

Onderzoeksverslag

Aardwarmte in Rijswijk



Rijswijk



Namen: Mohammad Khaled Yasin, Thijn Merks, Nouschka Steenks, Pieter Oosterling

Naam publiekelijke rechtspersoon en opdrachtgever: Gemeente Rijswijk, TU Delft

Opdrachtgevers: Jeroen Bos (*gemeente Rijswijk*)

Naam docent: Meneer K. Sluiter

School: Christelijk Lyceum Delft - Molenhuispad

Datum: 05-09-2025

Versie: 2

Leerjaar: 4 vwo Technasium

Klas: V4g

Onderzoeksverslag

Aardwarmte in Rijswijk

Namen: Mohammad Khaled Yasin, Thijn Merks, Nouschka Steenks, Pieter Oosterling
Naam publiekelijke rechtspersoon en opdrachtgever: Gemeente Rijswijk, TU Delft
Opdrachtgevers: Jeroen Bos (*gemeente Rijswijk*)
Naam docent: Meneer K. Sluiter
School: Christelijk Lyceum Delft - Molenhuispad
Datum: 05-09-2025
Versie: 2
Leerjaar: 4 vwo Technasium
Klas: V4g

Voorwoord

Dit onderzoek is gedaan voor het vak Onderzoek & Ontwerpen en in samenwerking met de gemeente Rijswijk. Het doel van het onderzoek was om de mogelijkheden voor aardwarmte/geothermie in de wijken Kleurenbuurt, Muziekbuilt, Oud-Rijswijk en Hoornwijk te onderzoeken.

Het onderzoeksteam bestond uit Nouchka Steenks, Mohammad Khaled Yasin, Thijn Merks en Pieter Oosterling, leerlingen van klas 4 vwo Technasium van het Christelijk Lyceum Delft.

Wij willen de publiekelijke rechtspersoon: gemeente Rijswijk bedanken voor de kans en het vertrouwen om dit onderzoek uit te voeren. Met dit onderzoeksrapport hopen wij een bijdrage te leveren aan het verduurzamen en het vergroenen van Rijswijk.

Wij wensen de lezer veel leesplezier!

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Inhoudsopgave	4
1. Inleiding	5
2. Projectplan	6
3. Oriëntatie	8
4. PvE	15
5.1. Kosten: Aardwarmte installatie	18
5.2. De wijken in Rijswijk	22
6. Bodemanalyse	36
7. Experiment	44
8. Analyse locatie per wijk	48
9. Analyse aspecten per wijk	58
10.1. Doublet opties	65
10.2. Geschatte kosten	70
12. Aanbevelingen	75
13. Discussie	76
14. Begrippenlijst	78
15. Bijlage	8
	97

1. Inleiding

De opdracht

De opdracht is om een verkennend onderzoek uit te voeren naar het boren van aardwarmte in vier wijken van Rijswijk (Oud-Rijswijk, Kleurenbuurt, Hoornwijck en Muziekbuilt). Dit betekent dat er door middel van de literatuur onderzoek gedaan moet worden naar de mogelijkheid tot een aardwarmtecentrale in een van de toegewezen wijken in Rijswijk. Hierbij is het belangrijk dat er rekening gehouden wordt met de haalbaarheid van het project, het rendement en of er genoeg plek is in de omgeving. Vervolgens moeten de uitkomsten van het onderzoek worden uitgewerkt in een onderzoeksrapport. Hierin moeten alle belangrijke stappen gedurende het onderzoek toegelicht worden, evenals de belangrijkste voorwaarden en informatie voor deze techniek voor het winnen van warmte.

Opdrachtgever

De opdrachtgever van dit project is Jeroen Bos van de gemeente Rijswijk. Waar hij werkt als beleidsmedewerker energietransitie. Dit houdt in dat hij plannen maakt voor Rijswijk op het vlak van energie. Hij houdt zich tegenwoordig ook bezig met het warmte programma van deze gemeente, wat een grote rol speelt voor Rijswijk. Zodoende dat hij de opdrachtgever voor dit project is.

Opbouw van het verslag

Tijdens dit project is er een uitgebreid onderzoek gepleegd op vlak van locatie, bodemonderzoek en literatuuronderzoek. Voor het begin van het onderzoek is er een plan gemaakt voor de aanpak van deze, te lezen in het hoofdstuk 'Projectplan'. In het hoofdstuk 'Oriëntatie' wordt belangrijke informatie met hoge validiteit beschreven over aardwarmte en mogelijke implicaties. Voor dit onderzoek is vervolgens een Programma van Eisen (PvE), in het volgende hoofdstuk beschreven. Hierna zijn er meerdere onderzoeken op basis van de warmtevraag en bodemonderzoek beschreven in de hoofdstukken 'De wijken in Rijswijk' en 'Bodemanalyse', waarna er een conclusie getrokken kan worden welke wijk het meest geschikt is voor de realisatie van een aardwarmtecentrale op basis van de onderzochte aspecten in het hoofdstuk 'Analyse aspecten per wijk'. Om een zo duidelijk mogelijke conclusie te beschrijven is er ook nog dieper op de locatie in alle wijken ingegaan in het hoofdstuk 'Analyse locatie per wijk'. Daarnaast is er ook nog een oriëntatie gedaan op de verschillende opties voor een doublet in het hoofdstuk 'Doublet opties'. Voor de uiteindelijke beantwoording van de deelvragen en de hoofdvraag is het hoofdstuk 'Conclusie' toegewezen. Hierna is er nog gereflecteerd op dit project in het hoofdstuk genaamd 'Discussie'. Voor meer duidelijkheid over de gebruikte bronnen, de bijlage en gebruikte begrippen zijn de hoofdstukken 'Begrippenlijst', 'Bronnen' en 'Bijlage' opgesteld.

Bij woorden die onduidelijk zijn kunt u naar pagina 79 voor een begrippenlijst.

De begrippen worden in de tekst aangegeven met het symbool: *

2. Projectplan

Tijdens deze stap van het project is er een duidelijk en overzichtelijk plan gemaakt voor de werkwijze tijdens dit project. Dit hoofdstuk bevat belangrijke informatie over de manier waarop er dit project te werk gaat, evenals de opgestelde onderzoeksvraag voor dit project.

Deel- en hoofdvragen

Voor dit project moet er gekeken worden of het voor de gemeente Rijswijk rendabel is om een aardwarmtecentrale te bouwen in één van de toegewezen wijken en waar de centrale dan zal staan. Hiervoor is een duidelijke hoofdvraag opgesteld die beantwoord kan worden met de juiste conclusie van dit project. Doordat het antwoord op de hoofdvraag niet het hele project kan beantwoorden en er ook specifieke resultaten nodig zijn voor dit project zijn er ook nog enkele deelvragen opgesteld om deze resultaten ook te weergeven in vorm van een antwoord op de vragen.

De hoofdvraag die beantwoord moet worden is afgesteld op de gestelde kwestie die beschreven is in het projectboek. Deze hoofdvraag beantwoordt dan ook de vraag van de opdrachtgever over de mogelijkheid tot de realisatie van een aardwarmtecentrale. Hier volgt de opgestelde hoofdvraag voor dit project:

‘Welke van de toegewezen locaties heeft de beste eigenschappen voor de gemeente om een aardwarmtecentrale te bouwen?’

Vervolgens zijn er ook specifieke deelvragen opgesteld om andere aspecten van de hoofdconclusie duidelijker te maken. Deze deelvragen kunnen een aanleiding zijn voor het antwoord van de hoofdvraag. Wanneer het voor de gemeente bijvoorbeeld niet rendabel is om een aardwarmtecentrale te bouwen in een specifieke wijk, beschikt deze niet over de juiste eigenschappen en is het niet reëel om deze wijk te gebruiken voor beantwoording van de hoofdvraag. De deelvragen zijn als volgt:

1. Is het voor de gemeente rendabel om een aardwarmtecentrale te bouwen?
2. Welke van de toegewezen locaties is het meest geschikt voor dit project?
3. Naar welke ondergrondse locatie is het het meest geschikt om er heen te boren?

Opbouw

Het projectplan bevat duidelijke informatie over de manier waarop dit project uitgevoerd moet worden. Dit houdt in dat er een plan beschreven staat over hoe de verschillende onderdelen van het project worden aangepakt en hoe de resultaten van deze onderdelen gebruikt worden voor het vervolg van het project. Verder bevat het projectplan ook algemene informatie over de bètawereld waar dit project zich in bevindt en is de gestelde kwestie van dit project naar voren gebracht. In het hoofdstuk projectresultaat wordt beschreven hoe de gegevens over de ondergrond die nodig zijn voor dit project, verzameld zullen worden. Verder beschikt dit hoofdstuk ook over informatie die vertelt welke verschillende aspecten onderzocht moeten worden. In het hoofdstuk: projectfasen van het projectplan wordt beschreven welke hoofdstukken in het verslag beschreven moeten worden en globaal wat er in deze hoofdstukken beschreven moeten worden. Verder beschikt het projectplan ook over

een afbakening die beschrijft waar de focus dit project op ligt. Tot slot is er in het projectplan een projectplanning en globale taakverdeling opgesteld.

Methode

Om de deelvragen te kunnen beantwoorden moet er eerst informatie bevonden worden over wat aardwarmte is. Dat gebeurt door op het internet bronnen te zoeken die informatie kunnen geven over verschillende onderdelen van het project. Ook moet er belangrijke informatie bevonden worden over de toegewezen wijken in Rijswijk. Voorbeelden van deze informatie zijn factoren zoals het aantal inwoners, de warmtevraag en aan het aantal huizen en het soort huizen in de specifieke wijk. Deze informatie is zeer nuttig voor het beantwoorden van de deelvraag over rendabiliteit. De grond van Rijswijk moet ook onderzocht worden door via het internet naar bronnen te zoeken zoals het programma ThermoGIS. Dit programma geeft een duidelijke weergave van de lokale ondergrond. Tot slot moet er ook worden gekeken of er een geschikte locatie in de toegewezen locaties aanwezig is en moeten de totale kosten van de aanleg van een aardwarmtecentrale berekend worden. Dit moet ook in verhouding gebracht worden met de totale winst van een toekomstige aardwarmtecentrale.

Voor het gehele projectplan, kijk in de bijlage op bladzijde 90

Conclusie

In dit hoofdstuk is een korte samenvatting gegeven over de inhoud van het projectplan. Verder zijn de verschillende opgestelde deelvragen met de uiteindelijke hoofdvraag uitgewerkt en is er een toelichting gegeven op de methode die gedurende dit project gebruikt zal worden om tot een uiteindelijke conclusie te komen. Dit projectplan zal tijdens het project een zeer groot aandeel in de werkwijze leveren.

3. Oriëntatie

Vershil in geothermie

Bodemenergie

Het begrip geothermie is meer dan alleen aardwarmte, want naast aardwarmte heb je ook bodemenergie en ultradiepe geothermie. Bodemenergie is eigenlijk een lichtere vorm van geothermie, want bij deze vorm wordt er energie gewonnen uit ondiepe aarde. Zo zit het op ongeveer 300 meter. Het voordeel van deze vorm is dat het goedkoper is om zo een installatie te maken, want de buizen hoeven niet diep de aarde in en het is ideaal voor huizen met een energielabel A (*goed geïsoleerd huis of gebouw*) en een warmtepomp die het water verwarmd tot 55 °C. Vaak zie je dat deze manier wordt gebruikt voor grote kantoren die het verwarmde water gebruiken voor verwarming.

(aldus Alles over Aardwarmte, 2024)

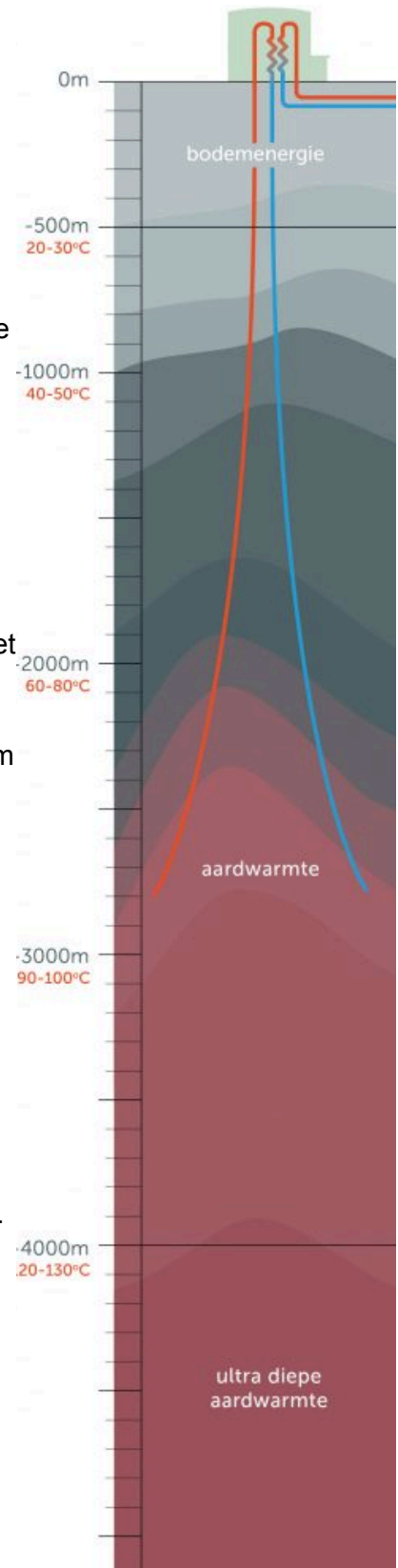
Aardwarmte

Een andere vorm van geothermie is aardwarmte. Bij aardwarmte is het hoe dieper je de ondergrond in gaat, hoe warmer het wordt. Ook wordt het water op die diepte opgewarmd door de kern van de aarde en bij aardwarmte maak je daar gebruik van. Aangezien dit een duurzame manier is van energieopwekking wordt het in heel veel landen gebruikt om kassen, huizen en gebouwen te verwarmen. Op ongeveer 2 tot 3 km diepte in de Nederlandse bodem is er water te vinden van 70 tot zelfs 100° Celsius. Met behulp van een aardwarmte-installatie wordt dit water omhoog gepompt. Vanuit dat warme water wordt de warmte via een warmtenet naar omliggende huizen, gebouwen en industrie verspreid. Vervolgens wordt het “gebruikte” koude water weer terug gepompt zodat er geen aardverzakkingen plaatsvinden. Deze warmte-oplossing zorgt voor een collectief gebruik. Met een installatie van ongeveer 30m² en een warmtenet kunnen er duizenden woningen van warmte voorzien worden.

(aldus Alles over Aardwarmte, 2024)

Ultradiepe geothermie

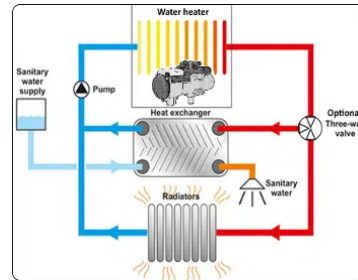
Bij ultradiepe geothermie wordt de buis nog dieper geplaatst. Ongeveer 4 à 6 kilometer diep en op deze manier kan er tussen de 120° en tot wel 200° Celsius aan warmte worden gewonnen. Het voordeel hiervan is dat het water langere afstanden boven grond kan afleggen en kan bijvoorbeeld heel zuid-holland op elke *plek water leveren wat 80° of hoger is met een modern warmtenet. Het nadeel wel is dat het graven naar 4 tot 6 kilometer heel duur is en veel dure moderne technologie vereist, waardoor het geen winst kan maken en ook niet de duurzaamste manier is. (aldus Alles over Aardwarmte, 2024)



Afbeelding 1 - Vershil in geothermie

Warmtewisselaar

Bijna elk huishouden in Nederland heeft een warmtewisselaar in huis. Zo zit er in een CV-ketel zelf een warmtewisselaar, maar ook in warmtepompen. Er zijn veel verschillende soorten warmtewisselaars die ook elk op een andere manier werken, maar het grotendeel werkt door dat een *thermische energie wordt overgedragen van het ene *medium naar het andere medium, zonder dat beide stoffen met elkaar mengen. Het kan een overdracht zijn tussen gasen en vloeistof, maar ook tussen alleen gasen of alleen vloeistoffen.



Afbeelding 2 - warmtewisselaar in huishouden

Bij een CV-ketel wordt gas verbrand en die warmte wordt dan overgedragen door de warmtewisselaar aan het CV-water. Bij een warmtepomp wordt er geen gas gebruikt, maar van natuurlijke bronnen zoals de buitenlucht, water of grond. Naast de verschillende manier van methode is er ook een verschil in typen. Zo zijn de bekendste en meest gebruikte buizenwarmtewisselaars, platenwarmtewisselaars en warmtewielen. De keuze hangt af van de ruimte, gebruik en middelen. De platenwarmtewisselaar is het effectiefst door het grote aantal platen (groot oppervlak) op kleine afmetingen.

(aldus Patrick, 2025)

Voordelen van aardwarmte

Aardwarmte is een voorspelbare en betrouwbare bron van warmte. Ook zijn er zelfs een paar installaties aanwezig in de Nederlandse bodem. Ook gebruikt in 2024 14,44% van de actieve gebouwen in Nederland een warmtepomp. (aldus Alles over Aardwarmte, 2023)

- **Lokaal**

Aardwarmte is in veel regio's in Nederland beschikbaar. Door aardwarmte te gebruiken zijn mensen minder afhankelijk van energie van andere landen en energie van onstabiele bronnen en prijzen.

- **Duurzaam**

Omdat Nederland streeft naar een duurzame energievoorziening in 2025, hoort de CO₂ uitstoot ook af te nemen. Aardwarmte leidt nauwelijks tot de uitstoot van koolstofdioxide of andere emissies. Het is dus een schoon alternatief voor aardgas.

- **Betrouwbaar**

Doordat de winning van aardwarmte onafhankelijk is van bijvoorbeeld het weer of van het seizoen, is aardwarmte een voorspelbare en betrouwbare warmtebron. Het levert meer dan 30 jaar warmte en wordt al gebruikt in steden in Parijs om bepaalde wijken te verwarmen.

- **Betaalbaar**

Aardwarmte is een goedkope energiebron die als alternatief gebruikt kan worden en gas. De hoogte van de tarieven voor de opgewekte warmte die geleverd wordt, is gereguleerd in Nederland en wordt jaarlijks vastgelegd. Dit geeft grip op de prijs, waardoor mensen met een laag budget nog steeds kunnen profiteren van aardwarmte.

Nadelen van aardwarmte

Hoewel aardwarmte bij helemaal CO₂-neutraal is, heeft het ook vaak nadelen. Dat komt namelijk door de voorbereiding voor het winnen van de energie. *(aldus Alles over Aardwarmte, 2023)*

- **De installatie**

De warmtewisseling centrale van een aardwarmtecentrale heeft veel plek nodig, waardoor het niet altijd toepasbaar is op elke plek. Verder kan het zijn dat er een geschikte ondergrond onder een beschermd natuurgebied ligt, die niet gebruikt kan worden.

- **Vraag**

Om ervoor te zorgen dat de investering in de aardwarmte installatie geen weggegooid geld is, moet er een netwerk zijn aan wie de warmte verkocht wordt. Denk bijvoorbeeld aan een netwerk tussen huizen in een woonwijk. De investering moet niet individueel zijn, omdat de centrale dan al snel verliezen draait.

- **Ervaring**

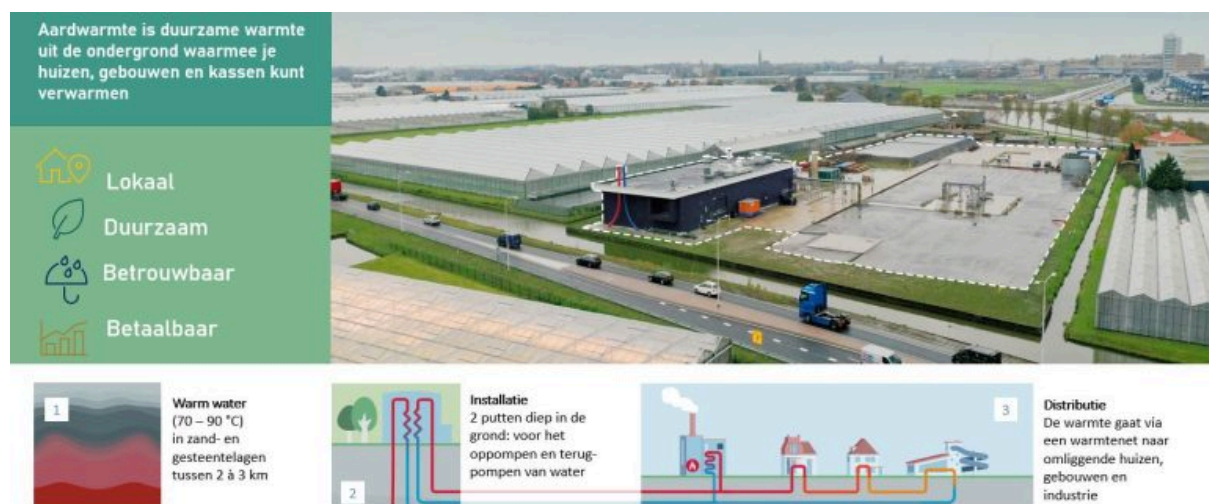
In Nederland is er maar 30 jaar ervaring met deze techniek, waardoor nog niet alle kennis is. Verder is het ook een best jonge techniek. Er is ook nog weinig bekend over de totale levensduur van een installatie en of de onderhoudskosten toenemen als de installatie ouder wordt.

- **Warmtenet**

Aardwarmte is alleen geschikt voor toepassingen zoals een warmtenet. Hierdoor kan zo'n warmtenet zelfs duurder zijn dan gas en is het niet altijd haalbaar om deze te bouwen.

Potentie van aardwarmte

De vraag naar duurzame warmte groeit nu er goed wordt gezocht naar alternatieven van aardgas. Aardwarmte zou ongeveer 30% van de warmtevraag kunnen leveren. *(Alles over Aardwarmte, 2025a)*



Afbeelding 3 - Informatiekaart over aardwarmte

Stappen aardwarmteproject

Een aardwarmteproject bestaat uit verschillende fases: initiatief, nemen, verkennen, aanleggen, winnen en afsluiten. Bij elke fase zijn er verschillende groepen die het nodige werk verrichten en ook samenwerken. Voor de voorbereiding en de wettelijke procedures zijn er wel enkele jaren voor nodig. (aldus EBN B.V., 2025)



Afbeelding 4 - Stappenplan aardwarmte

Start aardwarmteproject

Het aardwarmteproject is een traject dat meerdere jaren duurt. Zo zijn er verschillende stappen waar de betrokken bedrijven zich aan houden. Theoretisch ziet dit stappenplan er heel strak uit, waar alles op een bepaalde volgorde gebeurt. Maar in praktijk loopt alles niet echt 100% volgens het plan. Bepaalde dingen gaan zigzag. Er zit dus net wat meer flexibiliteit in het plan. (aldus EBN B.V., 2025)

- **Initiatief**
 - Het project begint bij initiatief nemen. Hierbij wordt aardwarmte vastgesteld als optie om de warmtevoorziening te verduurzamen.
- **Verkennen**
 - Bij deze stap bekijken de betrokken partijen welke mogelijkheden er zijn. Er wordt antwoord gegeven op de vraag: 'Is aardwarmte een mogelijkheid in het gewenste gebied?'
 - Een bedrijf dat aardwarmte wil winnen doet een vergunningsaanvraag 'toewijzing zoekgebied'. Indien dit bedrijf deze goedkeuring heeft gekregen, heeft het het recht om onderzoek te doen op dat gebied.
 - Er wordt onderzoek gedaan naar de bodem van het gebied waar de aardwarmte-installatie geplaatst zal worden.
- **Aanleggen**
 - Het project begint bij initiatief nemen. Hierbij wordt aardwarmte vastgesteld als optie om de warmtevoorziening te verduurzamen.
 - Ook wordt er al begonnen met het installeren van een aardwarmte-installatie, bijvoorbeeld bij het boren van 2 putten en het installeren van een warmtewisselaar.
- **Winning**
 - Nadat het onderzoek is afgerond, wordt er een startvergunning gevraagd, om de toegewezen locatie te testen en voor een periode aardwarmte te kunnen winnen.
- **Einde**
 - Een aardwarmte-installatie kan in totaal gedurende 30 jaar voor aardwarmte zorgen. Na 30 jaar dient er een andere installatie geplaatst te worden.

Belangrijke aandachtspunten

Bij een aardwarmte-installatie moet er ook aandacht worden gegeven aan belangrijke punten. Deze punten zijn hieronder te vinden met een korte toelichting. *(aldus Alles over Aardwarmte, 2025)*

Vergunning en wetgeving

Er zijn verschillende regels en wetten waar een aardwarmte-installatie aan moet voldoen, zoals de mijnbouwwet en de omgevingswet. Hierdoor is er een vergunning nodig.

- **Mijnbouwwet**
Om een groot project als deze uit te voeren, is er een vergunning vereist. Met deze vergunning krijg jij het recht om te boren en het gebruiken van geothermische energie. Dit komt doordat winning van aardwarmte wordt gezien als mijnbouw, aangezien het een vorm is van mijnbouw. Dit komt doordat het grondwater of de ondergrond wordt benut.
- **Omgevingswet**
De omgevingswet bevat regels over bepaalde aardwarmte- activiteiten waar vergunning voor nodig is (en waar dus aandacht moet worden gegeven aan de omgeving). Wat betreft de omgevingswet bevat dit niet de fysieke leefomgeving of onderdelen daarvan. *(akd Benelux lawyers [Sanne Schipper], 2023)*
- **Wijzingen per 1 juli 2023**
Vanaf 1 juli 2023 golden er weer andere regels voor aardwarmte. Naast een gestroomlijnd vergunningstelsel voor aardwarmte is er ook bepaald dat Energie Beheer Nederland (EBN) een verplichte deelname heeft aan elk project van aardwarmte. Dit moet leiden tot meer en betere projecten. Dit zorgt ook voor een stijging in kennis in de sector. *(Van Heiningen, 2023c)*

Technische aspecten en bodemgesteldheid

Als het gaat om technische aspecten bij een aardwarmte-installatie, dan betreft dat de winning van grondwater en het transporteren van warmte. Ook speelt bodemgesteldheid een hele grote rol, want de structuur van de bodem bepaalt of er geothermische energie gewonnen kan worden en dit efficiënt kan gebeuren. *(aldus EBN, 2023)*

- **Geothermische installatie**
Hierbij wordt er gebruikgemaakt van een productieput om het water naar boven te sturen en een injectieput om het afgekoelde water weer terug te sturen naar de ondergrond. Om de warmte te transporteren is er een warmtenet nodig naar de woningen en industriegebieden. *(Milieu Centraal, z.d.)*
- **Veiligheidsaspecten**
Bij veiligheidsaspecten moet er worden gelet op mogelijke risico's, zoals lekkage van formatiewater of trillen en aardbevingen. Ook moet er opgelet worden op de mogelijke vrijkomst van gasen of radioactief zand dat kan komen vanuit de ondergrond. *(aldus Nederlands Instituut Publieke Veiligheid, 2025)*

Omgevingsfactoren en toegankelijkheid

Als het gaat om omgevingsfactoren, dan moet er aandacht gegeven worden aan zowel milieu- en natuurlijke aspecten (zoals de geologische structuur en de afstand tussen andere activiteiten) als maatschappelijke aspecten (zoals geluidsoverlast). Ook moet er goed opgelet worden op de beschikbaarheid van diepe aardlagen, een warmtenetwerk en natuurlijk de benodigde vergunningen.

- **Veilig en verantwoord**

Aardwarmte is een veilig alternatief om op een duurzame manier warmte te kunnen winnen, mits dit gebeurt volgens strikte veiligheidsregels en onder Staatstoezicht op de mijnen (SodM). Met een zorgvuldig ontwerp en uitvoering kunnen mogelijke risico's worden voorkomen.

Kosten en rendement

De kosten voor een aardwarmte-installatie liggen tussen de 20 miljoen euro en 30 miljoen euro. Dit is in zekere mate ook afhankelijk van het type systeem, de woninggrootte en de grondboringen die nodig zijn. Toch ondervindt de overheid een hoger rendement waarvan de energiebesparing kan oplopen tot wel 70% met een lange levensduur. Het rendement zelf (gemeten als COP) kan 500% of hoger zijn. Dit houdt in dat de aardwarmtepomp 5 kWh aan warmte levert wanneer het 1 kWh verbruikt. (*aldus Aardwarmte Techniek Nederland, z.d.*)

Investing

Aardwarmte vraagt forse initiële investeringen (bijvoorbeeld ter waarde van 15-20 miljoen voor een doublet). Zulke investeringen zijn nodig voor boringen, putten en installaties. Toch zijn er op lange termijn meer voordelen(waaronder besparingen op energiekosten), waardoor graag wordt geïnvesteerd. De terugverdientijd duurt (in een glastuinbouw) naar schatting 10-15 jaar. (*aldus Hoe Snel Kan een Investering in Geothermie Worden Terugverdiend? - VB, z.d.*)

Risico's

Er zijn relatief veel risico's die kunnen optreden tijdens zo'n groot project. Deze moeten natuurlijk wel overwogen worden voor de bouw van deze. Dit zijn de mogelijke risico's:

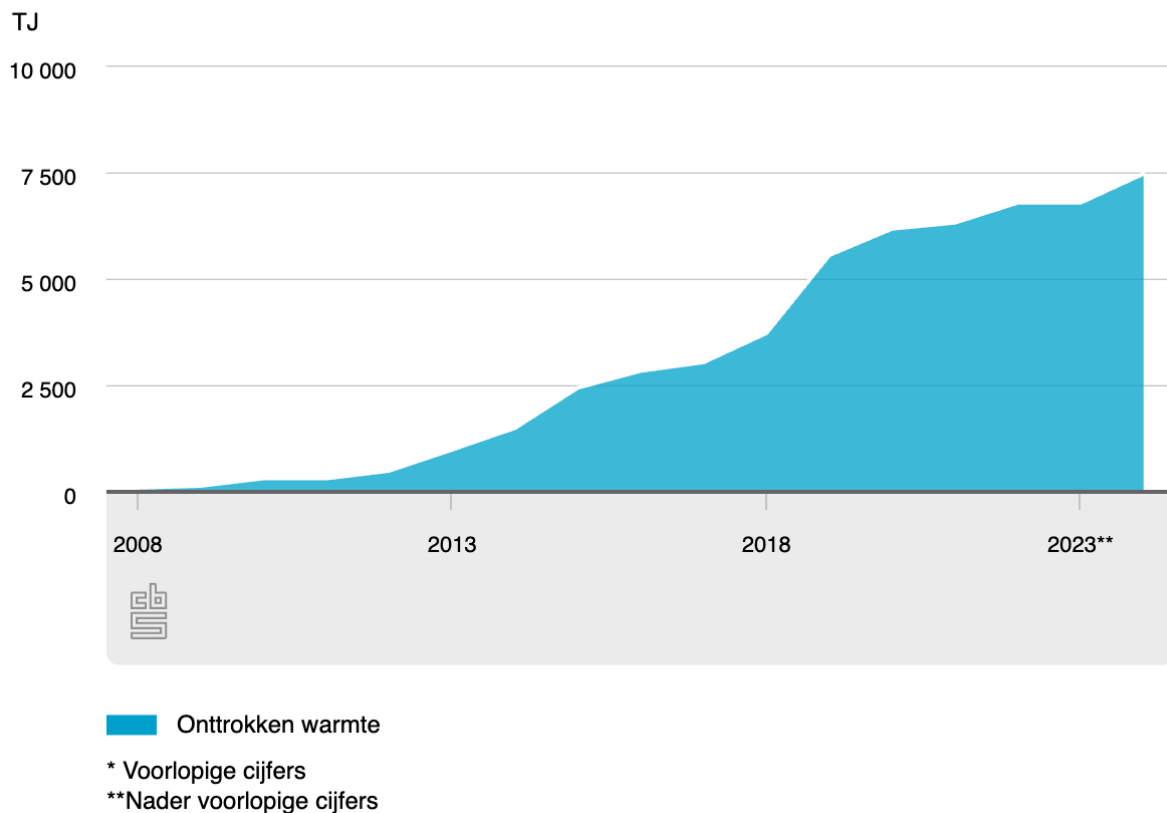
- Mogelijke bodemtrilling
- Verontreiniging van grondwater door zout of boorvloeistof
- De kleine kans op het aanzeggen van bestaande gasvoorraden.
- Met water kan ook licht radioactief zand naar boven komen.
- Er kunnen stoffen vrijkomen die opgevangen moeten worden.

Deze risico's worden beperkt door nauwkeurig onderzoek uit te voeren. Hiermee kunnen breuklijnen voorkomen worden. Dit kan ook gedaan worden door het terugpompen van afgekoeld water en het boren door beschermde grondlagen heen naar het geothermisch reservoir.

Wat brengt de toekomst met aardwarmte?

Om naar de toekomst te kijken, moet er eerst gekeken worden naar hoe het nu gaat met aardwarmte. Vorig jaar (2024) is er in totaal in Nederland voor 7,9 *petajoule (PJ) aan aardwarmte geproduceerd, wat gelijk staat aan ongeveer 225 miljoen m³ aardgas per jaar. Dit is in vergelijking met het jaar daarvoor (2023) een stijging van 16% (6,636 PJ). In dezelfde periode is er maar 1 installatie bij gekomen. In 2023 zijn er namelijk 19 aardwarmte installaties en in 2024 zijn het er 20, aldus (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2025). Dat betekent dat de aardwarmte installaties zelf efficiënter zijn geworden, want $6,636 / 19 = \sim 0,349$ PJ per installatie en in 2024 was het 0,395 per installatie. De rijksoverheid streeft ernaar om in 2030, 15 PJ via aardwarmte op te wekken, wat gelijk staat aan ongeveer het gas- en elektriciteitsverbruik van 2,2 miljoen huizen. Ook heeft Nederland via de Klimaat top het doel gekregen om in 2035 voor 50% (70% op het gebied van elektriciteit, maar als het gaat om de verduurzaming van het verbruik van huishoudens is het 50%, volgens Overheid, 2025) te verduurzamen in het energiegebruik en daarom is de ambitie om in 2035 40 tot 50 PJ op te wekken uit aardwarmte bronnen. Wat gelijk staat aan ongeveer $\frac{1}{3}$ van het aantal bewoners in Nederland.

