor deze capaciteit is voor de berekeningen gekozen voor een biomassa ketel (alle varianten). De volgende configuraties zijn door DWA doorgerekend:

- **Variant 1:** Bestaat uit alleen directe warmtelevering door middel van een warmtewisselaar. De resterende benodigde verwarming wordt geleverd door een bioketel.
- **Variant 2:** Bestaat aanvullend uit een hoog temperatuur warmtepomp. Wanneer de directe levering dan niet in staat is om voldoende warmte te leveren, schakelt eerst de HT-warmtepomp bij. Wanneer ook de warmtepomp niet voldoende warmte kan leveren, schakelt de bioketel in.
- **Variant 3:** Om het geothermisch water nog verder te benutten, kan dit water aanvullend aan de vorige varianten gebruikt worden als laag temperatuur warmtebron voor woningen met een individuele warmtepomp. Om de warmte in de zomerperiode te kunnen gebruiken, wordt gebruik gemaakt van seizoensopslag in een aquifer. Deze laag temperatuur warmte wordt in andere woningen benut, dan de warmte uit de directe levering en HT-warmtepomp.

Deze varianten zijn vervolgens door DWA vergeleken met twee fictieve referentiesituaties. De eerste referentie is het individueel verketelen van de woningen. De tweede bestaat uit een laag temperatuur warmtenet als bron voor individuele warmtepompen die per woning opgesteld staan.

Als eerste is bepaald wat de bijdrage is van de verschillende componenten in de warmtelevering. Dit is hieronder weergegeven.

Bijdragen verwarming



Vervolgens is bepaald wat de energielevering is van de verschillende componenten op jaarbasis. De bijdrage uit directe levering (variant 1) bedraagt circa 46% van de totale warmtevraag. De hoog temperatuur warmtepomp voegt hier circa 11% aan toe.

2.5.2 Financiële aspecten

Op basis van de genoemde uitgangspunten zijn vervolgens de totale investeringen berekend, een schatting gemaakt van resterend gebruik van aardgas en elektriciteit, kosten van onderhoud en afschrijving. Op basis hiervan heeft DWA de jaarkosten per woning doorerekend en vergeleken met de twee gekozen referenties.

Overzichtstabel financiële analyse

Referentie en variant	ketel	Individuele WP	Variant 1	Variant 2	Variant 3
Kosten totaal			47.420.248	48.121.623	57.847.873
Investering per woning	2.500	11.151	7.903	8.020	8.384
kWh gebruik per woning	50	2.645	453	667	924
m³ aardgasequivalent per woning per jaar	853	-	471	373	324
Energiekosten per woning	535 ¹	317	211	188	204
Onderhoudskosten per woning	50	147	49	53	64
Afschrijving en rente per woning	225	821	506	513	564
Totale jaarkosten per woning	810	1.285	766	755	833
CO₂ emissie per woning (kg/jaar)	1.528	979	167	247 ²	342 ²

¹ inclusief vast recht

² Oplopende CO₂ emissie in variant 2 en 3 als gevolg van systeemkeuze. Een warmtepomp (met geringe CO₂ emissie) vervangt in dit model een bioketel (nul emissie) als aanvullende warmtebron. Bij een gasketel als referentie nemen CO₂ emissies af.

2.5.3 Consortium

Zoals bij 2.1.2 beschreven is het onderzoek uitgevoerd door uiteindelijk 7 deelnemers. Voor de oriëntatie naar de haalbaarheid bleek dit een meer dan voldoende basis. Het consortium heeft zich tijdens de studie gerealiseerd, dat er een andere situatie ontstaat, als niet zozeer de organisatorisch relatief simpeler - aantakking aan het stadsverwarmingsnet centraal komt te staan, maar eerder de warmtevoorziening in een nieuwbouwwijk.

Besloten is om eerst de technische en economische berekeningen af te ronden in de eindrapportage over de oriëntatiefase en op basis hiervan de relevante stakeholders zoals woningbouwverenigingen te benaderen.

