

# Van initiatief naar verkenning: De eerste stap in de transitie!



Holendrecht-Oost aardgasvrij

MSc Urban Technology

29-06-2025

Versie 2

## Colofon

|                    |                                                                 |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Titel              | Van initiatief naar verkenning: De eerste stap in de transitie! |
| Datum              | 29-06-2025                                                      |
| Plaats             | Amsterdam                                                       |
| Onderwijsinstantie | Hogeschool van Amsterdam                                        |
| Opleiding          | MSc Urban Technology                                            |
| Studiejaar         | 2024-2025                                                       |

### Auteurs:

Naam: ing. Stian van Asten

Studentnummer: 500854245

Naam: ing. Joost van Egmond

Studentnummer: 500961808

### Begeleiders:

Allyson Mannsur & dr.ir.Rick Wolbertus, Hogeschool van Amsterdam

### Opdrachtgevers:

ing. Richard Ruijtenbeek, Gemeente Amsterdam (EnergieLab Zuidoost)

Cor van Haagen, Buurtinitiatiefnemer Holendrecht-Oost (Energiecoöperatie Holendrecht-Oost)

# Voorwoord

Voor u ligt de master scriptie ‘Van initiatief naar verkenning: De eerste stap in de transitie!’ Deze scriptie is uitgevoerd door studenten van de master Urban Technology aan de Hogeschool van Amsterdam. Dit onderzoek richt zich op de energie- en warmtetransitie in de wijk Holendrecht-Oost te Amsterdam Zuidoost, met als doel een bijdrage te leveren aan een verkennend onderzoek naar aardgasvrije warmteoplossingen in de wijk. De energie- en warmtetransitie in de gebouwde omgeving vereist, vanwege de complexiteit, gedegen verkennend onderzoek waarbij rekening wordt gehouden met relevante factoren en doelstellingen.

*Transities zijn systeemveranderingen waarbij er zoveel verandert dat er een ‘nieuw normaal’ ontstaat (Geels 2002).*

Wij danken alle betrokkenen die een bijdrage hebben geleverd aan dit onderzoek. In het bijzonder de gemeente Amsterdam en het netwerk aan experts waar wij gebruik van hebben mogen en kunnen maken: de semioverheidsinstantie Waternet, Energie Diensten Organisatie, de commerciële partijen die kennis deelden over de techniek en financiën en onze begeleiders vanuit de master. Dankzij hun input is een waardevol onderzoek opgeleverd, dat technische en financiële diepgang heeft kunnen leveren in de verkenningfase van een aardgasvrij Holendrecht-Oost.

# Samenvatting

In 2050 dienen in Nederland 7 miljoen woningen en 1 miljoen andere gebouwen volledig aardgasvrij te zijn. Amsterdam zag voor hun gemeente stadswarmtenetten als dé oplossing om op korte termijn tienduizenden woningen aardgasvrij te maken. Energieleverancier Vattenfall speelde een grote rol in de aanleg hiervan. Wegens stagnatie van dit proces is de gemeente opzoek naar andere mogelijkheden voor het realiseren van een warmtetransitie.

Bewoners uit Holendrecht-Oost, een wijk in Amsterdam Zuidoost, hebben de Energiecoöperatie Holendrecht-Oost (EC-HO) opgericht. EC-HO werkt samen met de Energie Diensten Organisatie (EDO) aan de warmtetransitie in de wijk. Dit onderzoek draagt hieraan bij door vier warmteoplossingen technisch en financieel te onderzoeken en verkennen, met de volgende onderzoeksvraag:

## ***Hoe kan een technische en financiële verkenning van warmteoplossingen bijdragen aan een strategie voor de bewoners van een aardgasvrije wijk Holendrecht-Oost vóór 2040?***

Het onderzoek is weerspiegeld in een causal-loop diagram waarin (externe) technische en financiële factoren, criteria, correlaties en warmteoplossingen samenkomen. Deze is terug te vinden in hoofdstuk 2.3.2. Vier warmteoplossingen zijn gekozen via een QuickScan op kansrijke warmteoplossingen in een vooronderzoek. De warmteoplossingen aquathermie, geothermie, bodemlussen en een lucht-water warmtepomp zijn hieruit gekomen. Vijf criteria maken het mogelijk om deze vier collectieve en individuele warmteoplossingen met elkaar te vergelijken. De analyse van de warmteoplossingen schetst een eerlijke vergelijking door de betaalbaarheid, ruimtelijke impact, dekkingsgraad van de warmtevraag, participatieschaal, geluidsproductie en realisatietijd in te vullen met absolute waardes. In hoofdstuk 6.5 is deze vergelijking in één oogopslag te zien.

Het onderzoek kan verschillende onderdelen van de verkenningsfase van EDO invullen voor- en over de wijk Holendrecht-Oost (0). De vier warmteoplossingen zijn wijk specifiek onderzocht, wat resulteert in een realistische indicatie op (voornamelijk) kwantitatieve en kwalitatieve factoren.

Uit dit onderzoek blijkt dat Holendrecht-Oost in de huidige situatie niet geschikt is voor duurzame warmteoplossingen wegens de lage isolatiegraad en energielabels. In eerste instantie moet de wijk verbeterd worden tot De Standaard voordat de transitie kan beginnen. Op basis van de resultaten (hoofdstuk 6.6) wordt een collectief warmtenet gevoed door aquathermie uit de Gaasperplas als meest kansrijke optie binnen dit onderzoek gezien. Dit is onder voorbehoud omdat rekening gehouden moet worden met De Standaard en de verkennende aard van het onderzoek. Geothermie is vóór 2040 niet realistisch zonder (opschalende) fasering, koppelkansen of bredere visie. Individuele oplossingen zijn op kleine schaal kansrijk. Grotere schaal is niet haalbaar door netcongestie.

Op basis van de discussie blijkt dat de warmteopgave complex is en vraagt om flexibiliteit, kritische bronbeoordeling en een breder perspectief dan technische en financiële factoren. Sociale en governance factoren zijn onderbelicht gebleven binnen dit onderzoek. Door keuzes gemaakt in een vroeg stadium van het onderzoek en de tekortkoming in sociale en governance aspecten, wordt aanbevolen om vervolgonderzoeken te starten. Gericht op het verbreden van perspectief. Meer nadruk op participatie, het belang van De Standaard en een voorkeurscenario gekoppeld aan een haalbaarheidsstudie vergroten de kans op succes.



# Inhoudsopgave

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>VOORWOORD</b>                                            | <b>3</b>  |
| <b>SAMENVATTING</b>                                         | <b>4</b>  |
| <b>INHOUDSOPGAVE</b>                                        | <b>5</b>  |
| <b>1. CONTEXT</b>                                           | <b>8</b>  |
| 1.1 INLEIDING                                               | 8         |
| 1.2 AANLEIDING                                              | 8         |
| 1.3 OPGAVE                                                  | 9         |
| 1.4 LEESWIJZER                                              | 9         |
| <b>2. PROBLEEMSTELLING</b>                                  | <b>10</b> |
| 2.1 PROBLEEMSTELLING                                        | 10        |
| 2.2 STAKEHOLDERS                                            | 11        |
| 2.3 ONDERZOEKSVRAAG                                         | 11        |
| 2.3.1 Afbakening                                            | 12        |
| 2.3.2 Causal Loop diagram                                   | 13        |
| 2.3.3 Kern deelvragen                                       | 15        |
| 2.4 RELEVANTIE                                              | 15        |
| 2.5 ETHISCH DILEMMA                                         | 15        |
| <b>3. THEORETISCH KADER</b>                                 | <b>16</b> |
| 3.1 ENERGIETRANSITIE                                        | 16        |
| 3.1.1 Wet- en regelgeving                                   | 16        |
| 3.2 TECHNOLOGISCHE CONCEPTEN                                | 17        |
| 3.2.1 Warmtenetten                                          | 17        |
| 3.2.2 Open/gesloten systemen                                | 18        |
| 3.2.3 Installaties                                          | 19        |
| 3.2.4 Prestatie-indicatoren                                 | 19        |
| 3.2.5 Randvoorwaarden voor toepasbaarheid                   | 19        |
| 3.3 FINANCIËLE- EN SUBSIDIEREGELINGEN                       | 20        |
| 3.3.1 Stijgende gasprijs als drijfveer voor warmtetransitie | 20        |
| <b>4. METHODOLOGIE</b>                                      | <b>21</b> |
| 4.1 METHODOLOGIE                                            | 21        |
| 4.2 METHODEN & MODELLEN                                     | 23        |
| 4.2.1 Techniek                                              | 23        |
| 4.2.2 Tomahawk - financieel                                 | 23        |
| 4.2.3 Subsidie scenario's                                   | 24        |
| 4.3 POSITIONERING ONDERZOEK                                 | 24        |
| <b>5. VOORONDERZOEK</b>                                     | <b>25</b> |
| 5.1 WIJKANALYSE                                             | 25        |
| 5.2 DEELCONCLUSIE VOORONDERZOEK                             | 27        |

|            |                                                        |           |
|------------|--------------------------------------------------------|-----------|
| <b>6.</b>  | <b>ALTERNATIEVEN ONDERZOEK.....</b>                    | <b>28</b> |
| 6.1        | AQUATHERMIE.....                                       | 28        |
| 6.1.1      | <i>Techniek</i> .....                                  | 29        |
| 6.1.2      | <i>Financieel</i> .....                                | 33        |
| 6.1.3      | <i>Criteria</i> .....                                  | 35        |
| 6.2        | GEOTHERMIE .....                                       | 35        |
| 6.2.1      | <i>Techniek</i> .....                                  | 35        |
| 6.2.2      | <i>Financieel</i> .....                                | 39        |
| 6.2.3      | <i>Criteria</i> .....                                  | 41        |
| 6.3        | BODEMLUSSEN.....                                       | 41        |
| 6.3.1      | <i>Techniek</i> .....                                  | 42        |
| 6.3.2      | <i>Financieel</i> .....                                | 44        |
| 6.3.3      | <i>Criteria</i> .....                                  | 46        |
| 6.4        | WARMTEPOMPEN LUCHT-WATER .....                         | 46        |
| 6.4.1      | <i>Techniek</i> .....                                  | 46        |
| 6.4.2      | <i>Financieel</i> .....                                | 48        |
| 6.4.3      | <i>Criteria</i> .....                                  | 50        |
| 6.5        | CRITERIA MATRIX .....                                  | 51        |
| 6.6.       | DEELCONCLUSIE .....                                    | 53        |
| <b>7.</b>  | <b>STRATEGISCHE IMPACT.....</b>                        | <b>55</b> |
| 7.1        | SUBSIDIE SCENARIO'S.....                               | 55        |
| 7.2        | STEDELIJKE IMPACT.....                                 | 56        |
| 7.2.1      | <i>Opschaling &amp; koppelkansen in Zuidoost</i> ..... | 57        |
| 7.3        | EDO-STRATEGIE.....                                     | 59        |
| <b>8.</b>  | <b>ADVIES HOLENDRECHT-OOST .....</b>                   | <b>60</b> |
| <b>9.</b>  | <b>DISCUSSIE .....</b>                                 | <b>61</b> |
| <b>10.</b> | <b>AANBEVELING.....</b>                                | <b>62</b> |
|            | LITERATUURLIJST.....                                   | 63        |
|            | BIJLAGE .....                                          | 71        |
|            | APPENDIX A: STAKEHOLDERS.....                          | 71        |
|            | APPENDIX B: DEELVRAGEN .....                           | 72        |
|            | APPENDIX C: GENERATIES WARMTENETTEN .....              | 73        |
|            | APPENDIX D: CATEGORIEËN GEOTHERMIE.....                | 74        |
|            | APPENDIX E: DE STANDAARD.....                          | 75        |
|            | APPENDIX F: AANSLUITINGEN LIANDER .....                | 75        |
|            | APPENDIX G: QUICKSCAN WATERNET .....                   | 76        |
|            | APPENDIX H: VISUELE METHODOLOGIE .....                 | 77        |
|            | APPENDIX I: METHODES.....                              | 78        |
|            | APPENDIX J: VASTE WAARDEN TOMAHAWK .....               | 80        |

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| APPENDIX K: BEOORDELINGSDOCUMENT .....               | 80  |
| APPENDIX L: RANDVOORWAARDEN IN TOMAHAWK.....         | 81  |
| APPENDIX M: POSITIONERING VAN EIGENAREN .....        | 82  |
| APPENDIX N: ENERGIELABELS IN DE WIJK .....           | 83  |
| APPENDIX O: DE STANDAARD IN HOENDRECHT-OOST.....     | 84  |
| APPENDIX P: WARMTEVRAAG WONINGEN .....               | 84  |
| APPENDIX Q: CAUSAL LOOP .....                        | 85  |
| APPENDIX R: OMGEVINGSANALYSE WATERNET.....           | 86  |
| APPENDIX S: TOELICHTING AQUATHERMIE TECHNIEKEN ..... | 89  |
| APPENDIX T: WATERNET INTERVIEW .....                 | 94  |
| APPENDIX U: NIBE-INTERVIEW.....                      | 97  |
| APPENDIX V: BUSINESSCASE AQUATHERMIE .....           | 99  |
| APPENDIX W: ENERTRANS INTERVIEW .....                | 100 |
| APPENDIX X: IN- EN EXCLUSIES INVESTERINGSKOSTEN..... | 102 |
| APPENDIX Y: GJ-BEREKENING GEOTHERMIE .....           | 103 |
| APPENDIX Z: BUSINESSCASE GEOTHERMIE .....            | 104 |
| APPENDIX AA: NATHAN INTERVIEW.....                   | 105 |
| APPENDIX BB: MELDINGSPLICHT GBES.....                | 107 |
| APPENDIX CC: INTERFERENTIEGEBIEDEN AMSTERDAM .....   | 108 |
| APPENDIX DD: LOCATIES BODEMSYSTEMEN ZUIDOOST .....   | 108 |
| APPENDIX FF: BEREKENING EN TOELICHTING MATRIX .....  | 109 |
| APPENDIX GG: VOORWAARDEN ISDE.....                   | 111 |
| APPENDIX HH: EDO VERKENNINGSFASE .....               | 112 |

# 1. Context

In dit hoofdstuk worden de inleiding (1.1), de aanleiding (1.2), de opgave (1.3) en de leeswijzer (1.4) behandeld.

## 1.1 Inleiding

De energietransitie is één van de grootste maatschappelijke opgave van deze tijd. Nederland zet stappen om in 2050 volledig over te schakelen op duurzame energiebronnen, in lijn met het Klimaatakkoord van Parijs en de Europese Green Deal. Het gebruik van fossiele brandstoffen moet stoppen (Ministerie van Algemene Zaken, 2025) en dat vraagt om een fundamentele verandering in de manier waarop energie wordt opgewekt, gedistribueerd en gebruikt.

De stad Amsterdam streeft ernaar om in 2050 klimaatneutraal te zijn en zet hier concrete doelen voor neer. Amsterdam wil de CO<sub>2</sub> uitstoot in 2025 met 5% verminderen, met 60% in 2030 en 100% in 2050 ten opzichte van het peiljaar 1990 (Amsterdam, 2025). Hiernaast gaat Amsterdam ook voor 100% duurzame energie en neemt afscheid van fossiele energie. Onderdeel van deze ambities is het aardgasvrij maken van de stad.

Binnen Amsterdam speelt de energietransitie een belangrijke rol in de ontwikkeling van verschillende stadsdelen, waaronder Amsterdam Zuidoost. Dit stadsdeel heeft een unieke dynamiek met een mix van wonen, werken en grootschalige voorzieningen. De visie van Amsterdam Zuidoost benadrukt het belang van een sociale energietransitie, waarbij bewoners actief worden betrokken. Om deze transitie in goede banen te leiden, wordt gewerkt aan oplossingen die rekening houden met de diversiteit van het gebied en de betrokkenheid van bewoners en organisaties. Het realiseren van een aardgasvrije toekomst vraagt om samenwerking tussen de verschillende partijen (*Visie Amsterdam Zuidoost Energieneutraal 2040 - Editie 2024*, 2024).

## 1.2 Aanleiding

In Amsterdam Zuidoost ligt de wijk Holendrecht. Een initiatiefgroep uit Holendrecht-Oost, EC-HO, wil samen met bewoners als energiecoöperatie tot oplossingen komen om hun wijk aardgasvrij te maken. EC-HO is in 2024 ontstaan uit een kerngroep van 9 bewoners. EC-HO werkt samen met het EnergieLab Zuidoost (ELZO) voor de realisatie van een aardgasvrije wijk. ELZO, onderdeel van de gemeente Amsterdam, brengt kennis en praktijk samen door zogeheten actieonderzoeken te starten die actief bijdrage aan het versnellen van de energietransitie. ELZO ondersteunt initiatieven zoals EC-HO door kennis en expertise te leveren, zodat bewoners samen met onderzoekers effectieve oplossingen kunnen ontwikkelen.



### 1.3 Opgave

Amsterdam staat voor de uitdaging om haar wijken stapsgewijs aardgasvrij te maken. Holendrecht-Oost maakt deel uit van deze bredere transitie en bevindt zich in een fase waarin concrete stappen gezet moeten worden. EC-HO bevindt zich momenteel in een verkenningfase die een eerste (kosten)inschatting moet geven aan de bewoners en betrokken stakeholders over het aardgasvrij maken van de wijk. Het onderzoek zal bijdragen aan een inzicht in de betaalbaarheid en technische haalbaarheid van duurzame warmteoplossingen in Holendrecht-Oost. “Betaalbaarheid en een eerlijke verdeling van de kosten zijn cruciaal voor de aanvaardbaarheid van wijkplannen” (*Aardgasvrij: Een Goed Idee, Maar . . .*, 2024).

Twee masterstudenten van de master Urban Technology aan de Hogeschool van Amsterdam onderzoeken het vraagstuk waarbij de gemeente Amsterdam en EC-HO dienen als opdrachtgevers.

Omdat dit onderzoek onderdeel is van een verkenning van het aardgasvrij maken van Holendrecht-Oost is de doelgroep breed en divers. Deze varieert van de energiecoöperatie tot technologie- en infrastructuurpartners en vertegenwoordigers van lokale en regionale overheden. Iedere doelgroep vervult een eigen rol, heeft specifieke belangen en brengt een uniek perspectief in het proces richting een aardgasvrije wijk. In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de betrokken stakeholders en hun rol binnen dit onderzoek. Het onderzoek richt zich nadrukkelijk op het verkennen van duurzame warmteoplossingen en het in kaart brengen van aandachtspunten, randvoorwaarden en technisch en financiële mogelijkheden. Het vormt daarmee geen volledig uitgewerkt technisch of financieel haalbaarheidsonderzoek, maar een eerste stap richting onderbouwde keuzes voor vervolgfases.

### 1.4 Leeswijzer

De onderzoeksrapportage startte met een introductie van de context waarbinnen dit onderzoek plaatsvindt, de opdrachtgevers, opdrachtnemers en opgave.

Hoofdstuk 2 zal dieper ingaan op de context en de probleemstelling formuleren, inclusief de onderzoeksvraag en bijbehorende deelvragen. Het onderzoek wordt in dit hoofdstuk afgebakend, de relevantie wordt beschreven en het ethische dilemma worden gedefinieerd.

Het theoretisch kader wordt in hoofdstuk 3 uitgewerkt waarbij de energietransitie, technologische concepten en beleidsinstrumenten worden toegelicht.

De methodologie en bijbehorende methodes en modellen zijn in hoofdstuk 4 beschreven aan de hand van een visueel concept. Als afsluiting wordt beschreven waar dit onderzoek zich positioneert.

In hoofdstuk 5 worden de randvoorwaarden uit hoofdstuk 3 onderzocht voor Holendrecht-Oost. De deelconclusies, die mede bestaat uit kansrijke duurzame warmteoplossingen, worden meegenomen naar hoofdstuk 6. Dit hoofdstuk beschrijft technische en financiële factoren voor vier duurzame warmteoplossingen voor zowel de collectieve als individuele schaal.

Subsidie scenario's op de investering van de warmteoplossingen zijn opgenomen in hoofdstuk 7. Daarnaast worden in het hoofdstuk de stedelijk impact en koppelkansen beschreven en de EDO-strategie ingevuld. Dit wordt gevolgd door het advies in hoofdstuk 8.

In hoofdstuk 9 worden de resultaten bediscussieerd gevolgd door de aanbevelingen in hoofdstuk 10.

## 2. Probleemstelling

In dit hoofdstuk worden de probleemstelling (2.1), de stakeholders (2.2), de onderzoeksvraag (2.3), de relevantie (2.4) en het ethisch dilemma (2.5) behandeld.

### 2.1 Probleemstelling

De energietransitie brengt de uitdaging om de gebouwde omgeving aardgasvrij te krijgen. In het klimaatakkoord staat vastgesteld dat in 2050 7 miljoen woningen en 1 miljoen andere gebouwen volledig aardgasvrij moeten zijn, hierin is een tussenstap van 1,5 miljoen woningen aardgasvrij in 2030. De transitie roept vragen op over technische haalbaarheid en kosten voor de maatregelen die genomen moeten worden in de bestaande infrastructuur (Ministerie van Algemene Zaken, 2024).

Gemeente Amsterdam zag warmtenetten, op stadsverwarming, als een oplossing om al voor 2030 tienduizenden woningen aardgas vrij te maken (Van Zoelen, 2024). Energieleverancier Vattenfall, die een warmtenet door Amsterdam heeft lopen, speelde een belangrijke rol in de aanleg van warmtenetten in de wijken en buurten van Amsterdam. De gemeente Amsterdam en Vattenfall konden het echter niet eens worden over financiële voorwaarden, wat heeft geleid tot een stagnatie van het proces. Vattenfall verhoogde haar vaste kosten wat leidde tot hogere lasten voor huurders. De stagnatie zorgden ervoor dat Vattenfall zich terugtrok uit de gesprekken, wat leidde tot twijfels over het behalen van de doelstellingen van 2040. Na een publieke uiting van twijfel door de wethouder duurzaamheid werden warmtenetten niet meer als voorkeursoptie gezien (Wagemakers & Van Zoelen, 2024). De gemeente is sindsdien opzoek naar alternatieve oplossingen om haar duurzaamheidsdoelstellingen te behalen. In Nederland ontstaan energiecoöperaties en buurtinitiatieven.

Voor Holendrecht-Oost wordt een variant warmteoplossing gezocht. De keuze kent uitdagingen op technische, sociaal-maatschappelijke, bestuurlijke en financiële uitdagingen (Dignum et al., 2021). Technische uitdagingen doen zich voor bij het aanpassen van bestaande gebouwen aan de nieuwe eisen voor duurzame warmte. Financiering is nodig om een warmteoplossing te kunnen realiseren. De nieuwe warmteoplossing vergt een keuze voor de lange termijn en zal dus zorgvuldig onderzocht moeten worden. Daarbij zijn verschillende stakeholders betrokken bij de transitie en hebben uiteenlopende filosofieën wat betreft de aanpak. Het vereist voor de belanghebbende stakeholders, waaronder overheden, ondernemingen en het maatschappelijk middenveld, de nadruk op economische doelstellingen te overstijgen en gelijktijdig sociale en ecologische uitdagingen aan te pakken voor een succesvolle transitie (Cerchione et al., 2025).

## 2.2 Stakeholders

De stakeholders in dit onderzoek worden gerangschikt volgens het Degree of Engagement model (figuur 1). Het onderzoek bevat verschillende partijen met diverse belangen, rollen en mate van prioriteit. In Appendix A: zijn de stakeholders, hun rol en bijdrage, beschreven per sector. De kerngroep aan stakeholders zijn:

- Het EnergieLab Zuidoost als opdrachtgever (O4)
- Hogeschool van Amsterdam (K1)
- EC-HO (M1)
- Bewoners Holendrecht-Oost (M2)

Naast de kerngroep aan stakeholders zijn er actuele samenwerkingspartners binnen het onderzoek. Deze partners dragen actief bij aan het onderzoek en zijn op de hoogte van de ontwikkelingen. De actuele samenwerkingspartners zijn:

- Energie Diensten Organisatie (O5)
- Het EnergieLab Zuidoost als netwerk (K2)

## 2.3 Onderzoeksvraag

De onderzoeksvraag is als volgt geformuleerd:

***Hoe kan een technische en financiële verkenning van warmteoplossingen bijdragen aan een strategie voor de bewoners van een aardgasvrije wijk Holendrecht-Oost vóór 2040?***

**Dilemma's onderzoeksvraag:**

- Betaalbaarheid tegenover technische innovaties.
- Collectief tegenover individuele oplossingen.

In het onderzoek staat de vraag centraal hoe warmteoplossingen financieel en technisch passen en kunnen bijdragen aan een strategie voor bewoners van Holendrecht-Oost, om over te stappen op aardgasvrij. Het eerder benoemde stadswarmtenet, wat een veelbesproken optie bleek, wordt dus niet meer als enige mogelijkheid beschouwd.

In de context van het onderzoek wordt verkenning gedefinieerd aan de hand van twee pijlers:

### Financiële factoren

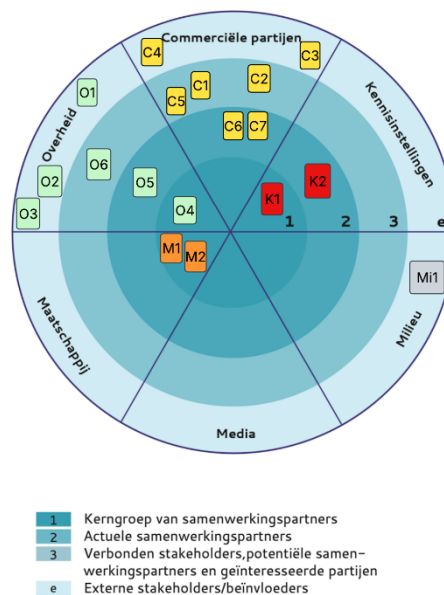
- De kosten voor de bewoners worden per maand in kaart gebracht voor collectieve en individuele oplossingen.

### Technische factoren

- Geschikt en toepasbaar in de Holendrecht-Oost.
- Beschikbaarheid van infrastructuur of kunnen zonder extreme inpassingen worden aangelegd.

**Van initiatief naar verkenning: De eerste stap in de transitie!**

Versie 2



Figuur 1 - Degree of Engagement model

### 2.3.1 Afbakening

Centraal in dit onderzoek staat het verkennen van de technische en financiële mogelijkheden voor zowel collectieve als individuele warmteoplossingen. Gericht op de eliminatie van het aardgasverbruik in de wijk.

#### **Systeemcomponenten**

- Het bestuderen van diverse warmteoplossingen, beleid omtrent de energietransitie en toepasbare financiële middelen.
- Het analyseren van de wijk Holendrecht-Oost en het bestaande energiesysteem hierin.
- Het bijdragen aan van een visie/strategie voor Holendrecht-Oost.

#### **Inclusies**

- Technische verkenning van warmteoplossingen.
- Financiële analyse op jaarlijkse- en maandelijkse kosten en initiële investeringen van warmteoplossingen.
- Ruimtelijke-impactanalyse, onderzoek naar de ruimtelijke-impact van de warmteoplossingen binnen en rondom de 1068 laagbouwwoningen in Holendrecht-Oost.
- Gelijkwaardige uitwerking van zowel collectieve als individuele warmteoplossingen.
- (Ecologische) Risico's per warmteoplossing.
- Analyse hoe Holendrecht-Oost in een bredere visie past met- en voor andere wijken die zich moeten ontwikkelen naar een aardgasvrije toekomst.

#### **Exclusies**

- Het analyseren van diepgaande sociale aspecten die vereist zijn voor de transitie wegens het lage bewustzijn in de wijk.
- Dit onderzoek beperkt zich tot een specifieke stedelijke omgeving en behandelt geen (inter)nationale verschillen.
- Ontwerp en testfase van de benodigde en geselecteerde warmteoplossingen.
- Analyse van de bredere duurzaamheidsimpact buiten de technische en financiële verkenning.
- Het onderzoek focust zich niet op kleinschalige oplossingen of 'mini-warmtenetten'. Individuele en collectieve oplossingen vallen binnen de scope.
- Haalbaarheidsstudie op de warmteoplossingen voor Holendrecht-Oost.

### 2.3.2 Causal Loop diagram

Om zowel technische en financiële factoren en criteria in kaart te brengen, wordt gebruik gemaakt van een Causal Loop diagram. De warmteoplossingen worden a.d.h.v. de factoren en criteria in figuur 2 systematisch onderzocht (zie Appendix Q: voor uitvergroete versie). De correlatie tussen factoren en criteria worden hieronder beschreven. De warmteoplossingen worden aan de hand van absolute waardes weerlegd tegenover de criteria zodat een kwantitatieve vergelijking kan volgen.

- Betaalbaarheid (€ per maand aan energielasten)

De betaalbaarheid verwijst naar de kosten die bewoners van Holendrecht-Oost ervaren bij de realisatie van een warmteoplossing. De jaarlijkse en maandelijkse energielasten en initiële investeringen zijn onderdeel van de analyse.

- Ruimtelijke impact ( $m^2$ ,  $m^3$ )

De ruimtelijke impact omvat zowel de effecten binnen als buiten een woning. De benodigde installaties, infrastructuur en de fysieke ruimte van installaties beïnvloedt dit criteria. Er is een directe relatie tot de betaalbaarheid en het comfort van bewoners.

- Dekkingsgraad van de warmtevraag (%)

Het criterium verwijst naar de mate waarin een warmteoplossing in staat is de warmtevraag in Holendrecht-Oost te vervullen. De leveringstemperatuur, brontemperatuur en rendement hebben invloed. De analyse volgt twee sporen, de warmtevraag en warmtelevering. De koppeling bepaald de invulling van dit criteria.

- Participatieschaal (# woningen)

Voor een realiseerbare warmteoplossing wordt voor dit criterium de (benodigde) participatieschaal, indien van toepassing, meegenomen. Het aantal woningen en hun jaarlijkse warmtevraag dat meegaat in de transitie is essentieel.

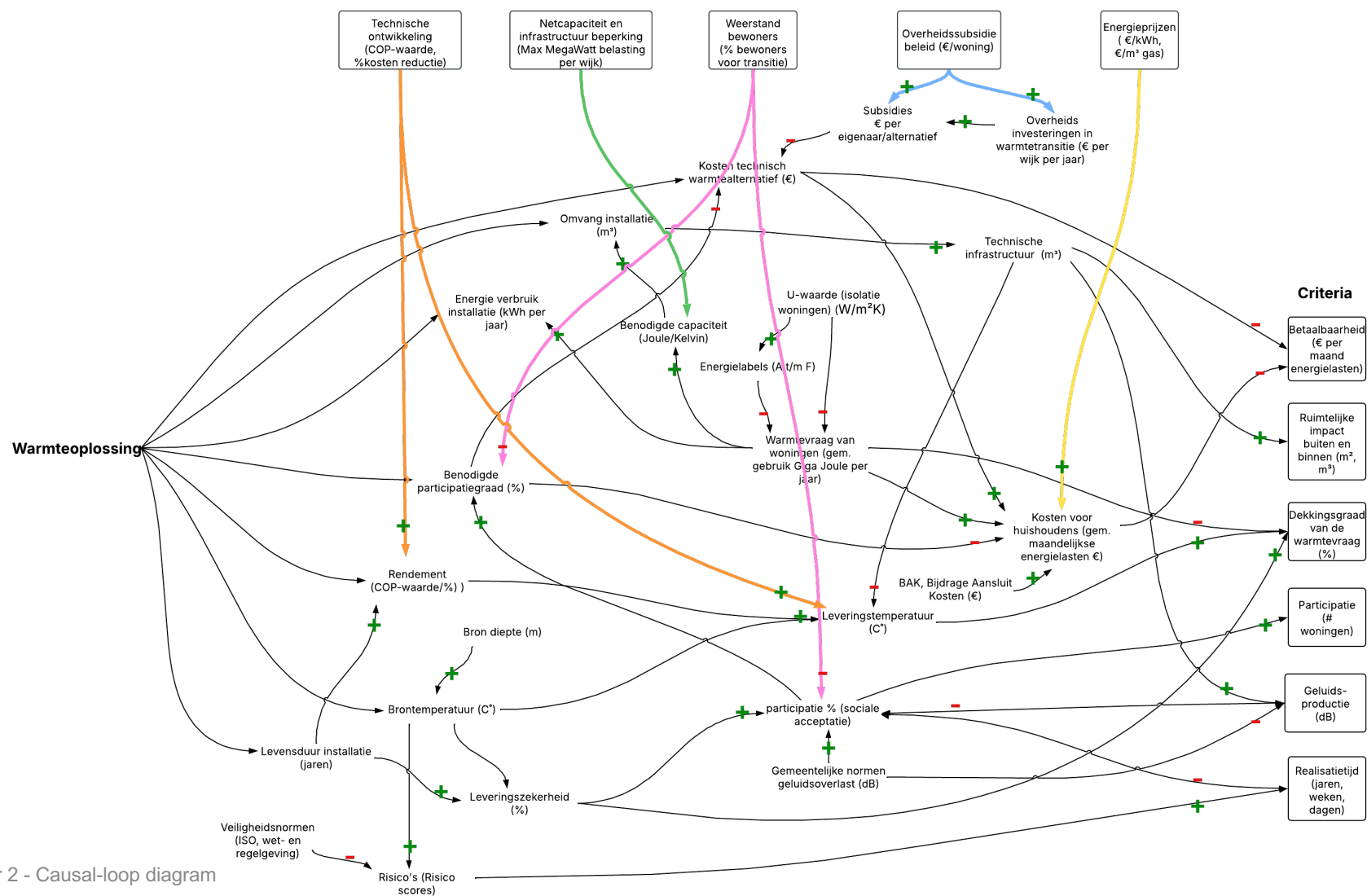
- Geluidsproductie (dB)

Het criterium is relevant voor warmteoplossingen die geluid produceren. Onderzocht wordt of het dB niveau voldoet aan de wettelijke grens van 40 dB (Stichting W/E adviseurs, 2023). Naast juridische normen is sprake van subjectieve geluidsbeleving, beïnvloed door persoonlijke en sociale factoren (Devilee et al., 2010) wat het criterium relevant maakt.

- Realisatietijd (jaren, weken, dagen)

De realisatietijd betreft de periode die nodig is om een warmteoplossing te implementeren. Technische factoren als benodigde participatie, complexiteit van installaties en risico's hebben hier mogelijk invloed op. De realisatietijd staat in directe relatie tot de ontwikkelstrategie.

De criteria helpen de warmteoplossingen te vergelijken. Deze vergelijking is geen haalbaarheidsstudie maar een onderdeel van een verkenning op wat mogelijk is in- en voor de wijk.



Figuur 2 - Causal-loop diagram

**Van initiatief naar verkenning: De eerste stap in de transitie!**  
Versie 2



### 2.3.3 Kern deelvragen

Onderstaand zijn de kern deelvragen te lezen. In Appendix B: zijn de overige deelvragen terug te vinden.

- Welke warmteoplossingen hebben potentieel voor de wijk Holendrecht-Oost?
- Wat zijn de relevante technische factoren om een warmteoplossing te beoordelen op de criteria techniek, ruimtelijke impact, decibelproductie, realisatietijd, dekkingsgraad van de warmtevraag en participatieschaal?
- Hoe vertalen de potentiële warmteoplossingen zich kwantitatief in deze technische factoren?
- Wat zijn de relevante financiële factoren om een warmteoplossing te beoordelen op het criteria betaalbaarheid?
- Hoe vertalen de potentiële warmteoplossingen zich kwantitatief in deze factoren?
- Hoe kan draagt dit onderzoek bij aan de verkenningsfase in Holendrecht-Oost binnen de samenwerking met EDO?

## 2.4 Relevantie

Dit onderzoek is onderdeel van een verkenningsfase. EC-HO krijgt hiermee inzicht in kosten, technische mogelijkheden en ruimtelijke gevolgen van verschillende collectieve en individuele warmteoplossingen. EDO is voortgekomen uit de organisatie Buurtwarmte en ondersteunt energiecoöperaties in Amsterdam, zoals EC-HO, bij het vinden van warmteoplossingen. Dit doet EDO door coöperaties te koppelen aan gemeente, bestaande initiatieven en relevante partners voor kennisuitwisseling. EDO werkt met een gefaseerde aanpak van 71 taken. Deze taken zijn verdeeld over de Initiatiefase, Verkenningsfase, Haalbaarheidsfase en Organisatie & Financiering. Dit onderzoek zal bijdrage aan de Verkenningsfase van EDO.

Door samen te werken met ELZO en een lokale energiecoöperatie wordt rekening gehouden met lokale uitdagingen, zoals netcongestie en de noodzaak van betaalbare oplossingen. Daarmee levert het onderzoek niet alleen een bijdrage aan gemeentelijke (klimaat) doelen, maar ook aan een toekomstbestendige, energie-neutrale en maatschappelijk betrokken wijk.

Het onderzoek valt binnen een nieuw en complex kennisgebied: het lokaal organiseren van duurzame warmteoplossingen in bestaande wijken. Het onderzoek vult een GAP tussen generieke kennis en een wijk specifieke aanpak. De onafhankelijkheid van gas heeft Europa, en daarmee Nederland, de afgelopen decennia veel gekost. Het kopen van gas op de wereldmarkt betekent afhankelijkheid en maakt Europa kwetsbaar. Door in te zetten op zelfvoorzienende energiebronnen als zon, water(kracht) en bodemenergie wordt de afhankelijkheid geminimaliseerd (Van Bokhoven, 2025).

## 2.5 Ethisch dilemma

De technische mogelijkheden kennen (bijna) geen grenzen wat betreft de warmteoplossingen, (bijna) alles is technisch mogelijk. Warmteoplossingen kunnen technisch gezien passen in de wijk Holendrecht-Oost. Tegenover de technische haalbaarheid van de transitie staat de financiële kant welke zich uitdrukt in de kosten. Zowel de aanlegkosten als de kosten voor de woningaanpassingen kunnen hoog zijn. De kosten kunnen financiële druk veroorzaken voor de bewoners van Holendrecht-Oost.

### **Dilemma:**

Moet een technisch uitvoerbare warmteoplossing uitgerold worden, ook als de (hoge) kosten worden verhaald op de bewoners, die deze mogelijk niet kunnen dragen? Of moet gekozen worden voor een financieel toegankelijke warmteoplossing, ook als deze minder aansluit op de technisch mogelijkheden in de wijk of op lange termijn geschikter lijkt?

## 3. Theoretisch kader

In dit hoofdstuk wordt het theoretisch kader uiteengezet dat dient als basis voor de analyse van mogelijke warmteoplossingen. Het kader bestaat uit de energietransitie (3.1), technologische concepten (3.2) en financiële & subsidieregelingen (3.3). De besproken theorieën, (beleid)kaders en regelgevingen bieden gezamenlijk een kader om het onderzoek binnen uit te voeren. Door het onderzoek heen komen de genoemde onderwerpen terug.

### 3.1 Energietransitie

De energietransitie in Nederland is gericht op het reduceren van fossiel brandstofgebruik. Binnen deze brede transitie valt de warmtetransitie, het verduurzamen van de verwarming van gebouwen en het geleidelijk uifaseren van aardgas.

#### ***Trias energetica als denkkader***

Het conceptuele model Trias Energetica, geïntroduceerd door Erik Lysen in 1996, staat voor het richting geven aan de reductie van fossiel energiegebruik en de inzet van hernieuwbare energiebronnen. De volgende drie stappen zijn gedefinieerd:

1. Beperk de energievraag
2. Gebruik duurzame energiebronnen
3. Gebruik fossiele energie zo efficiënt mogelijk

#### 3.1.1 Wet- en regelgeving

Inzicht in actuele wet- en regelgevingen is essentieel om te bepalen wat juridisch mogelijk is en welke doelstellingen invloed hebben op te maken keuzes.

#### ***Wet Collectie Warmte***

De Wet Collectieve Warmte (Wcw) vervangt de huidige Warmtewet. “Het doel van de nieuwe wet is om de ontwikkeling van nieuwe warmtenetten te vergemakkelijken en zo de energietransitie te bevorderen. Maar ook om betaalbaarheid, betrouwbaarheid en duurzaamheid (...) te waarborgen” (*Wet Collectieve Warmte (Wcw)*, 2025). De gemeente krijgt de regie over de warmtetransitie, een belangrijk uitgangspunt van de nieuwe wet. Toestemming moet verleend worden voor het leveren en transporteren van warmte. Het verkrijgen van toestemming en andere verantwoordelijkheden loopt via een warmtebedrijf, een ander belangrijk uitgangspunt. Het aangestelde warmtebedrijf, wat overwegend publiekelijk zal zijn, krijgt de verantwoordelijkheid voor het gehele warmtesysteem. Het publieke warmtebedrijf betekent publiek zeggenschap. Kleine en individuele systemen hebben geen verplichting voor het aanstellen van een warmtebedrijf. “De Wcw treedt naar verwachting 1 januari 2026 in werking, afhankelijk van de behandeling door de Tweede en Eerste kamer” (*Wet Collectieve Warmte (Wcw)*, 2025).

#### ***Transitievisie warmte Amsterdam***

De transitievisie warmte Amsterdam is een belangrijk beleidsdocument dat voor Amsterdam de aardgasvrije plannen beschrijft. Uiterlijk in 2040 is de stad volledig aardgasvrij, waar een wijkgerichte aanpak voor is opgesteld. De transitie vindt plaats in fasen, buurt voor buurt, op basis van technische en sociale haalbaarheid. Echter is de betaalbaarheid net zo belangrijk en kiest de stad idealiter de warmteoplossing met de laagste maatschappelijke kosten (Geldhof et al., 2020). Holendrecht-Oost wordt daarom als aparte buurt onderzocht.

## Omgevingswet

Per 1 januari 2024 is de omgevingswet in werking getreden. De transitie naar aardgasvrije, bestaande, wijken heeft gevolgen op wijk- en straatniveau. De omgevingswet biedt instrumenten waarmee regels gesteld kunnen worden binnen de warmtetransitie (*Omgevingswet*, 2025).

## 3.2 Technologische concepten

Gebouwen, wijken en landen hebben energiesystemen. Een energiesysteem verbindt vraag en aanbod (opwek en gebruik), transport en opslag van verschillende energievormen. Het behalen van klimaat neutrale doelen vraagt om energiesystemen die gebruik maken van hernieuwbare (duurzame) energievormen. Deze energiesystemen veranderen door duurzame bronnen te gebruiken en infrastructuur aan te leggen die pieken en dalen op het net opvangt en deze energie transporteert (*Een Nieuw Energiesysteem*, 2024). Hoofdstuk 3.2 biedt een introductie op toepasbare, technologische concepten uit de warmtetransitie.

### 3.2.1 Warmtenetten

Warmtenetten zijn collectieve oplossingen voor de warmtetransitie. Warmtenetten verbinden de duurzame bron, de warmte, met de gebruiker van deze warmte. Een warmtenet bestaat uit een warmtebron en de distributie en aflevering. In 2030 moeten 500.000 extra warmteaansluitingen gerealiseerd zijn in de bestaande bouw (*Warmtenet*, 2024). Inmiddels zijn warmtenetten te gebruiken met zeer lage temperatuur bron, oftewel de 5<sup>e</sup> generatie<sup>1</sup> warmtenetten. Dit systeem functioneert met zeer lage temperaturen (vaak <30°C) en vereist lokale, decentrale opwekking (International Energy Agency Technology Collaboration Programme on District Heating and Cooling, 2024). Naast collectieve oplossingen bestaan duurzame, individuele oplossingen zoals warmtepompen of het gebruik van bodemenergie per woning/gebouw. Deze maken het mogelijk om per woning of gebouw op eigen schaal bij te dragen aan de warmtetransitie. Individuele systemen maken gebruik van hernieuwbare energiebronnen en zijn met name geschikt wanneer collectieve infrastructuur niet beschikbaar of wenselijk is.

---

<sup>1</sup> Generaties warmtenetten bieden een classificatie van warmtedistributiesystemen die breed is besproken in de wetenschappelijke literatuur (International Energy Agency Technology Collaboration Programme on District Heating and Cooling, 2024). Zie Appendix C: voor de generaties.

### Temperatuurniveaus

Een warmtenet kent verschillende aanvoertemperatuurniveaus. Dit is de temperatuur die vanuit de bron het warmtenet in komt. Deze zijn door CE Delft (Kruit et al., 2019) samengevat in tabel 1:

Tabel 1 - Temperatuurniveau's van warmtenetten

| Type warmtenet                              | Aanvoertemperatuur | Kenmerken                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Hogetemperatuur warmtenet (HT)</b>       | >75°C              | Directe levering van hogetemperatuur warmte voor zowel ruimteverwarming als warm tapwater.                                                     |
| <b>Middentemperatuur warmtenet (MT)</b>     | 55-75°C            | Directe levering van middentemperatuur warmte voor zowel ruimteverwarming als warm tapwater                                                    |
| <b>Lagetemperatuur warmtenet (LT)</b>       | 30-55°C            | Directe levering van lagetemperatuur warmte voor ruimteverwarming. Warm tapwater door middel van een boosterwarmtepomp.                        |
| <b>Zeer lagetemperatuur warmtenet (ZLT)</b> | 10-30°C            | Geen directe warmtelevering; zeer lage temperatuur warmte ten behoeve van een warmtepomp die zowel warmte voor ruimte als warm tapwater maakt. |

### Bronnen

Een warmtenet kan gevoed worden door vier verschillende bronnen, te weten:

- Geothermie<sup>2</sup>. Geothermie gebruikt aardwarmte uit de diepe ondergrond.
- Aquathermie. Aquathermie verwarmt en koelt gebouwen via warmte- en koude uit oppervlakte-, afval-, of drinkwater.
- Restwarmte. Restwarmte komt vrij bij productieprocessen.
- Biomassa. De verbranding, vergisting of vergassing van biomassa creëert warmte.