6.0.1 Onttrokken aardwarmte



Afbeelding 5 - tabel productie uit geothermie over de jaren - CBS

4. PvE

Eis	Uitleg	Drempelwaarde	Uitwerking	Opmerkingen
Warmte				
1	Bij de gekozen locatie moet het warmtenet kunnen voldoen aan de vraag van de omgeving.	Het warmtenet moet minimaal 4450 inwoners warmte kunnen leveren.	Contact met <i>Warmte Linq</i> .	Het warmtenet moet groot genoeg zijn, maar ook moeten er genoeg inwoners of huishoudens zijn om aan de vraag te voldoen.
2	De locatie moet 15.000 MWh aan vraag hebben.	45.000 MWh.	Berekenen van de warmtevraag van alle buurten en aan de hand van die gegevens toetsen met de locatie.	De vraag moet hoog genoeg zijn, anders is de opbrengst van het warmtepunt te laag en draait het verlies.
3	Er moet zich een warmtenet bevinden of gemaakt worden die binnen 300 meter van de locatie is.	De afstand van het warmtenet naar de locatie moet maximaal 300 meter zijn.	Onderzoeken naar bestaande warmtenetten in Rijswijk (bron) en aan de hand daarvan toetsen met de locatie.	Door een bestaand net te gebruiken kunnen er kosten worden bespaard.
Gebied				
4	Bij de keuze van de locatie moet er worden opgelet dat het niet te dicht bij andere huizen en bewoonde gebieden staat.	Tussen de installatie en de bewoonde gebieden, dus kantoren zijn een uitzondering, moet er minimaal 10 meter tussen zitten om geluidsoverlast te voorkomen.	Kijken via Google Maps of de "optie" locaties zich niet te dicht bevinden bij huizen.	De afstand kan nog veranderen, omdat installaties met de technologie van de toekomst misschien stiller kunnen worden en is het dus geen harde eis.
5	De gekozen locatie moet minimaal ruimte hebben voor 50x50 en het liefst	250m ² ruimte.	Via google maps zoeken naar locaties met veel ruimte en dan toetsen via de	Dit is nodig voor de ruimte die de installatie nodig heeft, denk aan het plaatsen van de

	100x50 voor het gebouw van de aardwarmte-installatie.		schaal die google maps aangeeft.	pompen en de warmtewisselaars.
	Ondergrond			
6	Het opgepompte water mag geen straling hebben en water geen hoge concentratie van gevaarlijke stoffen die voor natuurproblemen kan zorgen.	In de sample mogen geen gevaarlijke stoffen gevonden worden.	Bij de test boren verschillende samples van het water.	Er worden waterputten geïnstalleerd om het milieu te verbeteren, niet verschalken, dus verontreinigd door stoffen zou heel erg zijn.
7	Bij de gekozen locatie moet de grond gevuld zijn met water en poreus zijn.	Na een proefboring, waarbij het bewezen is dat de grond bestaat uit een zandgrond of een andere poreuze grond, is de locatie goed.	Via het internet kijken hoe de ondergrond van Rijswijk eruit ziet en welke grondsoorten er zijn in het gebied.	Ervoor zorgen dat de ondergrond een zandsoort is.
8	Bij de gekozen locatie moet rekening worden gehouden met de temperatuur die rond de 60-100 °C moet zijn en de grondsoort.	De temperatuur moet minimaal 65 °C warm zijn onder de grond.	Per 100 meter stijgt de temperatuur met 3 °C en moet er dus diep genoeg worden geboord.	Ongeveer 2 kilometer diep boren.
9	Bij de gekozen locatie is het belangrijk dat er rekening wordt gehouden met allerlei factoren, maar de opbrengst van de energie die wordt opgepompt moet winstgevend zijn.	De opbrengst van de put moet minimaal gelijk zijn aan de kosten van de put en dan kan het dus een non-profit bedrijf zijn.	Kijken naar wat de opbrengsten kunnen zijn, denk aan per huishouden, maar ook wat de subsidies zijn. Ook moet er gekeken worden naar de kosten die een aardwarmte installatie heeft.	In de kosten moeten alle onderdelen en dus niet alleen wat de kosten van het graven en het gebouw zijn, maar ook bijvoorbeeld wat de pompen en de warmtewisselaars kosten.

10	Bij de keuze van de locatie moet er worden gekozen of de locatie wel bestand is tegen verzakkingen en verschuivingen.	Na een test boring zijn er geen verzakkingen of instortingen geweest en tijden en na het boren van de installatie zelf zijn er ook geen verzakkingen geweest.	Kaarten die zijn gemaakt door de gemeenten of door de overheid die laten zien over hoe de ondergrond eruit ziet moet worden bekeken.	Een voorbeeld van een gebied met breuklijnen is niet geschikt voor aardwarmte, gezien dat het gevaar op verzakking en instorting vergroot.
	Wens			
11	Rijswijk moet een stukje groener worden voor de bevolking.	Wanneer de gemeente en de bevolking tevreden is.	-	-

5.1. Kosten: Aardwarmte installatie

Bij een aardwarmte-installatie zijn er veel noodzakelijke onderdelen. De kosten van deze onderdelen kunnen oplopen tot wel miljoenen euro's. Toch blijven de specifieke kosten afhankelijk per installatie. Factoren als diepte of waterverontreiniging kunnen een grote invloed hebben op de kosten. Hieronder staan de belangrijke onderdelen van een aardwarmte-installatie met de bijbehorende kosten.

Boring & Beton

Om verschillende redenen wordt beton (vooral cement) gebruikt in een aardwarmte-installatie.

- **Aardwarmte-installatie (bovengronds)**

- **Funderingen**

Voor bepaalde stabiele en duurzame funderingen van de bovengrondse installaties wordt beton gebruikt. Pompen, warmtewisselaars en schakelkasten zijn belangrijke onderdelen waar beton is vereist. Aangezien deze apparatuur zeer massief is vereist het een solide basis. Dit zorgt ook voor meer veiligheid.

- **Constructieve elementen**

Voor de bouw van belangrijke gebouwen rondom de installatie zoals controlekamers of opslagruimtes wordt er ook beton gebruikt. Voor brandwerendheid en sterkte wordt daardoor beton gebruikt en geen andere bouwmaterialen.

- **Aardwarmte-installatie (ondergronds)**

- **Boorputafwerking**

Om de stalen buizen vast te zetten in de boorput is het cruciaal om tijdens het boren beton (cement) te gebruiken. De redenen waarom cement nodig is zijn:

- **Stabiliteit**

Om te voorkomen dat de boorput instort wordt er cement gebruikt.

- **Isolatie en afdichting**

Om bepaalde ondergrondse waterlagen en gesteenten van elkaar te scheiden (om verontreiniging en druk te voorkomen) wordt er ook beton gebruikt.

- **Veiligheid**

Er is een ondoordringbare laag nodig tussen de stalen buizen en de wand van het boorgat. Hiervoor wordt ook weer cement gebruikt.

- **Totale kosten boringen & beton**

De totale kosten van al het benodigde cement zitten bij de kosten van de boringen inbegrepen (die liggen tussen de € 8 miljoen en € 15 miljoen).

Bovengrondse installatie

Bij een bovengrondse installatie zijn er onderdelen, waarbij techniek een grote rol speelt, zeer essentieel.

- **Een productie- en injectieput (doublet)**

Het water gaat de grond in via een injectieput. Om het water weer boven de grond te krijgen wordt er een product geboord. Warm water uit een diepe onderlaag wordt door deze put omhoog gehaald. De samenstelling van deze twee putten samen wordt ook wel een doublet genoemd.

- **warmtewisselaars & aansluiting warmtenet**

Nadat warm water uit de productieput bij de bodem terecht is gekomen, wordt het warmte met behulp van een warmtewisselaar afgegeven aan het warmtenet. Het afgekoelde water wordt weer terug de ondergrond in gepompt. Dit water wordt weer van nature warm.

- **Pompen**

Een aardwarmtepomp of een grondwaterpomp haalt het water uit de grond. Elke warmtepomp heeft de eigenschap dat het een bron nodig heeft om warmte uit te kunnen onttrekken. Een aardwarmtepomp onttrekt warmte uit de grond of in sommige gevallen uit een oppervlaktewater.

- **Filters**

Om het warme water dat vrijkomt bij de productie te filteren worden er bepaalde filters gebruikt. Dit wordt gedaan de productiviteit te optimaliseren en de duurzaamheid te waarborgen.

Reiniging

- Daarnaast is het water ook vaak verontreinigd met zand, sediment en andere deeltjes. Als deze onzuiverheden het systeem binnendringen kunnen ze verstoppingen veroorzaken in de buizen, pompen en warmtewisselaars.

Hygiëne en gezondheid

- Bovendien is filtratie ook nodig voor de hygiëne en gezondheid. Het water wordt soms namelijk direct gebruikt voor verwarming. Bij het filtreren wordt het water gescheiden van de bacteriën en andere micro-organismen.

Filter soort	Beschrijving	Afbeelding
Gasfilters en geurfilters	De filters worden gebruikt voor het afvangen van geuren en/of schadelijke gassen.	
Filterhuizen met kaarsenfilters	Deze filters worden gebruikt om het opgepompte water te zuiveren van vaste deeltjes zoals zand en sediment, voordat het de warmtewisselaars bereikt.	
Kaarsenfilters	Deze filters worden gebruikt om verontreiniging zoals sediment en zand uit het opgepompte water te verwijderen voordat het door de warmtewisselaars gaat.	
Persluchtconditionering	Deze filters worden gebruikt om de perslucht te ontvochtigen en te zuiveren. Dit is zeer essentieel en moet gedaan worden voordat het water wordt gebruikt voor verwarming van bijvoorbeeld woningen.	
Filterzakken vloeistof	Deze filters worden gebruikt om ongefilterd water uit de ondergrond te zuiveren. Dit dient gedaan te worden voordat het water door de warmtewisselaars gaat.	
Filterzakken geplisseerd high flow	Deze filters worden gebruikt tijdens de exploratie, productie en het onderhoud van de warmtebronnen om bijvoorbeeld sedimenten en fijnstof uit het gepompte water te verwijderen.	
Filterhuis kaarsenfilters Multi	Deze filters worden gebruikt om verontreinigingen zoals roest, bacteriën en mineralen uit het opgepompte water te verwijderen.	

Filterhuis zakkenfilters Multi	Deze filters worden gebruikt om het opgepompte water te zuiveren van vaste deeltjes en verontreiniging. Dit dient gedaan te worden voordat de warmte uitgewisseld wordt en het water terug de bodemlaag ingaat.	
Strainers en filterkorven	Deze filters worden continu gebruikt om in het bovengrondse deel van het systeem kwetsbare en kritieke apparatuur te beschermen. Het water moet eerst gezuiverd worden door verontreinigingen. Dit kan gedaan worden met behulp van strainers en filterkorven.	
Zandbedfilters	Deze filters worden gebruikt om het opgepompte water uit de diepe ondergrond te filteren. Dit is zeer essentieel en moet gedaan worden voordat het water het systeem ingaat.	
Zelfreinigend zeefilter	Deze filters worden in de bovengrondse installatie gebruikt om het proceswater dat uit de diepe ondergrond is gewonnen te zuiveren.	
Zelfreinigende Galileo filters	Deze filters worden gebruikt wanneer er veel mineralen in de diepe aardwater zitten die eventueel een neerslag kunnen vormen.	

- **Een gebouw voor de bovengrondse installaties**

Bij een aardwarmte-installatie is een klein gebouw waarin al de apparatuur staat ook noodzakelijk.

- **Bescherming**

Het is vooral een technische ruimte waar de meeste apparatuur staat. Zo'n klein gebouw beschermt de installatie tegen weersinvloeden. Ook biedt het ruimte voor onderhoud en beheer.

- **Opslag**

Deze ruimte is ook bedoeld om belangrijke delen te opslaan.

Reserveonderdelen (zoals filters) worden hier bijvoorbeeld opgeslagen

- **Kosten bovengrondse installatie**

De kosten van een bovengrondse installatie liggen tussen de 2 miljoen en de 5 miljoen.

Infrastructuur

Het aanleggen van een warmtenet kan sterk variëren maar ligt tussen de 500.000 euro en de 3 miljoen euro. Vaak wordt zo'n groot bedrag tussen de grote bedrijven onderling verdeeld.

Onderhoud

De jaarlijkse kosten wat betreft onderhoud liggen tussen de 100.000 en 300.000 euro. Het bedrag wordt gebruikt voor inspecties, vervanging van onderdelen en monitoring.

Totale kosten

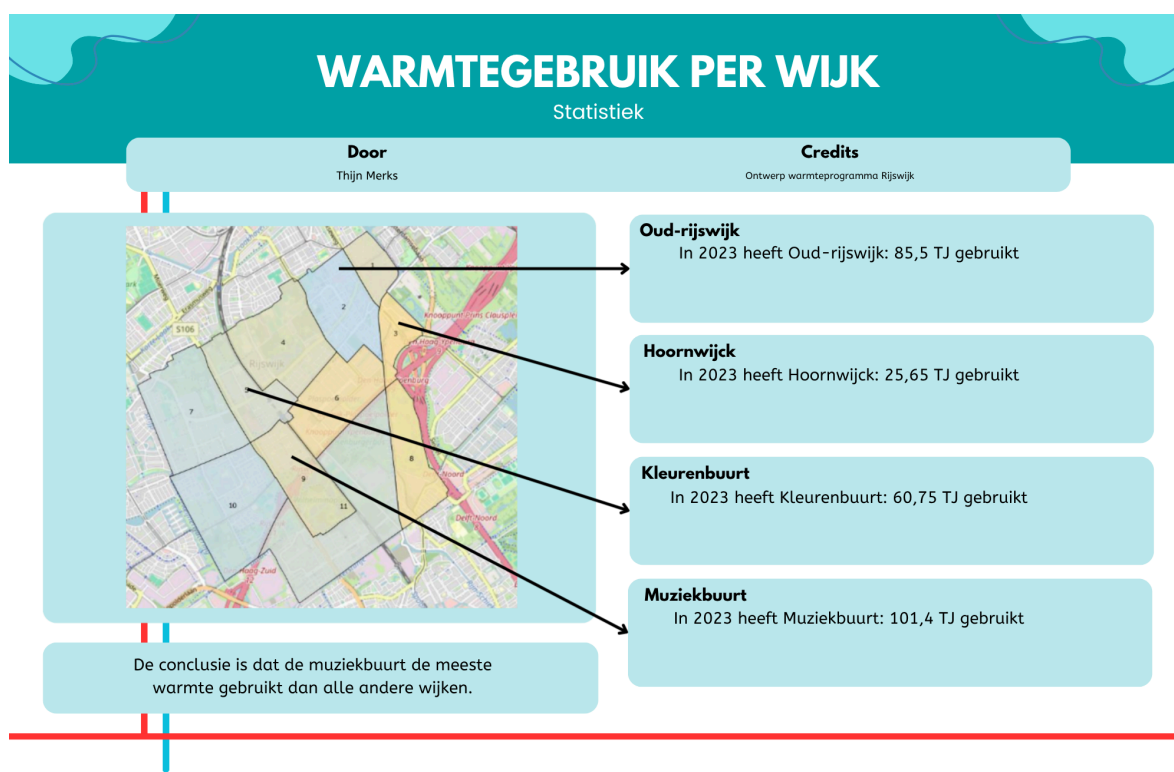
De totale kosten liggen gemiddeld tussen de 20 en de 30 miljoen. De totale kosten kunnen sterk variëren per installatie en zijn dit dus nogal schattingen om een beter beeld te krijgen van de kosten.

5.2. De wijken in Rijswijk

Om een goed en duidelijk beeld te krijgen van de vraag naar warmte in Rijswijk, is er een overzicht gemaakt van de statistieken van Rijswijk. Hierin wordt het bekend energiegebruik in de wijken in Rijswijk benoemd, evenals het gebruik van gas. Verder is er ook een beschrijving gemaakt over alle wijken en de belangrijkste feiten over de wijk. Het energiegebruik is ook in een overzicht gezet met een kaart om een duidelijker overzicht te krijgen van de ligging van de wijken.

Warmtevraag per wijk

Er is een duidelijk overzicht gemaakt over het bekende energieverbruik per wijk in Rijswijk. Voor dit project zijn er verschillende wijken toegewezen waar dit overzicht een verduidelijking over geeft op vlak van het totale warmteverbruik in het jaar 2023. Dit is berekend door het totale energieverbruik per oppervlakte te vermenigvuldigen door het totale oppervlakte van de wijk. Deze informatie is van de website “Ontwerp warmtegebruik Rijswijk” verkregen. Hieronder volgt het overzicht van het totale energieverbruik per wijk in 2023.



Afbeelding 6 - Warmtegebruik per wijk

Uit dit overzicht kan geconcludeerd worden dat de Muziekbuur veruit de meeste energie gebruikt. Dit is al ongeveer 25 TJ meer dan de twee-na-hoogste wijk, Oud-Rijswijk. Wel laat de kaart nieuwe mogelijkheden zien. Als voorbeeld gebruiken de Kleurenbuurt en de Muziekbuur best veel energie. Deze twee wijken kunnen de energie van een aardwarmtecentrale samen delen. Dit zou zorgen voor een groter rendement voor de aardwarmtecentrale, waardoor deze beter in stand gehouden kan worden.

Mogelijke gebruikers

De grootste groep die nu aardwarmte gebruikt in Rijswijk zijn de *boerenbedrijven*. Aardwarmte wordt door hen voornamelijk gebruikt voor het verwarmen van de kassen. De grootste groep gebruikers van de installatie van dit project zijn de bewoners van de gemeente Rijswijk. Dit zal soepel verlopen doordat er al veel bewoners zijn aangesloten op het warmteling-net. Na de bewoners zullen dan ook weer de boerenbedrijven en alle andere bedrijven die warmte verbruiken.

Infrastructuur warmte

Voor de Kleurenbuurt en Oud-Rijswijk wordt warmte geleverd via het MT-warmtenet. Dit houdt in dat er water wordt geleverd die tussen de 55 en 75 graden is. Volgens Team Energie & klimaat zullen de Muziekbuit en de Hoornwijk in 2025 gebruik maken van een LT-net die water levert met een lage temperatuur aan de huizen en/of bedrijven.

Huidige warmtebronnen

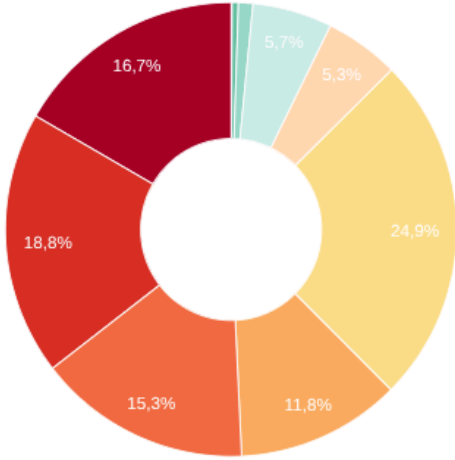
Er zijn in Nederland al meerdere methodes ontwikkeld om warmte te winnen uit diverse bronnen. Veel van de oude bronnen worden tegenwoordig afgebouwd om plaats te maken voor nieuwere, duurzamere bronnen. Hieronder is een duidelijk overzicht van deze bronnen.

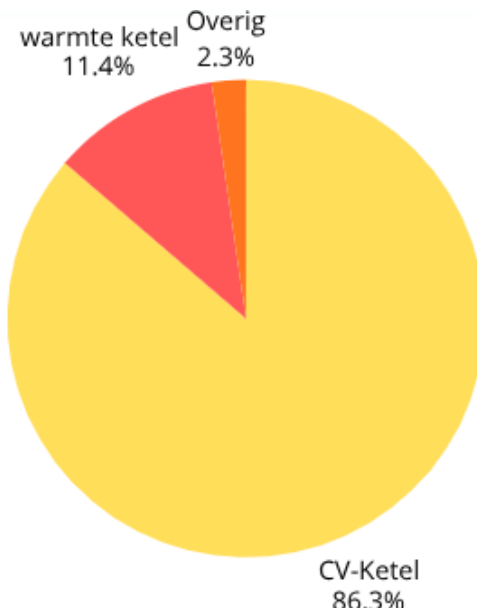
Fossiele energie	Duurzame energie
Aardgas → Een fossiele brandstof, CO ₂ (versterkt broeikaseffect) & H ₂ O komt vrij.	Zonne-energie → Schone energiebron, zonder CO ₂ -uitstoot. Wel uitstoot bij het produceren van zonnepanelen. Na zes jaar gecompenseerd.
Afvalverbranding → Gebruikt restafval van huishoudens en niet-recyclebaar afval.	Windenergie → Schone energiebron, uitstoot bij de bouw na één jaar gecompenseerd.
Biomassa → Van zichzelf CO ₂ -neutraal, alleen vaak met tankschepen naar Europa gehaald, waardoor het niet meer neutraal is.	Biomassa → Genoeg planten die de CO ₂ -uitstoot compenseren (CO ₂ -neutraal).
Industrie → Thermische energie voor industriële processen.	Collectieve lucht/water-pomp → Gebruikt warmtepompen om meerdere huizen te verwarmen.
	Biogas → uit organisch afval
	Waterkracht → Beperkt gebruikt. Opwekt door stromend water. Ontstaan geen schadelijke stoffen bij de productie.
	Warmte-koudeopslag (WKO) → Slaat energie uit gebouwen en omgeving op in de grond.
	Aquathermie → alternatief voor aardgas. Warmte uit water.

Informatie over de wijken

In het volgende overzicht wordt er informatie gegeven over de verschillende wijken. Hierin worden ook feiten over de leefomgeving van de wijken gegeven. Ook wordt er belangrijke informatie gegeven over het aantal inwoners en het elektriciteitsgebruik en aardgasgebruik. Dit zou een belangrijk inzicht kunnen bieden voor de rest van het project.

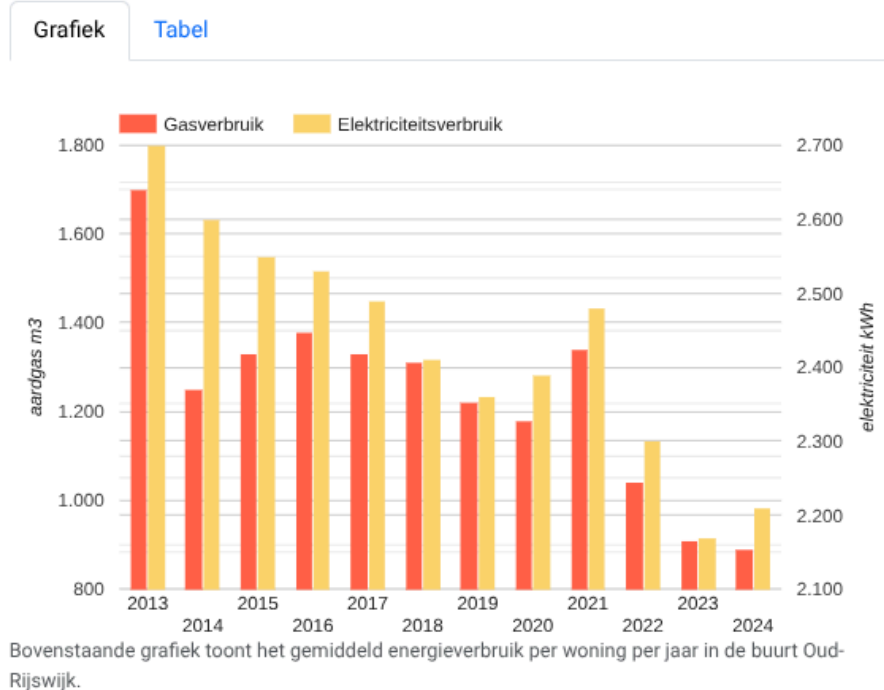
Oud-Rijswijk Informatie

Algemene informatie	De wijk 'Oud-Rijswijk' is het oudste gebied van Rijswijk. Het gebied bevat 3 wijken en veel oude gebouwen. Het gebied is rijk aan voorzieningen met bijvoorbeeld een groot winkelcentrum met winkels en horeca. Grootste percentage panden gebouwd tussen 1900 tot 1950. Tussen 1900-1925 (447) zijn de meeste panden gebouwd.																
Energielabels	Energielabels ↗ De meest voorkomende energielabels in de buurt Oud-Rijswijk zijn C (336 adressen) en F (254 adressen). ● A++++ ● A+++ ● A++ ● A+ ● A ● B ● C ● D ● E ● F ● G  <table border="1"><thead><tr><th>Energielabel</th><th>Percentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>A</td><td>5,7%</td></tr><tr><td>B</td><td>5,3%</td></tr><tr><td>C</td><td>24,9%</td></tr><tr><td>D</td><td>11,8%</td></tr><tr><td>E</td><td>15,3%</td></tr><tr><td>F</td><td>18,8%</td></tr><tr><td>G</td><td>16,7%</td></tr></tbody></table> <i>Afbeelding 7 - energielabels Oud-Rijswijk</i> Een energielabel geeft de mate van duurzaamheid en energiezuinigheid van een gebouw. Hierbij is G het slechtste en A+++++ het beste. In het geval van Oud-Rijswijk komt energielabel C het meest voor. Dit is ook logisch aangezien aardgas het meest wordt gebruikt om aan warmte te komen. Indien er aardwarmte wordt gebruikt, stijgt dit energielabel onmiddellijk naar A of zelfs hoger. Wel ligt daar een voorwaarde aan vast. Woningen die A of hoger bereiken, blijken meestal wel goed geïsoleerd te zijn.	Energielabel	Percentage	A	5,7%	B	5,3%	C	24,9%	D	11,8%	E	15,3%	F	18,8%	G	16,7%
Energielabel	Percentage																
A	5,7%																
B	5,3%																
C	24,9%																
D	11,8%																
E	15,3%																
F	18,8%																
G	16,7%																

Bronnensamenstelling	 A pie chart illustrating the composition of heat sources in Oud-Rijswijk. The chart is divided into three segments: a large yellow segment representing 'CV-Ketel' at 86.3%, a smaller red segment representing 'warmte ketel' at 11.4%, and a very small orange segment representing 'Overig' at 2.3%. <table border="1"> <thead> <tr> <th>Bron</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CV-Ketel</td> <td>86.3%</td> </tr> <tr> <td>warmte ketel</td> <td>11.4%</td> </tr> <tr> <td>Overig</td> <td>2.3%</td> </tr> </tbody> </table> <i>Afbeelding 8 - bronnen samenstelling Oud-Rijswijk</i> De bronnen waar warmte uit wordt verkregen zijn de warmte ketel, een CV-ketel en nog veel meer. In Oud-Rijswijk is de warmte vooral afkomstig van een CV-ketel (zo'n 86,3%). Een warmte ketel is de bron van ongeveer 11.4% van al het warmte. En tot slot zijn er ook andere bronnen waar maar weinig (2,3%) warmte uit wordt gehaald. ("Transitievisie Warmte", z.d.) Een cv-ketel is misschien wel de centrale warmtebron die de temperatuur van het verwarmingswater regelt, maar het gebruikt relatief heel veel gas, wat de uitstoot van CO₂ erg stimuleert. Ondanks dat een warmtebron vaak efficiënter kan zijn en overige bronnen (zoals warmtenet) vaak milieuvriendelijker kunnen zijn, worden ze relatief op de plank gelaten. De verklaring hiervoor ligt grotendeels aan de financiële kant. Een CV-ketel biedt een veelzijdig en relatief goedkoop verwarmingssysteem. Daarnaast is het in de meeste bestaande woningen gangbaar.	Bron	Percentage	CV-Ketel	86.3%	warmte ketel	11.4%	Overig	2.3%
Bron	Percentage								
CV-Ketel	86.3%								
warmte ketel	11.4%								
Overig	2.3%								

Gas- en elektriciteitsverbruik woningen

Gas- en elektriciteitsverbruik van woningen [↗](#)



Afbeelding 9 - gas- en elektriciteitsverbruik woningen Oud-Rijswijk

Hierboven is informatie te vinden over de hoeveelheid gas- en elektriciteitsverbruik van Oud-Rijswijk. De meest recente cijfers (2024) geven aan dat er in Oud-Rijswijk een gasverbruik was van ongeveer 900 m³ aardgas en een elektriciteitsverbruik van ongeveer 2.210 kWh. Dit is wel een bijzonder geval, aangezien het verwarmen aan de hand van elektriciteit veel duurder is dan gas, waardoor in de meeste gevallen meer gas wordt verbruikt. Dit is tevens ook te koppelen aan de bovenstaande energielabels die bij Oud-Rijswijk horen. Zo is te zien dat C de meest voorkomende label is, gevolgd door het energielabel F en G, wat ook aangeeft dat het verbruik aan aardgas in Oud-Rijswijk nog steeds niet heel duurzaam is. Er wordt dus nog steeds veel gas in plaats van elektriciteit verbruikt. Om het energielabel A te bereiken dienen de meeste woningen volledig af te zijn van gas en juist afhankelijk zijn van efficiënte elektrische systemen (zoals een warmtepomp).

Inwoners	Aantal inwoners per jaar ↗ De buurt Oud-Rijswijk telt 2.690 inwoners in 2025. Grafiek Tabel <table border="1"> <thead> <tr> <th>Jaar</th> <th>Aantal inwoners</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2014</td><td>2.550</td></tr> <tr><td>2015</td><td>2.600</td></tr> <tr><td>2016</td><td>2.650</td></tr> <tr><td>2017</td><td>2.750</td></tr> <tr><td>2018</td><td>2.730</td></tr> <tr><td>2019</td><td>2.780</td></tr> <tr><td>2020</td><td>2.760</td></tr> <tr><td>2021</td><td>2.770</td></tr> <tr><td>2022</td><td>2.740</td></tr> <tr><td>2023</td><td>2.710</td></tr> <tr><td>2024</td><td>2.750</td></tr> <tr><td>2025</td><td>2.690</td></tr> </tbody> </table> Bovenstaande grafiek toont het aantal inwoners per jaar op basis van de data van het CBS voor de buurt Oud-Rijswijk. <i>Afbeelding 10 - inwoners Oud-Rijswijk</i> Om de berekeningen op nauwkeurige wijze te kunnen maken, is het aantal inwoners best wel handig. Zo zorgt een grote hoeveelheid inwoners ook voor een hoger verbruik, aangezien er meer gas nodig is voor de verwarming. De hoeveelheid inwoners heeft ook invloed op het elektriciteitsverbruik. De meest recente cijfers (2025) geven aan dat er in totaal 2.690 inwoners zijn.	Jaar	Aantal inwoners	2014	2.550	2015	2.600	2016	2.650	2017	2.750	2018	2.730	2019	2.780	2020	2.760	2021	2.770	2022	2.740	2023	2.710	2024	2.750	2025	2.690
Jaar	Aantal inwoners																										
2014	2.550																										
2015	2.600																										
2016	2.650																										
2017	2.750																										
2018	2.730																										
2019	2.780																										
2020	2.760																										
2021	2.770																										
2022	2.740																										
2023	2.710																										
2024	2.750																										
2025	2.690																										

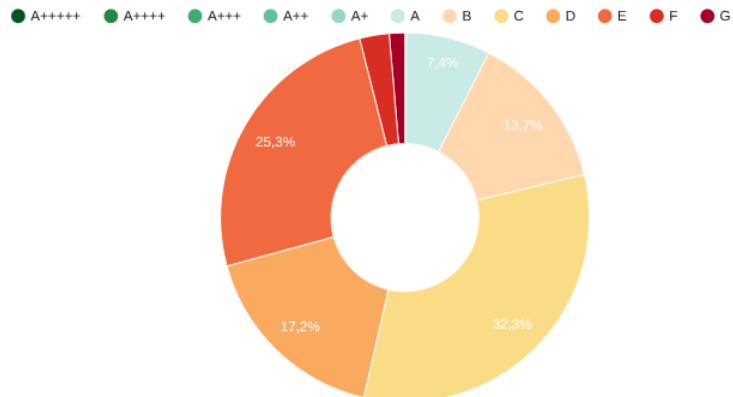
Kleurenbuurt informatie

Algemene informatie	De Kleurenbuurt is een hele levendige wijk in Rijswijk die uitermate geschikt is voor jonge gezinnen en jonge mensen. Verder zijn er ook veel bedrijven in de wijk van Rijswijk, wat voor veel werkgelegenheid zorgt. De meeste panden zijn gebouwd tussen 1950-1970 en tussen 1990-2000 allebei 61 panden.
----------------------------	---

Energielabels

Energielabels [↗](#)

De meest voorkomende energielabels in de Kleurenbuurt zijn C (498 adressen) en E (390 adressen).



Bovenstaande grafiek toont het aantal adressen per type energielabel in de Kleurenbuurt. Hiervoor zijn de data op adresniveau uit het EP-Online systeem van de RVO gebruikt. EP-Online is de officiële landelijke database waarin energielabels en energieprestatie-indicatoren van gebouwen zijn opgenomen. De gebruikte data gelden voor de situatie per 1 juli 2025.

Afbeelding 11 - energielabels Kleurenbuurt

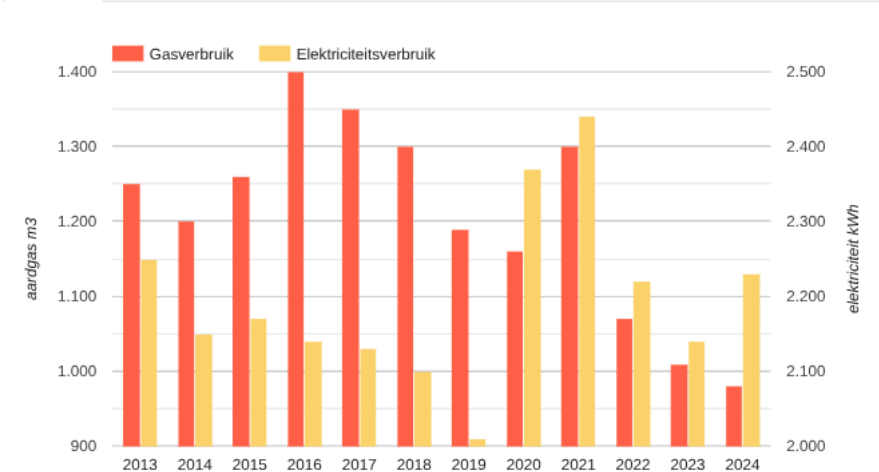
Kleurenbuurt loopt qua duurzaamheid ook wel een beetje de goede richting op. Het is vergeleken met Muziekbuur niet zo heel erg duurzaam, maar aan de andere kant is de situatie nog sterk onder controle. De meeste energie wordt gekoppeld aan C. Bij een warmtepompinstallatie dient dit te stijgen naar energielabel A. Vergeleken met Oud-Rijswijk, komt energielabel E en G heel weinig voor. Daarentegen komt label A in vergelijking met Muziekbuur en Hoornwijk wel minder vaak voor.