2.6 Discussie

2.6.1 De uitgangspunten.

Bij de uitvoering van de studie zijn op tal van plaatsen uitgangspunten vastgesteld en keuzes gemaakt. Deels komen deze voort uit omgevingsfactoren (geologie, warmtevraag etc), deels zijn deze keuzes ook enigszins arbitrair – maar overigens wel strikt noodzakelijk om tot een afbakening van de technische opties en een analyseerbaar concept te komen. Een goed voorbeeld is de keuze van de diameter van de put. Een grotere diameter leidt tot aanzienlijk grotere capaciteit (debiet) bij een bescheiden toename van investeringshoogte en onderhoudskosten. Dit is in principe energetisch efficiënter. En ook rendabeler - mits het aantal vollast uren niet te veel terug loopt door gebrek aan afzet van warmte. Bij een voortgang van het project zou hier nog een optimalisatieslag kunnen plaats vinden. Voor de analyses is - gegeven de onzekerheden in dit stadium - echter uitgegaan van de conservatieve uitgangspunten (kleinere diameter en debiet). Dit met het oog op het vermijden van latere tegenvallers op dit punt.

Voor alle uitgangspunten geldt, dat zij in dit stadium niet gebaseerd kunnen zijn op harde offertes, maar op zo goed mogelijke schattingen van kosten. De geologische informatie is verzameld in het kader van een 'quick scan' en nadere validatie van deze bevindingen is gewenst voordat tot implementatie van een boring wordt overgegaan.

Met deze beperkingen hebben de betrokken organisaties overigens wel de overtuiging, dat de studie een helder en genuanceerd beeld geeft van een mogelijk geothermie project in Den Haag.

2.6.2 De discussiepunten.

De cruciale vraag in de studie is, of aardwarmte *technisch en economisch* haalbaar is, gegeven de locatie(s), de warmtevraag, de geologie etc. In de technische analyse blijken de meest voor de hand liggende technische mogelijkheden voor toepassing van aardwarmte te vinden in ZuidWest – zonder directe raakvlakken met de stadsverwarming. Opwarming van het retourwater van de stadverwarming kan vermoedelijk alleen met een extra tussenstap (hoge temperatuur warmtepomp). Toch verdient deze optie nog nadere studie vanwege de interessante afzetmogelijkheden en de integratie met de afvalwarmte van de gasturbine. *Discussievraag: bij welke COP verdient deze optie verdere uitwerking?*

Bij de economische analyse doet zich als eerste de vraag voor naar de referentie. Voor de analyse is zowel gekeken naar de individuele HR ketel als naar individuele warmtepompen. Ten opzichte van een individuele HR zijn er lagere jaarkosten, maar de terugverdientijden zijn lang, als gevolg van de hoge aanvangsinvesteringen. Hierbij moet aangetekend worden, dat de levensduur van een geothermie/stadsverwarmingsproject ook twee maal zo lang is als de levensduur van een HR ketel. (Dit argument hoeft daarmee overigens niet altijd indruk te maken op een burger en/of een project-ontwikkelaar). Ten opzichte van een individuele WP zijn zowel de investeringskosten als de jaarkosten lager.

Discussievraag: is anno 2006 (of later) de individuele HR ketel nog een realistische referentie voor een nieuwbouwwijk (van een gemeente met ambities naar CO₂ neutraliteit)?

Bij de economische analyses is gerekend met bruto investeringen (zonder investerings-subsidies).

Discussievraag: is het aannemelijk, dat voor het tot stand komen van een experiment met geothermie een subsidie verstrekt zal worden?

In de analyses is gerekend met aardgasprijzen van 2004 en er is geen waarde toegekend aan vermeden CO₂.

Discussievraag: voor opwekking van duurzame electriciteit (windenergie) wordt een vergoeding van (omgerekend) circa 225 euro per ton vermeden CO₂ verstrekt. Hoe aannemelijk is het, dat op termijn een vergelijkbare vergoeding voor de productie van duurzame warmte verwacht kan worden?

