




# Haalbaarheid riothermie Matchpoint Putten

12 februari 2019

## Verantwoording

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>Titel</b>           | Haalbaarheid riothermie Matchpoint Putten   |
| <b>Opdrachtgever</b>   | Gemeente Puten  |
| <b>Projectleider</b>   | Simon Bos   |
| <b>Auteur(s)</b>       | Lieke Noij, Geert van Rens  |
| <b>Projectnummer</b>   | 1264403   |
| <b>Aantal pagina's</b> | 30  |
| <b>Datum</b>           | 12 februari 2019  |
| <b>Handtekening</b>    |  |

## Colofon

Syntraal  
Handelskade 37  
Postbus 133  
7400 AC Deventer  
T +31 88 02 44 300  
E info@syntraal.nl

## Inhoud

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Inleiding .....  | 5  |
| 2     | Energievraag en -aanbod .....                                      | 7  |
| 2.1   | Type woningen.....   | 7  |
| 2.2   | Energievraag nieuwbouwwijk Matchpoint .....                        | 8  |
| 2.3   | Energieaanbod in Matchpoint en mogelijke scenario's .....          | 10 |
| 2.3.1 | Riothermie .....   | 10 |
| 2.3.2 | Warmte-koudeopslag.....  | 12 |
| 2.3.3 | Bodemplussen.....  | 13 |
| 2.3.4 | Voor- en nadelen van collectieve versus individuele systemen ..... | 14 |
| 3     | Distributie warmte middels riothermie .....                        | 16 |
| 3.1   | Collectieve distributie .....                                      | 16 |
| 3.2   | Koudevoorziening .....   | 17 |
| 3.2.1 | Bodemplussen.....  | 17 |
| 3.2.2 | Riothermie .....   | 17 |
| 4     | Investeringskosten en terugverdientijden .....                     | 18 |
| 4.1   | Scenario's .....   | 18 |
| 4.2   | Investeringskosten.....  | 18 |
| 4.2.1 | Riothermie met individuele warmtepompen.....                       | 18 |
| 4.2.2 | Investeringskosten bodemplussen.....                               | 19 |
| 4.2.3 | Investering collectief riothermiesysteem .....                     | 19 |
| 4.3   | Exploitatiekosten .....  | 20 |
| 4.3.1 | Riothermie met individuele warmtepompen.....                       | 20 |
| 4.3.2 | Riothermie met collectief systeem .....                            | 21 |
| 4.3.3 | Individuele bodemplussen met individuele warmtepompen.....         | 21 |
| 4.4   | Samenvatting .....   | 22 |
| 4.5   | CO <sub>2</sub> reductie.....                                      | 23 |
| 4.5.1 | CO <sub>2</sub> emissie met aardgas en airco .....                 | 23 |
| 4.5.2 | CO <sub>2</sub> -emissie met riothermie.....                       | 23 |
| 4.5.3 | CO <sub>2</sub> -emissie met warmtepompen met bodemplussen.....    | 24 |
| 4.5.4 | Samenvatting reductie CO <sub>2</sub> -emissie .....               | 25 |

**Kenmerk** R001-1264403SCB-V02-avd-NL

|           |                               |    |
|-----------|-------------------------------|----|
| 5         | Conclusie en aanbeveling..... | 26 |
| 5.1       | Conclusie .....               | 26 |
| 5.2       | Aanbevelingen .....           | 27 |
| Bijlage 1 | Toelichting riothermie .....  | 28 |

## 1 Inleiding

Voor de gemeente Putten is een kanskaart voor riothermie gemaakt. Met deze (online) kaart is de warmtepotentie van het rioolstelsel binnen de gemeente inzichtelijk gemaakt. In het voorjaar van 2018 is de kanskaart gepresenteerd aan de gemeente en aan de Woningstichting Putten. Naar aanleiding van deze kanskaart is gesproken over de kansen om riothermie toe te passen bij de nieuw te bouwen woningen op de locatie Matchpoint aan de Nijkerkerstraat. Gezien de omstandigheden lijkt er een reële kans te zijn om riothermie te benutten voor de warmtevoorziening van deze woningen en in dit onderzoek wordt de haalbaarheid hiervan beschreven en onderbouwd.

Op de locatie Matchpoint worden 18 sociale huurwoningen en 10 koopwoningen gebouwd. Om dit mogelijk te maken is een verlegging van het riool noodzakelijk. De woningen zullen zogenaamde NOM-woningen zijn (Nul Op de Meter) en worden gebouwd conform de regels en eisen van het Bouwbesluit. Samenvattend zijn het energiezuinige woningen, die zo goed als zelfvoorzienend dienen te zijn qua energiebehoefte. In eerste instantie is voor de warmtevoorziening uitgegaan van zogenaamde bodemlussen, waarbij de warmte uit het (diepere) grondwater gewonnen wordt. Voor de elektrische voorziening worden de woningen voorzien van zonnepanelen.

Het doel van dit onderzoek is om te bepalen of de woningen kunnen worden voorzien van warmte en koude middels riothermie en welke kosten hiermee gepaard gaan. Het riool dat over de locatie loopt, wordt voor de realisatie over een lengte van circa 80 m verlegd.

Uit de riothermie kanskaart blijkt dat dit riool voldoende warmtepotentie bevat voor de te realiseren woningen. De vragen voor de haalbaarheid van belang zijn, zijn de volgende:

- Kunnen de woningen van warmte en eventueel koude voorzien worden door riothermie en hoe kan dit technisch gerealiseerd worden?
- Wat zijn de voor- en nadelen van warmtevoorziening middels riothermie ten opzichte van de individuele bodemlussen?
- Wat zijn de kosten (realisatie, beheer en onderhoud) van een riothermiesysteem in vergelijking met de kosten van bodemlussen?
- In tegenstelling tot individuele aansluitingen, is bij een collectief systeem de Warmtewet van toepassing. Dit is niet wenselijk vanuit de NOM-gedachte, omdat bij een collectief systeem alsnog sprake is van een 'externe' warmteleverancier waar de bewoners een contract mee dienen te sluiten. De vraag is of middels riothermie ook tot individuele systemen gekomen kan worden, zodat de Warmtewet niet van toepassing is.



Figuur 1.1: Projectgebied Matchpoint

In essentie is de vraag om aan te tonen hoe de warmtevoorziening door riothermie zich technisch en financieel verhoudt ten opzichte van warmtevoorziening door bodemplussen. Daarnaast is de 'uitdaging' om de warmtevoorziening door riothermie buiten de leveringsvoorschriften van de Warmtewet te kunnen realiseren en organiseren. Om deze vragen te beantwoorden c.q. de haalbaarheid aan te tonen, gaan we in dit onderzoek achtereenvolgens in op de analyse van de warmtevraag en het warmteaanbod (hoofdstuk 2), de technische dimensionering (hoofdstuk 3) en de financiële kant van het geheel (hoofdstuk 4). In bijlage 1 wordt een nadere beschrijving van riothermie gegevens als achtergrondinformatie.

## 2 Energievraag en -aanbod

### 2.1 Type woningen

Het type woningen varieert van hoekwoningen tot aan bovenwoningen. Vanuit de gemeente Putten zijn er gegevens ontvangen over het type en aantal woningen. Zie hiervoor Tabel 2-1. In dit rapport is gerekend met 28 woningen. Aan deze woningen zijn oppervlaktes gekoppeld, welke zijn gegeven door de gemeente Putten. Het aantal lagen van de woningen kan nog verschillen, er is gerekend met het maximale aantal woonlagen dat past binnen de gegeven bouwhoogte.

Tabel 2-1: Gegevens type woningen en aantallen (gemeente Putten)

| Type woning     | Aantal | Afmetingen (m) | (m) | Aantal lagen | Oppervlakte per woning (m <sup>2</sup> ) | Oppervlakte totaal (m <sup>2</sup> ) |
|-----------------|--------|----------------|-----|--------------|--|--------------------------------------|
| Nultredenwoning | 6      | 6,4            | 12  | 2            | 153,6                                    | 921,6                                |
| Benedenwoning   | 4      | 10             | 10  | 1            | 100                                      | 400                                  |
| Bovenwoningen   | 8      | 5              | 10  | 1            | 50                                       | 400                                  |
| Rijwoning       | 6      | 5,4            | 10  | 3            | 162                                      | 972                                  |
| Hoekwoning      | 4      | 5,4            | 10  | 3            | 162                                      | 648                                  |
| Totaal          | 28     |                |     |              |  | 3.342                                |

Een aantal vergelijkbare type woningen zijn samengevoegd om het energieverbruik te bepalen voor warmte, koude en tapwater. Zie hiervoor Tabel 2-2

Tabel 2-2: Gegevens type woningen en aantallen voor berekeningen (gemeente Putten)

| Type woning              | Aantal | Afmetingen (m) | (m) | Aantal lagen | Oppervlakte per woning (m <sup>2</sup> ) | Oppervlakte totaal (m <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|--------|----------------|-----|--------------|--|--------------------------------------|
| Nultredenwoning          | 6      | 6,4            | 12  | 2            | 153,6                                    | 921,6                                |
| Benedenwoning            | 4      | 10             | 10  | 1            | 100                                      | 400                                  |
| Bovenwoningen            | 8      | 5              | 10  | 1            | 50                                       | 400                                  |
| Rijwoning/<br>hoekwoning | 10     | 5,4            | 10  | 3            | 162                                      | 1.620                                |
| Totaal                   | 28     |                |     |              |  | 3.342                                |

Het uitgangspunt voor de woningen in deze studie is BENG (bijna energieneutrale gebouwen). In Nederland wordt de energieprestatie voor BENG-woningen vastgelegd aan de hand van de volgende drie eisen (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2015)<sup>1</sup>:

1. Een maximale jaarlijkse energiebehoefte van 25 kWh per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak per jaar voor verwarming en koeling opgeteld.
2. Een maximaal primair fossiel energiegebruik van 25 kWh per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak per jaar
3. Minimaal 50 procent hernieuwbare energie

<sup>1</sup> Voor toepassing van de eisen is het heel belangrijk om de exacte definities te kennen met betrekking tot energieverbruik en hernieuwbare energie. Raadpleeg dus altijd de bron.