Bronnensamenstelling



Afbeelding 12 - bronnensamenstelling Kleurenbuurt

Ten opzichte van de andere wijken is Kleurenbuurt wel de wijk waar het meeste warmte afkomstig is van de CV-ketel. Dat ligt op ongeveer 87,1% van al het warmte. Maar 9.2% van al het warmte komt van de warmte ketel en slechts 3.7% van andere bronnen zoals zonnepanelen. ("Transitievisie Warmte", z.d.) Een cv-ketel is ook in

	de Kleurenbuurt een centrale warmtebron die de temperatuur van het verwarmingswater regelt. Nog steeds gebruikt het relatief heel veel gas, wat de uitstoot van CO² erg stimuleert. Ondanks dat een warmtebron vaak efficiënter kan zijn en overige bronnen (zoals warmtenet) vaak milieuvriendelijker kunnen zijn, worden ze relatief op de plank gelaten. De verklaring hiervoor ligt ook bij kleurenbuurt aan de financiële kant. Een CV-ketel is dan ook in deze situatie veel goedkoper en kan verwerkt worden in de meeste woningen. Ook dit heeft invloed op het energielabel. Aangezien de CV-ketel het meest wordt gebruikt, komen de energielabels C, F en G het meest voor. Dit geeft aan dat er weinig wordt gedaan aan duurzaamheid in de kleurenbuurt.																																							
Gas- en elektriciteitsverbruik	Gas- en elektriciteitsverbruik van woningen ↗ Grafiek Tabel <table><tr><th>Jaar</th><th>Gasverbruik (m³)</th><th>Elektriciteitsverbruik (kWh)</th></tr><tr><td>2013</td><td>1250</td><td>2250</td></tr><tr><td>2014</td><td>1200</td><td>2150</td></tr><tr><td>2015</td><td>1260</td><td>2180</td></tr><tr><td>2016</td><td>1400</td><td>2150</td></tr><tr><td>2017</td><td>1350</td><td>2150</td></tr><tr><td>2018</td><td>1300</td><td>2100</td></tr><tr><td>2019</td><td>1180</td><td>2050</td></tr><tr><td>2020</td><td>1150</td><td>2350</td></tr><tr><td>2021</td><td>1300</td><td>2450</td></tr><tr><td>2022</td><td>1080</td><td>2250</td></tr><tr><td>2023</td><td>1020</td><td>2150</td></tr><tr><td>2024</td><td>980</td><td>2230</td></tr></table> Bovenstaande grafiek toont het gemiddeld energieverbruik per woning per jaar in de Kleurenbuurt. Afbeelding 13 - gas- en elektriciteitsverbruik woningen Kleurenbuurt In Kleurenbuurt ligt het elektriciteitsverbruik ruim boven het gasverbruik. Er wordt in totaal 2.230 kWh elektriciteit verbruikt (in 2024). Dit is ruim twee keer zoveel als het gasverbruik, wat ongeveer 980 m³ was in 2024. Ook in Kleurenbuurt vindt er een bijzondere situatie plaats. Het feit dat er meer elektriciteit gebruikt wordt dan aardgas is een zeldzaam aspect. Dit kan ook weer gekoppeld worden aan de energielabels die bij Kleurenbuurt horen. Aangezien er veel meer elektriciteit wordt gebruikt dan aardgas is het meest voorkomende label de C label. Aangezien er ook veel elektriciteit wordt gebruikt, komt energielabel A wel vaker voor dan in Oud-Rijswijk.	Jaar	Gasverbruik (m³)	Elektriciteitsverbruik (kWh)	2013	1250	2250	2014	1200	2150	2015	1260	2180	2016	1400	2150	2017	1350	2150	2018	1300	2100	2019	1180	2050	2020	1150	2350	2021	1300	2450	2022	1080	2250	2023	1020	2150	2024	980	2230
Jaar	Gasverbruik (m³)	Elektriciteitsverbruik (kWh)																																						
2013	1250	2250																																						
2014	1200	2150																																						
2015	1260	2180																																						
2016	1400	2150																																						
2017	1350	2150																																						
2018	1300	2100																																						
2019	1180	2050																																						
2020	1150	2350																																						
2021	1300	2450																																						
2022	1080	2250																																						
2023	1020	2150																																						
2024	980	2230																																						

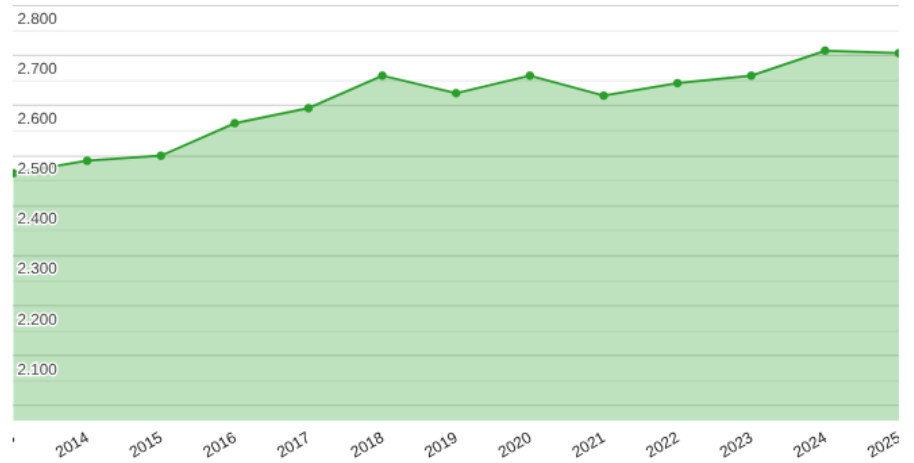
Inwoners

Aantal inwoners per jaar [↗](#)

De Kleurenbuurt telt 2.705 inwoners in 2025.

Grafiek

Tabel



Bovenstaande grafiek toont het aantal inwoners per jaar op basis van de data van het CBS voor de Kleurenbuurt.

Afbeelding 14 - inwoners Kleurenbuurt

De hoeveelheid inwoners heeft directe invloed op het verbruik van zowel gas als elektriciteit. Kleurenbuurt heeft in de laatste jaren ongeveer 2.705 inwoners. Vergelijken met de andere wijken heeft de kleurenbuurt wel een aardig aantal inwoners.

Muziekbuur informatie

Algemene informatie

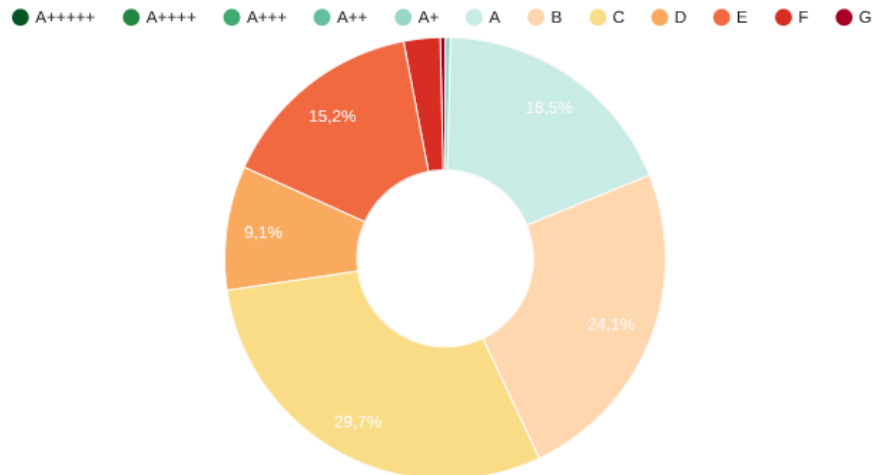
De Muziekbuur is een wijk in Rijswijk met veel gestapelde woningen, wat veel woongelegenheid geeft. Verder heeft de Muziekbuur ook veel groen en is er ook een klein commercieel gebied in het centrum. De wijk ligt aan de Wilhelminapark aan, waardoor inwoners snel kunnen bereiken.

De meeste panden zijn gemaakt tussen 1950-1970 en dat zijn 534 panden.

Energielabels

Energielabels [↗](#)

De meest voorkomende energielabels in de Muziekbuurth zijn C (658 adressen) en B (534 adressen).

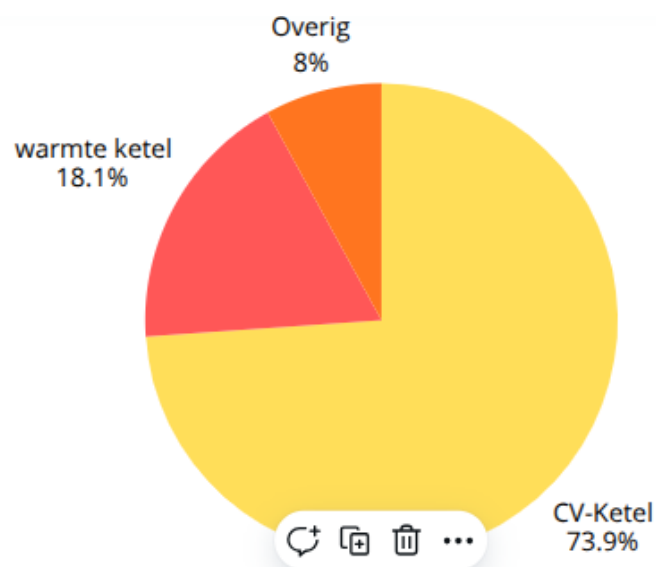


Bovenstaande grafiek toont het aantal adressen per type energielabel in de Muziekbuurth. Hiervoor zijn de data op adresniveau uit het EP-Online systeem van de RVO gebruikt. EP-Online is de officiële landelijke database waarin energielabels en energieprestatie-indicatoren van gebouwen zijn opgenomen. De gebruikte data gelden voor de situatie per 1 juli 2025.

Afbeelding 15 - energielabels Muziekbuurth

Aan de hand van de bovenstaande gegevens, kan er geconstateerd worden dat Muziekbuurth daadwerkelijk naar duurzaamheid streeft. De meest voorkomende energielabels in Muziekbuurth zijn C, B en A. Dit is ook te koppelen aan elektriciteitsverbruik. In de Muziekbuurth is dat bijna twee keer zoveel als het gasverbruik. Ook de bronnen samenstelling hebben invloed op zo'n energielabel. Bijna $\frac{3}{4}$ van al de energie is afkomstig van een CV-ketel, wat de grote aanwezigheid van de energielabels C en B deels verklaart. Aangezien een warmte ketel en overige energiebronnen wel degelijk duurzamer zijn, kan de aanwezigheid van de energielabel A ook deels verklaard worden.

Bronnensamenstelling

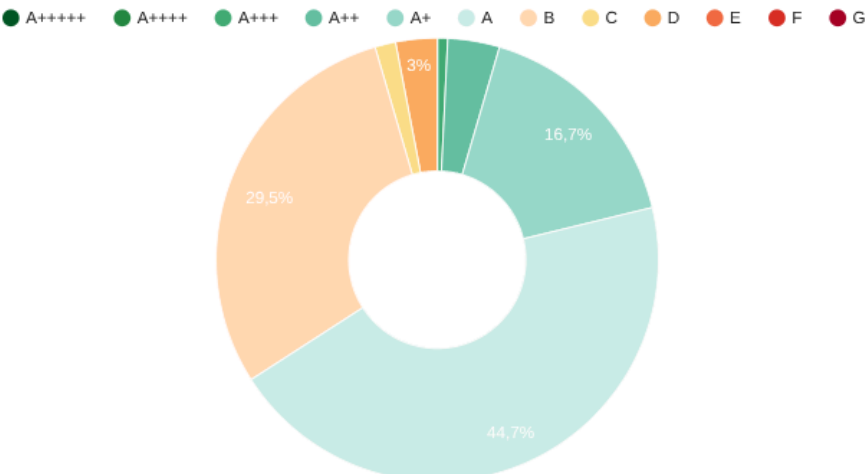


Afbeelding 16 - bronnensamenstelling Muziekbuurth

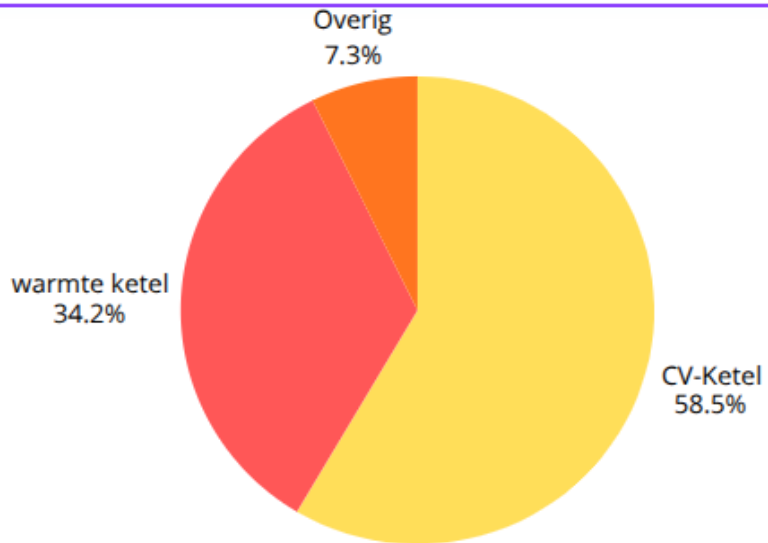
	Bij Muziekbuilt is bijna ¾ al het warmte afkomstig van een CV-ketel (zo'n 73,9%) Maar ongeveer ⅕ van het warmte wordt aan het wijk gegeven vanuit een Warmte ketel (18,1%) Tot slot is de energie in Muziekbuilt voor 8,0% afkomstig van overige bronnen. ("Transitievisie Warmte", z.d.) ...																																							
Gas- en elektriciteitsverbruik	Gas- en elektriciteitsverbruik van woningen ↗ Grafiek Tabel <table><thead><tr><th>Jaar</th><th>Gasverbruik (m³)</th><th>Elektriciteitsverbruik (kWh)</th></tr></thead><tbody><tr><td>2013</td><td>1200</td><td>2550</td></tr><tr><td>2014</td><td>950</td><td>2450</td></tr><tr><td>2015</td><td>1000</td><td>2500</td></tr><tr><td>2016</td><td>1250</td><td>2450</td></tr><tr><td>2017</td><td>1200</td><td>2400</td></tr><tr><td>2018</td><td>1180</td><td>2450</td></tr><tr><td>2019</td><td>1130</td><td>2400</td></tr><tr><td>2020</td><td>950</td><td>2450</td></tr><tr><td>2021</td><td>1100</td><td>2450</td></tr><tr><td>2022</td><td>880</td><td>2350</td></tr><tr><td>2023</td><td>800</td><td>2250</td></tr><tr><td>2024</td><td>780</td><td>2250</td></tr></tbody></table> Bovenstaande grafiek toont het gemiddeld energieverbruik per woning per jaar in de Muziekbuilt. Afbeelding 17 - gas- en elektriciteitsverbruik woningen Muziekbuilt	Jaar	Gasverbruik (m³)	Elektriciteitsverbruik (kWh)	2013	1200	2550	2014	950	2450	2015	1000	2500	2016	1250	2450	2017	1200	2400	2018	1180	2450	2019	1130	2400	2020	950	2450	2021	1100	2450	2022	880	2350	2023	800	2250	2024	780	2250
Jaar	Gasverbruik (m³)	Elektriciteitsverbruik (kWh)																																						
2013	1200	2550																																						
2014	950	2450																																						
2015	1000	2500																																						
2016	1250	2450																																						
2017	1200	2400																																						
2018	1180	2450																																						
2019	1130	2400																																						
2020	950	2450																																						
2021	1100	2450																																						
2022	880	2350																																						
2023	800	2250																																						
2024	780	2250																																						
Inwoners	Aantal inwoners per jaar ↗ De Muziekbuilt telt 4.530 inwoners in 2025. Grafiek Tabel <table><thead><tr><th>Jaar</th><th>Aantal inwoners</th></tr></thead><tbody><tr><td>2014</td><td>4050</td></tr><tr><td>2015</td><td>4100</td></tr><tr><td>2016</td><td>4150</td></tr><tr><td>2017</td><td>4200</td></tr><tr><td>2018</td><td>4250</td></tr><tr><td>2019</td><td>4300</td></tr><tr><td>2020</td><td>4350</td></tr><tr><td>2021</td><td>4350</td></tr><tr><td>2022</td><td>4300</td></tr><tr><td>2023</td><td>4450</td></tr><tr><td>2024</td><td>4500</td></tr><tr><td>2025</td><td>4530</td></tr></tbody></table> Bovenstaande grafiek toont het aantal inwoners per jaar op basis van de data van het CBS voor de Muziekbuilt. Afbeelding 18 - inwoners Muziekbuilt Zeker in de Muziekbuilt is er een grote stijging met name over de hoeveelheid inwoners. De laatste cijfers geven aan dat de	Jaar	Aantal inwoners	2014	4050	2015	4100	2016	4150	2017	4200	2018	4250	2019	4300	2020	4350	2021	4350	2022	4300	2023	4450	2024	4500	2025	4530													
Jaar	Aantal inwoners																																							
2014	4050																																							
2015	4100																																							
2016	4150																																							
2017	4200																																							
2018	4250																																							
2019	4300																																							
2020	4350																																							
2021	4350																																							
2022	4300																																							
2023	4450																																							
2024	4500																																							
2025	4530																																							

	Muziekbuur 4.530 inwoners heeft. Dit zou ook invloed moeten hebben op het gas- en elektriciteitsverbruik in de Muziekbuur. Toch wordt er in het bovenstaande diagram andere informatie gegeven. Het verbruik van elektriciteit en aardgas is vergeleken met de andere wijken relatief laag.
--	--

Hoornwijk informatie

Algemene informatie	Deze wijk bestaat net als Oud-Rijswijk uit 3 wijken. In deze wijk is het rustig, met een klein deel aan kindvriendelijke woonwijken. Hoornwijk bestaat voor een klein deel uit bewoonbare huizen en de rest bestaat uit vele bedrijven. Hierdoor ook het grote gas en elektriciteitsgebruik. Wat voornamelijk door de bedrijven veroorzaakt wordt. Het grootste percentage is tussen 1990-2010. Waarbij in 2000-2010 de meeste panden gebouwd zijn 44 panden.
Energielabels	Energielabels ↗ De meest voorkomende energielabels in de buurt Hoornwijk zijn A (59 adressen) en B (39 adressen).  Bovenstaande grafiek toont het aantal adressen per type energielabel in de buurt Hoornwijk. Hiervoor zijn de data op adresniveau uit het EP-Online systeem van de RVO gebruikt. EP-Online is de officiële landelijke database waarin energielabels en energieprestatie-indicatoren van gebouwen zijn opgenomen. De gebruikte data gelden voor de situatie per 1 juli 2025. <i>Afbeelding 19 - energielabels Hoornwijk</i> Hoornwijk loopt qua duurzaamheid voor op. De meest voorkomende energielabels zijn A, B en A+. Dit is ook te zien aan de bronnensamenstelling. Vergeleken met de andere wijken wordt de CV-ketel in Hoornwijk het minst gebruikt. Dit heeft zodanig invloed op de meest voorkomende energielabels. Er is dus ook te zien dat in Hoornwijk daarom vooral de "groene" energielabels te zien zijn. Wel is er een vreemd aspect te koppelen aan deze energielabels. Er is in Hoornwijk een hoger gasverbruik dan elektriciteitsverbruik. Dit verklaart de grote aanwezig van de energielabel C

Bronnensamenstelling



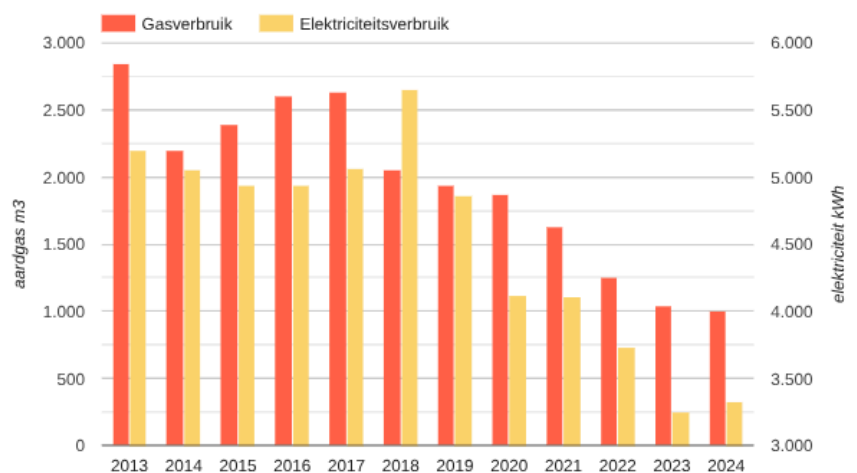
Afbeelding 20 - bronnensamenstelling Hoornwijk

Bij Hoornwijk is de verdeling tussen de bronnen waar warmte van komt wel gelijk vergeleken met de andere wijken. 58% van al het warmte komt van de CV-ketel. Dit is wel een laag percentage als dit vergeleken wordt met de andere wijken. Daarentegen wordt maar liefst 34,2 % van al het warmte verkregen uit een warmte ketel, wat dan weer een stijging is als er naar alle wijken gekeken wordt. Ook worden er ook meer andere bronnen gebruikt zoals warmtepompen (7,3% van al het warmte). ("Transitievisie Warmte", z.d.)

Gas- en elektriciteitsverbruik

Gas- en elektriciteitsverbruik van woningen [↗](#)

Grafiek [Tabel](#)



Bovenstaande grafiek toont het gemiddeld energieverbruik per woning per jaar in de buurt Hoornwijk.

Afbeelding 21 - gas- en elektriciteitsverbruik woningen Hoornwijk

Anders dan in de andere wijken is het gasverbruik hoger dan het elektriciteitsverbruik. Dat het gasverbruik hoger is dan het elektriciteitsverbruik is best logisch aangezien er bepaalde factoren zoals geld veel invloed hebben. Het elektriciteitsverbruik is in totaal 3.330 kWh en het gasverbruik is 1000 m³ aardgas.

	Zo is gas in de meeste gevallen goedkoper dan elektriciteit. Wel is er een ander vreemd aspect en dat is dat Hoornwijk dat uit heel veel bedrijven bestaat, waardoor er verwacht zou zijn dat er meer elektriciteit nodig is voor de apparatuur. Het gasverbruik zou dus lager moeten zijn, maar in Hoornwijk is het anders. De verklaring voor al deze aspecten is dat de processen die in de bedrijven plaatsvinden veel warmte nodig hebben, en aangezien er meer aardgas wordt gebruikt dat stroom om warmte te verkrijgen, is het gasverbruik hoger dan het elektriciteitsverbruik.																										
Inwoners	Aantal inwoners per jaar 🔗 De buurt Hoornwijk telt 145 inwoners in 2025. Grafiek Tabel <table border="1"> <thead> <tr> <th>Jaar</th> <th>Aantal inwoners</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2014</td><td>100</td></tr> <tr><td>2015</td><td>100</td></tr> <tr><td>2016</td><td>100</td></tr> <tr><td>2017</td><td>88</td></tr> <tr><td>2018</td><td>93</td></tr> <tr><td>2019</td><td>93</td></tr> <tr><td>2020</td><td>93</td></tr> <tr><td>2021</td><td>118</td></tr> <tr><td>2022</td><td>133</td></tr> <tr><td>2023</td><td>143</td></tr> <tr><td>2024</td><td>148</td></tr> <tr><td>2025</td><td>145</td></tr> </tbody> </table> Bovenstaande grafiek toont het aantal inwoners per jaar op basis van de data van het CBS voor de buurt Hoornwijk. <i>Afbeelding 22 - inwoners Hoornwijk</i> Vergeleken met de andere wijken heeft Hoornwijk het minste aantal inwoners. Natuurlijk heeft de hoeveelheid inwoners wel effect op het gas en elektriciteitsverbruik, maar in Hoornwijk is er een andere factor die zelfs meer invloed heeft dan de inwoners en dat zijn de bedrijfspanden in Hoornwijk. Hoornwijk heeft maar 145 inwoners, maar beschikt wel over veel bedrijfspanden. Die zorgen voor een hoog gas- en elektriciteitsverbruik, voornamelijk een hoger elektriciteitsverbruik.	Jaar	Aantal inwoners	2014	100	2015	100	2016	100	2017	88	2018	93	2019	93	2020	93	2021	118	2022	133	2023	143	2024	148	2025	145
Jaar	Aantal inwoners																										
2014	100																										
2015	100																										
2016	100																										
2017	88																										
2018	93																										
2019	93																										
2020	93																										
2021	118																										
2022	133																										
2023	143																										
2024	148																										
2025	145																										

Conclusie

In dit hoofdstuk is er geschreven over wat de warmtevraag is en de mogelijke gebruikers voor de aardwarmte. Er is ook geschreven over het energieverbruik en de energielabels van de huizen in de verschillende buurten. Dit wordt meegenomen voor de conclusie waar de aardwarmte installatie kan komen te staan.

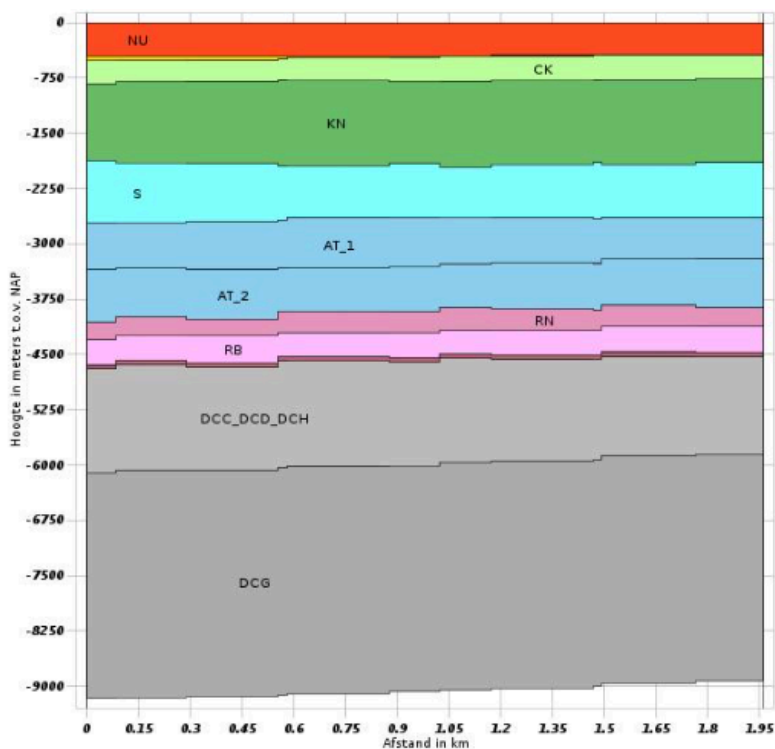
6. Bodemanalyse

Er is onderzoek gedaan naar de verschillende grondlagen onder de grond onder Rijswijk. Dit is gedaan door middel van een model van de ondergrond in Nederland, die vervolgens is afgebeeld in de afbeelding hieronder. Dit hoofdstuk van het verslag duikt dieper in de grondlagen die te vinden zijn in de grond onder Rijswijk. Hierbij wordt ook uitleg over de grondlagen gegeven en welke lagen er precies goed zijn voor aardwarmte applicaties.

Grondscans

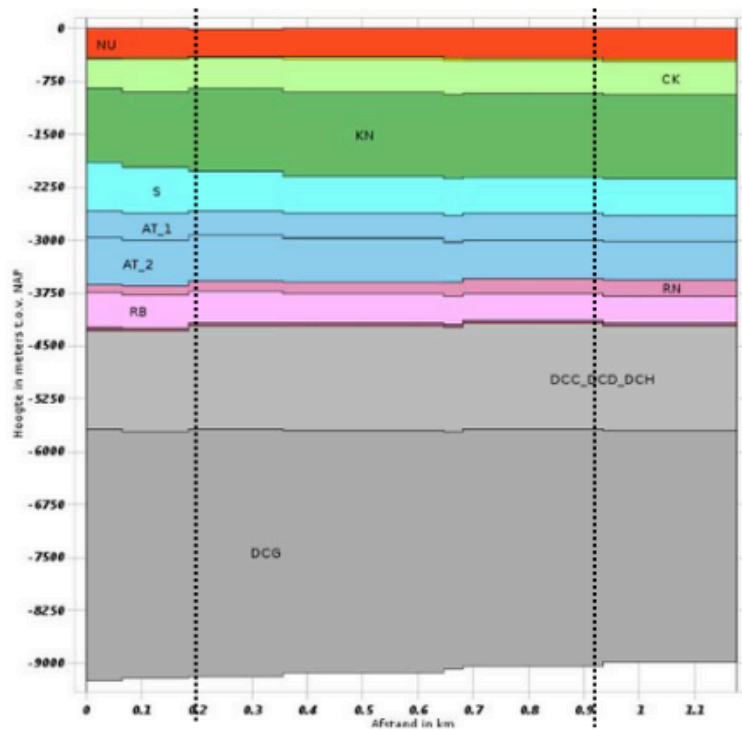
Hieronder zijn de verschillende grond scans te vinden van de verschillende wijken die er gemaakt zijn. Hierin kan worden gezien dat er veel overeenkomsten in de grondlagen zitten. Echter is het verschil tussen de wijken de dikte van de grondlagen. Dit is een belangrijk onderdeel voor het aanleggen van een aardwarmtecentrale, omdat dit vaak kan resulteren in hoe diep er geboord moet worden om een bepaalde laag te bereiken. Deze grondscans zijn gemaakt door middel van een website van TNO genaamd 'ThermoGIS'. Op deze website kunnen er verschillende grondscans gemaakt worden op basis van een specifieke locatie. Dit kan gedaan worden op wijze van een doorsnede van een lijn, zoals hieronder gedaan is. Ook kan er een plaatselijke scan gemaakt worden om de lagen op een punt op de kaart te weergeven. Voor het bodemonderzoek is er gebruikgemaakt van een dwarsdoorsnede, om een duidelijker overzicht te maken van de lagen in de wijken over het gehele oppervlakte.

Muziekbuur



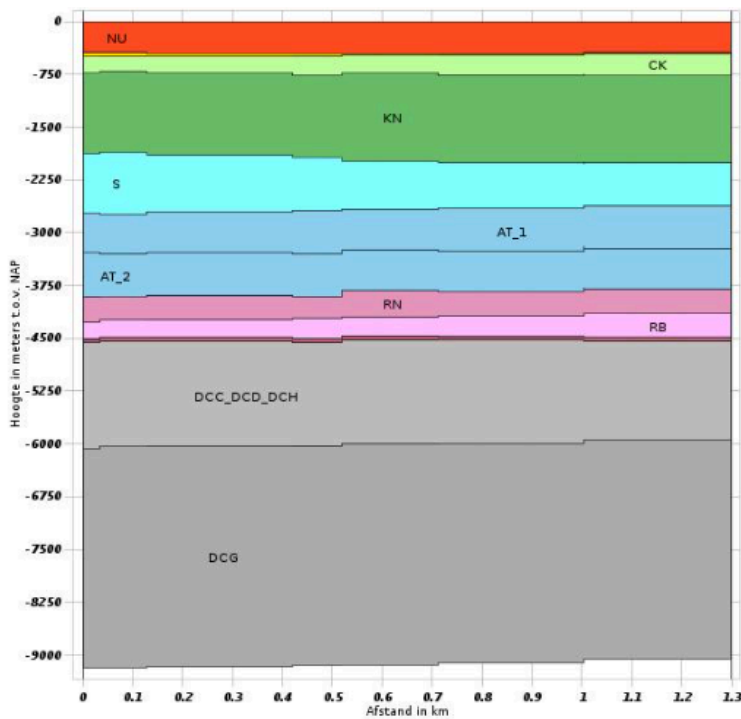
Afbeelding 23 - grondscan Muziekbuur

Kleurenbuurt



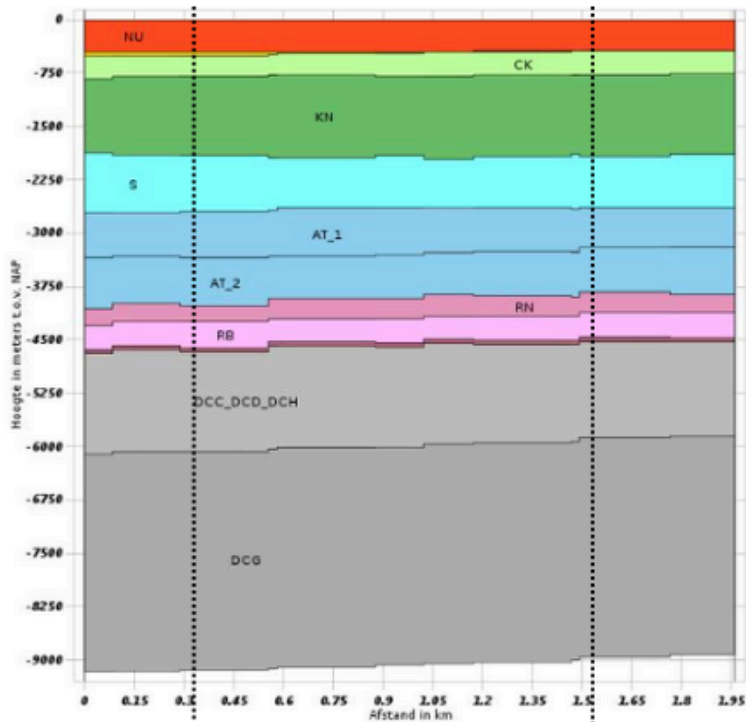
Afbeelding 24 - grondscan Kleurenbuurt

Hoornwijck



Afbeelding 25 - grondscan Hoornwijck

Oud-Rijswijk

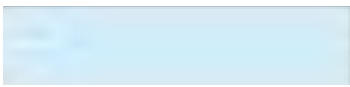


Afbeelding 26 - grondscan Oud-Rijswijk

Toelichting van de lagen

Hieronder is een tabel gegeven van de verschillende lagen en de eigenschappen hiervan. Dit kan gebruikt worden voor het begrijpen van de bovenstaande scans van de grond. De informatie hieronder is verkregen door beraad te doen aan de website DinoLoket. Hierdoor kunnen de gesteentegroepen benoemd worden en kan er een korte beschrijving gegeven worden per laag. Deze informatie heeft een grote relevantie voor het onderzoek door het feit dat deze beschrijvingen informatie bevatten over welke soorten gesteente in de lagen voorkomen. Hier later meer over. Voor sommige onduidelijke informatie over specifieke gesteente lagen met een gesteentegroep, waar niet veel over te vinden is, is er een vraag gesteld op het PWS-forum van het TU Delft. Deze vragen en het antwoord kan gevonden worden in de bijlage

Kleur	Afkorting	Naam	*Lithologische beschrijving
	NU	Boven-Noord zee groep	Klei en fijn- tot grofkorrelig zand en lokaal grind. Ook zijn er Veen- en bruinkool lagen, Dit gaat richting het noorden en het westen.