2.7 Conclusies en aanbevelingen

2.7.1 Conclusies.

Ondanks de beperkingen in tijd en omvang van de oriënterende studie, zijn de deelnemers van mening, dat een helder en genuanceerd beeld is ontstaan over de toepasbaarheid van geothermie voor - en de mogelijke bijdrage aan - de energievoorziening van Den Haag. De qua technische en economische haalbaarheid meest aangewezen optie betreft de directe warmtelevering (via een warmtewisselaar) van een nieuwbouwwijk in Den Haag ZuidWest, in combinatie met een hoge temperatuur warmtepomp (Variant 2 in het onderzoek). Aan deze variant 2 wordt in eerste instantie de voorkeur gegeven – boven de variant 0, die als uitgangspunt voor de studie gold (directe levering aan de bestaande stadsverwarming).²

De gekozen voorkeursvariant leidt tot de laagste *jaarkosten* in vergelijking tot de twee referenties (HR ketel en individuele warmtepomp per woning). De *investeringskosten* per woning zijn aanmerkelijk hoger dan de referentie individuele HR ketel. Bij de gehanteerde gasprijzen (2004) en zonder subsidie op investeringen en/of CO₂ bijdrage voor duurzame productie van warmte is er een (te) lange terugverdientijd (onrendabele top. De investeringskosten van Variant 2 zijn lager dan de referentie individuele warmtepomp.

Het systeem levert een substantiële bijdrage aan de totale warmtelevering (57%) en een vermeden CO₂ emissie van circa 7.000 ton per jaar. De aanleg van een geothermiedoublet biedt daarnaast de optie tot het oplossen van CO₂ in het retourwater, waarmee het CO₂ effect substantieel verhoogd kan worden.

Qua risico's zij opgemerkt, dat het boren van putten op deze diepte 'proven technology' is. Er zijn circa 3.000 diepere putten geboord in de Nederlandse bodem en het geologische risico betreft met name de eerder genoemde transmissiviteit van het specifieke zandpakket. De quick scan naar de geologische condities geeft relatief gunstige uitkomsten voor de bruikbaarheid van de zanden van het Rijswijk Laagpakket (dikte, permeabiliteit, continuïteit). Maar in een vervolgfase dient dit risico met behulp van een reservoirmodel en simulatie nauwkeuriger in kaart gebracht te worden³.

² Deze voorkeur wordt overigens uitsluitend ingegeven door zeer locatie-specifieke geologische gegevens. Het risico van een (te) lage productie van de geothermische bron op deze diepte (uit dit zandpakket) is te hoog. Op andere locaties zou dit een zeer aantrekkelijke optie kunnen zijn.

³ De olie-industrie past veelal een diagram toe, waarin de productiviteit van de put is uitgezet tegen de waarschijnlijkheid, dat deze productiviteit gerealiseerd gaat worden gedurende een langere periode.

Voor een realistische slaagkans is het een randvoorwaarde, dat er commitment komt onder de stakeholders om een aardwarmteproject te implementeren als in de vervolgfase blijkt, dat aan de technische conclusies van deze studie wordt voldaan bij een economisch patroon, dat overeenkomt met vergelijkbare duurzame energie-opties.

Daarnaast is het een randvoorwaarde, dat de stakeholders in de bouw gezamenlijk met de gemeente, de temperatuur van de retourwarmte van (ver)nieuwbouwprojecten verlagen met behulp van LTV systemen. Bij de uitgifte van grond of concessie zou de gemeente eisen dienen te stellen, die de toepassing van duurzame energie systemen borgen. De volgende stap in het proces betreft de voorbereiding van de implementatie van het geothermieproject, het traject tot een beslissingsrijp investeringsvoorstel met inbegrip van het verkrijgen van meer geologische zekerheden, offertes van aanbieders, vergunningen en subsidies. De kosten van dit traject worden geraamd op circa 250.000 euro. Een aanzienlijk deel hiervan (circa 50%) heeft betrekking op de kostbare, maar essentiële inspanningen op het terrein van het vervaardigen van een reservoirmodel en simulatie. De resterende kosten worden gemaakt bij de uitwerking van de benodigde installaties, de vergunningsaanvragen en de kosten van opstellen van het investeringsplan. De doorlooptijd bedraagt naar verwachting één tot anderhalf jaar.