De gemeente heeft de wens om op wijkniveau NOM-woningen te realiseren, nul op de meter. Dit houdt in dat een jaar na oplevering alle energie, zowel warmte als elektra uit een duurzame bron afkomstig zijn. Bij warmte wordt in dit onderzoek ingegaan op bodemwarmte (bodemplussen) en warmte uit het riool (riothermie). Bij elektriciteitsopwekking kan gedacht worden aan zonnepanelen.

## 2.2 Energievraag nieuwbouwwijk Matchpoint

Het verbruik is onderverdeeld naar verbruik voor koeling, tapwater en ruimteverwarming per type woning volgens Tabel 2-3. De som van koeling en ruimteverwarming mag de 25 kWh/m<sup>2</sup> niet overschrijden volgens de BENG-eisen. Voor de verdeling tussen koeling en verwarming is een inschatting gemaakt. Het daadwerkelijke ontwerp van de woningen bepaald de balans tussen koeling en verwarming. Het tapwaterverbruik is bepaald op basis van het aantal bewoners die we verwachten en een representatief tapwaterverbruik, zie Tabel 2-5.

Tabel 2-3: Energieverbruik per woning per type woning

|  | Benedenwoning | Hoek- en tussenwoning | Nultredenwoning | Bovenwoning |
|--|---------------|-----------------------|-----------------|-------------|
| Koeling in kWh/m <sup>2</sup> /jaar          | 5,0           | 3,8                   | 3,8             | 7,5         |
| Tapwaterverbruik kWh/m <sup>2</sup> /jaar    | 15,3          | 10,4                  | 10,9            | 30,6        |
| Ruimteverwarming in kWh/m <sup>2</sup> /jaar | 20,0          | 21,3                  | 21,3            | 17,5        |
| Totaal in kWh/m <sup>2</sup> /jaar           | 40,3          | 35,5                  | 36,0            | 55,6        |

Vervolgens is het vermogen voor ruimteverwarming bepaald op basis van een aanname van het aantal graaduren bij het NEN-5060 referentiejaar en het tapwatervermogen is bepaald op basis van het boilervolume (zie Tabel 2-5 en een acceptabele opwarmtijd van 3 uur). Hierbij is het van belang om rekening te houden met het elektrische energieverbruik voor de verschillende onderdelen. Hiervoor geldt een richtlijn van maximaal 25 kWh/m<sup>2</sup> voor koelen en ruimteverwarming.

Voor het vermogen van koeling is uitgegaan dat de warmtevraag leidend is in de dimensionering. Het koelvermogen volgt dan uit het gekozen concept en is passieve koeling (bodemplussen) of actieve koeling (riothermie).

Tabel 2-4: Vermogen per woning voor verschillende woningtypes

|                          | Benedenwoning          | Hoek- en tussenwoning  | Nultredenwoning        | Bovenwoning            |
|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Koeling in kW            | Warmtevraag is leidend | Warmtevraag is leidend | Warmtevraag is leidend | Warmtevraag is leidend |
| Tapwater in kW           | 2,0                    | 3,6                    | 3,6                    | 2,0                    |
| Ruimteverwarming in kW   | 2,5                    | 4,1                    | 3,8                    | 1,3                    |
| Totale warmtevraag in kW | 4,5                    | 7,7                    | 7,5                    | 3,3                    |



Voor het tapwater wordt uitgegaan van een representatief aantal personen per huishouden. Er wordt aangesloten bij minimale eisen van ISSO<sup>2</sup> en verwachte situatie met betrekking tot bad en douche. Deze tapwater boilers zijn zeker niet overdreven groot, zie verder Tabel 2-5 voor de gegevens waarmee gerekend is.

Tabel 2-5: Gebruikte gegevens voor tapwaterberekening

| Woningtype            | Aantal | Gebruiksoppervlakte gemiddeld in Nederland (m <sup>2</sup> ) | Aantal personen per huishouden | Tapwater boiler (l) |
|-----------------------|--------|--|--------------------------------|---------------------|
| Benedenwoning         | 4      | 100  | 2                              | 100                 |
| Bovenwoning           | 8      | 50   | 2                              | 100                 |
| Nultredenwoning       | 6      | 153,6  | 2,2                            | 180                 |
| Hoek- en tussenwoning | 10     | 162  | 2,2                            | 180                 |

Het totale energieverbruik van de woningen is berekend en de resultaten staan in Tabel 2-6. Per woningtype is berekend hoeveel het totale energieverbruik zal zijn in de BENG-situatie. Het totale verbruik voor verwarming, warm tapwater en koeling van alle woningen zal uitkomen op 128.769 kWh/jaar.

Tabel 2-6: Totaal energieverbruik per woningtype

| Energieverbruik              | Benedenwoning | Hoek- en tussenwoning | Nultredenwoning | Bovenwoning | Totaal  |
|------------------------------|---------------|-----------------------|-----------------|-------------|---------|
| Koeling in kWh/jaar          | 2.000         | 6.075                 | 3.456           | 3.000       | 14.531  |
| Tapwaterverbruik kWh/jaar    | 6.112         | 16.808                | 10.085          | 12.224      | 45.228  |
| Ruimteverwarming in kWh/jaar | 8.000         | 34.425                | 19.584          | 7.000       | 69.009  |
| Totaal kWh/jaar              | 16.112        | 57.308                | 33.125          | 22.224      | 128.769 |

Het vermogen voor tapwater en ruimteverwarming is ook berekend voor alle woningen. Voor de koeling is de warmtepomp leidend. De totale warmtevraag voor tapwater en ruimteverwarming voor alle woningen komt neer op ongeveer 170 kW, zie Tabel 2-7.

Tabel 2-7: Totaal opgesteld vermogen per woningtype

| Vermogen                          | Benedenwoning          | Hoek- en tussenwoning  | Nultredenwoning        | Bovenwoning            | Totaal                 |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Koeling in kW                     | Warmtevraag is leidend | Warmtevraag is leidend | Warmtevraag is leidend | Warmtevraag is leidend | Warmtevraag is leidend |
| Tapwater in kW/woningtype         | 8,1                    | 36,2                   | 21,7                   | 16,1                   | 82,1                   |
| Ruimteverwarming in kW/woningtype | 10,0                   | 40,5                   | 23,1                   | 10,0                   | 83,5                   |
| Totale warmtevraag in kW          | 18,1                   | 76,7                   | 44,8                   | 26,1                   | 165,7                  |

<sup>2</sup> Onafhankelijke stichting Instituut voor Studie en Stimulering van Onderzoek op het gebied van gebouwinstallaties

## 2.3 Energieaanbod in Matchpoint en mogelijke scenario's

Voor de nieuwbouwwijk Matchpoint te Putten is er de mogelijkheid om de wijk te voorzien van duurzame warmte, dit komt doordat er een riool ligt met de potentie voor het winnen van thermische energie. Dit riool is ook zichtbaar in de kanskaart riothermie. Het riool loopt nu over het terrein en zal voor de aanleg van Matchpoint verplaatst worden. Er zijn verschillende scenario's mogelijk:

1. Riothermie in het vrijval riool
2. Riothermie in het vrijval riool in combinatie met WKO
3. Bodemlussen individueel

### 2.3.1 Riothermie

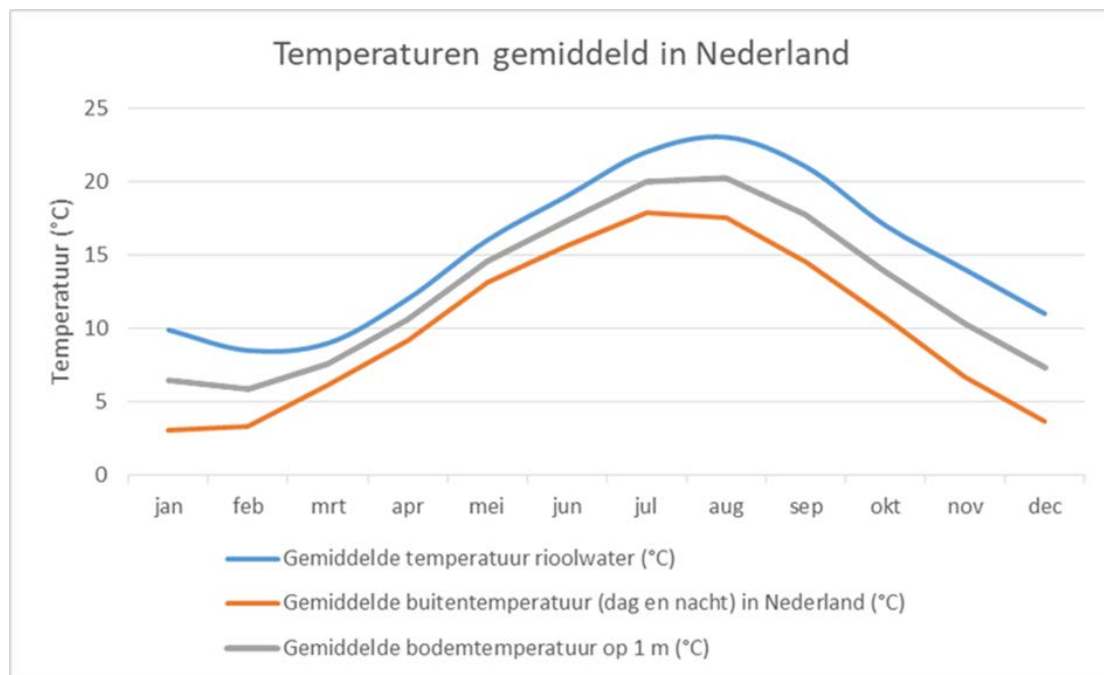
Voor het energieaanbod is er gekeken naar de mogelijkheid voor het toepassen van riothermie, namelijk in een vrijval gemeentelijk riool. Het gemeentelijk riool ligt onder de nieuw te bouwen wijk, dit riool wordt dan ook over een lengte van 80 m verplaatst. Zie voor de ligging van het riool Figuur 2.1. Riothermie is een methode waarmee thermische energie uit de waterketen kan worden teruggewonnen. Hiertoe wordt een warmtewisselaar in de riolering geplaatst waarmee warmte of koude wordt gewonnen. Deze temperaturen zijn nog relatief laagwaardig. Door middel van een warmtepomp wordt de temperatuur naar een bruikbaar niveau gebracht. De techniek is wereldwijd al veelvuldig toegepast. Daarbij is bewezen dat het jaarlijkse energiegebruik door middel van riothermie flink wordt verlaagd. Riothermie kan met andere technieken, zoals WKO (Warmte Koude opslag), geïntegreerd worden om warmte en/of koude op het juiste moment te leveren.