	NL_NM	Onder- en Midden-Noord zee groepen	Onder-Noordzee Groep:
	CK	Krijtkalk Groep	Het bestaat voornamelijk uit carbonaatgesteenten. Dit bestaat grotendeels uit witte, vaalgele, crème en lichtgrijze, harde fijnkorrelige *bioklastische kalkstenen en *mergelige kalkstenen
	KN	Rijnland Groep	Deze laag bestaat uit een groep van kleiige formaties. Aan de basis kan dit zandsteen lagen bevatten.
	S	Schielanden en Nedersaksen groepen	Schielanden: Bonte kleistenen die grijs van kleur zijn. Ook bestaat het uit stekelachtige tot kleiige zandstenen en enkele steenkoollagen Nedersaksen groepen: Een groep formaties met dat vooral uit kleiige *lithologie
	AT_1	Altena Groep	Opeenvolging van fossilhoudende, grijze kleistenen. Deze zijn immers wel bedekt door plaatselijke zandige kleistenen.
	ATP O	Altena Groep	Het bestaat uit een eenheid van donkergrijze tot bruinzwarte, bitumineuze kleisteen dat gespleten is.
	AT_2	Altena Groep	Fijnkorrelige kleisteen en *schalie, afgewisseld met dunne lagen siltsteen, zandsteen of kalksteen.
	RN	Boven-Germaanse Trias Groep	Deze laag bestaat uit *evaporieten, carbonaten, zandstenen en bonte, siltige kleisteen.

	RB	Onder-Germaanse Trias Groep	Het bestaat uit rode zandstenen, kleistenen en siltstenen.
	ZE	Zechstein groep	Een opeenvolging die bestaat uit carbonaten en evaporieten met dunne inschakelingen kleisteen.
	RO	Boven-Rotlieg end groepen	Deze laag bestaat een groep van formaties die uit *conglomeraten, evaporieten en kleistenen en rode zandstenen
	RV	Onder-Rotlieg end groep	Opvolging van siliciklastische roodbruine sedimenten en basalt vulkanieten.
	DCC_D CD-DC H	Limburg Groep	DCC: afwisseling van grijze, rode, en groenachtige zandige siltige kleistenen en zandstenen DCD: afwisseling van rode kleistenen, geulzandstenen en een paar steenkoollagen. DCH: voornamelijk uit roodbruine fijnkorrelige zandige kleistenen.
	DCG	Seul groep	Cyclische opeenvolging vooral van fijnkorrelige afzettingen zonder steenkoollagen.

Afbeeldingen en informatie van grondlagen uit Dinoloket

Grondsoorten en hun permeabiliteit

Verder is doorlaatbaarheid, ook wel bekend als *permeabiliteit, voor het winnen van warmte via de aard uitermate belangrijk. Dit vertelt veel over de mogelijkheid om water te laten transporteren door de ondergrond en of er een *aquifer met warm water aanwezig is. Water op een bepaalde diepte heeft de juiste temperatuur voor aardwarmte applicaties.

Op grond van permeabiliteit is vooral sedimentair gesteente het beste geschikt. Dit komt doordat deze gesteente de grootste korrelgrootte heeft en hierdoor water goed doorlaten. Voorbeelden van dit gesteente zijn zandgesteenten. Deze gesteenten zijn het meest permeabel en gewenst, zodoende dat water goed van de injectie naar de productieput kan stromen. Echter zijn kleiige gesteenten en zouten het minst geschikt voor het vervoeren van water. Kleiige gesteenten hebben een grote dichtheid en een kleine korrelgrootte. Doordat deze gesteenten weinig water doorlaten kunnen er aquifers ontstaan in de lagen boven de

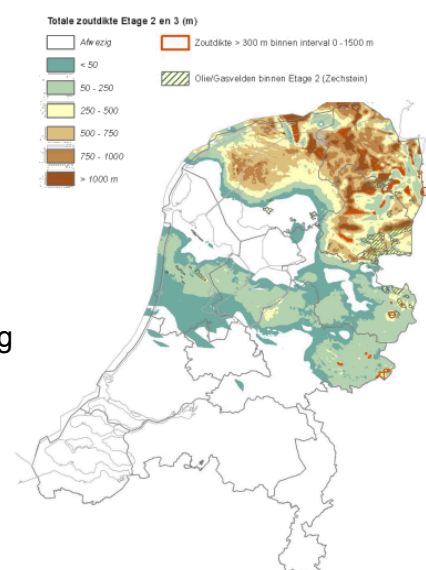
lagen met kleiige gesteenten, wat erg gunstig voor de winning van warmte door water is. Zouten hebben een ander groot nadeel, want zouten lossen op in water. Dit leidt ertoe dat er een grote grondlaag wordt weggehaald doordat het zout oplost, waardoor het aardoppervlak instabiel wordt. De grootste kansen waar aardwarmte gewonnen kan worden zijn Zuid-Holland, Noord-Brabant, Gelderland en Limburg. Dat komt omdat daar de geschikte lagen op de juiste diepte liggen. Later wordt er in het onderzoek nog een aansluitend experiment met koffie gedaan om het effect van permeabiliteit te tonen.

Lagen in de wijken

Andere belangrijke factoren voor aardwarmte zijn de gesteente lagen of de gesteente groepen die in de aarde liggen. Dit is vooral belangrijk voor het vaststellen van mogelijke aquifers die ontstaan zijn in de grond en gebruikt kunnen worden voor de productie van warmte. Deze aquifers moeten voor de juiste watertemperatuur op een diepte van ongeveer twee tot drie kilometer diep liggen.

Bij de wijken Muziekburch, Hoornwijk en Oud-Rijswijk komen er op de diepte van twee tot drie kilometer de lagen onder de afkortingen KN, S en AT_1 voor. KN is de 'Rijnland groep'. Deze groep bevat kleiige gesteente en ook zandgesteente. Daarna komt de laag onder de afkorting S, wat de 'Schielanden en Nedersaksen groepen'. Deze groepen bestaan ook uit bruin vormige, kleiige gesteente en zandgesteente, maar ook kleine hoeveelheden aan steenkoollagen. Daaronder ligt de bovengrens voor de richtlijn voor boordiepte (3000 meter diep), het gesteente onder de afkorting AT_1, wat de 'Altena groep' bevat. Deze groep bevat grijs-vormige kleigesteente met fossielen. Verder bevat deze groep ook plaatselijke zanderige kleistenen. Naast deze groepen bevat de Kleurenbuurt ook nog het gesteente onder de afkorting AT_2. Dit is gesteente dat behoort tot de 'Altena groep'. Hoewel er weinig tot geen informatie over deze groep te vinden is op het net, is er een vraag gesteld aan het PWS-Forum van de TU Delft aan studenten. Deze vertelde dat het gesteente onder de afkorting AT_2 dezelfde eigenschappen heeft als de andere 'Athena groep' gesteente. Echter ligt deze gesteentelaag te diep om deze te appliceren voor aardwarmte.

Van de op juiste diepte gelegen lagen onder de afkortingen KN, S en AT_1 zijn er veel voordelen en nadelen voor het gebruik van deze aardwarmte. Kleiige gesteenten moeten het meest vermeden worden, omdat ze bijna geen water doorlaten. Hierdoor is de grondlaag onder de afkorting AT_1 volkomen ongeschikt voor aardwarmte-applicaties. Echter heeft deze gesteentelaag een bevorderend effect op de realisatie van een aardwarmtecentrale, omdat er een aquifer kan ontstaan op deze gesteentelaag. Dat de grondlaag onder de afkorting KN volkomen ongeschikt is, is weinig over te spreken omdat deze degelijk zandgesteente bevat.



Afbeelding 27 - kaart zouten in Nederland

Zouten komen over het algemeen weinig voor in deze omgeving, dus de kans op deze mineralen in de omgeving is gering. Dit is te zien in de kaart op de vorige bladzijde. Deze is gemaakt door de TNO om de mogelijkheid te weergeven voor het winnen van steenzout (zouten in de ondergrond). Uit de beschrijving per laag, die hierboven te vinden is (bladzijde 33 tot en met 35), is te concluderen dat de laag onder de afkorting S de hoogste kans voor een succesvolle warmtewinning heeft. Omdat deze laag uit kleiige en stekelachtige zandstenen bestaat, heeft het een hogere permeabiliteit dan de andere grondlagen. Wel is er mogelijkheid voor plaatselijke klei. In vergelijking met andere lagen is de kans op deze stenen het laagste bij deze grondlaag. Andere lagen bestaan vooral uit kleiig gesteente. De mogelijkheid bestaat dat hier ook plaatselijke zandige kleisteen of zandsteen voorkomen, maar de kans hierop is te laag om deze informatie te gebruiken voor een uiteindelijke conclusie voor een wijk. Wel zijn kleiige zandstenen, die echter wel aanwezig zijn, mogelijk minder geschikt voor aardwarmte, door de aanwezigheid van een kleiige structuur.

Temperatuur

Temperatuur speelt ook een grote invloed op de aardwarmte. Dit komt doordat de mogelijkheid tot het gebruik van deze warmte afhankelijk is van de warmte van het water. Voor hogere temperaturen kan de warmte gebruikt worden voor grotere gebouwen. Hierdoor is het ook belangrijk om deze factor in het onderzoek mee te nemen. Voor aardwarmte wordt er over het algemeen een temperatuur van ongeveer 75° C gebruikt.

De eerder besproken grondlagen met de gesteente groepen liggen op verschillende dieptes met de volgorde: KN, S, AT_0, AT_1, AT_2. Hierdoor is te concluderen, met middel van afbeelding 1 uit de oriëntatie, dat de laag onder de afkorting KN de laagste temperatuur heeft (50 ~ 60° C) en de laag onder de afkorting AT_2 de hoogste temperatuur heeft (80 ~ 100° C). Natuurlijk zal de temperatuur alleen maar toenemen naarmate er naar diepere lagen gekeken wordt en is de diepte van de lagen verschillend per wijk. De laag onder de afkorting S ligt over het algemeen op een diepte van 2000 ~ 2500 meter. Hier heeft deze laag een temperatuur van 60 - 75 graden, volgens afbeelding 1 in de oriëntatie. Hierdoor heeft deze grondlaag een geschikte temperatuur voor de aardwarmte. Wel is de temperatuur van 75 graden op de grens van deze laag en de laag die daarna komt. Voor mogelijke hogere temperaturen voor bijvoorbeeld bedrijven zou er geboord moeten worden tot een diepere laag, zoals de laag met de gesteentegroep onder de afkorting RN. Deze laag heeft ook de vereiste permeabele eigenschappen.

Conclusie

Op basis van het bodemonderzoek kan er geresulteerd worden dat voor aardwarmte de gesteentegroep onder de afkorting S het meest geschikt is. Deze gesteentegroep komt in elk van de vier wijken voor en daardoor is het geologisch mogelijk om deze techniek in elk van de wijken te gebruiken. Echter ligt de gesteentegroep S bij veel wijken op een diepte van 2000 ~ 2500 meter, wat resulteert dat het water voor de aardwarmte niet warmer dan 75 graden wordt. Deze temperatuur is geschikt voor aardwarmte, maar temperatuurveranderingen zijn sterk afhankelijk van andere plaatselijke factoren. Voor hogere temperaturen zou er dieper geboord moeten worden om de gesteentegroep onder de afkorting RN te bereiken, wat niet mogelijk is omdat er dan gebruik wordt gemaakt van Ultra-diepe geothermie. De lagen van de Athena groep, AT_0, AT_1 & AT_2, zijn echter ongeschikt door de aanwezigheid van kleistenen, die een verlaagde permeabiliteit hebben. Wel hebben deze lagen een bevorderend effect voor de realisatie van een aardwarmtecentrale, doordat er een aquifer kan ontstaan op deze grondlagen door de permeabiliteit eigenschappen van deze gesteentesoorten.

7. Experiment

Er is gekozen om een experiment te doen met grof en fijn gemalen koffie om extra kennis te krijgen over hoe water door bepaalde objecten heen gaat. Op deze manier is het eigenlijk een simulatie van de doorlaatbaarheid van stenen, wat nodig is voor een aardwarmteinstallatie. Elke soort steen heeft weer andere gesteente-eigenschappen, maar wat hier onderzocht is hoe de druk bijdraagt bij de doorlaatbaarheid van de stenen. Vervolgens wordt de wet van Darcy hierop toegepast en kan het resultaat worden berekend met welke de hoogste permeabiliteit heeft.

Benodigdheden:

- Fijn gemalen koffie
- Grof gemalen koffie
- Linaal
- Koffie pers
- Stopwatch (Horloge/telefoon)
- Koffie mok of bak (om het water/koffie op te vangen)
- Een beker (met een inhoud van ~200ml)
- Koffiefilter
- Water
- Gewicht (~7.5 kg)

Stappenplan:

Stap 1: Verzamel alle benodigdheden en leg ze gespreid en overzichtelijk op de tafel.

Stap 2: Doe de koffiefilter in/onder de koffiepers en bekijk of alles goed vast zit.

Stap 3: Meet de afstand tussen/van de filter tot en met de bovenkant van de koffie pers met een linaal in mm.

Stap 4: Scoop als eerst een schepje van ~25 gr. uit de fijngemalen koffiepoeder en strijk het in de koffiepers af tot een rechte horizontale lijn.

Stap 5: Plaats de koffiepers boven de opvangbak of koffiemok. Vul vervolgens de koffiepers met water en dat moet ongeveer 200 ml water zijn.

Stap 6: Plaats vervolgens de perser van de koffiepers op de onderkant van de koffiepers en druk het water met een constante snelheid en druk door de fijngemalen koffie. Hierbij is het doel om de koffie te verzadigen met de korrels en het water van de gemalen koffie goed tegen de filter aan te drukken. De filtraat / de koffie die in de bak is terechtgekomen mag worden weggegooid. (Water tot ongeveer het 2e streepje).

Stap 7: Vervolgens moet van het residu (koffie die in de pers is achtergebleven) de dikte worden gemeten (in mm). Ook moet nogmaals de afstand tussen de bovenkant van de filter en de bovenkant van het residu worden gemeten.

Stap 8: Vul de koffiepers opnieuw met water, gebruik hiervoor de extra beker met een inhoud van ongeveer 200 ml. Schenk het water tot aan het vierde streepje van de koffiepers. **Let op, 8 en 9 moet meteen na elkaar worden uitgevoerd, omdat het water waarschijnlijk gelijk begint met lopen**

Stap 9: Plaats direct na het vullen, de bovenkant van de koffiepers op de onderkant. Druk niet met de hand op de bovenkant. Plaats vervolgens de gewichten zorgvuldig in het midden van de pers, zodat deze gelijkmatig naar beneden wordt gedrukt en de koffie langzaam door de filter stroomt. Zorg ervoor dat de constructie stabiel staat en niet kan omvallen.

Stap 10: Pak de stopwatch erbij. Eén persoon plaatst de gewichten op de koffiepers, terwijl de andere persoon de stopwatch start op het moment dat de gewichten zijn neergelegd. Meet de tijd die nodig is om al het water volledig door de koffie te laten lopen. Stop de stopwatch zodra de koffiepers niet meer druppelt. Noteer het aantal seconden dat het duurde tot de pers volledig leeg was.

Stap 11: Herhaal het experiment zodra de eerste meting is voltooid. Voer alle stappen opnieuw uit, maar gebruik dit keer fijn gemalen koffie in plaats van grof gemalen koffie.

Voer het experiment voor beide koffiesoorten (grof en fijn gemalen) drie keer uit om betrouwbare en nauwkeurige resultaten te verkrijgen. Door de metingen meerdere keren te herhalen, kan worden onderzocht of de doorlooptijd van het water door de koffie verschilt tussen de twee soorten maling en of de resultaten consistent zijn.

Resultaten:

(standaard: 126 mm)

Grof: 101 - 3.32 s

Fijn: 113 - 7.68

De doorlaatbaarheid van de koffie kan berekend worden met de wet van Darcy:

$$Q = KA\mu LP$$

$$Q = K \cdot A \cdot \mu \cdot L \cdot P = KA\mu LP$$

(Balansmethode)

$$K = \frac{Q}{A\mu LP}$$

Q	Debiet (doorstroming)	m ³ /s	Hoeveel water stroomt per seconde
K	Intrinsieke permeabiliteit	m ²	Eigenschap van het filtermateriaal
A	Oppervlak	m ²	Doorsnede
μ	Viscositeit	N·s/m ²	Stroperigheid van vloeistof
L	Lengte of dikte van medium	m	Hoogte van koffie laag
ΔP	Drukverschil	N/m ² (Pa)	Druk van boven min die van onder

Er wordt als eerst de doorlaatbaarheid voor koffie soort fijn gemeten via deze berekeningen:

$$P = \frac{F}{A}$$

$$A_{\text{Doorsnede}} = 50 \text{ mm} ,$$

$$A_{\text{Diameter}} = r + r$$

$$A_{\text{oppervlakte}} = \pi \cdot 25^2 = 1963,5 = 1,9 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$F = m \cdot 9,81$$

$$7,4 \cdot 0,076 \text{ kg} = 7,476 \text{ kg} (m = m_{\text{opleggewicht}} + m_{\text{gewicht koffiepers (bovenkant)}})$$

$$F = m \cdot 9,81 = 7,476 \cdot 9,81 = 73,34 \text{ N}$$

$$P = \frac{73,39}{1,9 \cdot 10^{-3}} \approx 38.600 = 3,9 \cdot 10^4 \text{ Nm}^{-2}$$

$$1 \text{ Nsm}^{-2} = \mu_{\text{water}}$$

(Variable - fijn)

$$Q_{\text{fijn}} = \frac{V}{t}$$

$$V_{\text{fijn}} = 0,2 \text{ L} = 2,0 \cdot 10^{-1} \text{ L} = 2,0 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3$$

(Dichtheid water = 1 g/ml = 1 l/m³)

$$t_{\text{fijn}} = 7,68 \text{ seconden}$$

$$m_{\text{opleggewicht - fijn}} = \frac{2,0 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3}{7,68 \text{ s}} = 2,6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L_{\text{fijn}} = 0,013 \text{ m}$$

$$K = \frac{Q \cdot \mu \cdot L}{A(\text{delta}) \cdot P}$$

$$K_{\text{fijn}} = \frac{(2,6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}) \cdot (1,0 \cdot 10^{-3}) \cdot (0,013)}{73,34} \approx 4,62 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$$

(Variable - grof)

$$Q_{\text{grof}} = \frac{V}{t}$$

$$V_{\text{grof}} = 0,2 \text{ L} = 2,0 \cdot 10^{-1} \text{ L} = 2,0 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3$$

(Dichtheid water = 1 g/ml = 1 l/m³)

$$t_{\text{grof}} = 3,32 \text{ seconden}$$

$$m_{\text{opleggewicht - grof}} = \frac{2,0 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3}{7,68 \text{ s}} = 3,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L_{\text{grof}} = 0,025 \text{ m}$$

$$K = \frac{Q \cdot \mu \cdot L}{A(\text{delta}) \cdot P}$$

$$K_{\text{grof}} = \frac{(3,043 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}) \cdot (1,0 \cdot 10^{-3}) \cdot (0,025)}{73,34} \approx 1,04 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$$

$$K_{\text{fijn}} = 2 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$$

$$K_{\text{grof}} = 1,04 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$$

Conclusie

De permeabiliteit van grof gemalen koffie en fijn gemalen koffie zijn bepaald met behulp van de wet van Darcy, hierbij is er gebruik gemaakt van het gemeten debiet, de viscositeit van water, het drukverschil, het doorstroomoppervlak en de hoogte van de koffie laag. Uit de berekeningen blijkt dat grof gemalen koffie een permeabiliteit heeft van $1,04 \cdot 10^{-11} m^2$ en de fijn gemalen koffie heeft een kleinere doorlaatbaarheid/permeabiliteit namelijk:

$$4,62 \cdot 10^{-12} m^2$$

Het verschil kan worden verklaard door de grotere korrels van de grof gemalen koffie. Hierdoor kunnen er meer open ruimtes en poriën aanwezig zijn en daar kan water weer makkelijker doorheen stromen. Ook ondersteunt dit experiment de bevindingen die er eerder zijn gemaakt over de vergelijking met geologische lagen. Net zoals dat grove koffie een betere doorlaatbaarheid heeft dan fijne koffie, geldt dit ook voor zand(en) (S-laag) met grotere korrels, dit zorgt voor een hogere doorlaatbaarheid dan fijnere lagen zoals klei (AT_1 en _2) en silt. Om deze reden sluit dit experiment aan bij de keuze om de geothermie-installatie te plaatsen in de S-laag.

8. Analyse locatie per wijk

Om een dieper inzicht te krijgen in alle mogelijke locaties in elke wijk, werd er ingezoomd op elk wijk en werden de beste mogelijkheden op een rijtje bestudeerd. Hierbij werden telkens elke voordelen en nadelen van een bepaalde locatie bepaald. Dit zorgt voor een versteviging en verklaring van het resultaat. Ook bij elke buurt een kaart te zien waarin elke mogelijke locatie duidelijk staat aangegeven.

Muziekbuurt

Muziekbuurt is nogal dichtbevolkt en kan daardoor geen ruimte hebben voor een aardwarmte-installatie. Toch bevinden er zich in Muziekbuurt een paar mogelijke locaties die zo hun voordelen en nadelen hebben. Er werd ook gekeken naar de bepaalde locaties in de buurt van Muziekbuurt die eventueel ook een optie kunnen zijn. In de buurt van Muziekbuurt zitten namelijk wel veel grasvelden of natuurgebieden bijvoorbeeld, maar sommige van hen kunnen maar beter niet worden aangepast. Om de beste keuze uit muziekbuurt te halen werd elke locatie goed onderzocht vanuit meerdere invalshoeken. Factoren als infrastructuur, plaats vergeleken met bebouwing, functie en plaats kunnen in zekere mate invloed hebben op de keuze van de beste mogelijkheid in Muziekbuurt. Een groot voordeel dat alle gebieden in en rondom Muziekbuurt bezitten is dat de WarmtelinQ al is aangesloten op Muziekbuurt, waardoor er niet speciaal voor de warmtenet infrastructuur moet worden aangelegd.

Grasveld 1

Bij Muziekbuurt zijn er een paar buurten als mogelijkheden om er de aardwarmte installatie te plaatsen. Grasveld 1 is het grootste aangeduide gebied. Grasveld 1 is in het *Wilhelminapark*. Dit is een van de bekendste parken in Rijswijk waar wekelijks veel bezoekers aanwezig zijn. De plaatsing van een aardwarmte-installatie zal voor veel teleurstelling zorgen onder de bezoekers en veel ontevredenheid dat vermijdt kan worden. Bovendien bevinden zich meerdere heuvels, waardoor de grond niet in optimale toestand is voor een aardwarmte-installatie. Daarnaast is dit park een leefgebied voor heel veel diersoorten waardoor de plaatsing van een aardwarmte-installatie voor de meeste dieren een verstoring zal zijn. Wel is het gebied makkelijk bereikbaar door de aanwezigheid van wegen in de buurt. Als het aan de infrastructuur ligt, is het gebied wel een mogelijkheid. Daarnaast is er niet veel bebouwing in de buurt, waardoor het niet voor veel lawaai zal zorgen voor de buurtbewoners. Daarentegen zijn de nadelen meer dan de voordelen en de plaatsing van een aardwarmte-installatie op dat gebied niet een heel handig idee.

Grasveld 2

Het tweede grondgebied dat werd gemarkeerd is tarweakker. Regelmatig wordt er ook geoogst en gezaaid. Dit stuk grond bevindt zich langs een fietspad, een weg in de bebouwde kom, een voetbalclub en een speelveldje. Bovendien is dit stuk grond omringd door een sloot, waardoor er dus relatief veel moet worden gewerkt aan de infrastructuur. Daarnaast zal het ook voor lawaai zorgen bij de voetbalclub en zal het ook het plezier van de jongeren storen, zowel op het veld als bij de voetbalclub.

Grasveld 3

Het derde grondgebied dat werd gemarkeerd en in de eerste instantie als keuze stond is het gebied dat is gemarkeerd in het groen. Dit stuk grond behoort tot de nabijgelegen voetbalclub (*RVV Semper Altius*). Dit gebied is wel makkelijk bereikbaar, maar aangezien het alleen bereikbaar is via de voetbalclub, zal het voor veel overlast zorgen. Bovendien mag het clubje zelf besluiten of het zo'n project op haar grond wil laten uitvoeren of niet, indien het wel de eigenaar is. Aangezien de club vaak gebruikmaakt van dit stuk grond, zal de kans dus relatief heel klein zijn. Daarnaast profiteert de club niet van deze aardwarmte-installatie, maar zal het juist verlies lijden.

Grasveld 4

Het vierde stuk grond is een kleine weide waar voor een lange periode werkzaamheden bezig waren. Daarvoor en ook na deze gravingen bleef dit stuk grond een weide voor vooral schapen. Dit stuk grond is goed bereikbaar, waardoor er niet veel gewerkt moet worden aan de infrastructuur. Dat het een weide is, zegt ook dat een installatie alleen realiteit kan worden bij een akkoord van de eigenaar. Indien deze grond wordt verhuurd, moet dit dus gebeuren via de gemeente. Ook hierbij zal de eigenaar niet veel profijt hebben van deze installatie en vooral nadat op dit stuk grond voor een lange periode werkzaamheden plaatsvonden. Een ander groot nadeel is dat dit stuk grond zich rechtstreeks naast een groot flatgebouw bevindt. Een aardwarmte-installatie zal dus voor veel lawaai en onrust zorgen bij de buurtbewoners.

Grasveld 5

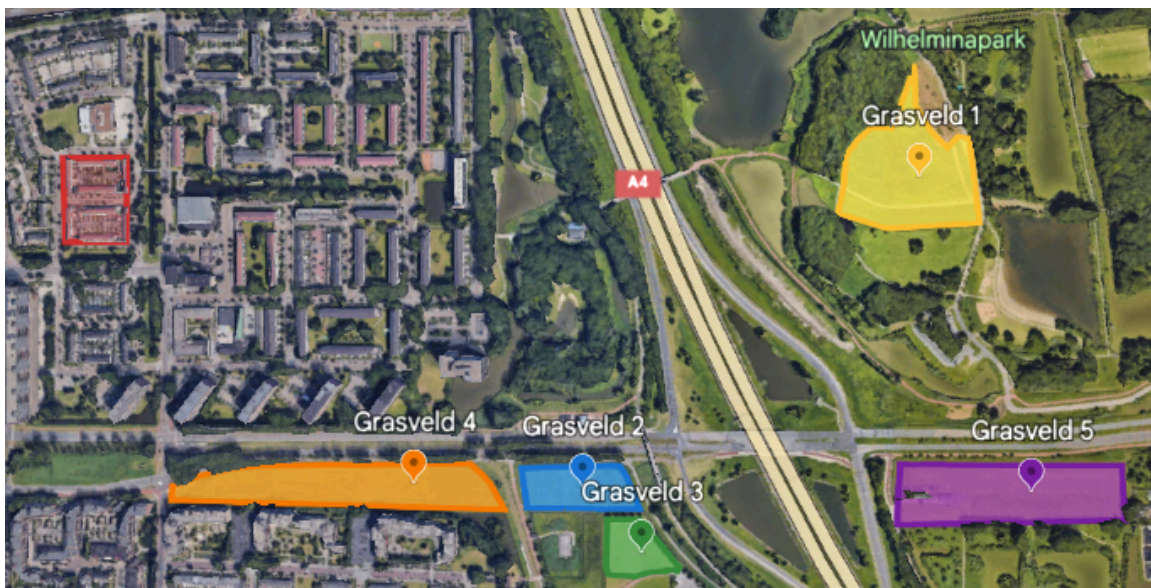
Net als grasveld 4 is dit stuk grond ook weer een weide of een klein boerderijtje. Toch bestaat het gemarkeerde stuk ook uit een stuk gras dat niet bij de boerderij hoort. De twee gebieden bevinden zich langs een weg binnen de bebouwde kom, langs een fietspad en zijn omringd met meerdere wateren. Het gebied is dus makkelijk bereikbaar en aangezien er al eerdere werkzaamheden hebben plaatsgevonden is het gebied qua infrastructuur in optimale toestand voor een aardwarmte-installatie. Daarnaast is er niet veel bebouwing in de buurt, waardoor er geen lawaai is voor buurtbewoners. Naast het feit dat deze locatie een mogelijkheid zou kunnen zijn, ligt het wel een beetje ver.

Mogelijkheid 6

Tot slot werd er ook nog gekeken naar het eventueel neerhalen van bepaalde gebouwen. Dit werd gedaan, om alle mogelijkheden goed te bestuderen en tot een beter en specifiek resultaat te komen. Er werd gekeken naar de straat waar zo min mogelijk hoogbouw plaatsvindt, waardoor niet zoveel buurtbewoners betrokken zouden zijn. Na een berekening bleek dat er ongeveer 57 huizen neergehaald zouden moeten worden om genoeg ruimte te creëren. Indien deze installatie op deze plaats zou worden geplaatst, zou het voor veel lawaai voor buurtbewoners zorgen. Dit stuk bevindt zich rechtstreeks langs bebouwing waardoor buurtbewoners direct zijn betrokken. Wel is deze plek makkelijk bereikbaar door alle middelen en hoeft er geen speciale infrastructuur te worden aangelegd voor dit project. Daarnaast zijn er ruim 150 inwoners die een andere woning nodig hebben. Er moet dus ook voor al deze inwoners andere woningen worden gezorgd. Gezien de huidige woningtekort gaat dit nogal lastiger.



Afbeelding 28 en 29 - Beschikbare locaties Muziekbuurthoofdwijk



Conclusie muziekbuurt

Muziekbuurthoofdwijk beschikt over meerdere goede mogelijkheden die voornamelijk natuurlijke gebieden zijn. Van boerderijen naar parken, er zijn relatief veel open plekken die eventueel kunnen worden gebruikt voor de plaatsing van een aardwarmte-installatie, maar wat niet slim is doordat het bijvoorbeeld een bekend park is. Uit de zes mogelijkheden uit Muziekbuurthoofdwijk bleek grasveld 5 de beste optie te zijn. Deze locatie heeft wel zijn nadelen, maar die zijn veel minder dan de nadelen van de andere locaties. Daarnaast werd er niet alleen gekeken naar grasvelden of open gebieden, maar ook naar straten waarvan de woningen neergehaald konden worden voor de realisatie van een aardwarmte-installatie. Ook hierbij werden alle voor- en nadelen goed met elkaar vergeleken. Hieruit bleek dat de nadelen veel meer waren dan de voordelen.

Kleurenbuurt

Evenals Muziekbuurt heeft Kleurenbuurt ook weinig ruimte door een hoge bevolkingsdichtheid en dus ook meer woningen. Overigens zijn er wel zeer goede mogelijke locaties rondom Kleurenbuurt die wel degelijk het voorstel van de boorlocatie zouden kunnen zijn. Aangezien er veel goede opties zijn wordt er ook telkens vanuit diepere inzichten gekeken om weer het beste uit alle mogelijkheden te halen. Een groot voordeel die alle locaties van Kleurenbuurt hebben, is de aansluiting op de warmtelinQ. Hierdoor zijn er geen oplopende kosten en hoeft er dus minder moeite gedaan te worden aan de infrastructuur onder de grond voor het warmtenet. Om de beste voorstel locatie uit alle mogelijkheden te nemen, moet elke locatie grondig worden onderzocht. Zo spelen meerdere factoren als bebouwing in de buurt en infrastructuur een belangrijke rol.

Grasveld 1

Als eerste mogelijkheid in kleurenbuurt staat grasveld 1. Dit stukje grond bevindt zich dicht bij het *Kruisvaarderspark* en is omringd met andere grasvelden. Dit grasveld is heel makkelijk bereikbaar waardoor alle middelen vervoerd kunnen worden. Daarnaast is er niet veel bebouwing rondom het grasveld, waardoor de buurtbewoners niet veel zullen merken van het project. Wel is het gebied te groot voor de installatie en zal er dus overbodig veel ruimte aanwezig zijn, dat beter tot natuur en recreatie kan behoren.

Grasveld 2

Het tweede gebied is ook weer een grasveld dat vlak naast grasveld 1 ligt. Grasveld 2 ligt zoals grasveld 1 dicht bij het *Kruisvaarderspark* en is wederom omringd met andere grasvelden. Daarnaast bevindt er zich wel een klein kinderdagverblijf, wat tegelijkertijd ook het enige gebouw in de buurt is. Er is dus niet echt sprake van veel bebouwing en er zullen dus ook niet veel mensen last van het project hebben. Bovendien is dit grasveld ook zeer goed en makkelijk bereikbaar en is het veldje omringd met bomen, waardoor alles goed bedekt blijft. Daarnaast is dit het perfecte formaat voor een aardwarmte-installatie en blijft er zoveel mogelijk ruimte over voor de natuur.

Grasveld 3

Het derde gebied is weer een grasveld dat ook dicht bij de andere grasvelden ligt, maar dat ook redelijk dicht bij een spoorweg en een paar andere huizen. Een voordeel is dat grasveld 3 ook goed bereikbaar is. Ook grasveld 3 is omringd met bomen en er bevindt zich weinig bebouwing waardoor buurtbewoners er ook niks van opmerken. Dit grasveld ligt wel zeer dicht bij het *Kruisvaarderspark*. Indien deze installatie op grasveld 3 komt, zal dat wel een beetje voor verstoring zorgen voor de bezoekers evenals grasveld 1 en is het handiger om een kijkje te nemen naar de andere grasvelden.

Grasveld 4

Net als grasveld 1 is grasveld 4 ook een groot veld dat weer omringd is met veel bomen, grasvelden en dichtbij een weg en een spoorweg ligt. Hierdoor is het redelijk goed bereikbaar en kunnen alle middelen goed vervoerd worden. Daarnaast is er een kinderdagverblijf in de buurt, maar door de bedekking van de bomen zal het niet heel erg opmerkbaar zijn. Er is dus niet expliciet sprake van bebouwing en zullen er niet veel mensen last hebben van de installatie. Wel is het formaat van het grasveld zo groot, dat er overbodig veel ruimte aanwezig is. Het deels gebruiken van dit grasveld zal ook niet een handig idee zijn, aangezien er ook andere grasvelden beschikbaar zijn met een beter formaat.