#### 3.2.2 Open/gesloten systemen

Een bodemenergiesysteem kan zowel open als gesloten zijn. Een open bodemenergiesysteem (OBES) onttrekt grondwater aan de bodem. Grondwater wordt opgepompt en wordt afgekoeld teruggepompt in de bodem. Een gesloten bodemenergiesysteem (GBES) pompt een vloeistof, vaak met toegevoegd antivriesmiddelen (brine), in buizen door de bodem. De vloeistof komt niet in direct contact met het grondwater wat tevens het onderscheid vormt tussen OBES en GBES.

---

<sup>2</sup> Geothermie wordt verdeeld onder verschillende categorieën, afhankelijk van de diepte, deze zijn in Appendix D: te lezen.

### 3.2.3 Installaties

In plaats van water te verwarmen met een cv-ketel komt water met X temperatuur, vanuit het warmtenet, de woning in. “Binnenshuis wordt een afleverset geplaatst. Aan radiatoren, vloerverwarming of temperatuurregeling verandert niets” (Alles over Aardwarmte, 2024, b). Een afleverset, die de cv-ketel vervangt, kent twee varianten:

- Scheiding tussen het distributienet en de ruimteverwarming.
- Geen scheiding: water in het warmtenet stroomt direct de woning in.

Gescheiden afleversets worden het meest gebruikt in de bestaande bouw (*Bestaande Bouw Aansluiten Op Een Warmtenet*, 2025).

### 3.2.4 Prestatie-indicatoren

De COP geeft de efficiëntie weer van een systeem, bijvoorbeeld een warmtepomp. De prestatiecoëfficiënt (COP) geeft de verhouding weer tussen de geleverde warmte of koeling (in kilowatt) en het energieverbruik van het systeem (in kilowatt). De seizoensgebonden efficiëntie (SCOP) houdt rekening met hoe goed het hele verwarmingssysteem gedurende een bepaalde periode werkt. Het is een gewogen gemiddelde van de COP over een volledig stookseizoen (Carroll et al., 2020). De SCOP houdt rekening met de variatie in buitentemperatuur, gebruikspatronen en systeemverliezen over een volledig verwarmingsseizoen.

### 3.2.5 Randvoorwaarden voor toepasbaarheid

De randvoorwaarden voor toepasbaarheid beschrijven (essentiële) factoren voor het bepalen en realiseren van een duurzaam warmtealternatief.

#### **De Standaard**

“De Standaard geeft aan wanneer een woning goed genoeg is geïsoleerd om aardgasvrij te worden” (Isolatiennormen Woningen (Standaard En Streefwaarden), 2025). De Standaard is afhankelijk van de compactheid van de woning en het woningtype. De rekenmethodiek is vastgesteld door de overheid en maakt onder andere gebruik van de NEN-norm NTA8800. In Appendix E: is te zien wat de hoogtes van De Standaard per woningtype zijn. Woningen met lagetemperatuurverwarming (<55°C) vereisen goede isolatie om warmteverlies en comfortverlies te voorkomen. Bij hogetemperatuurverwarming (>55°C) is de isolatiegraad minder essentieel. Zonder (goede) isolatie blijven warmteverliezen echter optreden, wat ten koste gaat van de efficiëntie van het energiesysteem.

#### **Energielabels**

Energielabels geven inzicht in de energieprestatie van gebouwen. Woningen met label E, F of G hebben doorgaans slechte isolatie en hoge warmtevraag. Verduurzaming is noodzakelijk voordat deze woningen efficiënt gebruik kunnen maken van alternatieven warmtebronnen. Woningen met label A zijn beter geïsoleerd en geschikt voor een duurzame warmtebron. Sinds 1 januari 2021 wordt de energieprestatie bepaald volgens de NTA8800, die de eerdere EPC-berekening (NEN7120) vervangt. De NTA8800, gebaseerd op Europese richtlijnen, meet de werkelijke energiebehoefte en houdt rekening met gebouwschil, installaties en duurzame opwekking. Door de invoering van de NTA8800 zijn huidige energielabels doorgaans 2 labels lager te waarderen. Daarbij is ervan uitgegaan dat woningen met label A en hoger als verduurzaamd worden beschouwd. Woningen met label B en C worden gewaardeerd als 2 labels lager. Woningen met label D en lager worden buiten beschouwing gelaten in deze redenering.

#### **Warmtevraag(dichtheid)**

De hoeveelheid warmte per hectare is de warmtevraagdichtheid. Dit hangt doorgaans samen met de bebouwingsdichtheid van de gebouwde omgeving. Warmtenetten zijn financieel haalbaar bij een warmtevraag dichtheid van ongeveer 600 GJ/ha (zie hoofdstuk 6.1).

**Van initiatief naar verkenning: De eerste stap in de transitie!**

Versie 2

### **Warmte- en koudevraag**

De warmtevraag is de hoeveelheid warmte die jaarlijks gebruikt wordt door eindgebruikers. De koudevraag is de hoeveelheid koude die eindgebruikers, vooral in de zomer, zouden willen gebruiken voor comfortkoeling. Koude kan direct of indirect geleverd worden. Direct (passief) betekent rechtstreeks uit de bron, zonder tussenkomst van een warmtepomp of actieve koeling. Indirecte (actieve) koudelevering gebruikt een warmtepomp of andere installatie om koude op te wekken.

### **Elektriciteitsaansluitingen**

“De transitie heeft een impact op het elektriciteitsnet (..) van de netbeheerders. Het elektriciteitsnet moet in veel gevallen verzwakt worden om de extra vraag naar en aanbod van elektriciteit aan te kunnen” (Netbeheer Nederland, 2022). Netcongestie is belangrijk omdat verwarmen zonder aardgas direct of indirect leidt tot een hogere vraag naar transportcapaciteit (Van Polen et al., 2025, b). Liander rekent verschillende type aansluitcategorieën, afhankelijk van de capaciteit en het maximale verbruik. Deze zijn beschreven in Appendix F: en zullen aangehouden worden voor de technische analyse van warmteoplossingen.

## **3.3 Financiële- en subsidieregelingen**

Subsidies bieden financiële steun vanuit de rijksoverheid, provincie of gemeente (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland & KVK, 2025) en helpen maatschappelijke doelen te realiseren door verduurzamingsmaatregelen betaalbaar te maken. In de warmtetransitie zijn subsidies beschikbaar voor ondernemers, bewoners en bedrijven om kosten voor isolatie, woningverduurzaming en duurzame warmteprojecten te verlagen. In Nederland bestaan diverse subsidievormen: investeringssubsidies, exploitatievergoedingen en tijdelijke stimuleringsprogramma's. Beschikbaarheid en toepasbaarheid variëren per projecttype, doelgroep en politieke prioriteit en budgetten.

De Wcw introduceert, door het eigenaarschap van een warmtebedrijf, de Bijdrage Aansluit Kosten (BAK). Dit is een eenmalig bedrag wat betaald wordt aan het warmtebedrijf door de afnemer van het systeem om de businesscase rendabel te maken voor het warmtebedrijf. De kosten voor aansluiting worden hiermee gecompenseerd.

### **3.3.1 Stijgende gasprijs als drijfveer voor warmtetransitie**

Beleidsmaatregelen zoals de bijmengverplichting (BMV) en het Europese emissiehandelssysteem (ETS) fungeren als financiële stimulans voor het overstappen op duurzame warmteoplossingen.

- **BMV**

De bijmengverplichting groengas verplicht gasleveranciers om hun aardgas te mengen met een bepaald aandeel groengas. Naar verwachting wordt de BMV per 2026 ingevoerd met als doel om bij te dragen aan het opschalen van de binnenlandse productie van groengas met de bijbehorende CO<sub>2</sub>-reductie (Nauta et al., 2024). De BMV zal naar verwachting van de rijksoverheid leiden tot een gasprijsstijging van maximaal 0,12 €/m<sup>3</sup> tot 0,17 €/m<sup>3</sup> (excl. btw) in 2030 (Leguijt et al., 2024).

- **ETS**

In 2027 zal het ETS-2, een aanvulling op de ETS-1, naar verwachting worden ingevoerd. Het emissiehandelssysteem van de Europese Unie is een prominent onderdeel van het klimaatbeleid in Europa. Het systeem zal betrekking hebben op de belangrijkste brandstoffen zoals aardgas, benzine en diesel. Het systeem zal de verwarmings- en transportkosten voor huishoudens laten stijgen, wat impact heeft op de energierekening met het gebruik van aardgas. De verwachte CO<sub>2</sub>-prijs binnen het ETS-2 ligt tussen de 40 €/ton CO<sub>2</sub> (2030-Laag scenario) tot 60 €/ton CO<sub>2</sub> (2030-Hoog scenario). Dit resulteert in een meerprijs op de gasprijs van 0,066 €/m<sup>3</sup> tot 0,099 €/m<sup>3</sup> in 2030 (Leguijt et al., 2024).

## 4. Methodologie

Onder hoofdstuk 4 valt de methodologie (4.1) en worden de methode en modellen toegelicht (4.2). De positionering van het onderzoek wordt behandeld in 4.3.

### 4.1 Methodologie

De methodologie, oftewel aanpak, voor dit onderzoek is deels gebaseerd op QuickScans, handreikingen en andere rapportages die zijn- en worden toegepast in de praktijk. In de context van de warmtetransitie van bestaande wijken. Hiermee wordt een belangrijk referentiekader gevormd voor de aanpak van dit onderzoek. Hieronder zullen de gebruikte rapporten, inclusief de specifieke hoofdstukken, beschreven worden samen met hetgeen wat is meegenomen in de aanpak:

- **Handreiking Uitvoeringsplan warmtetransitie (Van Eijk & NPLW, 2025):**

Hoofdstuk 2.2 is gebruikt voor het beschrijven van de wijk op basis van fysieke kenmerken zoals het aantal woningen, woningtypen en energielabels. Ook zijn gebouwaanpassingen meegenomen. Uit hoofdstuk 4 is inspiratie gehaald voor de beschrijving van warmteoplossingen, inclusief het verwachte vermogen, mogelijke risico's en belasting van het elektriciteitsnet. Daarnaast zijn ruimtelijke inpassing (boven- en ondergronds) en benodigde vergunningen meegenomen.

- **Transitievisie Warmte Amsterdam (Geldhof et al., 2020):**

Belangrijke besliscriteria voor de stad zijn de aanwezigheid (of nabijheid) van warmtebronnen, wat meeweegt en bepalend kan zijn voor de warmteoplossing in de buurt. De gewenste temperatuur draagt bij aan de efficiëntie van de warmteoplossing (hoofdstuk 2.3.1). "Hoe lager de temperatuur, hoe efficiënter de oplossing" (Geldhof et al., 2020).

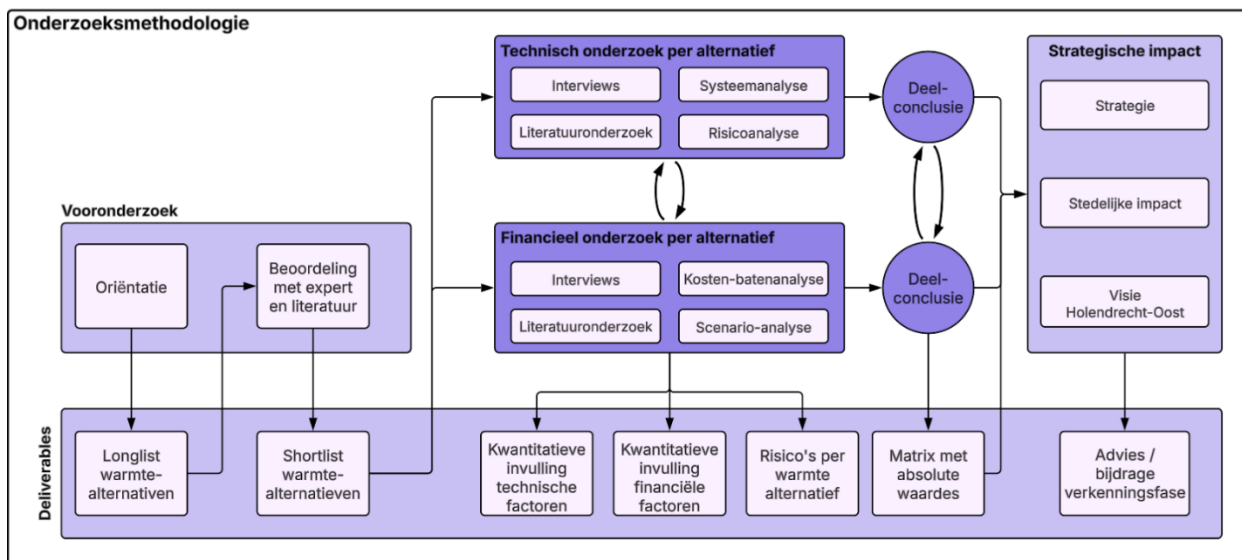
- **Handreiking voor lokale analyse (Expertise Centrum Warmte, 2020):**

Om een overzicht van de resultaten te creëren is inspiratie gehaald uit het afwegingscriteria (Hoofdstuk 3). De warmtevraag kan effect hebben op het resultaat van de technische analyse. Zowel de huidige als toekomstige warmtevraag is meegenomen in de analyse, omdat dit invloed heeft op de technische uitkomst. Daarnaast zijn de (initiële) investeringskosten, zoals beschreven in Hoofdstuk 4, in beeld gebracht als belangrijke kostenpost.

- **QuickScan: Aquathermie kansen voor Slotervaart (Appendix G):**

Voor deze locatie zijn het aantal woningen, het type bebouwing en de warmtevraag beschreven. Ook is de warmtevraagdichtheid meegenomen, evenals het eigenaarschap van panden in het gebied. De scan biedt een analyse van de theoretisch leverbare warmte uit (aquathermische) bronnen en gaat in op netcongestie als relevante randvoorwaarde.

In figuur 3 is de onderzoeksmethodologie visueel weergegeven (zie Appendix H: voor uitvergroete versie). Deze is op basis van bovenstaande rapportages en heeft als doel het beantwoorden van de onderzoeksvraag. Na figuur 3 zal verder worden toegelicht hoe de fases zijn opgebouwd en welke deliverables hieruit volgen.



Figuur 3 - Onderzoeksmethodologie

### Vooronderzoek

Het vooronderzoek betreft een analyse op kansrijke warmteoplossingen en een analyse van de wijk Holendrecht-Oost. In het vooronderzoek wordt een beoordelingsdocument opgesteld welke dient als een QuickScan op kansrijke warmteoplossingen in de wijk. Volgens De Haan en De Heer kan een QuickScan worden ingezet als beslissing methode om snel en systematisch verschillende alternatieven te beoordelen (Haan & Heer, 2017).

Naast het beoordelingsdocument wordt voorafgaand aan het technische en financiële onderzoek Holendrecht-Oost geanalyseerd. Hieronder valt het in kaart brengen van noodzakelijke randvoorwaarden en criteria die nodig zijn in de energietransitie. Samengevat betreft dit onderdeel een scan van de wijk Holendrecht-Oost en onderzoek naar de meest relevante warmteoplossingen.

### Techniek en financiën

Het technische en financiële deel van de methodologie uit zich in het onderzoek doen naar de factoren die invulling geven aan de opgestelde criteria (zie hoofdstuk 2.3.2). Het technisch en financiële onderzoek lopen parallel aan elkaar. Dit onderdeel wordt afgesloten met de deliverables, zoals terug te vinden in figuur 3. Ter vergelijking van de warmteoplossingen wordt de huidige situatie op aardgas meegenomen. Bronnentriangulatie wordt toegepast door bestaande onderzoeksrapportage, interviews met praktijkdeskundigen/experts en internetbronnen te combineren waardoor een vollediger beeld ontstaat. De deliverables geven input voor het advies en het volgende onderdeel van de methodologie, 'de strategische impact'.

### Strategische impact

Na het presenteren van de technisch en financiële resultaten worden onderdelen van de strategie voor Holendrecht-Oost beschreven. Op basis van de resultaten wordt beschreven hoe Holendrecht-Oost de volgende stap kan zetten richting aardgasvrij. De strategieplanning van EDO zal behandeld worden, met name de mate waarin dit onderzoek bijdraagt aan de huidige fase waarin EC-HO zich bevindt. De impact van een degelijke strategie op de omgeving en het aardgasvrij maken van Holendrecht-Oost wordt beschreven onder stedelijke impact.



## 4.2 Methoden & modellen

Onder deze paragraaf zijn de meest relevante methoden en modellen beschreven, in Appendix I: zijn de overige methoden en modellen terug te vinden.

### 4.2.1 Techniek

Het technische onderzoek wordt uitgevoerd aan de hand van de technische factoren uit het Causal Loop diagram (hoofdstuk 2.3.2). De factoren worden onderzocht aan de hand van literatuuronderzoek en betrekking van technisch werkveld. De onderdelen waar iedere warmteoplossing op onderzocht wordt, zijn de volgende:

- Brontemperatuur & Diepte
- Leveringstemperatuur
- Levensduur technieken
- Technische infrastructuur
- Schaalbaarheid
- Risico's (ecologie en netverzwaring)
- Business case

In Appendix I: zijn overige methoden en modellen die bijdragen aan het technisch onderzoek beschreven.

### 4.2.2 Tomahawk - financieel

De technische en financiële criteria worden deels bepaald door het gebruik van de Tomahawk Tool. Dit is een acroniem voor Toolbox voor optimalisatie van maatschappelijke kosten voor de transitie naar aardgasvrije wijken. Het is een beslissingstool die warmteoplossingen voor aardgasvrij met elkaar vergelijkt. Tomahawk biedt de mogelijkheid om een businesscase te berekenen van een warmteoplossing, gericht op Holendrecht-Oost. Het is een intuïtieve cloud-based data- en rekenplatform en rekent op adres-niveau de gevraagde data. Warmteoplossingen kunnen, aan de hand van verschillende factoren, via de tool vergeleken worden (EnergyGO B.V., n.d.). Deze factoren worden verdeeld over vaste en variabele waarden. De vaste waarden worden in Appendix J: beschreven.

De input voor de Tomahawk Tool, waar de business case en verschillende technische aspecten in berekend worden, komen deels voort uit de technische analyse van de warmteoplossingen. De technische gegevens worden in de tomahawk tool aangehouden als kentallen waar de software mee rekent. Hieruit volgt dat de uitkomst van de business case is gebaseerd op de onderzochte gegevens en relevante kentallen.

Voor een eerlijke vergelijking wordt in de business case voor iedere warmteoplossing een lengte van 30 jaar aangehouden. De 30 jaar is gebaseerd op de levensduur van de warmteoplossingen.

De Tomahawk Tool geeft een indicatie. De tool is niet aan te raden om keuzes op te baseren voor een haalbaarheidsstudie. Voor de verkennende fase is de tool een meerwaarde door de gelijkwaardige, tevens diepgaande vergelijking tussen warmteoplossingen die ermee wordt opgesteld.

#### 4.2.3 Subsidie scenario's

De scenario's voor subsidies worden opgesteld om het effect hiervan op de (investerings)kosten voor de warmteoplossingen te laten zien. De scenario's worden onderverdeeld onder drie mogelijke routes waar subsidies inspelen op de kosten van de warmteoplossing. De drie scenario's die uitgewerkt worden zijn als volgt:

- Het 0-scenario waarbij geen subsidie wordt toegepast op de kosten van de warmteoplossing.
- Het scenario waarin een relevante subsidie in het huidige systeem toegepast kan worden op de warmteoplossing.
- Het 'versnelde' scenario waarin de kans dat de overheid kiest voor een versnelde transitie en de subsidie verhoogd wordt met 80%.

Het versnellen van de energietransitie is volgens TNO essentieel voor het behalen van de klimaatdoelstellingen. Daarnaast spelen geopolitieke ontwikkelingen en de wens om sneller onafhankelijk van gas te worden een rol naar een aardgasvrije toekomst (*De Energietransitie Moet Sneller* | TNO, 2022). Tevens wordt door een adviseur binnen KWA benadrukt dat een versnelde energietransitie strategische voordelen en economische kansen biedt. Europa kan in deze een leidende rol aannemen wat kansen en technologische ontwikkeling stimuleert (Van Bokhoven, 2025). De hoogte van de subsidies valt binnen dit onderzoek onder de externe factoren (causal loop) en is dus toepasbaar als variabele in het opzetten van scenario's.

### 4.3 Positionering onderzoek

De energie- en warmtetransitie zijn actuele thema's waarin gemeenten en energiecoöperaties een groeiende rol spelen. Toch blijven technische en financiële obstakels zich voordoen. In Holendrecht-Oost, een wijk die aardgasvrij wil en moet worden, tonen bewoners betrokkenheid via een energiecoöperatie. Ondanks ondersteuning van de gemeente en andere partijen is weinig onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van concrete oplossingen in de wijk. Binnen de Transitievisie Warmte werkt Amsterdam aan een buurtgerichte aanpak voor Holendrecht-Oost. Dit onderzoek bouwt voort op bestaande kennis van de wijk en warmtetransitie en richt zich op het ontwikkelen van een verkenning voor de warmtetransitie in de wijk. Het resulteert in een praktisch rapport dat niet alleen richting geeft aan Holendrecht-Oost, maar ook toepasbare inzichten biedt voor vergelijkbare wijken, en zo bijdraagt aan de bredere stedelijke warmtetransitie. Daarnaast draagt het verkennende onderzoek en de bijbehorende strategie bij aan de eerste stap naar een haalbaarheidsstudie voor de wijk. Dit onderzoek doelt dus specifiek op een verkenning naar de warmteoplossingen en dekt een deel van de missende kennis in de transitie naar een aardgasvrije wijk vóór 2040.

## 5. Vooronderzoek

In dit hoofdstuk wordt Holendrecht-Oost onderzocht. De focus ligt op de samenstelling van de woningvoorraad, zoals de verdeling van eigenaarschap en het huidige energiesysteem in de wijk met energielabels en de warmtevraag. Daarnaast komen in het vooronderzoek de kansrijke warmteoplossingen aan bod. Het uitgebreide vooronderzoek is opgenomen in een beoordelingsdocument, zie hiervoor Appendix K: Voor de energielabels, de warmtevraagdichtheid en De Standaard geldt dat deze uit Tomahawk komen, zie Appendix L: voor de bronnen.

### 5.1 Wijkanalyse

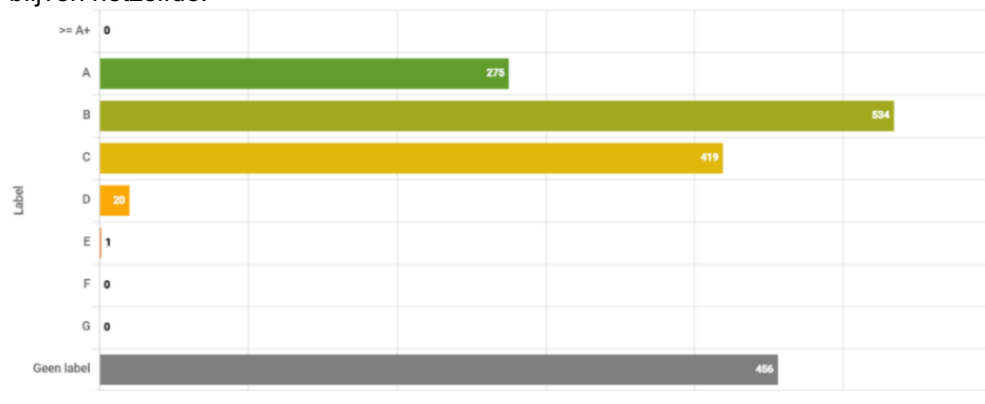
De woningen in Holendrecht-Oost zijn laagbouwoningen (tussen- en hoekwoningen). De woningvoorraad wordt door verschillende eigenaren beheerd. Naast de koop-eigenaren, worden de woningen verhuurd door een drietal woningcorporaties en twee commerciële verhuurders. In tabel 2 is een overzicht van het eigenaarschap te zien. In Appendix M: is te zien waar in de wijk de verhuurders en VvE's gepositioneerd zijn.

Tabel 2 - Overzicht eigenaarschap

| Stand 2019        | Koop       | Vesteda    | Rochdale   | Ymere      | PMT       | Stadgenoot | Totaal       |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|--------------|
| Maldenhof even    | 86         | -          | 82         | -          | -         | -          | 168          |
| Maldenhof oneven  | 154        | -          | -          | 101        | -         | -          | 255          |
| Mijehof even      | 114        | -          | 30         | -          | -         | -          | 144          |
| Mijehof oneven    | 94         | -          | 71         | -          | 60        | 24         | 249          |
| Mijndenhof even   | 77         | 19         | -          | -          | -         | -          | 96           |
| Mijndenhof oneven | 49         | 90         | 11         | -          | 6         | -          | 156          |
| Totaal            | <b>574</b> | <b>109</b> | <b>194</b> | <b>101</b> | <b>66</b> | <b>24</b>  | <b>1.068</b> |
|                   | 54 %       | 10 %       | 18 %       | 10 %       | 6 %       | 2 %        | 100%         |

#### Energielabels

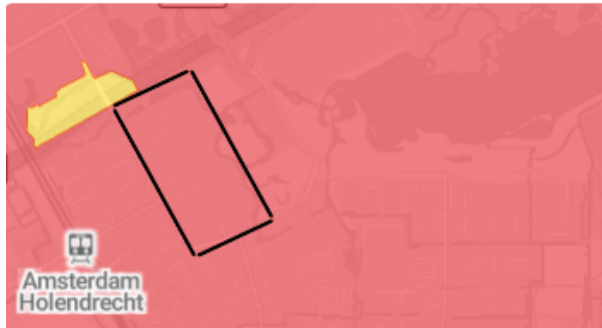
In Appendix N: zijn de energielabels van de adressen in Holendrecht-Oost te zien. Wanneer deze in een grafiek (figuur 4) worden geplaatst valt op dat overgroot deel van de wijk energielabel B draagt en een deel van de wijk nog geen of een onbekend label draagt. Zoals beschreven in het Theoretisch Kader zijn de regels voor energielabels strenger. Uitgaande van energieverbruik volgens de NTA8800 geldt voor Holendrecht-Oost dat 534 woningen label D- en 419 woningen label E zijn gewaardeerd. De overige labels blijven hetzelfde.



Figuur 4 - Grafiek met energielabels

## Netcongestie

Amsterdam ervaart door de hele stad netcongestie, het elektriciteitsnet is vol. Het aardgasvrij verwarmen leidt tot een hoger stroomverbruik en vraagt om grotere- of meer elektriciteitsaansluitingen. De situatie in Holendrecht-Oost is in figuur 5 weergegeven.



De capaciteitskaart van Netbeheerder Nederland (*Capaciteitskaart Afname Elektriciteitsnet*, n.d.) laat zien dat op zowel het net van Liander, de regionale netbeheerder, en TenneT<sup>3</sup> een tekort (rood) aan transportcapaciteit is met een wachtrij voor nieuwe aansluitingen voor de afname van elektriciteit.

Figuur 5 - Netcongestie Holendrecht-Oost

## Warmtevraag & koudevraag

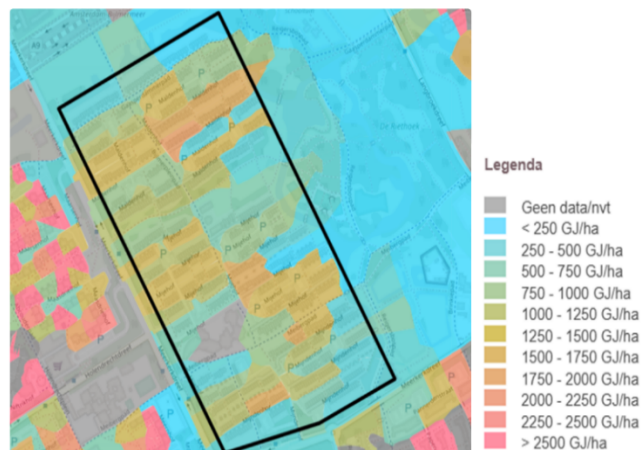
De warmtevraag is essentieel bij het bepalen welke warmteoplossing geschikt is. Het systeem zal namelijk minimaal in staat moeten zijn deze vraag te leveren. De totale verwarmingsvraag voor Holendrecht-Oost is, volgens de warmteprofielengenerator van de Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO) 25.138 gigajoule (GJ) per jaar.

Met het expliciet benoemen van de koudevraag wordt erkend dat de bewoners deze behoefte hebben. Echter is aandacht voor koude bij het aardgasvrij maken van gebouwen relatief nieuw. “Dat de koudevraag gaat toenemen is vrijwel zeker, maar hoe groot die vraag in de toekomst gaat worden is niet met zekerheid te zeggen” (Van Polen et al., 2025, a). Dit hangt af van het klimaat en aannames die gemaakt worden over het gewenste binnen klimaat. Het direct kunnen leveren van koude wordt in dit onderzoek gezien als meerwaarde van een warmteoplossing omdat keuzes gemaakt worden voor de lange termijn. Dit wordt meegenomen onder het criteria ‘Dekkingsgraad van de warmtevraag’.

## Warmtevraag dichtheid 2040

De projectie voor de warmtevraagdichtheid in 2040 is in figuur 6 te zien. De toekomstige warmtevraagdichtheid is interessant omdat de warmteoplossing in de toekomst wordt gerealiseerd. Tomahawk rekent voor de Holendrecht-Oost de volgende gegevens: zie figuur 6.

De warmtevraagdichtheid in Holendrecht-Oost wordt negatief beïnvloed door de laagbouwwooningen en omringende parkjes en grasvelden. Door de wijk heen liggen velden van <250 GJ/ha en nergens zijn waarden van > 2000 GJ/ha.



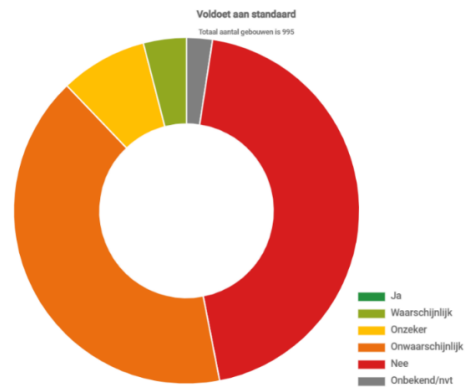
Figuur 6 - Projectie warmtevraagdichtheid 2040

<sup>3</sup> Beheerder van het landelijke hoogspanningsnet.

## De Standaard

In Holendrecht-Oost is De Standaard berekend voor de 1068 laagbouwwooningen door Tomahawk. Geplaatst in een cirkeldiagram ziet de verdeling er als volgt uit: figuur 7.

Op basis van De Standaard en het gemiddelde gebruiksoppervlak in Holendrecht-Oost is te bepalen wat de gemiddelde warmtevraag per woning zal zijn nadat De Standaard is bereikt. De volledige berekening is in Appendix P: te zien. In Holendrecht-Oost is de gemiddelde warmtevraag per woning per jaar dan circa 4.230 kWh/jaar.



Figuur 7 - Cirkeldiagram De Standaard

## 5.2 Deelconclusie vooronderzoek

In Appendix K: is het beoordelingsdocument Warmteoplossingen Holendrecht-Oost opgenomen. Dit uitgebreide document is onderdeel van de onderzoeks aanpak en dient als onderbouwing van de gemaakte keuzes, welke zijn ondersteund door beide opdrachtgevers. De kansrijke warmteoplossingen die onderzocht worden zijn:

### Collectief

- *ZLT- warmtenet met aquathermie als bron, een centrale booster warmtepomp en een doublet WKO*

Wegens nabijgelegen Gaasperplas, voldoende BVO-oppervlak en advies van de opdrachtgever.

- *Warmtenet met geothermie*

Wegens de duurzame en kostenefficiënte bron. Geothermie is in staat hoge temperaturen te leveren wat weinig ondersteunende technieken nodig heeft.

### Individueel

- *Bodemlussen i.c.m. ondersteunende bodemwarmtepomp*

Wegens het individuele gebruik van bodemenergie, stabiel rendement en de mogelijkheid tot opschalen van het systeem.

- *Warmtepompen op lucht-water*

De lucht-water warmtepomp is één van de meer rendabele warmtepompen en heeft een eenvoudige installatie.

Voordat in hoofdstuk 6 de resultaten van het technische en financiële onderzoek worden gepresenteerd, is het belangrijk om eerst een essentiële conclusie te trekken over de huidige staat van Holendrecht-Oost. Op dit moment is de wijk nog niet klaar om de overstap naar een duurzame warmteoplossingen te maken. Uit de analyse blijkt dat meer dan 80% van de woningen niet voldoet aan De Standaard. Hiernaast staat dat de energielabels nog dusdanig laag zijn dat de woningen nog niet klaar zijn om de overstap te maken. Bij het onderzoek naar de warmteoplossingen is rekening gehouden met het uitgangspunt dat alle woningen in Holendrecht-Oost gerenoveerd zijn naar De Standaard.

## Van initiatief naar verkenning: De eerste stap in de transitie!

Versie 2

## 6. Alternatieven onderzoek

In hoofdstuk 6 worden de viertal warmteoplossingen, te weten aquathermie (6.1), geothermie (6.2), bodemlussen (6.3) en een lucht-water warmtepomp (6.4) onderzocht op zowel technisch als financiële factoren en criteria. Dit gebeurt gericht op Holendrecht-Oost. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een overzichtsmatrix en grafiek (6.5) van de vier systemen met deelconclusies per criteria (6.6).

In hoofdstuk 6.5 wordt ter vergelijking de huidige situatie meegenomen, dit betreft het alternatief op aardgas met een cv-ketel. Het criterium 'betaalbaarheid' voor aardgas vergt de nodige toelichting. De investering en energierekening zijn meegenomen uit de Tomahawk Tool. Om een realistisch toekomstbeeld te geven voor aardgas worden hier de toekomstige financiële beleidsmaatregelen op toegepast. De beleidsmaatregelen BMV en ETS zijn toegevoegd aan de energierekening, die voortkomt uit Tomahawk. Dit geeft een prijsstijging van 16,85% op de (toekomstige) gasprijs. In Appendix FF: is de specifieke berekeningen en toelichting op andere criteria voor de huidige situatie beschreven.

### 6.1 Aquathermie

Aquathermie betreft het verwarmen en koelen van gebouwen door gebruik te maken van warmte (en kou) uit water. Aquathermie kent drie verschillende bronnen, te weten TEO (Thermische Energie uit Oppervlaktewater), TED (Thermische Energie uit Drinkwater) en TEA (Thermische Energie uit Afvalwater). In tabel 3 zijn de gigajoules weergegeven die de bronnen theoretisch in Holendrecht-Oost opleveren volgens de analysetool van Waternet. Zie voor de analyse Appendix R:.

Tabel 3 - Oplevering in gigajoules aquathermie technieken

| Warmtebron | Warmte in gigajoule per jaar |                             |
|------------|------------------------------|-----------------------------|
| TEO        | 9523 GJ/jaar                 | 635984 GJ/jaar <sup>4</sup> |
| TEA        | 5900 GJ/jaar                 |                             |
| TED        | 2800 GJ/jaar                 |                             |

De mogelijke bronnen op aquathermie zijn toegelicht in Appendix S: Tabel 3 laat zien dat TEO de hoogste potentiële warmte levert voor de wijk. Indien de Gaasperplas wordt meegenomen in de wijk betreft de warmte 635984 GJ/jaar. Het onderzoek zal daarom dieper ingaan op deze meest potentiële bron, oppervlaktewater. Vanuit het beoordelingsdocument (Appendix K:) zal de focus liggen op het gebruik van zeer lage temperaturen warmtenetten voor aquathermie. Bij het gebruik van ZLT-warmte voor een collectief warmtenet zijn twee eisen die beïnvloeden of het project geschikt is. Deze geschiktheidseisen zijn weergegeven in tabel 4 (Kruit et al., 2018).

---

<sup>4</sup> Warmte opbrengst als de Gaasperplas wordt meegenomen in de analysetool van Waternet. Deze warmte in gigajoule betreft 39x de benodigde warmtevraag van Holendrecht-Oost.

Tabel 4 - Geschiktheidseisen warmtenet

| Eis voor collectieve warmte                            | Criterium                        | Voldoet Holendrecht-Oost? |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Voldoende warmtevraag voor potentieel rendabel project | Warmtevraag buurt >2.000 GJ      | Ja (25.138 GJ)            |
| Warmtenet mogelijk                                     | Warmtevraagdichtheid > 600 GJ/ha | Grotendeels in 2040       |

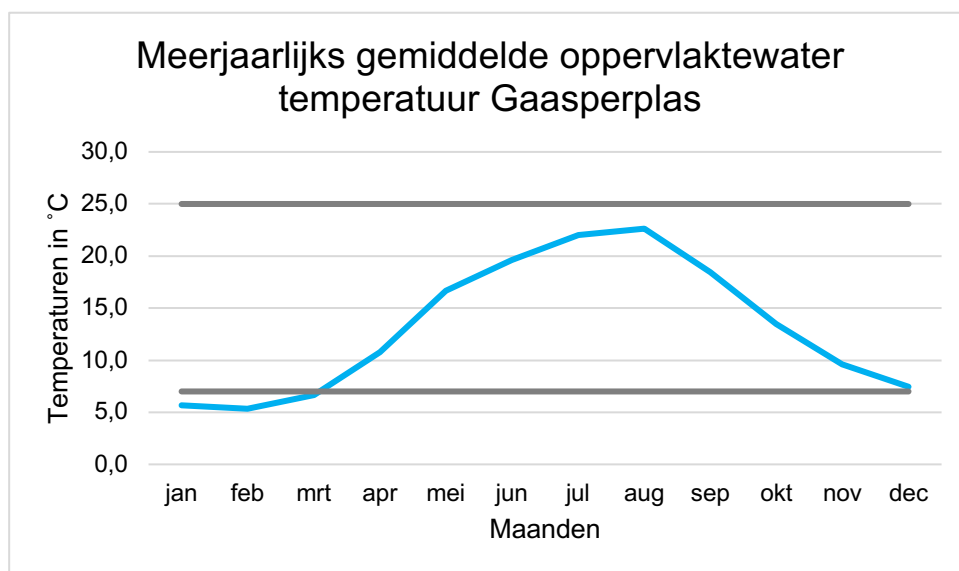
De Tomahawk tool geeft aan dat de geschatte COP van de brontechniek aquathermie op oppervlaktewater 50 is.

#### 6.1.1 Techniek

##### **Brontemperatuur & Diepte**

Het gebruik van oppervlaktewater vergt specifieke informatie voor de temperatuur. De stabiliteit, de stroming en diepte van het waterlichaam zijn factoren die bepalen of TEO mogelijk is voor Holendrecht-Oost. De Gaasperplas heeft een oppervlakte van 65 hectare, is op het diepste punt  $\pm 30$  meter diep en betreft stilstaand water (Stoffels & Waternet, 2021). Bij aquathermie op zeer lage temperatuur zijn de temperaturen van het oppervlaktewater idealiter tussen de 7°C en 25°C. In figuur 8 zijn de oppervlaktetemperaturen van de Gaasperplas weergegeven waar een meer jaarlijks gemiddelde per maand het uitgangspunt is (zie Appendix S: voor de volledige gebruikte data van Waternet).

In figuur 8 is te zien dat de temperaturen tussen de limieten van 7°C en 25°C liggen en maakt de Gaasperplas dus een zeer lage temperatuur warmtebron (Kruit et al., 2018).



Figuur 8 - Meerjaarlijks gemiddelde oppervlaktewater temperatuur Gaasperplas

### Leveringstemperatuur

De  $\pm 15^{\circ}\text{C}$  waarop het ZLT-warmtenet draait is niet de gewenste leveringstemperatuur naar de woningen. De lage aanvoertemperatuur vereist isolatie in de woning. Het bereiken van de gewenste temperatuur vereist de nodige ondersteunende technieken. De ondersteunende technieken betreffen decentrale warmtepompen voor het opboosteren van de temperatuur en een WKO voor de warmte-koude opslag. De WKO maakt gebruik van de isolerende eigenschap van de aarde om de warmte, onttrokken uit de Gaasperplas, op te slaan. Om de bodem als opslag te gebruiken is voor WKO-systemen, zowel open als gesloten, een vergunning nodig op basis van de eerdergenoemde omgevingswet. Binnen deze vergunning worden eisen gesteld aan de installatie. De vergunning wordt grofweg verleend op de capaciteiten, de energievraag en de verplaatste waterhoeveelheden (RVO, 2021).

Het gebruik van bodemenergie is toegestaan in de omgeving van Holendrecht-Oost. Volgens de WKO-bodemenergietool van het ministerie van Economische zaken en Klimaat, ontwikkeld en beheerd door RVO, zijn in het gebied in figuur 9 geen verbods-, restrictie of aandachtgebieden bekend.



Figuur 9 - WKO-analyse

De Seasonal Performance Factor (SPF) is in 2013 toegevoegd aan de regelgevingen. Dit is een indicator om de energieprestaties van een WKO in uit te drukken. De verhouding tussen de hoeveelheid elektriciteit die nodig is om de hoeveelheid warmte en/of koude te maken, wordt gemeten. De SPF, van het bodemenergiesysteem, kan via de volgende formule worden berekend:  $\text{SPF} = (\text{nuttig geleverde koude} + \text{nuttig geleverde warmte}) / (\text{elektraverbruik grondwatersysteem} + \text{elektraverbruik warmtepompen} + \text{elektraverbruik regeneratiesysteem} + \text{hulpenergie})$  (RVO, 2021).

Uit praktijkdata van de Tomahawk blijkt dat de COP-waarde 40 betreft voor zowel verwarmen als koelen met een WKO. Het ontwerp van de WKO is maatwerk, de capaciteiten en warmte- en koude vraag is in elke situatie verschillend en van invloed op de omvang van de WKO. Omdat meer installaties met elkaar samenwerken en elkaar beïnvloeden is het ontwerp ook complexer.

Het ZLT-net heeft een temperatuur van circa  $10\text{--}20^{\circ}\text{C}$  (gemiddeld  $15^{\circ}\text{C}$ ). Het water wordt in de woning gebruikt als bron om warmte te onttrekken met de decentrale individuele warmtepompen. De leveringstemperatuur van het net is dus  $\pm 15^{\circ}\text{C}$  waarbij het huishouden de temperatuur zelf kan reguleren (Dehens et al., 2020). Voor alle technieken onder aquathermie geldt dat de warmtepomp een thermisch vermogen moet hebben van minimaal 0,5 MWth en een COP-waarde van minimaal 3,0 (*SDE++ Subsidie Voor Aquathermie*, n.d.).



### Levensduur

In tabel 5 is de levensduur per techniek/onderdeel beschreven. De realisatietijd met het gebruik van oppervlaktewater in combinatie met een warmtenet betreft een periode van 5 tot 15 jaar, 5 jaar indien een warmtenet al aanwezig is (NVDE, 2022). Waternet beschrijft dat de realisatietijd complex is om te definiëren (Appendix T:). De tijd hangt af van het verkrijgen van bepaalde vergunningen, financieringen en de complexiteit van het systeem (afstand tot bron, zijn de woningen gereed, et cetera). De vergunningsprocedures zijn voor het warmtealternatief op aquathermie de bottlenecks in het proces (NVDE, 2022).

Tabel 5 - Levensduur per techniek/onderdeel

| Techniek/onderdeel | Levensduur                                    |
|--------------------|-----------------------------------------------|
| Bron               | <i>n.v.t.</i>                                 |
| Installatie        | 15 jaar (Tomahawk)                            |
| Leidingen          | 30 jaar (Rebel Energy, Water & Climate, 2022) |
| WKO                | 75 jaar (technische levensduur) Appendix AA:) |
| Warmtepompen       | 15 jaar (Tomahawk)                            |

### Technische infrastructuur

De technische infrastructuur voor aquathermie betreft het leidingnet, de installaties en de ondersteunende technieken. De verspreiding van het ZLT-net is gerekend door middel van staal 2-pijps 15°C leidingen. Voor het distributienet is een lengte van 9131 meter berekend door de Tomahawk Tool. De gebouwaansluitingen vereisen daarbovenop nog 7297 meter aan leidingen.