Figuur 2.1: Ligging riool bij Matchpoint Putten (kanskaart riothermie Tauw)

Uit de kanskaart riothermie die wij voor de gemeente Putten hebben gemaakt, blijkt het riool voldoende potentie te bevatten om de woningen van Matchpoint van duurzame warmte te voorzien. In Figuur 2.1 is deze kaart weergegeven. De energie die uit een rioolbuis wordt verkregen wordt bepaald aan de hand van het droog weer afvoer (DWA) debiet. Dit betekent dat regenwater niet wordt meegenomen omdat dit geen constante vormt. Regenwater heeft overigens positieve invloed op de hoeveelheid winbare energie uit het riool. Alleen bij smeltwater kan de temperatuur van het afvalwater tijdelijk lager uitvallen.

De temperatuur van het rioolwater is niet gemeten; we zien vaak dat deze eenzelfde patroon vertoont als de grondtemperatuur. Op basis van diverse metingen zien we vaak onderstaande temperatuurverloop (Figuur 2.2).



Figuur 2.2: Temperaturen gemiddeld in Nederland (rioolwater, buitentemperatuur en bodemtemperatuur)

Uit het debiet en de diameter (600 mm) van het riool kan bepaald worden welk thermisch vermogen uit het riool kan worden gehaald. Het thermische vermogen wordt voor een riothermie systeem (indien geen WKO wordt toegepast) bepaald aan de hand van de situatie in de winter (temperatuur 10 °C). Het DWA-debiet van het riool dat over het terrein van Matchpoint loopt bedraagt indicatief gemiddeld 24 l/s. Dit is bepaald op basis van de riothermie kanskaart, welke uitgaat van kentallen. De uitkomst hiervan valt en staat met goede rioolkaarten. Er heeft geen debietmeting plaatsgevonden. In een vervolgonderzoek is dit noodzakelijk voor de exacte bepaling van het thermisch vermogen. Het rioolwater mag maximaal 2°C afgekoeld worden, omdat bij ene grotere afkoeling het water in de winterperiode 'te koud' wordt om op de zuivering efficiënt te kunnen be- en verwerken. Op basis van het debiet betekent dit dat er maximaal 200 kW uit het riool gewonnen mag worden. Het technisch te winnen vermogen hangt samen met het type rioolwarmtewisselaar. Verschillende types warmtewisselaar zijn op de markt beschikbaar. Sommigen zijn geïntegreerd in het riool (zoals hierna beschreven), anderen bevinden zich aan de buitenzijde van de riolering waarbij de transportvloeistof in een aparte leiding om het gehele riool cirkelt en de warmte op deze manier uit het afvalwater wint.

In een vrijval riool kunnen meerdere soorten warmtewisselaars geplaatst worden, namelijk van drie fabrikanten, Rabtherm, Uhrig Thermliner of Frank GmbH. Rabtherm is een systeem dat vooral geschikt is bij vervanging van de rioolbuis. Uhrig Thermliner is geschikt voor vrijval bestaande rioolbuizen. Bij het systeem van Frank bevindt de warmtewisselaar zich een de buitenzijde van het riool.

Deze systemen zijn meer geschikt voor riolen met een hoge vullingsgraad of riolen die ook (gedeeltelijk) in het grondwater liggen.

Aangezien dat het riool vervangen wordt over een lengte van 80 m lijkt Rabtherm het meest geschikt voor deze situatie. Op de foto in Figuur 2.3 is een voorbeeld van de Rabtherm warmtewisselaar opgenomen.



*Figuur 2.3: Rabtherm warmtewisselaar*

Het rendement van een warmtepomp wordt uitgedrukt in COP (coëfficiënt of performance), dit is de verhouding nuttige warmte en opgenomen energie. De COP van de warmtepomp is onder andere afhankelijk van het type warmtepomp, de bron- en afzettemperatuur en het type transportmedium. Een COP van 4 houdt in dat van de 4 eenheden geleverde warmte, 1 eenheid elektrisch is en 3 eenheden uit de bron afkomstig zijn. In totaal kan er op basis van het maximaal winbare vermogen maximaal 267 kW uit het riool worden opgewekt. Er is slechts 170 kW nodig. Een goed functionerend systeem heeft een COP van 4, wat in dit geval inhoudt dat de voor de op te wekken warmte een warmtewisselaar van 80 meter nodig is.

Om hier een definitief antwoord op te kunnen geven moet de potentie in het riool bevestigd worden met een debietmeting.

### **2.3.2 Warmte-koudeopslag**

Warmte-koudeopslag of ook wel WKO, is een systeem waarbij twee (grondwater) bronnen worden aangelegd. Eén bron zal dienen als bron voor warmte, en de andere als bron voor koude. Uit de warme

bron wordt grondwater gepompt, waar warmte uit wordt gehaald voor verwarming en tapwater van de gebouwen.

Deze warmte wordt door een warmtepomp op de gewenste gebruikstemperatuur gebracht. Hierdoor wordt het opgepompte water kouder. Dit koude water stroomt vervolgens door naar de koude bron, waar het in de bodem wordt geïnfiltreerd. Bij koeling gebeurt exact het tegenovergestelde. Grondwater wordt uit de koude bron gepompt en wordt gebruikt voor koeling van de gebouwen (meestal zonder tussenkomst van warmtepomp). Hierdoor wordt het water warmer en stroomt het naar de warme bron.

Warmte-koudeopslag is typisch geschikt voor utiliteit of collectieve systemen. Een WKO kan ook worden geladen door andere warmtebronnen, zoals riothermie. Dit maakt het mogelijk om toch de hele warmtevraag van een wijk te voorzien, wanneer het winbare vermogen in het riool onvoldoende is, maar de hoeveelheid energie jaarrond wel voldoende is. Dit is bovendien nodig, indien er een onbalans is in de energievraag, waarbij de koudevraag lager is dan de warmtevraag.

Voor de verschillende functionaliteiten zijn er meerdere configuraties mogelijk. Voordelen van de combinatie riothermie en WKO kunnen zijn:

- Vergroting van de afzet door het inzetten van twee soorten duurzame energie die elkaar versterken/aanvullen
- Besparing in fossiel energieverbruik en daardoor een lagere CO<sub>2</sub> uitstoot. Dit draagt bij aan het bereiken van de klimaatdoelstellingen van gemeenten in Nederland
- Efficiëncyvoordeel doordat de WKO en riothermie technieken gebruik maken van hetzelfde soort warmtenet bestaande onder andere uit warmtewisselaars, warmtepompen en een leidingnet

Er is gekeken of het mogelijk is om een WKO te realiseren in de wijk Matchpoint. Op basis van de (landelijke) WKO-tool blijkt de bodem onder het gebied geschikt te zijn om een WKO te kunnen installeren. Uit de berekeningen blijkt echter dat het niet noodzakelijk om een WKO te plaatsen, omdat voldoende thermische energie uit het riool gewonnen kan worden. Een WKO zou zinvol of nodig zijn als met name in de winterperiode het warmte-aanbod te klein is. In zo'n situatie kan in de zomerperiode meer warmte gewonnen worden, omdat het rioolwater dan warmer is. Deze warmte zou dan opgeslagen kunnen worden in een WKO om in de winterperiode te benutten.

### 2.3.3 Bodemlussen

Bodemlussen zijn qua werking heel anders dan een warmte-koudeopslag. Bodemlussen maken juist gebruik van de geleidbaarheid van de bodem, en werken dus niet door het oppompen van grondwater. Er worden nauwe gaten geboord, waarin een "lus" wordt gebracht, waar een water-glycol mengsel door heen stroomt. Het te winnen vermogen is vele malen kleiner dan bij WKO. De hoeveelheid winbare energie hangt af van de bodemgesteldheid en bedraagt 20-60 W per meter diepte.

Voordat bodemlussen worden toegepast is het verstandig om te kijken of bodemenergie-systemen toegestaan zijn. Uit de WKO-tool blijkt dat er geen beperkingen zijn op de locatie Matchpoint of in de omgeving.

Eisen aan gesloten bodemsystemen (lees bodemlussen) zijn gesteld in het Activiteitenbesluit Milieubeheer. In hoofdzaak zijn de volgende eisen van belang:

- De reeds aanwezige systemen in de bodem mogen niet negatief beïnvloed worden door de nieuw aan te leggen systemen. Er zijn geen aanwezige systemen volgens de WKO-tool
- In het geval van bodemlussen geldt de eis dat eens in de vijf jaar de bodem geen warmteoverschot mag hebben. Dat wil zeggen dat er niet meer warmte in de bron mag worden gestopt, dan er is uitgehaald.

In het provinciaal beleid wordt vervolgens vastgesteld of een koude overschot is toegestaan. Het is ook niet wenselijk om een te groot koude overschot te hebben, omdat anders de te onttrekken hoeveelheid vermogen te ver afneemt

- De aanvoertemperatuur van de vloeistof in de gesloten bodemwarmtewisselaar (dus de vloeistof die de wisselaar in gaat) dient tussen  $-3^{\circ}\text{C}$  en  $30^{\circ}\text{C}$  te liggen. Dat is normaliter geen probleem, maar de  $-3^{\circ}\text{C}$  wordt problematisch bij te klein gedimensioneerde bronnen. Grootste probleem is, dat als dit optreedt de warmtepomp uit bedrijf moet. Dat is dan juist bij hoge vermogensvraag in de winter. Een goede berekening van bodemlussen is (ook mede gezien de nabijgelegen huizen) een must. Mogelijk is een actieve balancering nodig. In dat geval is een collectieve oplossing beter en goedkoper
- Een individueel bodemenergiesysteem is niet de meest logische oplossing voor de bovenwoningen, omdat de bronnen van de bovenwoningen waarschijnlijk niet in eigen perceel zullen liggen. Dit is een aandachtspunt. Wellicht moet er een recht op opstal gevestigd worden

### 2.3.4 Voor- en nadelen van collectieve versus individuele systemen

Zowel individuele als collectieve oplossingen hebben voor- en nadelen. Individuele oplossingen hebben als voordeel dat er geen warmtenet of dergelijke gerealiseerd hoeft te worden en er daaraan gekoppeld ook geen collectieve distributie hoeft plaats te vinden. Een nadeel hierbij is dat de periode met de grootste warmtebehoefte (winter- en vorstperiodes) vaak periodes zijn met het laagste opwekkendement. Het gevolg is dat er een veel zwaardere 'aanslag' op het elektriciteitsverbruik zal plaatsvinden om toch in de warmtebehoefte te kunnen voorzien. Collectieve warmte-oplossingen kunnen de individuele piekvragen veel beter opvangen. Een keerzijde van een collectieve oplossing is echter de ruimtelijke inpassing en de distributie van warmte. Hiertoe zijn echter inmiddels voldoende partijen met ervaring in den lande. Daarnaast dient in ogenschouw genomen te worden dat bij het toepassen van een warmtepomp bijna altijd een overcapaciteit wordt geïnstalleerd, zodat er altijd voldoende warmte kan worden geleverd. Voor een individueel systeem geldt dat de overcapaciteit van alle individuele warmtepompen veel groter is, dan bij een collectief systeem. Dit heeft tot gevolg dat bij een individueel systeem het totaal geïnstalleerd vermogen veel groter is dan bij een collectief systeem. Hierbij speelt ook mee dat een collectief systeem een grotere buffercapaciteit heeft en daarmee energetisch veel efficiënter kan / zal zijn.

