

**Opties voor een warmtenetwerk
in Zogwetering te Maarssen:
Een doorstartnotitie**

Werkgroep Warmte Zogwetering

12 juli 2025

auteurs

Leonie van Bommel
Arnold Crone
Eric Puik

Inhoud

1. Inleiding en Samenvatting
2. Organisatie
3. Aanpak
4. Technologische varianten
5. Resultaten
6. Eindconclusies

Bijlagen

1. Subsidieaanvraag
2. Verslag bespreking met Derk Huetink
3. Variantenstudie

1. Inleiding en Samenvatting

Voor de wijk Zogwetering in Maarssen is een technisch-economisch haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd voor de toepassing van een warmtenet.

Daartoe heeft de toenmalige Stichting Duurzame Vecht in april 2022 contact gezocht met de Wijkcommissie Zogwetering, Dichters & Lanen te Maarssen.

De Wijkcommissie heeft hier positief op gereageerd en heeft de Belangenvereniging Zogwetering (BVZ) bereid gevonden ook deel te nemen. Hiermee is de Werkgroep Warmte Zogwetering (WWZ) ontstaan, korte tijd later aangevuld met twee andere wijkbewoners, waarmee het aantal deelnemers uitkwam op negen.

Door het organiseren van twee bewonersavonden heeft de werkgroep voldoende draagvlak kunnen vaststellen onder de bewoners.

De studie betrof de haalbaarheid van diverse technische oplossingen/scenario's waarin enerzijds warmte wordt teruggewonnen uit het vlak bij de wijk verzamelde rioolwater uit heel Maarssen-Dorp. Anderzijds wordt de teruggewonnen warmte via een middentemperatuur- of zeer lage temperatuurleiding bij woningen in de wijk aangeleverd. Ook zijn varianten meegenomen waarin huishoudens zelf warmte vergroenen (door gasverbruik te verminderen). Van de Provincie Utrecht en de gemeente Stichtse Vecht is subsidie verkregen voor de activiteiten van de werkgroep en voor het laten uitvoeren en managen van de studie door Energiecoöperatie 2030.nu.

Uit dit variantenonderzoek is gebleken dat er technisch haalbare opties zijn om de wijk te verwarmen met het verzamelde afvalwater als warmtebron indien ondergrondse Warmte-Koude Opslag wordt benut. Echter, voor een (kosten)efficiënte aanleg en exploitatie van een warmtenet blijkt een groter toepassingsgebied dan alleen de wijk Zogwetering nodig te zijn. Met andere woorden, vervolgvactiteiten dienen ontplooid te worden:

- Er dient draagvlak voor collectieve warmte in een groter gedeelte van Maarssen-Dorp verkregen en benut te worden.
- De technisch haalbare opties voor de wijk zijn onvoldoende qua warmtecapaciteit voor een groter aansluitingsgebied, waardoor haalbaarheidsstudies naar meer of andere warmtebronnen nodig worden (zoals warmteterugwinning uit de rivier de Vecht).

Door de noodzakelijke opschaling van het projectgebied met een of meerdere aangrenzende woonwijken overstijgt het project de capaciteit en de mate van invloed van de werkgroep. De werkgroep is van mening dat voortzetting van het project een grotere scope behelst (en dus ook een groter budget), en dat een centralere aansturing, bijvoorbeeld vanuit de gemeente, wenselijk is.

De werkgroep heeft dan ook besloten haar inspanningen af te bouwen. Dit is besproken met de projectleider Duurzaamheid van de gemeente, die daarbij de wens uitsprak dat individuele leden van de werkgroep beschikbaar blijven voor communicatie met de bewoners.

De werkgroep volgt deze wens en zal dan ook beschikbaar blijven om eventuele vervolgvactiteiten te ondersteunen. Denk daarbij aan het verspreiden van informatie over het project of communicatie met de bewoners van de wijk Zogwetering en het mede-organiseren van bijeenkomsten, ook voor bewoners van andere wijken die bij het project betrokken worden.

2. Organisatie

Samenstelling

De samenstelling van de Werkgroep Warmte Zogwetering is min of meer ongewijzigd sinds het begin van de activiteiten in juni 2022 en bestaat uit 9 leden:

- de voorzitter van de Wijkcommissie Zogwetering, Dichters & Lanen, Ruud Snoek;
- de voorzitter van de Belangenvereniging Zogwetering, Eric Verbeek;
- bewoners uit de wijk Zogwetering: Arnold Crone, Ron Hansen, Eric Puik en Judith de Ruiter;
- vertegenwoordigers van de Stichting Duurzame Vecht: Leonie van Bommel en Jan van Dijk;
- Energiecoöperatie 2030.nu: Guus Ydema.

De projectleider is energie-adviseur en -ambassadeur Leonie van Bommel.

Betrokken partijen en stakeholders

Sinds de start zijn er verschillende partijen en stakeholders betrokken bij de activiteiten. Deze zijn met name:

- Energiecoöperatie 2030.nu;
- Stichting Duurzame Vecht;
- Provincie Utrecht;
- Gemeente Stichtse Vecht;
- Energie van Utrecht
- Wijkcommissie Zogwetering, Dichters & Lanen;
- Waterschap Amstel, Gooi en Vecht;
- Belangenvereniging Zogwetering;
- bewoners van de wijk Zogwetering.

3. Aanpak

Een eerste bewonersavond, in november 2022, is voorafgegaan door het huis-aan-huis aanbellen en middels een kort gesprek en overhandigen van een flyer interesse te kweken. Dit had een goed resultaat: zo'n 40 bewoners van de 225 woningen namen deel aan de avond. Middels drie presentaties werden zij voorgelicht over de *ins* en *outs* van een energiesysteem in zelfbeheer. Aan het eind van de avond werd de aanwezigen gevraagd of zij in principe geïnteresseerd waren in een nader onderzoek naar zo'n energiesysteem. De overgrote meerderheid bleek hier een voorstander van.

Om een betere inschatting te verkrijgen over mogelijke technische oplossingen en bijbehorende organisatorische en financiële consequenties, is een technisch-economisch haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar een zevental varianten, het eerder genoemde variantenonderzoek.

Energiecoöperatie 2030.nu fungeerde als opdrachtgever en werd voor deze studie gesubsidieerd door Gemeente Stichtse Vecht en de Provincie Utrecht ter grootte van (in totaal) ongeveer 50 k€. De studie werd verricht door Indurio. Schriftelijke eindrapportage vond plaats in juli 2024, gevolgd door een bewonersinformatieavond.

Naast individuele opties voor huishoudens waren er belangrijke collectieve elementen:

- TEA: warmte-onttrekking uit rioolwater dat wordt verzameld (gebufferd) in een ondergronds bassin van de voormalige Riool Water Zuiveringsinstallatie (RWZI) te Maarssen-dorp, vlak naast de wijk Zogwetering, van waaruit dit rioolwater verder wordt doorgepompt via een persleiding naar de RWZI te Utrecht Leidsche Rijn.
- WKO: warmte/koudeopslag in ondergrondse waterdragende lagen voor het balanceren van niet alleen dagelijkse vraag en aanbod van warmte, maar ook tussen de seizoenen (zomer/winter).

De gevolgde aanpak bestond uit de volgende stappen:

- het inschatten van de warmtebehoefte in de wijk;
- het inventariseren van de meest voor de hand liggende technische opties;
- op hoog niveau uitwerken van een technisch ontwerp;
- verkrijgen van prijsopgaves voor de grootste uitgaven;
- eerste inschatting van een kosten/baten analyse (+/- 30%).

4. Technologische varianten

Warmtevraag

De keuze en een eerste dimensionering van de technologische varianten worden ingegeven door de warmtevraag vanuit de wijk. Deze is dan ook in kaart gebracht en samengevat in tabel 1.

Samenvattend:

- **Huidige wijk:** De huidige wijk omvat 225 woningen. Het jongste deel, 75%, is gebouwd tussen het jaar 2000 en 2012. Het oudste deel, 19%, is vooroorlogs en gebouwd na 1930. De bouwjaren van de resterende 5% is van 1946 tot 1974.
- **Energie-label:** Als gevolg van de relatieve 'jongheid' van de wijk heeft het grootste deel van de woningen energielabel A dan wel B.
- **Nieuwbouwplannen:** Er zijn bouwplannen voor naar schatting 108 nieuwe woningen aan de noordzijde van de bestaande wijk, waarvoor een hoog energielabel is verondersteld. De plannen zijn nog zeer onzeker, maar wel meegenomen in de haalbaarheidsstudie.
- **Warmtevraag:** de totale aansluitwaarde (ASW) als mede de totale warmtevraag voor warmte voor ruimtes, warmwater en koude zijn weergegeven in onderstaande tabel 1:

Tabel 1: Warmtevraag vanuit de wijk, benodigd om de technische varianten te dimensioneren

Type bebouwing	Aantal [-]	Totale ASW [kW]	Ruimte-warmte [GJ]	Warm water [GJ]	Koude [GJ]	Totale warmte [GJ]
Bestaande bouw	225	1438	8406	668	633	9074
Potentiele nieuwbouw	108	358	1626	99	474	1724
Totalen	333	1796	10032	766	1107	10798

Technische varianten

De zeven technische varianten verschillen in termen van de volgende keuzes die zijn gemaakt:

- **Temperatuur van het warmtenet:** Een middentemperatuur-aanvoer (MT) vraagt om minimale aanpassingen binnen woningen in termen van bijvoorbeeld radiatoren. Echter, het warmtenetwerk zal, onder andere, goed geïsoleerd moeten worden en dus hogere kosten met zich meebrengen. In het geval van een zeer lage temperatuur warmtenet (ZLT) is het benodigde leidingwerk aanzienlijk goedkoper en zijn er tevens minder warmteverliezen tijdens het transporteren van warmte naar de woningen. Daar staat tegenover dat er grotere aanpassingen nodig zijn aan en/of binnen woningen.
- **Collectiviteit van het warmtetransport naar woningen.** Dit betreft keuzes van wel of geen collectieve warmtewinning uit afvalwater in de nabijgelegen zuiveringsinstallatie (TEA), een collectieve warmtepomp (WP) en collectieve warmte/koude opslag (WKO).
- **Collectiviteit van koudetransport naar woningen.** Door de aanwezigheid van een WKO wordt het mogelijk om de koude, die in de winterperiode hierin opgeslagen wordt, in de zomer te benutten voor koeling van de aangesloten woningen, zonder noemenswaardige meerkosten.

Tevens is de optie meegenomen waarin huishoudens volledig op individuele wijze warmte verduurzamen. Dit is verder uitgesplitst naar de bron van warmte, namelijk omgevingslucht, bodem en warmte opwekkende zonnecellen (PVT).

Tabel 2 vat de varianten samen.