Het WKO-systeem bevindt zich meestal op enkele tientallen tot honderd meter diepte. Horizontaal gaat het veelal niet verder dan het perceel waarop de installatie staat. Bij grote gebouwencomplexen gaat het dan om maximaal 1 km<sup>2</sup>. De bovengrondse ruimte betreft enkele vierkante meters (Deltares & RIVM, 1 C.E.). In de woningen komt, door het decentrale systeem, een water/water-warmtepompen welke een breedte van ±0.60 m, een hoogte van ±1.50-1.80 m en een diepte van ±0.62 m hebben (±0,63 m<sup>3</sup>) (Bobex & Elise, 2025, a).

De geluidsproductie van een aquathermie installatie ontstaat voornamelijk in de decentrale warmtepompen die nodig zijn voor de hogere temperaturen. Deze water/water warmtepompen produceren ±35 dB aan geluid (Remeha, 2025).

Voor de aquathermie installaties kan als richtlijn ± 50 tot 150 m<sup>2</sup> aangehouden worden. Dit is het oppervlakte welke de installatie in beslag zal nemen voor de centrale ruimte. Deze ruimte bevat normaliter de warmtewinning installatie (warmtewisselaars, filters, pompen), de warmtenet distributie installaties (pompen waterbehandeling), en eventueel de WKO-installatie (warmtewisselaar). Als warmte centraal zou worden opgewaardeerd komt de centrale warmtepomp ook in de technische ruimte te staan (Appendix T:).

### Schaalbaarheid

De schaalbaarheid voor aquathermie heeft als eerst te maken met de geschiktheid voor een warmtenet. In de introductie van 6.1 zijn deze eisen al aan bod gekomen. Volgens Waternet heeft de Gaasperplas potentie om ±10.000 woningen te voorzien van warmte. Daarnaast redeneren zij een theoretisch hoge potentie door de hoeveelheid gigajoule die geleverd kan worden, maar de wijk zelf een te kleine schaal heeft in de praktijk (Appendix T:).

STOWA hanteert daarnaast de volgende geschiktheidswaardering, zie figuur 10 (Nijpels et al., 2018).

|                                                       | Technisch Potentieel<br>(Gj/ha/jaar)     |                                               |                                    |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------|
| Energievraag<br>(Gj/ha/jaar)                          | 25 < woningen < 50<br>(2.000 Gj/ha/jaar) | 50-1.000 woningen<br>(2.000-4.000 Gj/ha/jaar) | > woningen<br>(> 4.000 Gj/ha/jaar) |
| 25 < woningen < 2.000<br>(2.000-40.000<br>Gj/ha/jaar) | Matig geschikt                           | Redelijk geschikt                             | Geschikt                           |
| 50-1.000 woningen<br>(2.000-40.000<br>Gj/ha/jaar)     | Redelijk geschikt                        | Geschikt                                      | Zeer geschikt                      |
| > 1.000 woningen<br>(> 40.000<br>Gj/ha/jaar)          | Geschikt                                 | Zeer geschikt                                 | Uitstekend geschikt                |

Figuur 10 - Geschiktheidswaardering STOWA

### Risico's

- Aquathermie heeft invloed op het onderwaterleven zoals planktonsoorten, welke grotere ecologische effecten kunnen hebben (Redactie Waterforum, 2023).
- Effecten op flora en fauna van het waterlichaam welke gebruikt wordt (*Aquathermal Energy: Heating and Cooling* | Deltares, n.d.).
- Vollooprisico: zeer bepalend is de dichtheid onder afnemers en de afstand van deze afnemers tot de bron. De snelheid en zekerheid waarmee afnemers worden aangesloten is sterk van invloed op het risicoprofiel en op de haalbaarheid van het project (Nijpels et al., 2018).
- Afnemersrisico: de gebouwde omgeving verandert, er wordt ingezet op energiebesparing. Er is een verwachting van afname van warmtevraag per afnemer (huishouden of bedrijf) op termijn lager zal zijn (Nijpels et al., 2018).
- Technische risico's: het functioneren van warmtepompen, WKO en ruimtelijks risico's (Nijpels et al., 2018).
- Politieke/sociale risico's: het risico bestaat dat er in een laat stadium weerstand optreedt waardoor een project gestaakt moet worden (Nijpels et al., 2018).

### Netverzwaring

Voor het realiseren van een ZLT-net op aquathermie van 15°C met de benodigde ondersteunende technieken is netverzwaring essentieel. De Tomahawk tool berekent hoeveel elektriciteit nodig is voor het gebruik van het warmtealternatief en hoeveel extra netverzwaring dit voor de wijk vereist. Het gebruik maken van een 15°C ZLT-net op aquathermie genereert een elektriciteitsbehoefte van 3.729.558 kWh. De software rekent dit door naar verzwaring in kVA welke 2841 kVA verzwaring betreft voor Holendrecht-Oost.

Om een indicatie te geven over de benodigde aansluitingen worden de kentallen voor elektriciteitsaansluitingen van Liander gebruikt. De aansluitingen die nodig zijn voor de verzwaring betreffen een AC5 en een AC5b om de benodigde kVA aan verbruik te dekken. De AC5 aansluiting kan een verbruik aan van 1700 kW/2000 kVA aan, de AC5b aansluiting van 850 kW/1000 kVA. Om de volledige verzwaring te dekken kan er ook een enkele AC6a aansluiting van toepassing kan zijn, deze aansluiting kan een verbruik aan van 4250kW/5000kVA. (*Soorten Grootverbruik Elektriciteitsaansluitingen* | Liander, n.d.)

### Van initiatief naar verkenning: De eerste stap in de transitie!

Versie 2

### 6.1.2 Financieel

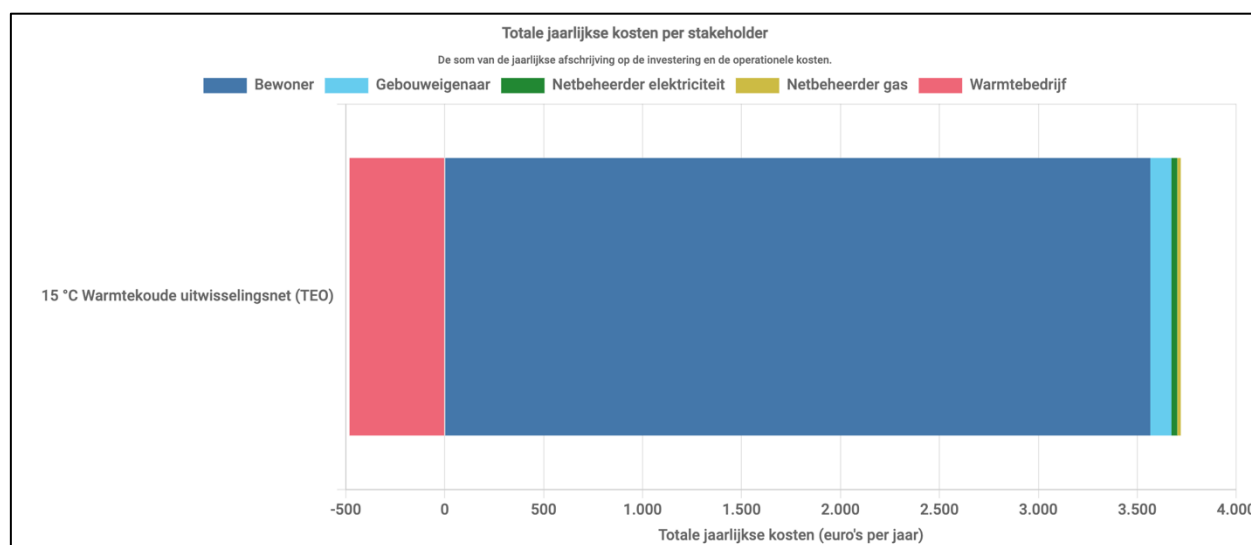
Op basis van de eerder gepresenteerde uitgangspunten is, door middel van de Tomahawk Tool, de volgende business case voor Aquathermie berekend, zie Appendix V: voor de volledige business case:

#### ***Totale jaarlijkse kosten per stakeholder***

In figuur 11 zijn de totale jaarlijkse kosten per stakeholder per adres weergegeven voor een ZLT-net op oppervlaktewater. De exacte kosten per stakeholder zijn als volgt weergegeven in tabel 6:

Tabel 6 - Exacte kosten per stakeholder

| Stakeholder                | Jaarlijkse kosten  |
|----------------------------|--------------------|
| Bewoner                    | €3.673,-           |
| Netbeheerder elektriciteit | €29,-              |
| Netbeheerder gas           | €18,-              |
| Warmtebedrijf              | €480,- (opbrengst) |



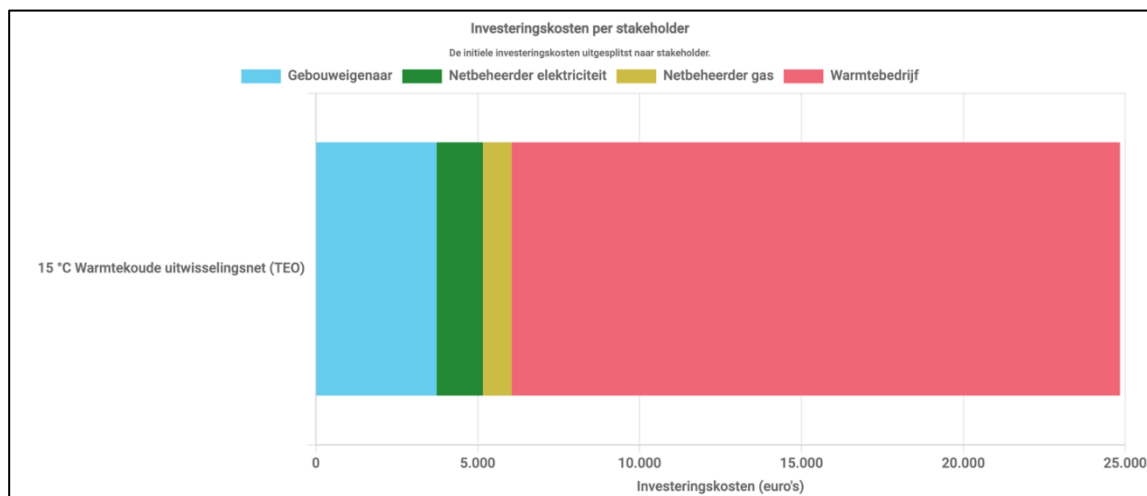
Figuur 11 - Totale jaarlijkse kosten per stakeholder aquathermie

#### ***Investeringskosten per stakeholder***

In figuur 12 zijn de initiële investeringskosten per stakeholder per adres weergegeven voor een ZLT-net op oppervlaktewater. De exacte kosten per stakeholder zijn als volgt weergegeven in tabel 7:

Tabel 7 Investeringskosten per stakeholder aquathermie

| Stakeholder                | Kosten    |
|----------------------------|-----------|
| Bewoner                    | €3.729,-  |
| Netbeheerder elektriciteit | €1.434,-  |
| Netbeheerder gas           | €887,-    |
| Warmtebedrijf              | €18.790,- |



Figuur 12 - Investeringskosten per stakeholder aquathermie

### Energierkening

De energierekening is uitgesplitst naar verschillende energiebronnen. Aquathermie heeft als energiebronnen elektriciteit, het warmtenet en het koudenet. De kosten hiervoor zijn weergegeven in tabel 8, deze tabel omvat de jaarlijkse energierekening voor de verschillende energiebronnen.

Tabel 8 - Energierkening aquathermie

| Energiebron   | Energierkening per jaar |
|---------------|-------------------------|
| Elektriciteit | €585,-                  |
| Warmtenet     | €2981,-                 |

### Business case analyse

Naast de investeringskosten, jaarlijkse kosten en de energierekening is het essentieel dat een bijdrage gedaan wordt op de aansluitkosten (BAK). Voor de business case van aquathermie op een 15°C ZLT-net is de BAK €3027,- per benodigde aansluiting. In de business case wordt de BAK al meegenomen onder de investering die gedaan moet worden door de bewoner. Onder investering valt voor de bewoner de transitie naar een inductieplaat en de BAK, wat resulteert in €3729,- per adres. Het eerste jaar betreffen de kosten voor de bewoner de investeringskosten en de jaarlijkse kosten, waarna deze alleen de jaarlijkse kosten worden ofwel de energierekening. Uit figuur 12 blijkt dat het warmtebedrijf een grote financiële verantwoordelijkheid draagt. De partij zal namelijk verantwoordelijk zijn voor de aanleg en exploitatie van het warmtenet. De hoge investeringsbijdrage weerspiegelt de omvang en complexiteit van deze taken.

De businesscase voor het warmtebedrijf betreft een aantal investeringen op technieken zoals te zien in Appendix V:. Opvallend is dat in de business case een extra investering nodig is op de afleverset warmte/tapwater en de warmtepomp. Dit is te concluderen door de levensduur van deze technieken, na 15 jaar dienen deze vervangen te worden. Dit verklaart ook de negatieve contante waarde in jaar 16 van de business case. De kosten voor infrastructuur (leidingen, WKO, bronleiding, aquathermie) nemen in de business case langzaam toe na de initiële investering. De toename wordt veroorzaakt door de onderhoudskosten die worden uitgespreid en het inflatiepercentage welke hierop effect heeft. Het inflatiepercentage verklaart ook stijging in kosten voor elektriciteit. De netbeheerder zal te maken krijgen met de eerdergenoemde nodige netverzwaring. De Tomahawktool rekent direct de kosten uit voor de netverzwaring welke totaal €1.534.599,- bedraagt voor de wijk Holendrecht-Oost. Hier ligt een verantwoordelijkheid voor de netbeheerder in de wijk.

### 6.1.3 Criteria

| Criteria                  | Warmtealternatief - Aquathermie                                                                                   |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Betaalbaarheid            | €297,- Maandelijkse energierekening<br>€3.729,- Investering                                                       |
| Ruimtelijke impact        | 16428m leidingnetwerk, 1km <sup>2</sup> WKO, ±0,63m <sup>3</sup> warmtepomp, 50 tot 150m <sup>2</sup> installatie |
| Dekkingsgraad warmtevraag | 100%                                                                                                              |
| Participatie (Schaal)     | Geschikt volgens STOWA                                                                                            |
| Geluidsproductie          | 35 dB                                                                                                             |
| Realisatietijd            | 5 – 15 jaar                                                                                                       |

## 6.2 Geothermie

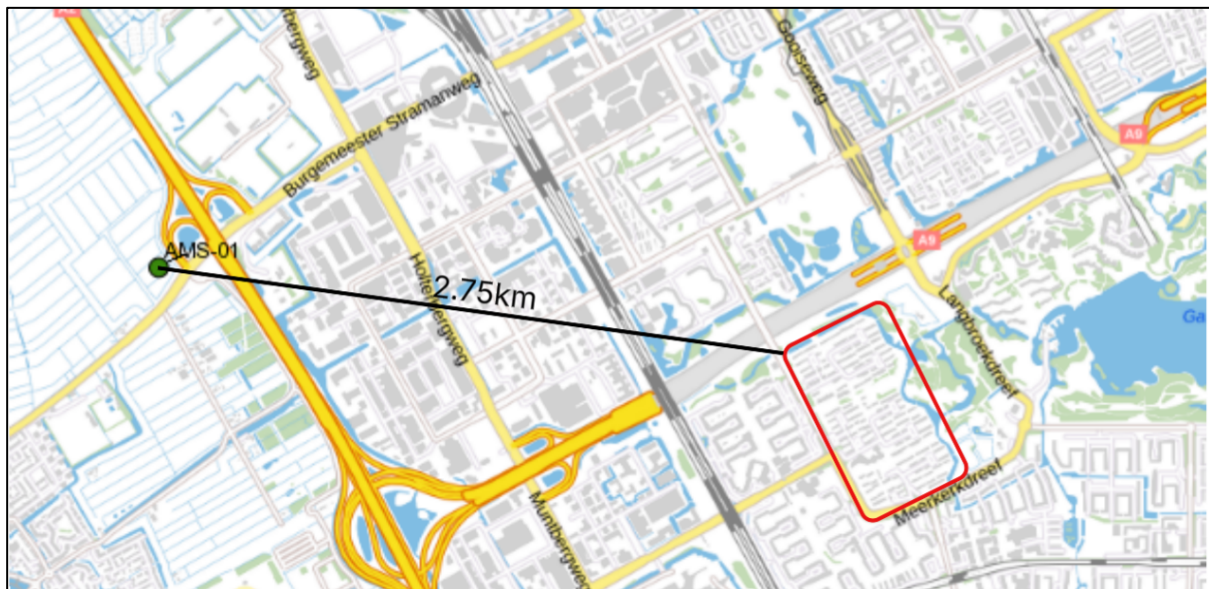
Geothermie is een betrouwbare en stabiele energiebron die continu warmte levert. In tegenstelling tot zonne- of windenergie is geothermische energie niet afhankelijk van het weer, de warmte uit de aarde is altijd beschikbaar. De aarde fungeert als een gigantische warmtebron waarin jaarlijks zo'n 10 petajoule (PJ) aan warmte wordt gegenereerd (Geothermie Nederland, 2021). Omdat deze energiebron voortdurend wordt aangevuld, wordt geothermie beschouwd als een hernieuwbare energiebron. In Nederland zijn op dit moment 29 actieve geothermische installaties die warmte leveren.

### 6.2.1 Techniek

#### **Brontemperatuur & Diepte**

De brontemperatuur en diepte zijn van belang voor de levering van warmte aan Holendrecht-Oost. Om hier nauwkeurige en betrouwbare data aan te koppelen zal een proefboring en geologische analyse plaats moeten vinden in de bodem van- en rondom Holendrecht-Oost. Geologen voeren dan een seismisch onderzoek uit voor een inschatting van de temperatuur. In de huidige situatie is de volgende informatie beschikbaar over deze factoren:

Holendrecht-Oost is ± 2.75km verwijderd van een proefboring in Ouderkerk aan de Amstel (zie figuur 13).



Figuur 13 - Proefboring Ouderkerk aan de Amstel

De SCAN-onderzoeksboring Amstelland heeft in een uitgebreide geologische onderzoeksboring aangetoond dat de primaire bodemlaag bestaat uit een 100m dik waterdoorlatende zandsteenlaag die gevuld is met water van ongeveer 82°Celsius. Deze laag werd vanaf een diepte van 2050 meter aangetroffen. De geologische verkenning is uitgevoerd in opdracht van EBN B.V. (SCAN, 2024). SCAN beschrijft dat de bovenstaande gegevens gebruikt kunnen worden voor een inschatting van de geschiktheid van de ondergrond in de omliggende omgeving.

De temperatuur in de ondergrond van Holendrecht zou circa 10°Celsius kunnen verschillen. In de praktijk komt namelijk voor dat over een afstand van 3km de bodemtemperatuur al 10°Celsius kan verschillen (Appendix W:). De hoge aanvoertemperatuur zou om minder isolatie vragen.

### **Leveringstemperatuur**

De leveringstemperatuur is afhankelijk van de boordiepte, de temperatuur die daaruit geleverd wordt en het aantal vollasturen. Voor Holendrecht-Oost kan, zoals hierboven vermeld, dit niet exact bepaald worden. Voor Holendrecht-Oost zou de vorm diepe geothermie (geen basislast) van toepassing zijn. Het geothermiesysteem wordt namelijk gebruikt ter transitie naar een gasloze wijk. De dieptegrens zou liggen tussen de 1500 en 4000 meter en het systeem is niet bedoeld als opslagsysteem.

De technisch-economische parameters voor deze categorie, opgesteld door het PBL (Smekens et al., 2021), zijn in tabel 9 te zien.

Tabel 9 - Technisch-economische parameters

| Parameter                       | Eenheid    | Conceptadvies SDE++ 2022 |
|---------------------------------|------------|--------------------------|
| Thermisch outputvermogen        | [MWth]     | 14                       |
| Vollasturen warmteafzet         | [uur/jaar] | 3500                     |
| Elektriciteitsverbruik          | [MWh/jaar] | 3602                     |
| Investeringskosten <sup>5</sup> | [€/kWth]   | 1809                     |

Op basis van bovenstaande parameters is te berekenen dat een geothermisch systeem, binnen de genoemde categorie, 176.400 GJ/jaar (Zie Appendix Y: voor deze berekening) levert.

De COP-waarde voor geothermie, die bijdraagt aan het rendement van de bron, is bij een vermogensrange van 5-25MW, 20 (Ministerie van Economische Zaken, 2020).

### **Levensduur**

Het rendement voor de variant geothermie wordt beïnvloed door de levensduur van zowel de bron als de technische infrastructuur. De temperatuur van een geothermische bron kan namelijk na verloop van tijd dalen (Appendix W:). Voor de levensduur van een geothermisch project geldt (tabel 10):

Tabel 10 - Levensduur per techniek/onderdeel geothermie

| Techniek/onderdeel | Levensduur                                    |
|--------------------|-----------------------------------------------|
| Bron               | 30 jaar (Van Roekel, 2013).                   |
| Leidingen          | 30 jaar (Rebel Energy, Water & Climate, 2022) |
| WOS                | 30 jaar (Rebel Energy, Water & Climate, 2022) |

<sup>5</sup> Zie Appendix X: voor in- en exclusies van deze parameter

### *Realisatietijd*

De aardwarmteboring neemt, afhankelijk van de totale diepte, enkele maanden in beslag. Tijdens deze periode is sprake van enige geluidshinder en aan- en afvoer van verkeer (TNO, 2022). De geluidsproductie blijft echter beperkt tot en rondom de geothermische bron en installatie.

In de notitie: "Druk op doorlooptijd" van de Nederlandse Vereniging Duurzame Energie (NVDE) (NVDE, 2022) wordt een gemiddelde doorlooptijd van 3,5 – 9,5 jaar gesteld voor een geothermieproject. De fases binnen een project worden als volgt opgebouwd:

- Planning en engineering: 0,5 – 2 jaar (overlap met vergunningen deel 1)
- Vergunningen deel 1: opsporingsvergunning 0,5 – 2 jaar
- Subsidietraject: 0,5 – 1,5 jaar
- Vergunningen deel 2: omgevingsvergunningen en winningsvergunning (o.a. financiering van 1 jaar): 1,2 jaar – 3 jaar
- Constructie 0,5 – 1 jaar
- Constructie warmtenet (5 – 15 jaar, zie realisatietijd warmtenetten in paragraaf 6.1.1)

### **Technische infrastructuur**

De ruimtelijke impact die voor geothermische energie wordt gerekend wordt verdeeld over zowel installaties als de boring. Voor de boring geldt dat op het oog de installatie rondom de bron beperkte ruimte inneemt, wat de ruimtelijke impact minimaal maakt in- en rondom de omgeving. Echter vereist de boorlocatie ca 1 hectare (TNO, 2022), wat gelijk staat aan ca 2 voetbalvelden. In figuur 14 is ter illustratie te zien hoe de boorlocatie in Ouder-Amstel was ingericht.



Figuur 14 - Boorlocatie Ouder-Amstel

Voorzieningen, installaties en materialen die doorgaans nodig zijn op de locatie zijn:

- Vloeistofkerende laag
- Milieugoten voor afvoer van vloeistoffen
- Betonnen ondergrond voor de boortoren om instorten te voorkomen
- Putkelder
- Boortoren (30 tot 50 meter hoog)
- Mogelijke generatoren
- Bassins voor vloeistoffen en materialen
- Opslag van boormaterialen
- Tijdelijke kantoorruimtes ([www.geothermie.nl](http://www.geothermie.nl), n.d.).

**Van initiatief naar verkenning: De eerste stap in de transitie!**

Versie 2



Na de boring blijft een installatie van  $\pm 15 \times 30$  meter op locatie over. Op deze locatie komt een warmtewisselaar die de temperatuur uit de bodem overbrengt naar de vloeistof in het warmtenet. Echter zal de eerdergenoemde ruimte beschikbaar moeten blijven voor mogelijk onderhoud en calamiteiten. De aanleg vereist een leidingsysteem dat in staat is om hoge temperatuur water te geleiden naar de woningen. Tomahawk stelt dat Holendrecht-oost drie leidingsystemen nodig heeft, te weten het hoofdnet, distributienet en de gebouwaansluitingen. Respectievelijk is dit 617 meter, 8.911 meter en 7.297 meter aan leidinglengte wat nodig is voor de distributie van warmte. Deze leidingen bestaan uit 2-pijps stalen leidingen. Het warmteoverdrachtstation (WOS) is de installatie die warmte overdraagt van het hoofdnet (primaire warmtenet) naar het secundaire net. Dit secundaire net bedient gebouwen en woningen. Het technische uitgangspunt voor een WOS is 4 x 6 meter (Boon et al., 2022).

De afmetingen voor de afleverset, die de cv-ketel vervangt in de woning, is afhankelijk van het type (direct of indirect) en de functionaliteit (warm tapwater, verwarming of beide). Als afmeting wordt ongeveer 0,6 x 0,4 x 0,25 meter (0,06m<sup>3</sup>) genomen, wat vergelijkbaar is met de grootte van een CV-ketel (*Hoe Werkt Het Warmtenet* •, 2024). De bestaande installaties, zoals radiatoren, in de woningen blijven aanwezig.

### **Schaalbaarheid**

Het gebruik van geothermie, in de gebouwde omgeving, vereist een minimale schaal van meerdere duizenden woningen voor een rendabele levering van warmte (*Geothermie – Klimaatakkoord*, 2019). Volgens de opdrachtgever en expert is een minimale schaal van 3.500 woningen optimaal voor zowel de levering van warmte als de businesscase, wat wordt ondersteund door de volgende melding van een minimale schaal van 4.000 woningen (Alles over Aardwarmte, 2024, a).

### **Risico's**

Hoewel geothermie duurzaam is, brengt het ecologische risico's met zich mee zoals bodemverzakking, aardbevingen en aantasting van de bodemlaag. Deze risico's worden echter goed afgedekt door wettelijke regelgevingen waaraan het boren en produceren van aardwarmte moeten voldoen (TNO, 2022). Het toekomstige grootschalige gebruik van dit systeem kan invloed uitoefenen op de vegetatie. Correlaties tussen grondtemperatuur en pH, vochtgehalte en bodemchemie zijn onderzocht waarbij is geconcludeerd dat hogere temperaturen bijdragen aan een lagere pH, een lager vochtgehalte en een chemische onbalans. Dit veroorzaakt een beperking in regeneratie van vegetatie (Nishar et al., 2017). Tot dusver is bewezen dat dit systeem veilig is maar voor grootschalig gebruik zouden bredere studies overwogen moeten worden met betrekking tot geologische veranderingen van de bodem (Sadeghi et al., 2023). Tijdens het boren kan blijken dat de temperatuur van de ondergrond lager is dan verwacht werd. Dit benadrukt het belang van geologisch vooronderzoek om eventuele mislukte boringen te voorkomen.

### **Netverzwaring**

Voor het realiseren van een geothermisch warmtenet, met de benodigde ondersteunende technieken, is netverzwaring essentieel. De Tomahawk tool berekent hoeveel elektriciteit nodig is voor het gebruik van het warmtealternatief en hoeveel extra netverzwaring dit voor de wijk vereist. Het systeem heeft een elektriciteitsbehoefte van 4.152.450kWh. De software rekent dit door naar verzwaring van 2.177 kVA voor Holendrecht-Oost.

Om een indicatie te geven over de benodigde aansluitingen worden de kentallen voor elektriciteitsaansluitingen van Liander gebruikt. De aansluitingen die nodig zijn voor de verzwaring betreffen één AC6a aansluiting om de benodigde kVA aan verbruik te dekken. De AC6a aansluiting kan een verbruik aan van maximaal 4.250kW/ 5.000kVA (*Soorten Grootverbruik Elektriciteitsaansluitingen* | Liander, n.d.).



## 6.2.2 Financieel

### **Business case**

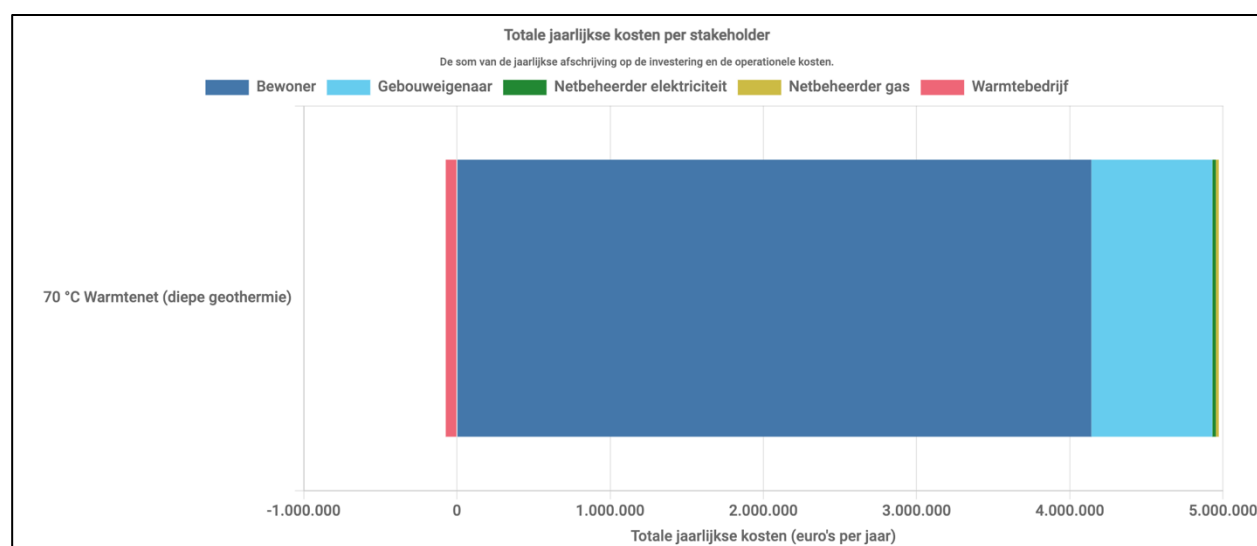
Op basis van de eerder gepresenteerde uitgangspunten is, door middel van de Tomahawk Tool, de volgende business case voor geothermie berekend, zie Appendix Z: voor de volledige business case:

### **Totale jaarlijkse kosten per stakeholder**

In figuur 15 zijn de totale jaarlijkse kosten per stakeholder per adres weergegeven voor een geothermisch warmtenet. De exacte kosten per stakeholder zijn als volgt weergegeven in tabel 11:

Tabel 11 - Totale jaarlijkse kosten per stakeholder geothermie

| Stakeholder                | Jaarlijkse kosten |
|----------------------------|-------------------|
| Bewoner                    | €4.606,-          |
| Netbeheerder elektriciteit | €22,-             |
| Netbeheerder gas           | €18,-             |
| Warmtebedrijf              | €68,- (opbrengst) |



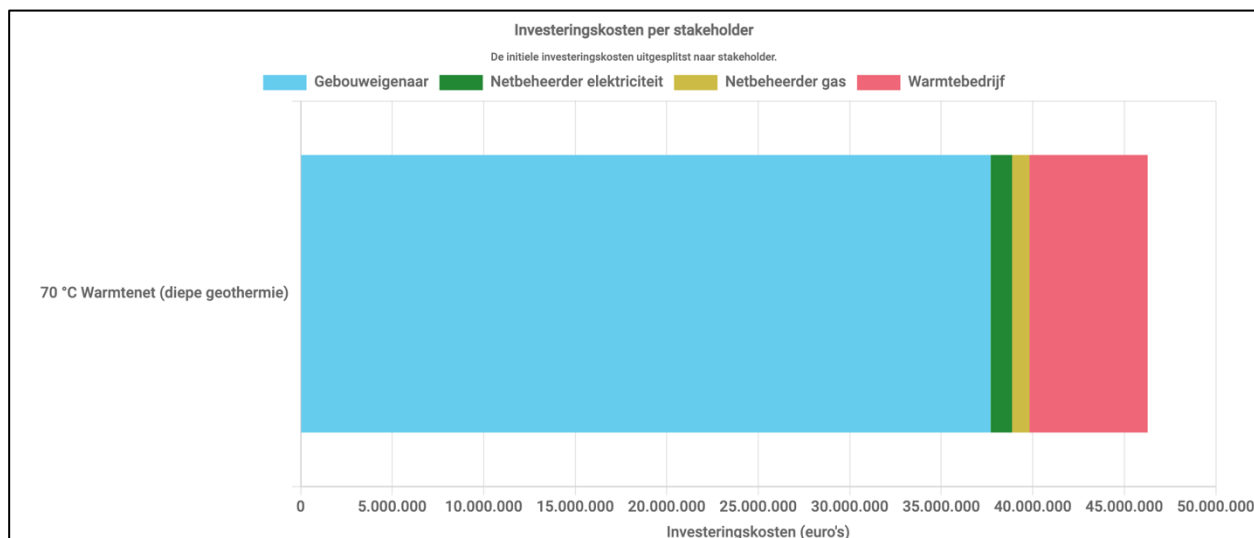
Figuur 15 - Totale jaarlijkse kosten per stakeholder geothermie

### **Investeringskosten per stakeholder**

In figuur 16 zijn de initiële investeringskosten per stakeholder per adres weergegeven voor een geothermisch warmtenet. De exacte kosten per stakeholder zijn als volgt weergegeven in tabel 12:

Tabel 12 - Investeringskosten per stakeholder geothermie

| Stakeholder                | Kosten    |
|----------------------------|-----------|
| Bewoner                    | €35.229,- |
| Netbeheerder elektriciteit | €1.099,-  |
| Netbeheerder gas           | €887,-    |
| Warmtebedrijf              | €6.034,-  |



Figuur 16 - Investeringskosten per stakeholder geothermie

### Energierekening

De energierekening is uitgesplitst naar verschillende energiebronnen. Geothermie heeft als energiebronnen elektriciteit en het warmtenet. De kosten hiervoor zijn weergegeven in tabel 13, deze tabel omvat de jaarlijkse energierekening voor de verschillende energiebronnen.

Tabel 13 - Energierekening geothermie

| Energiebron   | Energierekening per jaar |
|---------------|--------------------------|
| Elektriciteit | €782,-                   |
| Warmtenet     | €3.088,-                 |

### Businesscase analyse

De BAK is een essentieel en tevens groot onderdeel van de businesscase. Voor de businesscase van geothermie in Holendrecht-Oost is de BAK €34.527, - per aansluiting. In de businesscase wordt de BAK meegenomen onder de initiële investering en betekent, zoals te zien in figuur 16, een grote investeringslast voor de gebouweigenaar (bewoner). “Het grootste deel van de kosten van een aardwarmteproject worden gemaakt tijdens de aanleg (ruim 71%). De voorbereiding vraagt een flinke investering van circa 19%. De kosten van de slotfase, als de aardwarmte-installatie wordt ontmanteld, zijn gemiddeld 9,6%” (Alles over Aardwarmte, 2024).

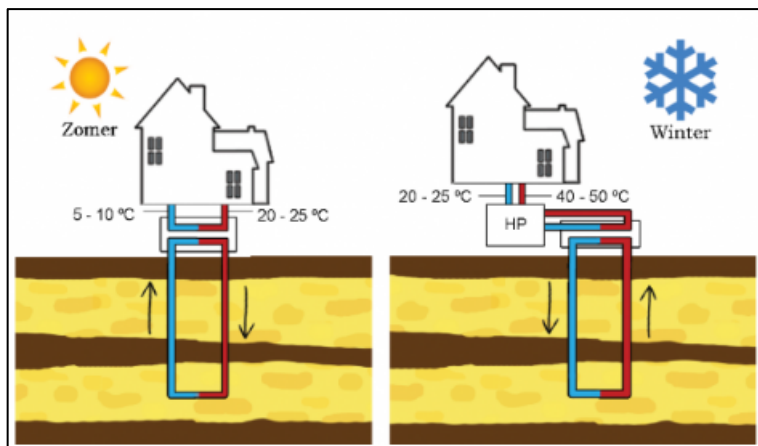
De businesscase voor geothermie bevat dezelfde structuur als voor aquathermie waarbij na levensduur van installaties de netto contante waarde in jaar 16 negatief is. Ondanks de hoge initiële investering van zowel de bewoners (BAK) als het warmtebedrijf (geothermiebron, leidingwerk etc.), is de businesscase positief. Eind jaar 17/begin jaar 18 is het break-even punt bereikt. Het argument van de lage exploitatiekosten worden onderbouwd in de businesscase. De energierekening per jaar voor de bewoners betreft €3.870,-, blijft stabiel en dekt de operationele lasten van het warmtebedrijf. Door de aanwezigheid van het warmtebedrijf ligt de verantwoordelijkheid voor aanleg en exploitatie wederom bij deze partij.

### 6.2.3 Criteria

| Criteria                  | Warmtealternatief – Geothermie                                                                                                            |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Betaalbaarheid            | €323,- Energierekening per maand<br>€35.229,- Investering                                                                                 |
| Ruimtelijke impact        | 16825m leidingnetwerk, 15mX30m installatieruimte, 1 hectare boorlocatie, WOS 4 x 6 m, 0,6 x 0,4 x 0,25m (0,06m <sup>3</sup> ) afleverset. |
| Dekkingsgraad warmtevraag | 100% (Geen koudelevering)                                                                                                                 |
| Participatie (Schaal)     | >3.500 - 4000 woningen                                                                                                                    |
| Geluidsproductie          | n.v.t.                                                                                                                                    |
| Realisatietijd            | Minimaal 8,5 jaar – maximaal 24,5 jaar                                                                                                    |

## 6.3 Bodemlussen

Bodemlussen zijn te schalen onder Gesloten Bodemenergiesystemen (GBES). In deze variant wordt gefocust op een verticale bodemwarmtewisselaar. De meest toegepaste vorm van gesloten bodemenergie waarbij de bodemlus verticaal in de bodem wordt aangebracht per individueel huishouden. In Nederland zijn circa 100.000 GBES en worden 15.000 tot 20.000 systemen per jaar aangelegd voor de verwarming (en koeling) van woningen en kleine utiliteit (Kooi et al., 2024). Bij een GBES wordt een circuliatiemedium rondgepompt (figuur 17<sup>6</sup>) door een gesloten leidingstelsel, in de regel tot maximaal zo'n 200m diepte (Deltares & TNO, 2022).



Figuur 17 - Rondpompen circuliatiemedium

Voor de technische analyse is het belangrijk te erkennen dat de prestaties en kenmerken van het GBES worden bepaald door het systeemontwerp. Boordiepte en leveringstemperatuur zijn bijvoorbeeld geen vaste grootheden en zijn het resultaat van een specifiek ontwerp, per woning. Pas wanneer het ontwerp van het systeem is vastgesteld, kunnen deze technische eigenschappen worden bepaald.

In de onderstaande paragrafen worden per factor de ontwerpoverwegingen en

standaard waardes toegelicht. In de gemeente Amsterdam moet altijd een vergunning worden aangevraagd door bedrijven en bewoners voor het gebruik van een bodemenergiesysteem via Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied.

Een bodemlus werkt via een gesloten systeem dat warmte uit de bodem onttrekt. In tegenstelling tot een WKO-systeem, wat open is en gebruik maakt van het oppompen en terugpompen van grondwater om warmte of koude op te slaan.

<sup>6</sup> HP = Heatpump = Bodemwarmtepomp

### 6.3.1 Techniek

#### **Brontemperatuur & Diepte**

Zoals beschreven in 6.1.1 is de grond in en rondom Holendrecht-Oost geschikt voor het toepassen van bodemenergie. Naast dat de bodem geschikt is, is het ook toegestaan om bodemenergie te gebruiken. De diepte van de boring, voor het verwarmen van een woning, vindt plaats tot maximaal 200m diepte zoals hierboven vermeld. Hoe dieper geboord wordt, hoe hoger de temperatuur van de bron zal zijn. Dit is afhankelijk van de vraag van de woning. Het temperatuurbereik van een GBES ligt tussen de 0°C en 20°C en valt niet onder 0°C voor 25 jaar (Appendix AA:). De lage aanvoertemperatuur vereist isolatie in de woning.

#### **Leveringstemperatuur**

De leveringstemperatuur in de woning is wederom vraagafhankelijk. Het leveren van verwarming of warm tapwater vraagt om hogere temperaturen dan het GBES in eerste instantie levert. Een warmtepomp is dus essentieel voor het leveren van de hogere temperaturen (Technische infrastructuur). Het GBES levert passief koude zonder dat de warmtepomp hier invloed op uitoefent. Een bodemlus levert circa 8kw per lus (Appendix AA:). Een woning of gebouw met meer vraag zal nog een bodemlus moeten plaatsen.

#### **Levensduur**

De verwachte levensduur van het systeem is, met goed beheer, meer dan 30 jaar (NPLW, 2025). De realisatietijd wordt beïnvloed door de boring, de aanleg en warmtepompinstallatie. Voor dat deze werkzaamheden ondernomen worden dienen ook verschillende onderzoeken en ontwerpen uitgevoerd te worden voor de woning.

De gemeente is het bevoegd gezag voor de realisatie van een GBES (NPLW, 2025). Minimaal 4 weken voor de start van de boring dient een aanvraag te worden ingediend bij dit bevoegd gezag. Voor de realisatie van een GBES wordt een periode van 10 weken gerekend (*Veelgestelde Vragen Over Bodemenergie* - LTA Energy, n.d.), (Appendix AA:).

#### **Technische infrastructuur**

De technische infrastructuur bevat een leidingnetwerk, een tapwaterbuffer en een warmtepomp. Een bodemlus installatie betekent per woning een lus en per woning een boring. In vergelijking met diepe geothermische systemen vereisen de boringen voor GBES aanzienlijk minder ruimte. Dit geldt voor zowel oppervlaktebeslag als logistieke randvoorwaarden. De boring kan namelijk plaatsvinden in de voor- of achtertuin van een woning. De boringen gebeuren doorgaans met spoelboringen wegens de lagere kosten. De boordiameters zijn meestal 150-170mm of kleiner (Kennisplatform bodemenergie, 2023). Voor het uitvoeren van de boring dient rekening gehouden worden met een boorwagen van  $\pm 31 \text{ m}^3$ <sup>7</sup>, met een gewicht van 13-19 ton (*Beheersing Boorproces Gesloten Systemen | Bodemenergie Kennisplatform*, 2021). De leidingen bestaan doorgaans uit polyetheen en worden in een U-vorm in de bodem geplaatst. Het gebruik van kunststof maakt de leidingen niet biologisch afbreekbaar waardoor de levensduur wordt verlengd en gelijkstaat aan de levensduur van het GBES. De lengte van de leidingen is afhankelijk van de diepte van het GBES. Een bodemlus met een diepte van 140 meter heeft een leiding, in een U-vorm, in de bodem. De lengte van deze leiding is vervolgens 280 meter. Het dubbele van de diepte door de U-vorm.

Omwille van comfort, efficiëntie en systeembelasting is een tapwaterbuffer essentieel. Door de lage aanvoertemperatuur kan een tapwaterbuffer ervoor zorgen dat snel warm water aanwezig is in de woning, zonder dat de warmtepomp telkens op een hogere temperatuur hoeft te functioneren. De tapwaterbuffer is namelijk een opslagtank voor warm water.

---

<sup>7</sup> Lengte 5 meter, breedte 2,5 meter en hoogte 2,5 meter.

De ruimtelijke impact is sterk afhankelijk van de benodigde inhoud (liters), die vaak wordt afgestemd op het aantal bewoners. 200 Liter, wat gelijk staat aan 2 tot 3 personen in een huishouden, betreft 1,25 meter in de hoogte en heeft in de woning een diameter van 0,6 meter (0,35 m<sup>3</sup>). (*Tapwater Buffer 200L - WWS 202* - Nathan, n.d.).

#### *Bodemwarmtepomp (brine/water- warmtepomp)*

Onderdeel van het GBES-systeem is een bodemwarmtepomp. De vloeistof die door de leiding stroomt, ook wel brine genoemd, neemt de temperatuur van de bodem over. Dit is nog niet warm genoeg om de woning te verwarmen. Doordat de bodem een constante temperatuur levert, ligt het rendement van dit type warmtepomp hoog. “Het energetisch rendement is erg hoog, gemiddeld 4 à 5 keer beter dan een gasgestookte installatie” (*Ondiepe Bodemenergie - Gesloten Systemen*, 2021). Het energieverbruik wordt mede bepaald door de (S)COP. Voor een bodemwarmtepomp geldt een COP van gemiddeld 4,7 en een SCOP van 5,2. De verwachting is dat een bodemwarmtepomp 3.360 kWh per jaar verbruikt (*Bodem Warmtepomp | Regionaal Energieloket*, n.d.). Een voordeel van dit type warmtepomp is dat de woning passief gekoeld kan worden, mits voorzieningen in de woningen aanwezig zijn.

De impact van de installatie is zowel ruimtelijk als akoestisch. De bodemwarmtepomp wordt doorgaans geschaald als de ‘stilste’ warmtepomp en produceert tussen de 40 – 42 dB (*Are Heat Pumps Noisy? | NIBE*, n.d.), (*Are Ground Source Heat Pumps Noisy? | Checktrade*, 2024). De ruimtelijke impact is de afmetingen van de warmtepomp. In de praktijk gelden afmetingen van ± 0.6m x 0.6m x 1.9m (*Heat Pump House*, 2024), (Nathan, 2022).