Verder zijn er nog enkele verschillen tussen een collectief systeem en individuele oplossingen, die ook in ogenschouw genomen dienen te worden. Ten aanzien van het ruimtebeslag geldt dat een collectief systeem nagenoeg geen ruimtebeslag op de woning legt. In tegenstelling tot individuele systemen, waar al snel rekening gehouden dient te worden met een minimaal ruimtebeslag in de woning van circa twee  $\text{m}^2$ . Verder speelt mee dat het onderhoud van een collectief systeem eenvoudiger en daardoor per

saldo minder kostbaar is. En tenslotte bevat een collectief systeem een back-up systeem en heeft daarmee een veel hogere warmteleverzekerheid en heeft het collectief inkopen van elektriciteit voor een warmtepomp een groot economisch voordeel.

## 3 Distributie warmte middels riothermie

### 3.1 Collectieve distributie

De warmte kan op verschillende manieren naar de woningen getransporteerd worden. Grofweg zijn er drie mogelijkheden denkbaar:

1. **Individueel**  
De warmte kan uit het riool gewonnen worden en middels een lage temperatuurnet naar de woningen worden gebracht. Elke woning dient dan te worden voorzien van een eigen warmtepomp, die de aangeleverde warmte op het gewenste niveau brengt
2. **Collectief HT**  
Een variant op het bovenstaande is het streven naar drie of vier 'collectieven'. Hierbij wordt het 'hoofdnet' gevoed door een lage temperatuur vanuit de rioolwisselaar. Per collectief wordt de warmte opgewaardeerd naar de gewenste gebruikstemperatuur en middels een aanvullende, hoge temperatuurnet naar de individuele woningen getransporteerd. De woningen behoeven in deze variant alleen voorzien te worden van een zogenaamde afleverset
3. **Collectief MT en HT (voor tapwater)**  
De warmte kan uit het riool gewonnen worden en direct op het gewenste temperatuurniveau gebracht worden. Hierna kan de warmte middels een hoge temperatuurnet door de wijk gedistribueerd worden en middels een afleverset in de woningen worden geleverd

Bij de eerste twee varianten is sprake van een bronnet, met als technische voordeel van de tweede variant dat er hierbij op een iets grotere schaal een buffering van warmte gerealiseerd kan worden, waardoor de directe afhankelijkheid van het riool minder groot is. Wanneer om welke reden dan ook kortdurend geen warmte aan het riool onttrokken kan worden, dan komt de warmtevoorziening in de woningen op deze wijze niet direct in gevaar. In de eerste variant zal op woningniveau de warmtebuffering gerealiseerd dienen te worden. Een bronnet valt (op basis van jurisprudentie) ook onder de Warmtewet, waarvoor dezelfde voorwaarden gelden als voor een warmtenet.

Bij de derde variant is er sprake van één systeem met één of twee warmtepompen. Het voordeel hiervan is dat de elektriciteit collectief ingekocht kan worden. Daarnaast hoeft de capaciteit niet overdreven groot te zijn. Daarnaast heeft de warmteleverancier de verplichting om een back-up voorziening te regelen. Keerzijde is wel dat er sprake is van meer dan 10 afnemers en daarmee is er formeel sprake van een warmtenet waarop de distributieregels van de warmtewet van toepassing zijn. Dit houdt onder andere in dat een 'warmtebedrijf' de warmtelevering, inclusief beheer & onderhoud voor zijn / haar rekening zal moeten nemen. Voordeel hiervan is dat bijvoorbeeld het regelen en organiseren van een service- en storingsdienst ook voor rekening van dit warmtebedrijf is. Zij zal hier echter wel de maximale tarieven van de warmtewet voor in rekening willen brengen.



## 3.2 Koudevoorziening

### 3.2.1 Bodemlussen

In het geval van het gebruik van bodemlussen kan er (mits de warmtevraag de koudevraag overschrijdt) gebruik gemaakt worden van natuurlijke koeling. Dat wil zeggen dat het door de woning opgewarmde “verwarmingswater” door de bodemlus wordt gekoeld. In de woning kan de koeling gerealiseerd worden door luchtkoeling (vergelijkbaar met traditionele airco), met vloerkoeling in de vloerverwarming of door actieve convectoren/radiatoren. De koeling moet wel ontworpen zijn voor de wat hogere koeltemperaturen van natuurlijke koeling. Is dat niet het geval dan kan de warmtepomp ook actief koelen (mits daar bij de aanschaf rekening mee gehouden is).

### 3.2.2 Riothermie

Bij riothermie moet onderscheid gemaakt worden tussen individuele warmtepompen en collectieve warmtepompen. In het geval van individuele warmtepompen kan de warmtepomp actief koelen. Indien dit gecombineerd wordt met slim tapwatermanagement leidt dat tot een beperkte verhoging van de energieconsumptie voor koeling.

In het geval van een collectief systeem moet de collectieve warmtepomp actief koelen. Bij een collectief systeem kunnen er twee fundamentele keuzes gemaakt worden. Indien er sprake is van een HT net, waaruit ook tapwater wordt opgewekt moet er een koude net naast gelegd worden. Indien er sprake is van een MT/HT net, kan de MT-warmte vervangen worden door koude in de zomer. Dat betekent wel dat er een moment komt, waarop de verwarming niet meer beschikbaar is. Hier moet in het bijzonder in de maanden april/mei en de maanden september/oktober zorgvuldig mee omgegaan worden. Als alternatief kan er ook een 6-pijps distributienet aangelegd worden. Hierbij kan koude, tapwater en verwarmingswater geleverd worden. Merk overigens op dat ook bij een collectief systeem een slimme combinatie tussen koude en tapwater gemaakt kan worden.

## 4 Investeringskosten en terugverdientijden

### 4.1 Scenario's

Op basis van de resultaten van het vorige hoofdstuk worden in dit hoofdstuk de kosten van de drie onderscheiden varianten uitgewerkt. Naast twee collectieve varianten, is hierbij ook gekozen voor de variant met individuele bodemlussen, omdat dit in eerste instantie de variant zou zijn die gerealiseerd zou worden:

- Riothermie met individuele warmtepompen
- Riothermie met collectieve warmtepompen
- Individuele bodemlussen met individuele warmtepompen

De variant met de WKO is in dit hoofdstuk niet meegenomen, omdat vanuit de beschikbare warmtecapaciteit een WKO niet noodzakelijk is. Een (extra) investering in een WKO is dan ook niet nodig in dit kader.

Alle genoemde kosten zijn afgerond en exclusief BTW.

### 4.2 Investeringskosten

#### 4.2.1 Riothermie met individuele warmtepompen

Er is berekend dat op basis van het indicatieve debiet uit de kansenkaart er een warmtewisselaar van 80 meter benodigd is. Dit komt exact overeen met het om te leggen tracé. Dat is toeval.

Omdat het riool verlegd moet worden, wordt gerekend met de meerkosten voor de rioolwarmtewisselaar. Vervolgens worden lage temperatuurleidingen naar de woningen gelegd. Een leidingnet voor de distributie van circa 200 meter lang kan alle woningen voorzien (enkele leiding).

De kosten voor warmtepomp inclusief tapwaterboiler zijn geraamd. Er is rekening gehouden met ISDE<sup>3</sup>. Echter de ISDE is niet van toepassing indien een warmtepomp wordt geïnstalleerd om aan het bouwbesluit te voldoen.

---

<sup>3</sup> InvesteringsSubsidie Duurzame Energie

Tabel 4.1 Kosten riothermie met individuele warmtepompen

| Investering individueel riothermie   |     |   |                |
|--------------------------------------|-----|---|----------------|
| Kosten warmtewisselaar gelegd        |     | € | 200.000        |
| Minderkosten aanleg riolering        |     | € | -135.000       |
| Verbindend leidingwerk naar huizen   |     | € | 11.500         |
| Warmtepompen individueel             |     | € | 270.000        |
| ISDE                                 |     | € | -78.500        |
| Onvoorzien (over het overige dan WP) | 15% | € | 11.500         |
| <b>Subtotaal</b>                     |     | € | <b>280.000</b> |
| Projectkosten                        | 15% | € | 42.000         |
| Engineering                          | 15% | € | 42.000         |
| <b>Totaal</b>                        |     | € | <b>364.000</b> |

#### 4.2.2 Investerings bodemlussen

De kosten voor de bodemlussen zijn geraamd, op basis van het ingeschatte vermogen. Voor het installeren van bodemlussen, dient altijd een berekening uitgevoerd te worden door een daartoe gecertificeerd bedrijf.

Daarna moeten deze lussen worden aangelegd door een daartoe gecertificeerd bedrijf. Merk op dat als er een te klein systeem aangelegd wordt, dat dat vaak pas na een aantal jaar merkbaar is, de grond bevriest (of de beveiliging van de warmtepomp grijpt in). Het gevolg is dat de bronnen op dat moment niet meer bruikbaar zijn (totdat ze ontdooien). Er moeten dan extra bronnen geboord worden. In dit geval is de berekening uitgevoerd op basis van kentallen. Dit strookt redelijk met ramingen van andere bedrijven.