Tabel 2: Technische varianten opgenomen in de studie

	Varianten	Temp.	Collectief warmtenet	TEA	WP	WKO
1	MT warmtenet met TEA	70-55 °C	ja	RWZI	collectief	nee
2	MT warmtenet met TEA en WKO	70-55 °C	ja	RWZI	collectief	ja
3	ZLT warmtenet met TEA en WP	<25 °C	ja	RWZI	woning	nee
4	ZLT warmtenet met TEA, WKO en WP	<25 °C	ja	RWZI	woning	ja
5	Buurtwarmtenet met WP per woning		ja	nee	woning	bodemlussen
6	Klein buurtwarmtenet met WP per woning		~14 huizen	nee	woning	bodemlus
7a	Geen netwerk, oplossing per woning		nee	nee	woning (lucht)	nee
7b			nee	nee	woning (bodem)	ja
7c			nee	nee	woning (incl PVT)	nee

5. Resultaten

De varianten werden met elkaar vergeleken vanuit economisch, organisatorisch en juridisch perspectief.

Achteraf bleek dat varianten 1 en 3 niet konden voldoen aan de warmtevraag. Analyses van deze opties zijn wel uitgevoerd maar niet opgenomen in navolgende samenvattende tabel 3. De tabel laat de volgende aspecten zien:

- **Noodzaak van een WKO in een collectief netwerk:** Voor zowel een middentemperatuur (MT) als een zeer lage temperatuur (ZLT) netwerk is de optie van een warmte/koudeopslag (WKO) noodzakelijk om aan de warmtevraag te kunnen voldoen. De weggelaten varianten 1 en 3, in feite de broertjes van 2 en 4 maar dan zonder WKO, voldoen niet. Een WKO maakt ook koeling mogelijk.
- **Total Cost of Ownership (TCO) van variant 2 (MT warmtenet met TEA-bron en een WKO) is het laagst:** Ondanks dat de kostenraming een hoge mate van onzekerheid heeft (+/- 30%) lijkt variant 2 de minst dure oplossing. Het lijkt de variant te zijn met de laagste kosten aan de woningkant wat betekent dat in woningen relatief weinig aangepast hoeft te worden. Wel denkt de werkgroep dat de kosten in de woning weliswaar lager zijn dan bij de andere varianten maar niet verwaarloosbaar. Een snelle rekensom voor het onderhoud van de afleverzet bijvoorbeeld, laat zien dat voor 330 woningen over 30 jaar minstens 660.000,- gemoeid zal zijn. Denk daarbij aan het afsluiten van het gas en het onderhouden van de afleverzet.¹
- **Aansluitflexibiliteit is hoog bij een ZLT netwerk.** Voor huishoudens die later willen aansluiten op collectieve warmte is een ZLT netwerk het meest flexibel. Hier is het zgn. volloop-risico² vele malen lager dan bij een MT-net, waarbij de financiële risico's pas worden genomen bij voldoende aansluitingen. Immers, de buizen voor distributie van water met lage temperatuur zijn niet geïsoleerd en goedkoper in aanleg en onderhoud dan in een MT netwerk.
- **Een buurt energie systeem (BES) is technisch te complex,** ingegeven door de schatting van 187 te boren bodemplussen in een relatief klein gebied, zonder duidelijk economisch voordeel t.o.v. de andere varianten.
- **'Zelf doen' is organisatorisch het makkelijkst en/of snelst.** De technische oplossingen onder variant 7 hebben duidelijk het kleinste aantal betrokken partijen. Beslissingen kunnen dan ook makkelijk en snel genomen worden. Daar waar sprake is van WKO en/of boren in de grond zijn al snel vergunningen nodig van diverse partijen.

¹ € 750,- voor éénmalig aansluiten afleverzet en € 1.250,- voor onderhoud afleverzet over 30 jaar x 330 woningen = € 660.000,-.

² Volloop-risico gaat over de financiële consequenties bij vertraging en aansluiting van minder vastgoed. Warmtebedrijven kunnen dergelijke risico's beperkt of niet dragen en calculeren vanuit zeker aan te sluiten vastgoed.

Tabel 3 Analyse van de varianten die voldeden aan de warmtevraag

Aspect		variant 2	variant 4	Variant 5	Variant 6	Variant 7		
		MT met WKO	ZLT met WKO	BES met bodem	Mini-BES	Lucht WP	Bodem WP	PVT en WP
Techn.	Uitvoerbaarheid	Matig gecompliceerd Uitkoeling toestemming Waternet	Relatief eenvoudig Uitkoeling toestemming Waternet Later aansluiten mogelijk	Gecompliceerd met boringen en horizontaal leidingwerk onder nieuwbouw	Vrij gecompliceerd voor klein aantal woningen	Eenvoudig	Eenvoudig	Redelijk eenvoudig PV panelen aanpassen naar PVT
Econ. (+/- 30%)	TCO 30 jaar	~21 mln €	~56 mln €	~56 mln €	~53 mln €	~65 mln €	~52 mln €	~58 mln €
	collectief deel	~20 mln €	~6mln €	~7mln €	~6mln €			
	woning deel	0,6 mln €	~ 50 mln €	~ 49 mln €	~ 47 mln €	~65 mln €	~52 mln €	~58 mln €
Org.	Stakeholders	Veel	Veel	Matig	Matig	Gering	Gering	Gering
	Juridisch	Divers	Divers	Divers	Divers	Geluid	Boren	Geen

6. Eindconclusies

Variantenstudie: overkoepelende inzichten

Indurio geeft in haar eindrapport een aantal gedetailleerde conclusies die al enigszins verwoord zijn in het vorige hoofdstuk. Daarnaast geeft het rapport inzicht in meer overkoepelende conclusies:

- **Toepassingsgebied is te klein om echt economisch attractief te zijn.** Indurio beveelt aan om het aantal aansluitingen te vergroten door aanpalende wijken bij het project te trekken. Echter, de warmte uit de voormalige RWZI zou dan te weinig zijn.
- **Verruim aanbodcapaciteit van warmte.** Indurio stelt dat de thermische capaciteit van de nabijgelegen rivier de Vecht ruimschoots voldoende is om een groter gebied in Maarssen te voeden met warmte, en daarmee de kosten te verlagen.

Rol van de Werkgroep Warmte Zogwetering

De werkgroep heeft bovenstaande conclusies gecommuniceerd naar de bewoners in een buurtvergadering in mei 2024. Helaas bleek dat de opkomst aanzienlijk lager was dan de allereerste bewonersvergadering in november 2022. Hoewel de oorzaak hiervan niet onderzocht is kan het zijn dat een deel van de bewoners inmiddels zelf is overgeschakeld op verduurzaamde warmte.

De werkgroep onderkent de noodzaak van het vergroten van het aansluitingsgebied en realiseert zich tegelijk dat de tijd dringt omdat ook elders woningen op individuele wijze van het gas af gaan wat het economisch plaatje voor een collectieve voorziening minder aantrekkelijk maakt.

De werkgroep stelt dan ook dat zij eigenlijk te klein is om grotere gebieden te mobiliseren en dat een centrale, meer sturende en druk uitoefende partij deze rol op zich zou moeten nemen. Idealiter zou dat de gemeente zijn of een door de gemeente gesteunde derde partij.

De werkgroep stelt ook dat indien een groter gebied bestreken kan worden, de technische analyses opnieuw uitgevoerd dienen te worden, met meer detail (immers groter gebied) en hogere budgetten. Uitvoering leiding en uitvoering door een centrale professionele partij is dan aan te bevelen.

De werkgroep heeft daarom besloten om voor dit moment haar werkzaamheden te staken. Zij blijft beschikbaar voor informatievoorziening en communicatie met de bewoners van de wijk Zogwetering en het mede organiseren van bijeenkomsten voor hen en bewoners van andere wijken; met als doel meer bewoners uit meer wijken de betrekken bij een collectieve vorm van energievoorziening.

Bijlagen

Bijlage 1 – Subsidieaanvraag

Projectvoorstel Energietransitie Zogwetering (Maarssen)

Zoals ingediend bij de Provincie Utrecht t.b.v. de subsidieaanvraag

Doelstelling en beoogde resultaten van het project in meetbare termen ("SMART").

Doel van het project: Het creëren van draagvlak en het verkrijgen van duidelijkheid over vier mogelijke duurzame alternatieven voor het verwarmen van de woningen in de wijk Zogwetering.

Subdoel 1: Sociale cohesie in de wijk stimuleren middels dit gezamenlijke project.

Beoogde resultaten:

De resultaten die we met dit project willen bereiken:

1. Een variantenstudie uit te voeren door een adviesbureau gespecialiseerd in Thermische Energie uit Afvalwater (TEA), naar vier duurzame alternatieven voor verwarming en eventueel koeling van de woningen in de wijk. De onderzoeksresultaten zullen worden beschreven in een adviesrapport.
2. Het tijdig informeren, activeren en verbinden van bewoners ten aanzien van de ontwikkelingen rondom dit project. Zie ook onderdeel "Activiteiten" van dit projectvoorstel.

De activiteiten waarvoor subsidie wordt aangevraagd

1. Draagvlak onder bewoners creëren en uitbreiden middels de volgende activiteiten: gesprekken stakeholders, organiseren bewonersavonden, opzetten en bijhouden website, nieuwsbrief, bredere duurzaamheidsacties in de wijk.
2. Variantenstudie uitgevoerd door een TEA specialist. Deze studie bestaat uit:
 - a. Bepalen warmte- en koudevraag woningen
 - b. Uitwerken technische varianten
 - c. Bepalen investeringskosten
 - d. Bepalen exploitatiekosten
 - e. Stakeholdersanalyse
 - f. Adviesrapportage
- 3 Het invullen van een enquête waarin de belangrijkste voorwaarden staan beschreven waaraan een duurzame warmtevoorziening voor de wijk moet voldoen. Deze enquête moet worden ingevuld door de belangrijkste stakeholders t.w.:
 - 70% van individuele bewoners
 - Eigenaar van installatie t.w. Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV)
 - Gemeente Stichtse Vecht als samenwerkingspartner
 - Bij voorkeur ook door de financierende partij (subsidie dan wel lening)

De mijlpalen en planning van het project

Week 50-2022: Projectaanvraag bij gemeente Stichtse Vecht ingediend

Week 51-2022: Projectaanvraag bij Provincie Utrecht ingediend

Week 6-2023: Beslissing gemeente Stichtse Vecht t.a.v. toekenning subsidie

Week 9-2023: Variantenstudie in opdracht

Week 12-2023: Beslissing Provincie t.a.v. toekenning USET subsidie

Week 17-2023: Op basis van uitkomsten Variantenstudie, meest gunstige variant voorbereiden

Week 21-2023: Tweede bewonersavond, voorleggen uitkomst variantenstudie Voor planning: zie ook projectplan.

Waarom we zonder deze subsidie het niet project zouden kunnen uitvoeren.

Inmiddels, op het moment van schrijven, op 22/12/2022 heeft gemeente Stichtse Vecht contact gezocht om mondeling toe te zeggen dat zij 47,5% van de begroting subsidiëren. 5% van de begroting wordt gedekt door de samenwerking tussen 2030.nu en Stichting Duurzame Vecht. De overige 47,5% wordt aangevraagd bij de Provincie Utrecht, USET regeling. Zie ook bijgevoegde begroting.

Zonder deze subsidie zullen we andere bronnen in ons netwerk moeten aanspreken. Fase 1 van het gehele project, t.w. de participatie & onderzoeksfase, waar we nu subsidie voor aanvragen, heeft dusdanig veel raakvlakken met de doelstellingen van de USET dat we besloten deze subsidieregeling aan te spreken. Voor Fase 2, de oprichting van een bewonerscollectief (vereniging of coöperatie) en voorfase 3, overwegen we om andere financiers te zoeken, middels crowdfunding of financiële instellingen.