#### **Schaalbaarheid**

Voor een GBES geldt een individuele schaal of kleinschalige schaal waarbij meerdere woningen op één verticale bodemwarmtewisselaar worden aangesloten. Kleinschalig zou betekenen dat de woningen op een zogeheten ‘mini-warmtenet’ worden aangesloten. Het onderzoek voor Holendrecht-Oost laat deze schaal buiten de scope. Het GBES wordt hier op individuele schaal beschreven wat per woning een verticale bodemlus betekent. In de bestaande bouw wordt de boring uitgevoerd op het eigen perceel. Mocht dit een obstakel vormen kan toestemming bij de gemeente gevraagd worden om te boren op gemeenteground (*NPLW*, 2025). De individuele eigenaar dient zich te houden aan een meldingsplicht voordat een GBES geplaatst en gebruikt mag worden. In Appendix BB: zijn de gegevens die verwacht worden te lezen. De schaalbaarheid wordt verder toegelicht in onderstaande alinea.

#### *Voorkomen van negatieve interferentie*

Een belangrijk kenmerk van de schaalbaarheid van bodemlussen, waar rekening mee gehouden dient te worden, is het voorkomen van negatieve interferentie. Bodemlussen die op korte afstand van elkaar geplaatst worden kunnen invloed hebben op de temperatuur van de ondergrond en daarmee de schaalbaarheid. De methode van SIKB biedt een manier voor het toetsen van interferentie tussen gesloten systemen. Belangrijke uitgangspunten zijn dat een afstand van 8 tot 10 meter (Appendix AA:) gehandhaafd dient te worden tussen de systemen. De temperatuur mag niet meer dan 1,5°C dalen ten gevolge van een nabijgelegen of gepland GBES (Centraal College van Deskundigen (CCvD) Bodembeheer & Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer, 2020). Mits de afstand van 8-10 meter wordt gehandhaafd, kan iedere woning een GBES realiseren. Kan dit niet worden gehandhaafd dan is sprake van negatieve interferentie en kunnen niet alle systemen worden gerealiseerd.

De gemeente Amsterdam heeft interferentiegebieden aangewezen. Aangezien Holendrecht-Oost buiten een dergelijk gebied valt (Appendix CC:), is er geen sprake van aanvullende regelgeving. Echter blijft interferentie belangrijk in het geval meerdere GBES geplaatst worden.

In Amsterdam Zuidoost zijn 40-50 bodemenergiesystemen aanwezig in de huidige situatie, zie Appendix DD: voor de locaties.

### Risico's

Om het boorgat van een GBES af te vullen wordt, na onderzoek uitgevoerd in 2022, steeds meer grout gebruikt. Uit onderzoek bleek namelijk dat dit een relatief betrouwbare optie is voor het correct afdichten van het boorgat en het herstellen van bodemlagen (Van Der Schans et al., 2022). De risico's die zich voordoen bij het realiseren van een GBES-systeem worden over het algemeen voorkomen via wettelijke erkenningsregelingen die boorbedrijven nodig hebben (bijvoorbeeld BRL 2100). Tijdens de boring dient voorkomen te worden dat het werkwater in contact komt met grond- en drinkwater. "Het lekken van boorspoeling is in de praktijk echter geen noemenswaardig" (Deltares & TNO, 2022). De brine die door de leidingen stroomt voorkomt dat de vloeistof bevroert. De brine bevat namelijk een waterglycolmengsel.

### Netverzwaring

Voor het realiseren van bodemlussen, met de benodigde ondersteunende technieken, is netverzwaring essentieel. De Tomahawk tool berekent hoeveel elektriciteit nodig is voor het gebruik van het warmtealternatief en hoeveel extra netverzwaring dit voor de wijk vereist. Het systeem heeft een elektriciteitsbehoefte van 6.543.594 kWh. De software rekent dit door naar verzwaring van 2.479 kVA voor Holendrecht-Oost.

Om een indicatie te geven over de benodigde aansluitingen worden de kentallen voor elektriciteitsaansluitingen van Liander gebruikt. De aansluitingen die nodig zijn voor de verzwaring betreffen een AC6a aansluiting om de benodigde kVA aan verbruik te dekken. De AC6a aansluiting kan een verbruik aan van maximaal 4.250kW/ 5.000kVA (Soorten Grootverbruik Elektriciteitsaansluitingen | Liander, n.d.).

#### 6.3.2 Financieel

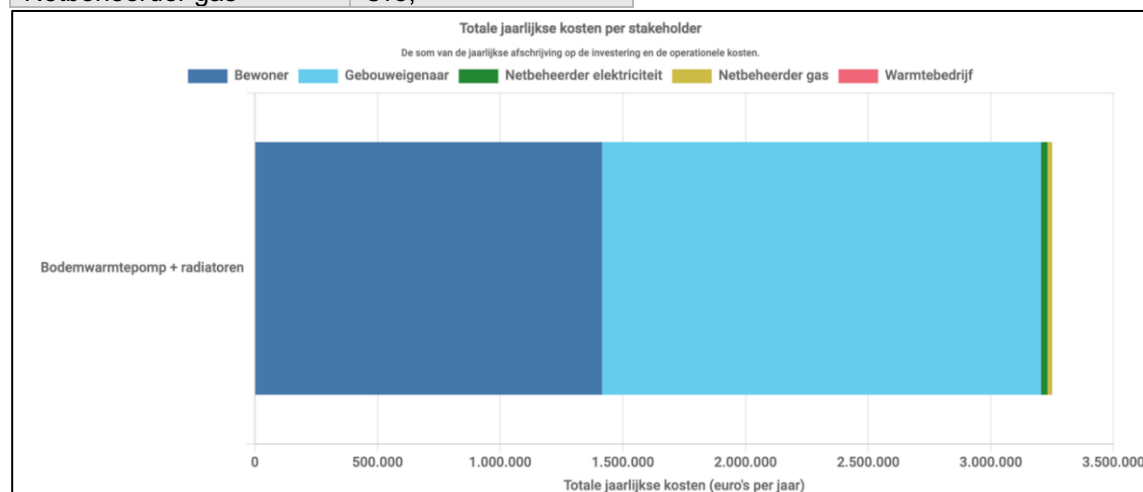
Op basis van de eerder gepresenteerde uitgangspunten is, door middel van de Tomahawk Tool, de volgende business case voor individuele bodemlussen berekend:

### Totale jaarlijkse kosten per stakeholder

In figuur 18 zijn de totale jaarlijkse kosten per stakeholder per adres weergegeven voor een GBES. De exacte kosten per stakeholder zijn als volgt weergegeven in tabel 14:

Tabel 14 - Totale jaarlijkse kosten per stakeholder bodemlussen

| Stakeholder                | Jaarlijkse kosten |
|----------------------------|-------------------|
| Bewoner                    | €2.995,-          |
| Netbeheerder elektriciteit | €25,-             |
| Netbeheerder gas           | €18,-             |



Figuur 18 - Totale jaarlijkse kosten per stakeholder bodemlussen

### Van initiatief naar verkenning: De eerste stap in de transitie!

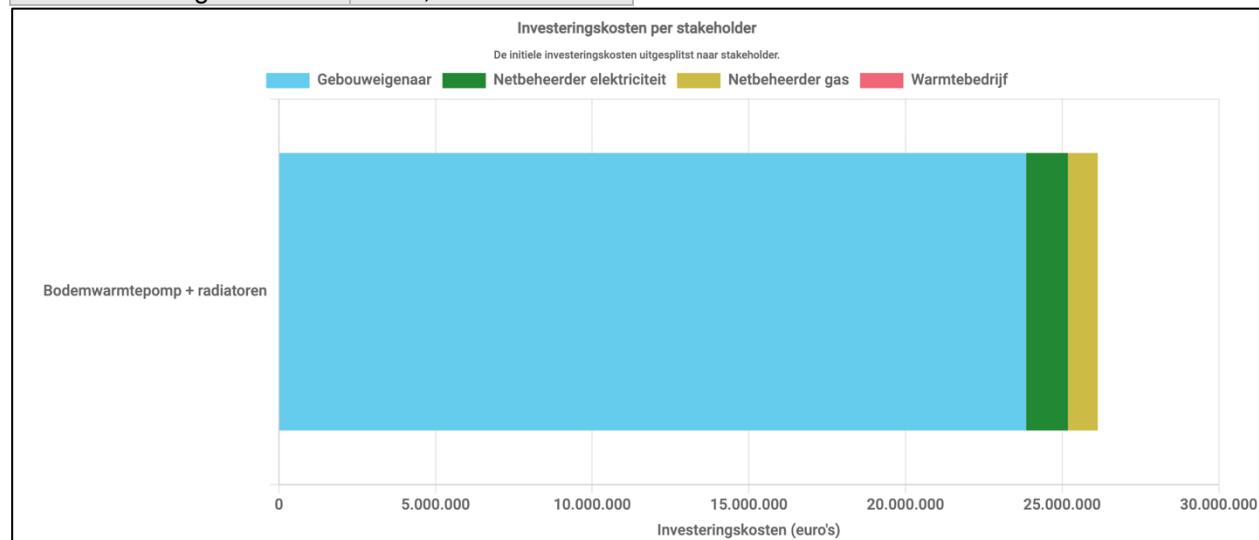
Versie 2

### Investeringskosten per stakeholder

In figuur 19 zijn de initiële investeringskosten per stakeholder per adres weergegeven voor een GBES. De exacte kosten per stakeholder zijn als volgt weergegeven in tabel 15:

Tabel 15 - Investeringskosten per stakeholder bodemlussen

| Stakeholder                | Kosten                 |
|----------------------------|------------------------|
| Gebouweigenaar             | €22.288,- <sup>8</sup> |
| Netbeheerder elektriciteit | €1.251,-               |
| Netbeheerder gas           | €887,-                 |



Figuur 19 - Investeringskosten per stakeholder bodemlussen

### Energierekening per jaar

De energierekening voor een GBES bestaat volledig uit de kosten voor elektriciteit. De kosten zijn €1.323,- per jaar.

### Business case analyse

Wegens het individuele eigenaarschap rekent Tomahawk geen uitgebreide businesscase, een BAK is ook geen onderdeel wegens de absentie van een warmtebedrijf. De bodem fungeert als duurzame warmtebron zonder exploitant, wat betekent dat er geen kosten zijn voor de levering van warmte. De resterende kosten bestaan uit de installatie, onderhoud en het elektriciteitsverbruik.

De jaarlijkse kosten (OPEX) bestaan de uit de energierekening (€1.323,-). De investering bedraagt €22.288,- (CAPEX) en bestaat uit de aanleg, installatie en onderhoud van het GBES.

Een individuele warmteoplossing verschilt wezenlijk van collectieve netten doordat warmteopwekking op gebouwniveau plaatsvindt. Dit wordt weerspiegeld in de verdeling van de (investerings)kosten in figuur 18 & 19. Zowel het merendeel van de initiële investering als het grootste aandeel in de jaarlijkse kosten liggen bij de bewoner.

<sup>8</sup> "De boring, aanleg van de bodemlus en een warmtepompinstallatie kosten voor een gemiddelde woning € 17.000 – 27.000. Eventueel komen daar nog herstelkosten van de tuin bij" (NPLW, 2025).

### 6.3.3 Criteria

| Criteria                  | Warmtealternatief – Bodemplussen                                                                                                               |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Betaalbaarheid            | €110,- Maandelijkse energierekening<br>€22.288,- Investering                                                                                   |
| Ruimtelijke impact        | Leidingwerk maximaal 400 meter met een verticale diepte van 200 meter.<br>0,68 m <sup>3</sup> (Binnenunit)<br>0,35 m <sup>3</sup> (Buffertank) |
| Dekkingsgraad warmtevraag | 100% (Directe koudelevering)                                                                                                                   |
| Participatie (Schaal)     | n.v.t.                                                                                                                                         |
| Geluidsproductie          | 40-42dB                                                                                                                                        |
| Realisatietijd            | 14 – 15 weken                                                                                                                                  |

## 6.4 Warmtepompen lucht-water

Lucht-water warmtepompen vallen onder de individuele alternatieven. De warmtepomp haalt warmte uit de lucht om dit vervolgens af te geven aan water wat radiatoren voorziet van warmte. Dit type warmtepomp bestaat doorgaans uit twee delen; de warmtepomp zelf en een buitenunit die lucht aanvoert.

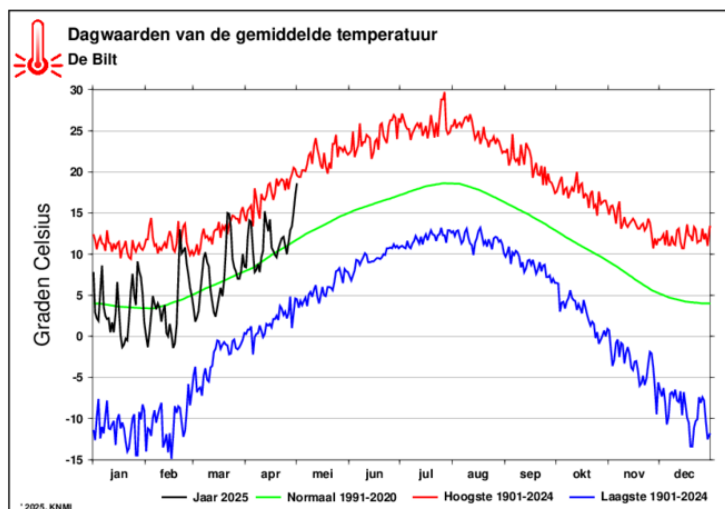
In een monoblock variant bevat de buitenunit alle onderdelen (De Boer, 2024). In deze paragraaf worden individuele eigenschappen van de warmtepomp belicht en de situatie geschetst dat de gehele wijk Holendrecht-Oost de overstap maakt naar een lucht-water warmtepomp.

### 6.4.1 Techniek

#### **Brontemperatuur & Diepte**

Een brondiepte is voor de warmtepompen niet van toepassing. De temperatuur van de lucht, de bron, heeft invloed op de prestaties van de warmtepomp. In figuur 20 zijn de gemiddelde buitenlucht temperaturen weergegeven in Nederland. De warmtepomp werkt minder efficiënt wanneer de temperatuur daalt onder de -5°C. Indien de temperatuur daalt naar bijvoorbeeld -7°C daalt de COP naar 2,3. Bij een buitentemperatuur van 7°C zou een gemiddelde warmtepomp een COP van ±4,5 moeten hebben. Dit toont aan dat de koudere temperaturen invloed hebben op de efficiëntie van de warmtepomp. In figuur 20 is te zien dat, gemiddeld gezien, geen extreme temperaturen zijn gemeten waarop een warmtepomp buiten werking zou raken. De warmtepomp stopt met werken wanneer de temperaturen onder de -20°C zakt, wat uitzonderlijk is volgens de grafiek van het KNMI (*What Temperature Is a Heat Pump Not Effective?* | Viessmann UK, 2022). De warmtepomp werkt efficiënt in goed geïsoleerde woningen (Milieu Centraal, n.d).





Figuur 20 - Gemiddelde buitenlucht temperaturen Nederland  
(KNMI - Grafieken Van Het Lopende Jaar, n.d.)

### Leveringstemperatuur

Het rendement van de warmtepomp heeft effect op de leveringstemperatuur, de warmte die de pomp kan leveren. Om een indicatie te geven zal onder deze deelparagraaf een lucht-water warmtepomp van NIBE als casus worden gehanteerd. Onder de juiste omstandigheden kan een lucht-water warmtepomp van NIBE een oplopend rendement hebben van 530% (COP = 5,3). De warmtepomp levert dan 1 kW aan elektrische energie voor 5,3 kW aan warmte. Naast de radiatoren wordt het hoogste rendement gehaald als gebruik gemaakt wordt van 'low temperature systems' zoals vloer- of wandverwarming (*Hoe Werkt Een Lucht/Water Warmtepomp? Alles Op Een Rij - NIBE*, n.d.).

### Levensduur

Een uitgevoerde Life Cycle Analyse en commerciële partijen schatten de levensduur van een lucht-water warmtepomp op 15 á 20 jaar (Kegel et al., 2012) (Solvari & Solvari, 2025) (Buckley, 2024) (Bobex & Elise, 2025, b).

De realisatietijd kan voor een eenvoudig volledig elektrisch systeem binnen één á twee dagen worden afgerond. Complexere systemen kunnen tot vijf dagen duren voordat deze compleet is geïnstalleerd (Remeha, 2024) (*Warmtepomp Laten Installeren: Dit Kun Je Verwachten - hoomie.online*, n.d.).

### Ruimtelijke impact

De ruimtelijke impact van een lucht-water warmtepomp is verdeeld over de benodigde binnen- en buitenruimte. De benodigde binnenruimte is te vergelijken met de grote van een boiler. De gemiddelde afmetingen van een lucht-water warmtepomp zijn:

- Breedte: 60-76 cm
- Hoogte: 180-190 cm
- Diepte 62-90 cm (Bobex & Elise, 2025)

Voor de buitenunit worden de volgende afmetingen gemiddeld gehanteerd:

- Breedte: 90 cm
- Hoogte: 75 cm
- Diepte 35 cm (WarmerHuis, 2025)

De warmtepompen hebben naast de fysieke impact een geluidsproductie. Bevindingen geven aan dat de akoestische impact van warmtepompen wordt beïnvloed door omgevingsfactoren, waaronder achtergrondgeluidniveaus. Uit onderzoek blijkt dat warmtepompen met lucht als bron altijd onder een overschrijding van maximaal 15 dB blijven, meestal zelfs onder de 10 dB. De overschrijdingen zijn op basis van 55 dB waarop een verhoogd risico is op slaapverstoring en hart- en vaatziekten door het geluidsdrukniveau. Om het geluidsdrukniveau te reduceren kunnen maatregelen worden genomen zoals dempers of geluidsdichte kasten (Sangsinsorn & Nienborg, 2025). Verenging Eigen Huis beredeneert dat een nieuwe warmtepomp 55 dB aan geluid produceert wanneer deze op volle toeren draait, hogere vermogens kunnen meer decibel produceren welke kunnen oplopen tot maximaal 70 dB (*Geluid Warmtepomp*, n.d.).

### **Schaalbaarheid**

Warmtepompen worden geschaald onder de individuele oplossingen waardoor geen minimaal aantal aansluitingen benodigd is. Ieder huishouden kan in aanmerking komen voor het realiseren van een lucht-water warmtepomp mochten radiatoren en/of vloer- of wandverwarming aanwezig zijn. Daarbij is het wel een vereiste dat de huizen voldoen aan De Standaard om de warmtevraag te dekken (Appendix U:). In de geschetste situatie waarbij ieder huishouden de overstap maakt zal een extra belasting ontstaan op het net. Deze belasting op het net wordt verder toegelicht onder 'risico's' en 'net verzwaring'.

### **Risico's**

Grootschalige realisatie van individuele warmtepompen brengt het risico met zich mee dat een overbelasting op het net ontstaat. Warmtepompen vragen veel elektriciteit en zullen zonder netverzwaring een grote impact hebben op de bestaande netcongestie. De geschetste situatie waarin iedereen de omslag maakt naar een warmtepomp bevat dus het risico op overbelasting van het net.

Naast de netbelasting zal iedere woning worden voorzien van een buitenunit. De bijkomende geluidsproductie hiervan, indien 1068 warmtepompen komen, kan overstijgen aan de opgestelde decibel limieten. Deze overschrijding van limieten kan zorgen voor de eerdergenoemde risico's op slaaptkort en hart- en vaatziekten.

### **Net verzwaring**

Risico's ontstaan door de kans op storingen. Warmtepompen bevatten een ontdooi systeem. Wanneer alle pompen in de wijk in deze modus komen ontstaat een grote piekvraag op het net. Hetzelfde geldt voor een piekvraag naar warmte in de woningen. Onderzoeksbureau BDH deed onderzoek in opdracht van RVO en concludeerde onder andere dat woningen met een all-electric warmtepomp een hogere gelijktijdige piek op het net veroorzaken dan hybride varianten (Angelique Biemans et al., 2025). Hybride betekent hier een combinatie van elektriciteit en aardgas.

Het realiseren van dit systeem geeft een jaarlijks elektriciteit verbruik van 6.374.490 kWh voor de warmtevoorzieningen in de wijk. De tomahawk geeft hier een benodigde netverzwaring aan van 2.393 kVA. Kijkend naar de aansluitingen van Liander kan deze verzwaring gedekt worden door een combinatie van een AC5 (1.700kW/ 2.000kVA) en een AC5a (535kW/ 630kVA) aansluiting. De gehele verzwaring kan gedekt worden door AC6a aansluiting welke een verbruik van 8.500KW tot 10.000kVA aankan. (*Soorten Grootverbruik Elektriciteitsaansluitingen* | Liander, n.d.)

### **6.4.2 Financieel**

Een individuele lucht/water warmtepomp betekent dat de woningeigenaar verantwoordelijk is voor de realisatie van het systeem, er is geen warmtebedrijf betrokken. Op basis van de eerder gepresenteerde uitgangspunten is, door middel van de Tomahawk Tool, de volgende business case voor de lucht/water warmtepomp berekend:

**Van initiatief naar verkenning: De eerste stap in de transitie!**

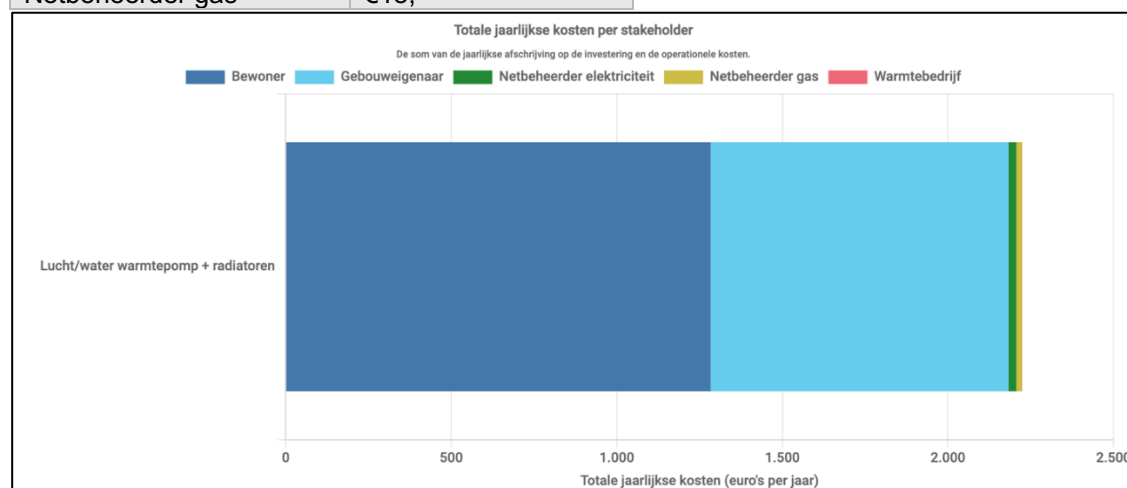
Versie 2

### Totale jaarlijkse kosten per stakeholder

In figuur 21 zijn de totale jaarlijkse kosten per stakeholder per adres weergegeven voor een lucht/water warmtepomp. De exacte kosten per stakeholder zijn als volgt weergegeven in tabel 16:

Tabel 16 - Totale jaarlijkse kosten per stakeholder lucht/water warmtepompen

| Stakeholder                | Jaarlijkse kosten |
|----------------------------|-------------------|
| Bewoner                    | €2.184,-          |
| Netbeheerder elektriciteit | €24,-             |
| Netbeheerder gas           | €18,-             |



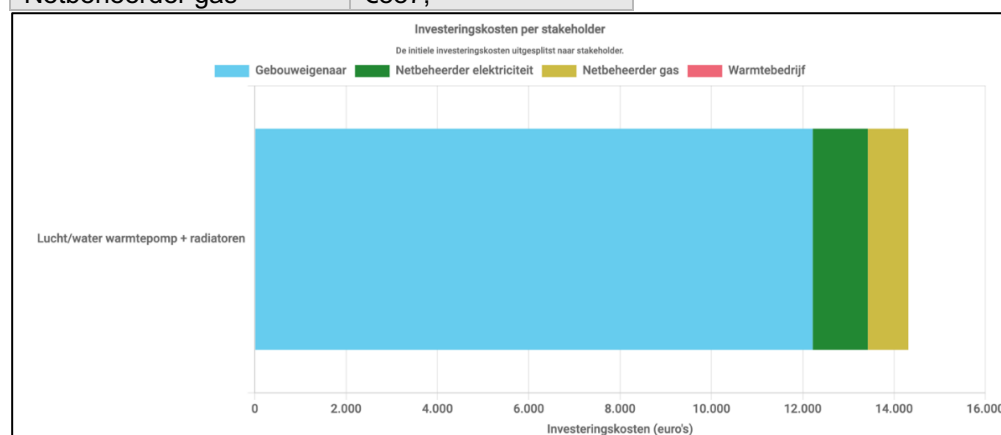
Figuur 21 - Totale jaarlijkse kosten per stakeholder lucht/water warmtepompen

### Investeringskosten per stakeholder

In figuur 22 zijn de initiële investeringskosten per stakeholder per adres weergegeven voor een lucht/water warmtepomp. De exacte kosten per stakeholder zijn als volgt weergegeven in tabel 17:

Tabel 17 - Investeringskosten per stakeholder lucht/water warmtepompen

| Stakeholder                | Kosten    |
|----------------------------|-----------|
| Gebouweigenaar             | €12.218,- |
| Netbeheerder elektriciteit | €1.208,-  |
| Netbeheerder gas           | €887,-    |



Figuur 22 - Investeringskosten per stakeholder lucht/water warmtepompen

### **Energierkening**

De energierekening voor de individuele lucht/water warmtepomp bestaat volledig uit de elektriciteitskosten. Deze kosten betreft voor iedere installatie €1.284,- per jaar.

### **Business case analyse**

Wegens het individuele eigenaarschap rekent Tomahawk geen uitgebreide businesscase, een BAK is ook geen onderdeel wegens de absentie van een warmtebedrijf. Opvallend is dat de jaarlijkse operationele kosten (OPEX) vooral bestaan uit elektriciteitskosten. Van de €1.394,- OPEX is €1.284,- bestemd voor stroomverbruik. Daartegenover staan geen andere exploitatiekosten, aangezien de gasrekening vervalt. De investeringskosten (CAPEX) liggen bij de gebouweigenaar. Een totale inleg van €12.218,- voor onder meer de warmtepomp, meterkastaanpassing en inductieplaat voor het all-electric systeem. Deze CAPEX is exclusief subsidies of andere kosten dempende regelingen.

Een individuele warmteoplossing verschilt wezenlijk van collectieve netten doordat warmteopwekking op gebouwniveau plaatsvindt. Dit wordt weerspiegeld in de verdeling van de investeringskosten (figuur 22), waarin de gebouweigenaar vrijwel alle kosten draagt en daarmee volledig verantwoordelijk is voor installatie, beheer en onderhoud. Tegelijkertijd neemt de rol van netbeheerders toe, vooral die van de elektriciteitsbeheerder. Deze zal het net moeten versterken om piekbelasting door gelijktijdig gebruik van bodemwarmtepompen te kunnen opvangen.

#### 6.4.3 Criteria

| Criteria                  | Warmtealternatief - Warmtepompen                                                         |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Betaalbaarheid            | €107,- (energierkening),<br>€12.218,- (investering)                                      |
| Ruimtelijke impact        | 0,96 m <sup>3</sup> Binnenunit <sup>9</sup> 0,24 m <sup>3</sup> Buitenunit <sup>10</sup> |
| Dekkingsgraad warmtevraag | 100%                                                                                     |
| Participatie (Schaal)     | n.v.t.                                                                                   |
| Geluidsproductie          | Maximaal 70 dB                                                                           |
| Realisatietijd            | 1 á 2 dagen                                                                              |

---

<sup>9</sup> Volume=breedte × hoogte × diepte = 0,68×1,85×0,76≈0,957m<sup>3</sup>

<sup>10</sup> Volume=0,90×0,75×0,35=0,23625m<sup>3</sup>

## 6.5 Criteria Matrix

In tabel 18 zijn de absolute waarden uit hoofdstuk 6 samengevoegd in één tabel. Deze tabel geeft de abstracte getallen weer per criteria voor de warmteoplossingen, zo wordt een overzicht gecreëerd waarin alle warmteoplossingen vergeleken kunnen worden.

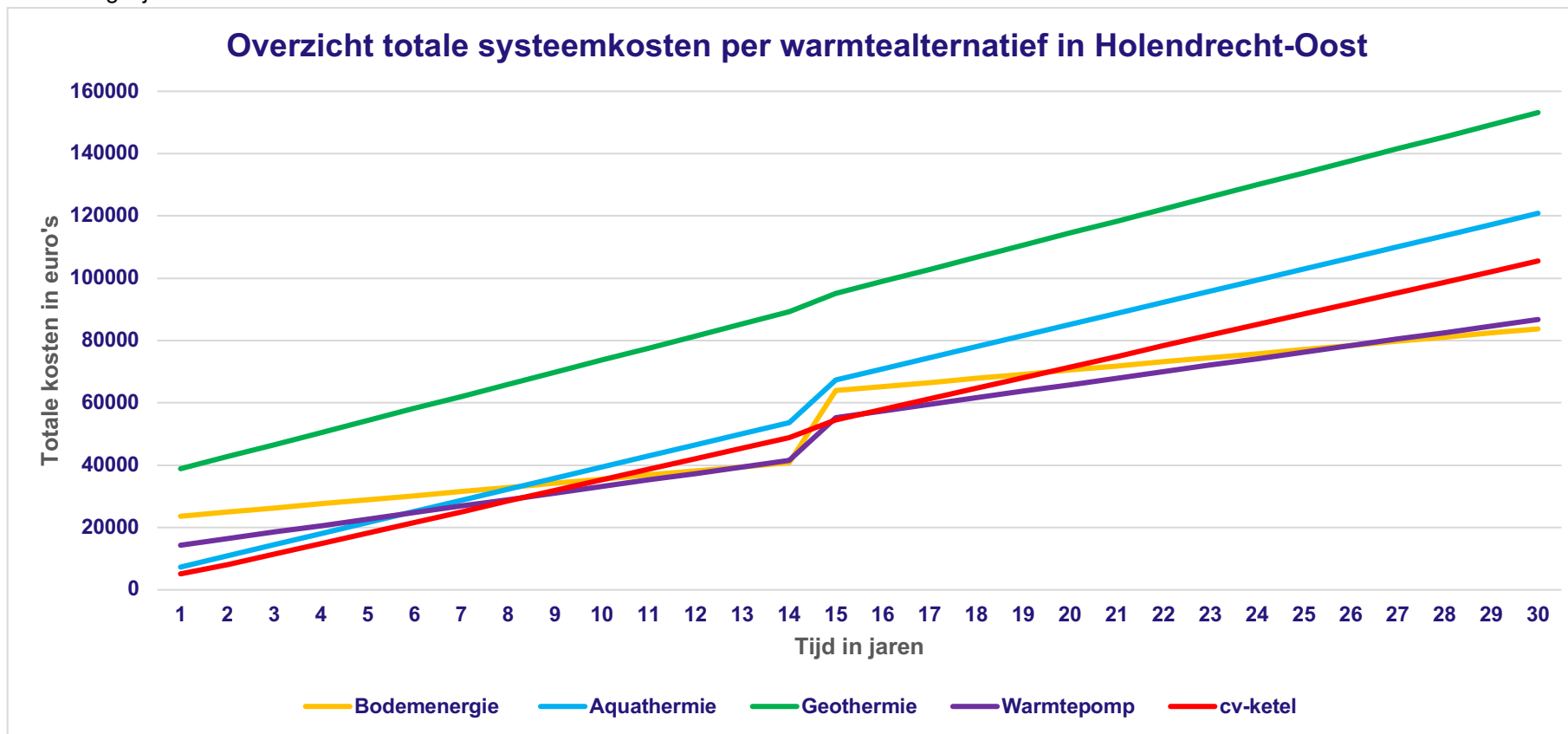
Tabel 18 - Criteria Matrix

| <b>Criteria \ Alternatieven</b>                                          | <b>Aardgas (0-meting)</b>      | <b>ZLT-net aquathermie TEO</b>                               | <b>Geothermie</b>                                                                          | <b>Bodemlussen</b>                                                           | <b>Lucht-water warmtepompen</b>                         |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Betaalbaarheid</b><br><i>Energierkening p.m</i><br><i>Investering</i> | €284,-<br>€2.210,-             | €297,-<br>€3.729,-                                           | €323,-<br>€35.229,-                                                                        | €110,-<br>€22.288,-                                                          | €107,-<br>€12.218,-                                     |
| <b>Ruimtelijke impact</b><br><i>Installaties</i>                         | 0,12m³ cv-ketel                | 1km² WKO,<br>±0,63m³ warmtepomp,<br>50 tot 150m² installatie | 15mX30m<br>installatieruimte,<br>1 hectare boorlocatie,<br>WOS 4mX6m,<br>0,06m³ afleverset | 0,68m³ (Binnenunit)<br>0,35 m³ (Buffertank)<br>400 (lengte), 200<br>(diepte) | 0,96m³ (Binnenunit)<br>0,24m³ (Buitenunit)              |
| <i>Leidingnetwerk(m)</i>                                                 | -                              | 16.428                                                       | 16.825                                                                                     | -                                                                            | -                                                       |
| <b>Dekkingsgraad</b><br><b>warmtevraag</b><br><i>Koudelevering</i>       | 100%<br><br>Geen koudelevering | 100%<br><br>Directe koudelevering                            | 100%<br><br>Geen koudelevering                                                             | 100%<br><br>Directe koudelevering                                            | 100%<br><br>Geen koudelevering                          |
| <b>Participatie (schaal)</b>                                             | n.v.t.                         | Geschikt volgens<br>STOWA (zie hoofdstuk<br>6.1.1)           | >3.500 - 4000<br>woningen                                                                  | n.v.t.                                                                       | n.v.t.                                                  |
| <b>Geluidsproductie</b>                                                  | 50-60 dB                       | 35dB                                                         | n.v.t.                                                                                     | 40-42dB                                                                      | Max. 70dB, volgens<br>wet- en regelgeving<br>max. 40 dB |
| <b>Realisatietijd</b>                                                    | n.v.t.                         | 5 – 15 jaar                                                  | Minimaal 8,5 jaar –<br>maximaal 24,5 jaar                                                  | 14 – 15 weken                                                                | 1 á 2 dagen                                             |

Van initiatief naar verkenning: De eerste stap in de transitie!

Versie 2

In figuur 23 is een visuele weergave van het criterium 'betaalbaarheid' te zien. De investering en maandelijkse lasten worden meegenomen in de 'Totale systeemkosten'. De investering en maandelijkse kosten (energierekening) voor de bewoners zijn telkens bij elkaar opgeteld. De lijnen geven per warmteoplossing visueel weer hoe de richtingscoëfficiënt verloopt over een periode van 30 jaar. De stijgingen rond jaar 15 visualiseren de herinvestering die nodig is in het systeem zoals een nieuwe warmtepomp, inductieplaat of afleverset welke een levensduur van  $\pm 15$  jaar hebben (zie Appendix FF: voor de data). In de grafiek is te zien dat een deel van de warmteoplossingen relatief parallel aan elkaar lopen, de hoogte hangt grotendeels af van de initiële investering bij de start van de business case.



Figuur 23 - Visuele weergave criterium betaalbaarheid warmteoplossingen

## 6.6. Deelconclusie

Hieronder worden deelconclusies getrokken per criteria, op basis van de onderzochte warmteoplossingen

### Betaalbaarheid (€ per maand aan energielasten)

Geothermie blijkt de duurste oplossing met een investering van €35.229,- en maandlasten die €323,- bedragen. De individuele systemen zijn financieel gunstiger op basis van de maandelijkse lasten (±€100,-), maar leggen de volledige verantwoordelijkheid bij de bewoner. Aquathermie betreft de laagste investering en het warmtebedrijf draagt het grootste deel van de verantwoordelijkheden, zie tabel 19 voor de absolute waarden.

Tabel 19 - Absolute waarden criteria 'Betaalbaarheid'

| Criteria \ Alternatieven | Aardgas  | Aquathermie | Geothermie | Bodemlussen | Lucht-water warmtepompen |
|--------------------------|----------|-------------|------------|-------------|--------------------------|
| <b>Maandlasten</b>       | €284,-   | €297,-      | €323,-     | €110,-      | €107,-                   |
| <b>Investering</b>       | €2.210,- | €3.729,-    | €35.229,-  | €22.288,-   | €12.218,-                |

### Ruimtelijke impact ( $m^2$ , $m^3$ )

De ruimtelijke impact varieert sterk per warmteoplossing. Collectieve installaties, zoals aquathermie en geothermie, vereisen aanzienlijk meer ruimte door verschillende installaties en leidinginfrastructuur. Dit maakt de ruimtelijke inpassing complexer, mede doordat deze systemen gebruikmaken van de collectieve en openbare ruimte. Individuele oplossingen, zoals lucht-water warmtepompen, betrekken minder fysieke ruimte en zijn gemakkelijker op gebouwniveau te integreren. Concluderend is collectief voornamelijk buiten de woningen en individueel in de woning aanwezig, zie tabel 20 voor de absolute waarden.

Tabel 20 - Absolute waarden criteria 'Ruimtelijke impact'

| Criteria \ Alternatieven      | Aardgas                     | Aquathermie                                                | Geothermie                                                   | Bodemlussen                                                         | Lucht-water warmtepompen                                           |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <b>Openbare ruimte</b>        | n.v.t.                      | 1km <sup>2</sup> WKO, 50 tot 150m <sup>2</sup> installatie | 15X30m installatieruimte, 1 hectare boorlocatie, WOS 4m x 6m | n.v.t.                                                              | n.v.t.                                                             |
| <b>In en rondom de woning</b> | 0,12m <sup>3</sup> cv-ketel | ±0,63m <sup>3</sup> warmtepomp                             | 0,06m <sup>3</sup> afleverset                                | 0,68m <sup>3</sup> (Binnenunit)<br>0,35 m <sup>3</sup> (Buffertank) | 0,96m <sup>3</sup> (Binnenunit)<br>0,24m <sup>3</sup> (Buitenunit) |
| <b>Leidingnetwerk</b>         | n.v.t.                      | 16.428m                                                    | 16.825m                                                      | 400m (lengte), 200m (diepte)                                        | n.v.t.                                                             |

### Dekkingsgraad van de warmtevraag (%)

Van de warmteoplossingen bieden een tweetal oplossingen direct koude, aquathermie en bodemlussen, wat waardevol kan zijn in de zomermaanden. De andere warmteoplossingen leveren geen directe kou wat beschouwd kan worden als een minpunt. De vier warmteoplossingen zijn alle in staat de warmtevraag van de wijk, en de woningen, te dekken. Echter kan het net niet de piekvraag dekken van 1068 individuele oplossingen i.v.m. netcongestie.

### **Participatieschaal (# woningen)**

De individuele oplossingen zijn toepasbaar op woningniveau, echter ontstaan bij grootschalige toepassing problemen en obstakels op het elektriciteitsnet. De collectieve systemen vereisen schaalgrootte, waarbij Holendrecht-Oost in de huidige situatie 'te klein' is voor een geothermisch energiesysteem. Aquathermie is geschikt op schaalbaarheid in de wijk en een collectieve overstap op individuele systemen is onrealistisch wegens netcongestie. Het advies is om een grotere visie in combinatie met fasering en koppelkansen toe te passen mocht het gebruik van geothermie alsnog de voorkeur krijgen in de wijk.

### **Geluidsproductie (dB)**

De geluidsproductie verschilt per warmteoplossing. De warmtepompen hebben een kans van overschrijding op de wettelijke 40dB, in vergelijking met de andere oplossingen maken deze relatief meer geluid. Aquathermie heeft een geluidsproductie van 35dB, te verklaren door de ondersteunende warmtepomp, zie tabel 21 voor de absolute waardes per warmteoplossing. Omdat het systeem is aangesloten op het net, hoeft de warmtepomp zelf minder warmte op te wekken, dit reduceert de geluidsproductie. In het geval de wijk wordt beoordeeld als geluidsgevoelig gebied komt een oplossing met een lagere tot geen decibel productie meer in aanmerking, zoals geothermie.

Tabel 21 - Absolute waardes criteria 'Geluidsproductie'

| Criteria \ Alternatieven | Aardgas | Aquathermie | Geothermie | Bodemlussen | Lucht-water warmtepompen |
|--------------------------|---------|-------------|------------|-------------|--------------------------|
| Geluidsproductie         | 50-60dB | 35dB        | n.v.t.     | 40-42dB     | Max. 70dB                |

### **Realisatietijd (jaren, weken, dagen)**

De realisatietijd varieert sterk. Individuele systemen kunnen doorgaans binnen enkele dagen tot weken worden gerealiseerd. Collectieve systemen vergen meer tijd vanwege de grotere schaal en hogere complexiteit in ontwerp, afstemming en infrastructuur. De realisatie van een collectief systeem kan jaren duren tegenover individuele systemen welke binnen enkele dagen of weken gerealiseerd kunnen zijn. Dit verschil is relevant binnen de energietransitie, waar veelal korte tot middellang termijn doelstellingen centraal staan. Binnen de gestelde termijn van de onderzoeksvraag is de gemiddelde realisatietijd van geothermie niet haalbaar, zie in tabel 22 de realisatietijden per warmteoplossing.

Tabel 22 - Absolute waarde criteria 'Geluidsproductie'

| Criteria \ Alternatieven | Aardgas | Aquathermie | Geothermie                    | Bodemlussen   | Lucht-water warmtepompen |
|--------------------------|---------|-------------|-------------------------------|---------------|--------------------------|
| Realisatietijd           | n.v.t.  | 5 – 15 jaar | Min.8,5 jaar – max. 24,5 jaar | 14 – 15 weken | 1 á 2 dagen              |



## 7. Strategische impact

Dit hoofdstuk is opgedeeld in verschillende onderdelen. Deze onderdelen vormen samen een beeld van de strategie, visie, impact en scenario's die zich kunnen voordoen binnen de warmtetransitie voor Holendrecht-Oost. Dit hoofdstuk is opgebouwd uit een scenariostudie op subsidies (7.1), een studie op een grotere visie dan de wijk Holendrecht-Oost waarbij een groter aantal afnemers centraal staat (7.2) en een koppeling met de EDO-strategie (7.3).

### 7.1 Subsidie scenario's

Onderstaande tabellen beschrijven hoe subsidies de investeringskosten voor de bewoners van Holendrecht-Oost beïnvloeden. Aangezien de investeringskosten de grootste kostenposten zijn, wordt in het scenario gebruik gemaakt van de Investeringssubsidie duurzame energie en energiebesparing (ISDE) die door de RVO wordt verleend aan woningeigenaren. In Appendix GG: worden de subsidies en bijbehorende voorwaarden beschreven. De subsidies zijn herhaald vanuit de methodologie. Zie tabel 24 voor de subsidies per warmteoplossing voor ieder scenario.

- Het 0-scenario waarbij geen subsidies worden toegepast op de kosten van de warmteoplossing.
- Het scenario waarin relevante investeringssubsidies in het huidige systeem toegepast worden op de warmteoplossing.
- Het 'versnelde' scenario waarin de kans dat de overheid kiest voor een versnelde transitie en de subsidies verhoogd worden met 80%.

Tabel 2423 - Subsidie hoogte per scenario per warmteoplossing

| Warmteoplossing \ Scenario | Scenario-0 | Scenario-1 | Scenario-2  |
|----------------------------|------------|------------|-------------|
| Aquathermie                | €0,-       | € 3.775,00 | € 6.795,00  |
| Geothermie                 | €0,-       | € 3.775,00 | € 6.795,00  |
| Bodemplussen               | €0,-       | € 7.875,00 | € 14.175,00 |
| Warmtepomp                 | €0,-       | € 2.800,00 | € 5.040,00  |

Tabel 2524 - Toepassing subsidie per scenario op de initiële investering van de warmteoplossingen

| Warmteoplossing \ Scenario | Scenario-0  | Scenario-1  | Scenario-2  |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Aquathermie                | € 3.729,00  | € 0,-       | € 0,-       |
| Geothermie                 | € 35.229,00 | € 31.454,00 | € 28.434,00 |
| Bodemplussen               | € 22.288,00 | € 14.413,00 | € 8.113,00  |
| Warmtepomp                 | € 12.218,00 | € 9.418,00  | € 7.178,00  |

De subsidies verbeteren de betaalbaarheid, door de investeringskosten van de warmteoplossingen te verlagen voor de bewoners, zie tabel 25. Aquathermie zou zelfs geen initiële investeringskosten hebben mocht de ISDE gebruikt worden. Voor de resterende warmteoplossingen geldt dat kosten blijven, maar dalen. De subsidies maken de warmteoplossingen sneller betaalbaar doordat de kosten verminderen. Opvallend is dat de subsidie voor aquathermie en die voor geothermie hetzelfde zijn, door hetzelfde soort energiesysteem. Echter blijft de investering voor geothermie, vergeleken met de andere, zelfs in scenario-2 relatief hoog en daalt de investering voor aquathermie naar nul. Hetzelfde soort systeem heeft een verschillende prijs. De subsidie voor bodemlussen is vergeleken met de andere relatief hoog. In scenario-2 is deze warmteoplossing dan ook een stuk interessanter geworden in vergelijking met de warmtepomp, omdat de initiële investering (bijna) het dubbel was.