Tabel 4.2 Investering individuele bodemlussen

| Investering individueel bodemlussen |  |   |                |
|-------------------------------------|--|---|----------------|
| Kosten bodemlussen gelegd           |  | € | 85.000         |
| Warmtepompen individueel            |  | € | 270.000        |
| ISDE                                |  | € | -78.500        |
| <b>Totaal</b>                       |  | € | <b>276.500</b> |

Bij de bovenstaande tabel zijn (in tegenstelling tot de raming in tabel 4-1) geen project- en engineeringkosten meegenomen, omdat deze kosten extern zijn aangeleverd. Daarbij is aangenomen dat deze posten in het totaal zijn verdisconteerd.

#### 4.2.3 Investering collectief riothermiesysteem

De investeringen voor het collectieve systeem zijn geraamd. De individuele warmtepompen zijn duurder dan de collectieve warmtepomp. Dit wordt echter gecompenseerd door het warmtenet, aansluitset, benodigde besturing en technische ruimte. Dit zou zich terug moeten verdienen door de lagere exploitatiekosten. Omdat de opgestelde capaciteit groter is dan 70 kW is er geen ISDE van toepassing.

Tabel 4.3 Investering collectief systeem met riothermie

| Investering collectief              |     |   |                |
|-------------------------------------|-----|---|----------------|
| Kosten warmtewisselaar gelegd       |     | € | 200.000        |
| Minderkosten riolering              |     | € | -135.000       |
| Verbindend leidingwerk naar WP      |     | € | 8.000          |
| Warmtepomp collectief               |     | € | 52.500         |
| Hydraulische aansluiting (stelpost) |     | € | 35.000         |
| Warmtenet                           |     | € | 40.000         |
| Aansluitset                         |     | € | 42.000         |
| Besturing (stelpost)                |     | € | 50.000         |
| Technische ruimte (stelpost)        |     | € | 60.000         |
| Onvoorzien                          | 15% | € | 52.875         |
| <b>Subtotaal</b>                    |     | € | <b>405.500</b> |
| Projectkosten                       | 15% | € | 60.825         |
| Engineering                         | 15% | € | 60.825         |
| <b>Totaal</b>                       |     | € | <b>527.150</b> |

## 4.3 Exploitatiekosten

### 4.3.1 Riothermie met individuele warmtepompen

Voor riothermie met individuele warmtepompen is aangenomen dat een standaard stroomaansluiting (3x25A) voldoende is. Voor de beneden en bovenwoningen geldt dat ongetwijfeld. Bij de hoek- en tussenwoningen moet hier specifiek naar gekeken worden. Omdat het net onder de warmtewet valt, moeten woningen individueel bemeterd worden. Hiervoor worden meetkosten gehanteerd conform de warmtewet.

Op basis van de te verwachten temperaturen in het bronnet wordt de COP voor verwarming en tapwater berekend. Voor de berekening van het verbruik wordt uitgegaan van de volgende gegevens: gemiddelde brontemperatuur voor verwarming: 9,7°C, gemiddelde brontemperatuur voor tapwater 13°C. De aanvoertemperatuur voor verwarming is 40°C en de aanvoertemperatuur voor tapwater 60°C. Voor koeling is gerekend met een COP<sub>c</sub> van 6,7. Er is gerekend met een herinvestering in de draaiende delen na 15 jaar. In Tabel 4.4 is dit in tabelvorm opgegeven, in Figuur 4.1 op grafische wijze.

Kenmerk

R001-1264403SCB-V02-avd-NL

Tabel 4.4 Uitgaven riothermie met individuele warmtepompen

| UITGAVEN RIOtherMIE IND.        | 0         | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10          | 11          | 12          | 13          | 14        | 15        |           |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| Investering                     | € 361.366 |           |           |           |           |           |           |           |           |           |             |             |             |             |           |           | € 256.178 |
| Onderhoudskosten                | € 5.631   | € 5.744   | € 5.859   |           | € 5.976   | € 6.095   | € 6.217   | € 6.341   | € 6.468   | € 6.598   | € 6.730     | € 6.864     | € 7.001     | € 7.141     | € 7.284   | € 7.430   |           |
| waaron draaiende delen          | € 4.854   | € 4.951   | € 5.050   |           | € 5.151   | € 5.254   | € 5.359   | € 5.466   | € 5.575   | € 5.687   | € 5.801     | € 5.917     | € 6.035     | € 6.156     | € 6.279   | € 6.404   |           |
| waaron vaste delen              | € 777     | € 793     | € 809     |           | € 825     | € 841     | € 858     | € 875     | € 893     | € 911     | € 929       | € 947       | € 966       | € 986       | € 1.005   | € 1.026   |           |
| Elektriciteitskosten variabel   | € 5.015   | € 5.115   | € 5.218   |           | € 5.322   | € 5.428   | € 5.537   | € 5.648   | € 5.761   | € 5.876   | € 5.993     | € 6.113     | € 6.236     | € 6.360     | € 6.488   | € 6.617   |           |
| Extra Elektriciteitskosten vast | € -       | € -       | € -       |           | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -         | € -         | € -         | € -         | € -       | € -       |           |
| Meerkosten                      | € 599     | € 611     | € 623     |           | € 635     | € 648     | € 661     | € 674     | € 688     | € 701     | € 715       | € 730       | € 744       | € 759       | € 774     | € 790     |           |
| Bevrijd                         | € -       | € -       | € -       |           | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -         | € -         | € -         | € -         | € -       | € -       |           |
| Aflossing                       | € -       | € -       | € -       |           | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -         | € -         | € -         | € -         | € -       | € -       |           |
| Uitgaven totaal                 | € 361.366 | € 11.245  | € 11.470  | € 11.699  | € 11.933  | € 12.172  | € 12.415  | € 12.663  | € 12.917  | € 13.175  | € 13.438    | € 13.707    | € 13.981    | € 14.261    | € 14.546  | € 14.836  |           |
| Cumulatieve uitgaven            | € 361.366 | € 372.611 | € 384.080 | € 395.779 | € 407.712 | € 419.884 | € 432.299 | € 444.962 | € 457.879 | € 471.054 | € 484.492   | € 498.199   | € 512.180   | € 526.441   | € 540.987 | € 555.823 |           |
|                                 | 16        | 17        | 18        | 19        | 20        | 21        | 22        | 23        | 24        | 25        | 26          | 27          | 28          | 29          | 30        |           |           |
| € 7.579                         | € 7.730   | € 7.885   | € 8.042   | € 8.203   | € 8.367   | € 8.535   | € 8.705   | € 8.880   | € 9.057   | € 9.238   | € 9.423     | € 9.611     | € 9.804     | € 10.000    |           |           |           |
| € 6.533                         | € 6.663   | € 6.796   | € 6.932   | € 7.071   | € 7.212   | € 7.357   | € 7.504   | € 7.654   | € 7.807   | € 7.963   | € 8.122     | € 8.285     | € 8.451     | € 8.620     |           |           |           |
| € 1.045                         | € 1.067   | € 1.088   | € 1.110   | € 1.132   | € 1.155   | € 1.178   | € 1.202   | € 1.226   | € 1.250   | € 1.275   | € 1.301     | € 1.327     | € 1.353     | € 1.380     |           |           |           |
| € 6.750                         | € 6.885   | € 7.022   | € 7.163   | € 7.306   | € 7.452   | € 7.601   | € 7.753   | € 7.908   | € 8.066   | € 8.228   | € 8.392     | € 8.560     | € 8.731     | € 8.906     |           |           |           |
| € -                             | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -         | € -         | € -         | € -         | € -       | € -       |           |
| € 806                           | € 822     | € 838     | € 855     | € 872     | € 889     | € 907     | € 925     | € 944     | € 963     | € 982     | € 1.002     | € 1.022     | € 1.042     | € 1.063     |           |           |           |
| € -                             | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -         | € -         | € -         | € -         | € -       | € -       |           |
| € -                             | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -         | € -         | € -         | € -         | € -       | € -       |           |
| € -                             | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -         | € -         | € -         | € -         | € -       | € -       |           |
| € 15.134                        | € 15.435  | € 15.745  | € 16.060  | € 16.381  | € 16.709  | € 17.043  | € 17.384  | € 17.732  | € 18.086  | € 18.448  | € 18.817    | € 19.193    | € 19.577    | € 19.968    |           |           |           |
| € 827.136                       | € 842.573 | € 858.318 | € 874.378 | € 890.759 | € 907.468 | € 924.511 | € 941.895 | € 959.627 | € 977.713 | € 996.161 | € 1.014.978 | € 1.034.172 | € 1.053.749 | € 1.073.718 |           |           |           |

### 4.3.2 Riothermie met collectief systeem

Voor riothermie met een collectief systeem is een energieverlies van 17% aangenomen. Dat lijkt wellicht veel, maar is reëel, wanneer tapwater met het collectieve systeem wordt opgewekt. Het verlies gaat namelijk ook door als er vrijwel niets verbruikt wordt. Overige parameters zijn gelijk gehouden aan het scenario van riothermie met individuele warmtepompen. Voor het berekende verbruik is vervolgens het tarief inclusief energiebelasting en opslag duurzame energie bepaald. Ook is het vastrecht bepaald. Voor de draaiende delen is een onderhoudspost van 4,5% van de investering per jaar opgenomen. Voor de vaste delen een post van 1% van de investering per jaar. Er is rekening gehouden met een herinvestering in de draaiende delen na 15 jaar. In dit geval zijn de meerkosten verrekend in de aansluitset per woning. In Tabel 4.5 is de exploitatie samengevat. In Figuur 4.1 is dat grafisch weergegeven.