De mate van effectiviteit van het project

Door te werken met de twee bewonersorganisaties die al actief zijn binnen de wijk, denken we de juiste aanknopingspunten gevonden te hebben om het draagvlak voor een coöperatieve vorm warmte te vergroten. Dit is effectiever dan een geheel nieuwe organisatie op te tuigen die niet per sé haar tentakels al uit heeft staan in de wijk. Deze samenwerking wordt bekrachtigd door de inzet van het netwerk van energie ambassadeurs van St. Duurzame Vecht. Samen hebben deze organisaties een Werkgroep Warmte Zogwetering opgericht, van waaruit alle projectactiviteiten geconcretiseerd worden. Deze werkgroep bestaat uit vrijwillige bewoners en uit twee professionele krachten, de projectleider vanuit 2030.nu en de ondersteuner vanuit Duurzame Vecht.

De mate van haalbaarheid van het project

Voordat de hierboven genoemde Werkgroep Warmte Zogwetering een eerste peiling uitzette onder de bewoners van de wijk, is uitgezocht of de potentie van de bron voldoende is om tot een coöperatieve vorm van warmte in de wijk te komen. Dit door goed voor te bespreken met een TEA specialist en door diverse digitale tools van professionals in de aquathermie te raadplegen. Voor de eerste peiling onder bewoners zijn vijf mogelijke varianten benoemd die met de Variantenstudie nader onderzocht moeten worden. Overigens bestaat de vijfde variant eruit dat er helemaal geen warmtenet komt maar een individuele duurzame oplossing per woning, wellicht via een collectieve inkoopactie. Dit kan ook een coöperatief karakter krijgen. Hoewel dit niet de eerste voorkeur heeft van de werkgroep, leek het ons wel belangrijk om als optie voor bewoners mee te nemen.

Op basis van de uitkomsten van de Variantenstudie, wordt gekozen voor de meeste gunstige variant, die we zullen voorleggen aan de bewoners. Onder 'meest gunstig' wordt dan in ieder geval verstaan: technisch uitvoerbaar en een betaalbaar alternatief voor aardgas voor het verwarmen van de bestaande woningen in de wijk Zogwetering.

Waarom het project innovatief is en voldoende potentie heeft om tot een grote uitrol te leiden.

Het inzetten van omgevingswarmte is een zeer duurzame manier om hernieuwbare energiebronnen aan te spreken. Thermische energie uit afvalwater (TEA) is een bewezen techniek waarbij gebruik wordt gemaakt van een warmtebron uit de directe omgeving. Gezien de gelijkmatige temperatuur van deze aquathermie-bron, het aanwezige warmtepotentieel en de ervaringen in gemeente Utrecht met TEA en TEO (thermische energie uit oppervlakte water) voor de wijk Overvecht), is het winnen van warmte uit afvalwater een uitstekend duurzaam alternatief voor fossiele vormen van verwarmen en koelen. Een aantal bewoners zijn recent op excursie geweest naar de RWZI in Overvecht, Utrecht, waar Eneco de grootste warmtepomp van Nederland

aan het bouwen is, ook met TEA als bron. Deze excursie werd georganiseerd door Natuur- en Milieufederatie Utrecht en was zeer motiverend voor betrokken bewoners.

De mate van vertegenwoordiging vanuit verschillende partijen in het project zoals gemeenten, inwoners, onderwijsinstellingen, maatschappelijke organisaties, bedrijven of andere overheden.

Het idee om warmte uit deze bron te winnen, leeft al wat langer onder een aantal bewoners en ook deels bij de gemeente. Eind vorig jaar hebben een aantal bewonersorganisaties die al langer actief zijn in de wijk en net daar buiten, de hoofden bij elkaar gestoken om dit idee verder uit werken.

Stichting Duurzame Vecht heeft deze eerste bijeenkomst geïnitieerd en was ook onderdeel van de besprekingen. Energiecoöperatie 2030.nu is in 2018 ontstaan uit St. Duurzame Vecht, omdat zij zelf met haar leden zonne-energie wilden gaan opwekken, een activiteit die niet onder een Stichting uitgevoerd kon worden. Voor dit project hebben deze beide organisaties een samenwerkingsovereenkomst ondertekend. Zie bijlage. De gesprekken met stakeholders en de analyse van hun belangen in de vorm van een rapportage, vormen onderdeel van de activiteiten en beoogde resultaten in dit projectplan.

Inmiddels heeft de gemeente Stichtse Vecht contact gezocht om 47,5% van de begroting toe te zeggen uit het Stimuleringsfonds Duurzaamheid. De officiële beschikking is onderweg, begrepen we gisteren van de ambtenaar duurzaamheid.

Hoe uit het project de intentie blijkt om een breed publiek te bereiken, om verduurzamingsmaatregelen voor lagere inkomens bereikbaar te maken of de betrokkenheid van burgers te vergroten.

De 226 woningen van deze wijk worden omringd door woningen met een eerder bouwjaar met een slechtere isolatiegraad. Of deze woningen meegenomen kunnen worden in een collectief warmtenet op TEA, dat zal de Variantenstudie moeten uitwijzen. Daarin zal onder meer onderzocht worden

of er voldoende rendement is te realiseren om een hoge temperatuur circuit naar de oudere woningen te brengen, een midden temperatuur circuit naar de 226 woningen met bouwjaar 2000 en een lage temperatuur circuit naar de geplande nieuwbouw op het terrein van de oude RWZI en het gemeentelijk afvalscheidingsstation. Op dit terrein heeft de gemeente nieuwbouw gepland waarbij een deel als sociale huurwoningen gerealiseerd moet worden. Uit gesprekken met de gemeente bleek dat zij al in gesprek zijn met een grote woningcorporatie hierover.

Onderbouwing dat de activiteiten voldoende bijdragen aan het eigenaarschap en zeggenschap van inwoners en lokale bedrijven in lokale energieprojecten

Zoals beschreven onder de effectiviteit van het project hierboven, werken we met wat er al is. Hierdoor ontstaan er geen onrealistische verwachtingen van het project, aangezien de bewonersorganisaties hun contacten in de wijk al hebben en communicatie met bewoners redelijk direct is; en is tevens de kans van slagen groot omdat de doelstellingen van het project alleen behaald kunnen worden met voldoende samenwerking met de bewoners. De overleggen van de werkgroep, de wijkavonden die zij organiseren, het flyeren in de wijk, het bijhouden van de website www.energiezogwetering.nl, het versturen van de nieuwsbrief en het activeren van bewoners met concrete energiebesparings-acties zoals "Zet 'm op 50!", verwachten we voldoende draagvlak te creëren voor een doorstart naar Fase 2 van het project, waarbij bewoners zich ook juridisch gaan organiseren in de vorm van een vereniging of coöperatie. Om daarmee invloed te behouden over de ontwikkeling en exploitatie van een wijkwarmtenet of een andere vorm van duurzame warmte. Zoals hierboven ook al benoemd, houden we de vijfde optie open, waarbij er helemaal geen warmtenet zou komen maar gekozen wordt voor een individuele vorm van warmte per woning, bijvoorbeeld middels een collectieve inkoopactie. Daarmee willen we de aandacht en betrokkenheid van bewoners behouden. Praktijkvoorbeelden uit NL en daarbuiten wijzen uit dat de slagingskansen van warmteprojecten wordt bepaald door draagvlak onder bewoners vanaf het begin.

Bijlage 2 – Verslag bespreking met Derk Hueting

Coöperatieve Warmte Zogwetering

Bespreking d.d. 26-11-2024

Aanwezig: Derk Hueting (gemeente), Jan van Dijk, Ruud Snoek en Arnold Crone (WWZ).

Op 26 november 2024 hebben Ruud, Jan en Arnold een gesprek gehad met Derk Hueting, projectleider Duurzaamheid van de gemeente Stichtse Vecht.

Aanleiding voor de bespreking was de laatste bijeenkomst van de Werkgroep Warmte Zogwetering, op 24 oktober jl., toen werd besloten om het voortbestaan van de werkgroep te laten afhangen van de mogelijke rol van de gemeente bij een uitbreiding van het gebied waar een warmtenet aangelegd wordt; zie de notulen van die vergadering.

Derk vertelde dat hij zeer waarschijnlijk tot eind 2025 als zzp'er bij de gemeente werkzaam blijft. Intussen zal iemand worden opgeleid, die het daarna van hem gaat overnemen. Daarmee wordt voorzien in een continuïteit die in het verleden nogal eens ontbrak.

Over de politieke situatie in de gemeente m.b.t. de energietransitie was hij niet erg positief gestemd, maar hij is doende een stuk op te stellen waarmee in januari a.s. een beleidsnota gereed moet komen.

Voor warmtenetten is hij voorstander van een schaalvergroting, waaraan o.a. ons Indurio-onderzoek aan ten grondslag ligt. De schaal zal geleidelijk opgerekt kunnen worden tot heel Maarssendorp, m.u.v. Opburen en Zandweg-Oostwaard. Oppervlaktewater en geothermie zijn mogelijke warmtebronnen.

Derk vreest dat de meeste raadsleden niet beseffen dat de tijd die nodig is om een warmtevoorziening te realiseren 8 à 10 jaar is. Ook zal tijdig bij Stedin een aanvraag neergelegd moeten worden voor een voldoende zware stroomaansluiting.

Intussen zal in 2025 de Stichting Duurzame Vecht samen met Energiecoöperatie 2030.nu een nieuwe entiteit gaan worden en komt er een projectbureau voor duurzaamheid ([DAEB](#) diensten van algemeen economisch belang). Van hieruit kan er ondersteuning komen om warmtenetten in Stichtse Vecht verder uit te gaan uitrollen.

Participatie van bewoners is zeer wenselijk (naast die van woningcorporaties, energieleveranciers, bedrijfsleven e.a.).

Wij kunnen als werkgroep en als wijkcommissie de bewoners informeren dat de noodzaak tot schaalvergroting is aangetoond door het onderzoek dat wij hebben laten verrichten, en aanzetten tot (testen of) nadere isolatie (nodig is). Duurzame Vecht levert hiervoor de nodige expertise. In de Zogwetering (waarvan de woningen al goed geïsoleerd zijn) kan men testen of de woning warmtenet-ready is, door de cv-temperatuur te begrenzen op 50 graden en zien of het dan ook op koude dagen warm genoeg wordt.

De Werkgroep Warmte Zogwetering kan samen met de Wijkcommissie Zogwetering, Dichters & Lanen een bijeenkomst voor de hele wijk organiseren om informatie te geven over de volgende stap in de warmtetransitie. Derk Hueting is bereid om zo'n bijeenkomst mede voor te bereiden en een presentatie te verzorgen.

Verder zal eerst intern bij de gemeente onderzocht moeten gaan worden hoe e.e.a. naar de bewoners toe gebracht gaat worden als bekend is welke wijken als eerste in aanmerking komen om van het gas af te gaan. Wellicht zal het oostelijke deel van Maarssendorp daarbij als eerste in aanmerking gaan komen.

(Overigens moeten alle gemeentes uiterlijk voor 1-1-2027 plannen klaar hebben liggen waarin aangegeven worden welke wijken als eerst van het gas af zullen gaan.)