De scenario-analyse laat zien dat de subsidieverlener, doorgaans de rijksoverheid, provincie of gemeente een verantwoordelijkheid draagt in de transitie naar een aardgasvrij Holendrecht-Oost. De actuele subsidies laten een kostenefficiëntere oplossing zien. In scenario 2 is dit effect nog hoger door de 80% verhoogde subsidieregeling. Voor een betaalbare transitie heeft de subsidieverlener dus een verantwoordelijkheid om de bewoner te ontzorgen. Voor een (versnelde) energietransitie dient de subsidieverlener stimulans te hebben voor het verlenen van een subsidie. Deze stimulans kan zich uiten in de vraag vanuit de markt of wet- en regelgeving welke aangescherpt of gehaald moeten worden.

Het kunnen toepassen van subsidies en de hoogte hiervan hebben een effect op de betaalbaarheid voor de bewoners. De subsidieverlener speelt een rol in de hoogte van de subsidies. Naast subsidies maken de eerdergenoemde fluctuerende energieprijzen en toename van energielasten door beleidsmaatregelen de overstap naar aardgas interessant.

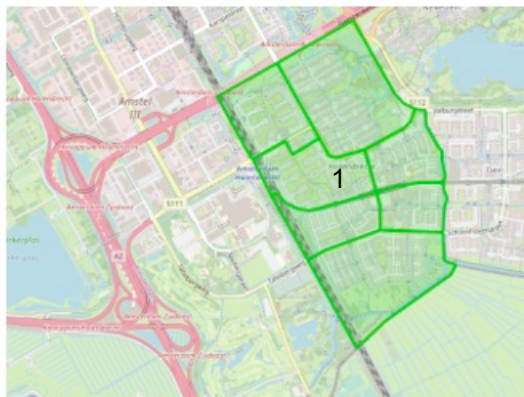
## 7.2 Stedelijke impact

Schaalvoordelen zijn interessant (en essentieel) bij het gebruik van een geothermisch energiesysteem. Meer afnemers betekent dat een bron, met veel potentie efficiënt, energie kan leveren. EBN verklaart in een Whitepaper (EBN, 2021) met betrekking tot aardwarmte dat voldoende geconcentreerde warmtevraag cruciaal is voor het verder terugbrengen van de kostprijs. Zoals in hoofdstuk 6.2 beschreven dient een minimale schaal van 3.500 – 4000 woningen behaald te worden. Als vuistregel wordt gehanteerd dat een geothermieboring tenminste 4.000 WEQ (woningequivalenten) nodig heeft vanwege de hoge investeringskosten voor een geothermie boring. Een warmtenet waarbij geothermie als bron dient moet dus grootschalig worden ingezet (Best, 2025), groter dan Holendrecht-Oost. Dit valt ook op in hoofdstuk 6.5 waarbij geothermie een hoge investering heeft door de hoogte van de BAK. De visie van Holendrecht-Oost om vóór 2040 een aardgasvrije wijk te zijn lijkt, kijkend naar de criteria realisatietijd, voor bijna alle warmteoplossingen haalbaar. De warmteoplossing geothermie valt hier echter buiten en heeft een gemiddelde realisatietijd van 16,5 jaar. Dit zou betekenen dat een directe realisatie voor het gebruik van geothermie niet behaald kan worden binnen het streven van Holendrecht-Oost.

Een strategie voor zowel het behalen van minimale schaal en efficiënt omgaan met de realisatietijd is het faseren van een warmteoplossing. Het faseren doelt op het stapsgewijs uitrollen van een warmtenet totdat het aantal afnemers groot genoeg is. Als referentiekader wordt een casus in Schiebroek, Rotterdam aangehouden. Deze casus heeft een geleidelijke fasering naar een warmtenet op geothermie waarbij gestart wordt met warmte uit datacentra. De restwarmte voedt het warmtenet totdat het minimale aantal afnemers is bereikt. De temperatuur van restwarmte biedt de ruimte om de nodige infrastructuur en aansluitingen voor te bereiden op de temperatuur van geothermie. Het toepassen van deze fasering vraagt echter om een langetermijnvisie voor een haalbaar project (Enertrans, n.d.) (Appendix W:).

### 7.2.1 Opschaling & koppelkansen in Zuidoost

Een strategische koppeling binnen de warmtetransitie van Amsterdam Zuidoost is de koppeling tussen Holendrecht-Oost en het warmtenet wat wordt ontwikkeld in de omgeving. Dit net maakt gebruik van restwarmte van het datacenter Equinix AM5 en is modulair ontworpen, wat ruimte biedt voor gefaseerde integratie met aangrenzende buurten. Naar schatting kan tot 10MW aan warmte-energie worden hergebruikt. Uit de analyse van Saini (2024) blijkt dat Holendrecht-Oost, op basis van de jaarlijkse piekruimtwarmtevraag, valt binnen het gebied wat betrokken kan worden (figuur 24, nummer 1). Door de vertraging van de Wcw wordt nog gezocht naar een warmtebedrijf voor dit project. Schaalvoordelen kunnen behaald worden door Holendrecht-Oost functioneel te integreren in dit 5<sup>de</sup> generatie warmtenet in Zuidoost.



Figuur 24 – Opschaling in Zuidoost



Figuur 25 - Hoogte woningen Holendrecht-Oost en omgeving

Voor het vinden van koppelkansen is via Tomahawk een analyse gemaakt op de omliggende woningen. Omliggende woningen betrekken betekenen niet alleen schaalvoordelen, zowel economische haalbaarheid als rendabiliteit wordt bevorderd van het warmtesysteem.

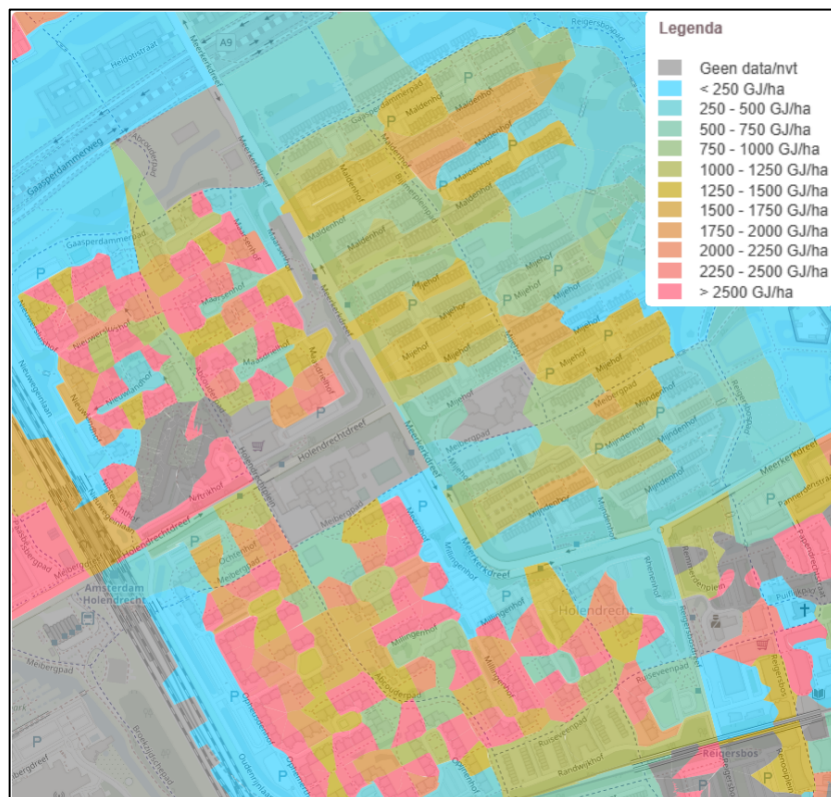
De aanwezigheid van hoogbouw in de omliggende wijken (figuur 25) wijst op een geconcentreerde woningvoorraad. Deze ruimtelijke structuur biedt aanzienlijke schaalvoordelen bij de aanleg van collectieve warmte-infrastructuur, doordat de leidingen meerdere afnemers per aansluitpunt kunnen bedienen. In Holendrecht-Oost is de bouwlaag 1, terwijl in de omgeving 4 tot 5 bouwlagen aanwezig zijn.

De warmtevraagdichtheid in de directe omgeving is hoger dan in Holendrecht-Oost, zie figuur 26. Een hoge dichtheid betekent dat per strekkende meter leiding relatief veel warmte kan worden geleverd,

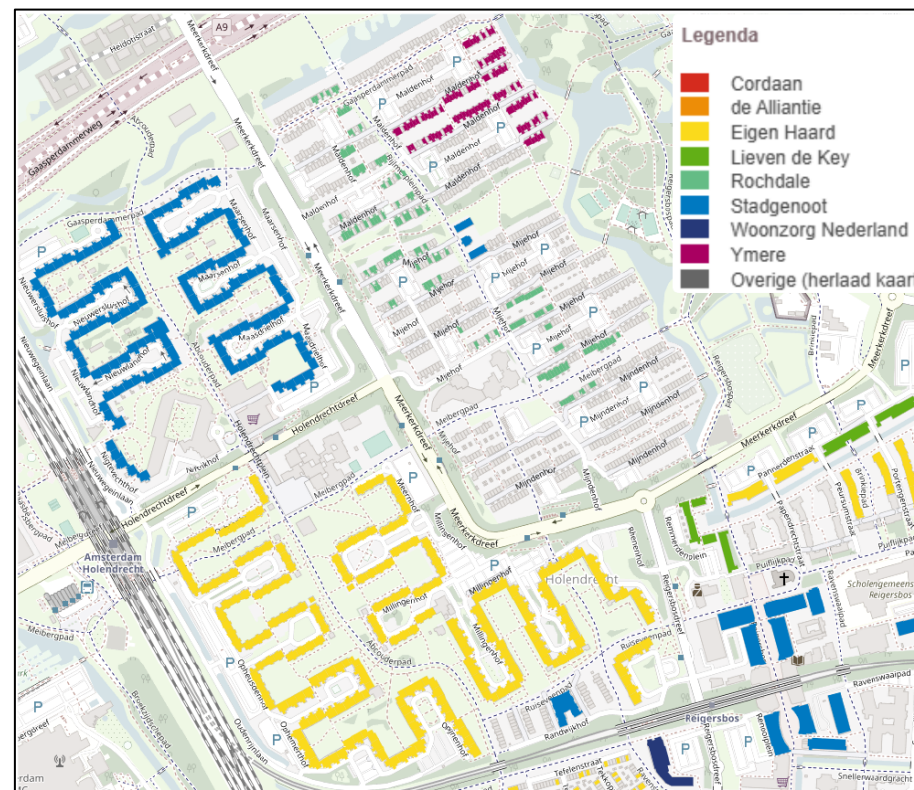
wat resulteert in lagere aansluitkosten per woning en een gunstiger businesscase. Deze concentratie van vraag vormt een strategisch voordeel bij het koppelen van buurten.

De aanwezigheid van woningcorporaties Eigen Haard en Stadgenoot in de omliggende buurten biedt een duidelijke koppelkans, zie figuur 27. Beide corporaties beheren een groot aantal woningen en streven actief naar verduurzaming en renovatie. Samen verduurzamen is het motto van Eigen Haard (*Samen Verduurzamen*, n.d.) en Stadgenoot investeert de komende jaren in verdere verduurzaming van bestaande woningen (*Duurzaamheid*, n.d.). Het centrale beheer door woningcorporaties maakt grootschalige besluitvorming en uitvoering mogelijk, wat de aansluiting op het warmtenet versnelt en vereenvoudigt.

Gezien de combinatie van hoogbouw, een hoge warmtevraagdichtheid en de actieve aanwezigheid van woningcorporaties, vormt de directe omgeving van Holendrecht-Oost een strategische koppelkans.



Figuur 26 - Warmtevraagdichtheid Holendrecht-oost en omgeving



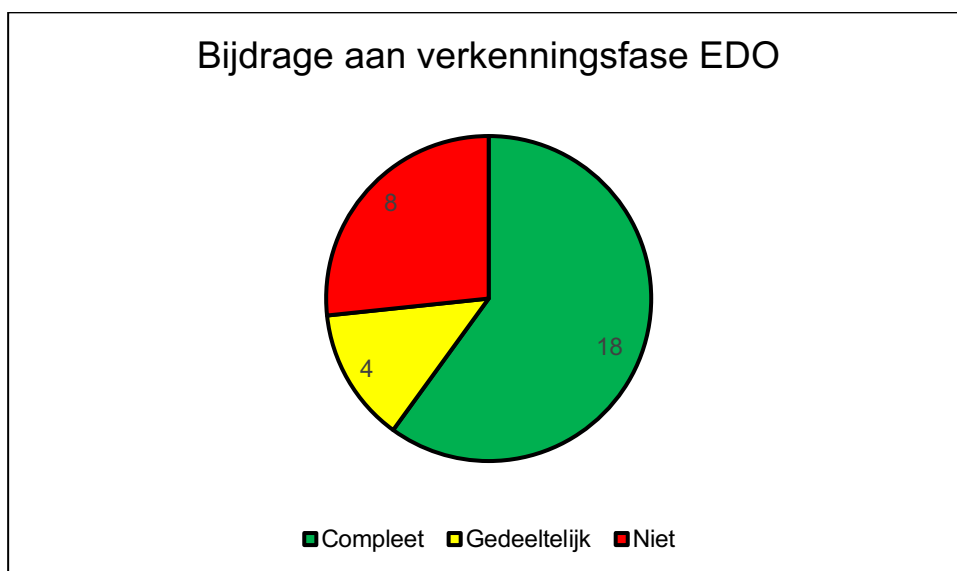
Figuur 27 - Verdeling woningcorporaties Holendrecht-Oost en omgeving



### 7.3 EDO-strategie

Zoals beschreven werkt EC-HO samen EDO in de transitie naar een aardgasvrije wijk. De verkenningfase, waar EC-HO zich op dit moment in bevindt, kan worden aangevuld met dit onderzoek. In 0 is te zien welke onderdelen verwacht worden in de verkenningfase, de aanwezigheid hiervan in het rapport en waar het te vinden is. Het onderzoek dekt meerdere punten van de opgestelde verkenningfase en is daarmee waardevol richting zowel EDO als EC-HO. Na de afronding van de verkenningfase zal gestart worden met de haalbaarheidsfase waarin diepgaand technische onderzoek gedaan wordt naar één specifieke warmteoplossing, op basis van een gekozen voorkeursscenario. De verkenningfase is een bijdrage aan het voorkeursscenario.

Van de 30 taken uit de verkenningfase heeft dit onderzoek 73% ingevuld. In figuur 28 is te zien hoeveel procent compleet, gedeeltelijk of niet is ingevuld in dit onderzoek.



Figuur 26 - Cirkeldiagram met bijdrage aan verkenningfase EDO

## 8. Advies Holendrecht-Oost

De onderzoeksresultaten vormen de basis van de adviezen over Holendrecht-Oost. De laagbouwwijk Holendrecht-Oost kampt met de transitie naar een aardgasvrije wijk. De centrale onderzoeksvraag luidde:

***Hoe kan een technische en financiële verkenning van warmteoplossingen bijdragen aan een strategie voor de bewoners van een aardgasvrije wijk Holendrecht-Oost vóór 2040?***

De onderzoeksvraag doelde op een verkenning van technische en financiële factoren welke bijdraagt aan een strategie voor de bewoners van Holendrecht-Oost. Voor het realiseren van een aardgasvrij Holendrecht-Oost is het in eerste instantie essentieel om de wijk te ontwikkelen naar De Standaard. De Standaard ligt in lijn met het eerste principe van de Trias Energetica om het energieverbruik in de wijk te minimaliseren.

De vier onderzochte warmteoplossingen aquathermie, geothermie, bodemlussen en een lucht/water warmtepomp bieden een breed perspectief over de collectieve en individuele mogelijkheden in Holendrecht-Oost. Dit geeft dat de resultaten voor een verkennend onderzoek een realistische indicatie geven op (voornamelijk) kwantitatieve en kwalitatieve factoren in deze wijk met 1068 woningen.

Geothermie is de minst gunstige warmteoplossing met hoge kosten en lange realisatietijd. De relatief hoge kosten komen grotendeels doordat de oplossing onderzocht is op de schaal van Holendrecht-Oost; bij het verbreden van de visie wordt de oplossing rendabel (hoofdstuk 7.2). Individuele systemen zijn goedkoper en snel te realiseren, maar slecht schaalbaar door netcongestie. Aquathermie biedt een goede balans: lage investering, beperkte geluidsproductie, leverbaar op wijkniveau en geschikt voor zowel warmte als koeling. Collectieve systemen hebben meer impact op de openbare ruimte, terwijl individuele oplossingen compacter zijn en eenvoudiger per woning toepasbaar. De verantwoordelijkheden worden in collectieve systemen verdeeld, terwijl individuele oplossingen meer verantwoordelijkheid in de richting van de bewoner schuiven. Alle systemen dekken de warmtevrage, maar alleen aquathermie en bodemlussen leveren koeling. Het subsidiesysteem heeft aanzienlijk, positief effect op het criterium betaalbaarheid. Investeringskosten kunnen afnemen en voor aquathermie de initiële investering dekken.

Een buurtcollectief in Holendrecht-Oost wordt geadviseerd, op basis van geleverde resultaten, in te zetten op een collectief warmtenet gevoed door aquathermie uit de Gaasperplas.

Het ethisch dilemma, zoals benoemd in hoofdstuk 2.5, blijft relevant: de technologische haalbaarheid van een warmteoplossing tegenover de financiële haalbaarheid voor bewoners. Uit het onderzoek blijkt dat technisch (bijna) alles mogelijk is. Echter kunnen de oplossingen (aanzienlijke) kosten in investering of energielasten met zich meebrengen die verhaald kunnen worden op de bewoners, die dit mogelijk niet kunnen dekken.

De technologische keuze kan onderbouwd worden door het snel kunnen bijdragen aan de klimaatdoelstellingen, schaalvoordelen kunnen toekomstige kosten verlagen en de techniek kan stimulerend zijn voor innovatie en maatschappelijke winst. Daartegenover staat de financiële keuze welke onderbouwd kan worden door het voorkomen van sociale ongelijkheid en uitsluiting, het verhogen van vertrouwen en draagvlak onder bewoners en sluit aan bij een rechtvaardige energietransitie.

Hoewel dit onderzoek geen keuze maakt in het dilemma technisch tegenover financieel, benadrukt het wel het belang van transparantie in besluitvorming.

**Van initiatief naar verkenning: De eerste stap in de transitie!**

Versie 2

## 9. Discussie

De resultaten en daaruit volgende adviezen worden in hoofdstuk 9 bediscussieerd. De discussie bestaat uit vijf invalshoeken.

Waar Dignum et al. (2021) eerder de multidimensionale aard van de warmtetransitie bespraken, geeft hoofdstuk 4.1.2 van hetzelfde rapport extra inzicht in het procesverloop van wijkgerichte aanpakken. Deze trajecten verlopen zelden lineair, keuzes worden heroverwogen waardoor het traject iteratief wordt doorlopen. Draagvlakproblemen of nieuwe informatie en innovaties leiden tot het loslaten van eerdere keuzes. Het onderzoek benadrukt dat flexibiliteit cruciaal is voor het succesvol realiseren van een lokaal gedragen en uitvoerbare warmteoplossing.

Een aandachtspunt betreft de kwaliteit en betrouwbaarheid van gebruikte informatiebronnen. Hoewel triangulatie doorgaans de betrouwbaarheid van bevindingen versterkt door het combineren van verschillende bronnen en perspectieven, vormen internetbronnen en commerciële bronnen een aandachtspunt. Deze bronnen kunnen variëren in kwaliteit, objectiviteit en actualiteit. Het niet herkennen van subjectieve of verouderde informatie kan leiden tot een vertekend beeld in de analyse of onderbouwing van conclusies. Vooral bij internet- en commerciële bronnen is het risico op bias of misleidende informatie reëel.

Dit onderzoek richtte zich primair op de technische en financiële factoren van warmteoplossingen. Hoewel uit de analyse blijkt dat bepaalde alternatieven technisch uitvoerbaar zijn, is nauwelijks aandacht besteed aan governance- en sociale factoren. Dit vormt een hiaat aangezien de elementen samenwerking met bewoners, transparante besluitvorming en sociale acceptatie in de Transitievisie Warmte Amsterdam (Geldhof et al., 2020) worden aangeduid als leidende principes. Door het vroeg opstellen van de scope voor dit onderzoek zijn gaandeweg belangrijke thema's niet diepgaand meegenomen. De nadruk lag op technisch en financiële mogelijkheden voor warmteoplossingen, zonder bijvoorbeeld koudevraag. Binnen EC-HO is sterk ingezet op de technische en financiële verkenning van aardgasvrije warmteoplossingen. Hoewel deze aspecten essentieel zijn voor de haalbaarheid, lijkt dit te zijn gebeurd ten koste van sociale aansluiting en voortgang in- en vanuit de wijk. Dit is besloten omdat dit proces nu a.d.h.v. deze studie wordt ingezet voor de dialoog met de bewoners, de woningcoöperaties en andere relevante stakeholders.

Uit de resultaten in hoofdstuk 6.5 is te bediscussiëren dat duurzame warmteoplossingen hogere kosten hebben dan de huidige situatie waarin aardgas wordt gebruikt. Binnen de energietransitie voeren wet- en regelgevingen zoals de Transitievisie Warmte en het klimaatakkoord druk uit op het gebruik van aardgas in de toekomst. De noodzaak om te verduurzamen lijkt onvermijdelijk, maar de betaalbaarheid ervan vormt een complexe, sociale en financiële afweging.

Het advies om in te zetten op een collectief warmtenet, gevoed door aquathermie, is voorbarig. Het onderzoek heeft alternatieve warmteoplossingen buiten beschouwing gelaten, waardoor de verkenning nog niet volledig is. Bovendien betreft het onderzoek een verkenning, geen uitgewerkt plan of haalbaarheidsstudie waarop keuzes voor de wijk gebaseerd kunnen worden. Tot slot zijn de bewoners nog niet betrokken bij het bepalen van wensen en behoeften, wat eerst moet gebeuren om een uitgesproken voorkeur te kiezen.

## 10. Aanbeveling

In hoofdstuk 10 worden vijf aanbevelingen beschreven. Deze zijn opgesomd en kort toegelicht en zijn mogelijke vervolgstappen.

- Belang van De Standaard

Aanbevolen wordt om het belang van De Standaard duidelijk te communiceren in de wijk. Zonder voldoende isolatiegraad is het realiseren van duurzame warmteoplossingen namelijk lastig en minder effectief. Het proces van bewustwording omtrent isolatie en het realiseren hiervan verdient daarom extra aandacht.

- Volledige verkenning

Het wordt aanbevolen om nog 2 varianten, MT/HT en stadswarmte, te onderzoeken die nog niet onderzocht zijn. Zodat alle type warmteoplossingen zijn onderzocht en de verkenning volledig is. Dit onderzoek kan gebruikt worden als referentiekader om andere, kansrijke warmteoplossingen te verkennen binnen Holendrecht-Oost. Vanwege vroegtijdige afbakening zijn randvoorwaarden en specifieke technische aspecten, zoals de koudevraag, onvoldoende diepgaand onderzocht. Een heroverweging van zulke parameters is daarom wenselijk om, ook voor de kosten, een vollediger beeld te schetsen.

- Voorkeursscenario en koppelen aan haalbaarheidsstudie

Het opstellen van een voorkeursscenario draagt bij aan het uitvoeren van een haalbaarheidsstudie. Een studie die wordt aanbevolen om daadwerkelijke keuzes te kunnen maken. Keuzes maken op basis van deze verkenning wordt niet aanbevolen. Na het uitvoeren van een volledige verkenning kan een voorkeursscenario worden opgesteld. Dit scenario kan als input dienen voor de haalbaarheidsstudie in de warmtetransitie van Holendrecht-Oost.

- Breid het perspectief uit

Om tot een breed gedragen voorkeursscenario te komen wordt aanbevolen om vanaf nu de focus op participatie van bewoners te leggen. Dit betekent het betrekken van de bewoners in de wijk in onder andere besluitvorming. Een dergelijk participatie-onderzoek bevordert niet alleen de legitimiteit van de gekozen warmteoplossing, maar verhoogt ook de kans op een succesvolle implementatie en acceptatie.

- Kijk groter dan Holendrecht-Oost

Gezien de geconstateerde beperkingen binnen Holendrecht-Oost met betrekking tot de toepassing van geothermie en de grote potentie van warmtelevering uit de Gaasperplas, wordt aanbevolen om het onderzoeksgebied te verbreden. Dit houdt in dat de warmteoplossing niet uitsluitend beperkt blijft tot de 1068 woningen binnen Holendrecht-Oost, maar ook mogelijk de omliggende wijken en buurten betreft bij de analyse en planning.



# Literatuurlijst

*Aardgasvrij: een goed idee, maar . . .* (2024, August 27). Planbureau Voor De Leefomgeving.  
<https://www.pbl.nl/publicaties/aardgasvrij-een-goed-idee-maar>

Agentschap NL Energie en Klimaat. (2010). *Centraal stellen van duurzame energieambities in het gebiedsontwikkelingsproces*.  
<https://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/Concept%20C12%20geothermie.pdf>

Alles over Aardwarmte (a). (2024, February 5). *Voor bedrijven - Alles over Aardwarmte*. Alles Over Aardwarmte. <https://www.allesoveraardwarmte.nl/voor-bedrijven/>

Alles over Aardwarmte (b). (2024, January 15). *Hoe word ik aangesloten op aardwarmte? - Alles over Aardwarmte*. Alles Over Aardwarmte. <https://www.allesoveraardwarmte.nl/veelgestelde-vragen/hoe-word-ik-aangesloten-op-aardwarmte/>

Amsterdam. (2025, February 10). *Volg het beleid: klimaatneutraal*. Amsterdam.nl.  
<https://www.amsterdam.nl/bestuur-organisatie/volg-beleid/duurzaamheid/klimaatneutraal/>

Angelique Biemans, Hommelberg, M., Janssen, G., Poiesz, T., & BDH. (2025). *Netimpact woningen met warmtepomp op basis van slimme meterdata*. <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2025-02/Rapport-Netimpact-woningen-met-warmtepomp.pdf>

Aquathermal energy: heating and cooling | Deltares. (n.d.). <https://www.deltares.nl/en/expertise/areas-of-expertise/energy-transition/aquathermal-energy>

Aquathermie (thermische energie uit water). (2025, February 27). NPLW.  
<https://www.nplw.nl/warmtenet/warmtebronnen/aquathermie#aquathermiebronnen>

*Are ground source heat pumps noisy?* | Checktrade. (2024, October 11). Checktrade.  
<https://www.checktrade.com/blog/expert-advice/are-ground-source-heat-pumps-noisy/>

*Are heat pumps noisy?* | NIBE. (n.d.). <https://www.nibe.eu/en-gb/homeowners/start-your-heat-pump-journey/understanding-heat-pumps/are-heat-pumps-noisy>

*Beheersing boorproces gesloten systemen* | Bodemenergie Kennisplatform. (2021, February 24).  
<https://kennisplatform.bodemenergie.nl/wikibodemenergie/kennisbank/geen-categorie/beheersing-boorproces-gesloten-systemen/>

Best. (2025, February 7). *Warmteprogramma 2024*. Lokale Wet- En Regelgeving.  
[https://lokaleregelgeving.overheid.nl/CVDR735186/#hoofdstuk\\_3](https://lokaleregelgeving.overheid.nl/CVDR735186/#hoofdstuk_3).

*Bestaande bouw aansluiten op een warmtenet*. (2025, February 13). NPLW.  
<https://www.nplw.nl/warmtenet/overwegen-warmtenetproject/bestaande-bouw-aansluiten-op-een-warmtenet#afleversets-warmtenet>

Bobex, & Elise (a). (2025, April 23). *Wat zijn de afmetingen van een warmtepomp?* BOBEX (Bobex-web007). <https://www.bobex.nl/nl-nl/warmtepomp/afmetingen/>

Bobex, & Elise (b). (2025, January 20). *Nibe warmtepomp: kostprijs, soorten en levensduur*. BOBEX (Bobex-web008). <https://www.bobex.nl/nl-nl/warmtepomp/merken/nibe/>

**Van initiatief naar verkenning: De eerste stap in de transitie!**  
Versie 2

Boon, J., Lof, A., Verheij, J., Energie Beheer Nederland, Greenvis, & De WarmteTransitieMakers B.V. (2022). *Businesscase warmtenet met ondiepe geothermie* [Report]. [https://www.ebn.nl/wp-content/uploads/2022/12/Onderzoek\\_Businesscase\\_warmtenet\\_ondiepe\\_geothermie\\_najaar2022.pdf](https://www.ebn.nl/wp-content/uploads/2022/12/Onderzoek_Businesscase_warmtenet_ondiepe_geothermie_najaar2022.pdf)

Brundtland, G. H. (1991). Our common future. In *Elsevier eBooks* (pp. 29–31). <https://doi.org/10.1016/b978-0-7506-1049-0.50009-5>

Buckley, A. (2024, September 26). How Long Should Your Heat Pump Last? | Glasco Heating & Air Conditioning. Glasco Heating & Air Conditioning. <https://glascohvac.com/how-long-should-your-heat-pump-last/>

*Capaciteitskaart afname elektriciteitsnet.* (n.d.). Partners in Energie. <https://data.partnersinenergie.nl/capaciteitskaart/totaal/afname>

Carroll, P., Chesser, M., & Lyons, P. (2020). Air Source Heat Pumps field studies: A systematic literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 134, 110275. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110275>

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2025, January 14). Inflatie 3,3 procent in 2024. *Centraal Bureau Voor De Statistiek*. <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2025/03/inflatie-3-3-procent-in-2024>

Centraal College van Deskundigen (CCvD) Bodembeheer & Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer. (2020). Handreiking gemeentelijke besluiten bodemenergiesystemen (BUM BE deel 2). In *Handreiking Gemeentelijke Besluiten Bodemenergiesystemen (BUM BE Deel 2)* (pp. 4–48) [Report]. [https://www.sikb.nl/doc/PRJ%20175%20BUM%20BE%20gemeentelijke%20taken\\_versie%202.4\\_200326.pdf](https://www.sikb.nl/doc/PRJ%20175%20BUM%20BE%20gemeentelijke%20taken_versie%202.4_200326.pdf)

Cerchione, R. C., Morelli, M. M., Passaro, R. P., & Quinto, I. Q. (2025). Balancing sustainability and circular Justice: The Challenge of the Energy Transition. In ScienceDirect. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j>

De Boer, S. B. (2024). De energietransitie uitgelegd (4de editie, Vol. 2024). De Groene Waterlelie  
*De energietransitie moet sneller* | TNO. (2022, May). [tno.nl/nl. https://www.tno.nl/nl/newsroom/insights/2022/05/energietransitie-sneller/](https://www.tno.nl/nl/newsroom/insights/2022/05/energietransitie-sneller/)

Dehens, J., Kruit, K., Noij, L., & Bos, S. (2020). CONFIGURATIES VOOR AQUATHERMIE (By L. Bosselaar, H. De Brauw, L. Haenitsch-Saxe, R. Romijn, B. Scholten, G. Sukkar, P. Tiecken, T. Vercauteren, C. De Wit, & Kruyt Grafisch Adviesbureau; No. 13). Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202020/2020-13%20Configuratie%20Aquathermie/STOWA%202020-13%20Configuraties%20aquathermie.pdf>

Deltares & RIVM. (1 C.E.). Afwegingen bij gebruik grondwater en ondergrond. In FACTSHEET WARMTE KOUDE OPSLAG. <https://www.bodemambities.nl/sites/default/files/2018-04/Factsheet%20plus%20Warmte-koudeopslag.pdf>

Deltares & TNO. (2022). Effecten van bodemenergiesystemen op de grondwaterkwaliteit. In G. Schout & M. Bloemendal (Eds.), *STOWA*. <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/DELTAFACTS/Deltafacts%20NL%20Waterkwaliteit%20PDF/Bodemenergiesystemen%20v2%2C%20april%202022-converted.pdf>

Devilee, J., Maris, E., Van Kamp, I., & RIVM. (2010). De maatschappelijke betekenis van geluid. In RIVM Rapport 815120004. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/815120004.pdf>

Dignum, M., Van Der Kooij, P., Kunseler, E., Van Schie, M., Schilder, F., Van Der Staak, M., & PBL Planbureau voor de Leefomgeving. (2021). *Warmtetransitie in de praktijk. Leren van ervaringen bij het aardgasvrij maken van wijken*. PBL Planbureau voor de Leefomgeving. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2021-warmtetransitie-in-de-praktijk-4019.pdf>

Dingemanse, K. (2021, November 12). *Soorten interviews: voor- en nadelen*. Scribbr. <https://www.scribbr.nl/onderzoeksmethoden/soorten-interviews/>

Drinkwater / Potentieel 18.5S74.116). CE Delft. <https://www.zelfenergieproduceren.nl/wp-content/uploads/2023/09/180901-Nationaal-potentieel-van-aquathermie-Analyse-en-review-van-de-mogelijkheden-CE-Delft-Deltares.pdf>

Duurzaamheid. (n.d.). <https://www.stadgenoot.nl/over-ons/organisatie/duurzaamheid>

EBN. (2021). *Whitepaper Integraal Kostprijsreductie Programma Aardwarmte 2021*. In EBN [Report]. <https://www.ebn.nl/feiten-en-cijfers/kennisbank/whitepaper-integraal-kostprijsreductie-programma-aardwarmte-2021/>

Een nieuw energiesysteem. (2024, October 22). RVO.nl. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/energiesysteem/nieuw-energiesysteem>

EnergyGO B.V. (n.d.). *Software - EnergyGO*. <https://www.energygo.nl/Solutions/Software>

Enertrans. (n.d.). *Projects*. <https://www.enertrans.org/kopie-van-who-we-are>

Expertise Centrum Warmte. (2020). *Expertise Centrum Warmte - Handreiking voor lokale analyse*. In *Expertise Centrum Warmte - Handreiking Voor Lokale Analyse - Versie 3 September 2020*. [https://www.vvg.nl/media/253/NL/documenten/original/Handreiking\\_voor\\_Lokale\\_Analyse\\_20200904.pdf](https://www.vvg.nl/media/253/NL/documenten/original/Handreiking_voor_Lokale_Analyse_20200904.pdf)

Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31(8–9), 1257–1274. [https://doi.org/10.1016/s0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/s0048-7333(02)00062-8)

Geldhof, R., Nieuwenhuis, S., Oudejans, J., Smoor, P.-P., Over Morgen, Koelemij, T., Van Schendel, M., & Van Doorninck, M. (2020). *Transitievisie warmte Amsterdam*. In Gemeente Amsterdam, *Transitievisie Warmte Amsterdam*.

Geluid warmtepomp. (n.d.). Vereniging Eigen Huis. <https://www.eigenhuis.nl/verduurzamen/verwarmen/warmtepomp/geluid-warmtepomp>

*Geothermie - Klimaatakkoord 28 juni 2019*. (2019). [https://geothermie.nl/images/geothermie-aardwarmte/Wat\\_is\\_geothermie\\_-\\_QA\\_Klimaatakkoord\\_28\\_juni\\_2019.pdf](https://geothermie.nl/images/geothermie-aardwarmte/Wat_is_geothermie_-_QA_Klimaatakkoord_28_juni_2019.pdf)

Geothermie Nederland. (2021). *Factsheet Hoe duurzaam is aardwarmte?* [Report]. [https://geothermie.nl/downloads/Factsheet\\_Hoe\\_duurzaam\\_is\\_aardwarmte.pdf](https://geothermie.nl/downloads/Factsheet_Hoe_duurzaam_is_aardwarmte.pdf)

Groengebied Amstelland. (n.d.). [https://www.groengebied-amstelland.nl/zwemwater\\_gaasperplas](https://www.groengebied-amstelland.nl/zwemwater_gaasperplas)

Haan, D., & Heer, D. (2017). *Solving Complex Problems*. Amsterdam: Boom.

Heat Pump House. (2024, January 11). *How much space does a ground source heat pump need*. [heatpumphouse.com. https://heatpumphouse.com/guides/space-ground-source-heat-pump/](https://heatpumphouse.com/guides/space-ground-source-heat-pump/)

Hoe werkt een lucht/water warmtepomp? Alles op een rij - NIBE. (n.d.). NIBE Warmtepompen, Boilers, Stadsverwarmingsets En Zonlichtsystemen. <https://aardgasvrij.nibenl.eu/werking/hoe-werkt-een-lucht-water-warmtepomp>

*Hoe werkt het warmtenet* •. (2024, November 26). Slim Warmtenet Zandweerd. <https://www.warmtenetzandweerd.nl/hoe-werkt-het-slim-warmtenet-zandweerd>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY TECHNOLOGY COLLABORATION PROGRAMME ON DISTRICT HEATING AND COOLING. (2024). District heating network generation definitions. In *INTERNATIONAL ENERGY AGENCY TECHNOLOGY COLLABORATION PROGRAMME ON DISTRICT HEATING AND COOLING*. [https://www.iea-dhc.org/fileadmin/public\\_documents/2402\\_IEA\\_DHC\\_DH\\_generations\\_definitions.pdf](https://www.iea-dhc.org/fileadmin/public_documents/2402_IEA_DHC_DH_generations_definitions.pdf)

*ISDE: Aansluiting op een warmtenet woningeigenaren*. (2025, January 2). RVO.nl. <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/isde/woningeigenaren/aansluiting-warmtenet#voorwaarden>

*ISDE: Warmtepomp woningeigenaren*. (2025, January 2). RVO.nl. <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/isde/woningeigenaren/warmtepomp#voorwaarden>

*Isolatiënormen woningen (Standaard en streefwaarden)*. (2025, February 14). NPLW. <https://www.nplw.nl/isoleren-en-energiearmoede/isolatiemaatregelen/isolatiënormen-woningen#standaard-voor-woningisolatie>

Kegel, M., Sunye, R., & Tamasauskas, J. (2012). Life cycle cost comparison and optimisation of different heat pump systems in the Canadian climate. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/264416574\\_Life\\_Cycle\\_Cost\\_Comparison\\_and\\_Optimisation\\_of\\_Different\\_Heat\\_Pump\\_Systems\\_in\\_the\\_Canadian\\_Climate](https://www.researchgate.net/publication/264416574_Life_Cycle_Cost_Comparison_and_Optimisation_of_Different_Heat_Pump_Systems_in_the_Canadian_Climate)

*Kennisplatform bodemenergie*. (2023, August 14). *Realisatie GBES | Bodemenergie Kennisplatform*. <https://kennisplatform.bodemenergie.nl/wikibodemenergie/kennisbank/gesloten-bodemenergiesystemen/realisatie-gbes/>

KNMI - Grafieken van het lopende jaar. (n.d.). <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/grafieken/jaar>

Kooi, H., Witte, H. J. L., Bakker, D., Doornenbal, P., Pefkos, M., Beernink, S., Hartog, N., Deltares, Groenholland Geo-energiesystemen B.V., & KWR. (2024). OPTIGBES Optimalisatie van gesloten bodemenergiesystemen. In Rijksdienst voor Ondernemend Nederland – Topsector Energie – TKI UE, *Eindrapport*. [https://bodemenergie.nl/wp-content/uploads/2024/09/OPTIGBES-Optimalisatie\\_van\\_gesloten\\_bodemenergiesystemen\\_def.pdf](https://bodemenergie.nl/wp-content/uploads/2024/09/OPTIGBES-Optimalisatie_van_gesloten_bodemenergiesystemen_def.pdf)

Kruit, K., Schepers, B., & CE Delft. (2019). Functioneel ontwerp LT-warmtenetten gebouwde omgeving. In Planbureau voor de Leefomgeving, *Concept Voor Validatie Vesta* (pp. 1–9) [Report]. <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/04/Functioneel%20ontwerp%20LT-warmtenetten.pdf>

Kruit, K., Schepers, B., Roosjen, R., Boderie, P., CE Delft, & Deltares. (2018). Nationaal potentieel van aquathermie. In CE Delft (Energietechniek / Warmtewinning / Water / Oppervlakte Water / Afvalwater /

Leguijt, C., Dehens, J., Nauta, M., Rooijers, F., Van Den Toorn, E., Van Der Veen, R., & CE Delft. (2024). Hoe blijft de gasrekening betaalbaar? In *Policy Paper* (24.240201.125). CE Delft. [https://ce.nl/wp-content/uploads/2024/10/CE\\_Delft\\_240201\\_Hoe\\_blijft\\_de\\_gasrekening\\_betaalbaar\\_Def.pdf](https://ce.nl/wp-content/uploads/2024/10/CE_Delft_240201_Hoe_blijft_de_gasrekening_betaalbaar_Def.pdf)

Milieu Centraal. (n.d.). *Volledig elektrische warmtepomp: alle info*. <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/duurzaam-verwarmen-en-koelen/volledige-warmtepomp/>

Ministerie van Algemene Zaken. (2025, April 14). *Fossiele brandstoffen in de toekomst*. Duurzame Energie | Rijksoverheid.nl. <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/toekomst-fossiele-brandstoffen>

Ministerie van Algemene Zaken. (2024, December 6). *Duurzame energie-infrastructuur*. Duurzame Energie | Rijksoverheid.nl. <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/duurzame-energie-infrastructuur>

Ministerie van Economische Zaken. (2020). Geothermie voor de industrie. In *Ministerie Van Economische Zaken*. [https://www.rvo.nl/sites/default/files/2013/09/140220-01%20RVO\\_Geothermie%20voor%20de%20industrie\\_05.pdf](https://www.rvo.nl/sites/default/files/2013/09/140220-01%20RVO_Geothermie%20voor%20de%20industrie_05.pdf)

Nathan. (2022). Bodem warmtepompen assortiment. In *www.nathan.nl* (p. 2 3). [https://www.nathan.nl/sf-documents/default-source/alpha-innotec-producten/bodemenergie/brochure-bodemenergie.pdf?sfvrsn=ae12530b\\_5](https://www.nathan.nl/sf-documents/default-source/alpha-innotec-producten/bodemenergie/brochure-bodemenergie.pdf?sfvrsn=ae12530b_5)

Nauta, M., Schep, E., Leguijt, C., Van Der Veen, R., Van Den Assum, J., Van Den Toorn, E., & CE Delft. (2024). *Meerkosten en impact bijmengverplichting groengas* [Report]. CE Delft. [https://ce.nl/wp-content/uploads/2025/01/CE\\_Delft\\_240253\\_Meerkosten\\_en\\_impact\\_bijmengverplichting\\_groengas\\_Def.pdf](https://ce.nl/wp-content/uploads/2025/01/CE_Delft_240253_Meerkosten_en_impact_bijmengverplichting_groengas_Def.pdf)

Netbeheer Nederland. (2022). Netimpact van warmtealternatieven. In *Vuistregels Voor Gemeentelijke Planvorming* (p. 2). [https://www.netbeheernederland.nl/sites/default/files/2024-03/20221011\\_-\\_nbnl\\_t1\\_-\\_wgo\\_-\\_netimpact\\_van\\_warmtealternatieven.pdf](https://www.netbeheernederland.nl/sites/default/files/2024-03/20221011_-_nbnl_t1_-_wgo_-_netimpact_van_warmtealternatieven.pdf)

Nijpels, E., Buntsma, J., & STOWA. (2018). Handreiking Aquathermie: Hoe gaan we verder met Teo en Tea? (p. 47). <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202018/STOWA%202018-47%20handreiking%20aquathermie.pdf>

Nishar, A., Bader, M. K., O’Gorman, E. J., Deng, J., Breen, B., & Leuzinger, S. (2017). Temperature effects on biomass and regeneration of vegetation in a geothermal area. *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00249>

NPLW. (2025, February 25). *Bodemenergie*. <https://www.nplw.nl/warmtenet/warmtebronnen/bodemenergie>

NVDE. (2022). *Notitie Druk op doorlooptijd – oktober 2022*. <https://www.nvde.nl/wp-content/uploads/2022/10/20221031-doorlooptijden-KEV-DEF.pdf>

*Omgevingswet*. (2025, January 16). NPLW. <https://www.nplw.nl/wet-en-regelgeving/omgevingswet#warmtetransitie-en-instrumenten-uit-de-omgevingswet>

*Ondiepe bodemenergie - gesloten systemen.* (2021, June 29). RVO.nl.