Tabel 4.5 Exploitatie riothermie met collectieve warmtepomp

| UITGAVEN RIOtherMIE COL.      | 0           | 1           | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           | 9           | 10          | 11          | 12          | 13          | 14        | 15        |           |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| Investering                   | € 526.755   |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |           |           | € 224.854 |
| Onderhoudskosten              | € 8.747     | € 8.922     | € 9.100     |             | € 9.282     | € 9.468     | € 9.657     | € 9.851     | € 10.048    | € 10.249    | € 10.453    | € 10.663    | € 10.876    | € 11.093    | € 11.315  | € 11.541  |           |
| waaron draaiende delen        | € 6.625     | € 6.758     | € 6.893     |             | € 7.031     | € 7.172     | € 7.315     | € 7.461     | € 7.611     | € 7.763     | € 7.918     | € 8.076     | € 8.238     | € 8.403     | € 8.571   | € 8.742   |           |
| waaron vaste delen            | € 2.122     | € 2.184     | € 2.207     |             | € 2.251     | € 2.296     | € 2.342     | € 2.389     | € 2.437     | € 2.485     | € 2.536     | € 2.586     | € 2.638     | € 2.691     | € 2.745   | € 2.799   |           |
| Elektriciteitskosten variabel | € 4.363     | € 4.450     | € 4.539     |             | € 4.630     | € 4.723     | € 4.817     | € 4.914     | € 5.012     | € 5.112     | € 5.214     | € 5.319     | € 5.425     | € 5.534     | € 5.644   | € 5.753   |           |
| Elektriciteitskosten vast     | € 3.495     | € 3.564     | € 3.636     |             | € 3.708     | € 3.783     | € 3.858     | € 3.935     | € 4.014     | € 4.094     | € 4.176     | € 4.260     | € 4.345     | € 4.432     | € 4.521   | € 4.611   |           |
| Uitgaven uitbater             | € -         | € -         | € -         |             | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -       | € -       |           |
| Bevrijd                       | € -         | € -         | € -         |             | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -       | € -       |           |
| Aflossing                     | € -         | € -         | € -         |             | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -       | € -       |           |
| Uitgaven totaal               | € 526.755   | € 16.605    | € 16.937    | € 17.275    | € 17.621    | € 17.973    | € 18.331    | € 18.700    | € 19.074    | € 19.455    | € 19.844    | € 20.241    | € 20.646    | € 21.059    | € 21.480  | € 21.909  |           |
| Uitgaven cumulatief           | € 526.755   | € 543.360   | € 560.296   | € 577.572   | € 595.193   | € 613.160   | € 631.490   | € 650.189   | € 669.252   | € 688.687   | € 708.511   | € 728.731   | € 749.356   | € 770.387   | € 791.825 | € 813.670 |           |
|                               | 16          | 17          | 18          | 19          | 20          | 21          | 22          | 23          | 24          | 25          | 26          | 27          | 28          | 29          | 30        |           |           |
| € 11.772                      | € 12.008    | € 12.248    | € 12.493    | € 12.743    | € 12.998    | € 13.258    | € 13.523    | € 13.793    | € 14.069    | € 14.350    | € 14.637    | € 14.930    | € 15.229    | € 15.533    |           |           |           |
| € 8.917                       | € 9.095     | € 9.277     | € 9.463     | € 9.652     | € 9.845     | € 10.042    | € 10.243    | € 10.448    | € 10.657    | € 10.870    | € 11.087    | € 11.309    | € 11.535    | € 11.766    |           |           |           |
| € 2.855                       | € 2.913     | € 2.971     | € 3.030     | € 3.091     | € 3.153     | € 3.216     | € 3.280     | € 3.346     | € 3.412     | € 3.481     | € 3.550     | € 3.621     | € 3.694     | € 3.768     |           |           |           |
| € 5.872                       | € 5.990     | € 6.109     | € 6.232     | € 6.356     | € 6.483     | € 6.613     | € 6.745     | € 6.880     | € 7.018     | € 7.158     | € 7.301     | € 7.447     | € 7.596     | € 7.748     |           |           |           |
| € 4.703                       | € 4.797     | € 4.893     | € 4.991     | € 5.091     | € 5.193     | € 5.297     | € 5.402     | € 5.511     | € 5.621     | € 5.733     | € 5.848     | € 5.965     | € 6.084     | € 6.206     |           |           |           |
| € -                           | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -       | € -       |           |
| € -                           | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -       | € -       |           |
| € -                           | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -         | € -       | € -       |           |
| € 22.348                      | € 22.795    | € 23.251    | € 23.716    | € 24.190    | € 24.674    | € 25.167    | € 25.670    | € 26.184    | € 26.708    | € 27.242    | € 27.787    | € 28.342    | € 28.909    | € 29.487    |           |           |           |
| € 1.061.138                   | € 1.083.932 | € 1.107.183 | € 1.130.899 | € 1.155.088 | € 1.179.762 | € 1.204.929 | € 1.230.600 | € 1.256.784 | € 1.283.491 | € 1.310.733 | € 1.338.519 | € 1.366.862 | € 1.395.771 | € 1.425.258 |           |           |           |

### 4.3.3 Individuele bodemlussen met individuele warmtepompen

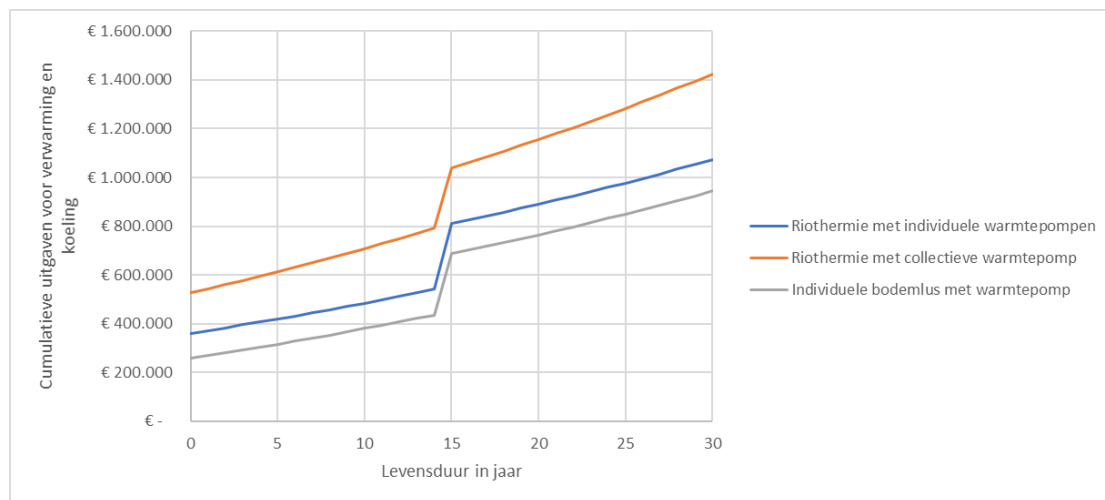
Voor individuele systemen met bodemlussen is de COP berekend. De aanvoertemperaturen zijn gelijk aan de aanvoertemperatuur van riothermie met individuele warmtepompen. De brontemperatuur voor verwarming is 2 graden voor verwarming en 4 graden voor tapwater. Er is gerekend met een herinvestering in de draaiende delen na 15 jaar (lees de warmtepomp). In Tabel 4.6 is de exploitatie in tabelvorm opgegeven en in Figuur 4.1 op grafische wijze.

Tabel 4.6 Uitgaven individuele bodemplussen en warmtepompen

| UITGAVEN BODEMPLUSSEN         | 0         | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        | 15        |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Investering                   | € 259.201 |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | € 236.583 |
| Onderhoudskosten              | € 5.332   | € 5.440   | € 5.548   | € 5.656   | € 5.764   | € 5.872   | € 5.980   | € 6.088   | € 6.196   | € 6.304   | € 6.412   | € 6.520   | € 6.628   | € 6.736   | € 6.844   | € 7.029   |
| - waarvan draaibode delen     | € 4.482   | € 4.572   | € 4.664   | € 4.756   | € 4.848   | € 4.940   | € 5.032   | € 5.124   | € 5.216   | € 5.308   | € 5.400   | € 5.492   | € 5.584   | € 5.676   | € 5.768   | € 5.915   |
| - waarvan vaste delen         | € 851     | € 868     | € 885     | € 903     | € 921     | € 939     | € 958     | € 977     | € 997     | € 1.017   | € 1.037   | € 1.057   | € 1.078   | € 1.099   | € 1.121   | € 1.123   |
| Elektrische kosten variabel   | € 5.740   | € 5.855   | € 5.972   | € 6.092   | € 6.214   | € 6.338   | € 6.465   | € 6.594   | € 6.726   | € 6.860   | € 6.998   | € 7.137   | € 7.280   | € 7.426   | € 7.574   |           |
| Extra Elektrische kosten vast | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       |
| Uitgaven uitbater             | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       |
| Reste                         | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       |
| Wissling                      | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       |
| Uitgaven totaal               | € 259.201 | € 11.074  | € 11.295  | € 11.521  | € 11.752  | € 11.987  | € 12.226  | € 12.471  | € 12.720  | € 12.975  | € 13.234  | € 13.499  | € 13.769  | € 14.044  | € 14.325  | € 251.194 |
| Cumulative uitgaven           | € 259.201 | € 270.275 | € 281.570 | € 293.091 | € 304.843 | € 316.829 | € 329.055 | € 341.526 | € 354.247 | € 367.221 | € 380.455 | € 393.954 | € 407.723 | € 421.767 | € 436.092 | € 687.286 |
|                               | 16        | 17        | 18        | 19        | 20        | 21        | 22        | 23        | 24        | 25        | 26        | 27        | 28        | 29        | 30        |           |
| €                             | 7.178     | € 7.322   | € 7.468   | € 7.617   | € 7.770   | € 7.925   | € 8.084   | € 8.245   | € 8.410   | € 8.578   | € 8.750   | € 8.925   | € 9.103   | € 9.285   | € 9.471   |           |
| €                             | 6.033     | € 6.154   | € 6.277   | € 6.402   | € 6.530   | € 6.661   | € 6.794   | € 6.930   | € 7.068   | € 7.210   | € 7.354   | € 7.501   | € 7.651   | € 7.804   | € 7.960   |           |
| €                             | 1.145     | € 1.168   | € 1.191   | € 1.215   | € 1.240   | € 1.264   | € 1.290   | € 1.315   | € 1.342   | € 1.369   | € 1.396   | € 1.424   | € 1.452   | € 1.481   | € 1.511   |           |
| €                             | 7.726     | € 7.880   | € 8.038   | € 8.199   | € 8.363   | € 8.530   | € 8.701   | € 8.875   | € 9.052   | € 9.233   | € 9.418   | € 9.606   | € 9.798   | € 9.994   | € 10.194  |           |
| €                             | -         | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       |           |
| €                             | -         | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       |           |
| €                             | -         | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       |           |
| €                             | -         | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       |           |
| €                             | -         | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       | € -       |           |
| €                             | 14.904    | € 15.202  | € 15.506  | € 15.816  | € 16.132  | € 16.455  | € 16.784  | € 17.120  | € 17.462  | € 17.811  | € 18.168  | € 18.531  | € 18.902  | € 19.280  | € 19.665  |           |
| €                             | 702.190   | € 717.392 | € 732.897 | € 748.714 | € 764.846 | € 781.301 | € 798.085 | € 815.205 | € 832.667 | € 850.478 | € 868.646 | € 887.177 | € 906.079 | € 925.358 | € 945.023 |           |

## 4.4 Samenvatting

In Figuur 4.1 zijn de cumulatieve gegevens samengevat. Hieruit blijkt eenduidig dat de individuele systemen het goedkoopste zijn over de levensduur. Dat komt omdat de stroom voor dit kleine collectieve systeem niet veel goedkoper is dan individuele



Figuur 4.1 Cumulatieve uitgaven voor verwarming en koeling locatie Matchpoint te Putten

## 4.5 CO<sub>2</sub> reductie

### 4.5.1 CO<sub>2</sub> emissie met aardgas en airco

Als referentie scenario is een woning met centrale verwarming gebruikt, waarbij de koeling door een airco wordt voorzien.