We prikken een datum in januari voor een bijeenkomst van de werkgroep om verslag te doen van dit gesprek een keuze te maken "hoe verder?".

Bijlage 3 – Variantenstudie

10 JULI 2024



VARIANTENONDERZOEK ZOGWETEREING

ENERGIECOÖPERATIE 2030.NU



Verantwoording

Titel	Variantenonderzoek Zogwetering
Opdrachtgever	Energiecoöperatie 2030.nu
Auteur(s)	Hans van Arnhem
Versie	Versie 1.07
Aantal pagina's	70

Datum	10 juli 2024
Handtekening	

Adres:
Bellweg 42
4104 BJ
Culemborg

Contactgegevens:
0345 786 361
info@indurio.nl
www.indurio.nl

Inhoudsopgave

1.	INLEIDING	5
1.1.	ALGEMEEN.....	5
1.2.	PROJECTLOCATIE	5
1.3.	UITGANGSPUNTEN.....	7
2.	ONDERZOEK VARIANTENSTUDIE	8
2.1.	ONDERZOCHE VARIANTEN	8
2.2.	WARMTE- EN KOUDEVRAAG VAN HET PROJECTGEBIED	8
3.	TEA (THERMISCHE ENERGIE UIT AFVALWATER)	11
3.1.	TEA PERSIOOLLEIDING ZOGWETERING	12
4.	WKO (WARMTE EN KOUDEOPSLAG) ALS SEIZOENSOPSLAG VAN THERMISCHE ENERGIE	15
5.	WARMTENETTEN	16
5.1.	MT WARMTENET ZONDER WKO	16
5.1.1.	MT WARMTENET ZONDER WKO ZOGWETERING	17
5.1.2.	WARMTEWISSELAAR MT WARMTENET ZONDER WKO ZOGWETERING.....	17
5.1.3.	WARMTECENTRALE MT WARMTENET ZONDER WKO ZOGWETERING	21
5.1.4.	WARMTEDISTRIBUTIE MT WARMTENET ZONDER WKO ZOGWETERING.....	22
5.2.	MT WARMTENET MET WKO	22
5.2.1.	MT WARMTENET MET WKO ZOGWETERING	23
5.2.2.	WARMTEWISSELAAR MT WARMTENET MET WKO ZOGWETERING	24
5.2.3.	WKO MT WARMTENET MET WKO ZOGWETERING.....	27
5.2.4.	WARMTECENTRALE MT WARMTENET MET WKO ZOGWETERING	30
5.2.5.	WARMTEDISTRIBUTIE MT WARMTENET MET WKO ZOGWETERING	31
5.3.	ZLT WARMTENET ZONDER WKO	32
5.3.1.	ZLT WARMTENET BRONVERMOGEN	32
5.4.	ZLT WARMTENET MET WKO	34
5.4.1.	ZLT WARMTENET BRONVERMOGEN	34
5.5.	BUURT ENERGIE SYSTEEM (BES) ALS BUURTWARMTENET	36
5.5.1.	BRONVERMOGEN BUURTWARMTENET	36
5.5.2.	ONTWERP VAN DE BODEMENERGIEBRON EN HET BUURTWARMTENET	37
5.6.	INDIVIDUELE WARMTE- EN KOUDE OPLOSSING PER WONING	40
5.6.1.	WARMTEPOMP MET BUITENLUCHT ALS BRON.....	41
5.6.2.	WARMTEPOMP MET BODEM ALS BRON.....	42
5.6.3.	PVT-INSTALLATIE.....	43
6.	FINANCIËLE ANALYSE	45
6.1.	MT WARMTENET ZONDER WKO	45
6.1.1.	INVESTERINGSKOSTEN MT WARMTENET ZONDER WKO.....	45
6.1.2.	ONDERHOUDSKOSTEN MT WARMTENET ZONDER WKO	46
6.1.3.	TCO EN KOSTEN PER EENHEID MT WARMTENET ZONDER WKO	46
6.1.4.	OPBRENGSTEN MT WARMTENET ZONDER WKO	46
6.2.	MT WARMTENET MET WKO	47
6.2.1.	INVESTERINGSKOSTEN MT WARMTENET MET WKO.....	47
6.2.2.	ONDERHOUDSKOSTEN MT WARMTENET MET WKO	47
6.2.3.	TCO EN KOSTEN PER EENHEID MT WARMTENET MET WKO	48
6.2.4.	OPBRENGSTEN MT WARMTENET MET WKO	48
6.3.	ZLT WARMTENET ZONDER WKO	49
6.4.	ZLT WARMTENET MET WKO	49
6.4.1.	INVESTERINGSKOSTEN ZLT WARMTENET MET WKO.....	49
6.4.2.	ONDERHOUDSKOSTEN ZLT WARMTENET MET WKO	49
6.4.3.	TCO EN KOSTEN PER EENHEID ZLT WARMTENET MET WKO	50
6.4.4.	INVESTERINGSKOSTEN ZLT WARMTENET MET WKO IN DE WONING	50

6.4.5.	ONDERHOUDSKOSTEN ZLT WARMTENET MET WKO IN DE WONING	50
6.4.6.	INVESTERINGSKOSTEN PER EENHEID ZLT WARMTENET MET WKO IN DE WONING	50
6.5.	BUURT ENERGIE SYSTEEM (BES) ALS BUURTWARMTENET	51
6.5.1.	INVESTERINGSKOSTEN BUURT ENERGIE SYSTEEM (BES) ALS BUURTWARMTENET	51
6.5.2.	ONDERHOUDSKOSTEN BUURT ENERGIE SYSTEEM (BES) ALS BUURTWARMTENET	51
6.5.3.	TCO EN KOSTEN PER EENHEID BUURT ENERGIE SYSTEEM (BES) ALS BUURTWARMTENET	51
6.5.4.	INVESTERINGSKOSTEN BUURT ENERGIE SYSTEEM IN DE WONING	51
6.5.5.	ONDERHOUDSKOSTEN BUURT ENERGIE SYSTEEM IN DE WONING.....	52
6.5.6.	INVESTERINGSKOSTEN PER EENHEID BUURT ENERGIE SYSTEEM (BES).....	52
6.6.	INDIVIDUELE WARMTE- EN KOUDE OPLOSSING PER WONING	53
6.6.1.	WARMTEPOMP MET BUITENLUCHT ALS BRON	53
6.6.2.	WARMTEPOMP MET BODEM ALS BRON	54
6.6.3.	PVT-WARMTEPOMP	55
7.	STAKEHOLDERS ANALYSE	55
8.	CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN.....	60
9.	SAMENVATTING ONDERZOEKSRESULTATEN	62
10.	ADDENDUM VARIANTENSTUDIE.....	63
10.1.	BODEMBRON VOOR BUURT ENERGIE SYSTEEM (BES) ALS MINI BUURTWARMTENET	64
10.1.1.	ONTWERP VAN DE BODEMENERGIEBRON EN HET MINI BUURTWARMTENET	65
10.2.	ECONOMISCHE ANALYSE BUURT ENERGIE SYSTEEM (BES) ALS BUURTWARMTENET.....	69
10.2.1.	INVESTERINGSKOSTEN BUURT ENERGIE SYSTEEM (BES) ALS MINI BUURTWARMTENET	69
10.2.2.	ONDERHOUDSKOSTEN BUURT ENERGIE SYSTEEM (BES) ALS MINI BUURTWARMTENET.....	69
10.2.3.	TCO EN KOSTEN PER EENHEID BUURT ENERGIE SYSTEEM (BES) ALS MINI BUURTWARMTENET	69
10.2.4.	INVESTERINGSKOSTEN BUURT ENERGIE SYSTEEM IN DE WONING	70
10.2.5.	ONDERHOUDSKOSTEN BUURT ENERGIE SYSTEEM IN DE WONING.....	70
10.2.6.	INVESTERINGSKOSTEN PER EENHEID BUURT ENERGIE SYSTEEM (BES).....	70

1. Inleiding

1.1. Algemeen

In opdracht van Energiecoöperatie 2030.Nu heeft Indurio een variantenstudie voor een duurzame vorm van warmte voor met name, maar niet uitsluitend, een kleinschalig warmtenet voor de wijk Zogwetering in Maarssen.

Voor de variantenstudie heeft Energiecoöperatie 2030.Nu 6 mogelijke varianten geselecteerd.

Voorliggend rapport bevat de uitgangspunten en resultaten van de variantenstudie.

1.2. Projectlocatie

De projectlocatie is de wijk Zogwetering in Maarssen, zie Figuur 1 waar het projectgebied rood omkaderd wordt weergegeven.



Figuur 1: Projectlocatie (Bron: Indurio)

De wijk Zogwetering bestaat uit 213 objecten, met in totaal 225 woningen, samengesteld uit vrijstaande woningen, 2-onder-1-kap, hoek- en tussenwoningen en appartementen. De bouwjaar van de woningen lopen vanaf 1930 t/m 2013 met een gemiddelde oppervlakte van ca. 86 m².

Opvallend is dat van de bestaande woningen, zoals in Figuur 4 te zien is, een groot deel van de woningen een energielabel A of B heeft en daarmee zonder verder noodzakelijke isolerende maatregelen geschikt is om op lage temperatuur te verwarmen. Met lage temperatuur wordt bedoeld een temperatuur tot maximaal 55 graden in het afgiftesysteem voor verwarming van de woning.

Direct naast de wijk Zogwetering bevindt zich de voormalige rioolwaterzuivering (RWZI), zie Figuur 2. Het terrein van de RWZI (3,35 hectare) heeft als nieuwe bestemming wonen gekregen.



Figuur 2: De voormalige RWZI Maarssen. Het terrein heeft als nieuwe bestemming wonen.

Ten tijde van deze studie waren geen concrete plannen aangaande de ontwikkeling van dit terrein bekend, maar voor de studie wordt uitgegaan van 108 woningen, zoals dit afgeleid is uit de proefverkaveling horende bij de structuurvisie gebiedsontwikkeling Zogwetering van 2021, deze wordt in Figuur 3 weergegeven. In de proefverkaveling is ingezet op de ontwikkeling van 38 grondgebonden woningen en 70 appartementen. De woningen dienen conform de BENG eisen gebouwd te worden. Ook voor deze woningen is ruimteverwarming op lage temperatuur geschikt.



Figuur 3: proefverkaveling horende bij de structuurvisie gebiedsontwikkeling Zogwetering van 2021 (bron: Gemeente Stichtse Vecht)

1.3. Uitgangspunten

Als leidend uitgangspunt zal de warmte- en koudevraag van de woningen in de wijk Zogwetering en de nieuw te bouwen woningen op het voormalige RWZI-terrein gehanteerd worden.

Zowel de warmte- als de koudevraag worden voor de variantenstudie berekend.

Om voor het onderzoek deze uitgangspunten te kunnen hanteren zijn de warmte- en koudevraag berekend op basis van de gangbare kentallen voor warmteverliezen en koudevraag.

Voor de berekende warmte- en koudevraag is tevens gebruik gemaakt van de beschikbare data voor energielabels, zoals deze in de landelijke database van de Overheid geregistreerd zijn.

De gegevens van de onderzochte woningen zijn opgehaald uit de BAG (Basisadministratie Adressen en Gebouwen).