<https://www.rvo.nl/onderwerpen/bodemenergie-aardwarmte/gesloten-systemen>

PBL, TNO, CBS, RIVM, RVO, & WUR. (2024). Klimaat- en energieverkenning 2024. In *Planbureau Voor de Leefomgeving*. <https://www.pbl.nl/system/files/document/2025-01/pbl-2024-klimaat-en-energieverkenning-2024-5490.pdf>

Rebel Energy, Water & Climate. (2022). Review kostenkengetallen warmtenetten. In *Memo*.

<https://tomahawk.blob.core.windows.net/literatuur/2022%20ECW%20-%20Review%20kostenkentallen%20warmtenetten.pdf>

Redactie Waterforum. (2023, September 26). Onderzoek gevolgen aquathermie voor onderwaterleven. Waterforum. <https://www.waterforum.net/38030-38030-onderzoek-gevolgen-aquathermie-voor-onderwaterleven/>

Remeha. (2024, September 3). Hoelang duurt het plaatsen van een warmtepomp? - Remeha.

<https://kennisbank.remeha.nl/hoe-lang-duurt-het-plaatsen-van-een-warmtepomp/>

Remeha. (2025, March 27). Hoeveel geluid maakt een warmtepomp?

<https://kennisbank.remeha.nl/hoeveel-geluid-maakt-een-warmtepomp/>

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland & KVK. (2025, May 8). *Soorten subsidies en regelingen*.

ondernemersplein.overheid.nl. <https://ondernemersplein.overheid.nl/geldzaken-en-belastingen/financiering-regelen/soorten-subsidies-en-regelingen/>

RVO. (2021). Het functioneren van uw WKO in een oogopslag vastgesteld. In *RVO* (RVO-200-2021/BR-DUZA). Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

[https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/11/Het\\_functioneren\\_van\\_uw\\_WKO\\_oogopslag\\_vastgesteld.pdf](https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/11/Het_functioneren_van_uw_WKO_oogopslag_vastgesteld.pdf)

Sadeghi, H., Jalali, R., & Singh, R. M. (2023). A review of borehole thermal energy storage and its integration into district heating systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 192, 114236.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.114236>

*Samen verduurzamen.* (n.d.). Eigen Haard. <https://www.eigenhaard.nl/in-jouw-wijk/verbeter-jouw-wijk/energie-en-duurzaamheid/samen-verduurzamen/>

Saini, M. (2024). *Development and thermal analysis of a 5th generation DHN utilizing data-center waste heat* [Thesis]. <https://openresearch.amsterdam/en/page/110212/development-and-thermal-analysis-of-a-5th-generation-dhn-utilizing>

Sangsinsorn, S., & Nienborg, B. (2025). Noise immissions by air source heat pumps: a case study in Germany. *Building and Environment*, 113037. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113037>

SCAN. (2024, March 15). *SCAN publiceert eerste gegevens uit onderzoeksboring in Ouder-Amstel*. SCAN Aardwarmte. <https://scanaardwarmte.nl/scan-publiceert-eerste-gegevens-uit-onderzoeksboring-in-ouder-amstel/>

SDE++ subsidie voor Aquathermie. (n.d.). <https://www.sdetool.nl/SDE/aquathermie>

Smekens, K., In 't Groen, B., Mijnlief, H., Tolsma, S., PBL, DNV, & TNO. (2021). ConceptAdvies SDE++ 2022 Geothermie. In PBL, *PBL*. <https://www.pbl.nl/uploads/default/downloads/pbl-2021-conceptadvies-sde-plus-plus-2022-geothermie-4382.pdf>

Solvari, & Solvari. (2025, May 5). Levensduur warmtepomp: factoren & prijzen. Warmtepompenadvies.nl.  
<https://warmtepompenadvies.nl/levensduur-warmtepomp/>  
Soorten grootverbruik elektriciteitsaansluitingen | Liander. (n.d.).  
<https://www.liander.nl/grootzakelijk/aansluiting/soorten-elektriciteitsaansluitingen>

*Standaard en streefwaarden voor woningisolatie.* (2024, October 18). RVO.nl.  
<https://www.rvo.nl/onderwerpen/wetten-en-regels-gebouwen/standaard-streefwaarden-woningisolatie>

Stichting W/E adviseurs. (2023). Normering verwarmingssystemen. In W/E Rapport. <https://www.w-e.nl/wp-content/uploads/2023/05/we-rapport-normering-verwarmingssystemen.pdf>  
Stille cv-ketel. (n.d.). <https://www.nieuwecvketel.be/verwarmingsketel-kopen/stille-verwarmingsketel/>

Stoffels, J. & Waternet. (2021). Zwemwaterprofiel gaasperplas. In Watersysteem (pp. 3–17) [Report].  
<https://register.zwemwater.nl/zwr/api/files/6891434>

*Tapwater buffer 200L - WWS 202 - Nathan.* (n.d.). www.nathan.nl.  
<https://www.nathan.nl/producten/buffervaten-en-boilers/tapwater-voorraadvaten/40549-alpha-innotec-tapw-buff-200l-2-3m-wiss--max-8-kw--wws-202>

TNO. (2022). Informatiebladen aardwarmte. In *Informatiebladen Aardwarmte*.  
[https://www.nlog.nl/sites/default/files/2022-02/informatiebladen\\_aardwarmte.pdf](https://www.nlog.nl/sites/default/files/2022-02/informatiebladen_aardwarmte.pdf)

Van Bokhoven, A. (2025, 12 maart). Europa First: de energietransitie als strategische noodzaak. *Warmte365*. <https://www.warmte365.nl/nieuws/europa-first-de-energietransitie-als-strategische-noodzaak-66A6ACAF.html>

Van Der Schans, M. L., Brokx, L. P., Pauw, P. S., J.W. (Jan Willem) Kooiman, Guus van Gelder, Frank Agterberg, Chris Bergmans, Hein van der Linden, Liam Hollestelle, Beerd Volkers, Andries van der Beek, Theo Bauerhuit, Andries Reitsema, Cristijn de Vin, Rienko Akker, Eric van de Lockant, Rob Lafort, Lucas Borst, Philip Nienhuis, . . . J.M. (Martin) Bloemendal. (2022). *Betrouwbaar aanvullen boorgaten voor gesloten bodemenergiesystemen*. <https://api.kwrwater.nl/uploads/2022/06/KWR-2022.058-Betrouwbaar-aanvullen-boorgaten-voor-gesloten-bodemenergiesystemen.pdf>

Van Eijk, M. & NPLW. (2025). [Handreiking uitvoeringsplan warmtetransitie]. In *Handreiking Uitvoeringsplan Warmtetransitie*.  
[https://www.nplw.nl/uploads/files/Uitvoeringsplan/NPLW\\_Geactualiseerde\\_Handreiking\\_Uitvoeringsplan\\_WCAG.pdf](https://www.nplw.nl/uploads/files/Uitvoeringsplan/NPLW_Geactualiseerde_Handreiking_Uitvoeringsplan_WCAG.pdf)

Van Polen (a), S., Blok, J., PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Ivo de Klerk, Jylles van der Vliet, & George Wurpel. (2025). *Koudevraag in de gebouwde omgeving* (PBL, Ed.). PBL Planbureau voor de Leefomgeving. <https://www.pbl.nl/system/files/document/2025-03/pbl-2025-informatieblad-koudevraag-in-de-gebouwde-omgeving-5840.pdf>

Van Polen (b), S., Blok, J., PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Ivo de Klerk, Jylles van der Vliet, & George Wurpel (MSG Strategies). (2025). Informatieblad netverzwaring en netcongestie. In *Informatieblad Netverzwaring En Netcongestie* (p. PBL | 2-PBL | 5). PBL Planbureau voor de

Leefomgeving. <https://www.pbl.nl/system/files/document/2025-03/pbl-2025-informatieblad-netverzwaring-en-netcongestie-5667.pdf> (Original work published 2025)

Van Roekel, A. (2013, June 12). *Energiegebruik Geothermiebron snel terugverdiend*. NEMOKennislink.  
<https://www.nemokennislink.nl/publicaties/energiegebruik-geothermiebron-snel-terugverdiend/>

*Veelgestelde vragen over bodemenergie - LTA Energy.* (n.d.). LTA Energy. <https://www.ltaenergy.nl/faq/>

*Visie Amsterdam Zuidoost Energieneutraal 2040 - editie 2024.* (2024, January 11).

Openresearch.Amsterdam. <https://openresearch.amsterdam.nl/page/104347/visie-amsterdam-zuidoost-energieneutraal-2040---editie-2024>

Wagemakers, T., & Van Zoelen, B. (2024, March 26). Onderhandelingen over warmtenet mislukt, twijfels over aardgasvrij Amsterdam in 2040. *Het Parool*. <https://www.parool.nl/amsterdam/onderhandelingen-over-warmtenet-mislukt-twijfels-over-aardgasvrij-amsterdam-in-2040~b58e9ce7/>

WarmerHuis. (2025, January 1). Warmtepomp Afmetingen: buitenunit + binnenunit. WarmerHuis. <https://warmerhuis.nl/afmetingen-warmtepomp>

*Warmtenet.* (2024, December 5). NPLW. <https://www.nplw.nl/warmtenet>

Warmtepomp laten installeren: dit kun je verwachten - hoomie.online. (n.d.).

<https://hoomie.online/academy/warmtepomp-laten-installeren>

Waternet. (n.d.). <https://waternet.omgevingswarmte.nl/waternet#c9eaed99-a69e-48eb-9642-61c0e0b77078>

*Wet collectieve warmte (Wcw).* (2025, May 15). NPLW. <https://www.nplw.nl/wet-en-regelgeving/wet-collectieve-warmte-wcw>

What temperature is a heat pump not effective? | Viessmann UK. (2022, October 14).

<https://www.viessmann.co.uk/en/heating-advice/heat-pumps/what-temperature-is-a-heat-pump-not-effective.html>

www.geothermie.nl. (n.d.). Boren naar aardwarmte. In *F a C T S H E E T*. <https://geothermie.nl/wp-content/uploads/GNL-Factsheet-Boren-naar-aardwarmte.pdf>



# Bijlage

## Appendix A: Stakeholders

De stakeholders verdeeld onder vijf sectoren, te weten:

- Commerciële partijen
- Kennisinstellingen
- Milieu
- Maatschappij

Deze partijen zijn hieronder geïdentificeerd:

| Kenmerk | Partij                                               | Rol/bijdrage                                                                                                                                                                                                                   |
|---------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C1      | Netbeheerder (Liander)                               | Leveren van informatie over- en het beheren van het net                                                                                                                                                                        |
| C2      | Enertrans                                            | Levert informatie over geothermie en het opstellen van een visie. Ondersteunt opdrachtnemers.                                                                                                                                  |
| C3      | Nathan                                               | Levert informatie over bodemenergie en ondersteunt opdrachtnemers.                                                                                                                                                             |
| C4      | NIBE                                                 | Levert informatie over warmtepompen.                                                                                                                                                                                           |
| C5      | Energieleverancier                                   | Voorziet Holendrecht-Oost van elektriciteit (en gas).                                                                                                                                                                          |
| C6      | EnergyGo                                             | Ontwikkelaar van Tomahawk en ondersteunt opdrachtnemers.                                                                                                                                                                       |
| C7      | Amsterdamse Producterende Energie Coöperaties (APEC) | Verantwoordelijk voor het verkrijgen van de licentie Tomahawk voor Holendrecht-Oost. APEC bestaat uit zeven Amsterdamse energiecoöperaties die zich hebben verenigd. Doel is het versterken van de rol van energiecoöperaties. |
| Kenmerk | Partij                                               | Rol/bijdrage                                                                                                                                                                                                                   |
| K1      | Hogeschool van Amsterdam                             | Begeleiden en opleiden van opdrachtnemers                                                                                                                                                                                      |
| K2      | Netwerk Energielab Zuidoost                          | Levert kennis en ondersteunt in het verkrijgen van kennis en netwerk binnen de energietransitie.                                                                                                                               |
| Kenmerk | Partij                                               | Rol/bijdrage                                                                                                                                                                                                                   |
| O1      | Rijksoverheid                                        | Beleidsmaker en subsidieverstrekker                                                                                                                                                                                            |
| O2      | Gemeente Amsterdam                                   | Beleidsmaker en subsidieverstrekker                                                                                                                                                                                            |
| O3      | Stadsdeel Zuidoost                                   | Beleidsmaker                                                                                                                                                                                                                   |
| O4      | EnergieLab Zuidoost                                  | Opdrachtgever                                                                                                                                                                                                                  |
| O5      | EDO                                                  | Samenwerkingspartner die EC-HO ondersteunt in het bereiken van een aardgasvrije wijk                                                                                                                                           |
| O6      | Waternet                                             | Levert informatie over aquathermie en ondersteunt de opdrachtnemers.                                                                                                                                                           |
| Kenmerk | Partij                                               | Rol/bijdrage                                                                                                                                                                                                                   |
| M1      | EC-HO                                                | Opdrachtgever                                                                                                                                                                                                                  |

|         |                           |                                                                                                                     |
|---------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| M2      | Bewoners Holendrecht-Oost | Doelgroep van het onderzoek                                                                                         |
| Kenmerk | Partij                    | Rol/bijdrage                                                                                                        |
| Mi1     | Milieu & Duurzaamheid     | Voorzien in de behoefte van de huidige generatie, zonder de behoefte van toekomstige generaties (Brundtland, 1991). |

## Appendix B: Deelvragen

### Vooronderzoek – Oriëntatie

- Welke mogelijke warmteoplossingen zijn er?
- Welke warmteoplossingen hebben potentieel voor de wijk Holendrecht-Oost?
- Wat is de woningvoorraad in Holendrecht-Oost?
- Wat is de status van het huidige energiesysteem in Holendrecht-Oost?

**Key research words:** Hybrid energy systems, Geothermal energy, Aquathermal energy, Hydrogen heating, Biomass heating, Thermal heating, Thermal storage, Heat demand and supply matching, Heat transition.

### Technisch

- Wat zijn de relevante technische factoren om een warmtealternatief te beoordelen op de opgestelde criteria?
- Hoe vertalen de potentiële warmteoplossingen zich kwantitatief in deze technische factoren?
- Welke risico's vormen zich voor de verschillende warmteoplossingen in de wijk?

**Key research words:** Heat transition, Decarbonization projects, Infrastructure capacity, Energy networks, Thermal energy solutions, Heating alternatives, System dynamics, Renewable energy, Technical analyses, Cost analyses, System safety analysis, Energy efficiency.

### Financieel

- Wat zijn de relevante financiële factoren om een warmtealternatief op te beoordelen op het criteria betaalbaarheid?
- Hoe vertalen de potentiële warmteoplossingen zich kwantitatief in deze factoren?
- Hoe verhouden de gekozen warmteoplossingen zich tegenover elkaar op dit criterium?

**Key research words:** Financial factors, Subsidies, TCO, Adoption of heating solutions, Energy prices scenarios, Government policy, Financial policy frameworks, Carbon pricing impact, ROI, Consumer affordability.

### Strategisch

- Welke subsidies kunnen bijdragen aan de betaalbaarheid van de warmte transitie?
- Hoe kan Holendrecht-Oost de volgende stap zetten als pilotproject? (EDO)

**Key research words:** Pilot project strategy, Social acceptance of heat transition, Long-term sustainability strategies.

## Appendix C: Generaties warmtenetten

Het International Energy Agency (IEA) (International Energy Agency Technology Collaboration Programme on District Heating and Cooling, 2024) definieert de 5 generaties warmtenetten als volgt:

- **1st generation District Heating Network (DHN)**

Maakt gebruik van stoom als warmtedrager, onafhankelijk van de temperatuur.

- **2nd generation DHN**

Gebruikt vloeibaar water boven de 100°C (oververhit water).

- **3rd generation DHN:**

Werkt met water tussen de 70°C en 100°C. Er is geen oververhit water nodig.

- **4th generation DHN:**

Temperatuur ligt onder de 70°C. Deze generatie maakt efficiënte integratie van lage-koolstoftechnologieën mogelijk, zoals warmtepompen en restwarmte.

- **5th generation DHN**

Wordt in toenemende mate beschouwd als een subcategorie van de 4e generatie, en niet als een aparte, superieure generatie. Dit systeem, ook wel aangeduid als *Thermal Source Network (TSN)*, functioneert met zeer lage temperaturen (vaak <30°C) en vereist lokale, decentrale opwekking (bijv. met warmtepompen). De IEA raadt aan om deze systemen als “thermische bronnetwerken” (TSNs) te benoemen in plaats van als “5e generatie warmtenet”, om verwarring te voorkomen.

## Appendix D: Categorieën Geothermie

Het PBL (Smekens et al., 2021), categoriseert de dieptes van geothermie als volgt:

| Categorie                           | Bron                  | Diepte            |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------------|
| Ondiepe geothermie (geen basislast) | Ondiepe aardwarmte    | 500 – 1500 meter  |
| Ondiepe geothermie                  | Ondiepe aardwarmte    | 500 – 1500 meter  |
| Diepe geothermie (geen basislast)   | Diepe aardwarmte      | 1500 – 4000 meter |
| Diepe geothermie                    | Diepe aardwarmte      | 1500 – 4000 meter |
| Ultradiepe geothermie               | Ultradiepe aardwarmte | 4000 – 6000 meter |

Basislast betekent de mate waarin warmte met een hoge continuïteit en voorspelbaarheid geleverd wordt. Dit type is doorgaans aangesloten op een warmtenet met een stabiele warmtevraag, zoals glastuinbouw of grote warmtenetten. Bij geen basislast wordt warmte geleverd op minder continue basis, draaien minder vollasturen en zijn afhankelijk van een variabele warmtevraag of seizoensinvloeden. Dit type is doorgaans aangesloten op een warmtenet met een onstabiele warmtevraag die sterk seizoensgebonden is en daardoor niet continu op vol vermogen draait.

## Appendix E: De Standaard

De hoogte van De Standaard is als volgt verdeeld:

| Woningtype                  | Standaard Compactheid ( $A_{Is}/A_g$ ) | Netto warmtevraag [kWh/m <sup>2</sup> per jaar] |
|-----------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Eengezinswoningen t/m 1945  | < 1,00<br>≥ 1,00                       | = 60<br>= 60 + 105* ( $A_{Is}/A_g - 1,0$ )      |
| Eengezinswoningen na 1945   | < 1,00<br>≥ 1,00                       | = 43<br>= 43 + 40* ( $A_{Is}/A_g - 1,0$ )       |
| Meergezinswoningen t/m 1945 | < 1,00<br>≥ 1,00                       | = 95<br>= 95 + 70* ( $A_{Is}/A_g - 1,0$ )       |
| Meergezinswoningen na 1945  | < 1,00<br>≥ 1,00                       | = 45<br>= 45 + 45* ( $A_{Is}/A_g - 1,0$ )       |

$A_{Is}/A_g$  is een geometrieverhouding van de woning. Dit betekent: hoe minder verliesoppervlakte<sup>11</sup> de woning heeft, des te compacter de vorm van de woning is. De hoogte van de standaard is afhankelijk van deze compactheid van uw woning.  $A_{Is}$  = het totale verliesoppervlakte van het gebouw (binnen de energieschil). Denk bijvoorbeeld aan de oppervlaktes van het dak, de gevel, de ramen en de vloer.  $A_g$  = de totale oppervlakte van het gebouw (binnen de energieschil) (*Standaard En Streefwaarden Voor Woningisolatie*, 2024).

## Appendix F: Aansluitingen Liander

| Aansluitcategorie | Capaciteit aansluitingen | Maximaal verbruik    |
|-------------------|--------------------------|----------------------|
| AC4a              | >3x80A t/m 100kVA        | 94kW / 100kVA        |
| AC4b              | >100kVa t/m 160kVA       | 147kW / 160kVA       |
| AC5a              | >160kVa t/m 630kVA       | 535kW / 630kVA       |
| AC5b              | >630kVa t/m 1MVA         | 850kW / 1.000 kVA    |
| AC5               | 2MVA t/m 5MVA            | 1.700kW / 2.000 kVA  |
| AC6a              | >1MVA t/m 2MVA           | 4.250kW / 5.000 kVA  |
| AC6b              | >5MVA t/m 10MVA          | 8.500kW / 10.000 kVA |
| AC6c              | >10MVA                   | maatwerk             |

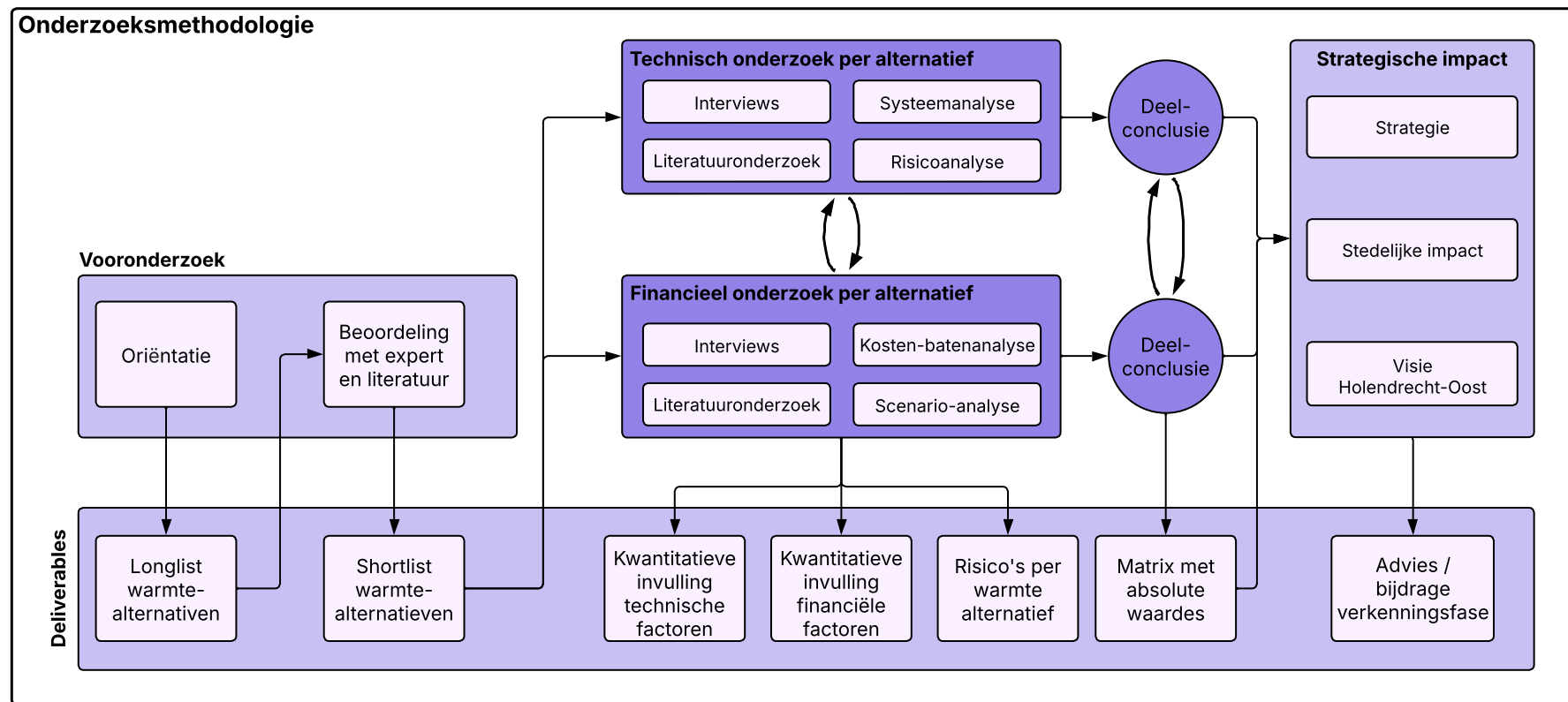
<sup>11</sup> \*De verliesoppervlakte is de totale oppervlakte van alle scheidingsconstructies (buitenmuren, buitenpanelen, ramen, buitendeuren, daken, beganegrondvloeren en dergelijke) die het 'beschermd volume' van een gebouw omhullen of omsluiten.

# Appendix G: QuickScan Waternet

QuickScan Waternet

Na 29 juli 2025 is het document op te vragen bij EC-HO!

## Appendix H: Visuele methodologie



# Appendix I: Methodes

## Business case

De business case voor de warmteoplossingen zal worden opgesteld met de output die de Tomahawk tool levert. De werking van de Tomahawk tool is beschreven in hoofdstuk 4.2. De business case wordt geanalyseerd op bepaalde opvallende kosten welke hoger of lager uitvallen dan vooraf verwacht. De tool blijft een hulpmiddel en zal aan de hand van de analyse beoordeeld worden. De output van de business case en de analyse hiervan geeft weer input voor de 'matrix met absolute waardes'. De opbouw van de business case bestaat uit de volgende onderdelen:

- Totale jaarlijkse kosten (Elektra + warmte. Dit vormt samen de energierekening. De terugverdientijd op een gedeelte van de investeringskosten)
- Investeringskosten per stakeholder
- Energierekening per jaar/maand
- Bijdrage aansluitkosten

Deze onderdelen geven vanuit verschillende perspectieven kijk op de warmteoplossing en de bijkomende kosten en baten voor de verschillende stakeholders. Tomahawk verdeelt de kosten over verschillende partijen, te weten:

- Gebouweigenaar
- Bewoner
- Netbeheerder elektriciteit
- Netbeheerder gas
- Warmtebedrijf

Vanwege het uiteenlopende bezit van woningen in Holendrecht-Oost is besloten om de partijen Gebouweigenaar en Bewoner als dezelfde partij te rekenen. Bewoners kunnen voor hun specifieke situatie zelf in Tomahawk door EC-HO laten berekenen wat de kosten voor hun situatie zijn.

## Literatuuronderzoek

In dit onderzoek wordt een literatuuronderzoek uitgevoerd om bestaande kennis, theorieën en perspectieven tot de energietransitie naar een aardgasvrije wijk te verzamelen analyseren. Het doel van het onderzoek doen aan de hand van literatuur is om invulling te geven aan het technisch, financieel en strategisch deel van het onderzoek. Het literatuuronderzoek draagt bij aan de invulling van de onderzoeksvraag.

De zoekstrategie bestaat voornamelijk uit het systematisch gebruiken van wetenschappelijke bronnen zoals Scencedirect en Google Scholar als zoekmachines. In de zoekmachines worden de Key Research Words zoals genoemd bij de deelvragen gehanteerd om de gewenste bronnen te vinden.

Relevante bronnen worden bijgehouden in een separate literatuurlijst, bronnen die van toepassing worden direct verwerkt in het onderzoek/literatuurlijst. Om de betrouwbaarheid en relevantie te waarborgen wordt er rekening gehouden met de publicatie en reviews waar de bron over beschikt. Indien oudere bronnen met essentiële informatie geschikt lijken te zijn kunnen deze met uitzondering gehanteerd worden.



## Risicoanalyse

Om ook de keerzijde van de warmteoplossingen kenbaar te maken worden er risico's in kaart gebracht. De risico's geven een beeld dat er ook een kans is dat er een bepaalde (negatieve) impact gemaakt kan worden bij een keuze naar een warmtealternatief. De risico's worden gebaseerd op de informatie uit de interviews en het literatuuronderzoek. De risico's zullen geformuleerd worden maar er zal geen uitwerking zijn van de eventuele maatregelen, kans van optreden en impact die de risico's kunnen maken.

## Interviews

In het onderzoek is gebruik gemaakt van twee type interviews, te weten:

- Ongestructureerd interview. Ook wel intensief, kwalitatief interview of diepte-interview genoemd maakt gebruik van verschillende onderwerpen in plaats van vragen. Deze onderwerpen worden in ieder geval besproken. Deze interviewstijl is informeel.
- Expertinterview. Het doel is om specialistische vakkennis te verzamelen. (Dingemanse, 2021)

In de onderstaande tabel worden de verwachte (nodige) interviews beschreven welke bijdragen aan de invulling van de onderzoeksvraag. De interviews dienen als input voor het technisch, financiële en strategische deel van het onderzoek. De intentie is om voor iedere warmteoplossing uit het vooronderzoek een partij te spreken. Daarbij wordt er ook vooruitgekeken naar de strategie en visie die verder in het onderzoek onderzocht zullen worden. Onderstaand worden de partijen en de verwachte deliverable van het interview beschreven.

| PARTIJ    | DELIVERABLE                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EC-HO     | Kennis ophalen over de belangen, criteria, randvoorwaarden en inzichten over de wijk Holendrecht-Oost. Het interview zal dienen om een basis te leggen van de voorwaarden die worden gesteld van deze stakeholder. Daarnaast worden er verwachtingen en onderzoek deliverables afgestemd. |
| EDO       | Interview met EDO zal doelen op het ophalen van hun aanpak in de warmtetransitie. De kennis kan gebruikt worden als input voor het strategisch deel van het onderzoek. Daarnaast is de verwachting dat EDO een aandeel kan leveren in structuren van verkennend onderzoek.                |
| ELZO      | Het interview met ELZO ofwel de gemeente Amsterdam doelt op het gebruik maken van technische expertise die hier aanwezig is. Daarbij is er de verwachting dat er gebruik gemaakt kan worden van het aanwezige netwerk om andere interviews af te kunnen nemen.                            |
| ENERGYGO  | EnergyGo, de ontwikkelaar van de Tomahawk tool, zal naar verwachting bijdragen aan de uitwerking van de business case aan de hand van de tool. Toelichting en gebruiksaanwijzingen zullen in dit interview worden opgehaald zodat er een betrouwbare case ontwikkeld kan worden.          |
| ENERTRANS | Het interview met Enertrans zal naar verwachting diepgaande informatie geven over geothermie en de fasering van verschillende warmteoplossingen. Het interview zal specifiek bijdragen aan de technische en financiële delen van het onderzoek.                                           |
| NATHAN    | Het interview met Nathan zal naar verwachting diepgaande informatie geven over het gebruik van bodemlussen. Het interview dekt de technische en financiële delen van het onderzoek betreft de bodemlussen.                                                                                |
| NIBE      | Het interview met NIBE zal naar verwachting diepgaande informatie geven over het gebruik van individuele warmtepompen. Deze specialist in warmtepompen zal naar verwachting de technische en financiële delen van het onderzoek dekken.                                                   |
| WATERNET  | Het interview en periodiek contact met Waternet zal naar verwachting veel diepgaande informatie geven betreft aquathermie. De te onderzoeken factoren zullen binnen het interview centraal staan om de in te vullen criteria te                                                           |

beantwoorden. De informatie van waternet zal naar verwachting een grote bijdrage leveren aan de technisch en financiële delen over aquathermie binnen het onderzoek.

## Appendix J: Vaste waarden Tomahawk

In Tomahawk zijn de volgende vaste waarden vastgesteld voor de analyse op de warmteoplossingen:

- **Energiemix 2030**

De energiemix geeft specifieke kentallen op elektriciteitskosten, aardgasprijzen, warmtenet prijzen, groen gas en koudenet voor een bepaald jaar. In dit onderzoek is een energiemix opgesteld voor het jaar 2030. Dit jaar is gekozen op basis van de uitroltijd voor de warmteoplossingen en de onderzoeksvraag welke doelt op een warmteoplossing vóór 2040. Mede dankzij de realisatietijd en de verkenningstijd is het realistisch om als energiemix 2030 aan te houden voor een start van de warmteoplossing. Daarnaast zijn er vanuit de literatuur, waaronder PBL, geen betrouwbare gegevens te vinden voor de kentallen verder in de toekomst. Vanuit het klimaat en energieverkenning 2024 van het PBL (PBL et al., 2024) is een marginale aardgasprijs voor de huishoudens in 2030 van 1.35 per m<sup>3</sup> aardgas aangehouden. De marginale elektriciteitsprijs voor huishoudens in 2030 is 0,20 per kilowattuur.

- **Concept Standaard renovatie**

Deze renovatie renoveert woningen naar de 'Standaard'. Woningen waarvoor geen Standaard bekend is, worden niet gerenoveerd. Woningen waarbij de warmtevraag bij 'geen renovatie' lager is dan de Standaard, hoeven niet te worden gerenoveerd, omdat zij reeds voldoen.

- **Inflatiepercentage = 2,61 (afgerond 3)%**

Dit is het gemiddelde inflatiepercentage van de afgelopen 10 jaar volgens het CBS (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2025).

- **Discontovoet = 6 %**

De discontovoet houdt rekening met de waarde van geld over tijd. Een discontovoet van 5% zou betekenen dat 100 euro over vijf jaar nog ongeveer 78 euro waard is. De discontovoet van 6% is een inschatting van Tomahawk die wordt gevolgd.

- **Lengte van businesscase = 30 jaar**
- **Proces, ontwerp en advieskosten als percentage van de investeringskosten = 11%**
- **Proces onvoorzien als percentage van de investeringskosten = 10%**

## Appendix K: Beoordelingsdocument

Beoordeling Warmteoplossingen Holedrecht-Oost

Na 29 juli 2025 is het document op te vragen bij EC-HO!

# Appendix L: Randvoorwaarden in Tomahawk

Tomahawk levert de volgende toelichting op de berekeningen en achterliggende bronnen voor de energielabels, warmtevraagdichtheid en De Standaard:

## **Energielabel**

Omschrijving :Het energielabel van het gebouw. Als het gebouw uit meerdere adressen bestaat, is dit het gemiddelde energielabel van de adressen waarvoor een label bekend is.

Bron: Energielabelregister van RVO.

Update: Halfjaarlijks

Laatste update: Juli 2024

## **Warmtedichtheid 2040**

Omschrijving: De verwachte dichtheid van de warmtevraag in een postcodegebied in 2040 uitgedrukt in GJ/ha per jaar. De warmtevraag omvat zowel ruimteverwarming als warm tapwater. De projectie is gebaseerd op de Standaard.

Bron: Eigen kaartlaag op basis van gasverbruik, standaard en postcodegebied.

Update: Elk jaar.

Laatste update: Maart 2024

## **De Standaard**

Omschrijving: De Standaard is de maximale netto warmtevraag waar een woning in de toekomst aan moet voldoen. De rekenmethodiek van de Standaard is vastgesteld door de overheid en hangt af van de compactheid en type woning.

Een woning voldoet aan de Standaard als het huidige netto warmtevraag kleiner is dan de Standaard.

Omdat er rekenonzekerheid zit in het bepalen van zowel de netto warmtevraag als de Standaard zit, wordt ook de waarschijnlijkheid weergegeven. De data blijft echter indicatief.

Bron: Eigen berekening

Update: Jaarlijks

Laatste update: September 2023

## Appendix M: Positionering van eigenaren

In de wijk ziet, met de beschikbare gegevens over Rochdale (bruin), Ymere (blauw) en stadgenoot (groen), de verdeling er als volgt uit:

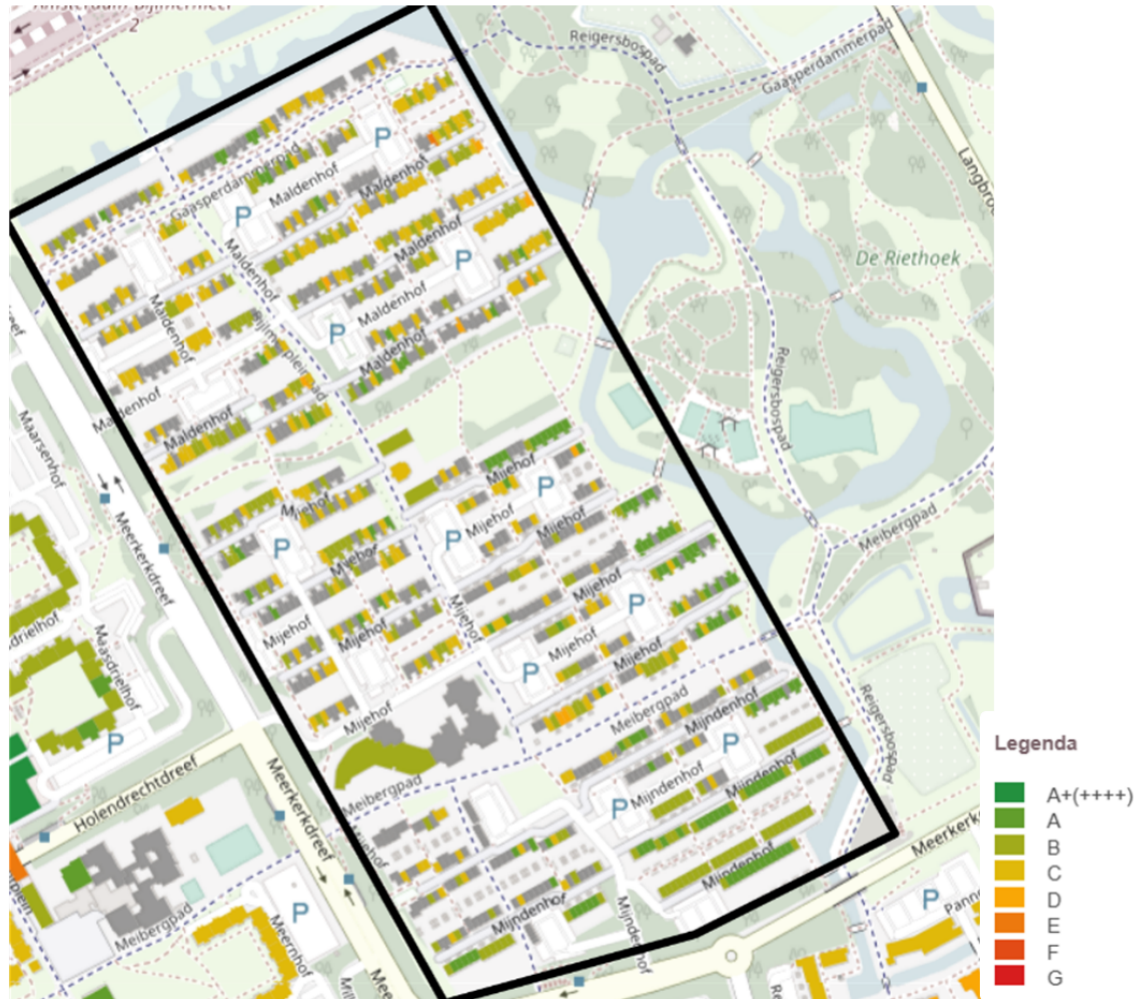


Volgens de Kamer van Koophandel (KVK) kent Holendrecht-Oost vier geregistreerde VvE's. Deze bevinden zich alle vier in het gebied Maldenhof en bevatten de volgende woningen:

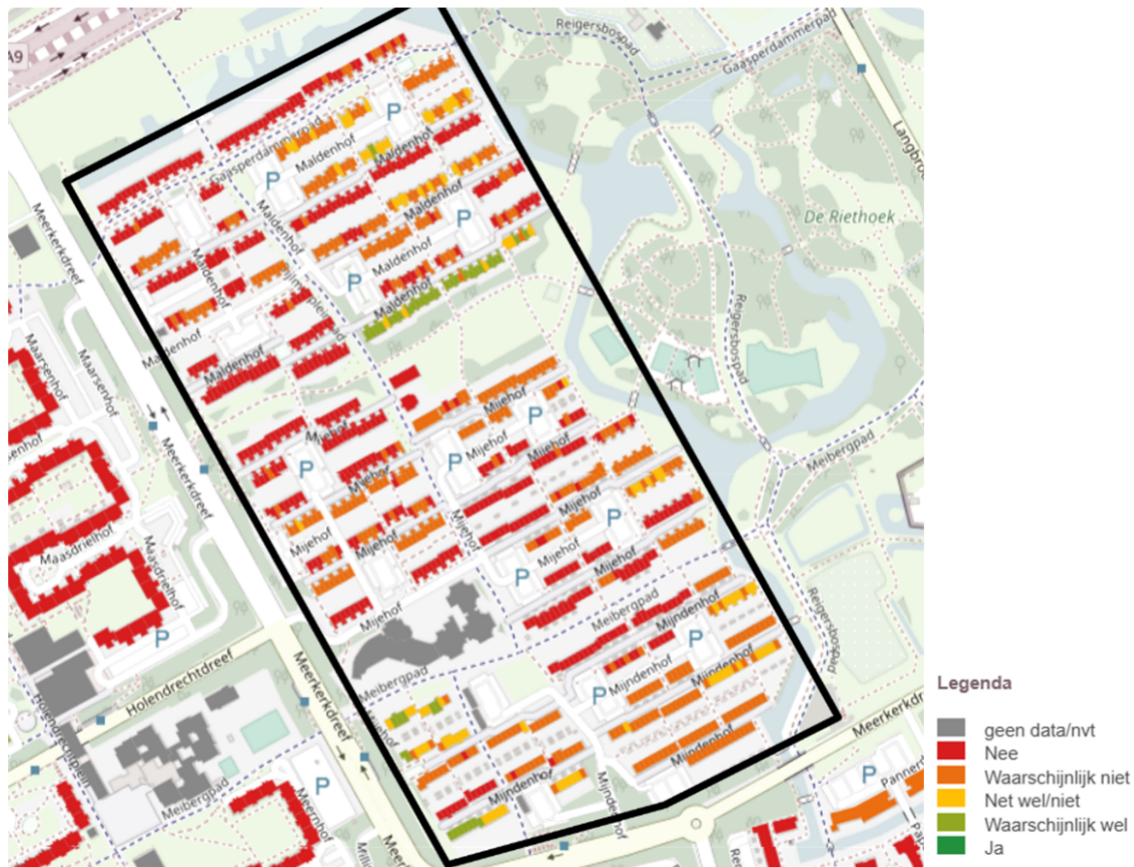
- Vereniging van Eigenaars Maldenhof 240 tot en met 296 (even nummers) te Amsterdam Zuidoost
- Vereniging Van Eigenaars Maldenhof 93, 95, 97, 203, 205, 207, 261, 263, 265, 357, 359, 361, 451, 453 en 455 te Amsterdam
- Vereniging van Eigenaars Maldenhof 298 tot en met 338 te Amsterdam Zuidoost
- Vereniging van Eigenaars Maldenhof 122 tot en met 132 en 160 tot en met 170 (even nummers) te Amsterdam Zuidoost

Dit betekent dat 100 woningen in Holendrecht-Oost onder een VvE vallen.

## Appendix N: Energielabels in de wijk



## Appendix O: De Standaard in Holendrecht-Oost

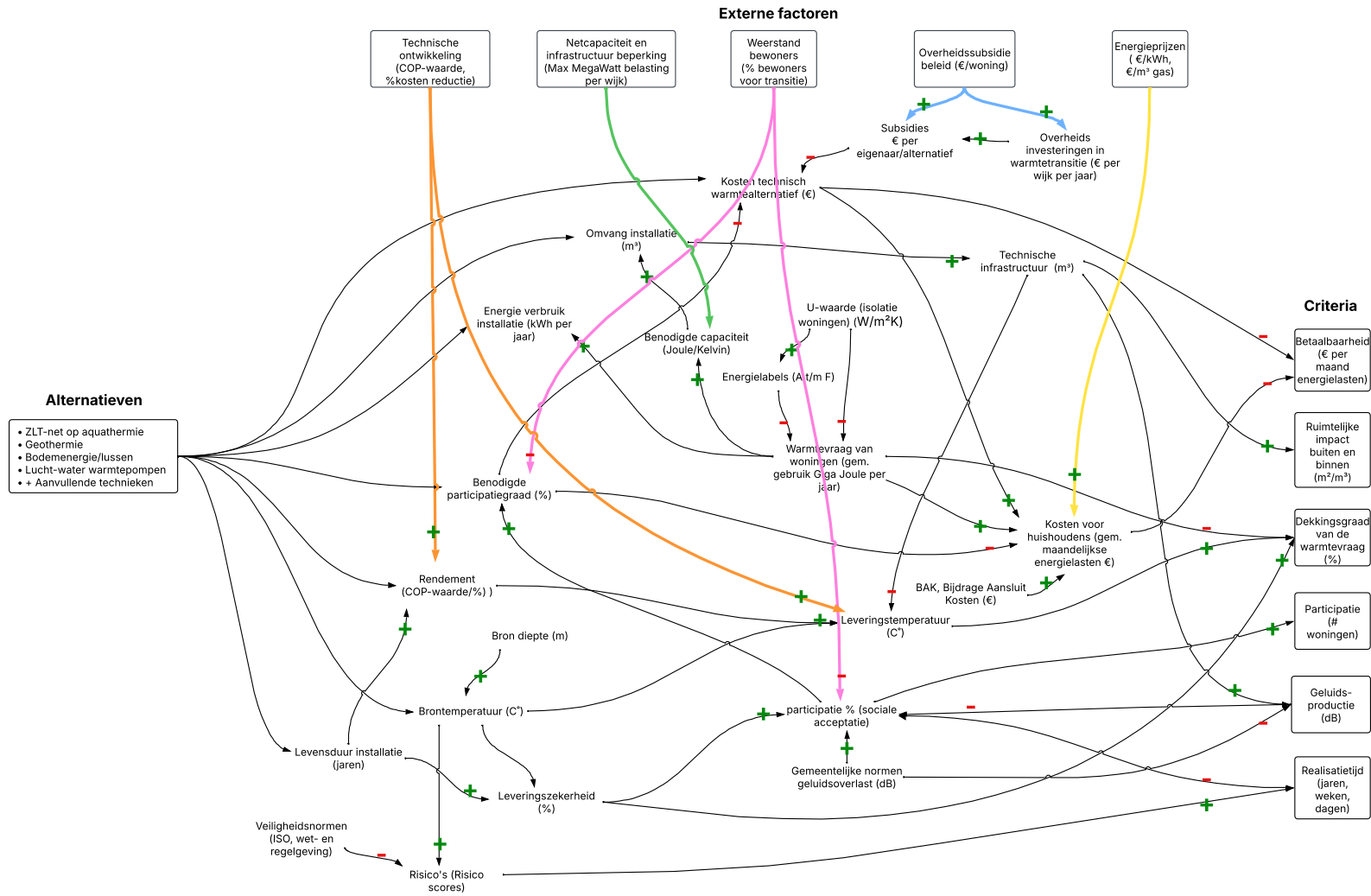


## Appendix P: Warmtevraag woningen

Holendrecht-Oost kent voor alle gebouwen met een woonfunctie een gemiddeld gebruiksoppervlak van **94 m<sup>2</sup>**. Doorerekend in een gemiddelde warmtevraag, met woningtype meersgezinswoningen na 1945, is dit **45 kWh/m<sup>2</sup>/jaar × 94 m<sup>2</sup> = 4.230 kWh/jaar**. Inclusief andere gebouwen, zoals een schoolgebouw, kent Holendrecht-Oost een gemiddeld gebruiksoppervlak van **98 m<sup>2</sup>**.