2.7.2 Aanbevelingen.

- a) Het is wenselijk om de resultaten van deze studie middels een doelgerichte workshop onder de aandacht te brengen van de relevante actoren, die betrokken zijn bij de grootschalige (ver)nieuwbouw projecten in Den Haag.
- b) Bij positieve respons verdient het aanbeveling om de optie aardwarmte voor Den Haag verder uit te werken in samenspraak met deze stakeholders voor de realisatie van (ver)nieuwbouw in den Haag.
- c) Bij de uitwerking zou een aantal aspecten opnieuw aandacht verdienen c.q. onderwerp kunnen zijn van een nadere optimalisatieslag. Dit zijn in het technische vlak onder meer het in kaart brengen van de waarschijnlijkheid van de productiecapaciteit van de bron, de optimalisatie van de diameter/capaciteit van de geothermische installatie versus het aantal vollaasturen en de verdere analyse van de haalbaarheid/wenselijkheid van het oplossen van CO₂ in het geothermisch water. In het economische vlak dient het inzicht verscherpt te worden in de omvang en effecten op de netto contante waarde van de investering op grond van te verkrijgen subsidies, effecten van energieprijsscenario's en effecten van heffingen c.q. bijdragen als gevolg van (vermeden) CO₂.

3 De realisatie van de doelstelling

Met name als gevolg van de geologische condities in de diepere Onder-Germaanse Trias Groep zijn de uitkomsten van de studie genuanceerd anders dan destijds verondersteld werd - voorafgaand aan de aanvang van het onderzoek. De relevantie voor de energietransitie heeft hier echter allerm minst onder geleden. De voor de energietransitie meest relevante uitkomsten zijn kort samengevat :

- De toepassing van geothermie voor (ver)nieuwbouw van een stadswijk is technisch haalbaar.
- Deze toepassing van aardwarmte leidt tot de laagste jaarkosten – zij het dat het rendement voor commerciële toepassing nog (te) laag is.
- Zonder subsidies zou geothermie rendabeler zijn dan wind. Of anders geformuleerd: bij een bijdrage voor vermeden CO₂ emissies, die vergelijkbaar⁴ is met de MEP bijdrage voor elektriciteit uit windenergie (level playing field) zou een geothermie-doublet al snel rendabel zijn.
- Aardwarmte kan een substantiële bijdrage aan de verbetering van de CO₂ huishouding van een stadswijk realiseren – zonder overlast voor de omgeving en met minimale emissies.
- Geothermie laat zich relatief eenvoudig integreren met andere (duurzame) energie opties.

Tegen de achtergrond van de slinkende gasvoorraden en stijgende gasprijzen biedt geothermie voor specifieke locaties een duurzaam alternatief met – voor Nederland als geheel – een fors potentieel. De resultaten van de studie zijn als zodanig relevant voor zowel het transitiepad Nieuw Gas als Modernisering Energieketens.

Tot slot zij opgemerkt, dat de haalbaarheidsstudie er toe heeft geleid, dat de bij de studie betrokken organisaties voornemens zijn om de activiteiten voort te zetten met de ambitie om – samen met derden – een geothermie project van de grond te krijgen. De komende periode zullen de kennisoverdracht activiteiten er op gericht zijn om enerzijds de stakeholders in de Haagsche regio te informeren over de uitkomsten en anderzijds de resultaten in bredere kring uit te dragen.

⁴ Op basis van vermeden CO₂