2. Onderzoek variantenstudie

2.1. Onderzochte varianten

In deze variantenstudie zijn de onderstaande varianten voor een duurzame vorm van warmte voor met name, maar niet uitsluitend, een kleinschalig warmtenet voor de wijk Zogwetering in Maarssen onderzocht.

- I. Een kleinschalig MT (midentemperatuur = 70°C) warmtenet, met TEA (thermische energie uit afvalwater) als bron voor thermische energie, voor een warmtepomp in de zin van een collectieve opwek van de warmte.
- II. Een kleinschalig MT (midentemperatuur = 70°C) warmtenet, met TEA (thermische energie uit afvalwater) en WKO (warmte en koudeopslag) als bron voor thermische energie, voor een warmtepomp in de zin van een collectieve opwek van de warmte.
- III. Een kleinschalig ZLT (zeer laagtemperatuur < 25°C) warmtenet, met TEA (thermische energie uit afvalwater) als bron voor thermische energie, voor een individuele warmtepomp in iedere woning voor de opwek van de warmte.
- IV. Een kleinschalig ZLT (zeer laagtemperatuur < 25°C) warmtenet, met TEA (thermische energie uit afvalwater) en WKO (warmte en koudeopslag) als bron voor thermische energie, als bron voor thermische energie, voor een individuele warmtepomp in iedere woning voor de opwek van de warmte
- V. Een buurtwarmtenet met een collectieve bron bestaande uit bodemlussen als bron voor thermische energie, voor een individuele warmtepomp in iedere woning voor de opwek van de warmte.
- VI. Individuele warmte- en koude oplossing per woning met mogelijk collectieve inkoop, met als bronvarianten de buitenlucht, de bodem en PVT (zonnewarmte).

2.2. Warmte- en koudevraag van het projectgebied

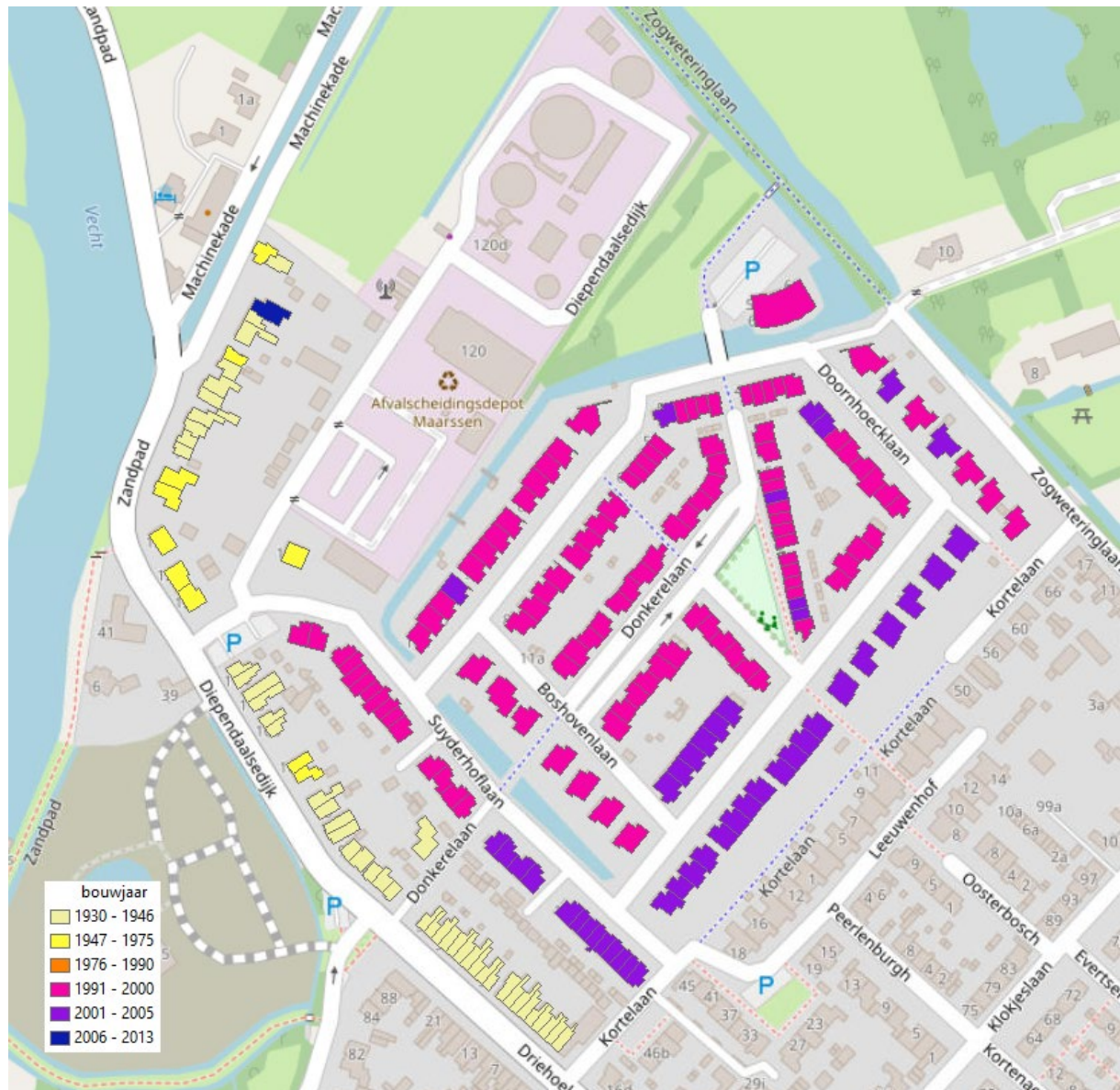
Voor de bestaande 225 woningen en de te ontwikkelen 108 nieuwbouwwoningen in de wijk Zogwetering is de jaarlijkse energievraag voor het verwarmen van de woningen, het maken van sanitair warmwater, alsmede het kunnen koelen van de woningen berekend.

Voor het berekenen van de jaarlijkse energievraag is gebruik gemaakt van kentallen. De kentallen voor het warmteverlies (transmissiegetal) van de bestaande woningen zijn gerelateerd aan het energielabel van de woning. De gehanteerde transmissiegetallen zijn empirisch bepaald over de tijd in diverse projecten door diverse marktpartijen.



Figuur 4: Overzicht woningen Zogwetering met het energielabel, stand oktober 2023. (Bron: RVO)

Bij de woningen zonder energielabel is het bouwjaar van de woning als uitgangspunt voor het transmissiegetal gehanteerd.



Figuur 5: Overzicht woningen met bouwjaar van de woning. (Bron: BAG)

Voor de bestaande bouw lopen de transmissiegetallen uiteen van 40 W/m² voor appartementen met energielabel A tot 102 W/m² voor de oude vrijstaande woningen.

Bij de nieuwbouwwoningen zijn de onderstaande transmissiegetallen gehanteerd.

transmissiegetal warmte appartement	35 kWh/m ² /jaar
transmissiegetal warmte 2 onder 1 kap	50 kWh/m ² /jaar
transmissiegetal warmte hoekwoning	50 kWh/m ² /jaar
transmissiegetal warmte tussenwoning	40 kWh/m ² /jaar

Voor het berekenen van de jaarlijkse energie voor sanitair warmwater en koude zijn voor alle woningen, zowel de bestaande als de nieuw te bouwen, de volgende kentallen gehanteerd.

rekengetal warmwater	7,5 kWh/m ² /jaar
transmissiegetal koude	18 kWh/m ² /jaar

De jaarlijkse warmtevraag van de bestaande woningen is berekend met de formule:

Energievraag = kengetal x gebruiksoppervlakte van de woning x aantal vollasturen

De jaarlijks benodigde warmte voor de nieuwbouwwoningen, alsmede de jaarlijkse energie voor sanitair warmwater en koude zijn berekend met de formule:

Energievraag = kengetal x gebruiksoppervlakte

Per woning is vervolgens de zogeheten aansluitwaarde berekend. De aansluitwaarde is het vermogen van de voor de woning benodigde warmtepomp om de woning warm te kunnen houden. De aansluitwaarde is bedoeld als het vermogen wat vanuit bijvoorbeeld een warmtenet geleverd moet worden voor die betreffende woning.

De aansluitwaarde is berekend door op basis van de berekende jaarlijkse warmtevraag de piekwarmtevraag (warmtevraag in de maand februari) te berekenen. Uit statistische gegevens is bekend dat ca. 18% van de jaarlijkse warmtevraag in februari benodigd is en dat een warmtepomp dan ca. 300 vollasturen draait.

De aansluitwaarde is berekend met de formule:

ASW = 18% totale warmtevraag in kWh gedeeld door 300 vollasturen.

In Tabel 1 staan de resultaten van de berekende energievraag voor verwarming, sanitair warmwater en koude en de aansluitwaarde voor de bestaande woningen en de nieuw te bouwen woningen in Zogwetering weergegeven.

type bebouwing	aantal [st]	Totaal ASW [kW]	Warmte [GJ]	Tap [GJ]	Koude [GJ]	Totaal Energie [GJ]
Bestaande bouw Zogwetering	225	1.438	8.406	668	633	9.074
Nieuwbouw Zogwetering	108	358	1.626	99	474	1.724
Totalen	333	1.796	10.032	766	1.107	10.798

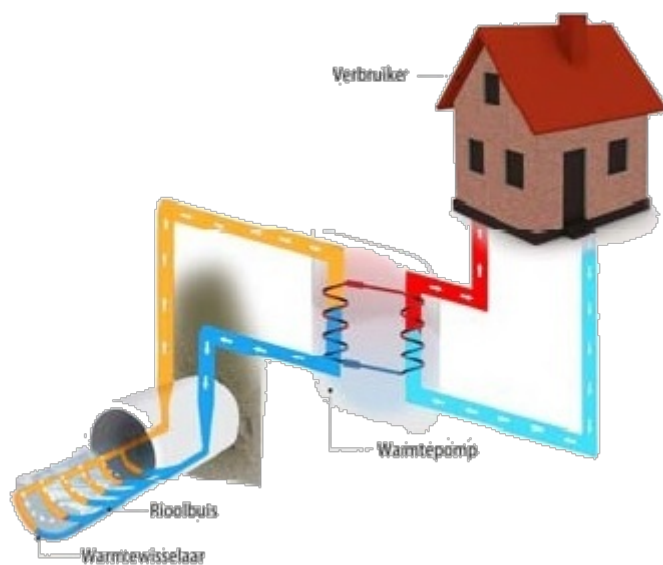
Tabel 1: Berekeningsresultaten voor warmte- en koudevraag, alsmede aansluitwaarde. (Bron: Indurio)

De warmtevraag is nog in geringe mate te reduceren door met name de woningen langs de Diependaalsedijk beter te isoleren. Naar verwachting is daarmee de warmtevraag met ca. 10% te reduceren.

3. TEA (thermische energie uit afvalwater)

Aan de waterketen wordt veel thermische energie toegevoegd voor het verwarmen van water. Deze thermische energie gaat samen met het water via de riolering naar de rioolwaterzuivering, maar gaat onderweg grotendeels verloren door warmteverlies via de wand van de rioolbuis en bijmenging met kouder water, zoals regenwater en grondwater.