## Appendix Q: Causal Loop



**Van initiatief naar verkenning: De eerste stap in de transitie!**  
Versie 2

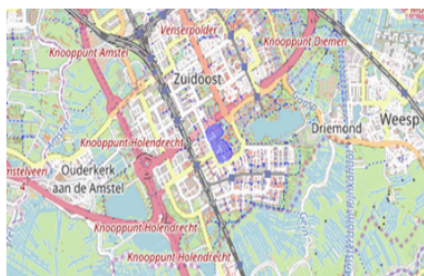
# Appendix R: Omgevingsanalyse Waternet



## Rapport omgevingswarmte analyse

Dit rapport toont een analyse die met de omgevingswarmtekaart van Waterschap AGV en de gemeente Amsterdam is gemaakt voor het gebied binnen onderstaande selectie. Deze analyse geeft globaal inzicht in de potentie van lokale warmtebronnen, en de warmte- en koudevraag van de gebouwen in het gebied.  
Voor kaart en analysetool, zie: <https://www.waternet.nl/omgevingswarmtekaart>

15-04-2025 14:36



| Algemeen                          | Woning | Utiliteit |    |
|-----------------------------------|--------|-----------|----|
| Gemiddeld bouwjaar                | 1981   | 1989      |    |
| Aantal verblijfsobjecten          | 1.064  | 10        |    |
| Totaal bruto vloeroppervlak (BVO) | 91.098 | 6.044     | m² |
| Gemiddeld BVO per woning          | 86     | 604       | m² |
| Aandeel woningcorporatiebezit     | 28     | %         |    |
| Oppervlakte geselecteerd gebied   | 31,9   | ha        |    |

| Warmte aanbod          |        |         |
|------------------------|--------|---------|
| TEO – oppervlaktewater | 9.523  | GJ/jaar |
| TEA – afvalwater       | 5.900  | GJ/jaar |
| TED – drinkwater       | 2.800  | GJ/jaar |
| Zon op dak - warmte    | 87.924 | GJ/jaar |
| Datathermie            | 0 - 0  | GJ/jaar |
| Industriële restwarmte | 0      | GJ/jaar |
| Warmtenet aanwezig     | Ja     |         |

| Zon op dak - elektrisch |                    |
|-------------------------|--------------------|
| Daken – PV paneel       | 4.381.437 kWh/jaar |

| Warmtevraag          | Huidig | Na Isolatie |            |
|----------------------|--------|-------------|------------|
| Totaal gebouwen      | 35.287 | 25.049      | GJ/jaar    |
| Totaal woningen      | 32.794 | 23.319      | GJ/jaar    |
| Totaal utiliteit     | 2.493  | 1.730       | GJ/jaar    |
| Gemiddeld per woning | 30,8   | 21,9        | GJ/jaar    |
| Warmtevraagdichtheid | 1.107  | 786         | GJ/ha/jaar |

| Koudevraag           | Huidig | Na Isolatie |         |
|----------------------|--------|-------------|---------|
| Totaal gebouwen      | 961    | 964         | GJ/jaar |
| Totaal woningen      | 918    | 918         | GJ/jaar |
| Totaal utiliteit     | 43     | 46          | GJ/jaar |
| Gemiddeld per woning | 0,9    | 0,9         | GJ/jaar |

| Bodemenergie (seizoensopslag) |                |
|-------------------------------|----------------|
| Restrictie aanwezig           | Nee            |
| Open systemen                 | 95.611 GJ/jaar |
| Gesloten systemen             | 52.586 GJ/jaar |

### Disclaimer

De aangeleverde informatie is opgesteld door Stichting Waternet namens het Waterschap Amstel, Gooi en Vecht en de gemeente Amsterdam. Alle informatie is verkregen van bronnen die als accuraat en betrouwbaar gezien worden. Vanwege de mogelijkheid op materiaal, interpretatie- en analysefouten, kan noch Stichting Waternet noch Waterschap Amstel, Gooi en Vecht of noch gemeente Amsterdam garantie geven op volledigheid dan wel juistheid van de verstrekte gegevens. Hoewel de aangeleverde informatie met de grootste zorg is samengesteld aanvaardt Stichting Waternet, Waterschap Amstel, Gooi en Vecht of gemeente Amsterdam geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade, veroorzaakt door mogelijke onjuistheden in de verstrekte informatie.

### Contact

omgevingswarmte@waternet.nl



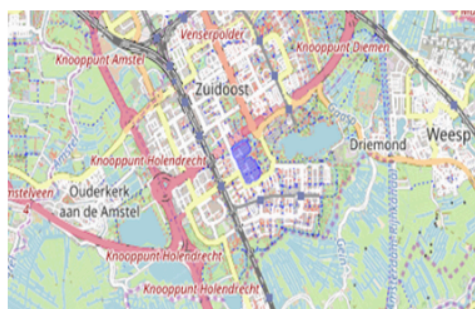




## Rapport omgevingswarmte analyse

Dit rapport toont een analyse die met de omgevingswarmtekaart van Waterschap AGV en de gemeente Amsterdam is gemaakt voor het gebied binnen onderstaande selectie. Deze analyse geeft globaal inzicht in de potentie van lokale warmtebronnen, en de warmte- en koudevraag van de gebouwen in het gebied. Voor kaart en analysetool, zie: <https://www.waternet.nl/omgevingswarmtekaart>

15-04-2025 14:36



| Algemeen                          | Woning | Utiliteit |    |
|-----------------------------------|--------|-----------|----|
| Gemiddeld bouwjaar                | 1981   | 1989      |    |
| Aantal verblijfsobjecten          | 1.064  | 10        |    |
| Totaal bruto vloeroppervlak (BVO) | 91.098 | 6.044     | m² |
| Gemiddeld BVO per woning          | 86     | 604       | m² |
| Aandeel woningcorporatiebezit     | 28     | %         |    |
| Oppervlakte geselecteerd gebied   | 31,9   | ha        |    |

| Warmte aanbod          |        |         |
|------------------------|--------|---------|
| TEO – oppervlaktewater | 9.523  | GJ/jaar |
| TEA – afvalwater       | 5.900  | GJ/jaar |
| TED – drinkwater       | 2.800  | GJ/jaar |
| Zon op dak - warmte    | 87.924 | GJ/jaar |
| Datathermie            | 0 - 0  | GJ/jaar |
| Industriële restwarmte | 0      | GJ/jaar |
| Warmtenet aanwezig     | Ja     |         |

| Zon op dak - elektrisch |           |          |
|-------------------------|-----------|----------|
| Daken – PV paneel       | 4.381.437 | kWh/jaar |

| Warmtevraag          | Huidig | Na Isolatie |            |
|----------------------|--------|-------------|------------|
| Totaal gebouwen      | 35.287 | 25.049      | GJ/jaar    |
| Totaal woningen      | 32.794 | 23.319      | GJ/jaar    |
| Totaal utiliteit     | 2.493  | 1.730       | GJ/jaar    |
| Gemiddeld per woning | 30,8   | 21,9        | GJ/jaar    |
| Warmtevraagdichtheid | 1.107  | 786         | GJ/ha/jaar |

| Koudevraag           | Huidig | Na Isolatie |         |
|----------------------|--------|-------------|---------|
| Totaal gebouwen      | 961    | 964         | GJ/jaar |
| Totaal woningen      | 918    | 918         | GJ/jaar |
| Totaal utiliteit     | 43     | 46          | GJ/jaar |
| Gemiddeld per woning | 0,9    | 0,9         | GJ/jaar |

| Bodemenergie (seizoensopslag) |        |         |
|-------------------------------|--------|---------|
| Restrictie aanwezig           | Nee    |         |
| Open systemen                 | 95.611 | GJ/jaar |
| Gesloten systemen             | 52.586 | GJ/jaar |

### Disclaimer

De aangeleverde informatie is opgesteld door Stichting Waternet namens het Waterschap Amstel, Gooi en Vecht en de gemeente Amsterdam. Alle informatie is verkregen van bronnen die als accuraat en betrouwbaar gezien worden. Vanwege de mogelijkheid op materiaal, interpretatie- en analysefouten, kan noch Stichting Waternet noch Waterschap Amstel, Gooi en Vecht of gemeente Amsterdam garantie geven op volledigheid dan wel juistheid van de verstreekte gegevens. Hoewel de aangeleverde informatie met de grootste zorg is samengesteld aanvaardt Stichting Waternet, Waterschap Amstel, Gooi en Vecht of gemeente Amsterdam geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade, veroorzaakt door mogelijke onjuistheden in de verstreekte informatie.

### Contact

omgevingswarmte@waternet.nl



## Toelichting

### Algemeen

**Gemiddeld bouwjaar** is het gemiddelde van de bouwjaar van de verblijfsobjecten binnen het geselecteerde gebied. Van sommige zeer oude panden is het bouwjaar onbekend, deze worden niet meegenomen in het gemiddelde.

**Aantal verblijfsobjecten** is de hoeveelheid woningen en utiliteiten binnen het geselecteerde gebied. Deze komt niet altijd overeen met het aantal panden (er kunnen meerdere verblijfsobjecten in één pand zitten).

**Totaal BVO** is het totale bruto vloeroppervlak binnen het geselecteerde gebied. Het gemiddelde BVO is het gemiddelde bruto vloeroppervlak per verblijfsobject binnen het geselecteerde gebied.

**Aandeel woningcorporatiebezit** is het percentage verblijfsobjecten die in eigendom zijn van woningcorporaties binnen het geselecteerde gebied. Panden aangemerkt als utiliteit zijn niet meegenomen. Alleen corporatiebezit dat aangesloten is bij de koepels AFWC en RWU zijn opgenomen.

**Oppervlakte geselecteerde gebied** is de totale oppervlakte van het geselecteerde gebied.

### Warmte aanbod

**TEO** (Thermische Energie uit Oppervlaktewater) potentie wordt bepaald door:

- **Stromend water:** warmte die in het water aanwezig is en voorbij stroomt. De potentie wordt berekend aan de hand van de hoeveelheid voorbij stromend water.

- **Stilstaand water:** het water werkt als een zonnecollector; De potentie wordt berekend aan de hand van de wateroppervlakte tussen de locatie van TEO onttrekking en TEO lozing.

De tool telt de maximale waarde van stromend water op bij de potentie van stilstaand water. In de praktijk kan de potentie minder zijn. Zonder toepassing van WKO zal de potentie lager uitvallen en is warmte-onttrekking soms ook niet toegestaan.

**TEA** (Thermische Energie uit Afvalwater) geeft de maximale potentie van de rioolleidingen, gemalen en RWZI's binnen het geselecteerde gebied. Zonder toepassing van WKO zal de potentie lager uitvallen.

**TED** (Thermische Energie uit Drinkwater) geeft de maximale potentie van de drinkwaterleidingen binnen het geselecteerde gebied. Voor informatie over de exacte ligging van leidingen: neem s.v.p. contact met ons op. Toepassing van WKO is meestal noodzakelijk voor toepassing van TED.

**Zon op dak – warmte** is de hoeveelheid warmte die gegenereerd kan worden door zonnecollectoren (heat pipes) op alle geschikte daken in het geselecteerde gebied samen. Uitgangspunt is dat alle collectoren worden aangesloten op een WKO systeem.

**Datathermie** geeft een indicatie van de potentie van restwarmte uit datacentra binnen het geselecteerde gebied.

**Industriële restwarmte** geeft een indicatie van de potentie van restwarmte uit industrie binnen het geselecteerde gebied. Indien 0 is de potentie onbekend.

**Aanwezigheid van warmtenet** geeft aan of er reeds een warmtenet binnen het geselecteerde gebied aanwezig is (voor zover bekend).

### Warmte- en koudevraag

De **warmtevraag** is de hoeveelheid warmte die jaarlijks gebruikt wordt door eindgebruikers. Bij lage temperatuur warmtebronnen (zoals aquathermie) is dit de warmte die de warmtepomp produceert. De temperatuur die nodig is voor ruimteverwarming is afhankelijk van de isolatiegraad en het afgiftesysteem in het gebouw. Zeer goed geïsoleerde panden kunnen verwarmd worden met 40 °C, mits voorzien van vloerverwarming. Bij minder goede isolatie is een hogere temperatuur nodig. Warmtepompen kunnen tot 70 °C leveren, hoog genoeg voor klassieke radiatoren. Warm tapwater moet ten minste 60 °C zijn i.v.m. legionella. Hoe lager de benodigde temperatuur, hoe minder elektriciteit voor de warmtepomp nodig is en hoe hoger het systeemrendement.

De **warmtevraagdichtheid** is de hoeveelheid warmte die per hectare in het geselecteerde gebied gebruikt wordt. Dit hangt meestal samen met de bebouwingdichtheid. Warmtenetten zijn financieel haalbaar bij een warmtevraagdichtheid vanaf ongeveer 600 GJ/ha. Let op: het geselecteerde gebied moet goed overeen komen met de wijk (d.w.z. geen extra oppervlak erbij).

De **koudevraag** is de hoeveelheid koude die eindgebruikers vooral in de zomer zouden willen gebruiken voor comfortkoeling. In de praktijk wordt koude nog niet vaak benut omdat koeling van gebouwen nog niet vanzelfsprekend is. Door klimaatverandering en door toenemende woningsisolatie zal de vraag naar koeling toenemen. Aandachtspunt is dat het afgiftesysteem in gebouwen geschikt is. De hier opgegeven koudevraag past bij beperkte koeling via het vloerverwarmingssysteem. Voor topkoeling is een lucht afgiftesysteem met ontvochtiging nodig (airco).

### Bodemenergie

**Restricties aanwezig** geeft aan of er beperkingen zijn voor de toepassing van bodemenergie binnen het geselecteerde gebied. Zo ja, dan is aangegeven om welk type restrictie het gaat.

**Open systemen** geeft aan hoeveel potentie binnen het geselecteerde gebied in de bodem aanwezig is voor de toepassing van WKO. Hierbij is geen rekening gehouden met eventueel reeds aanwezige systemen. De hydraulische en thermische invloed van WKO systemen kunnen ook buiten de grenzen van het geselecteerde gebied van invloed zijn waardoor de werkelijke potentie van bronnen die binnen het gebied aangebracht worden groter kan zijn.

**Gesloten systemen** geeft aan hoeveel potentie binnen het geselecteerde gebied in de bodem maximaal aanwezig is voor de toepassing van gesloten bodemenergie (verticale lussen in de bodem). Hierbij wordt geen grondwater verpompt. Er is geen rekening gehouden met eventueel reeds aanwezige systemen. Deze techniek wordt vooral toegepast voor (enkele) individuele gebouwen. Op kleine schaal hoeft de bodem niet geregenereerd te worden.

### Zon op dak - elektrisch

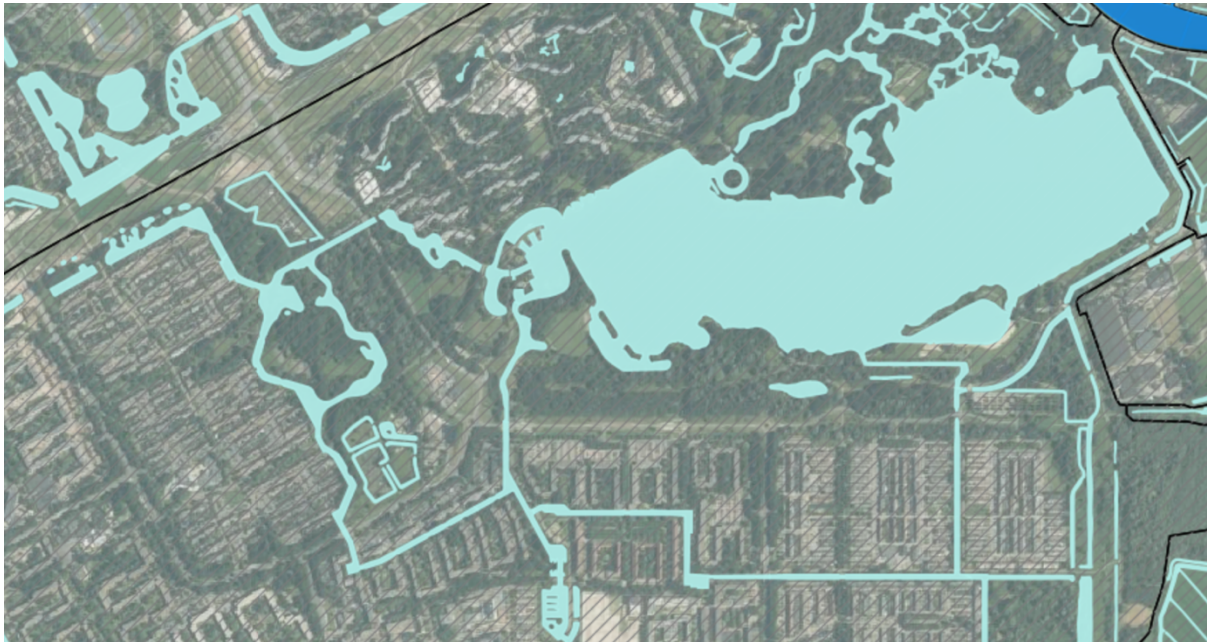
**Dak – PV paneel** geeft aan hoeveel elektrische energie kan worden opgewekt indien alle geschikte daken binnen het geselecteerde gebied worden voorzien van PV panelen.

Voor verdere informatie zie: <https://www.waternet.nl/innovatie/energietransitie/infopagina-omgevingswarmtekaart>

## Appendix S: Toelichting Aquathermie technieken

### TEO

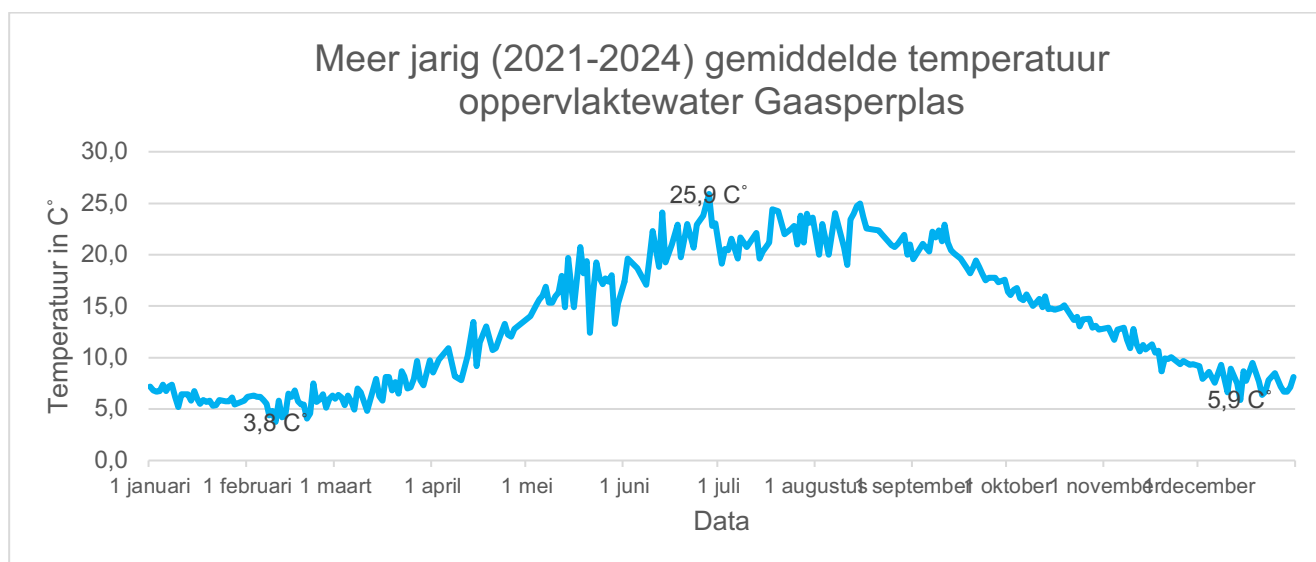
Voor de warmte vanuit oppervlaktewater wordt het waterlichaam 'de Gaasperplas' als meest potentiële bron gezien volgens de analyse van waternet. Onderstaand is te zien waar de mogelijke wateren zijn om warmte en eventueel kou uit te verkrijgen. In het figuur is aangegeven dat de "kleinere" kanalen die dicht bij de wijk liggen ook gezien worden als potentiële bron door de analyse. Echter zijn er een aantal vereisten waaraan een waterlichaam moet voldoen mocht er in deze kanalen of in de plas zelf aquathermie toegepast willen worden.



Specificaties van de Gaasperplas:

- Diepste punt van  $\pm 30$  meter (Stoffels & Waternet, 2021)
- Potentie water  $1,19 \text{ GJ/m}^2/\text{jaar}$  (Waternet, n.d.)
- De oppervlakte van de Gaasperplas betreft 65 hectare (Stoffels & Waternet, 2021)
- Oppervlaktetemperaturen zijn terug te vinden in figuur 25, in gemiddelde over voorgaande jaren (interne data WSZ Gaasperplas).
- Stilstaand water
- (Zwem) waterkwaliteit, goed (Groengebied Amstelland, n.d.)
- Ruimtelijke ligging Gaasperplas is  $\pm 850$  meter van de wijk vandaan (waarbij de kleinere kanalen niet meegenomen zijn)

De techniek TEO kent open en gesloten systemen. Een open systeem pompt het oppervlaktewater de installatie naar de warmtewisselaar. Een gesloten systeem heeft de warmtewisselaar direct in het oppervlaktewater (Aquathermie (Thermische Energie Uit Water), 2025).



Figuur 27 - Gemiddelde oppervlakte temperaturen Gaasperplas

De watertemperaturen zijn essentieel voor het gebruik van aquathermie en de combinatie met een WKO. De watertemperaturen kunnen seizoensgebonden opgeslagen worden in de WKO om later opgeboosterd te worden door (de)centrale warmtepompen. Het weten van de invoer temperatuur van de WKO bepaald de benodigde energie voor het opboosteren naar de gewenste warmtevraag.

Aquathermie gebruikt voor de warmte oppervlaktewater. Het oppervlaktewater heeft de grootste fluctuaties in temperaturen door de verschillende seizoenen heen. In tabel 21 is de gemeten data van Waternet weergegeven met meerjarige gemiddeldes per maand.

Onder de toelichting van de WKO wordt er beredeneert dat er een benodigde brontemperatuur tussen de 16C° en 18C° nodig is voor de WKO. Uitgaande van de metingen van Waternet kan er in de maanden mei, juni, juli, augustus en september warmte worden ingevoerd in de WKO.

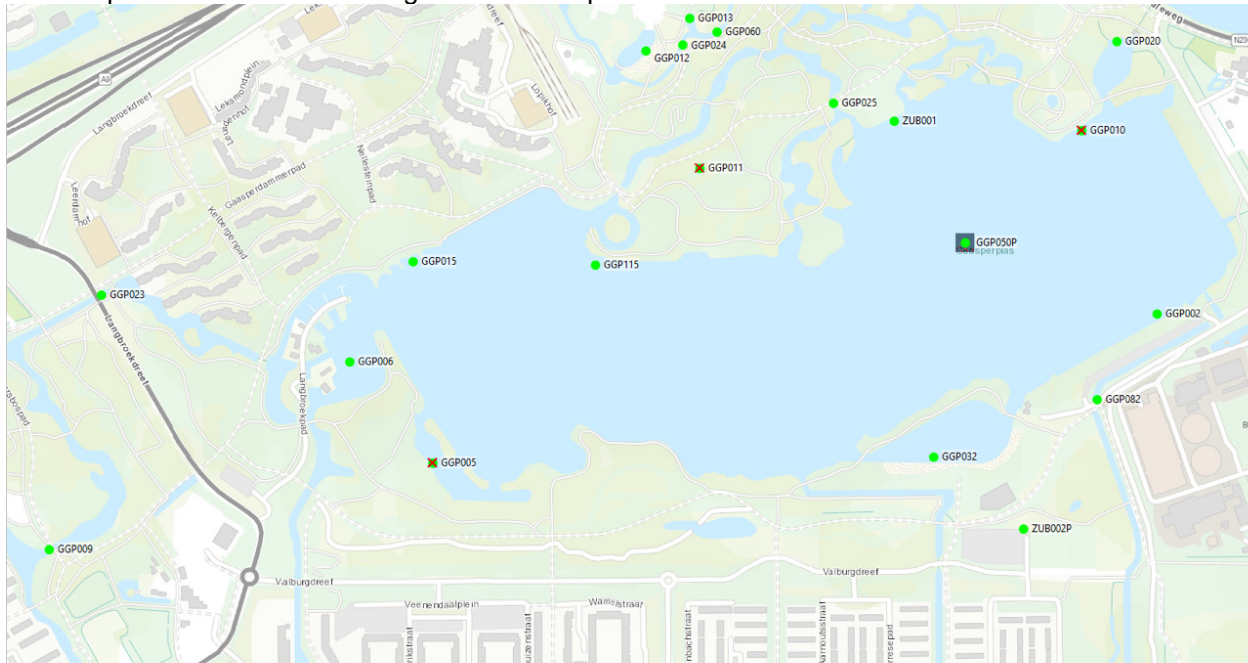
Voor koude invoer naar de WKO kan de oppervlakte gebruikt worden in koudere seizoenen. Daarnaast is het mogelijk kou te onttrekken uit diepere lagen van het waterlichaam 'de Gaasperplas' waar de temperaturen consistenten en kouder zijn.

Tabel 25 - Gebruikte data Waternet

| <b>Oppervlaketemperatuur<br/>(GGP050P)</b> | <b>Meer jaarlijks gemiddelde<br/>(2012-2025) C°</b> |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Jan                                        | 5,7                                                 |
| Feb                                        | 5,3                                                 |
| Mrt                                        | 6,6                                                 |
| Apr                                        | 10,8                                                |
| Mei                                        | 16,7                                                |
| Jun                                        | 19,6                                                |
| Jul                                        | 22,0                                                |
| Aug                                        | 22,6                                                |
| Sep                                        | 18,5                                                |
| Okt                                        | 13,5                                                |
| Nov                                        | 9,6                                                 |
| Dec                                        | 7,4                                                 |



De temperaturen uit tabel 21 zijn van meetpunt GGP050P, zie onderstaande afbeelding. Het meetpunt GGP009 ligt dicht bij de wijk Holendrecht-Oost en geeft ongeveer dezelfde oppervlakte temperaturen volgens Waternet. Hierbij geeft Waternet de kanttekening, en zoals eerdergenoemd, dat in de smallere kanalen passende maatwerk nodig is voor een aquathermie installatie.



## TEA

Voor de warmte uit afvalwater kan de warmte onttrokken worden uit een persleiding, zoals te zien in het onderstaande figuur. Deze kan in combinatie met een WKO zo'n 5900 GJ/jaar aan warmte leveren in de wijk. Aquathermie op TEA kan dus niet de vraag van de wijk Holendrecht-Oost voorzien. Daarnaast kan deze ook niet gecombineerd worden met andere aquathermie bronnen zoals eerder is benoemd.



## Warmte uit afvalwater

- 2.500 - 5.000 GJ/jaar
- 5.000 - 10.000 GJ/jaar
- 10.000 - 20.000 GJ/jaar
- 20.000 - 50.000 GJ/jaar
- > 50.000 GJ/jaar

### TED

Als laatste techniek voor aquathermie is er het onttrekken van warmte uit drinkwater aan de hand van een warmtewisselaar. De kaarten van Waternet, in het onderstaande figuur, laten zien dat er een potentie van 2800 GJ/jaar is voor het gebied waar Holendrecht-Oost zich bevindt. Deze warmte is niet genoeg om de vraag te voorzien en zoals eerder genoemd is een combinatie van bronnen niet rendabel.



✓ Warmte uit drinkwater ...



## Appendix T: Waternet interview

Onderstaande bijlage bevat een samenvattende notulen van een overleg tussen de opdrachtnemers, de opdrachtgever vanuit EC-HO en Waternet. De notulen komt voort uit een combinatie van een ongestructureerd en expertinterview. De notulen is opgebouwd uit losse opmerkingen en specifieke vragen.

**Waternet, te Amsterdam (Korte Ouderkerkerdijk 17) is gesproken op 09-04-2025.**

Respondent 1 is Adviseur Duurzame Energie in opdracht voor waterschap en gemeente. Is bekend met de samenwerking tussen- en met de opdrachtgever van ELZO. Respondent 2 is Adviseur energietransitie.

Respondent 1 & 2 zijn onderdeel van het Programmateam Energietransitie.

Het waterschap is inmiddels energiepositief.

De volgende stap is Aquathermie. Waternet ziet veel potentie aangezien tot wel 60% van Amsterdam kan hierop draaien mits de gebouwkwaliteit voldoende is. Lopende projecten worden uitgevoerd bij Sanquin Bloedbank en Diemen de Sniep.

Respondent 2 heeft de verantwoordelijkheid omtrent projectondersteuning en techniek en biedt technische ondersteuning voor aquathermieprojecten. Voor specifieke vragen kunnen de opdrachtnemers hier terecht.

De conclusies van het beoordelingsdocument zijn gepresenteerd. Er volgen ook complimenten op het PvA vanuit de respondenten. Als advies wordt aangegeven te letten op de WCW. WCW stuurt aan op meer publieke eigendom van het warmtenet (bijv. 51%).

De combinatie van vloerverwarming en koeling komt aan bod. Respondenten 1 geeft aan dat koeling meegenomen moet worden op de lange termijn. De extra kosten en nieuwe technologieën moeten namelijk inzichtelijke worden gemaakt.

Bij een aanwezig ZLT-warmtenet:

- Alles kan op de bron-temperatuur.
- Individuele oplossingen moeten worden bekeken (woningniveau vs. centraal).
- Individuele warmtepompen nodig voor het ZLT-net.
  - Ook eerder opbooster van temperatuur mogelijk als collectieve oplossing.

Diepere plassen bieden grotere kansen voor aquathermie.

Kleinere wateren vergen diepgaander onderzoek.

Onderzoek loopt naar ecologische effecten van aquathermie.

- Diepere plassen vormen minder risico.
- Gaasperplas: Theoretisch veel potentie, maar mogelijk te weinig woningen voor aansluiting. De Gaasperplas is technisch gezien een uitstekende bron van warmte om een zlt-warmtenet mee te voeden. De plas is groot en diep genoeg voor een warmteopbrengst voor zo'n 10.000 - 20.000 woningen.
- Zuidoost: Gaasperplas kan veel in ZO voorzien.
- HO (Holendrecht-Oost):
  - Door de parkjes is er een lagere warmtedichtheid op de kaart.
  - 75% woningcorporatiebezit kan positief zijn wanneer breder dan HO gekeken wordt. In Holendrecht-Oost is het gespikkelde bezit namelijk een obstakel. Woningcorporaties zoals Rochdale en Ymere moeten betrokken worden. Het is niet wenselijk dat een groot gedeelte een



individuele oplossing neemt. 1000 buitenunits zou namelijk voor veel overlast zorgen. Een collectieve aanpak kan ontzorgen.

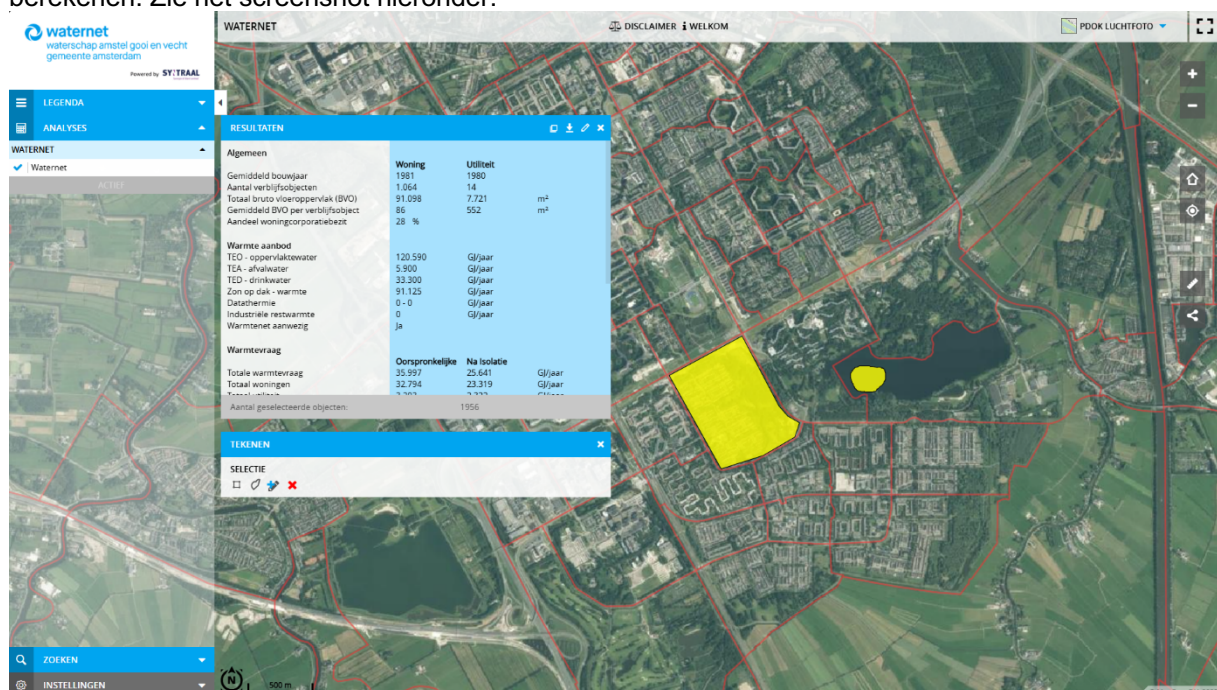
### Toekomst & Adviezen

- Warmtevraag en vooral koudevraag stijgt richting 2050.
- Belangrijk: balans tussen warmte en koude voor ZLT.
- Onbalans in winter kan via TEO worden opgevangen.
- Directe levering aquathermie komt zelden voor, vaak i.c.m. WKO.
- Eisen voor diepe plassen worden nog nagezonden naar de opdrachtnemers.

### Na afloop van het open gesprek met de experts, zijn specifieke vragen besproken met respondent 2:

**Vraag 1:** In de analyse via de tool hebben wij alleen Holendrecht-Oost omcirkelt. Als we de potentie van de plas willen analyseren, dan moet de plas toch ook in de range van de analyse zitten? Bij het selecteren van specifiek de wijk is het warmteaanbod vele malen lager dan wanneer de plas ook wordt meegenomen. Wat is de beste aanpak om de potentie van de gehele plas, voor de wijk Holendrecht-Oost, in kaart te brengen?

**Antwoord:** Als het goed is, zie je bij de analyse tool een paar icoontjes staan. Van links naar rechts de rechthoekige selectie, de vrije selectie, de extra selectie en annuleren. Als je een eerste cirkeltje al hebt getrokken, kan je met de extra selectie (potlood met het plusje) een extra cirkel maken. Dit kun je los van de huidige selectie doen (hoeft niet verbonden te zijn). Zo zou je dus de potentie van het meer kunnen berekenen. Zie het screenshot hieronder:



**Vraag 2:** Is het mogelijk en rendabel om de verschillende aquathermie bronnen (TEO,TEA,TED) te combineren? Dus aangesloten op één warmtenet.

**Antwoord:** Theoretisch zou dit kunnen. In de praktijk zul je dit zelden zien, omdat dit financieel erg ongunstig is. Wanneer je meerdere bronnen gebruikt, moet je dus ook meerdere inlaat punten hebben, oftewel meerdere installaties. Dit vergt (vele) hogere investeringskosten (denk aan installaties, maar ook meer leidingwerk).

**Vraag 3:** Wij op zoek geweest naar de temperatuur van de Gaasperplas. We hebben nu de temperatuur van het oppervlaktewater. Voor de potentie is het ook nodig om de temperatuur op de diepere lagen water in kaart te brengen. Beschikken jullie over deze data? Via via hebben wij de contactgegevens van [geanonimiseerd] gekregen. Hij zou ons mogelijk kunnen helpen, klopt dit? Dan gaan wij met hem contact zoeken.

Dit zou je inderdaad goed bij [geanonimiseerd] kunnen vragen. Als ik het zou opsturen moet ik ook langs [geanonimiseerd].

**Vraag 4:** Zijn er gegevens bekend over de waterkwaliteit?

Dit zal ik even navragen voor jullie.

**Vraag 5:** Heb je een beeld van de gemiddelde omvang van een TEO-installatie exclusief leidingnetwerk etc? Of een kengetal waar we mee zouden kunnen rekenen?

**Antwoord:** De gemiddelde omvang van een TEO-installatie is grotendeels afhankelijk van de capaciteit die het moet/kan leveren. Enerzijds wordt dit bepaald door de warmtevraag: hoe groter de warmtevraag, hoe groter het systeem.

Anderzijds wordt de capaciteit bepaald door hoeveel energie er mag worden onttrokken. Denk hierbij aan bijvoorbeeld de toegestane afkoeling, of het maximale debiet wat mag worden onttrokken uit het waterlichaam. Hiervoor gebruiken we het STOWA document, volgens mij heb ik dit eerder gestuurd.

Als richtlijn zal de installatie ongeveer +/- 50 tot 150 m<sup>2</sup> beslaan. In de (centrale) technische ruimte staan normaliter de warmtewinning installatie (warmtewisselaars, filters, pompen), de warmtenet distributie installaties (pompen, waterbehandeling), en eventueel de WKO-installatie (warmtewisselaar). Als warmte centraal wordt opgewaardeerd komt de centrale warmtepomp ook in de technische ruimte te staan, dus in de 50-150 m<sup>2</sup>.

**Vraag 6:** Is er een beeld van een gemiddelde realisatietijd van een TEO-project? Van start tot implementatie? Of heb je factoren die hier invloed op uitoefenen?

**Antwoord:** Dat is moeilijk te zeggen, dit is afhankelijk van het verkrijgen van bepaalde vergunningen, financiering en de complexiteit van het systeem (afstand tot bron, zijn de gebouwen gereed, etc.).

**Vraag 7:** Wij zijn eigenlijk opzoek naar een indicatie voor een aantal woningen die een TEO-project minimaal nodig heeft om rendabel te zijn? Of zijn er wederom factoren die hier invloed op uitoefenen?

**Antwoord:** Zoals zo vaak, is het per geval weer anders. Wat vaak een invloedrijke factor is, is de business case. Heel simpel gezegd; als je dezelfde hoeveelheid warmte aan meer eindgebruikers kunt "verkopen", is dat goedkoper dan wanneer je dit "verkoopt" aan minder eindgebruikers. Dus; hoe meer hoe beter, zolang de voorraad strekt, zeg maar.

Hier hangen natuurlijk wel nadelen aan vast. Zo betekent het aansluiten van meer eindgebruikers bijvoorbeeld meer stakeholders en dit bemoeilijkt de organisatie en aanleg van zulke systemen.

Om jullie toch wat getallen te kunnen geven, hierbij een rapport van RVO. Misschien een goed rapport om eens door te kijken voor kentallen. Zij hebben bijvoorbeeld projecten bekeken van bijvoorbeeld (minimaal) 130 WEQ (nieuwbouw), maar ook van 9000 WEQ (ook nieuwbouw). Dit is een grote bandbreedte, maar het geeft je hopelijk een beetje een idee dat TEO relatief breed inzetbaar kan zijn, als de omstandigheden juist zijn.

## Appendix U: NIBE-interview

Onderstaande bijlage bevat een samenvattende notulen van een overleg tussen de opdrachtnemers, de opdrachtgevers vanuit EC-HO en ELZO en een Sales Engineer van NIBE. De notulen komt voort uit een ongestructureerd interview. De notulen is opgebouwd uit losse opmerkingen vanuit een presentatie over verschillende type warmtepompen en de werking van warmtepompen.

**NIBE is gesproken op 29-04-2025 in het Huis van de Toekomst aan de Entree 300, te Amsterdam.**

Respondent is al geruime tijd actief in de sector en heeft veel ervaring met het toepassen van warmtepompen in de renovatiebouw. Tijdens het gesprek werd duidelijk dat bij het ZLT-plan van EC-HO het gebruik van warmtepompen altijd noodzakelijk is. NIBE levert hiervoor diverse oplossingen en staat met name bekend om de kwaliteit van de regelaars in hun warmtepompen. De regeltechniek wordt gezien als de kracht van het systeem en zorgt ervoor dat de warmtepomp optimaal kan presteren. NIBE richt zich uitsluitend op verkoop en technische ondersteuning. Installateurs worden begeleid in het juist toepassen van de systemen, maar NIBE voert zelf geen installaties uit. Alles binnen het bedrijf verloopt volgens vastgelegde procedures om de kwaliteit te borgen. De S-serie, ook wel het Smart Energy System genoemd, is hierin een belangrijk product.

Met behulp van een overzichtelijke sheet met pictogrammen kan snel worden bepaald welk systeem voor een bepaalde situatie geschikt is. Voor Holendrecht-Oost is het mogelijk om koeling los te koppelen van de warmtepompinstallatie, afhankelijk van de gewenste comforteisen.

Er werd stilgestaan bij de uitfasering van koudemiddelen. De GWP-waarde (Global Warming Potential) speelt hierbij een belangrijke rol; hoe lager deze waarde, hoe meer discussie er ontstaat over veiligheid en plaatsing in de woning. Sommige koudemiddelen mogen in de toekomst niet meer worden verkocht. NIBE is hierop voorbereid en ontwikkelt producten die voldoen aan de nieuwe regelgeving.

Een onderscheid werd gemaakt tussen monoblock- en split-warmtepompen. Een monoblock bevat geen koudemiddelcircuits buiten de fabriek en vereist daarom geen certificering. Een split-unit werkt met koudemiddel en vereist een gecertificeerde installateur.

Volgens EC-HO zullen buitenunits op termijn mogelijk verboden worden. Dat maakt de ventilatielucht/water-warmtepomp van NIBE bijzonder interessant, vooral voor stedelijke gebieden zoals Amsterdam. Deze heeft geen buitenunit nodig en kan worden toegepast zonder dat een woning volledig geïsoleerd hoeft te zijn. Voorbeelden uit de praktijk tonen aan dat zelfs rijtjeshuizen uit de jaren '80 goed verwarmd kunnen worden, mits er basismaatregelen zoals HR-glas en nieuwe kozijnen worden getroffen.

Het geluidsniveau van de warmtepompen is acceptabel. Geluidsdempers zijn beschikbaar, maar nemen wel veel ruimte in. WTW-installaties zorgen voor luchtverversing, maar daar is weinig invloed op. NIBE gebruikt een buffertank waardoor geconditioneerde lucht hergebruikt kan worden.

Er werd ook gesproken over de vraag naar koeling, met name in de nieuwbouw. De warmtepomp kan dan worden omgeschakeld om actief te koelen. Met een capaciteit van 20 W per vierkante meter kan een ruimte van 80 m<sup>2</sup> bijvoorbeeld met 1,6 kW worden gekoeld tot ongeveer 18 graden Celsius. Koeling onder deze temperatuur kan condensatie veroorzaken, wat moet worden opgevangen. In bestaande bouw is koeling minder geschikt, tenzij de woning is voorzien van vloerverwarming en voldoende isolatie. Voor wat betreft de elektrische aansluiting zijn er testen gedaan met 3-fase toestellen op 1-fase stroom. Dit werkt, maar NIBE Zweden geeft geen garantie als bepaalde grenzen worden overschreden. Om die

reden is ook een 230V-machine ontwikkeld. Toch wordt bij voorkeur geadviseerd om bij een beschikbare 3-fase aansluiting hier ook gebruik van te maken.