Grasveld 5

Dit grasveld ligt precies tussen alle andere grasvelden en is ook makkelijk bereikbaar via een voetpad. Ook is grasveld 5 omsingeld door water (een sloot) en is er weinig bedekking door de bomen. Er is ook weinig bebouwing in de buurt, waardoor er niet veel overlast zal worden veroorzaakt voor de buurtbewoners. Aangezien dit grasveld wel precies in het midden ligt en weinig bedekking heeft, zal het wel goed zichtbaar zijn en zal het een slechte toepassing worden in zo'n natuurlijk gebied. Indien het goed bedekt was, zou het wel een sterke optie kunnen zijn, maar zolang andere grasvelden nog mogelijk zijn, is het beter om grasveld 5 niet te kiezen.

Mogelijkheid 6

Ook bij kleurenbuurt werd gekeken naar alle mogelijkheden dus ook het neerhalen van gebouwen om op die plaats een aardwarmte-installatie neer te zetten. Er is gekeken naar de straat met de laagste hoeveelheid inwoners. Hierbij wordt vooral een paar straten gekozen met zo min mogelijk hoogbouw. Na een berekening bleek dat ongeveer 34 huizen moesten worden neergehaald om de installatie in dat gebied te realiseren. Dit is in werkelijkheid niet een handige optie, aangezien er ook weer in kleurenbuurt moet worden gezocht naar andere woningen voor de bewoners waarvan hun huizen dan neergehaald zullen worden. Een voordeel is wel dat er niks gedaan hoeft te worden aan de infrastructuur. Dit voordeel zien er wel meerdere vakken terugkomen bij andere gebieden, dus is dit niet de sterkste reden om ervoor kiezen huizen neer te halen. Aangezien er ook veel bebouwing is rondom deze paar straten, zal er veel lawaai worden geproduceerd voor de buurtbewoners.

Mogelijkheid 7

Als laatste mogelijkheid staat er bij kleurenbuurt een klein parkje dat eventueel ook neergehaald kan worden, waarbij er dus genoeg ruimte is voor de installatie. Deze speeltuin (*Speeltuin Hilvoorde*) is ook makkelijk bereikbaar, maar bevindt zich wel tussen heel veel woningen, waardoor de realisatie van een aardwarmte-installatie voor veel lawaai zal zorgen bij bewoners. Daarnaast is het een van de weinige speeltuinen in de kleurenbuurt, en zal het neerhalen van zo'n speeltuin niet een goed idee zijn voor de bewoners van de kleurenbuurt.



Afbeelding 30 en 31 - Beschikbare locaties Kleurenbuurt



Conclusie Kleurenbuurt

Kleurenbuurt zelf bleek na onderzoek weinig ruimte te hebben, maar rondom Kleurenbuurt waren heel veel goede locaties waarvan na grondig onderzoek grasveld 2 het beste bleek te zijn. Aangezien er veel grasvelden waren die bijna allemaal geschikt waren voor een aardwarmte-installatie, moest toch de beste gekozen worden. Grasveld 2 heeft heel weinig nadelen en kan dus ook de definitieve keuze zijn. Om hier zeker van te zijn moeten we alle wijken grondig onderzoeken. Naast het bekijken van grasvelden is er in zekere mate ook gekeken naar bepaalde straten waarvan de woningen ook neergehaald kunnen worden. Hierbij werden ook weer alle voor- en nadelen bestudeerd en de nadelen bleken in zekere mate veel meer te zijn. Het bestuderen van letterlijk alle mogelijkheden zorgt voor een ondersteuning van het resultaat.

Oud-Rijswijk

Vergeleken met de andere wijken blijkt Oud-Rijswijk heel weinig open plaatsen te hebben voor een aardwarmte-installatie. Aan de rand van Oud-Rijswijk bevinden zich ook vrij weinig mogelijkheden. Oud-Rijswijk is namelijk zeer dichtbevolkt en heeft heel veel bebouwing. Er is bij Oud-Rijswijk een klein grasveldje te zien die nogal de enige open plek is (met een aantal sportvelden) . Het nadeel dat alle locaties in Oud-Rijswijk hebben is dat de warmtelinQ al staat aangesloten op muziekbuurt en kleurenbuurt, maar niet Oud-Rijswijk. Hierdoor moet er ondergronds gewerkt worden aan de infrastructuur voor het warmtenet. Dit zorgt voor een stijging van de kosten.

Grasveld 1

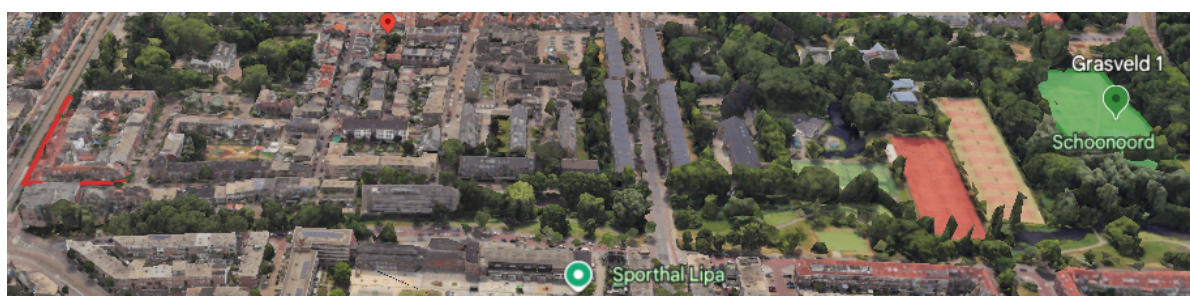
In Oud-Rijswijk zelf is er dus vrij weinig ruimte door de zeer hoge bevolkingsdichtheid en het grote aantal woningen. Wel bevindt er zich naast Oud-Rijswijk een grasveldje dat eventueel benut kan worden voor aardwarmte. Dit grasveldje is aanzienlijk makkelijk bereikbaar, maar ligt wel dicht bij andere woningen. Aangezien zo'n aardwarmte-installatie veel lawaai produceert, zal er veel overlast worden veroorzaakt voor de buurtbewoners. Daarnaast is het een van de weinige grasvelden in Oud-Rijswijk. Wel is het grasveld goed bedekt met bomen, waardoor er niet veel van de installatie te zien zal zijn. De nadelen zijn bij dit grasveld wel veel meer dan de voordelen, waardoor de installatie hier geen goed plan is.

Mogelijkheid 2

Aangezien er in Oud-Rijswijk een hoge bevolkingsdichtheid is en dus veel woningen, werd er ook gekeken naar plaatsen waar eventueel huizen neergehaald kunnen worden voor de realisatie van een aardwarmte-installatie. Dit gebied is relatief makkelijk bereikbaar en er is dus geen infrastructuur nodig. Wel zijn er veel woningen rondom deze plaats, en zal er dus veel overlast worden veroorzaakt. Daarnaast moeten er ongeveer 57 neergehaald worden. Met het huidige woningtekort zal het zeer lastig worden om voor alle bewoners van deze woningen andere woningen te regelen.



Afbeelding 32 en 33 - Beschikbare locaties Oud-Rijswijk



Conclusie Oud-Rijswijk

Na grondig onderzoek bleek dat Oud-Rijswijk over het algemeen geen geschikte locaties had. De beste locatie was wel grasveld 1. Voor de rest heeft Oud-Rijswijk weinig open plekken, maar juist heel veel bebouwing. De andere mogelijkheid was dus om bij een aantal straten alle woningen neer te halen voor de realisatie van een aardwarmte-installatie. Na vergelijking van de voordelen en nadelen bleken de nadelen veel meer dan de voordelen te zijn.

Hoornwijk

Evenals Oud-Rijswijk is Hoornwijk een gebied met vrij weinig natuurgebied. Hoornwijk bestaat niet alleen uit woningen en weinig grasvelden, maar is ook een plaats waar heel veel bedrijfspanden zijn gevestigd. De grote bebouwing zou het plaatsen van een aardwarmte-installatie in Hoornwijk grotendeels onmogelijk maken. Elke mogelijkheid werd nauwkeurig bestudeerd. De plaats, of de bebouwing in de omgeving zijn allemaal factoren die een rol spelen bij het bestuderen van deze gebieden.

Grasveld 1

Dicht bij Hoornwijk bevindt zich een grasveld op een vorm van een ovaal. Het grasveld is volledig omringd met water en is alleen toegankelijk via de geplaatste bruggen. Ondanks de aanwezige bruggen is het grasveld niet heel goed bereikbaar voor bepaalde voertuigen en bouwmiddelen. Naast het grasveld bevindt zich een attractiepark (*Familiepark Drievliet*). Ook is er een klein beetje sprake van bebouwing rondom het grasveld en zal er zeker lawaai worden veroorzaakt voor de buurtbewoners. Ook valt grasveld 1 in Den Haag en kan dus het plaatsen van een aardwarmte-installatie op grasveld 1 dus in zekere mate niet werkelijkheid worden.

Mogelijkheid 2

Hoornwijk beschikt over heel veel bedrijven die ook veel ruimte innemen. Er werd bij Hoornwijk ook gekeken naar de mogelijkheid om een of meer bedrijven neer te halen om meer ruimte te krijgen voor een aardwarmte-installatie. Een mogelijkheid is om het bedrijf *Florence* neer te halen in plaats daarvan een aardwarmte-installatie te plaatsen. Florence is wel goed bereikbaar, dus hoeft er vrij weinig gedaan te worden aan de infrastructuur. Wel zijn er rondom het gebied woningen en kan er het lawaai dat geproduceerd wordt voor overlast zorgen bij de buurtbewoners.

Mogelijkheid 3

Binnen Hoornwijk bevindt zich een bosgebied dat nogal mogelijk zou kunnen zijn. Het bosgebied is relatief goed bereikbaar, maar er bevindt zich wel bebouwing in de buurt. Voornamelijk zijn het woningen. Een aardwarmte-installatie zal voor heel veel overlast zorgen bij de buurtbewoners. Daarnaast zullen de kosten sterk oplopen bij het weggakken van alle bomen en obstakels. Dit zal tevens ook niet goed zijn voor het milieu, aangezien dit goed te vermijden is. Er zijn namelijk andere gebieden in andere wijken die beter geschikt zijn.



Afbeelding 34 en 35 - Beschikbare locaties Hoornwijk



Conclusie Hoornwijk

Hoornwijk zelf bleek na onderzoek geen mogelijke locaties op te kunnen leveren. Het grasveldje dat naast Hoornwijk ligt, behoort tot de gemeente Den Haag en is hierbij dus zeker geen optie. Het bosgebied dat zich binnen Hoornwijk bevindt zou dus de enige optie kunnen zijn, maar dit gebied heeft ook meer nadelen dan voordelen, waardoor hoornwijk niet bepaald geschikt is voor deze installatie.

Conclusie wijken

Uit alle wijken bleek Kleurenbuurt de beste opties te hebben. De meeste wijken zijn heel erg dichtbevolkt en hebben zelf niet genoeg ruimte voor de realisatie van een aardwarmte-installatie. In de buurt van die wijken liggen soms wel mooie mogelijkheden en uit die mogelijkheden bleken de beste opties te liggen. Hoornwijk en Oud-Rijswijk hebben het minst ruimte. Daarentegen liggen bij Muziekbuurten en Kleurenbuurt meerdere opties waaruit gekozen kan worden.

9. Analyse aspecten per wijk

Na het onderzoek dat gepleegd is op het vlak van bodem en de vraag naar de warmte in de verschillende wijken, kan er een conclusie getrokken worden welke van de vier wijken het meest geschikt is voor het bouwen van een aardwarmtecentrale. In dit hoofdstuk wordt er besproken wat de beste wijk is voor de bouw van een aardwarmtecentrale en welke factoren dat bepalen.

Wanneer de eerder opgestelde deelvragen bestudeerd worden zouden er mogelijk complicaties gevonden kunnen worden tijdens het vergelijken van deze met de gevonden informatie. Hiervoor zijn de deelvragen beantwoord per belangrijke factor voor de uiteindelijke voorstel voor een boorlocatie zodat de betrouwbaarheid van de conclusie voor de opgestelde onderzoeksvraag vergroot wordt. In totaal zijn er drie deelvragen opgesteld die de uiteindelijke hoofdvraag beantwoorden.

Warmte

Voor de realisatie van een aardwarmtecentrale moet er rekening gehouden worden met de lokale vraag naar warmte in de specifieke wijk en omliggende wijken. Dit is ook benoemd in het PvE. Wanneer er gekeken wordt naar de informatie van de toegewezen wijken in Rijswijk kan er geconcludeerd worden dat de Muziekbuur, met 4530 inwoners en een vraag van 101,4 TJ, het meeste geschikt is voor de levering van de aardwarmte. Volgens het PvE is de minimale hoeveelheid aan inwoners voor het leveren van warmte 4450 inwoners. Anders zal de aardwarmtecentrale verlies draaien en kan deze niet in stand gehouden worden. De Hoornwijk en Oud-Rijswijk zullen in tegenstelling tot de Muziekbuur ongeschikt zijn op basis van de minimale vraag die nodig is. Dit komt doordat de Hoornwijk met 145 inwoners en 25,65 TJ aan energie en Oud-Rijswijk met 2690 inwoners en 85,5 TJ aan energie ver onder de ondergrens voor het aantal inwoners zitten. De kleurenbuurt heeft een bewonersaantal van 2705 bewoners en een totale warmteverbruik van 60,75 TJ. Omdat de Kleurenbuurt en de Muziekbuur relatief dicht bij elkaar liggen kan er gekozen worden om de warmte te verdelen over de twee wijken, om zo het rendement te verhogen.

1. Deelvraag 1: Is het voor de gemeente rendabel om een aardwarmtecentrale te bouwen?

Een aardwarmtecentrale heeft naast de kosten voor de bouw ook onderhoudskosten en natuurlijk winst nodig om ervoor te zorgen dat deze in stand gehouden kan worden. Voor deze deelvraag is het wel belangrijk om te weten dat er gekeken is naar het rendement dat gecreëerd kan worden wanneer er gekeken wordt naar de vraag in de specifieke wijk. Natuurlijk kunnen er ook wijken gecombineerd worden om het totale rendement van een centrale te vergroten.

Hoornwijk: Bij de Hoornwijk is het niet rendabel om warmte te leveren aan de inwoners door de minimale warmtevraag in deze regio. Doordat de bouw van een aardwarmtecentrale al ongeveer 20 miljoen euro kost inclusief de bouwwerkzaamheden en de bovengrondse installatie, zal het rendement in de jaren dat de centrale actief is te laag zijn.

*Muziekbuur*t: De Muziekbuur

Oud-Rijswijk: Ondanks het feit dat Oud-Rijswijk meer warmte gebruikt dan de Kleurenbuurt en de Hoornwijk op zichzelf, is Oud-Rijswijk ook niet geschikt voor de bouw van een aardwarmtecentrale doordat deze wijk zelf niet te veel vraag heeft om een aardwarmtecentrale rendabel te maken.

Kleurenbuurt: De kleurenbuurt zelf is ook niet rendabel voor een aardwarmtecentrale. Echter ligt deze wijk wel in de buurt van veelvragende wijken doordat de wijken, zoals de Muziekbuur

Het antwoord voor deze deelvraag is dat een combinatie van distributie over de Kleurenbuurt en de Muziekbuur samen met omliggende wijken het meest geschikt is voor de realisatie van een aardwarmtecentrale met het hoogste rendement. Dit komt doordat deze wijken over veel hoogbouw beschikken en samen veel vraag naar warmte hebben. Daarnaast zijn de omliggende wijken ook opgebouwd uit veel appartementen en flats, waarin er veel warmte gevraagd wordt.

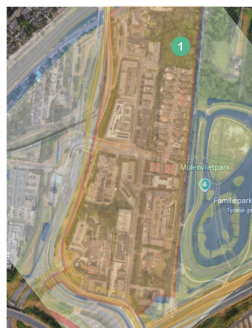
Locatie

Naar aanleiding van een analyse van Google Maps kunnen er verschillende locaties binnen de aangewezen wijken worden gevonden voor de bouw van een aardwarmtecentrale. Daarnaast zal er ook een locatieonderzoek afgenomen worden om de meningen van de lokale bewoners te verkrijgen. Dit zal een groot aandeel in de uiteindelijke conclusie hebben, doordat de mening van de lokale bewoners erg belangrijk is in de realisatie van een warmtebron die deze groep betreft. De uiteindelijke resultaten voor dit onderzoek zijn te vinden in hoofdstuk 6.1b.

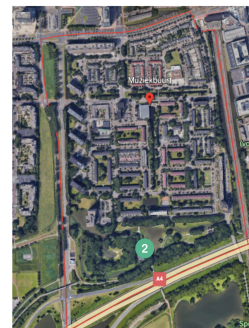
Muziekbuur

In de Muziekbuur blijkt geen geschikte locatie beschikbaar te zijn. Dit is te danken aan de hoge mate van bebouwing in deze wijk, waardoor er geen openstaande locaties voor een aardwarmtecentrale gevonden kunnen worden zonder dat één of meerdere gebouwen gesloopt moeten worden. De Muziekbuur beschikt wel over een groot park met veel wateren (plek 2). Deze wateren beperken de beschikbare ruimte voor de bouw van een aardwarmtecentrale van enkele honderden

Hoornwijk



Muziekbuur



Abbeelding 36 - Beschikbare locaties Muziekbuur en Hoornwijk

vierkante meters. Daarnaast beschikt de Muziekbuilt over het Wilhelminapark. Echter is deze ook niet te gebruiken doordat dit park een natuur- en recreatiegebied is (aldus website gemeente Rijswijk over parken).

Hoornwijk

De Hoornwijk biedt daarentegen ook een groot park, gelegen naast Drievliet (plek 1), wat een mogelijke optie kan zijn voor de realisatie van een aardwarmtecentrale. Dit park bevat genoeg ruimte voor de realisatie van een aardwarmtecentrale, maar er is nu veel bebouwing waardoor er veel bomen gekapt moeten worden voor de realisatie van een aardwarmtecentrale. Verder ligt dit park ook naast een woonwijk. De afbeelding hierboven laat de mogelijke locaties in de Hoornwijk en de Muziekbuilt zien.

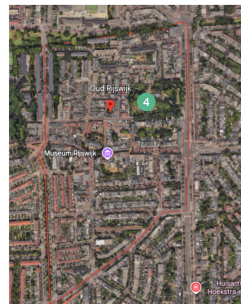
Oud-Rijswijk

Oud-Rijswijk bevat ook een park genaamd Park Hofrust. Dit park beschikt net als het park in de Muziekbuilt ook niet over veel plek door de bebouwing in het park. Als voorbeeld lopen er door het park veel wandelpaden en is er al veel infrastructuur zoals gebouwen aanwezig. Deze kunnen echter niet gesloopt worden.

Kleurenbuurt

De kleurenbuurt beschikt in de wijk zelf niet over genoeg plek voor de realisatie van een aardwarmtecentrale. Wel liggen er in de buurt van de kleurenbuurt veel grasvelden achter het Kruisvaarderspark. Mede doordat de grasvelden achter het Kruisvaarderspark groot zijn en in de buurt van de kleurenbuurt liggen is deze locatie het meest geschikt voor de realisatie van een aardwarmteproject. Daarnaast ligt het

Oud-Rijswijk



Kleurenbuurt



Afbeelding 37 - Beschikbare locaties Oud-Rijswijk en Kleurenbuurt

Kruisvaarderspark naast de hoofdleiding van de infrastructuur van Warmte Linq. Door de aardwarmtecentrale aan deze leiding aan te sluiten kan er gekozen worden om een grotere groep mensen te betrekken bij de levering van de warmte.	
--	--

2. Welke van de toegewezen locaties is het meest geschikt voor dit project?

Met de bovenstaande informatie kan er een conclusie getrokken worden welke van de toegewezen locaties het meest geschikt is voor de realisatie van een aardwarmteproject. Doordat de beschikbare plaats die aanwezig is in de wijken of in de buurt van de wijken een belangrijk aspect is, zal deze informatie een groot aandeel in de betrouwbaarheid van de uiteindelijke boorlocatie voorstel hebben.

Hoornwijk: In de Hoornwijk is een plek aanwezig voor de realisatie van een aardwarmtecentrale. Deze locatie is gelegen in het park naast Drievliet. Om Drievliet liggen ook veel open grasvelden, maar deze zijn niet bereikbaar en kunnen niet gebruikt worden voor Rijswijk. Deze grasvelden liggen in de gemeente Den Haag.

Muziekbuur: De Muziekbuur is niet geschikt voor de realisatie van een aardwarmtecentrale. Dit komt doordat de Muziekbuur niet over een groot genoeg vlak beschikt dat geschikt zou zijn voor de bouw van een aardwarmtecentrale. Het Wilhelminapark hoort ook bij de Muziekbuur, maar dit is niet toegankelijk doordat dit park een natuur- en recreatiegebied is.

Oud-Rijswijk: Oud-Rijswijk is niet geschikt voor de realisatie van een aardwarmtecentrale wat betreft locatie. Wel beschikt deze wijk over een park. Niettemin is deze al ingericht met infrastructuur. Hierdoor is de bouw van een aardwarmtecentrale niet denkbaar.

Kleurenbuur: Van alle locaties is de Kleurenbuur het meest geschikt voor de realisatie van een aardwarmteproject op basis van locatie. De Kleurenbuur beschikt zelf niet over genoeg ruimte in de wijk, maar buiten de wijk is er wel genoeg plek beschikbaar in het naastgelegen Kruisvaarderspark.

Het antwoord op deze deelvraag kan alleen door de Hoornwijk en de Kleurenbuur positief beantwoord worden. Dit komt doordat deze wijken in de wijk of in nabijgelegen locaties over genoeg ruimte beschikken die voldoen aan de grootte van een aardwarmtecentrale. De Muziekbuur en Oud-Rijswijk beschikken niet over genoeg ruimte of hebben op mogelijk geschikt gebied restricties door wetten.

Ondergrond

In elke wijk voldoet de ondergrond aan de vereisten voor de toepassing van aardwarmte. Dit houdt in dat er grondlagen aanwezig moeten zijn met een hoge permeabiliteit en op de juiste diepte. De meest geschikte aanwezige grondlaag behoort tot de gesteentegroep onder de afkorting S. Deze wordt gekenmerkt door de bonte kleistenen die grijs van kleur zijn, evenals de stekelachtige tot kleiige zandstenen. Onder de grondlaag liggen grondlagen met een lage permeabiliteit wat duidt op de mogelijkheid tot het ontstaan van een ondergrondse waterreservoir. Dit vergroot de kans op een succesvol aardwarmteproject aanzienlijk.

Ook al betekent de aanwezigheid van klei doorgaans dat het realiseren van een aardwarmteproject niet mogelijk is, is de kans op klei bij deze specifieke grondlaag het laagst. Daarnaast ligt deze grondlaag bij de betreffende wijken op een diepte van 2000 tot 2500 meter, wat leidt tot de aanwezigheid van een temperatuur van maximaal 75 graden Celsius. Dit is de geschikte temperatuur voor het water dat gebruikt wordt voor het winnen van de warmte. Een temperatuur hoger dan 100 graden leidt natuurlijk tot het ontstaan van waterdamp, wat volkomen ongeschikt is voor de techniek. Hierdoor is het geologisch mogelijk om in elk van de vier wijken een aardwarmtecentrale te bouwen.

Dit voldoet aan de meeste eisen van het PvE. Specifieke opgestelde eisen uit de opgestelde PvE, zoals onderzoek op mogelijkheid tot instorting of de aanwezigheid van water in de ondergrond, zijn niet te verifiëren vanwege het gebrek aan de benodigde bronnen voor dit onderzoek. Op basis van de andere factoren voldoen de betreffende wijken aan de meeste eisen met betrekking tot de ondergrond.

1. Naar welke ondergrondse locatie is het het meest geschikt om doorheen te boren?

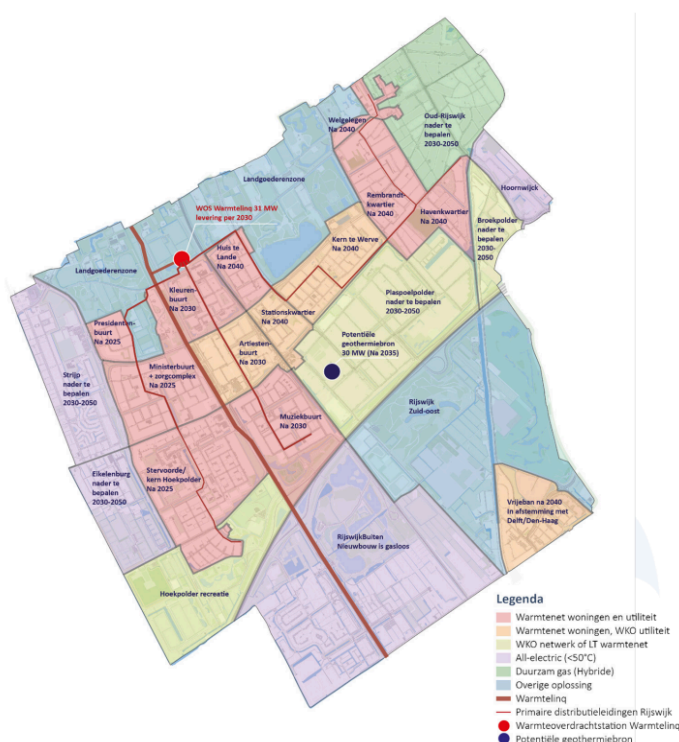
Deze deelvraag kan voor elke van de toegewezen wijken beantwoord worden met hetzelfde antwoord. Doordat de toegewezen wijken allen over ongeveer dezelfde ondergrond structuur beschikken, kan er geresulteerd worden dat er in elke wijk tot ongeveer een diepte van 2000 tot 2500 meter geboord moet worden. Precieze dieptes kunnen variëren per wijk. Over het algemeen zal er op deze diepte een temperatuur van maximaal ongeveer 75 graden bereiken, wat een voldoende temperatuur is van het leveren van warmte.

Voorstel wijk

Op basis van de eerder genoemde punten is er een conclusie getrokken dat de Kleurenbuurt op basis van de ondergrond, de ligging van de wijk en de lokale warmtevraag het meest geschikt is voor de realisatie van een aardwarmteproject. Over het algemeen is de ondergrond overal hetzelfde en is het, zoals eerder besproken, geologisch mogelijk om een aardwarmtecentrale te realiseren in alle wijken. De Kleurenbuurt heeft echter een voordeel door het nabijgelegen Kruisvaarderspark. Dit park beschikt over veel nabijgelegen grasvelden met genoeg plek voor een aardwarmtecentrale.

Andere belangrijke factoren voor deze beslissing is de aanwezigheid van een nabij gelegen warmtenet van Warmte Linq. Dit geeft onder andere meer mogelijkheden om de warmte over een groter gebied te distribueren en hierdoor een groter gebied duurzamere energie te laten gebruiken. Verder kan de warmte ook verder doorgevoerd worden door de Artiëstenbuurt naar de Muziekbuit. Muziekbuit is één van de grootste gebruikers van warmte, wat het rendement van de aardwarmteinstallatie uitzonderlijk vergroot. Echter is dit idee niet nieuw, omdat de onderstaande kaart al een goed overzicht geeft over de eerder gemaakte plannen met dit concept. In dit concept wordt de warmte ook verdeeld over een groter gebied in Rijswijk. Dit zou met de eerder gemaakte berekeningen op basis van warmtevraag niet mogelijk zijn, doordat de aardwarmtecentrale op de voorgestelde locatie nooit genoeg warmte kan opwekken voor dit grote gebied.

Afbeelding: Rijswijkse basiskaart



Afbeelding 38 - Warmteprogramma Rijswijk concept voor aardwarmtecentrale

10.1. Doublet opties

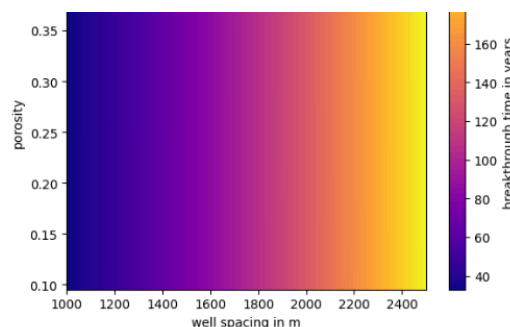
Verschillende vormen

De vorm van de installatie hangt af van veel factoren en waar prioriteiten aan worden gegeven. Zo kan er worden besloten om voor de meest optimale installatie te gaan voor de stad Rijswijk. Hierbij wordt er gekeken naar wat de totale vraag van Rijswijk is en naar de levensduur van de installatie. Er kan ook worden gekozen dat de aardwarmte alleen warmte gaat leveren aan de wijken Kleurenbuurt en Muziekbuilt om zo de levensduur te vergroten. Als derde optie is het mogelijk dat je zoveel mogelijk warmte oppompt zodat zoveel mogelijk huizen, bedrijven of andere gebruikers van warmte kunnen worden voorzien van duurzame energie. De laatste optie is er vooral op gericht dat het een kortere levensduur heeft, maar dat er vanuit wordt gegaan dat over ongeveer ~10 jaar er een andere, duurzamere en groenere manier van het leveren van warmte is.

Optimaal Rijswijk

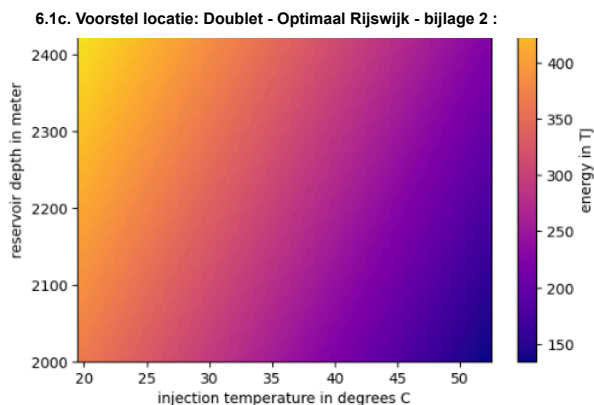
De gemeente Rijswijk gebruikt al meerdere bronnen voor warmte. Zo is er in bijna heel Rijswijk het *WarmteLinq-net* aangelegd, waarbij warm water kan worden getransporteerd. Ook is de warmtevraag van de gemeente Rijswijk rond de 761.000 GJ wat gelijk staat aan 761 TJ (aldus warmtetransitie z.d.). In het bodemonderzoek kwam naar voren dat als er dieper werd geboord dan 2.5 km, dat er de grondlaag met de gesteentesoorten onder de afkorting AT_1 en AT_2 aanwezig was onder deze grondlagen is er echter wel weer een geschikte grondlaag aanwezig voor het gebruik van geothermie, maar dan valt de installatie onder ultra-geothermie en dat zorgt ervoor dat de prijs voor de aanleg flink zou stijgen. Hierdoor is de maximale diepte 2.5 km (2500m). Omdat de vraag ongeveer 761 TJ is en de installatie maximaal ~500 TJ leveren als de maximale diepte 2500 meter is. Volgens (Buik et al., 2016) is de gemiddelde retourtemperatuur in Zuid-Holland 35 graden. Nu worden deze variabele ingevoerd in het rekenmodel van de TU Delft Cwallmeier, z.d. en in de bijlage is de invoer te vinden. Hieruit komt de volgende heatmap:

In deze heatmap kan gezien worden dat als de afstand tussen de injectieput en de productieput groter wordt, de levensduur ook met een factor 5 stijgt. Wel zullen de kosten ook aanzienlijk stijgen. De precieze kosten zijn niet te berekenen, maar er is wel een voorbeeldsituatie van de TUDelft, waarbij er op 2,2 km diepte wordt geboord en de afstand van 1000m naar 800m tussen de injectieput en de productieput werd veranderd. Dit verschil van 200m zorgden ervoor dat het 0,16 miljoen euro *goedkoper* werd. Dus als er van 1000 “well spacing in m” wordt gegaan naar 2000, omdat in het bodemonderzoek er naar boven kwam dat de muziekbuilt maximaal ~1,95 km is, zouden de kosten per put ongeveer met 2 miljoen euro omhoog gaan. Gezien de totale kosten ongeveer op 40 miljoen euro liggen en de totale extra kosten (als van 1000 → 2000) ongeveer 4 miljoen is, wat gelijk staat aan 10% en het verschil van 40 jaar naar 124.28 jaar, wat 400% is. Waarschijnlijk is het in de praktijk niet 124 jaar, maar rond de 30 tot 50 jaar, want het model van de TU Delft is er op gemaakt om waardes tussen 0 tot 1500m “well spacing” te gebruiken en niet meer dan 1500m.



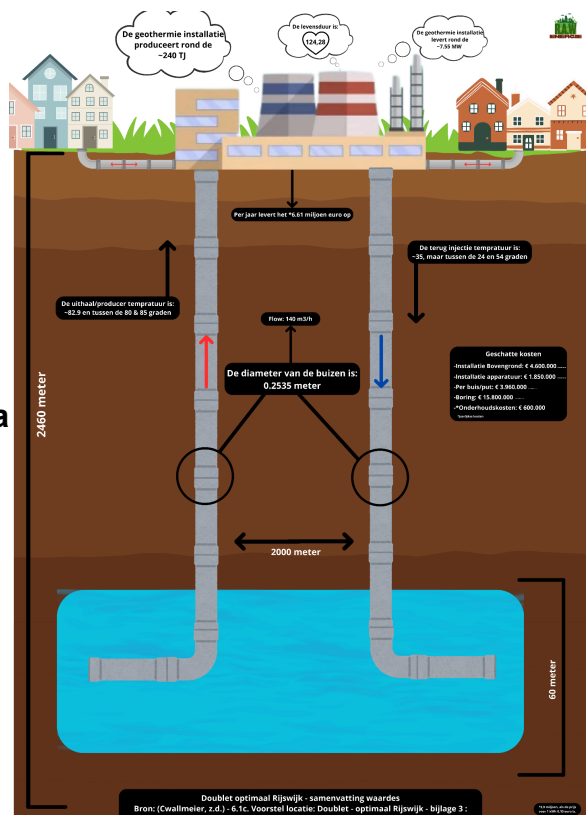
Afbeelding 43: Heatmap met ingevoerde waarden - bijlage 1
7.2. Voorstel locatie: Doublet - Optimaal Rijswijk - informatie: B.T. bijlage 1:

Hierdoor is de optimale situatie waarbij er rekening wordt gehouden met de prijs, levensduur en opwinst (TJ) dat de boring op ongeveer 2400 meter diepte start, waarbij het verschil tussen de injectie punt en de producer punt 2000 meter is, de gemiddelde injectietemperatuur 35 graden is en de opgeleverde energie ongeveer ~240 TJ of 7.55 MW is. Ook is de diameter van de buizen ongeveer 0.2035 meter met een flow van 140 m³/h. Tot slot is bij deze optimale situatie het reservoir rond de 60 meter. Al deze factoren samen zorgen ervoor dat de helft van de totale vraag in Rijswijk kan worden voorzien door deze duurzame geothermie-installatie.