Door het rioolwater langs een warmtewisselaar te voeren, is het relatief eenvoudig mogelijk om de warmte uit het rioolwater te hergebruiken als warmtebron. 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 6: Schema TEA installatie

Deze warmte kan als energie gebruikt worden voor het verwarmen of koelen van gebouwen of installaties, die in de nabijheid van de riolering staan.

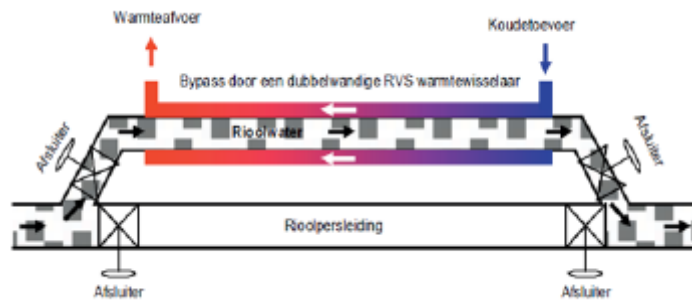
TEA kan toegepast worden op locaties waar voldoende vraag en aanbod is van thermische energie. Warmtevragers zoals hotels, appartementen, kantoren en zwembaden zijn goede afnemers voor een TEA-bron, omdat deze gebouwen een grote warmtevraag hebben.

TEA kan ook een warmtebron zijn voor een warmtenet. Dit kan met of zonder een WKO-systeem, waarbij de warmteopslag in de zomer wordt aangevuld door het rioolwater. Op deze manier kan ook de zomercapaciteit van rioolwater worden benut.

3.1. TEA persrioolleiding Zogwetering

Voor de persrioolleiding, zoals in dit onderzoek onderzocht, is als warmtewisselaar een buis-in-buis warmtewisselaar de enige geschikte techniek. Vanwege de hoge vuilvracht in het rioolwater zou iedere andere soort warmtewisselaar snel verstopt raken. Bij de buis-in-buis warmtewisselaar zit de warmtewisselaar om de buitenzijde van de rioolbuis en is de warmtewisselaar gescheiden van het vuile rioolwater.

Deze warmtewisselaar kan als onderdeel van het persriool aangelegd worden, maar ook in de uitvoering als een bypass, zoals in Figuur 7, t.o.v. de persrioolleiding.



Figuur 7: Schema warmtewisselaar als bypass. (Bron: Syntraal)

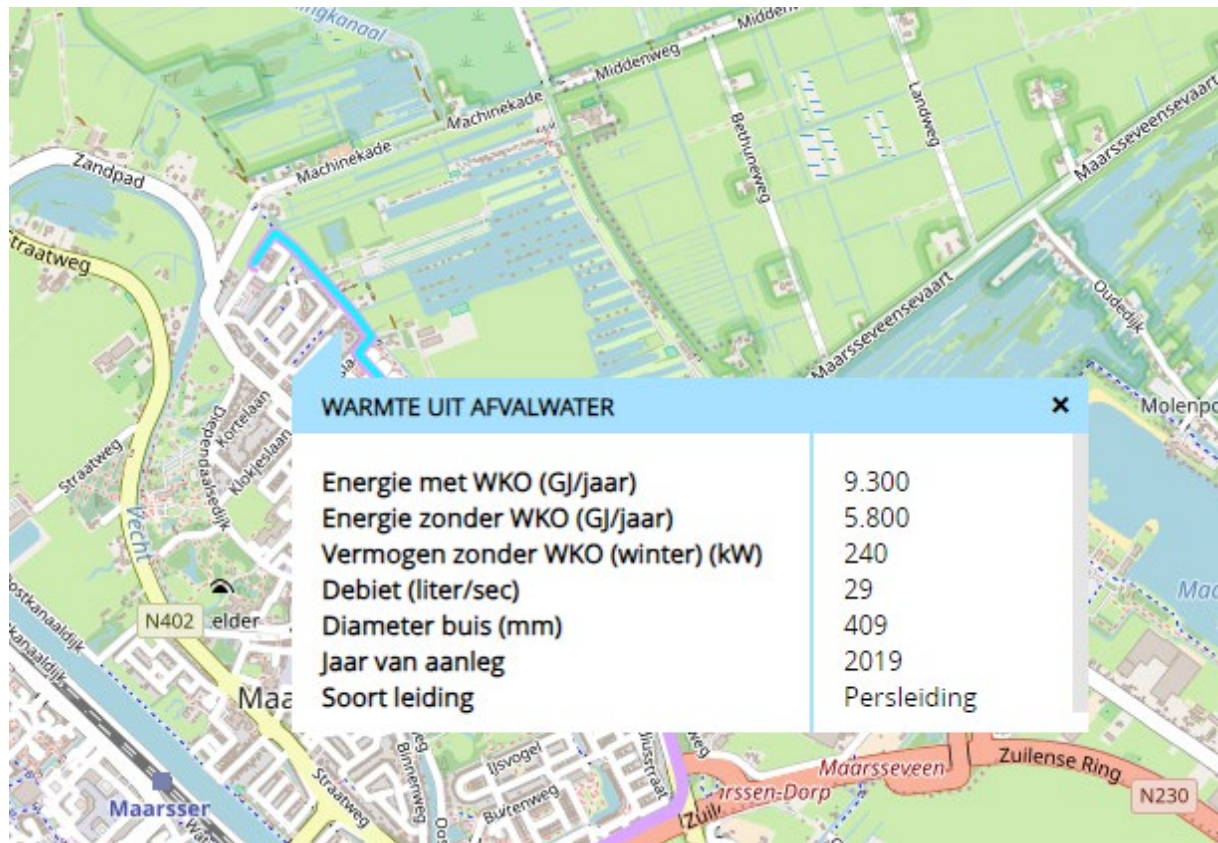
Voor deze warmtewisselaar is een aanvraag gedaan bij de Zwitserse producent Kasag AG. Van Kasag AG is een ontwerp ontvangen van een buis-in-buis warmtewisselaar passend op een riolbuis DN400 met een totale lengte van 198 meter. Deze warmtewisselaar kan een bronvermogen van 345 kW leveren en koelt het riolwater dan af met $2,85\text{ }^{\circ}\text{C}$ bij een debiet van $28,8\text{ l/s}$ aan riolwater. Voor het afkoelen van het riolwater dient toestemming van het waterschap verkregen te worden.

Hoewel het riolwater een gemiddelde temperatuur heeft van $12\text{ }^{\circ}\text{C}$, waarmee het door de warmtewisselaar stroomt, levert de warmtewisselaar een brontemperatuur aan de warmtepomp van ca. $6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Van deze $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ dient de warmtepomp water van $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ te maken waarmee het MT warmtenet gevoed gaat worden.

Waternet/AGV heeft voor al haar assets de thermische potentie laten onderzoeken en in de omgevingswarmtekaart gebracht. Voor de betreffende persrioolleiding is de thermische potentie ook berekend en in kaart gebracht. In Figuur 8 wordt de thermische potentie uit de omgevingswarmtekaart van Waternet weergegeven. Voor het berekenen van de thermische potentie is onderstaande rekenmethodiek gehanteerd, met de genoemde uitkomsten.

De thermische potentie van het afvalwater in deze leiding bedraagt maximaal ca. 9.300 GJ/jaar , dit is met toepassing van WKO. Dit is enigszins vergelijkbaar met de netto warmtevraag van de buurt, welke berekend is op 10.798 GJ/jaar . Zonder WKO bedraagt de potentie ongeveer 5.800 GJ/jaar wat onvoldoende zal zijn om de buurt te verwarmen.

De potentie van 9.300 GJ/jaar is gebaseerd op een gemiddeld afvalwaterdebiet (droogweerafvoer) van $28,8\text{ l/s}$, een $\Delta T=2^{\circ}\text{C}$ voor het seizoen met directe onttrekking ($6760\text{ vollasturen per jaar}$) en een $\Delta T=4^{\circ}\text{C}$ voor de regeneratie van de WKO gedurende $2.000\text{ uur per jaar}$.



Figuur 8: Thermische potentie van de persrioolleiding Zogwetering. (Bron: Waternet omgevingswarmtekaart)

Voor de leverantie van deze warmtewisselaar is een prijs opgegeven van € 532.000,- excl. BTW.

Tijdens overleg met Waternet is nogmaals benadrukt dat de rioolpersleiding in 2019 aangelegd is. Vervanging is absoluut niet aan de orde, het toepassen van de warmtewisselaar als bypass zou de enige optie kunnen zijn.

Voor het installeren van de warmtewisselaar zal ruimte in de ondergrond gevonden dienen te worden. Er dient het nodige graafwerk verricht te worden en er moeten aanvoer- en retourleidingen aangelegd worden.

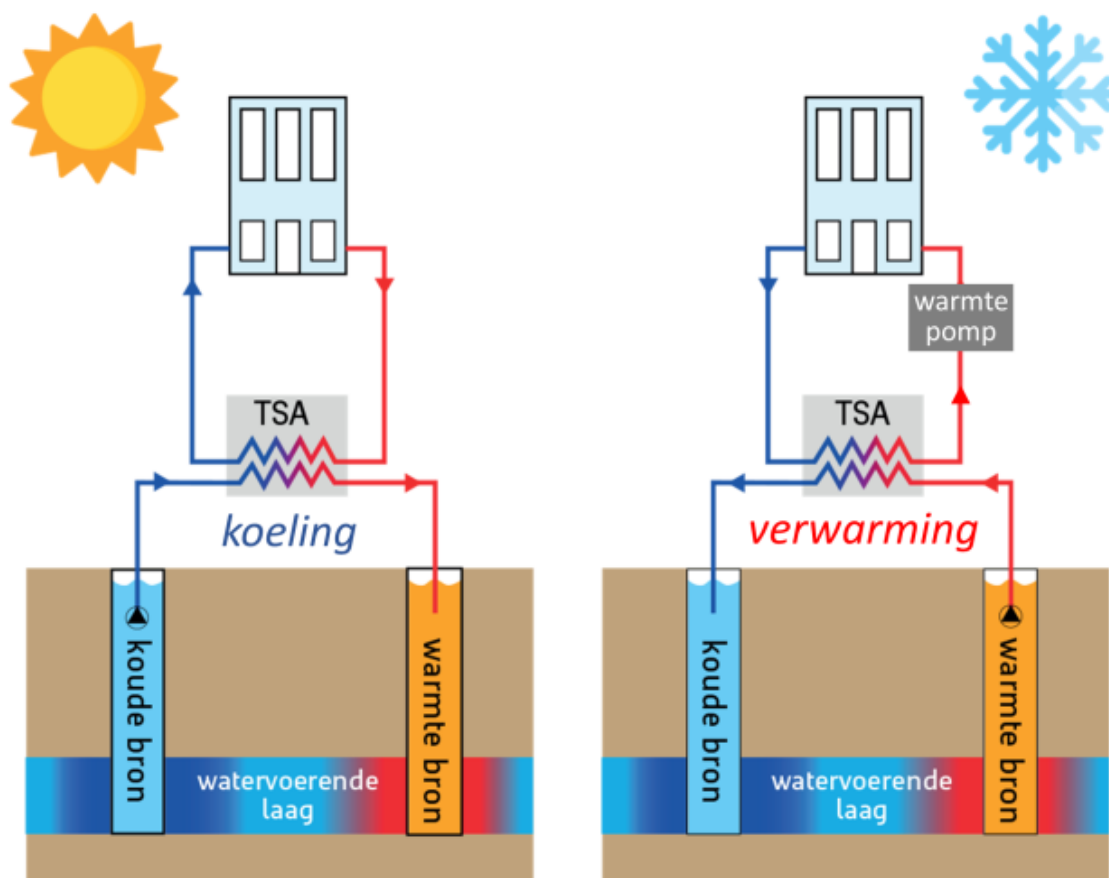
Om gebruik te kunnen maken van de warmte in het rioolwater zal een noemenswaardige investering gedaan dienen te worden in de ordegrrootte van tussen 1 en 1,5 miljoen Euro.