Tabel 4.7 CO<sub>2</sub>-emissie bij aardgas en airco

| Aardgas met airco                                       |       |                                       |
|---|-------|---------------------------------------|
| Warmte verwarming                                       | 69    | MWh warmte per jaar                   |
| Warmte tapwater   | 45    | MWh warmte per jaar                   |
| Rendement aardgasketel verwarming, LT-distributie (LHV) | 105%  |                                       |
| Rendement aardgasketel tapwater (LHV)                   | 85%   |                                       |
| Aardgasverbruik   | 119   | MWh aardgas                           |
| Aardgasverbruik   | 428   | GJ aardgas                            |
| Koelbehoefte  | 14,5  | MWh koude per jaar                    |
| COPc koeling  | 4,0   | voor riothermie                       |
| Elektriciteit   | 3,6   | MWh elektriciteit per jaar voor koude |
| CO <sub>2</sub> emissie aardgas                         | 56,6  | kg CO <sub>2</sub> /GJ                |
| CO <sub>2</sub> emissie elektriciteit                   | 0,413 | kg CO <sub>2</sub> /kWh (gemiddelde)  |
| CO <sub>2</sub> emissie gebruik aardgas en airco        | 25,7  | ton CO <sub>2</sub> /jaar             |

### 4.5.2 CO<sub>2</sub>-emissie met riothermie

In het geval van een bronnet met individuele warmtepompen hoeft geen rekening gehouden te worden met de netverliezen. In dat geval ziet de CO<sub>2</sub>-emissie er uit als in Tabel 4.8.

Tabel 4.8 CO<sub>2</sub>-emissie bij individuele warmtepompen op riothermie

| Riothermie (individuele warmtepompen)         |       |   |
|---|-------|---|
| Warmte verwarming                             | 69    | MWh warmte per jaar   |
| Warmte tapwater                               | 45    | MWh warmte per jaar   |
| Elektriciteit                                 | 28    | MWh elektriciteit per jaar voor verwarming en warm tapwater |
| COP verwarming                                | 5,1   | voor riothermie   |
| COP tap                                       | 3,2   | voor riothermie   |
| Koelbehoefte                                  | 14,5  | MWh koude per jaar  |
| COPc koeling                                  | 6,5   | voor riothermie   |
| Elektriciteit                                 | 2,2   | MWh elektriciteit per jaar voor koude                       |
| Totaal elektriciteit                          | 29,7  | MWh elektriciteit   |
| CO <sub>2</sub> emissie elektriciteit         | 0,413 | kg CO <sub>2</sub> /kWh (gemiddelde)                        |
| CO <sub>2</sub> emissie warmte met riothermie | 12,3  | ton CO <sub>2</sub> /jaar                                   |

In het geval van een collectief systeem moet er rekening gehouden worden met netverliezen. Er wordt uitgegaan van een verlies van 17%. Het uiteindelijke netontwerp zal dit getal beïnvloeden, net als de isolatie-uitvoering (er zijn normale en extra geïsoleerde varianten).

Tabel 4.9 CO<sub>2</sub>-emissie bij collectieve warmtepompen op riothermie

| Riothermie (collectieve oplossing)            |       |   |
|---|-------|---|
| Warmte verwarming                             | 83    | MWh warmte per jaar   |
| Warmte tapwater                               | 54    | MWh warmte per jaar   |
| Elektriciteit                                 | 33    | MWh elektriciteit per jaar voor verwarming en warm tapwater |
| COP verwarming                                | 5,1   | voor riothermie   |
| COP tap                                       | 3,2   | voor riothermie   |
| Koelbehoefte                                  | 14,5  | MWh koude per jaar  |
| COPc koeling                                  | 6,5   | voor riothermie   |
| Elektriciteit                                 | 2,2   | MWh elektriciteit per jaar voor koude                       |
| Totaal elektriciteit                          | 35,4  | MWh elektriciteit   |
| CO <sub>2</sub> emissie elektriciteit         | 0,413 | kg CO <sub>2</sub> /kWh (gemiddelde)                        |
| CO <sub>2</sub> emissie warmte met riothermie | 14,6  | ton CO <sub>2</sub> /jaar                                   |

### 4.5.3 CO<sub>2</sub>-emissie met warmtepompen met bodemlussen

Voor de situatie met bodemlussen is ook de CO<sub>2</sub>-emissie uitgewerkt. Hierbij wordt in eerste instantie uitgegaan van de gemiddelde samenstelling van stroom van het elektriciteitsnet. In het geval van groene stroom is de emissie uiteraard gelijk aan nul.

Tabel 4.10 CO<sub>2</sub>-emissie bij individuele warmtepompen met bodemlussen

| Bodemlussen met warmtepomp                     |       |                                       |
|--|-------|---------------------------------------|
| Warmte verwarming                              | 69    | MWh warmte per jaar                   |
| Warmte tapwater                                | 45    | MWh warmte per jaar                   |
| Elektriciteit                                  | 33    | MWh elektriciteit per jaar            |
| COP verwarming                                 | 4,5   | [-]                                   |
| COP tap  | 2,6   | [-]                                   |
| Koelbehoefte                                   | 14,5  | MWh koude per jaar                    |
| COPc koeling                                   | 20    | passieve koeling                      |
| Elektriciteit                                  | 0,7   | MWh elektriciteit per jaar voor koude |
| Totaal elektriciteit                           | 33,6  | MWh elektriciteit totaal              |
| CO <sub>2</sub> emissie elektriciteit          | 0,413 | kg CO <sub>2</sub> /kWh (gemiddelde)  |
| CO <sub>2</sub> emissie warmte met bodemlussen | 13,9  | ton CO <sub>2</sub> /jaar             |



#### 4.5.4 Samenvatting reductie CO<sub>2</sub>-emissie

De in de voorgaande paragrafen uitgewerkte scenario's worden hieronder samengevat, zowel op basis van wat de CO<sub>2</sub>-emissie is op basis van de gemiddelde stroom in het stroomnet als wel de besparing op basis van verschillende scenario's.

Tabel 4.11 CO<sub>2</sub>-emissie verschillende scenario's

| CO <sub>2</sub> -emissie verschillende scenario's           |      |                           |
|---|------|---------------------------|
| CO <sub>2</sub> emissie gebruik aardgas en airco            | 25,7 | ton CO <sub>2</sub> /jaar |
| CO <sub>2</sub> emissie warmte met riothermie (individueel) | 12,3 | ton CO <sub>2</sub> /jaar |
| CO <sub>2</sub> emissie warmte met riothermie (collectief)  | 14,6 | ton CO <sub>2</sub> /jaar |
| CO <sub>2</sub> emissie warmte met bodemplussen             | 13,9 | ton CO <sub>2</sub> /jaar |

Tabel 4.12 CO<sub>2</sub>-emissie besparing verschillende scenario's

| CO <sub>2</sub> -emissie besparing verschillende scenario's ten opzichte van aardgas met airco |      |                           |
|--|------|---------------------------|
| CO <sub>2</sub> besparing alle scenario's met groene stroom                                    | 25,7 | ton CO <sub>2</sub> /jaar |
| CO <sub>2</sub> besparing met riothermie (individueel), gemiddelde emissie stroomnet           | 13,4 | ton CO <sub>2</sub> /jaar |
| CO <sub>2</sub> besparing met riothermie (collectief), gemiddelde emissie stroomnet            | 11,1 | ton CO <sub>2</sub> /jaar |
| CO <sub>2</sub> besparing met bodemplussen), gemiddelde emissie stroomnet                      | 11,8 | ton CO <sub>2</sub> /jaar |

## 5 Conclusie en aanbeveling

### 5.1 Conclusie

De warmtevraag voor de wijk Matchpoint is bepaald en bedraagt in totaal voor de gehele wijk 166 kW, voor de 28 woningen. Per woning is het gevraagde vermogen weergegeven in Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Totaal gevraagd vermogen per woning

|                          | Benedenwoning | Hoek- en tussenwoning | Nultredenwoning | Bovenwoning |
|--------------------------|---------------|-----------------------|-----------------|-------------|
| Totale warmtevraag in kW | 4,5           | 7,7                   | 7,5             | 3,3         |

Het warmteaanbod in het riool is ruim voldoende om de warmtevraag van de nieuwbouw (ook bij extreme condities) te dekken. Er kan circa 270 kW gewonnen worden. Een warmtewisselaar met een lengte van 80 meter lijkt voldoende om de piek warmte- en koudevraag te dekken (ca 170 kW). Toeval is dat er totaal 80 meter riool verlegd moet worden voor de realisatie van Matchpoint. Dit is erg gunstig, riothermie zou dan kunnen worden toegepast in de nieuw aan te leggen rioolleiding.