Een belangrijke factor voor het rendement van de warmtepomp is de COP (Coefficient of Performance), die beter wordt naarmate de aanvoertemperatuur lager is. Het bepalen van de benodigde hoeveelheid warmte per woning blijft essentieel voor een goede werking.

NIBE speelt ook in op energiemangement. Met de mogelijke afschaffing van de salderingsregeling wordt het belang van slimme EMS-systemen (Energy Management Systems) en thuisbatterijen steeds groter. NIBE ziet hierin een groeimarkt en blijft zich inzetten voor innovatie en kwaliteit.

# Appendix V: Businesscase Aquathermie

| Beschrijving / Jaar                                    | 1         | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13      | 14       | 15       | 16        | 17       | 18       | 19       | 20       | 21       | 22       | 23       | 24       | 25       | 26       | 27       | 28       | 29       | 30       |
|--------------------------------------------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| UITGAVEN                                               |           |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Aquathermie uit oppervlaktewater (15 °C) (3.002 kW)    | -409 €    | -8 €    | -9 €    | -9 €    | -9 €    | -9 €    | -10 €   | -10 €   | -10 €   | -10 €   | -11 €   | -11 €   | -11 €   | -12 €    | -12 €    | -12 €     | -13 €    | -13 €    | -14 €    | -14 €    | -14 €    | -15 €    | -15 €    | -16 €    | -16 €    | -17 €    | -17 €    | -18 €    | -18 €    | -19 €    |
| Generieke bronleiding                                  | -413 €    | -4 €    | -4 €    | -4 €    | -5 €    | -5 €    | -5 €    | -5 €    | -5 €    | -5 €    | -5 €    | -6 €    | -6 €    | -6 €     | -6 €     | -6 €      | -7 €     | -7 €     | -7 €     | -7 €     | -7 €     | -8 €     | -8 €     | -8 €     | -8 €     | -9 €     | -9 €     | -9 €     | -9 €     | -10 €    |
| Bodemenergiesysteem (WKO) (5721 kW)                    | -2.644 €  | -98 €   | -101 €  | -104 €  | -107 €  | -110 €  | -114 €  | -117 €  | -121 €  | -124 €  | -128 €  | -132 €  | -136 €  | -140 €   | -144 €   | -148 €    | -153 €   | -157 €   | -162 €   | -167 €   | -172 €   | -177 €   | -183 €   | -188 €   | -194 €   | -199 €   | -205 €   | -212 €   | -218 €   | -225 €   |
| 9.129m distributienet (Staal 2-pijps (15 °C))          | -5.673 €  | -58 €   | -60 €   | -61 €   | -63 €   | -65 €   | -67 €   | -69 €   | -71 €   | -73 €   | -75 €   | -78 €   | -80 €   | -82 €    | -85 €    | -88 €     | -90 €    | -93 €    | -96 €    | -98 €    | -101 €   | -104 €   | -108 €   | -111 €   | -114 €   | -118 €   | -121 €   | -125 €   | -129 €   | -132 €   |
| 7.297m gebouwaansluitingen (Staal 2-pijps (15 °C))     | -3.429 €  | -35 €   | -36 €   | -37 €   | -38 €   | -39 €   | -41 €   | -42 €   | -43 €   | -44 €   | -46 €   | -47 €   | -48 €   | -50 €    | -51 €    | -53 €     | -54 €    | -56 €    | -58 €    | -60 €    | -61 €    | -63 €    | -65 €    | -67 €    | -69 €    | -71 €    | -73 €    | -75 €    | -78 €    | -80 €    |
| Afleverzet warmte/tapwater                             | -1.374 €  | -32 €   | -33 €   | -34 €   | -35 €   | -36 €   | -37 €   | -38 €   | -39 €   | -40 €   | -42 €   | -43 €   | -44 €   | -45 €    | -47 €    | -2.140 €  | -50 €    | -51 €    | -53 €    | -54 €    | -56 €    | -57 €    | -59 €    | -61 €    | -63 €    | -65 €    | -67 €    | -69 €    | -71 €    | -73 €    |
| Warmtepomp voor 15 °C warmtenet (voor vloerverwarming) | -8.185 €  | -83 €   | -86 €   | -89 €   | -91 €   | -94 €   | -97 €   | -100 €  | -103 €  | -106 €  | -109 €  | -112 €  | -116 €  | -119 €   | -123 €   | -12.752 € | -130 €   | -134 €   | -138 €   | -142 €   | -146 €   | -151 €   | -155 €   | -160 €   | -165 €   | -170 €   | -175 €   | -180 €   | -185 €   | -191 €   |
| Elektriciteit (3.729.558 kWh)                          | -697 €    | -718 €  | -739 €  | -762 €  | -784 €  | -808 €  | -832 €  | -857 €  | -883 €  | -909 €  | -937 €  | -965 €  | -994 €  | -1.024 € | -1.054 € | -1.086 €  | -1.118 € | -1.152 € | -1.187 € | -1.222 € | -1.259 € | -1.297 € | -1.335 € | -1.376 € | -1.417 € | -1.459 € | -1.503 € | -1.548 € | -1.595 € | -1.642 € |
| 11% Proces en ontwerpkosten                            | -2.511 €  | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €      | 0 €      | 0 €       | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      |
| 10% Post onvoorzien                                    | -2.282 €  | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €      | 0 €      | 0 €       | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      |
| INKOMSTEN                                              |           |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Bijdrage aansluitkosten (BAK)                          | 3.027 €   | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €     | 0 €      | 0 €      | 0 €       | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      |
| Inkomsten energiefacturen                              | 2.463 €   | 2.537 € | 2.613 € | 2.692 € | 2.773 € | 2.856 € | 2.941 € | 3.030 € | 3.121 € | 3.214 € | 3.311 € | 3.410 € | 3.512 € | 3.618 €  | 3.726 €  | 3.838 €   | 3.953 €  | 4.072 €  | 4.194 €  | 4.320 €  | 4.449 €  | 4.583 €  | 4.720 €  | 4.862 €  | 5.008 €  | 5.158 €  | 5.313 €  | 5.472 €  | 5.636 €  | 5.805 €  |
| TOTALEN                                                |           |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Totaal:                                                | -22.126 € | 1.501 € | 1.546 € | 1.592 € | 1.640 € | 1.689 € | 1.740 € | 1.792 € | 1.846 € | 1.901 € | 1.958 € | 2.017 € | 2.077 € | 2.140 €  | 2.204 €  | -12.448 € | 2.338 €  | 2.408 €  | 2.480 €  | 2.555 €  | 2.632 €  | 2.710 €  | 2.792 €  | 2.876 €  | 2.962 €  | 3.051 €  | 3.142 €  | 3.236 €  | 3.334 €  | 3.434 €  |
| Contante waarde:                                       | -22.126 € | 1.416 € | 1.376 € | 1.337 € | 1.299 € | 1.262 € | 1.226 € | 1.192 € | 1.158 € | 1.125 € | 1.093 € | 1.062 € | 1.032 € | 1.003 €  | 975 €    | -5.194 €  | 920 €    | 894 €    | 869 €    | 844 €    | 821 €    | 797 €    | 775 €    | 753 €    | 732 €    | 711 €    | 691 €    | 671 €    | 652 €    | 634 €    |

Van initiatief naar verkenning: De eerste stap in de transitie!  
 Versie 2

## Appendix W: Enertrans interview

Onderstaande bijlage bevat een samenvattende notulen van een overleg tussen de opdrachtnemers en Enertrans. De notule komt voort uit een ongestructureerd interview. De notulen is opgebouwd uit losse opmerkingen vanuit een overleg met de respondent. Deze is Commercial Director/Co-Owner van Enertrans.

**Enertrans is gesproken op 22-04-2025 in het kantoor van Enertrans in Rotterdam (Bovendijk 132 Unit 19, Rotterdam).**

De vraag wordt gesteld aan de opdrachtnemers over er is nagedacht over de temperatuur van het water uit de plas: wordt dit Zeer Lage Temperatuur (ZLT) of midden-temperatuur? Dit is relevant voor zowel ruimteverwarming als tapwater. Ruimteverwarming hangt af van de isolatiewaarde van de woning, terwijl tapwater boven de 60°C moet blijven in verband met legionella. Bij ZLT is daarom een opboost nodig voor tapwater, wat betekent dat er in de woning een systeem moet zijn om de temperatuur op te krikken. Bij het gebruik van een fasering is eerst aqua op ZLT en dan geothermie niet mogelijk. Dit botst namelijk met de uitgangspunten als je overgaat op geothermie.

Deze ZLT-benadering botst met bepaalde uitgangspunten wanneer je overstapt naar geothermie, aangezien bij geothermie niet wordt- en hoeft te worden opgeboost. Omdat het in ons project gaat om middentemperatuur met restwarmte wordt het relevant want je kan de hoge temperatuur van de datawarmte met een warmtewisselaar naar 80/75 brengen.

Per geothermische bron 25MW aan warmte, 2km diep, 80 graden. 2 bronparen. De putten liggen op 3km van elkaar en verschillen 5 graden. Geologen kunnen met seismische onderzoeken een inschatting maken. Kost tonnen aan onderzoek en jaren aan tijd om erachter te komen of de temperatuur hoog genoeg is in de grond. Een risico zou kunnen zijn dat de ondergrond anders bleek dan verwacht en dat de boring vast loopt, met een kostenpost van 5 miljoen euro. Terugverdienen via alleen warmtelevering is dan lastig.

Elke keuze die gemaakt wordt heeft impact op bewoners: zij moeten betalen voor systemen die tientallen jaren meegaan.

Er is bijvoorbeeld een investering van 17 miljoen euro nodig voor een geothermiebron op 2 km diepte. Het project van Enertrans start met restwarmte/datawarmte, waarna – zodra 5000 woningen zijn aangesloten – overgegaan wordt op een geothermiebron. De restwarmte komt op middentemperatuur. Dit maakt het interessant, want met een warmtewisselaar kan men de temperatuur naar 75-80°C brengen.

Voor het project van Enertrans zijn 16 locaties in kaart gebracht. Door deze langs omgevingsvergunningen te houden zoals Geluid, impact en bewonerstevredenheid zijn deze teruggebracht naar 2. Bij deze punten waren er uiteenlopende temperaturen.

Leidingen kunnen lang zijn, maar langere leidingen betekenen meer weerstand, dus dikkere buizen (250 mm staal, €3.500 per meter). Pompen kunnen helpen om de temperatuur op peil te houden. Gemeenten bepalen waar leidingen mogen en kunnen liggen – vaak is er onvoldoende ruimte. Via schema's wordt bepaald waar het past; de gemeente bepaalt of het op een specifieke locatie kan.

Bij geothermie zijn geluid en ruimte impact relatief beperkt. Tijdens het boren is een terrein van een voetbalveld nodig. Bij het boren moet je zorgen dat het gat niet instort. Alles wat je boort moet worden opgeslagen, op de boorplek sla je dit op. Glijmiddel is nodig voor het boren, ook dit moet je opslaan. Filter

en opslag bassins tijdens het boren om materialen op te slaan nemen de ruimte in. Groot materiaal, boortoren en meer hebben de ruimte nodig. De put zelf blijft 15x30 meter, maar de ruimte van het voetbalveld moet beschikbaar blijven voor onderhoud of calamiteiten..

De levensduur van restwarmte is contractueel bepaald; De restwarmte wordt voor 15 jaar gecontracteerd met de leverancier. Geothermie heeft een levensduur van 30 jaar, waarbij de temperatuur langzaam daalt van 85 naar 75°C.

Een geothermische bron werkt met aan- en afvoerputten, waarbij warm water omhoog wordt gepompt en het afgekoelde water via een andere put weer naar beneden stroomt. De natuur brengt het water uiteindelijk weer naar de aanvoerput. ZLT moet minimaal naar middentemperatuur worden gebracht. De vraag is of middentemperatuur toepasbaar is in een wijk zoals HO, waar veel ouderen wonen die hoge temperatuur gewend zijn.

Transmissieberekeningen zijn nodig om te bepalen hoeveel warmte een woning verliest. Tot energielabel B is verwarming via middentemperatuur goed mogelijk. Enertrans biedt samen met de gemeente een isolatieprogramma aan, inclusief subsidie en financieringsmogelijkheden om de isolatie te realiseren. Enertrans is verantwoordelijk voor de put (bron) en fungeert als warmtebedrijf waar bewoners aan betalen.

Aquathermie zorgt voor koude, terwijl geothermie dat niet doet. Er is dus een aparte koudepomp nodig, wat nieuwe leidingen vereist. Belangrijk zijn: wat hebben woningen nodig, en wat willen bewoners betalen om over te stappen?

De Warmtewet wordt vervangen door de WCW. Bij meer dan 100 woningen of 10.000 GJ is een warmteleveringsvergunning vereist. De ACM bepaalt, gekoppeld aan de gasprijs, wat een warmteleverancier mag rekenen. Warmtebedrijf en -producent kunnen samenwerken of gescheiden zijn; 51% van het warmtebedrijf moet publiek bezit zijn. Bij minder dan 1500 woningen valt dit onder een andere regeling, maar er blijft een partij nodig voor distributie.

Een businesscase met aquathermie is beperkt: het levert lage energie/warmte. Zelfs zonder winsttoegmerk is er winst nodig om kosten en uitbreidingen te dekken. De vraag is: willen bewoners collectief investeren?

Er zijn veel factoren in beweging. Samenwerking met gemeente en woningcorporaties is essentieel. Enertrans werkt al zeven jaar aan het project. Volgend jaar wordt gestart met restwarmte; over vijf jaar volgt geothermie. Intentieovereenkomsten met restwarmteleveranciers zijn gesloten, los van formele contracten. De intentieovereenkomsten zijn puur voor bewijs van de intentie, zegt verder nog niks. De uitrol start met middentemperatuur en goede leidingen, zodat warmte later goed in de wijk verspreid kan worden.

De vraag voor de opdrachtnemers is hoeveel capaciteit en continuïteit nodig is en hoeveel woningen aangesloten kunnen worden vanaf bijvoorbeeld Gaasperplas. Aquathermie kent beheersmatige uitdagingen zoals legionella.

Individuele warmtepompen zijn in stedelijke gebieden niet haalbaar vanwege geluidsoverlast en ruimtegebrek. Voor enkele woningen is het mogelijk, maar niet voor hele wijken.

Zonder de gekozen wijk zouden de installaties, van het project van Enertrans, een back-up functie kunnen hebben voor het geothermie systeem. Voor nieuwe wijken hoeven dan alleen nog langere leidingen gelegd te worden aan het restwarmte systeem.

Fasering helpt bij aanleg van infrastructuur. Restwarmte maakt het mogelijk om leidingen alvast te gebruiken.

Geothermie is rendabeler dan aquathermie. Hoewel de initiële investering hoog is, levert geothermie stabiele, hoge temperaturen zonder verdere verhoging. Ontwikkelingskosten bedragen circa 500 euro per woning. Deze zijn alleen al voor de onderzoeken etc. Individuele systemen zijn een optie, maar bewoners krijgen via het collectief bijvoorbeeld een aansluiting voor €5.000, met subsidie 1200 euro.



Factoren als afstand tot de straat, woningtype, warmtevraag, en vervuilde grond zijn bepalend en redelijk eenvoudig in kaart te brengen. Het verschil tussen primair en secundair net: het primaire transportnet (vaak staal) en het secundaire distributienet naar de woningen (kunststof). Levensduur van de leidingen is afhankelijk van temperatuur. De locatie van de bron, de lengte van de leiding en het distributiepunt zijn essentieel.

Belangrijke vragen: welke bron? Welke temperatuur? Wat is de warmtevraag?

Er is data rond de A9: Bullewijk, Amstel 3 en het ziekenhuis. Leidingen moeten bestand zijn tegen temperatuur; bij ZLT is dat een probleem omdat er lage temperatuur door de leidingen gaat, dit kan niet opeens hoog worden. Bij temperaturen boven de 70°C verouderen leidingen sneller.

Aquathermie kan als back-up worden gezien. Vanuit het warmteoverdrachtstation (ook wel 'wosje' genoemd) kan je eventueel opwarmen met een boosterwarmtepomp. Je tekent het netwerk vanuit dit station in de wijk. Zonder 3.500 woningen is er geen sluitende businesscase. Met bodemlussen in blokjes is er wellicht iets mogelijk. Een businesscase vereist minimaal 60% deelname (ca. 3500 woningen).

Vattenfall belemmert samenwerking tussen wijken, daarom wordt per wijk gekeken zoals we doen in HO. Participatie wordt hopelijk bevorderd door de resultaten van de studenten. De opties worden gepresenteerd: wil men verder en welke kleur kiest men, dan volgt een haalbaarheidsstudie. Er wordt voorgesteld één alternatief uit te werken.

Een deel van de wijk doet mee, andere delen gebruiken kleine bodemlussen of warmtepompen. Het is belangrijk om te onderzoeken welke bewoners wat willen.

Energielabels zijn in 2025 nog vaak twee stappen lager dan ze zouden kunnen zijn. Door duurzame verwarming kan dit verbeteren. Er wordt voorgesteld om energielabels te beschrijven via de NTA.

## Appendix X: In- en exclusies investeringskosten

### Inclusies investeringskosten:

- Boorkosten (incl. materiaal, tests, afvoer afval)
- Kosten voor pompen (ESP)
- Kosten voor gas- of olieafvang
- Kosten voor bovengrondse warmtewisselaar
- Kosten voor een warmtepomp (voor ondiepe geothermie en optioneel voor diepe geothermie)
- Kosten voor bovengrondse installatie
- Kosten voor verzekeringen
- Aansluiting op transportnet warmte (stelpost)
- Restwaarde na einde levensduur project (20% van de voor het basisbedrag in aanmerking komende investeringskosten)

### Exclusies investeringskosten:

- Kosten voor een warmtedistributienet naar de afnemers
- Kosten voor lokale woning- of gebouwaansluitingen
- Kosten voor een vervangende en/of aanvullende warmtevoorziening (ketel, WKK)(back-up)
- Kosten voorbereidingstraject, inclusief financieringskosten en kosten ten gevolge van juridische procedures
- Kosten voor geologisch vooronderzoek
- Kosten voor vergunningen en contracten



## Appendix Y: GJ-berekening geothermie

### **Gegeven:**

Thermisch output vermogen: 14MWth = 14.000 kWth

Vollasturen: 3500 uur/jaar

Elektriciteitsverbruik: 3602 MWh/jaar

### **Jaarlijkse thermische energieproductie in kWh:**

$14.000 \text{ kWth} \times 3.500 \text{ uur} = 49.000.000 \text{ kWh/jaar}$

Omrekenen naar gigajoule (GJ)

$1 \text{ kWh} = 0,0036 \text{ GJ} \rightarrow 49.000.000 \text{ kWh} \times 0,0036 = 176.400 \text{ GJ/jaar}$

# Appendix Z: Businesscase Geothermie

| Beschrijving / Jaar                                | 1         | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       | 13       | 14       | 15       | 16       | 17       | 18       | 19       | 20       | 21       | 22       | 23       | 24       | 25       | 26       | 27       | 28       | 29       | 30       |
|----------------------------------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| UITGAVEN                                           |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Diepe geothermie (70 °C) (10.959 kW)               | -23.119 € | -1.215 € | -1.252 € | -1.289 € | -1.328 € | -1.368 € | -1.409 € | -1.451 € | -1.495 € | -1.540 € | -1.586 € | -1.633 € | -1.682 € | -1.733 € | -1.785 € | -1.838 € | -1.893 € | -1.950 € | -2.009 € | -2.069 € | -2.131 € | -2.195 € | -2.261 € | -2.329 € | -2.399 € | -2.471 € | -2.545 € | -2.621 € | -2.700 € | -2.781 € |
| Generieke bronleiding                              | -413 €    | -4 €     | -4 €     | -4 €     | -5 €     | -5 €     | -5 €     | -5 €     | -5 €     | -5 €     | -5 €     | -6 €     | -6 €     | -6 €     | -6 €     | -6 €     | -7 €     | -7 €     | -7 €     | -7 €     | -7 €     | -8 €     | -8 €     | -8 €     | -8 €     | -9 €     | -9 €     | -9 €     | -9 €     | -10 €    |
| Warmeoverdrachtstation (WOS) (13699 kW)            | -6.369 €  | -191 €   | -197 €   | -203 €   | -209 €   | -215 €   | -222 €   | -228 €   | -235 €   | -242 €   | -249 €   | -257 €   | -264 €   | -272 €   | -281 €   | -289 €   | -298 €   | -307 €   | -316 €   | -325 €   | -335 €   | -345 €   | -355 €   | -366 €   | -377 €   | -388 €   | -400 €   | -412 €   | -424 €   | -437 €   |
| 617m hoofdnet (Staal 2-pijps (70 °C))              | -623 €    | -6 €     | -7 €     | -7 €     | -7 €     | -7 €     | -7 €     | -8 €     | -8 €     | -8 €     | -8 €     | -9 €     | -9 €     | -9 €     | -10 €    | -10 €    | -10 €    | -10 €    | -10 €    | -11 €    | -11 €    | -11 €    | -12 €    | -12 €    | -13 €    | -13 €    | -14 €    | -14 €    | -15 €    |          |
| Generiek pompstation (13689 kW)                    | -1.647 €  | -49 €    | -51 €    | -52 €    | -54 €    | -56 €    | -57 €    | -59 €    | -61 €    | -63 €    | -64 €    | -66 €    | -68 €    | -70 €    | -73 €    | -75 €    | -77 €    | -79 €    | -82 €    | -84 €    | -87 €    | -89 €    | -92 €    | -95 €    | -98 €    | -100 €   | -103 €   | -107 €   | -110 €   | -113 €   |
| 8.911m distributienet (Staal 2-pijps (70 °C))      | -5.094 €  | -52 €    | -54 €    | -55 €    | -57 €    | -58 €    | -60 €    | -62 €    | -64 €    | -66 €    | -68 €    | -70 €    | -72 €    | -74 €    | -76 €    | -79 €    | -81 €    | -83 €    | -86 €    | -88 €    | -91 €    | -94 €    | -97 €    | -100 €   | -103 €   | -106 €   | -109 €   | -112 €   | -115 €   | -119 €   |
| 7.297m gebouwaansluitingen (Staal 2-pijps (70 °C)) | -3.461 €  | -35 €    | -36 €    | -37 €    | -39 €    | -40 €    | -41 €    | -42 €    | -43 €    | -45 €    | -46 €    | -47 €    | -49 €    | -50 €    | -52 €    | -53 €    | -55 €    | -57 €    | -58 €    | -60 €    | -62 €    | -64 €    | -66 €    | -68 €    | -70 €    | -72 €    | -74 €    | -76 €    | -78 €    | -81 €    |
| Afleveret warmte/tapwater                          | -1.374 €  | -32 €    | -33 €    | -34 €    | -35 €    | -36 €    | -37 €    | -38 €    | -39 €    | -40 €    | -42 €    | -43 €    | -44 €    | -45 €    | -47 €    | -2.140 € | -50 €    | -51 €    | -53 €    | -54 €    | -56 €    | -57 €    | -59 €    | -61 €    | -63 €    | -65 €    | -67 €    | -69 €    | -71 €    | -73 €    |
| Elektriciteit (19.728 kWh)                         | -4 €      | -4 €     | -4 €     | -4 €     | -4 €     | -4 €     | -4 €     | -4 €     | -5 €     | -5 €     | -5 €     | -5 €     | -5 €     | -5 €     | -5 €     | -6 €     | -6 €     | -6 €     | -6 €     | -6 €     | -7 €     | -7 €     | -7 €     | -7 €     | -7 €     | -7 €     | -8 €     | -8 €     | -8 €     | -8 €     |
| Aardgas (185.705 m3)                               | -235 €    | -242 €   | -249 €   | -256 €   | -264 €   | -272 €   | -280 €   | -288 €   | -297 €   | -306 €   | -315 €   | -325 €   | -334 €   | -344 €   | -355 €   | -365 €   | -376 €   | -388 €   | -399 €   | -411 €   | -424 €   | -436 €   | -449 €   | -463 €   | -477 €   | -491 €   | -506 €   | -521 €   | -537 €   | -553 €   |
| 11% Proces en ontwerpkosten                        | -4.857 €  | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      |
| 10% Post onvoorzien                                | -4.234 €  | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      |
| INKOMSTEN                                          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Bijdrage aansluitkosten (BAK)                      | 34.527 €  | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      | 0 €      |
| Inkomsten energiefacturen                          | 2.552 €   | 2.628 €  | 2.707 €  | 2.788 €  | 2.872 €  | 2.958 €  | 3.047 €  | 3.138 €  | 3.232 €  | 3.329 €  | 3.429 €  | 3.532 €  | 3.638 €  | 3.747 €  | 3.860 €  | 3.976 €  | 4.095 €  | 4.218 €  | 4.344 €  | 4.474 €  | 4.609 €  | 4.747 €  | 4.889 €  | 5.036 €  | 5.187 €  | 5.343 €  | 5.503 €  | 5.668 €  | 5.838 €  | 6.013 €  |
| TOTALEN                                            |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Totaal:                                            | -14.150 € | 798 €    | 822 €    | 846 €    | 872 €    | 898 €    | 925 €    | 952 €    | 981 €    | 1.010 €  | 1.041 €  | 1.072 €  | 1.104 €  | 1.137 €  | 1.171 €  | -886 €   | 1.243 €  | 1.280 €  | 1.318 €  | 1.358 €  | 1.399 €  | 1.441 €  | 1.484 €  | 1.528 €  | 1.574 €  | 1.621 €  | 1.670 €  | 1.720 €  | 1.772 €  | 1.825 €  |
| Contante waarde:                                   | -14.150 € | 752 €    | 731 €    | 710 €    | 690 €    | 671 €    | 652 €    | 633 €    | 615 €    | 598 €    | 581 €    | 565 €    | 549 €    | 533 €    | 518 €    | -370 €   | 489 €    | 475 €    | 462 €    | 449 €    | 436 €    | 424 €    | 412 €    | 400 €    | 389 €    | 378 €    | 367 €    | 357 €    | 347 €    | 337 €    |

Van initiatief naar verkenning: De eerste stap in de transitie!  
Versie 2

## Appendix AA: Nathan interview

Onderstaande bijlage bevat een samenvattende notulen van een overleg tussen de opdrachtnemers en Nathan. De notulen komt voort uit een ongestructureerd interview. De notulen is opgebouwd uit losse opmerkingen vanuit een presentatie over de werking van bodemenergiesystemen in de demo-ruimte van Nathan. De respondent is Sales Advisor van Nathan Projects.

**Nathan is gesproken op 25-04-2025 in het hoofdkantoor in Zevenaar (Mega 2, Zevenaar).**

Er wordt lage temperatuur gebruikt voor een sterke energie efficiëntie van de warmtepompen. De warmtepompen ontvangen ook liever lage temperaturen. Dit voorkomt condensvorming in de warmtepompen. Een warmtepomp gaat invriezen onder de 3 / 4 graden. Dit veroorzaakt storingsverschijnselen.

Nathan staat altijd in het contact met het warmtebedrijf, verder niet.

Respondent vindt het belangrijk om aan de voorkant van deze transitie de warmtebehoefte naar beneden te halen. Er wordt verwezen naar de principes van trias energetica en de essentie van isoleren van huizen. Als huizen in een nieuwe schil (energielabel) komen, betekent dit minder warmtevraag.

Een belangrijke vraag is, welke temperatuur wil je wijk in sturen?

Nathan houdt zich voornamelijk bezig met bodemenergie, dus rond de 500m diepte. Hierbij wordt aangegeven dat bodemenergie meer kansen biedt voor koelen want, hoe dieper, hoe warmer, hoe minder er gekoeld kan worden.

De wijk HO betekent: Laagbouw-> dus aparte afgiftes per woning -> dus een aparte vraag per woning-> dus ook aparte warmteverliezen.

Gesloten bodemlussen betekent dat je zelf eigenaar bent.

Ondiepe geothermie is vrijwel overal mogelijk maar er dient uiteraard rekening gehouden te worden met vergunningen. Creëert de installatie een kwetsbaar drinkwater gebied? Wat zijn vervolgens weer de oplossingen hiervoor?

Nathan boort bijvoorbeeld in een project op 220 meter diepte. Voor deze boring is aanzienlijk minder ruimte nodig in vergelijking met een diepe geothermie boring en er wordt gebruik gemaakt van boorstangen. Belangrijk is om rekening te houden met of de boorstangen uit de grond getrokken kunnen worden tijdens het boren.

Een bodemlus installatie betekent per woning een lus, dit geldt voor zowel collectief als individueel. Een lus levert 8KW per lus. Is er meer vraag dan dat? Dan zal er nog een lus geboort en geplaatst moeten worden.

Een warmtepomp werkt optimaal met een lage temperatuur. Hoe hoger de temperatuur, hoe meer elektra gebruikt moet worden, hoe minder de COP-waarde wordt en hoe langer de warmtepomp moet werken om op temperatuur te komen.

Er wordt grout gebruikt voor het dichten van het gat. Zo'n put levert tussen de 0-19 graden en komt niet onder 0 voor 25 jaar. Dit is ook zonder onderhoud van de bron. De onderhoud voor de bewoners bestaat uit het controleren van de temperatuur op jaarlijkse basis.

Nathan gebruikt een stof, de brine, waardoor de vloeistof niet invriest.

Respondent laat de opdrachtnemers een grote kast zien, een zogeheten energiemodule. Een ideale oplossing als er in de woning geen ruimte voor installaties beschikbaar is.

**De notulen wordt vervolgd met specifieke vragen die gesteld zijn:**

**Vraag 1:** Stel brine o.i.d wordt gebruikt bij aquathermie, dient er dan rekening gehouden te worden of deze stof niet het (drink)water aantast?

**Antwoord:** Ja.

**Van initiatief naar verkenning: De eerste stap in de transitie!**

Versie 2

**Vraag 2:** Terugkomend op de bodemlussen, is er een effect op de levering en grond als er meerdere bodemlussen naast elkaar geplaatst zijn?

**Antwoord:** Ja, een effectenstudie brengt dit helder in kaart. De bodemlussen kunnen elkaar inderdaad beïnvloeden. Er moet een afstand van 8-10 meter gehandhaafd worden tussen de boringen.

Bij een gemeente is hoogstwaarschijnlijk een bodemenergieplan opgesteld. Hier staan de richtlijnen in waar rekening mee gehouden moet worden. In Eindhoven bijvoorbeeld is veel vastgesteld wat het moeilijk maakt om bodemenergie te gebruiken.

Voor het aanleggen van bodemlussen in bestaande wijken moet afgevraagd worden of er een open of gesloten bodemenergie systeem gebruikt wordt. Of een WKO niet beter geschikt is? (een WKO heeft namelijk maar 2 boringen nodig) En wat de beuk maat is. (bruto breedte van een woning). Er kan ook meer dan alleen de eigen kavel van een woning gebruikt worden, bijvoorbeeld een nabijgelegen parkje o.i.d. Echter dient hier de gemeente te worden gevraagd voor goedkeuring.

**Vraag 3:** Hoe wordt de grootte van een WKO bepaald?

**Antwoord:** De grootte van een WKO is afhankelijk van hoeveel er opgewekt moet worden. Voor de levensverwachting van een WKO hanteren wij momenteel 75 jaar. Die 30 jaar gaat over de mechanische onderdelen die benodigd zijn voor de juiste werking.

**Vraag 4:** Hoeveel ruimte is er nodig voor het realiseren van bodemlussen?

**Antwoord:** De ruimte die nodig is voor bodemlussen is in theorie veel minder (dan geothermie), het kan gewoon in de voor/achtertuin. Echter, als er geen ruimte is voor het boren, wordt het een heel lastig verhaal om bodemlussen te gebruiken. Als collectief is een WKO weer interessant aangezien er maar 2 boringen hoeven plaats te vinden. Ook kan de initiële investering worden verspreid over meerdere afnemers om het bedrag lager te krijgen.

Als afsluiting is aquathermie nog behandeld, dat de stabiliteit van de plas belangrijk is om in kaart te brengen.

**Vraag 5:** Stel iedereen neemt een lucht/water warmtepomp, of überhaupt een warmtepomp, kan het net dit aan?

**Antwoord:** Een L/W warmtepomp heeft een veel hogere piekenergie vraag bijvoorbeeld. En stel deze schieten allemaal tegelijk in de ontstoot cyclus? Vul zelf maar in wat er vervolgens op het net gebeurt. Als toevoeging hierop is het goed om te melden dat bodemenergie goed is om het net te ontlasten.

**Vraag 6:** Welke type leidingen zijn ideaal, is dit voornamelijk PE? Als vervolg hierop, om hoeveel meter leiding gaat het doorgaans, is dit de diepte van de boring maal 2? (Doordat de leiding in een U-vorm wordt geplaatst)

**Antwoord:** Ja, PE of kunststof is het type leiding wat doorgaans gebruikt wordt. Het is namelijk een goed type leiding omdat er gespiegeld kan worden. Hierdoor kan eenvoudig de leiding verlengd worden waar nodig. Ook is kunststof niet biologisch afbreekbaar en gaat het net zo lang mee als de levensduur van het bodemenergiesysteem. De lengte is inderdaad de diepte van de boring maal 2. Stel we leggen een bodemlus in U-vorm van 140 meter aan. Dan is de lengte van de leiding 280 meter.

**Vraag 7:** Is er een 'maximale' schaal voor de bodemlussen i.c.m. bodemwarmtepomp? Zo ja, is dit dan afhankelijk van de ruimte op net en de interferentie met andere gesloten systemen?

**Antwoord:** Hiervoor kom ik terug op de interferentie en effectenstudie. Dit moet blijken of het plaatsen van de bodemenergiesystemen mogelijk is. Als er negatieve interferentie plaatsvindt is het plaatsen van de systemen namelijk niet mogelijk.

**Vraag 8:** Is er een schatting te maken over de doorlooptijd van een bodemlus project?

**Antwoord:** Wij gaan uit van 10-11 weken.

## Appendix BB: Meldingsplicht GBES

Voor de milieubelastende activiteit *Aanleg en gebruik van gesloten bodemenergiesystemen* gelden inhoudelijke regels uit hoofdstuk 4 van het Besluit activiteiten leefomgeving (bal). Het is verboden deze activiteit te starten zonder dit ten minste 4 weken van tevoren te melden. Naast dat de algemene gegevens, die bestaan uit de volgende gegevens:

- de aanduiding van de activiteit, bedoeld in hoofdstuk 4
- de naam en het adres van degene die de activiteit, bedoeld in hoofdstuk 3, verricht
- het adres, of de kadastrale aanduiding of coördinaten van de locatie waarop de activiteit, bedoeld in hoofdstuk 3, wordt verricht
- de dagtekening

dienen de volgende specifiekere gegevens gemeld te worden:

- een plattegrondtekening en situatietekening met daarop de ligging van de bodemlussen en het middelpunt. de tekeningen (schaal 1:1000) geven de lussen van het systeem weer, het middelpunt en de einddiepte van het systeem
- de einddiepte van de bodemlussen onder het maaiveld in meters
- de lengte van de bodemlussen in meters en
- de coördinaten van de bodemlussen en het middelpunt van het bodemenergiesysteem.

**Legenda**

- ☒ Interferentiegebied
- ☒ Bodemenergieplan
- ☒ Beleidsregel
- ☒ Masterplan

## Appendix FF: Berekening en toelichting matrix

### **Cv-ketel (gas):**

Energierkening: Bestaande uit tomahawk + onderstaande gegevens. = 2913 (jaarlijkse energierekening)  
 \* 1,1685 (zie BMV en ETS2, stijgingspercentage, zie gemiddelde prijsstijging) = €3.403,8405 /12  
 (maanden) = 283,65 (€284,- 'nieuwe' maandelijkse energielasten)

Het gemiddelde van het hoge en lage scenario voor de stijging van de gasprijs per m<sup>3</sup> is:

- **Laag scenario:** € 0,186 per m<sup>3</sup>
- **Hoog scenario:** € 0,269 per m<sup>3</sup>
- $(0,186+0,269)/2 = 0,2275$  gemiddelde prijsstijging

Procentuele prijsstijging=  $0,2275/1,35$  (aardgasprijs per m<sup>3</sup> volgens PBL, zie Appendix J:) = 16,85%

Geluidsproductie: 50-60 dB (*Stille Cv-ketel*, n.d.)

Ruimtelijke impact: 0,12m<sup>3</sup> (*Een Nieuwe Cv-ketel Kopen. Waar Moet Ik Op Letten?* n.d.)

### **Dataset toelichting**

De onderstaande tabel geeft de data weer die als input wordt gebruikt voor de afsluitende grafiek in hoofdstuk 6. De data is opgebouwd uit de investeringskosten en de jaarlijkse energierekening per adres. De kosten worden ieder jaar met elkaar opgeteld om de totale systeemkosten weer te kunnen geven. In jaar 15 worden de herinvesteringen die nodig zijn meegenomen voor (ondersteunden) technieken met een verlopen levensduur.

| Jaren     | Bodemlussen | Aquathermie | Geothermie | Warmtepomp | cv-ketel   |
|-----------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| <b>1</b>  | 23611       | 7295        | 38870      | 14313      | 5123       |
| <b>2</b>  | 24934       | 10861       | 42740      | 16408      | 8036       |
| <b>3</b>  | 26257       | 14427       | 46610      | 18503      | 11439,8405 |
| <b>4</b>  | 27580       | 17993       | 50480      | 20598      | 14843,681  |
| <b>5</b>  | 28903       | 21559       | 54350      | 22693      | 18247,5215 |
| <b>6</b>  | 30226       | 25125       | 58220      | 24788      | 21651,362  |
| <b>7</b>  | 31549       | 28691       | 62090      | 26883      | 25055,2025 |
| <b>8</b>  | 32872       | 32257       | 65960      | 28978      | 28459,043  |
| <b>9</b>  | 34195       | 35823       | 69830      | 31073      | 31862,8835 |
| <b>10</b> | 35518       | 39389       | 73700      | 33168      | 35266,724  |
| <b>11</b> | 36841       | 42955       | 77570      | 35263      | 38670,5645 |
| <b>12</b> | 38164       | 46521       | 81440      | 37358      | 42074,405  |
| <b>13</b> | 39487       | 50087       | 85310      | 39453      | 45478,2455 |
| <b>14</b> | 40810       | 53653       | 89180      | 41548      | 48882,086  |
| <b>15</b> | 63894       | 67368       | 95126      | 55334      | 54495,9265 |
| <b>16</b> | 65217       | 70934       | 98996      | 57429      | 57899,767  |
| <b>17</b> | 66540       | 74500       | 102866     | 59524      | 61303,6075 |

**Van initiatief naar verkenning: De eerste stap in de transitie!**

Versie 2

|           |       |        |        |       |            |
|-----------|-------|--------|--------|-------|------------|
| <b>18</b> | 67863 | 78066  | 106736 | 61619 | 64707,448  |
| <b>19</b> | 69186 | 81632  | 110606 | 63714 | 68111,2885 |
| <b>20</b> | 70509 | 85198  | 114476 | 65809 | 71515,129  |
| <b>21</b> | 71832 | 88764  | 118346 | 67904 | 74918,9695 |
| <b>22</b> | 73155 | 92330  | 122216 | 69999 | 78322,81   |
| <b>23</b> | 74478 | 95896  | 126086 | 72094 | 81726,6505 |
| <b>24</b> | 75801 | 99462  | 129956 | 74189 | 85130,491  |
| <b>25</b> | 77124 | 103028 | 133826 | 76284 | 88534,3315 |
| <b>26</b> | 78447 | 106594 | 137696 | 78379 | 91938,172  |
| <b>27</b> | 79770 | 110160 | 141566 | 80474 | 95342,0125 |
| <b>28</b> | 81093 | 113726 | 145436 | 82569 | 98745,853  |
| <b>29</b> | 82416 | 117292 | 149306 | 84664 | 102149,694 |
| <b>30</b> | 83739 | 120858 | 153176 | 86759 | 105553,534 |



## Appendix GG: Voorwaarden ISDE

Voor de aansluiting op een warmtenet kan een woningeigenaar een subsidie van €3.775,00 ontvangen mits voldaan wordt aan de volgende voorwaarden (*ISDE: Aansluiting Op Een Warmtenet*

*Woningeigenaren, 2025*):

- Voordat de woning in pandig aangesloten wordt, sluit de warmteleverancier de woning eerst aan op een warmtenet buiten de woning.
- Na de aansluiting op het warmtenet is de woning helemaal aardgasvrij. Dit houdt in dat verwarming en warm kraanwater via het warmtenet lopen.
- De aardgasmeter is verwijderd.
- De voorzieningen voor elektrisch koken, zoals een aangepaste meterkast en leidingen zijn aanwezig.
- Binnen 24 maanden na installatie moet de subsidie aangevraagd worden.
- Dit is de eerste ISDE die ontvangen wordt.
- Bewoner is geen lid van een (gemengde) Vereniging van Eigenaars (VvE) met een collectieve warmtevoorziening.

Voor de aansluiting van een warmtepomp kan een woningeigenaar een subsidie van €7.875,00 of € 2.800,00 ontvangen mits voldaan wordt aan de volgende voorwaarden (*ISDE: Warmtepomp*

*Woningeigenaren, 2025*):

- De warmtepomp is nieuw. Voor een tweedehands of gebruikt product wordt geen subsidie verleend.
- De warmtepomp wordt gebruikt voor ruimteverwarming of tapwaterverwarming.
- De warmtepomp wordt eerst geïnstalleerd, daarna kan de subsidie aangevraagd worden.
- Binnen 24 maanden na installatie moet de subsidie aangevraagd worden.
- De volledige installatie doet een bouwinstallatiebedrijf. De installatie mag niet zelf gedaan worden.
- De warmtepomp wordt geïnstalleerd in een woning met een bouwjaar voor 1 januari 2019.

Respectievelijk gaat het om de subsidie voor een bodemwarmtepomp en lucht/water warmtepomp. De bedragen komen voort uit de meldcodelijst van de RVO. Dit is een overzicht van alle warmtepomp die al eerder zijn goedgekeurd voor een subsidie. Voor de scenario analyse is de meest recente subsidie op 27-05-2025 gekozen.

## Appendix HH: EDO verkenningsfase

| Onderdelen verkenningsfase EDO                                            | Aanwezig in rapport? | Hoofdstuk       |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------|
| <b>1. Buurtanalyse / buurtscan</b>                                        |                      | 5               |
| 1.1 Geografische begrenzing: Kaart + afbakening                           |                      | 5               |
| 1.1.1 Bronnen                                                             |                      | 6               |
| 1.1.2 Bodempotentie                                                       |                      | 6               |
| 1.1.3 Elektriciteitsnet huidige en toekomstige situatie                   | Huidige situatie     | 5.1             |
| 1.2 Sociale kaart woningvoorraad                                          |                      | 5.1 + Bijlage M |
| 1.2.1 Type gebouwen                                                       |                      | 5.1             |
| 1.2.2 Leeftijd gebouwen                                                   |                      | 5.1             |
| 1.2.3 Eigendom gebouwen / vastgoed eigenaren                              |                      | 5.1             |
| 1.2.4 Energielabels/isolatiegraad                                         |                      | 5.1             |
| 1.2.5 Bouwplannen                                                         |                      | -               |
| 1.2.6 Aansluitlijst                                                       |                      | -               |
| 1.3 Energievraag                                                          |                      | -               |
| 1.3.1 Warmtevraag (nu en toekomst)                                        | Nu                   | 5.1             |
| 1.3.2 Koude vraag (nu en toekomst)                                        | Nu                   | 5.1             |
| 1.3.3 Huidige situatie                                                    |                      | -               |
| 1.4 Gemeentelijke plannen                                                 |                      | -               |
| Gemeentelijke Kaders & afwegingskader: bijvoorbeeld Transitievisie warmte |                      | -               |
| Koppelkansen: bijvoorbeeld vervanging riolering                           |                      | 7.2             |
| 1.5 Bewonersvisie en -behoefte: uitgangspunten van bewoners               |                      | -               |
| <b>2. Alternatieven Aardgas. Per technologie: 4 Warmteoplossingen</b>     |                      | 6 + Bijlage K   |
| 2.1 Algemene introductie                                                  |                      | 6 + Bijlage K   |
| 2.2 Criteria wat ervoor nodig is                                          |                      | 6               |
| 2.3 Praktijk voorbeelden                                                  |                      | 6 + 7           |
| <b>3. Afwegingskader / Multicriteria analyse</b>                          |                      | 6.5             |
| 3.1 Technisch                                                             |                      | 6.5             |
| 3.1.1 Impact elektriciteitsnet                                            |                      | 6               |
| 3.1.2 Impact op de bronpotentie                                           |                      | 6               |
| 3.2 Maatschappelijk                                                       |                      | -               |
| 3.3 Financieel                                                            |                      | 6               |
| 3.3.1. TCO?                                                               |                      | 6               |

| Legenda      | Kenmerk |
|--------------|---------|
| Ja           |         |
| Gedeeltelijk |         |
| Nee          |         |