4. WKO (warmte en koudeopslag) als seizoensopslag van thermische energie

WKO is synoniem aan een open bodemenergiesysteem. Een WKO slaat energie uit het gebouw en/of de omgeving op in de bodem, in een aquifer (een waterhoudende zand- en/of kiezellaag). Een aquifer is van nature aanwezig in de bodem. De warmte gewonnen uit de persrioolleiding is de genoemde energie uit de omgeving en wordt gebruikt om de warme bron van de WKO te laden met als doel balans in de WKO te houden. Hierdoor wordt er voldoende warmte in de WKO opgeslagen om de warmtepomp in lengte van jaren van warmte te kunnen voorzien. Het principe van de WKO wordt in Figuur 9 getoond.

Aan bijna alle WKO's wordt een warmtepomp gekoppeld, eventueel nog met een andere warmteopwekker, om de juiste temperatuur voor het gebouw te produceren. De aquifer geldt als bron voor de warmtepomp.

In de winter wordt het gebouw verwarmd met een warmtepomp die warmte onttrekt aan het opgepompte grondwater uit de warme bron. Het grondwater koelt af en wordt weer teruggepompt in de koude bron. In de zomer wordt dit afgekoelde water weer opgepompt en gebruikt als passieve koeling. Het daardoor opgewarmde water wordt weer teruggebracht in de warme bron. De cyclus is daarmee doorlopen.



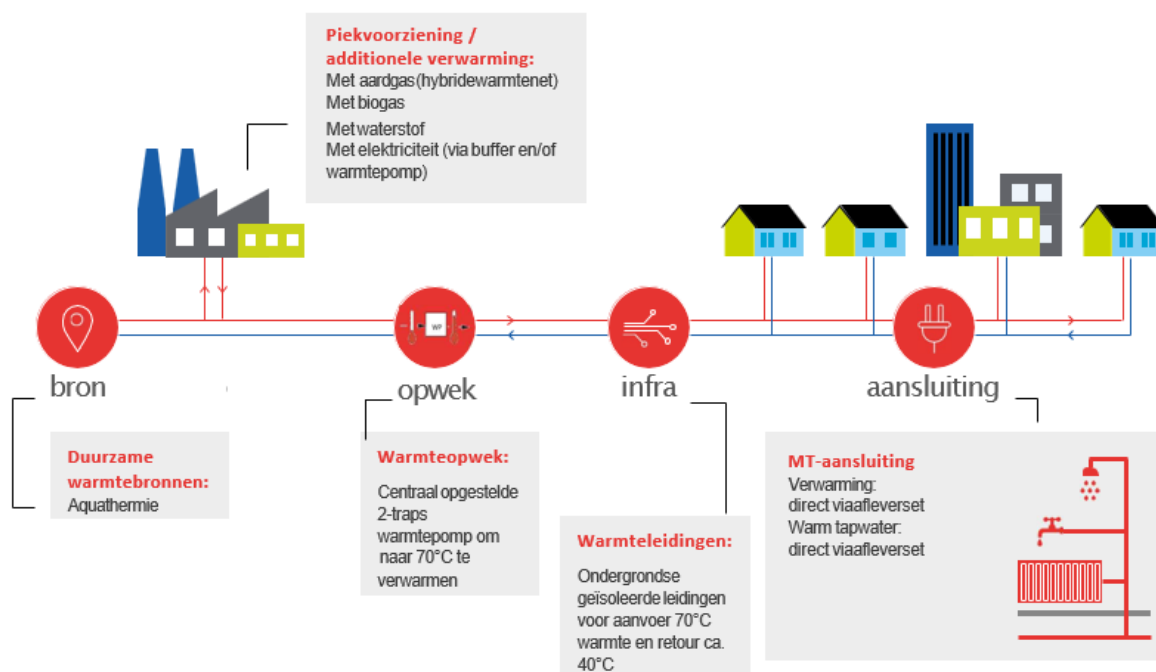
Figuur 9 Schematische weergave WKO in zomer- en winterbedrijf (Bron: WUR)

5. Warmtenetten

In dit hoofdstuk worden de in de variantenstudie onderzochte varianten beschreven.

5.1. MT warmtenet zonder WKO

Bij het MT (midentemperatuur) warmtenet zonder WKO, wordt de warmte uit het afval(riool)water in de winter, de periode waarin er van uit de woningen sprake is van een bepaalde warmtevraag, door een warmtewisselaar uit de bron onttrokken. De onttrokken warmte, met een temperatuur van ca. 6 °C wordt afgegeven aan de opgestelde warmtepomp(en), welke de warmte van een relatief lage temperatuur opwaardeert naar de 70 °C in het MT warmtenet. Dit is de temperatuur die via het MT warmtenet bij de woningen wordt afgeleverd. Dit afleveren van de warmte gebeurt via een afleverset. Met de aflevertemperatuur van 70 °C wordt warmte aan de woning afgeleverd die volstaat voor het verwarmen van de woning en warm sanitair water. In de woning is geen warmtepomp benodigd. Indien de wens is om ook via het warmtenet te kunnen koelen in de woningen, dient het MT warmtenet als een 4-pijpssysteem uitgevoerd te worden. Hierbij zijn warmtelevering en koeling in het net gescheiden. De warmte die bij het koelen afgevoerd wordt, gaat via het afvoeren van het rioolwater naar de RWZI verloren.



Figuur 10: Schema MT warmtenet zonder WKO. (Bron: TKI Urban Energy)

Kenmerkend voor het MT warmtenet zijn:

- Geschikt als lokale duurzame warmte beschikbaar is > 50 °C;
- Bij voorkeur bij een verwaarloosbare koelvraag, en als gebouwen afgifte temperatuur >50 °C nodig hebben.

Nadeel: Relatief veel warmteverliezen

Opmerking: Bij een MT warmtenet ligt de temperatuur van de warme leiding volgens de nu gangbare definities tussen 50-70 °C. Daarbinnen is dus nog een range aan benodigde eigenschappen van het systeem:

- Mate van isolatie afhankelijk van het temperatuurniveau
- Eventuele benodigde extra voorziening voor tapwater (elektrisch naverwarmen); indien $> 65^{\circ}\text{C}$ kan het tapwater worden geproduceerd met een eenvoudige afleverset in de woning
- Bij de relatief lage temperatuur van de aquathermiebron in de winter, zal het rendement van de warmtepompen om de temperatuur naar 70°C op te waardenen relatief laag zijn. Een gevolg daarvan is een hoger verbruik aan primaire energie, in dit geval elektriciteit.

5.1.1. MT warmtenet zonder WKO Zogwetering

Op basis van de in hoofdstuk 2.2 berekende warmte- en koudevraag en de aansluitwaarden van de woningen en de ontwerpvoorwaarden voor een MT warmtenet, is een schetsontwerp van het MT warmtenet zonder WKO voor Zogwetering gemaakt. In Figuur 12 staat het schetsontwerp van het MT warmtenet zonder WKO voor Zogwetering weergegeven. Deze lay-out is een 1^e opzet, bij een daadwerkelijk ontwerp zal onderzocht dienen te worden of de onderdelen op de gekozen locaties kunnen of op een andere locatie dienen te komen.

Als belangrijkste onderdelen zijn aan te merken, de warmtewisselaar als bypass op de rioolpersleiding, de warmtecentrale waar de warmtepompen en bijbehorende appendages opgesteld staan en het warmtenet opgebouwd uit primaire- en secundaire distributieleidingen en de huisaansluitingen.

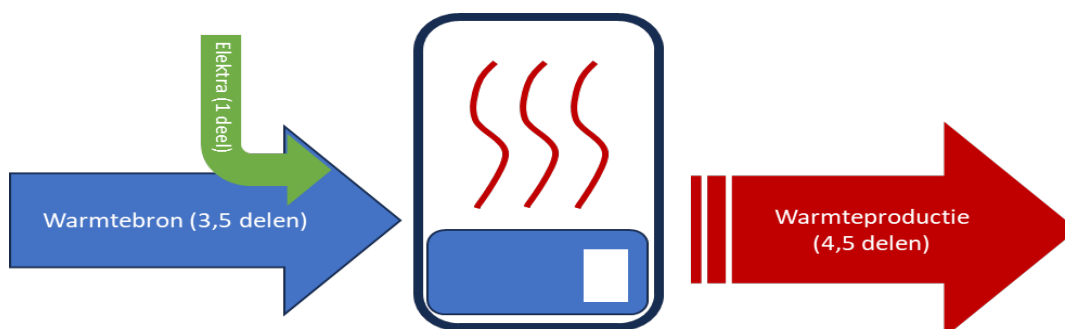
5.1.2. Warmtewisselaar MT warmtenet zonder WKO Zogwetering

In hoofdstuk 3.1 is de thermische potentie van de persrioolleiding gegeven, zoals deze voor de omgevingswarmtekaart van Waternet is berekend. Volgens de daarbij gehanteerde criteria zou de thermische potentie van de persrioolleiding, zonder WKO, 5.800 GJ/jaar zijn.

Deze hoeveelheid energie wordt met de toegevoerde primaire energie aan de warmtepomp verhoogd. De warmtepomp zet namelijk de toegevoerde hoeveelheid elektrische energie om de warmtepomp aan te drijven om in thermische energie.

De verhouding tussen de hoeveelheid primaire energie en de door de warmtepomp geproduceerde energie is het rendement van de installatie. Dit wordt coëfficiënt of performance (COP) genoemd. Hoe hoger de COP, des te lager is het verbruik van primaire energie. Voor het opwaarderen van rioolwater op 12°C naar de afgifte temperatuur van 70°C gaan we voor dit onderzoek uit van een COP 3,0. In feite wordt opgewaardeerd van de brontemperatuur voor de warmtepomp uit de warmtewisselaar van ca. 6°C naar de afgifte temperatuur van 70°C .

In Figuur 11 wordt het begrip COP grafisch nader toegelicht voor een COP 4,5.



Figuur 11: Schematische weergave COP

De hoeveelheid energie uit de persrioolleiding van 5.800 GJ/jaar en de opgenomen primaire energie van de warmtepomp geeft de hoeveelheid thermische energie die de warmtepomp aan het warmtenet kan leveren.