Afbeelding 44: Heatmap met ingevoerde waarden - bijlage 2

7.2. Voorstel locatie: Doublet - Optimaal Rijswijk - informatie: heatmap TJ - bijlage 2:

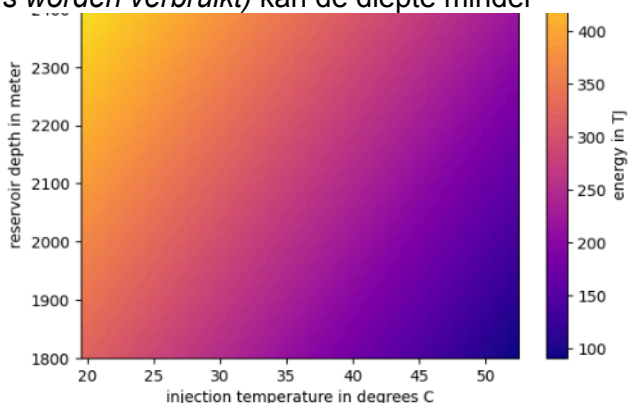


7.2. Voorstel locatie: Doublet - Optimaal Rijswijk - bijlage 3: *hierboven*

Doublet buurten en wijken

De wijken Kleurenbuurt en Muziekbuurth gebruiken rond de 162,15 TJ (60,75 + 101,4), omdat deze wijken beide al volledig zijn aangesloten op het WarmteLinq zijn de kosten voor de infrastructuur en het aanleggen hiervan voor deze situatie laag. Bij deze situatie wordt er gezorgd dat de kosten zo optimaal en laag mogelijk worden. Doordat de gemiddelde injectietemperatuur van 35 graden hetzelfde blijft en de installatie rond de ~200 TJ moet opleveren ($200 > 162,15$, want de installatie moet kunnen zorgen voor een buffer en door het WarmteLinq kan het altijd nog ergens anders worden verbruikt) kan de diepte minder

worden wat zorgt voor een daling in de prijs. Zoals in het vorige hoofdstuk onderzocht, lag de ideale diepte in Rijswijk voor de geothermie tussen de 2000 en maximaal 2500 meter. In de heatmap kan geresulteerd worden dat er op een diepte van 2000 meter ongeveer ~250 TJ (per jaar) wordt opgewekt. (Bij de gem. injectietem. van ~35 graden) 250 TJ is meer dan de benodigde 162,15 TJ, dit betekent dat er ook extra buurten of wijken gebruik kunnen maken van deze groene en duurzame geothermie installatie. In de heatmap rechtsonder op de vorige bladzijde kan gezien worden dat bij een verschil van 600 meter tussen de injectieput en de productieput,

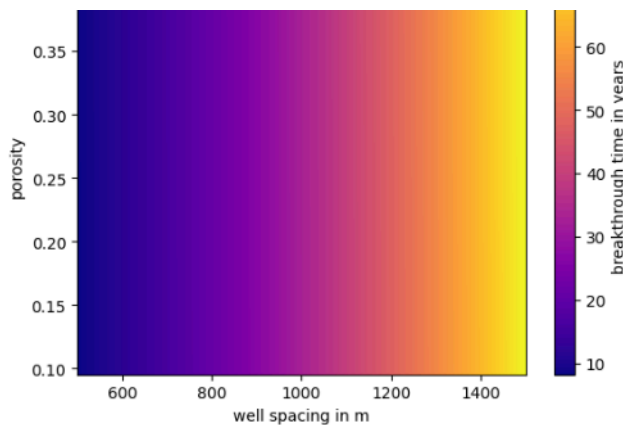


Afbeelding 46: Heatmap met ingevoerde waarden - bijlage 2

7.2. Voorstel locatie: Doublet - buurten en wijken - informatie: TJ - bijlage 2:

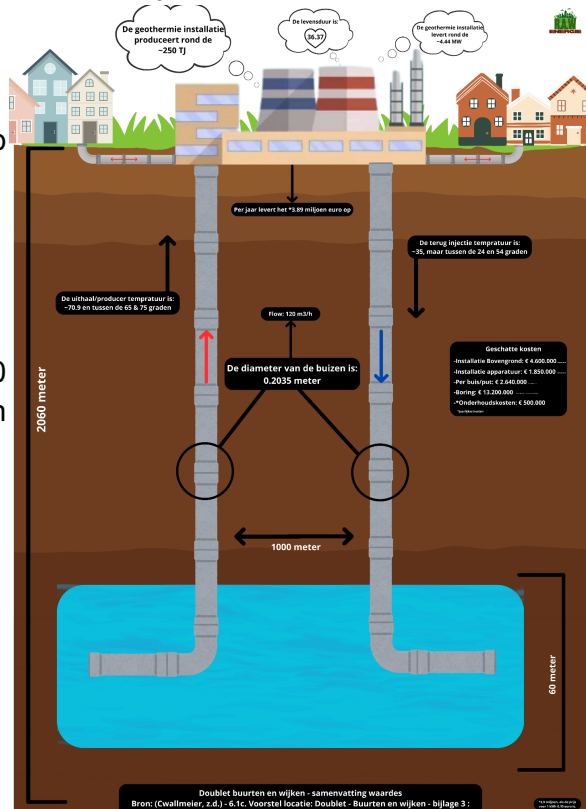
de geothermie installatie een levensduur heeft van ~15 jaar. Als er wordt gekozen voor 1000m verschil tussen beide punten gaat de installatie ~40 jaar mee.

Zoals in de bijlage hieronder te zien, zou de totale opbrengst van deze optie zijn: 40 x 250 TJ = 10.000 TJ = 10 PJ. De optimale situatie heeft de volgende factoren: De boring begint op ongeveer 2 km diepte met een reservoir dikte van 60 meter. De producer put haalt water met ongeveer 70 graden uit de put en stop er rond de 35 graden terug in. De diameter blijft hetzelfde rond de 0.20 meter, met een flow van 120 m³/h. Hiermee produceert de installatie 250 TJ of 4.44 MW per jaar met een levensduur van ~36.37 jaar. Dit staat gelijk aan ~3,89 miljoen euro per jaar, als de kWh prijs 0,10 euro is.



Afbeelding 45: Heatmap met ingevoerde waarden - bijlage 1

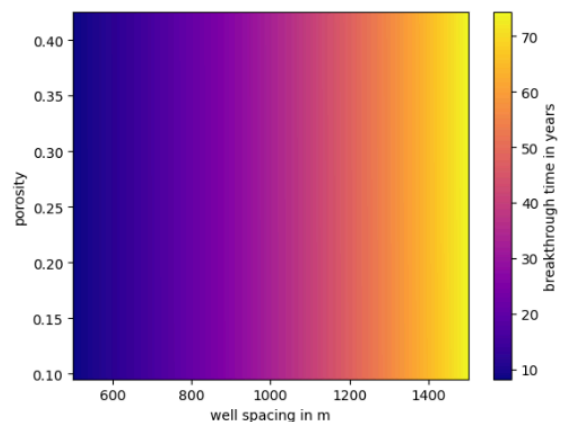
7.2. Voorstel locatie: Doublet - buurten en wijken - informatie: B_T - bijlage 1:



7.2. Voorstel locatie: Doublet - buurten en wijken - bijlage 3 : hierboven

Doublet toekomst visie

De laatste optie die er op basis van dit onderzoek wordt gegeven gaat over een geothermie installatie in de gemeente Rijswijk die zich vooral richt op de toekomst. Hierbij is de opbrengst in TJ en MW zo hoog mogelijk en gaat de levensduur hierbij omlaag, omdat er vanuit wordt gegaan dat over ~10 tot 15 jaar er nieuwe, veel duurzamere en betere opties zijn. Ook worden geothermie-installaties met het jaar beter en gaan ze steeds meer produceren. De injectie temperatuur en de flow blijven hier hetzelfde. Ook moet bij deze optie de opbrengst zo hoog mogelijk zijn in een zo kort mogelijk periode, waardoor de afstand rond de 2400 meter begint en eindigt rond 2460 meter. Wel wordt de diameter van de buizen groter naar een diameter van 0.4032m, om te zorgen dat er nog meer doorheen kan en er dus meer kan worden geproduceerd. Hiernaast is een heatmap te zien die laat zien wat de levensduur is bij een “well spacing” van 500 naar 1500m.



Afbeelding 47: Heatmap met ingevoerde waarden - bijlage 1

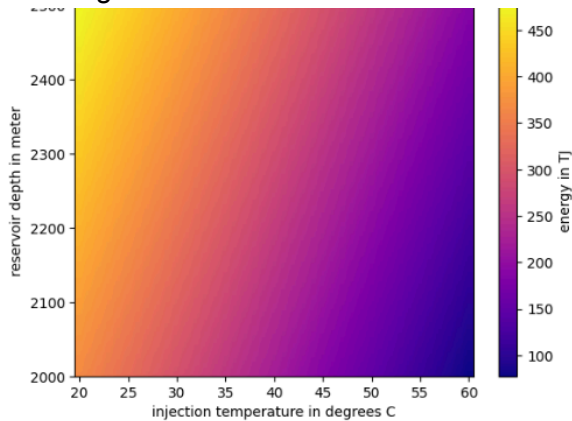
7.2. Voorstel locatie: Doublet - toekomst visie - informatie: B_T - bijlage 1:

Bij ongeveer 700m gaat de installatie 13.32 jaar mee, wat voor deze optie goed is want tegelijkertijd levert de installatie rond de 8.64 MW per jaar op, wat gelijk staat aan ~7,57 miljoen euro per jaar. Ook is de producer temperatuur ~82,9 graden. Tot slot is de energie van de geothermie installatie met deze factoren rond de 350 TJ wat heel voordelig is.

*Bij een gemiddelde prijs 10 cent per kWh

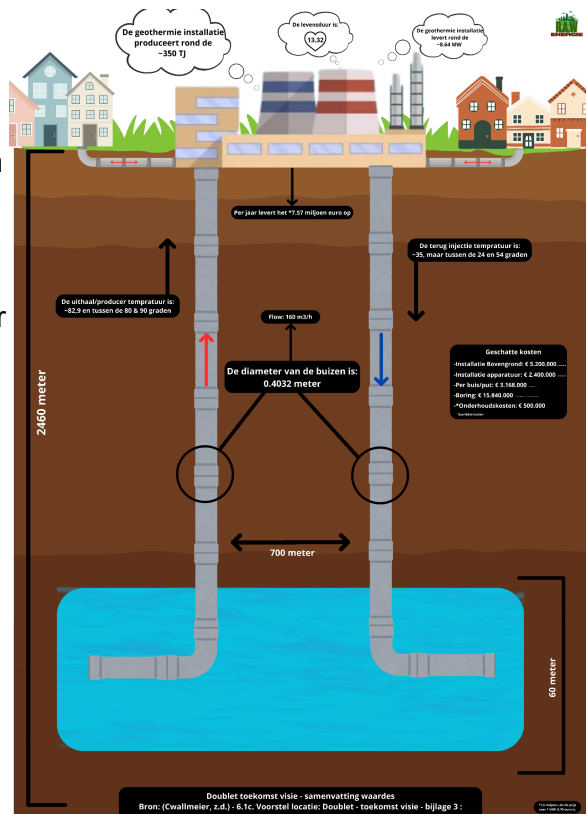
Bij deze optie zijn de factoren dan ook: De put wordt op ongeveer 2400 meter diep geboord met een reservoir dikte van 60 meter en een “well spacing” van 700 meter. De geschatte levensduur is 13.32 jaar en het produceert 8.64 MW of 350 TJ.

Verder is de injectie temperatuur ongeveer 35, maar tussen de 24 en 54 graden en de geschatte watertemperatuur wat uit de geothermie installatie komt (producer put) is ongeveer 82,9 graden celcius. De diameter van de buizen is 0.4032 meter met een flow van 160 m³/h. De totale opbrengst per jaar zou ongeveer 7,57 miljoen euro zijn, wat neerkomt op ~100,83 miljoen euro in de totale levensduur van de geothermie-installatie.



Afbeelding 48: Heatmap met ingevoerde waarden - bijlage 2

7.2. Voorstel locatie: Doublet - toekomst visie - informatie: TJ - bijlage 2:



7.2. Voorstel locatie: Doublet - toekomst visie - bijlage 3 : hierboven

Model discussie

Bij de berekeningen is er gebruikgemaakt van het analytische model van de TU Delft. Uit dit model kwamen meerdere getallen die discutabel waren, zoals 667,43 jaar levensduur als de putten 2 km uit elkaar stonden en de flow 120 m³/h was en de porro bij laag S 12.5% is. Dit is waarschijnlijk onrealistisch gezien uit het onderzoek kwam dat bij deze factoren de gemiddelde levensduur tussen de 30 en 50 jaar ligt. Vervolgens is er naar het model gekeken en daaruit kwam dat het model er vanuit gaat dat het reservoir overal gelijkmatig is. Hierdoor als je in het model meting invoert tussen de 0 tot 1500m in “well spacing” werkt het model uitstekend, zoals te zien is in *Doublet buurten en wijken*. Zodra de waardes van de “well spacing” hoger of meer worden dan 1500 wordt de som verkeerd, want eigenlijk is de som: $t_{break} = (poro / \lambda) * (2\pi * thickness) / flow * (wellspacing^2 / 6)$. Of vereenvoudigt met deze waardes: $(100/\lambda) * (2\pi * 0,2035 / 120 * (2000 * 2000 = 4.000.000) / 6$ en dus doordat bij de well spacing een macht staat is het een recht evenredig verband en er “maar” door 6 wordt gedeeld krijg je een hoog getal als 667 jaar, wat onrealistisch is.

Conclusie

Uit dit deel van het onderzoek blijkt dat de optie doublet buurten en wijken de meest geschikte keuze is voor het bouwen van een geothermie-installatie in de gemeente Rijswijk. Deze optie biedt namelijk een optimale balans tussen de levensduur (36,37 jaar), opbrengst (250 TJ/4.44 MW) en de geschatte kosten (€24,88 miljoen). Doordat er bij deze optie wordt gefocust op de wijken Kleurenbuurt en Muziekbuurthoeft de installatie *maar* 162,15 TJ te leveren. Hierdoor wordt er altijd voldaan aan de warmtevraag ($162,12 < 250$) en is er ook nog extra warmte over voor eventuele uitbreidingen. De installatie wordt op een diepte van ongeveer 2000 meter geplaatst met een reservoir diepte van 60 meter in laag S. De “well spacing” is 1000 meter. Dit samen zorgt voor een levensduur van 36 jaar. Ook is de diameter van de buizen 0.2035 meter met een flow van 120 m³/h en de producers temperatuur is 70,9 graden celcius. Doordat de geothermie-installatie wordt aangesloten aan het WarmteLinq-net kunnen de kosten voor de infrastructuur laag worden gehouden. Dit alles zorgt ervoor dat de geothermie-installatie ongeveer 3,89 miljoen euro per jaar oplevert, wat in totaal 141,48 miljoen euro is. De installatie zou daarom na 6,4 jaar winst maken. Tot slot is een ander voordeel dat ook bij deze optie rekening wordt gehouden met de toekomst, want het bouwen van een geothermie-installatie (incl. de vergunningen) duurt rond de 4 jaar en het zou rond de 36 jaar meegaan. Gezien voor 2000 bijna overal fossiele energie werd gebruikt en nu rond 2025 op veel plaatsen in de wereld 10-20% duurzame energie is door onder andere het gebruik van zonnepanelen en windmolens. Dit betekent dat er constant wordt gezocht naar nieuwe hernieuwbare en duurzame bronnen van energie en ook het uitvinden van nieuwe bronnen en gezien bij deze optie de geothermie installatie rond 2075 stop met werken is er een grote kans dat er een nieuwe en misschien betere optie is voor het opwekken van duurzame en hernieuwbare energie.

10.2. Geschatte kosten

Optie 1: Optimaal Rijswijk

Factoren:

- Diepte boringen: 2400 m
- Diameter buizen: 0,2535 m
- Afstand tussen buizen: 2000 m
- Flow: 140 m³/h
- Bovengrondse leidingen naar geheel Rijswijk

Ondergrondse kosten:

Onderdeel	Berekening	Kosten (€)
Boringen	2 × 2,64 km × 3000 €/m	€15.840.000
Casing / buis	2 × 2,64 km × 1500 €/m	€7.920.000
Totaal		€23.760.000

Bovengrondse infrastructuur:

Onderdeel	Kosten (€)
Pompstation / gebouwen	1.500.000
Fundering + vloeren	800.000
Bovengrondse leidingen (2 km)	1.300.000
Aansluiting WarmteLinq & huizen	1.000.000
Totaal	4.600.000

Apparatuur / installaties:

Onderdeel	Kosten (€)
Pompen + motoren	800.000
Warmtewisselaars	500.000
Meet- & regeltechniek	300.000
Besturing / SCADA	200.000
Totaal	1.800.000

23.760.000 + 4.600.000 + 1.800.000 = 30.160.000 euro

Optie 2: Doublet buurten en wijken

Factoren:

- Diepte boringen: 2000 m
- Diameter buizen: 0,2035 m
- Afstand tussen buizen: 1000 m
- Flow: 120 m³/h
- Bovengrondse leidingen naar Kleurenbuurt & Muziekbuilt

Ondergrondse kosten:

Onderdeel	Berekening	Kosten (€)
Boringen	2 × 2,2 km × 3000 €/m	13.200.000
Casing / buis	2 × 2,2 km × 1200 €/m	5.280.000
Totaal		18.480.000

Bovengrondse infrastructuur:

Onderdeel	Kosten (€)
Pompstation / gebouwen	1.500.000
Fundering + vloeren	800.000
Bovengrondse leidingen (2 km)	1.300.000
Aansluiting WarmteLinq & huizen	1.000.000
Totaal	4.600.000

Apparatuur / installaties:

Onderdeel	Kosten (€)
Pompen + motoren	800.000
Warmtewisselaars	500.000
Meet- & regeltechniek	300.000
Besturing / SCADA	200.000
Totaal	1.800.000

18.480.000 + 4.600.000 + 1.800.000 = 24.880.000 euro

Optie 3: Toekomstvisie

Factoren:

- Diepte boringen: 2400 m
- Diameter buizen: 0,4032 m
- Afstand tussen buizen: 700 m
- Flow: 160 m³/h
- Bovengrondse leidingen naar heel Rijswijk

Ondergrondse kosten:

Onderdeel	Berekening	Kosten (€)
Boringen	$2 \times 2,64 \text{ km} \times 3000 \text{ €/m}$	15.840.000
Casing / buis	$2 \times 2,64 \text{ km} \times 1200 \text{ €/m}$	6.340.000
Totaal		22.180.000

Bovengrondse infrastructuur:

Onderdeel	Kosten (€)
Pompstation / gebouwen	1.700.000
Fundering + vloeren	1.000.000
Bovengrondse leidingen (2 km)	1.500.000
Aansluiting WarmteLinq & huizen	1.000.000
Totaal	5.200.000

Apparatuur / installaties:

Onderdeel	Kosten (€)
Pompen + motoren	1.000.000
Warmtewisselaars	700.000
Meet- & regeltechniek	400.000
Besturing / SCADA	300.000
Totaal	2.400.000

$$22.180.000 + 5.200.000 + 2.400.000 = 29.780.000 \text{ euro}$$

11. Conclusie

Dit project heeft vele onderzoeken gehad op basis van meerdere vlakken om een optimale locatie voor de realisatie van een aardwarmtecentrale te kiezen. Uiteindelijk is besloten dat de Kleurenbuurt over de beste specificaties beschikt van alle wijken. Deze locatie is gekozen op basis van de ondergrond, beschikking van bovengrondse locatie en de beschikbare bouwoppervlakte. In de conclusie zijn de verschillende deelvragen en de hoofdvraag beantwoord voor de Kleurenbuurt om een duidelijk overzicht te krijgen van de argumenten van de keuze.

Deelvragen

1. Is het voor de gemeente rendabel om een aardwarmtecentrale te bouwen?

Voor de gemeente is het rendabel om een aardwarmtecentrale te bouwen op één van de grasvelden in het nabijgelegen park bij de Kleurenbuurt. Op basis van de doublet opties is er een doublet gekozen voor de langste levensduur, namelijk 36,37 jaar. Deze doublet heet in het bijbehorende hoofdstuk: 'Doublet buurten en wijken'. In de jaren dat de centrale actief is kan de aardwarmtecentrale een totale opbrengst van 141,48 miljoen euro leveren, wanneer alle warmte gebruikt wordt die de centrale opwekt. Daarnaast ontstaat er winst van ongeveer meer dan 115 miljoen euro doordat de algemene prijs voor een aardwarmtecentrale ongeveer rond de 24.880.000 euro ligt. Verder is er ook onderhoud nodig van ongeveer 200.000 euro per jaar, wat erop duidt dat er over de levensduur ongeveer 7,8 miljoen gebruikt wordt voor onderhoud van de aardwarmtecentrale. Dus in totaal is er een winst van ongeveer 105 - 112 miljoen euro. De aardwarmtecentrale kan deze winst bereiken om ook de omliggende wijken om de Kleurenbuurt (Muziekbuur, Artiëstenbuurt, etc.) te verwarmen.

2. Welke van de toegewezen locaties is het meest geschikt voor dit project?

Van de vier verschillende wijken binnen Rijswijk is de Kleurenbuurt het meest geschikt. Dit komt doordat de Kleurenbuurt buiten de wijk over vele gasvelden beschikt. Het meest geschikte grasveld in de Kleurenbuurt is grasveld 2, doordat deze naast infrastructuur ligt voor bereikbaarheid van bouwverkeer. Daarnaast is dit grasveld groot genoeg voor de realisatie van een aardwarmtecentrale (4400 m²).



Afbeelding 40 - Grasvelden in de Kleurenbuurt

3. Naar welke ondergrondse locatie is het het meest geschikt om er heen te boren?

De meest geschikte ondergrondse locatie is gesteente laag S, dat staat voor Schielanden en Nedersaksen groepen. Deze laag ligt namelijk bij de Kleurenbuurt op een diepte van 2000 tot 2500 meter onder de grond. Daarnaast moet er voor het

12. Aanbevelingen

Naast de conclusie voor de boorlocatie zijn er nog aanbevelingen voor de opdrachtgever op basis van de boorspecificaties en de diepte voor de doublet. Deze aanbevelingen zijn gebaseerd op de eerder uitgewerkte onderzoeken in dit verslag en zijn een richtlijn waaraan gehouden kan worden tijdens de realisatie van de aardwarmtecentrale. Voor gegevens zoals de ligging van de ondergrondse buizen en de diepte van deze buizen is de verstrekte code van het TU Delft gebruikt. Voor andere gegevens zoals de ondergrond en locatie zijn andere bronnen op het net benut.

Boren

Voor boren wordt er geadviseerd om tot een diepte van ongeveer 2000 tot 2500 meter te boren. Op deze diepte bevindt zich de gesteentelaag met de gesteentegroep onder de afkorting S, die over de meest geschikte eigenschappen beschikt voor permeabiliteit. Daarnaast bevindt zich onder deze grondlaag een slecht permeabele ondergrondstructuur, waardoor er mogelijk al water in de ondergrond aanwezig is. Hierbij wordt er ook geadviseerd om rekening te houden met plaatselijke fluctuaties in diepte, waardoor een diepte van 2500 meter zich al bevindt op de hoogte van de slecht permeabele ondergrond. Voor de twee buizen voor aardwarmte, de injectie en productieputten, is geadviseerd om deze tot een diepte van 2000 meter te laten lopen. Verder zouden deze buizen ook ongeveer 1000 meter van elkaar af moeten liggen voor een optimale warmteproductie. Deze waarden zijn deel van de doublet-optie met de langste levensduur genaamd: 'Doublet buurten en wijken'.

Locatie

Het is bekend dat de aardwarmtecentrale het meeste rendement zal hebben als deze warmte levert aan de Kleurenbuurt en de Muziekbuurten. Hierbij is geadviseerd, ook te lezen bij hoofdstuk conclusie, om de centrale op grasveld 2 te zetten (Benamingen voor grasvelden in afbeelding hiernaast). Dit grasveld beschikt over een omringende bomenbeschutting, wat tegen eventuele esthetische kwesties zal werken. Daarnaast ligt er naast dit grasveld een groot infrastructuur wat leidt tot makkelijk vervoer van bouwmaterialen evenals een daaronder gelegen warmteleiding van het warmteprogramma Warmtelinq. Hierdoor kan de aardwarmtecentrale ook aangesloten worden op dit warmtenet om zo een groter gedeelte van Rijswijk te voorzien van duurzame energie.

Echter zal dit alleen gedaan moeten worden als de aardwarmtecentrale niet alle gebouwen die zijn aangesloten aan dit warmtenet moeten verwarmen. In combinatie met de huidige bron voor warmte, de fabrieken in de Rotterdamse haven, zou de aardwarmtecentrale de levering van warmte wel aan kunnen. Natuurlijk is het ook geadviseerd om hierbij nog grondige berekeningen uit te voeren om de mogelijkheid van dit concept nog te bewijzen, als gevolg van het feit dat de aardwarmte de energie van de Kleurenbuurt en de Muziekbuurten ook moet leveren.



Afbeelding 42 - Grasvelden in Kleurenbuurt

13. Discussie

De resultaten

Tijdens dit project is er over ongeveer 12 weken een onderzoek uitgevoerd om een uiteindelijke conclusie te maken voor een boorlocatie. Doordat dit een kleine tijdsperiode was en er een groot onderzoek op meerdere vlakken uitgevoerd moest worden, moesten sommige onderzoeken op een hoger tempo uitgevoerd worden dan professionals zouden doen. Hierdoor kunnen sommige onderzoeken nog beter uitgevoerd worden om de validiteit van de uiteindelijke conclusie van dit onderzoek te verhogen en een beter voorstel voor boorlocatie op te stellen.

Een voorbeeld van hoe dit onderzoek te verbeteren is om meer actuele bronnen te gebruiken voor de totaalberekening van de warmtevraag in een wijk. De gebruikte bronnen komen uit het jaar 2023 en zijn daarom niet relevant voor dit onderzoek waar gegevens uit het heden nodig zijn. Wel was het inwoneraantal relevant omdat deze gegevens uit het jaar 2025 komen en dus een goed overzicht geven van het bevolkingsaantal. Dit aantal kon vervolgens vergeleken worden met de minimale grens voor het aantal inwoners om een goed, rendabel aardwarmtecentrale te bouwen om een conclusie te trekken.

De bodemanalyse kan ook verbeterd worden op vlak van gegevens. Om een diepte te bepalen om tot te boren is er gekeken naar de bekende eigenschappen van de verschillende gesteentelagen en de bijbehorende gesteentegroepen om een laag uit te kiezen die over de juiste permeabele eigenschappen beschikt. Hierbij is er geen rekening gehouden met de plaatselijke eigenschappen die aanwezig zijn in de ondergrond. Voorbeelden van deze plaatselijke eigenschappen zijn de aanwezigheid van kleiig gesteente, waardoor de permeabiliteit sterk verlaagd wordt. Op basis van meer uitgebreide gegevens over de grondlagen in de specifieke regio en over welke gesteentesoorten deze bestaan (Kleiig gesteente, zandgesteente, enzovoorts) kan er een meer betrouwbare locatie gevonden worden om tot te boren.

Beperkingen tijdens het project

Tijdens het project waren er echter enige beperkingen op vlak van bronnen en informatie voor belangrijke aspecten voor een onderzoek naar de geschikte locatie voor een aardwarmtecentrale. Voorbeelden van deze beperkingen is onder andere informatie over specifieke gesteentelagen of laagpakketten. Tijdens de bodemanalyse is er kennisgemaakt met de verschillende aanwezige gesteentegroepen onder de grond. Om een goede locatie voor te stellen is er informatie nodig over de diverse grondsoorten. Deze informatie kon voor alle verschillende lagen behalve voor de grondsoort 'Athena groep' gevonden worden op het net. Gelukkig kon de informatie wel bevonden worden door gebruik te maken van het PWS-Forum van de TU Delft. Daarnaast was er weinig informatie over de permeabiliteit per grondsoort gevonden worden. Een voorbeeld hiervan is de permeabiliteitswaarde van de grondsoort zandgesteente. Deze informatie kon goed gebruikt worden in het latere onderzoek naar de boorspecificaties, omdat deze waarden in de doublet rekenaar gevoerd moesten worden. Afsluitend waren er ook weinig gegevens te vinden over de mogelijkheid en lokale wetten in de regio van Rijswijk over de bouw van aardwarmtecentrale op

landgoederen en grasvelden. Deze informatie was voornamelijk relevant geweest tijdens het kiezen van een specifieke locatie in de wijken. Hierbij is er uit de aanwezige grasvelden buiten de Kleurenbuurt en naast het Kruisvaarderspark (hoofdstuk 6.1b) een veld gekozen die het meest geschikt leek op vlak van dichtstbijzijnde infrastructuur en oppervlakte. Hiervoor is informatie over de wetten en verboden vooral relevant geweest, omdat er zo gekeken kon worden of de grasvelden bebouwd mochten worden en of deze tot natuur- en recreatiegebieden behoorden.

Vervolgonderzoek aanbevelingen

Voor een mogelijk vervolgonderzoek naar deze locatie zijn er nog bepaalde aanbevelingen om ervoor te zorgen dat de realisatie van een aardwarmtecentrale op de gekozen locatie zo succesvol mogelijk gaat.

Onderzoek naar de meningen

Om ervoor te zorgen dat burgers en omwonenden in Rijswijk ook inspraak hebben op de mogelijke plannen van de Gemeente moet er een lokaal onderzoek uitgevoerd worden om te onderzoeken wat de omwonenden van een nieuwe duurzame energiebron vinden en of deze omwonenden deze locatie geschikt vinden voor de realisatie van een aardwarmteproject. Daarnaast moet er ook rekening gehouden worden met de meningen over de esthetica van een aardwarmtecentrale en of de aardwarmtecentrale de recreatieactiviteiten van de lokale bevolking niet belemmert.

Onderzoek naar de lokale bodem

Doordat er tijdens dit project over beperkte bronnen beschikking was, moet er nog meer onderzoek komen naar de lokale bodem met de bijbehorende gesteentelagen en aanwezige gesteentegroepen. Dit onderzoek zal een grote impact hebben op de mogelijkheid om te boren en om water van de injectie naar de productieput te laten stromen. Tijdens dit onderzoek is er gebruikgemaakt van een programma genaamd 'ThermoGIS', dat de specifieke grondlagen in de regio laat zien met hun gesteentesoorten. Hierdoor kon er geen duidelijke en concrete conclusie getrokken worden over de grondsoorten in de praktijk. Voor een vervolgonderzoek zal er een grondboring moeten plaatsvinden om zo de lokale aanwezige gesteentes te bepalen. Verder kan er ook gebruikgemaakt worden van andere innovatieve technieken zoals echolocatie.

Onderzoek naar rendement en kosten

Daarnaast kan er een uitgebreid onderzoek gestart worden om de lokale prijzen voor bouwmaterialen, ondergrondse buizen en warmtenetten te bepalen. Hierdoor kunnen de totale kosten berekend worden en het mogelijke rendement bepaald worden. Voor dit onderzoek is het gemiddelde gebruikt om de kosten voor een aardwarmteproject te bepalen. Doordat dit een gemiddelde is, kunnen de kosten per regio sterk verschillen. Natuurlijk moeten deze kosten later weer terugverdiend worden en moet er winst overgehouden worden om de aardwarmtecentrale in stand te houden. Hierdoor is dit een erg belangrijk onderzoek, dat helaas niet volledig gelukt is om uit te werken.

14. Begrippenlijst

Fysieke leefomgeving: De natuurlijke omgeving met daarin de aangebrachte elementen door de mens(bouwwerken).

Carbonaten (in een aardlaag): Dit verwijst naar de aanwezigheid van carbonaten, een groep natuurlijke chemische verbindingen die vooral als calciumcarbonaat voorkomen.

Evaporieten: Sedimentaire gesteenten en zoutafzettingen die ontstaan door verdamping van zout water uit zeeën, meren of poelen.

Bioklastische kalkstenen

Kalkstenen die zijn opgebouwd uit stukjes (fragmenten) van organismen, zoals schelpen of koralen. Deze resten zijn samengeperst tot gesteente.

Mergelige (kalkstenen)

Kalkstenen die gemengd zijn met klei. Hierdoor zijn ze zachter en minder zuiver dan gewone kalksteen.

Lithologie

De beschrijving van een gesteente op basis van kenmerken zoals korrelgrootte, kleur, samenstelling en structuur.

Conglomeraten

Gesteenten die bestaan uit afgeronde kiezelstenen en grind, die door natuurkrachten met elkaar zijn samengekit.

Aquifer

Een waterhoudende laag in de ondergrond waarin grondwater zich kan ophopen en verplaatsen. Deze laag kan water goed doorlaten.

Permeabiliteit

De mate waarin een gesteente of bodem water kan doorlaten. Hoe hoger de permeabiliteit, hoe makkelijker water erdoorheen stroomt. Ook wel doorlaatbaarheid genoemd.

Lithologisch

Een bijvoeglijk naamwoord dat verwijst naar de lithologie: de eigenschappen van gesteenten (zoals structuur, korrelgrootte of samenstelling).

Schalie

Een fijngelaagd gesteente dat bestaat uit samengeperste klei. Schalie laat bijna geen water door.

Conglomeraat

Een type sedimentair gesteente dat bestaat uit grote, afgeronde stenen of keien die door natuurlijke processen met een bindmiddel samengekit zijn.

13. Bronnen

Aardgasvrij | Gemeente Gorinchem. (z.d.). Gemeente Gorinchem.

<https://www.gorinchem.nl/direct-regelen/wonen-verhuizen-verbouwen/gorinchem-duurzaam/aardgasvrij/>

Aardwarmte installaties - Bronboringsbedrijf Enter. (z.d.). Bronboringsbedrijf Enter.

<https://www.bronboringenter.nl/aardwarmte-installaties/>

Aardwarmte of geothermie: stadswarmte uit de aarde | Vattenfall. (z.d.). Vattenfall.nl.

<https://www.vattenfall.nl/stadsverwarming/warmtenetten-en-warmtebronnen/aardwarmte/#:~:text=warmtenet%20in%20Almere-,Invloed%20op%20de%20omgeving,van%20geluid%2C%20licht%20en%20werkverkeer>

Aardwarmte Techniek Nederland. (z.d.). *Oplevering & werking bodemenergiesysteem -*

Aardwarmte Techniek Nederland.

<https://www.aardwarmtetechniek.nl/aardwarmteboring/oplevering-werking-bodemenergiesysteem#:~:text=Het%20rendement/%20COP%20van%20de,%2C%20kortom%20500%25%20is%20haalbaar>

Alles over Aardwarmte. (2024a, februari 21). *Thema 6: Winnen van aardwarmte - Alles over Aardwarmte.* Alles Over Aardwarmte.