Het systeem met de minste CO<sub>2</sub>-emissie (op basis van gemiddelde stroom in het Nederlands elektriciteitsnet) is riothermie met individuele warmtepompen. Het financieel meest aantrekkelijk is het systeem met individuele bodemplussen. Mogelijk verschuift dit iets, indien geen koude en alleen maar warmte nodig is. In dat geval zal het verschil tussen riothermie en bodemplussen kleiner zijn. Zie Tabel 5.2 voor de investering per scenario.

Tabel 5.2 Investering per scenario

| Scenario               | Investering |
|------------------------|-------------|
| Riothermie individueel | € 364.000   |
| Bodemplussen           | € 276.500   |
| Riothermie collectief  | € 527.150   |

Mocht besloten worden om voor de maximale CO<sub>2</sub> besparing te gaan (en dus riothermie), dan dient eerst een debietmeting uitgevoerd te worden om het theoretische afgeleide debiet te onderbouwen. Er is nu gerekend met een indicatief debiet van 24 l/s. Zie Tabel 5.3 voor de berekende besparingen.

Tabel 5.3 CO<sub>2</sub>-emissie besparing

| CO <sub>2</sub> -emissie besparing verschillende scenario's ten opzichte van aardgas met airco |      |                           |
|--|------|---------------------------|
| CO <sub>2</sub> besparing alle scenario's met groene stroom                                    | 25,7 | ton CO <sub>2</sub> /jaar |
| CO <sub>2</sub> besparing met riothermie (individueel), gemiddelde emissie stroomnet           | 13,4 | ton CO <sub>2</sub> /jaar |
| CO <sub>2</sub> besparing met riothermie (collectief), gemiddelde emissie stroomnet            | 11,1 | ton CO <sub>2</sub> /jaar |
| CO <sub>2</sub> besparing met bodemplussen), gemiddelde emissie stroomnet                      | 11,8 | ton CO <sub>2</sub> /jaar |

## 5.2 Aanbevelingen

Individuele oplossingen hebben als voordeel dat er geen warmtenet of dergelijke gerealiseerd hoeft te worden en er daaraan gekoppeld ook geen collectieve distributie hoeft plaats te vinden. Een nadeel hierbij is dat de periode met de grootste warmtebehoefte (winter- en vorstperiodes) vaak periodes zijn met het laagste opwekkendement. Het gevolg is dat er een veel zwaardere 'aanslag' op het elektriciteitsverbruik zal plaatsvinden om toch in de warmtebehoefte te kunnen voorzien. Collectieve warmte-oplossingen kunnen de individuele piekvragen veel beter opvangen. Een keerzijde van een collectieve oplossing is echter de ruimtelijke inpassing en de distributie van warmte.

Bodemplussen kunnen in de toekomst leiden tot effecten op de bodem. Als er meer koude dan warmte wordt onttrokken, ontstaat er in de bodem een overschot aan warmte, wat vanuit de vergunningverlening niet toegestaan zal worden. En ook andersom kan er een koude-overschot ontstaan als er teveel warmte onttrokken wordt. In beide gevallen raakt de bodem in onbalans en zullen de eigenaren (in dit geval de bewoners) maatregelen moeten treffen om de bodemtemperatuur weer in balans te brengen. Bij het toepassen van bodemplussen zijn de bewoner zelf verantwoordelijk voor het complete systeem en het functioneren hiervan. Dit heeft als voordeel dat de bewoner niet afhankelijk is van een warmteleverancier, maar de keerzijde is dat bij eventuele problemen de eigenaar zelf voor een oplossing moet zorgen.

Bij de toepassing van riothermie moet er vanuit de Warmtewet een entiteit zijn die de warmte distribueert. Dit heeft als voordeel voor de bewoners dat zij bij storingen deze warmteleveranciers aan kunnen spreken; de Warmtewet borgt dit ook. De keerzijde is echter dat de warmteleverancier kosten in rekening zal brengen voor levering, beheer en onderhoud. Dit is echter gereguleerd in de Warmtewet, zodat er marktconforme tarieven gehanteerd mogen worden.

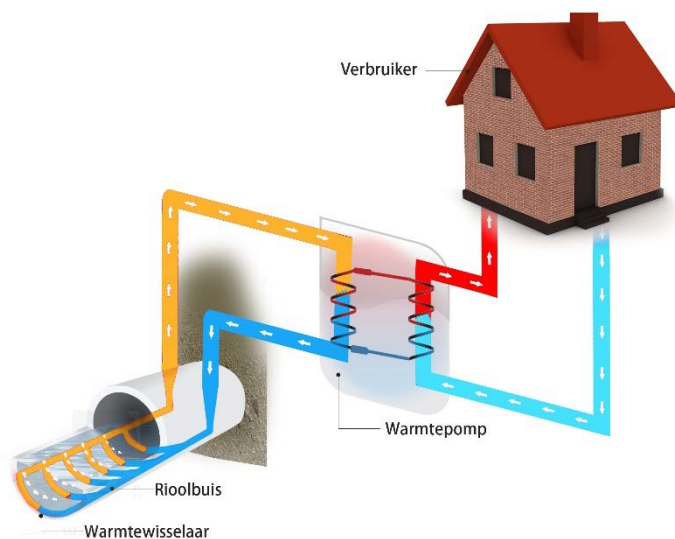
De geraamde kosten voor een riothermie met individuele warmtepompen zijn EUR 87.500,00 hoger geraamd dan de kosten voor bodemplussen. Echter, de berekende kosten voor het riothermiesysteem bevatten EUR 95.500,00 aan onvoorziene kosten, project- en engineeringkosten. Het verdient aanbeveling om van beide systemen een zogenaamde open begroting te maken, zodat een betere vergelijking gemaakt kan worden van de daadwerkelijke kosten. Temeer ook omdat de CO<sub>2</sub> reductie bij het riothermiesysteem iets hoger is dan bij de toepassing van bodemplussen.

Bij een eventuele nadere uitwerking, verdient het aanbeveling voor de beide varianten om de warmtevraag van de beoogde bebouwing te actualiseren. Na afronding van het onderzoek is onder andere gebleken dat de bovenwoningen zullen bestaan uit één volledige laag en een schuine kap. Hierdoor zal het oppervlak toenemen naar 2 x 80 m<sup>2</sup> in plaats van de gehanteerde 50 m<sup>2</sup> in het huidige onderzoek.

## Bijlage 1 Toelichting riothermie

### *Wat is riothermie*

Met riothermie wordt thermische energie uit het afvalwater teruggewonnen. Deze energie kan gebruikt worden voor het verwarmen of koelen van gebouwen of installaties, die in de nabijheid van de riolering staan. Een warmtewisselaar wordt in contact gebracht met het afvalwater, waarmee warmte of koude wordt gewonnen. Het afvalwater stroomt over de warmtewisselaar en geeft haar warmte af. Door de warmtewisselaar stroomt een transportvloeistof die de warmte transporteert naar de afnemer. De temperaturen zijn dan nog relatief laagwaardig (afhankelijk van het seizoen en van de afkomst van het afvalwater). Door middel van een warmtepomp wordt de temperatuur naar een bruikbaar niveau gebracht.



Figuur B1.1: Principe van riothermie

Riothermie kan toegepast worden op locaties waar voldoende vraag en aanbod is van thermische energie.

### *Toepassing van riothermie*

Ondanks dat al in 2000 het systeem door een Zwitserse Ingenieur is bedacht en inmiddels in de ons omringende landen al vele malen is toegepast, is de techniek in Nederland nog vrij onbekend. Dit heeft deels te maken met de aanwezigheid van een uitgebreid gasnetwerk in Nederland en deels met het beleid van de overheid op het gebied van alternatieve energiebronnen voor gas. Inmiddels is dit aan het veranderen en zijn er in Nederland diverse objecten die op dit moment worden verwarmd met deze techniek.

Op dit moment zijn er 4 verschillende systemen op de markt voor het toepassen van riothermie, in Figuur B1.2 een weergave van de 4 systemen.



Figuur B1.2: Overzicht van de 4 beschikbare systemen: 1. Heatexchanger van Rabtherm, 2. Therm-liner van Uhrig, 3. Thermpipe van Frank, 4. Dubbelwandige RVS buis van Doorgeest Energietechnik.

De vier systemen hebben allemaal belangrijke eigenschappen die ze geschikt maken voor bepaalde situatie:

1. Rabtherm, een systeem dat vooral geschikt is bij vervanging van de rioolbuis. Toepasbaar voor vrijverval hoofdriool
2. Uhrig Therm-liner, geschikt voor vrijverval bestaande rioolbuizen (achteraf in te bouwen). Dit systeem is ook beschikbaar bij Rabtherm maar is daar minder toegepast
3. Thermpipe van Frank GmbH, geschikt als combinatie van vrijvervalriool en bodemwisselaar. Wordt toegepast bij lage debieten waarbij een groot deel van de warmte uit de bodem wordt gewonnen. In Nederland ligt dit op 3 plekken in de grond
4. Dubbelwandige RVS buis van Doorgeest Energietechnik. Deze buis is geschikt voor persleidingen en wordt toegepast op Urk voor het verwarmen van een zwembad

### **Laag temperatuur systeem**

Een belangrijke voorwaarde voor het duurzaam verwarmen van gebouwen door middel van riothermie is een zogenaamd laag temperatuur systeem. Dit betekent dat niet zoals bij een gasgestookte ketel of WKK de woningen worden verwarmd met water van 60 °C tot 80 °C, maar dat deze wordt verwarmd met lagere temperaturen (45 °C).

Een keuze van het temperatuur systeem is juist bij renovatie en nieuwbouw essentieel omdat dit voor de verdere looptijd van de wijk een behoorlijke kosten intensieve ingreep is. Systemen met lage temperatuurverwarming zijn gevoeliger voor warmteschommelingen omdat de warmte veel constanter/geleidelijker wordt afgegeven aan het systeem. Voordeel daarbij is een veel energie-efficiënter warmteafgiftesysteem.

Omdat het riothermiesysteem meer dan 50 jaar meegaat, kan er voor de komende jaren een bijna constante energiekostenpost worden berekend omdat warmte uit riool niet onderhevig is aan prijsstijgingen. Dit in vergelijking met andere duurzame systemen waarbij houtsnippers of pellets worden gebruikt. Wel wordt er meer elektriciteit gebruikt bij een systeem met warmtepompen maar elektriciteit is in vergelijking met aardgas veel eenvoudiger te verduurzamen door zelf op te wekken of eventueel groen in te kopen.