<https://www.allesoveraardwarmte.nl/winnen-van-aardwarmte/#:~:text=Wat%20is%20er%20nodig%20om,een%20ontvangststation%2C%20een%20kastje%20met%20E2%80%A6>

Alles over Aardwarmte. (2024b, mei 23). *Home - Alles over Aardwarmte.* Alles Over

Aardwarmte. <https://www.allesoveraardwarmte.nl/>

Alles over Aardwarmte. (2024c, mei 23). *Home - Alles over Aardwarmte*. Alles Over Aardwarmte.

<https://www.allesoveraardwarmte.nl/#:~:text=Lees%20meer-,8.,die%20van%20belang%20kan%20zijn>

Alles over Aardwarmte. (2025a, januari 13). *Thema 2: Aardwarmte in de buurt - Alles over Aardwarmte*. Alles Over Aardwarmte.

<https://www.allesoveraardwarmte.nl/aardwarmte-in-de-buurt/>

Alles over Aardwarmte. (2025b, april 10). *Thema 8: Wetgeving - Alles over Aardwarmte*. Alles Over Aardwarmte.

<https://www.allesoveraardwarmte.nl/wetgeving/#:~:text=Welke%20wetten%20en%20regels%20zijn,die%20van%20belang%20kan%20zijn>

Alles over Aardwarmte. (2025c, april 10). *Thema 8: Wetgeving - Alles over Aardwarmte*. Alles Over Aardwarmte.

<https://www.allesoveraardwarmte.nl/wetgeving/#:~:text=van%20Chemische%20stoffen,-,Veiligheid,Is%20aardwarmte%20veilig>

Anouk. (2025, 10 februari). *Productiecijfers aardwarmte tonen lichte groei – inhaalslag nodig*. Geothermie Nederland.

<https://geothermie.nl/actueel/nieuws/productiecijfers-aardwarmte-2024/>

Biomassa verbranden: houtverbranding en afvalverbranding. (z.d.). RVO.nl.

<https://www.rvo.nl/onderwerpen/bio-energie/houtverbranding-en-afvalverbranding>

Boringen, A. (2025a, november 11). *Wat zijn de kosten van een aardwarmtepomp?* Ara Boringen.

<https://araboringen.nl/kosten-aardwarmtepomp/#:~:text=Is%20een%20aardwarmtepomp%20het%20waard,de%20winter%20met%20%C3%A9%C3%A9n%20systeem>

Boringen, A. (2025b, november 11). *Wat zijn de kosten voor aardwarmte?* Ara Boringen.

<https://araboringen.nl/kosten-aardwarmte/#:~:text=De%20aanleg%20van%20een%20aardwarmtesysteem,het%20grotere%20plaatje%20te%20kijken>

Boven-Noordzee Groep | DINOLoket. (z.d.).

<https://www.dinoloket.nl/stratigrafische-nomenclator/boven-noordzee-groep>

Buik, N., De Jonge, H., & De Boer, S. (2016). Potentieel geothermie in Zuid-Holland:

Toelichting potentieelkaarten geothermie. In Provincie Zuid-Holland, *Zuid-Holland* (66141/SB/20161129 2). Zuid-Holland - IF.

<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.zuid-holland.nl/publish/pages/17660/potentieelgeothermieinzh.pdf&ved=2ahUKEwiUINCe1aKRAxWCnf0HHWyDCbcQFnoECCIQAQ&usg=AOvVaw2WarNH9hvj163Kh2eifF5j>

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2024, 2 september). 8. *biomassa*. Centraal Bureau Voor de Statistiek.

<https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/rapportages/2024/hernieuwbare-energie-in-nederland-2023/8-biomassa>

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2025, 8 september). *Hernieuwbare energie in Nederland 2024: 6. Aardwarmte*. Centraal Bureau Voor de Statistiek.

<https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/rapportages/2025/hernieuwbare-energie-in-nederland-2024/6-aardwarmte>

Cheese. (2025, 6 september). How to Drill Through Rocks: Techniques for Creating Drill Holes in Natural Stones. *drillingbucket*.

<https://drillingbucket.com/nl/how-to-drill-through-rocks/>

EBN B.V. (2025a, april 11). *Fases van een aardwarmteproject* - EBN. EBN.

<https://www.ebn.nl/aardwarmte/fases-van-een-aardwarmteproject/>

EBN B.V. (2025b, juni 5). *Wat is aardwarmte* - EBN. EBN.

<https://www.ebn.nl/aardwarmte/wat-is-aardwarmte/#:~:text=ondergrond%20van%20belang?-Hoe%20werkt%20aardwarmte?,weer%20terug%20de%20bodem%20in.&text=Your%20browser%20can't%20play%20this%20video.&text=An%20error%20occurred,is%20disabled%20in%20your%20browser>

Elektrisch verwarmen - het eerlijke verhaal. (z.d.). Vereniging Eigen Huis.

<https://www.eigenhuis.nl/verduurzamen/verwarmen/elektrisch-verwarmen>

Energielabel A: een bijzonder energiezuinig huis | Vattenfall. (z.d.). Vattenfall.nl.

<https://www.vattenfall.nl/energielabels/energielabel-a/>

Ennatuurlijk | Warmtebronnen en technieken. (z.d.). Ennatuurlijk.

<https://ennatuurlijk.nl/over-ons/warmtebronnen-en-technieken>

Ennatuurlijk | Warmtenet vs. cv-ketel: wat zijn de verschillen? (z.d.).

<https://ennatuurlijk.nl/thuis/warmte-en-koude/inspiratie/warmtenet-vs-cv-ketel-wat-zijn-de-verschillen#:~:text=Energieverbruik:%20Individuele%20cv%20ketels%20kunnen,en%20een%20grotere%20ecologische%20voetafdruk>

Ennatuurlijk | Wat is aquathermie. (z.d.). Ennatuurlijk.

<https://ennatuurlijk.nl/wat-aquathermie>

Evolutie en verwachting energieprijzen 2025-30 België. (2021, 17 september). CallMePower.

<https://callmepower.be/nl/energie/gids/tarief/stijgende-energieprijzen#:~:text=In%20mei%202020%20bedroeg%20de,op%20%E2%82%AC%208.103%20per%20jaar>

Feenstra Nieuwsredactie. (2025, 20 oktober). *Hoe veilig is uw cv-ketel?* Feenstra.

<https://www.feenstra.com/zorgelooswonen/hoe-veilig-is-uw-cv-ketel/#:~:text=Een%20goede%20rookgasafvoer%20redt%20levens,voorzien%20van%20een%20concentrische%20rookgasafvoer>

Geologische Dienst Nederland. (2025, 28 januari). *Aardwarmte | Energietransitie* |

Geologische Dienst Nederland.

<https://www.geologischdienst.nl/researches/aardwarmte/#:~:text=Door%20de%20productie%2D%20en%20injectieput,gesteentelagen%20waaruit%20het%20opgepompt%20is>

Geothermie Nederland. (2019). Gedragscode Omgevingsbetrokkenheid bij

Aardwarmteprojecten. In *Gedragscode Omgevingsbetrokkenheid Bij Aardwarmteprojecten.*

https://geothermie.nl/downloads/Gedragscode_Omgevingsbetrokkenheid_GNL.pdf

Geothermie Nederland. (2025, 28 juli). *Wetgeving en vergunningen - Geothermie Nederland.*

<https://geothermie.nl/themas/wetgeving-en-vergunningen/#:~:text=Omdat%20bij%20aardwarmte%20activiteiten%20in,structureel%20warm%20water%20te%20winnen>

Google LLC. (2023, 18 juni). *Google Earth* (Door Alphabet Inc). Google Earth.

https://earth.google.com/web/search/Muziekbuilt/@52.0318722,4.32233285,-0.74080778a,2444.31858252d,35y,0h,0t,0r/data=CnoaTBJGCIUweDQ3YzViNjIjNzhmYTM0MDk6MHhiYzQyY2EzOGMzYzQ1Yzk4GfKG6pxVBEPaIVzQ1hx7SRFAKgtNdXppZWtidXVydBgCIAEiJgokCYVFLbb-nDVAEYRFLbb-nDXAGa8nb3Ae2klAIzX5J4-jBUrAQgIIAToDCgEwQgIIAEoNCP_____wEQAA

Grondlagen. (2025, 11 oktober). Forum. <https://forum.pwstudelft.nl/topic/6534/grondlagen/2>

Hoe snel kan een investering in geothermie worden terugverdiend? - VB. (z.d.).

<https://vb.nl/nl/geothermie/faq/terugverdientijd-investering-geothermie>

Hoornwijk - Ravel. (z.d.). <https://denhaag.incijfers.nl/mosaic/nl-nl/ravel/hoornwijk>

KadastraleKaart.com - De gratis online kadasterkaart. (z.d.).

https://kadastralekaart.com/buurt/kleurenbuurt-BU06030642?srsId=AfmBOoKya0_zrfsFzD9z9eReQP3ls2gzaeNqz15aubzWWqvEjyOq9bk

Kamerstuk 35531, nr. 3 | Overheid.nl > Officiële bekendmakingen. (2020, 16 juli).

<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-35531-3.html#:~:text=1.,ontwikkeling%20van%20aardwarmte%20in%20Nederland>

Keus, J., Rob van den Broeke (Rijswijk Wonen) en Daphne Braal (Vidomes), Peter van Rijn (bestuur Vereniging van Eigenaren Meerzicht II), & Huub Halsema. (2021).

Transitievisie Warmte Rijswijk. In *Transitievisie Warmte Rijswijk* (pp. 116–516).

Klimaatexpert.com. (z.d.). *Warmtepomp of Cv-ketel?*

<https://www.klimaatexpert.com/toepassingen-warmtepomp/particulier/warmtepomp-of-cv-ketel#:~:text=Per%20eenheid%20is%20gas%20goedkoper,verbruik%20daalt%20bij%20goede%20isolatie>

Knijnenbirg Producties. (z.d.). *Over geothermie*. Geothermie Delft.

<https://geothermiedelft.nl/over-aardwarmte>

Leewis, M., Boter, E., Bruijnen, P., Hanemaaijer, L., Schutte, C., Schrijver, E., Zijp, M., & Kleinlugtenbelt, R. (2023). Aardwarmte Stand der techniek en bodempotentie. In E. Boter, R. Kleinlugtenbelt, & J. Kwee (Reds.), *RES Rotterdam Den Haag & RES Holland-Rijnland* (1.2, pp. 3–113) [Report].

https://www.ebn.nl/wp-content/uploads/2023/05/1jun2023_Potentieonderzoek_Aardwarmte_EBN_IF_Technology_-Rotterdam_Den_Haag_-Holland-Rijnland.pdf

Living, W. (z.d.). *van Vredenburgweg 609, Rijswijk*. Copyright (C) 2019-2024 Walter

Living, B.V.

<http://walterliving.com/gemeente/rijswijk/plaats/rijswijk/buurt/kleurenbuurt/bu06030642>

Milieu Centraal. (z.d.-a). *Aardwarmte: duurzame warmte uit de grond*.

<https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/energiebronnen/aardwarmte/>

Milieu Centraal. (z.d.-b). *Aardwarmte: duurzame warmte uit de grond.*

<https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/energiebronnen/aardwarmte/#:~:text=uit%20te%20breiden.-,Hoe%20werkt%20aardwarmte?,pilots%20moeten%20plaatsvinden%20in%20Nederland>

Milieu Centraal. (z.d.-c). *Aardwarmte: duurzame warmte uit de grond.*

<https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/energiebronnen/aardwarmte/>

Milieu Centraal. (z.d.-d). *Duurzaamheid van zonnepanelen.*

<https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/zonnepanelen/duurzaamheid-van-zonnepanelen/>

Milieu Centraal. (z.d.-e). *Waterkracht: een energiebron.*

<https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/energiebronnen/waterkracht/>

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. (2025, 28 februari). *Aardwarmte (geothermie)*. Duurzame Energie | Rijksoverheid.nl.

<https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/aardwarmte>

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat & Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. (2025, 17 februari). *Zonne-energie*. Duurzame Energie | Rijksoverheid.nl.

<https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/zonne-energie>

Ministerie van Klimaat en Groene Groei. (z.d.). *Klimaatplan 2025-2035: Op weg naar een klimaatneutraal Nederland*. In *open.overheid.nl*. Overheid.

<https://open.overheid.nl/documenten/1cc2dff1-ea3e-499e-b1e3-04bf487b649d/file>

*Muziekbuur*t. (z.d.). Bewonersvereniging Rijswijk.

[85](https://www.bewonersverenigingrijswijk.nl/muziekbuurt.html</p></div><div data-bbox=)

Myrthe. (2025, 24 januari). *Bodemwarmtepomp*. Homedeal NL.

<https://www.homedeaal.nl/warmtepomp/bodemwarmtepomp/#:~:text=De%20kosten%20van%20een%20bodempomp,de%20energiebesparing%20is%20ook%20kleiner>

natuur & Milieu. (2022). Aardwarmte. In *Natuur & Milieu*.

<https://natuurenmilieu.nl/app/uploads/NM-Aardwarmte.pdf>

Nederlands Instituut Publieke Veiligheid. (2025, 4 augustus). *Geothermie - Nederlands Instituut Publieke Veiligheid*.

<https://nipv.nl/onderzoek/geothermie-aardwarmte/#:~:text=de%20toekomst%20toeneemt,-,Veiligheidsaspecten,boringen%2C%20groot%20onderhoud%20en%20ontmanteling>

Oud-Rijswijk. (z.d.). Bewonersvereniging Rijswijk.

<https://www.bewonersverenigingrijswijk.nl/oud-rijswijk.html#:~:text=Het%20oudste%20gebied%20van%20Rijswijk,Bomenbuurt%20en%20het%20Oude%20Centrum>

Overstappen.nl. (2025, 4 februari). *Aardwarmte | De voor- en nadelen van aardwarmte* | Overstappen.nl.

<https://www.overstappen.nl/energie/duurzame-energie/aardwarmte/#:~:text=Wat%20zijn%20de%20nadelen%20van,een%20klein%20risico%20op%20aardbevingen>

Parken | Gemeente Rijswijk. (z.d.). Gemeente Rijswijk. <https://www.rijswijk.nl/parken>

Patrick. (2025, 27 mei). *Wat is een warmtewisselaar?* Om | Nieuwe Energie.

<https://www.samenom.nl/warmtewisselaar/>

provincie Utrecht. (2025, 15 augustus). *Aardwarmte (geothermie)*. Provincie Utrecht.

<https://www.provincie-utrecht.nl/onderwerpen/energie-en-klimaat/aardwarmte#:~:text=Wetgeving,in%20de%20Staatscourant%20externe%20link>

SCAN. (2024a, februari 28). *Wat is aardwarmte?* - SCAN aardwarmte. SCAN Aardwarmte.

<https://scanaardwarmte.nl/het-programma/wat-is-aardwarmte/#:~:text=Wilt%20u%20meer%20weten%20over,voorzien%20worden%20in%20diens%20warmtebehoefte>

SCAN. (2024b, februari 28). *Wat is aardwarmte?* - SCAN aardwarmte. SCAN Aardwarmte.

<https://scanaardwarmte.nl/het-programma/wat-is-aardwarmte/#:~:text=Hoe%20werkt%20het?,%2C%20gebouwen%2C%20industrie%20en%20kassen>

Schipper, S. (z.d.). *Geothermie: de Mijnbouwwet en Omgevingswet*.

<https://warmtenetwerk.nl/wp-content/uploads/Presentatie-6-Sanne-Schipper-Mijnbouwwet-en-Omgevingswet.pdf>

Solvari, & Solvari. (2025, 2 september). *Aardwarmtepomp*. Warmtepompenadvies.nl.

<https://warmtepompenadvies.nl/aardwarmtepomp/#:~:text=je%20warmtepomp%20installateur.-,Aardwarmtepomp%20kosten,%2C%20%E2%80%A6%20Start%20je%20aanvraag%20hier>

Team Energie & Klimaat & Gemeente Rijswijk. (2025). *Warmteprogramma Rijswijk 2025* [Report].

<https://www.rijswijk.nl/sites/default/files/2025-09/ontwerp-warmteprogramma-2025-nvdl.pdf>

ThermoGIS. (z.d.). <https://www.thermogis.nl/thermogis-mapviewer>

{title} | *AlleCijfers.nl*. (2025a, december 1). AlleCijfers.nl.

<https://allecijfers.nl/gemeente/rijswijk/>

{title} | *AlleCijfers.nl*. (2025b, december 1). AlleCijfers.nl.

https://allecijfers.nl/gemeente/rijswijk/#energieverbruik_woningen

{title} | *AlleCijfers.nl*. (2025c, december 1). AlleCijfers.nl.

<https://allecijfers.nl/buurt/oud-rijswijk-rijswijk>

TNO. (z.d.). *INFORMATIEBLADEN ZOUTWINNING*.

https://www.nlog.nl/sites/default/files/2022-02/informatiebladen_zoutwinning.pdf

Van Capelleveen, D. (2025, 26 mei). *Wat is goedkoper: gas of stroom?* Pure Energie.

[https://pure-energie.nl/gas/wat-is-goedkoper-gas-of-stroom/#:~:text=Steeds%20meer%20Nederlanders%20letten%20op,\(m%C2%B3\)%20gas%20je%20verbruikt](https://pure-energie.nl/gas/wat-is-goedkoper-gas-of-stroom/#:~:text=Steeds%20meer%20Nederlanders%20letten%20op,(m%C2%B3)%20gas%20je%20verbruikt)

Van Heiningen, J. (2023, 13 september). *Wijziging Mijnbouwwet per 1 juli versnelt de inzet van aardwarmte*. EBN.

<https://www.ebn.nl/nieuws/veel-gestelde-vragen-over-wijziging-mijnbouwwet-2023/>

Vleestomatenbedrijf A + G van den Bosch, & Van den Bosch, R. (2009). Stappenplan

Winning Aardwarmte voor Glastuinbouw. In *Wur*. <https://edepot.wur.nl/5772>

Waarom een nieuwe cv-ketel toch een goed idee is. (z.d.). Saman Groep.

<https://www.samangroep.nl/kennisbank/waarom-een-nieuwe-cv-ketel-toch-een-goed-idee-is>

Warmteatlas. (z.d.). <https://www.warmteatlas.nl/viewer/app/Warmteatlas/v2%20%20>

Wat is een warmtewisselaar? Ontdek de werking | ENGIE. (z.d.). ENGIE.

<https://www.engie.nl/product-advies/warmtepomp/orientatie/technisch/warmtewisselaar>

Zuid-Holland | natura 2000. (z.d.). <https://www.natura2000.nl/gebieden/zuid-holland>

Projectplan

Aardwarmte in Rijswijk



Rijswijk



Namen: Mohammad Khaled Yasin, Thijn Merks, Nouschka Steenks, Pieter Oosterling

Naam publiekelijke rechtspersoon en opdrachtgever: Gemeente Rijswijk, TU Delft

Opdrachtgevers: Jeroen Bos (*gemeente Rijswijk*)

Naam docent: Meneer K. Sluiter

School: Christelijk Lyceum Delft - Molenhuispad

Datum: 09-09-2025

Versie: 1

Leerjaar: 4 vwo Technasium

Klas: V4g

1. Inleiding

Het project is onderzoeken waar er in Rijswijk geboord kan worden naar aardwarmte. Er wordt gekeken naar de volgende vier buurten van Rijswijk: De Kleurenbuurt, Muziekbuur, Hoornwijk en Oud Rijswijk. Verder moet er ook gekeken worden of het mogelijk is om te boren in de grond in een van die locaties. Aansluitend op deze onderzoeken moet er een boorlocatie voorgesteld worden. De boorlocatie geeft een grote voorsprong op de duurzame visie van Rijswijk. De aardwarmtecentrale zal ervoor zorgen dat de gebouwen op een groene manier verwarmd worden.

Dit groepje voor dit project bestaat uit vier technasium leerlingen genaamd Thijn Merks, Pieter Oosterling, Mohammad Khaled Yasin en Nouschka Steenks.

Dit is het projectplan waarin de plannen en onderdelen toegelicht worden en de planning wordt uitgewerkt.

In de komende weken zou het projectplan nog kunnen worden aangepast omdat het project nog niet helemaal duidelijk is en dat na de kick off duidelijker wordt.

2. Werkveld

Opdrachtgever

De opdrachtgever voor het project *aardwarmte in Rijswijk* is Jeroen Bos. Hij werkt bij de gemeente Rijswijk en is daar beleidsmedewerker. Hij heeft de taak van de overheid gekregen om net als in elke andere gemeente de CO₂-uitstoot te verminderen met 95%. Om ervoor te zorgen heeft hij samen met andere beleidsmedewerkers binnen de gemeente Rijswijk een warmte-programma gemaakt. Hierin staat beschreven hoe alle gebouwen binnen de gemeente kunnen worden voorzien van duurzame verwarming. Ook heeft Jeroen Bos al veel ervaring op het gebied van geothermie, want hij was projectleider voor geothermie bij het bedrijf *Fânqié beheer*. (aldus LinkedIn) Verder is hij ook docent geweest voor het vak aardrijkskunde waar je ook leert over geothermie en heeft bij de gemeente Den Haag gewerkt voor de energietransitie.

(Informatie afkomstig van LinkedIn & opdrachtenboekje)

Bètawereld

De opdracht aardwarmte in Rijswijk past het beste bij de bètawereld: water, energie & natuur, omdat er onderzoek gedaan wordt over hoe warmte uit de grond gehaald kan worden en op die manier energie van bv. een ketel besparen. Ook wordt er binnen de buizen water rond gepompt en dat wordt opgewarmd.

3. Het probleem

Tegenwoordig gaat er in Nederland 40% van de totale gebruikte energie naar warmte. Dit komt vaak van niet-duurzame bronnen, wat het milieuprobleem steeds maar vergroot. De gemeente Rijswijk heeft het zich voorgenomen om dit in deze stad te verminderen door een duurzame energiebron te creëren voor de stad. Dit wil Rijswijk doen door middel van geothermie: energie opwekken door middel van de warmte in de aarde. Nederland heeft al een paar aardwarmte-centrales en het is het doel om dit aantal uit te breiden.

Alleen zijn er nog veel problemen die opgelost moeten worden voordat dit plan uitgevoerd kan worden. Om deze problemen op te lossen moet er goed onderzoek uitgevoerd worden. Dit is de opdracht. Er moet onderzoek gedaan worden naar de warmtevraag, de haalbaarheid en de risico's en kosten.

Hiervoor is er een onderzoeksvraag bedacht:

Welke van de toegewezen locaties heeft de beste eigenschappen voor de gemeente om een aardwarmtecentrale te bouwen?

De deelvragen:

1. Is het voor de gemeente rendabel om een aardwarmtecentrale te bouwen?
2. Welke van de toegewezen locaties is het meest geschikt voor dit project?
3. Naar welke ondergrondse locatie is het het meest geschikt om er heen te boren?

Als het mogelijk is voor de gemeente om een aardwarmtecentrale te bouwen op een van de toegewezen locaties, wordt er een onderzoek gedaan hoe dat dan zou moeten en of er mogelijk gebouwen gesloopt moeten worden voor dit project. De conclusie van dit korte onderzoek, evenals de aanbevolen locatie, zal dan voorgesteld worden aan de opdrachtgever. Hierbij zullen de voordelen van deze locatie gegeven worden en worden er ook eventuele overwegingen aan de opdrachtgever voorgedragen.

4. Projectresultaat

Gegevensverzameling van ondergrondse structuren.

- Er zal een compacte verzameling zijn van bronnen met informatie over grondstructuren in de betrokken gebieden.
- Er zullen verschillende databases van het internet zijn waar de noodzakelijke informatie vandaan zal worden gehaald.
- Er zal een verzameling gemaakt worden van de huidige bronnensamenstelling van de woningen, de benodigde infrastructuur en de hoeveelheid benodigde warmte.

De mate van duurzaamheid van het project

- Het project streeft naar een percentage van 95% duurzaamheid in Nederland. Dat de draagkracht van de natuur in evenwicht is.
- Het project moet zo min mogelijk schade toebrengen aan de natuur.

De locatie van uitvoering

- Aan het eind van het project zal er een precieze locatie zijn waar het project uitgevoerd zal worden.
- Het project zal niet voor overlast zorgen voor de buurtbewoners

De kosten van het project

- Aan het eind van het project zijn de kosten van de aardwarmteinstallatie uitgerekend, tot een globale schatting.
- Aan het eind van het project zijn de kosten van het onderhoud uitgerekend, tot een globale schatting.

5. Projecten fases

In het volgende onderdeel zullen de stappen komen te staan met de bereikte resultaten. Op deze manier kan er antwoord worden gegeven op de onderzoeksvraag. Ook zorgt dit ervoor dat er op een gestructureerde manier een verslag wordt geschreven van de oriëntatie tot de conclusiefase. Tot slot worden er geen belangrijke punten gemist met deze aanpak. De resultaten zijn voortgekomen uit bijvoorbeeld een uitgevoerde onderzoek of interview met de opdrachtgever of professionals.

Fase:	Onderzoeksmethode en -plan	Doel
1: Oriëntatie	Er wordt begonnen met de fase waarbij er informatie wordt verzameld over geothermische energie en aardwarmte. Het gaat over wat en hoe aardwarmte precies werkt en inhoudt en de informatie. Voor het beantwoorden en het verzamelen van informatie, wordt <i>Google</i> gebruikt en worden er vragen gesteld aan de gemeente Rijswijk als: Hoeveel inwoners heeft de wijk ...? Welke energie- en gas leveranciers gebruiken bewoners en bedrijven van Rijswijk?	- Basiskennis hebben over aardwarmte. - Weten over hoeveel inwoners en gebruikers het gaat.
2: PvE	Het PvE wordt gebruikt om eisen en wensen op te stellen voor bijvoorbeeld de locatie, omgeving, rendement en hoeveel warmte de installatie moet gaan opleveren, kijkend naar de energie- en warmtebehoeften van de bewoners van Rijswijk.	- Punten om aan te houden en duidelijkheid
3: Wijken in Rijswijk	Bij deze stap wordt er informatie verzameld over de buurten. Oud-Rijswijk, Hoornwijk, Kleurenbuurt en Muziekbuurt. De informatie moet antwoord geven op de warmtevraag, de mogelijke gebruikers van aardwarmte.	- Welke buurten geschikt zouden zijn voor aardwarmte
4: Bodem analyse	Bij deze stap wordt er gekeken naar de ondergrond van de locatie die is gekozen door middel van bv. dwarsdoorsneden van de ondergrond. Met die informatie kan er worden gekeken naar de beste laag van stenen op dat deel grond en kan er worden bepaald hoe diep en de lengte van de buizen van de installatie.	- Informatie voor de berekeningen
5: Gesteentelaag - experiment	Bij deze fase wordt er aan de hand van een experiment met koffie kennis getoond over hoe gesteentelagen precies werken en tot in hoeverre water goed erdoorheen blijft gaan en de hoeveelheid druk die nodig is. Deze data wordt verwerkt in een grafiek of formule.	- Weten hoe druk werkt - Begrijpen dat doorlaatbaarheid belangrijk is.
6: Analyse locaties per wijk	Bij de fase locaties, worden er als eerst verschillende locaties in Rijswijk bekeken en worden ze met elkaar vergeleken. Op deze manier	- Deelopdracht beantwoorden

	wordt er een locatie gekozen die in Rijswijk het beste en geschikt is voor aardwarmte.	- Verdere berekeningen
7: Doublet	Hierbij wordt er bij de locatie onderzoek gedaan naar hoe de installatie eruit moet komen te zien. Hierdoor komen er verschillende scenario's met een verschillende diepte, breedte, buis dikte, injectie en uithaal temperatuur en de hoeveelheid water dat er per uur uit wordt gepompt.	- Keuze verbreden - Aanpassen aan wat handig is
8: Geschatte kosten	Bij deze fase wordt er van elk scenario een overzicht gemaakt met de geschatte kosten voor bijvoorbeeld het boren, buizen, installatie en de apparatuur. Dit kan inzicht geven over of de installatie winst maakt en wanneer de installatie begint met winst maken.	- Winst - Slimste optie - Beste inverstering
9: Conclusie	Bij deze fase wordt er een samenvatting gemaakt van de resultaten van het onderzoek en welke bevindingen er zijn geweest. Ook bevat de samenvatting het antwoord op de hoofdvraag en wordt er een advies geschreven voor de gemeente Rijswijk.	- Einde onderzoek - Resultaten duidelijk
10: advies/voorstel aardwarmteput	Bij deze fase wordt er een voorstel gemaakt voor een locatie en over hoe de installatie eruit komt te zien, denk aan: ruimte tussen de buizen, diepte van de buizen voor de gemeente Rijswijk. Ook wordt er een berekening gemaakt over de hoeveelheid aardwarmte die de installatie kan produceren en of en in hoeverre het winstgevend is.	- Advies gemeente

Dit stappenplan bevat een duidelijke aanpak voor het onderzoek naar een locatie en advies over een aardwarmte installatie in de gemeente Rijswijk.

6. Afbakening

De focus van dit project ligt op het bekijken van de ondergrond in de aangewezen locaties in Rijswijk. Wat voor grondsoorten er in de bodem zitten en of het dan mogelijk is om daar te boren en daar dan genoeg aardwarmte te winnen is om de huishoudens en bedrijven in Rijswijk te kunnen voorzien van aardwarmte. Er moet dan ook uitgezocht worden waar veel aardolie aanwezig is en welke grond goed is om een boorinstallatie neer te zetten.

7. Projectplanning

Onderdelen en deadlines

- Oriëntatie: week 39 + 41
- Onderzoek naar warmtevraag: week 40, 41 + 44
- Bodemonderzoek: 44 + 45
- Analyse: week 45, 46 + 47
- Boorlocatie voorstellen: week 47
- Conclusie: week 48 + 49
- Afronding/verslag: week 48 + 49 + 50

Voor een betere uitwerking van de planning kan er op de onderstaande link gedrukt worden.

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1wi3AP2ks1fV9ZhJmCfgyY1oTWIz1A9mK5Qymz3l7XHg/edit?gid=0#gid=0>

Tussenpresentatie

In de volgende tekst wordt er genoteerd wat de inhoud is van de tussenpresentatie.

(Bij dit project is er geen tussenpresentatie, maar een verslag check.)

Taakverdeling gedurende het project

Aantekeningen voor het verslag: Nouschka.

De planning: Pieter.

Contact met de opdrachtgever & voorzitter: Mohammed.

Onderdelen controleren: Thijn*.

*Het verslag wordt door alle teamleden gecontroleerd.

13.2. Externe bestanden - links & qr codes:

Vragenlijst

<https://docs.google.com/document/d/1ojfwR79KgptaHd2XTUI9fDfd7EoezkC5z6CLnH88-0w/edit?usp=sharing>



Team Logboek

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1EOiEBUZIXVVRQr3o_npqc0qCFFJ7hatUgazbjlZL6bk/edit?usp=sharing



Vraag 1:

Beste Meneer/Mevrouw,

Wij hebben voor het project van O&O Aardwarmte voor Rijswijk een vraag. Tijdens de oriëntatie over de grondlagen onder de grond konden we veel informatie over de grondlagen onder de afkorting 'AT_1' en 'AT_0' vinden. Alleen hebben we ook informatie over de grondlaag onder de afkorting 'AT_2' nodig. Het is bij ons bekend dat deze drie groepen onder de 'Altena' groep vallen, maar wij zouden graag meer informatie willen hebben over dit specifieke type. Daarom is onze vraag aan u: Uit welke soorten gesteente bestaat deze grondlaag en is deze grondlaag of één van de 'Altena' groep gesteente geschikt voor aardwarmte?

Alvast bedankt en met vriendelijke groet,

Thijn Merks, Mohammad Khaled Yasin, Nouschka Steenks & Pieter Oosterling.

Vraag 2:

Beste Meneer/Mevrouw,

Voor het project van aardwarmte in Rijswijk van O&O heb ik een tweede vraag. Tijdens het onderzoeken van de ondergrond in Rijswijk op specifieke plekken hebben we daarbij de betreffende grondlagen gevonden onder de lithologische afkortingen. Hierbij hebben we geresulteerd dat de gesteentegroepen S, KN, AT_1 & AT_2 zich onder de grond onder Rijswijk bevinden. Alleen is het hierbij onduidelijk om welke gesteente het gaat in deze groepen. De informatie die we op het internet over deze groepen gevonden hebben, vertellen dat deze groepen uit verschillende soorten gesteenten bestaan. Hierbij kan het bijvoorbeeld gaan over kleiige gesteente (volledig ongeschikt voor geothermie) en plaatselijke kalkstenen (geschikt voor geothermie). Hierdoor is het voor ons moeilijk om te bepalen welke laag het meest geschikt is voor deze manier van warmtewinning. Welke van de gesteentegroepen zijn het beste geschikt voor de geothermie op basis van de permeabiliteit en risico's?

Alvast bedankt en met vriendelijke groet,

Thijn Merks, Mohammad Khaled Yasin, Nouschka Steenks & Pieter Oosterling.

Antwoord op beide vragen:

Beste Thijn, Mohammad, Nouschka en Pieter,

Ik reageer in dit bericht even in beide vragen in 1 keer!

De Altena-groep (met de lagen AT_0, AT_1 en AT_2) bestaat voornamelijk uit fijnkorrelige kleisteen en schalie, afgewisseld met dunne lagen siltsteen, zandsteen of kalksteen. Deze gesteenten zijn ontstaan in een mariene (zee-)omgeving tijdens het Laat-Trias tot Vroeg-Jura. Over het algemeen zijn de kleiige lagen erg slecht doorlatend, wat betekent dat water en warmte zich moeilijk door het gesteente kunnen verplaatsen. Daardoor is de Altena-groep als geheel minder geschikt voor aardwarmtewinning.

Toch kunnen er lokaal verschillen zijn. Sommige delen van de Altena-groep bevatten zandige of kalkhoudende lagen met een hogere doorlatendheid, en die zouden wél potentie kunnen hebben als aardwarmtereservoir. De laag AT_2 bestaat meestal uit klei of schalie en is dus niet ideaal, maar het is verstandig om de lokale samenstelling verder te onderzoeken. Andere gesteentegroepen, zoals S of KN, bevatten mogelijk meer zandsteen of kalksteen en zijn daardoor beter geschikt voor geothermie.

Ik hoop dat ik jullie hier iets verder mee help, laat maar weten als jullie er nog dieper op in willen gaan!

Groet Splinter

PWS Team

TU Delft

```
1. Production temperature.
2. Lifetime of the doublet.
3. The power (in MW (megawatt)) that is needed to run the system.**

**"Lifetime" describes how long the water that comes out of the production well stays warm. This is usually many years or decades. After that, it cools down slowly because the re-injected water has travelled all the way from the injector to the producer.

** Most of the time, we talk about how much power (=energy per time) a geothermal doublet produces. But we also have to put in some power to run the pumps. The difference, "power_out - power_in" is how much we actually got.

[7]: # Production temperature
Temp_prod = doublet1.T_prod
print('T_out: %s °C' % round(Temp_prod, 2))
T_out: 70.9 °C

[8]: # time of thermal breakthrough
time_breakth = doublet1.t_breakthrough()
print('Time of thermal breakthrough: %s years' % round(time_breakth, 2))
Time of thermal breakthrough: 33.37 years

[9]: # Power
# 1) How much power do we generate?
p_out = doublet1.p_doublet()
print('Power produced by the doublet: %s MW' % round(p_out, 2))

# 2) how much power is needed to run the pumps?
p_in = doublet1.p_pumps()
print('Power consumed by the doublet: %s MW' % round(p_in, 2))

# 3) The difference:
p_net = p_out - p_in
print('Net power produced: %s MW' % round(p_net, 2))

Power produced by the doublet: 5.0 MW
Power consumed by the doublet: 0.17 MW
Net power produced: 4.83 MW

The other files in this directory
• doublet.py contains the equations used in this notebook.
```

Dit is een screenshot gemaakt in Atlas - OpenAI, waarbij de code wordt ingevuld voor de doublet buurten en kijken

7.2. Voorstel locatie: Doublet - Optimaal Rijswijk - informatie: MW, T_out - bijlage 4:

```
# Setup for Colab: clone repo and install dependencies
```

```
import sys
```

```
if 'google.colab' in sys.modules:
```

```
    # Remove old repo if it exists
```

```
    !rm -rf Technasium
```

```
# Clone the latest repo
```

```
!git clone https://github.com/cwallmeier/Technasium.git
```

```
# Change directory to your subfolder
```

```
%cd Technasium/AnalyticalModel
```

```
# Install requirements
```

```
!pip install -r requirements.txt
```

```
"""
```

```
Created on Mon Feb 13 15:28:23 2023
```

```
@author: adaniilidis, cwallmeier
```

```
"""
```

```
class make_doublet:
```

```
    def __init__(self,
```

```
        # Input parameters Geometry
```

```
        depth_m=2400, # top reservoir depth in meters
```

```
        thickn_m=60, # reservoir thickness in meters
```

```
        # Input parameters rock properties
```

```
        poro=12.5, # reservoir porosity in percent
```

```
        perm_mD=300, # reservoir permeability mD
```

```
        rho_rock=2300, # rock density kg/m3
```

```
        Cp_rock=1, # specific heat capacity rock kJ/(kgK)
```

```
        # Input parameters fluid properties
```

```
        rho_fluid=1000, # fluid density kg/m3
```

```
        Cp_fluid=4.180, # specific heat capacity fluid kJ/(kgK)
```

```
        # Input parameters pT
```

```
        T_surf=10, # reference temperature at surface (degC)
```

```
        T_grad=30, # temperature gradient (degC/km)
```

```
        p_surf=101325, # reference pressure at surface (Pa)
```

```
        p_grad=9792100, # pressure gradient (Pa/km)
```

```
        # Input parameters wells
```

```

        flow_m3_h=140, # volume flow rate m3/h
        w_space=2000, # well spacing in meters
        w_diam=0.2535, # well diameter in meters
        T_inj=35, # injection temperature degC

        # Input parameters economic
        pump_eta=0.5, #
    ):
    # Input parameters Geometry
    self.r_d = depth_m
    self.r_h = thickn_m

    # Input parameters rock properties
    self.poro = poro / 100
    self.rho_rock = rho_rock
    self.Cp_rock = Cp_rock
    self.perm_mD = perm_mD
    self.perm_m2 = self.perm_mD * 9.8692326671601e-13 * 1e-3 # reservoir permeability
in m2

    # Input parameters fluid properties
    self.rho_fluid = rho_fluid
    self.Cp_fluid = Cp_fluid

    # Input parameters pT
    self.T_ref = T_surf
    self.T_grad = T_grad
    self.p_ref = p_surf
    self.p_grad = p_grad

    # Input parameters wells
    self.q_m3_h = flow_m3_h
    self.q_m3_s = flow_m3_h / 3600 # seconds
    self.w_space = w_space
    self.w_diam = w_diam
    self.T_inj = T_inj
    self.p_prod = self.p_ref + ((self.r_d + self.r_h / 2) * 1e-3 * self.p_grad) # undisturbed p
at reservoir depth
    self.T_prod = self.T_ref + ((self.r_d + self.r_h / 2) * 1e-3 * self.T_grad) # production
temperature degC
    self.mu_0 = PropsSI('viscosity', 'T', self.T_prod + 273.15, 'P', self.p_prod, 'Water')
    self.mu_inj = PropsSI('viscosity', 'T', self.T_inj + 273.15, 'P', self.p_prod, 'Water')

    # Input parameters economic
    self.pump_eta = pump_eta

def lmbda(self):
    mobility_lambda = self.poro * self.rho_fluid * self.Cp_fluid / (

```

```

        (1 - self.poro) * self.rho_rock * self.Cp_rock + self.rho_fluid * self.Cp_fluid *
self.poro)
    return mobility_lambda

def mu(self, r):
    """
    :param r: position along doublet-line in m, measured from injector towards producer
    :return: viscosity in Pas at that position
    """
    if r < 0:
        mu = self.mu_inj
    elif r > self.w_space:
        mu = self.mu_0
    else:
        ratio = r / self.w_space
        mu = self.mu_inj * (1 - ratio) + self.mu_0 * ratio
    return mu

def dp_wells(self):

    c_inj = self.mu_inj / self.perm_m2 * self.q_m3_s / (2 * np.pi * self.r_h)
    c_prd = self.mu_0 / self.perm_m2 * self.q_m3_s / (2 * np.pi * self.r_h)

    self.dp_MPa = np.log((self.w_space - self.w_diam / 2) / self.w_diam / 2) * (c_inj +
c_prd) * 1e-6

    return self.dp_MPa

def t_breakthrough(self):
    """
    :return: arrival time of cold front at producer well
    """
    self.t_cold_yrs = (self.poro / self.lmbda() *
        (2 * np.pi * self.r_h) / self.q_m3_h * self.w_space ** 2 / 6) / (365 * 24)
    return self.t_cold_yrs

def p_pumps(self):
    self.p_pumps_MW = self.dp_wells() * self.q_m3_s / self.pump_eta
    return self.p_pumps_MW

def p_doublet(self):
    """ power produced by doublet in MW """
    self.P_doublet_kW = self.q_m3_s * self.rho_fluid * self.Cp_fluid * (self.T_prod -
self.T_inj)
    self.P_doublet_MW = self.P_doublet_kW * 1e-3

    return self.P_doublet_MW

```

```

# Reservoir depth: The depth of the top of the reservoir in m.
res_depth = 2400

# Reservoir thickness in m.
res_thick = 60

# porosity in percent
porosity=12.5

# Permeability in mDarcy
res_perm = 300

# well spacing. The distance between injector and producer in m
wells_x = 2000

# injection temperature. the temperature (in deg Celsius) of the cold water that is being
re-injected.
injT = 35

# flow rate. How much water (in m3/h) we pump through the reservoir
flow=140

# Give all this input to the function:
doublet1 = make_doublet(depth_m=res_depth, thickn_m=res_thick, poro=porosity,
perm_mD=res_perm, w_space=wells_x, flow_m3_h=flow, T_inj=injT)

print('Doublet created')
Doublet created

# Production temperature
Temp_prod = doublet1.T_prod
print('T_out: %s °C' % round(Temp_prod, 2))
T_out: 82.9 °C

# time of thermal breakthrough
time_breakth = doublet1.t_breakthrough()
print('Time of thermal breakthrough: %s years' % round(time_breakth, 2))
Time of thermal breakthrough: 124.28 years

# Power

# 1) How much power do we generate?
p_out = doublet1.p_doublet()
print('Power produced by the doublet: %s MW' %round(p_out, 2))

# 2) how much power is needed to run the pumps?
p_in = doublet1.p_pumps()
print('Power consumed by the doublet: %s MW' %round(p_in, 2))

```

3) The difference:

p_net = p_out - p_in

print('Net power produced: %s MW' %round(p_net, 2))

Power produced by the doublet: 7.76 MW

Power consumed by the doublet: 0.21 MW

Net power produced: 7.55 MW

7.2. Voorstel locatie: Doublet -Optimaal Rijswijk - informatie: heatmap B_T - bijlage 1:

reservoir depth. The top of the reservoir in m below the surface.

res_depth = 2400

reservoir porosity as fraction of 1

poro_min = 0.10

poro_max = 0.42

poro_step = 0.01

poro = np.arange(poro_min, poro_max, poro_step)

print('List of porosities: ' + str(poro))

well spacing. The distance between injector and producer in m

ws_min = 1000

ws_max = 2500

ws_step = 0,1

ws = np.arange(ws_min, ws_max+1, ws_step)

print('List of well spacings: ' + str(ws))

injection temperature. the temperature (in deg Celsius) of the cold water that is being re-injected.

injT = 35

We want to calculate breakthrough time for every combination.

So first, create an empty array in which we can later store all the values

breakthrough = np.empty((len(poro), len(ws)))

Then for-loop over all combinations and calculate breakthrough time for each

for count1, this_poro in enumerate(poro):

for count2, that_ws in enumerate(ws):

doublet, using porosity and spacing of this iteration

one_doublet = make_doublet(depth_m=res_depth, poro=this_poro, w_space=that_ws,

T_inj=injT)

call function for breakthrough time

one_breakthrough = one_doublet.t_breakthrough()

round that value and save it in the array we prepared earlier

breakthrough[count1, count2] = np.round(one_breakthrough, 2)

A first look at the numbers

print('Array of breakthrough times:\n' +

str(breakthrough))

```

# And a prettier visualisation
plot1 = plt.imshow(breakthrough, origin='lower', extent=(ws_min-ws_step/2,
ws_max+ws_step/2,
                                poro_min-poro_step/2, poro_max+poro_step/2),
aspect='auto',
                    cmap='plasma')
plt.xlabel('well spacing in m')
plt.ylabel('porosity')
plt.colorbar(plot1, label='breakthrough time in years')

```

7.2. Voorstel locatie: Doublet - Optimaal Rijswijk - informatie: heatmap TJ - bijlage 2:

```

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
# Import the class "doublet" which knows how to calculate everything we need
from doublet import make_doublet

```

```

print('Imports completed')

```

```

# reservoir depth. The top of the reservoir in m below the surface.

```

```

res_depth_min = 2000

```

```

res_depth_max = 2500

```

```

res_depth_step = 0.1

```

```

res_depth = np.arange(res_depth_min, res_depth_max+1, res_depth_step)

```

```

# reservoir porosity as fraction of 1

```

```

poro = 0.125

```

```

# well spacing. The distance between injector and producer in m

```

```

ws = 2000

```

```

# injection temperature. the temperature (in deg Celsius) of the cold water that is being
re-injected.

```

```

injT_min = 19

```

```

injT_max = 52

```

```

injT_step = 1

```

```

injT = np.arange(injT_min, injT_max+1, injT_step)

```

```

# We want to calculate breakthrough time for every combination.

```

```

# So first, create an empty array in which we can later store all the values

```

```

energy_list = np.empty((len(res_depth), len(injT)))

```

```

# Then for-loop over all combinations and calculate breakthrough time for each

```

```

for count1, this_res_depth in enumerate(res_depth):

```

```

    for count2, that_injT in enumerate(injT):

```

```

        # doublet, using porosity and spacing of this iteration

```

```

    one_doublet = make_doublet(depth_m=this_res_depth, poro=poro, w_space=ws,
T_inj=that_injT)
    # how much power (in MW) is needed?
    p_in = one_doublet.p_pumps()
    # and how much power (in MW) do we get out?
    p_out = one_doublet.p_doublet()
    # net
    p_net = p_out - p_in
    # Alternative units:
    ## convert p_net from MW to MJ in a year
    annual_MJ = p_net * ((365 * 24 * 60 * 60)/(1*10**6))
    # round that value and save it in the array we prepared earlier
    energy_list[count1, count2] = np.round(annual_MJ, 2)

# A first look at the numbers
print('Array of energy stuff:\n' +
      str(energy_list))

# And a prettier visualisation
plot1 = plt.imshow(energy_list, origin='lower', extent=(injT_min-injT_step/2,
injT_max+injT_step/2,
                                     res_depth_min-res_depth_step/2,
res_depth_max+res_depth_step/2), aspect='auto',
                  cmap='plasma')
plt.xlabel('injection temperature in degrees C')
plt.ylabel('reservoir depth in meter')
plt.colorbar(plot1, label='energy in TJ')

```

7.2. Voorstel locatie: Doublet - Buurten en Wijken - informatie: MW, T_out - bijlage 4:

```
# Setup for Colab: clone repo and install dependencies
```

```
import sys
```

```
if 'google.colab' in sys.modules:
```

```
    # Remove old repo if it exists
```

```
    !rm -rf Technasium
```

```
# Clone the latest repo
```

```
!git clone https://github.com/cwallmeier/Technasium.git
```

```
# Change directory to your subfolder
```

```
%cd Technasium/AnalyticalModel
```

```
# Install requirements
```

```
!pip install -r requirements.txt
```

```
"""
```

```
Created on Mon Feb 13 15:28:23 2023
```

```
@author: adaniilidis, cwallmeier
```

```
"""
```

```
class make_doublet:
```

```
    def __init__(self,
```

```
        # Input parameters Geometry
```

```
        depth_m=2000, # top reservoir depth in meters
```

```
        thickn_m=60, # reservoir thickness in meters
```

```
        # Input parameters rock properties
```

```
        poro=12.5, # reservoir porosity in percent
```

```
        perm_mD=300, # reservoir permeability mD
```

```
        rho_rock=2300, # rock density kg/m3
```

```
        Cp_rock=1, # specific heat capacity rock kJ/(kgK)
```

```
        # Input parameters fluid properties
```

```
        rho_fluid=1000, # fluid density kg/m3
```

```
        Cp_fluid=4.180, # specific heat capacity fluid kJ/(kgK)
```

```
        # Input parameters pT
```

```
        T_surf=10, # reference temperature at surface (degC)
```

```
        T_grad=30, # temperature gradient (degC/km)
```

```
        p_surf=101325, # reference pressure at surface (Pa)
```

```
        p_grad=9792100, # pressure gradient (Pa/km)
```

```
        # Input parameters wells
```



```

    flow_m3_h=120, # volume flow rate m3/h
    w_space=1000, # well spacing in meters
    w_diam=0.2035, # well diameter in meters
    T_inj=35, # injection temperature degC

    # Input parameters economic
    pump_eta=0.5, #
):
# Input parameters Geometry
self.r_d = depth_m
self.r_h = thickn_m

# Input parameters rock properties
self.poro = poro / 100
self.rho_rock = rho_rock
self.Cp_rock = Cp_rock
self.perm_mD = perm_mD
self.perm_m2 = self.perm_mD * 9.8692326671601e-13 * 1e-3 # reservoir permeability
in m2

# Input parameters fluid properties
self.rho_fluid = rho_fluid
self.Cp_fluid = Cp_fluid

# Input parameters pT
self.T_ref = T_surf
self.T_grad = T_grad
self.p_ref = p_surf
self.p_grad = p_grad

# Input parameters wells
self.q_m3_h = flow_m3_h
self.q_m3_s = flow_m3_h / 3600 # seconds
self.w_space = w_space
self.w_diam = w_diam
self.T_inj = T_inj
self.p_prod = self.p_ref + ((self.r_d + self.r_h / 2) * 1e-3 * self.p_grad) # undisturbed p
at reservoir depth
self.T_prod = self.T_ref + ((self.r_d + self.r_h / 2) * 1e-3 * self.T_grad) # production
temperature degC
self.mu_0 = PropsSI('viscosity', 'T', self.T_prod + 273.15, 'P', self.p_prod, 'Water')
self.mu_inj = PropsSI('viscosity', 'T', self.T_inj + 273.15, 'P', self.p_prod, 'Water')

# Input parameters economic
self.pump_eta = pump_eta

def lmbda(self):
    mobility_lambda = self.poro * self.rho_fluid * self.Cp_fluid / (

```

```

        (1 - self.poro) * self.rho_rock * self.Cp_rock + self.rho_fluid * self.Cp_fluid *
self.poro)
    return mobility_lambda

def mu(self, r):
    """
    :param r: position along doublet-line in m, measured from injector towards producer
    :return: viscosity in Pas at that position
    """
    if r < 0:
        mu = self.mu_inj
    elif r > self.w_space:
        mu = self.mu_0
    else:
        ratio = r / self.w_space
        mu = self.mu_inj * (1 - ratio) + self.mu_0 * ratio
    return mu

def dp_wells(self):

    c_inj = self.mu_inj / self.perm_m2 * self.q_m3_s / (2 * np.pi * self.r_h)
    c_prd = self.mu_0 / self.perm_m2 * self.q_m3_s / (2 * np.pi * self.r_h)

    self.dp_MPa = np.log((self.w_space - self.w_diam / 2) / self.w_diam / 2) * (c_inj +
c_prd) * 1e-6

    return self.dp_MPa

def t_breakthrough(self):
    """
    :return: arrival time of cold front at producer well
    """
    self.t_cold_yrs = (self.poro / self.lmbda() *
        (2 * np.pi * self.r_h) / self.q_m3_h * self.w_space ** 2 / 6) / (365 * 24)
    return self.t_cold_yrs

def p_pumps(self):
    self.p_pumps_MW = self.dp_wells() * self.q_m3_s / self.pump_eta
    return self.p_pumps_MW

def p_doublet(self):
    """ power produced by doublet in MW """
    self.P_doublet_kW = self.q_m3_s * self.rho_fluid * self.Cp_fluid * (self.T_prod -
self.T_inj)
    self.P_doublet_MW = self.P_doublet_kW * 1e-3

    return self.P_doublet_MW

```

```

# Reservoir depth: The depth of the top of the reservoir in m.
res_depth = 2000

# Reservoir thickness in m.
res_thick = 60

# porosity in percent
porosity=12.5

# Permeability in mDarcy
res_perm = 300

# well spacing. The distance between injector and producer in m
wells_x = 1000

# injection temperature. the temperature (in deg Celsius) of the cold water that is being
re-injected.
injT = 35

# flow rate. How much water (in m3/h) we pump through the reservoir
flow=120

# Give all this input to the function:
doublet1 = make_doublet(depth_m=res_depth, thickn_m=res_thick, poro=porosity,
perm_mD=res_perm, w_space=wells_x, flow_m3_h=flow, T_inj=injT)

print('Doublet created')
Doublet created

# Production temperature
Temp_prod = doublet1.T_prod
print('T_out: %s °C' % round(Temp_prod, 2))
T_out: 70.9 °C

# time of thermal breakthrough
time_breakth = doublet1.t_breakthrough()
print('Time of thermal breakthrough: %s years' % round(time_breakth, 2))
Time of thermal breakthrough: 36.37 years

# Power

# 1) How much power do we generate?
p_out = doublet1.p_doublet()
print('Power produced by the doublet: %s MW' %round(p_out, 2))

# 2) how much power is needed to run the pumps?
p_in = doublet1.p_pumps()
print('Power consumed by the doublet: %s MW' %round(p_in, 2))

```

3) The difference:

p_net = p_out - p_in

print('Net power produced: %s MW' %round(p_net, 2))

Power produced by the doublet: 4.58 MW

Power consumed by the doublet: 0.14 MW

Net power produced: 4.44 MW

7.2. Voorstel locatie: Doublet - buurten & wijken - informatie: heatmap B_T - bijlage 1:

reservoir depth. The top of the reservoir in m below the surface.

res_depth = 2000

reservoir porosity as fraction of 1

poro_min = 0.10

poro_max = 0.42

poro_step = 0.01

poro = np.arange(poro_min, poro_max, poro_step)

print('List of porosities: ' + str(poro))

well spacing. The distance between injector and producer in m

ws_min = 500

ws_max = 1500

ws_step = 0,1

ws = np.arange(ws_min, ws_max+1, ws_step)

print('List of well spacings: ' + str(ws))

injection temperature. the temperature (in deg Celsius) of the cold water that is being re-injected.

injT = 35

We want to calculate breakthrough time for every combination.

So first, create an empty array in which we can later store all the values

breakthrough = np.empty((len(poro), len(ws)))

Then for-loop over all combinations and calculate breakthrough time for each

for count1, this_poro in enumerate(poro):

for count2, that_ws in enumerate(ws):

doublet, using porosity and spacing of this iteration

one_doublet = make_doublet(depth_m=res_depth, poro=this_poro, w_space=that_ws,

T_inj=injT)

call function for breakthrough time

one_breakthrough = one_doublet.t_breakthrough()

round that value and save it in the array we prepared earlier

breakthrough[count1, count2] = np.round(one_breakthrough, 2)

A first look at the numbers

print('Array of breakthrough times:\n' +

str(breakthrough))

```
# And a prettier visualisation
plot1 = plt.imshow(breakthrough, origin='lower', extent=(ws_min-ws_step/2,
ws_max+ws_step/2,
                                poro_min-poro_step/2, poro_max+poro_step/2),
aspect='auto',
                    cmap='plasma')
plt.xlabel('well spacing in m')
plt.ylabel('porosity')
plt.colorbar(plot1, label='breakthrough time in years')
```

7.2. Voorstel locatie: Doublet - Buurten & wijken - informatie: heatmap TJ - bijlage 2:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
# Import the class "doublet" which knows how to calculate everything we need
from doublet import make_doublet

print('Imports completed')

# reservoir depth. The top of the reservoir in m below the surface.
res_depth_min = 1800
res_depth_max = 2500
res_depth_step = 0.1
res_depth = np.arange(res_depth_min, res_depth_max+1, res_depth_step)

# reservoir porosity as fraction of 1
poro = 0.125

# well spacing. The distance between injector and producer in m
ws = 1000

# injection temperature. the temperature (in deg Celsius) of the cold water that is being
re-injected.
injT_min = 19
injT_max = 52
injT_step = 1
injT = np.arange(injT_min, injT_max+1, injT_step)

# We want to calculate breakthrough time for every combination.
# So first, create an empty array in which we can later store all the values
energy_list = np.empty((len(res_depth), len(injT)))

# Then for-loop over all combinations and calculate breakthrough time for each
for count1, this_res_depth in enumerate(res_depth):
    for count2, that_injT in enumerate(injT):
        # doublet, using porosity and spacing of this iteration
```

```

    one_doublet = make_doublet(depth_m=this_res_depth, poro=poro, w_space=ws,
T_inj=that_injT)
    # how much power (in MW) is needed?
    p_in = one_doublet.p_pumps()
    # and how much power (in MW) do we get out?
    p_out = one_doublet.p_doublet()
    # net
    p_net = p_out - p_in
    # Alternative units:
    ## convert p_net from MW to MJ in a year
    annual_MJ = p_net * ((365 * 24 * 60 * 60)/(1*10**6))
    # round that value and save it in the array we prepared earlier
    energy_list[count1, count2] = np.round(annual_MJ, 2)

# A first look at the numbers
print('Array of energy stuff:\n' +
      str(energy_list))

# And a prettier visualisation
plot1 = plt.imshow(energy_list, origin='lower', extent=(injT_min-injT_step/2,
injT_max+injT_step/2,
                                     res_depth_min-res_depth_step/2,
res_depth_max+res_depth_step/2), aspect='auto',
                  cmap='plasma')
plt.xlabel('injection temperature in degrees C')
plt.ylabel('reservoir depth in meter')
plt.colorbar(plot1, label='energy in TJ')

```

7.2. Voorstel locatie: Doublet - Toekomst visie - informatie: MW, T_out - bijlage 4:

```
# Setup for Colab: clone repo and install dependencies
import sys
if 'google.colab' in sys.modules:
    # Remove old repo if it exists
    !rm -rf Technasium

    # Clone the latest repo
    !git clone https://github.com/cwallmeier/Technasium.git

    # Change directory to your subfolder
    %cd Technasium/AnalyticalModel

    # Install requirements
    !pip install -r requirements.txt

"""
Created on Mon Feb 13 15:28:23 2023

@author: adaniilidis, cwallmeier
"""

class make_doublet:

    def __init__(self,
                  # Input parameters Geometry
                  depth_m=2400, # top reservoir depth in meters
                  thickn_m=60, # reservoir thickness in meters

                  # Input parameters rock properties
                  poro=12.5, # reservoir porosity in percent
                  perm_mD=300, # reservoir permeability mD
                  rho_rock=2300, # rock density kg/m3
                  Cp_rock=1, # specific heat capacity rock kJ/(kgK)

                  # Input parameters fluid properties
                  rho_fluid=1000, # fluid density kg/m3
                  Cp_fluid=4.180, # specific heat capacity fluid kJ/(kgK)

                  # Input parameters pT
                  T_surf=10, # reference temperature at surface (degC)
                  T_grad=30, # temperature gradient (degC/km)
                  p_surf=101325, # reference pressure at surface (Pa)
                  p_grad=9792100, # pressure gradient (Pa/km)

                  # Input parameters wells
```

```

    flow_m3_h=160, # volume flow rate m3/h
    w_space=700, # well spacing in meters
    w_diam=0.4032, # well diameter in meters
    T_inj=35, # injection temperature degC

    # Input parameters economic
    pump_eta=0.5, #
):
# Input parameters Geometry
self.r_d = depth_m
self.r_h = thickn_m

# Input parameters rock properties
self.poro = poro / 100
self.rho_rock = rho_rock
self.Cp_rock = Cp_rock
self.perm_mD = perm_mD
self.perm_m2 = self.perm_mD * 9.8692326671601e-13 * 1e-3 # reservoir permeability
in m2

# Input parameters fluid properties
self.rho_fluid = rho_fluid
self.Cp_fluid = Cp_fluid

# Input parameters pT
self.T_ref = T_surf
self.T_grad = T_grad
self.p_ref = p_surf
self.p_grad = p_grad

# Input parameters wells
self.q_m3_h = flow_m3_h
self.q_m3_s = flow_m3_h / 3600 # seconds
self.w_space = w_space
self.w_diam = w_diam
self.T_inj = T_inj
self.p_prod = self.p_ref + ((self.r_d + self.r_h / 2) * 1e-3 * self.p_grad) # undisturbed p
at reservoir depth
self.T_prod = self.T_ref + ((self.r_d + self.r_h / 2) * 1e-3 * self.T_grad) # production
temperature degC
self.mu_0 = PropsSI('viscosity', 'T', self.T_prod + 273.15, 'P', self.p_prod, 'Water')
self.mu_inj = PropsSI('viscosity', 'T', self.T_inj + 273.15, 'P', self.p_prod, 'Water')

# Input parameters economic
self.pump_eta = pump_eta

def lmbda(self):
    mobility_lambda = self.poro * self.rho_fluid * self.Cp_fluid / (

```



```

        (1 - self.poro) * self.rho_rock * self.Cp_rock + self.rho_fluid * self.Cp_fluid *
self.poro)
    return mobility_lambda

def mu(self, r):
    """
    :param r: position along doublet-line in m, measured from injector towards producer
    :return: viscosity in Pas at that position
    """
    if r < 0:
        mu = self.mu_inj
    elif r > self.w_space:
        mu = self.mu_0
    else:
        ratio = r / self.w_space
        mu = self.mu_inj * (1 - ratio) + self.mu_0 * ratio
    return mu

def dp_wells(self):

    c_inj = self.mu_inj / self.perm_m2 * self.q_m3_s / (2 * np.pi * self.r_h)
    c_prd = self.mu_0 / self.perm_m2 * self.q_m3_s / (2 * np.pi * self.r_h)

    self.dp_MPa = np.log((self.w_space - self.w_diam / 2) / self.w_diam / 2) * (c_inj +
c_prd) * 1e-6

    return self.dp_MPa

def t_breakthrough(self):
    """
    :return: arrival time of cold front at producer well
    """
    self.t_cold_yrs = (self.poro / self.lmbda() *
        (2 * np.pi * self.r_h) / self.q_m3_h * self.w_space ** 2 / 6) / (365 * 24)
    return self.t_cold_yrs

def p_pumps(self):
    self.p_pumps_MW = self.dp_wells() * self.q_m3_s / self.pump_eta
    return self.p_pumps_MW

def p_doublet(self):
    """ power produced by doublet in MW """
    self.P_doublet_kW = self.q_m3_s * self.rho_fluid * self.Cp_fluid * (self.T_prod -
self.T_inj)
    self.P_doublet_MW = self.P_doublet_kW * 1e-3

    return self.P_doublet_MW

```

```

# Reservoir depth: The depth of the top of the reservoir in m.
res_depth = 2400

# Reservoir thickness in m.
res_thick = 60

# porosity in percent
porosity=12.5

# Permeability in mDarcy
res_perm = 300

# well spacing. The distance between injector and producer in m
wells_x = 700

# injection temperature. the temperature (in deg Celsius) of the cold water that is being
re-injected.
injT = 35

# flow rate. How much water (in m3/h) we pump through the reservoir
flow=160

# Give all this input to the function:
doublet1 = make_doublet(depth_m=res_depth, thickn_m=res_thick, poro=porosity,
perm_mD=res_perm, w_space=wells_x, flow_m3_h=flow, T_inj=injT)

print('Doublet created')
Doublet created

# Production temperature
Temp_prod = doublet1.T_prod
print('T_out: %s °C' % round(Temp_prod, 2))
T_out: 82.9 °C

# time of thermal breakthrough
time_breakth = doublet1.t_breakthrough()
print('Time of thermal breakthrough: %s years' % round(time_breakth, 2))
Time of thermal breakthrough: 13.32 years

# Power

# 1) How much power do we generate?
p_out = doublet1.p_doublet()
print('Power produced by the doublet: %s MW' % round(p_out, 2))

```

```
# 2) how much power is needed to run the pumps?
p_in = doublet1.p_pumps()
print('Power consumed by the doublet: %s MW' %round(p_in, 2))
```

```
# 3) The difference:
p_net = p_out - p_in
print('Net power produced: %s MW' %round(p_net, 2))
Power produced by the doublet: 8.9 MW
Power consumed by the doublet: 0.26 MW
Net power produced: 8.64 MW
```

7.2. Voorstel locatie: Doublet - Toekomst visie - informatie: heatmap B_T - bijlage 1:

```
# reservoir depth. The top of the reservoir in m below the surface.
```

```
res_depth = 2400
```

```
# reservoir porosity as fraction of 1
```

```
poro_min = 0.10
```

```
poro_max = 0.42
```

```
poro_step = 0.01
```

```
poro = np.arange(poro_min, poro_max, poro_step)
```

```
print('List of porosities: ' + str(poro))
```

```
# well spacing. The distance between injector and producer in m
```

```
ws_min = 0
```

```
ws_max = 1000
```

```
ws_step = 0,01
```

```
ws = np.arange(ws_min, ws_max+1, ws_step)
```

```
print('List of well spacings: ' + str(ws))
```

```
# injection temperature. the temperature (in deg Celsius) of the cold water that is being
re-injected.
```

```
injT = 35
```

```
# We want to calculate breakthrough time for every combination.
```

```
# So first, create an empty array in which we can later store all the values
```

```
breakthrough = np.empty((len(poro), len(ws)))
```

```
# Then for-loop over all combinations and calculate breakthrough time for each
```

```
for count1, this_poro in enumerate(poro):
```

```
    for count2, that_ws in enumerate(ws):
```

```
        # doublet, using porosity and spacing of this iteration
```

```
        one_doublet = make_doublet(depth_m=res_depth, poro=this_poro, w_space=that_ws,
```

```
T_inj=injT)
```

```
        # call function for breakthrough time
```

```
        one_breakthrough = one_doublet.t_breakthrough()
```

```
        # round that value and save it in the array we prepared earlier
```

```
        breakthrough[count1, count2] = np.round(one_breakthrough, 2)
```

```

# A first look at the numbers
print('Array of breakthrough times:\n' +
      str(breakthrough))

# And a prettier visualisation
plot1 = plt.imshow(breakthrough, origin='lower', extent=(ws_min-ws_step/2,
ws_max+ws_step/2,
                                                    poro_min-poro_step/2, poro_max+poro_step/2),
aspect='auto',
                  cmap='plasma')
plt.xlabel('well spacing in m')
plt.ylabel('porosity')
plt.colorbar(plot1, label='breakthrough time in years')

```

7.2. Voorstel locatie: Doublet - Toekomst visie - informatie: heatmap TJ - bijlage 2:

```

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
# Import the class "doublet" which knows how to calculate everything we need
from doublet import make_doublet

print('Imports completed')

# reservoir depth. The top of the reservoir in m below the surface.
res_depth_min = 2000
res_depth_max = 2500
res_depth_step = 0.1
res_depth = np.arange(res_depth_min, res_depth_max+1, res_depth_step)

# reservoir porosity as fraction of 1
poro = 0.125

# well spacing. The distance between injector and producer in m
ws = 700

# injection temperature. the temperature (in deg Celsius) of the cold water that is being
re-injected.
injT_min = 19
injT_max = 61
injT_step = 1
injT = np.arange(injT_min, injT_max+1, injT_step)

# We want to calculate breakthrough time for every combination.
# So first, create an empty array in which we can later store all the values
energy_list = np.empty((len(res_depth), len(injT)))

# Then for-loop over all combinations and calculate breakthrough time for each
for count1, this_res_depth in enumerate(res_depth):

```

```

for count2, that_injT in enumerate(injT):
    # doublet, using porosity and spacing of this iteration
    one_doublet = make_doublet(depth_m=this_res_depth, poro=poro, w_space=ws,
T_inj=that_injT)
    # how much power (in MW) is needed?
    p_in = one_doublet.p_pumps()
    # and how much power (in MW) do we get out?
    p_out = one_doublet.p_doublet()
    # net
    p_net = p_out - p_in
    # Alternative units:
    ## convert p_net from MW to MJ in a year
    annual_MJ = p_net * ((365 * 24 * 60 * 60)/(1*10**6))
    # round that value and save it in the array we prepared earlier
    energy_list[count1, count2] = np.round(annual_MJ, 2)

# A first look at the numbers
print('Array of energy stuff:\n' +
      str(energy_list))

# And a prettier visualisation
plot1 = plt.imshow(energy_list, origin='lower', extent=(injT_min-injT_step/2,
injT_max+injT_step/2,
                                     res_depth_min-res_depth_step/2,
res_depth_max+res_depth_step/2), aspect='auto',
                  cmap='plasma')
plt.xlabel('injection temperature in degrees C')
plt.ylabel('reservoir depth in meter')
plt.colorbar(plot1, label='energy in TJ')

```