Als we de hoeveelheid te leveren energie van de warmtepomp uitrekenen, wordt dit:

$$Q_{\text{totaal}} = Q_{\text{primair}} + Q_{\text{bron}}$$

$$Q_{\text{primair}} = Q_{\text{bron}} / \text{COP} - 1$$

$$Q_{\text{primair}} = 5.800 / 3 - 1$$

$$Q_{\text{primair}} = 2.900 \text{ GJ/jaar (805.620 kWh/jaar)}$$

Nu kan Q_{totaal} berekend worden:

$$Q_{\text{totaal}} = Q_{\text{primair}} + Q_{\text{bron}}$$

$$Q_{\text{totaal}} = 2.900 + 5.800$$

$$Q_{\text{totaal}} = \underline{8.700 \text{ GJ/jaar}}$$

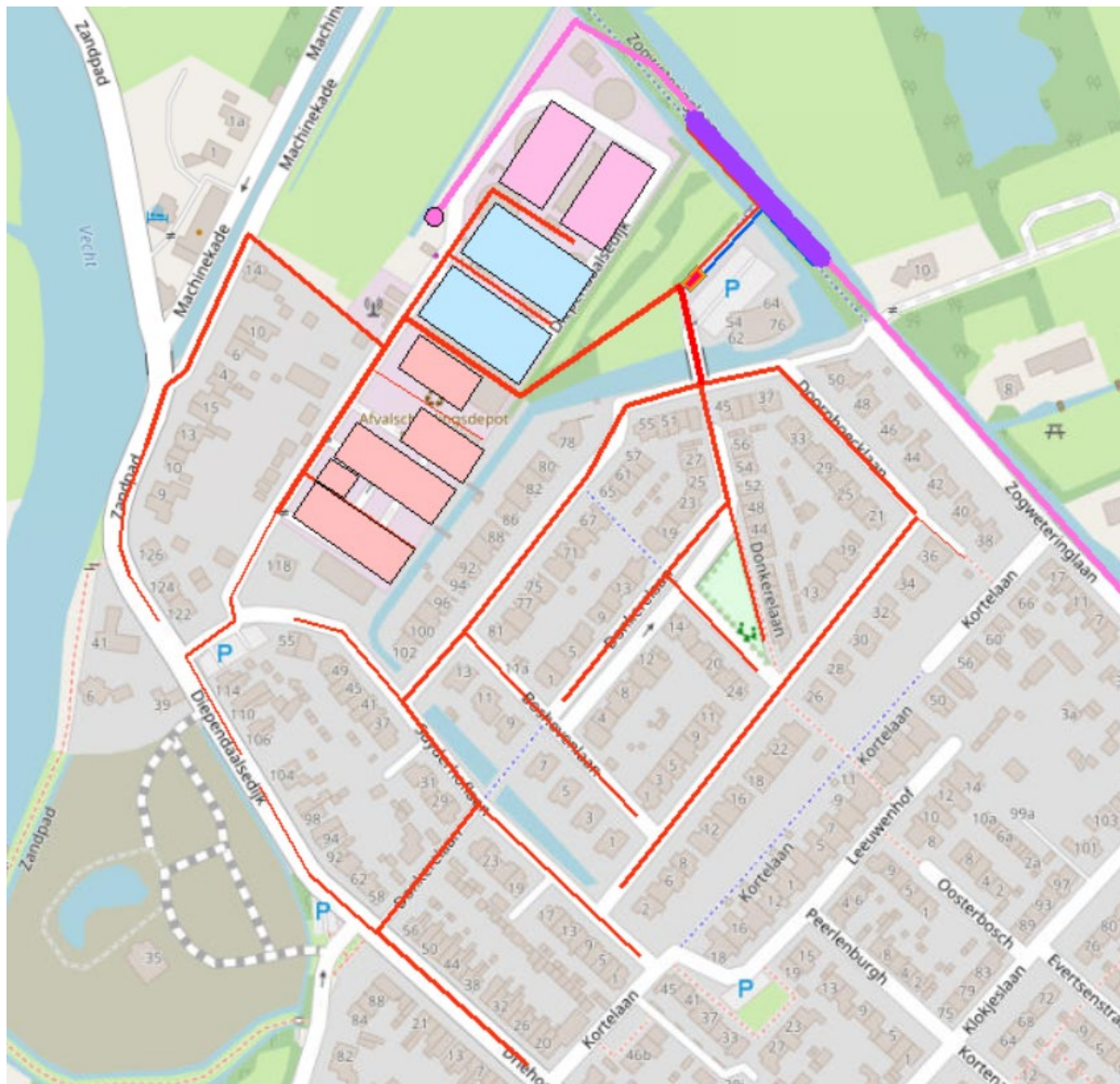
Dit zou betekenen dat om aan de warmtevraag van Zogwetering te kunnen voldoen er meer warmte uit de persrioolleiding gewonnen moet worden. Het debiet is daarbij een vast gegeven, wat betekent dat het rioolwater meer dan de 2°C afgekoeld moet mogen worden.

De te leveren warmtevraag van 10.798 GJ/jaar is de warmte op 70 °C die via het MT-warmtenet aan de woningen geleverd dient te kunnen worden. Een belangrijk kenmerk van een MT warmtenet is het optredende warmteverlies tijdens het transport van de warmte. Op basis van statistische gegevens is het warmteverlies in een MT warmtenet te rekenen op 23%.

Dit betekent dat om de warmtevraag van 10.798 GJ/jaar te kunnen leveren, 23% meer warmte in het MT warmtenet ingevoed dient te worden.

De hoeveelheid warmte die vanuit de warmtecentrale in het warmtenet ingevoed dient te worden bedraagt:

$$10.798 \text{ GJ/jaar} + 23\% \text{ van } 10.798 \text{ GJ/jaar} = \underline{13.281 \text{ GJ/jaar}}$$



Figuur 12: Schetsontwerp MT warmtenet zonder WKO Zogwetering

Om voldoende energie uit het rioolwater in de persrioolleiding te halen om de warmtevraag van Zogwetering te voorzien, zou betekenen dat de temperatuur van het rioolwater meer dan 2 °C afgekoeld moet mogen worden. Hiervoor is overleg met Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) noodzakelijk. Het afgevoerde rioolwater wordt namelijk afgevoerd naar een Rioolwaterzuivering (RWZI) van HDSR, waarbij ook gebruik gemaakt wordt van de aanwezige warmte in het rioolwater voor het zuiveringsproces. Een lagere temperatuur van het rioolwater kan een verstoring van de biologische processen op de RWZI tot gevolg hebben.

Om aan de warmtevraag te kunnen voldoen is een warmtewisselaar nodig met het volgende vermogen:

Vermogen (P) in kW = energie (Q) in kWh / tijd (T) in uur

$Q_{\text{bron}} = Q_{\text{warmtenet}} - Q_{\text{primair warmtepomp}}$

$Q_{\text{warmtenet}} = 13.281 \text{ GJ/jaar}$

$Q_{\text{primair warmtepomp}} = Q_{\text{warmtenet}} / \text{COP (3,0)}$

$Q_{\text{primair warmtepomp}} = 4.427 \text{ GJ/jaar (1.229.820 kWh/jaar)}$

$Q_{\text{bron}} = 13.281 - 4.427 = 8.854 \text{ GJ/jaar (2.459.641 kWh/jaar)}$

$T = 6.760 \text{ vollasturen}$

$P = Q / T$

$P = 2.459.641 / 6760 = 364 \text{ kW}$

Om 364 kW vermogen te kunnen leveren dient het rioolwater in de warmtewisselaar afgekoeld te worden met:

Temperatuurverschil (ΔT) in K = vermogen (P) in kW / massavolume (m) in m³/h x soortelijke warmte (c) in kWh/m³.K

$\Delta T = P / m \times c$

$m = \text{debiet } 28,8 \text{ l/s (103.68 m}^3\text{/h)}$

$c \text{ voor water} = 1,16 \text{ kWh/m}^3\text{.K}$

$\Delta T = 364 / 103,68 \times 1,16 = 3,03 \text{ K (3,03 } ^\circ\text{C)}$

Voor de afkoeling van het rioolwater met 3,03 °C is toestemming van HDSR benodigd.

De benodigde warmte is daarmee uit het rioolwater te winnen, echter het warmtenet zal ca. 3.500 uren per seizoen warmtevraag kennen.

Op basis van dat aantal uren wordt de uitkoeling van het rioolwater, zoals hieronder berekend.

$Q_{\text{bron}} = 13.281 - 4.427 = 8.854 \text{ GJ/jaar (2.459.641 kWh/jaar)}$

$T = 3.500 \text{ vollasturen}$

$P = Q / T$

$P = 2.459.641 / 3.500 = 703 \text{ kW}$

Om 703 kW vermogen te kunnen leveren dient het rioolwater in de warmtewisselaar afgekoeld te worden met:

Temperatuurverschil (ΔT) in K = vermogen (P) in kW / massavolume (m) in m³/h x soortelijke warmte (c) in kWh/m³.K

$\Delta T = P / m \times c$

$m = \text{debiet } 28,8 \text{ l/s (103.68 m}^3\text{/h)}$

$c \text{ voor water} = 1,16 \text{ kWh/m}^3\text{.K}$

$\Delta T = 703 / 103,68 \times 1,16 = 5,84 \text{ K (5,84 } ^\circ\text{C)}$

Deze mate van uitkoeling van het rioolwater zal zeker effect hebben op de werking van het zuiveringsproces op de RWZI.

Vanwege de mate van afkoeling van het rioolwater en de daardoor ontstane effecten op het zuiveringsproces van de RWZI is het redelijkerwijs te verwachten dat de variant MT warmtenet zonder WKO om technische redenen niet haalbaar is.

Deze variant zou wel voldoende vermogen en warmte kunnen leveren voor uitsluitend de nieuwbouw op het voormalige RWZI-terrein. Hoogstwaarschijnlijk zal dit echter om economische redenen niet voldoende interessant zijn, dit vanwege het geringe aantal afnemers en de hoge investering in de warmtewisselaar.

5.1.3. Warmtecentrale MT warmtenet zonder WKO Zogwetering

De warmte die via de warmtewisselaar uit het rioolwater wordt onttrokken dient door warmtepompen op een temperatuur van 70 °C gebracht te worden, waarna de warmte via het MT warmtenet naar de woningen gedistribueerd wordt.

De warmtepompen en bijbehorende appendages, zoals warmtewisselaars, circulatiepompen en filters en regelapparatuur dient in een technische ruimte opgesteld te worden. Deze technische ruimte wordt de warmtecentrale genoemd. De apparatuur dient in een toegankelijke en droge ruimte te staan, in de praktijk wordt hiervoor een gebouw voor de warmtecentrale gebouwd. De afmeting van een dergelijk gebouw is 100 tot 150 m² met een hoogte van 4 meter.



Figuur 13: Mogelijke locatie voor de warmtecentrale.

De warmtecentrale heeft voor het voeden van de apparatuur een zware elektrische aansluiting op het stroomnet nodig. Een aansluiting 3 x 80A voor alleen de warmtepompen is in veel gevallen noodzakelijk.

De circulatiepompen in de warmtecentrale pompen het water in het MT warmtenet rond op een temperatuur van 70 °C op een bepaalde druk. Bij het definitieve ontwerp van het warmtenet dient doorgerekend te worden of de druk ergens verderop in het MT warmtenet d.m.v. een onderstation opnieuw opgevoerd dient te worden.

Met de aanwezige regelapparatuur worden de warmtepompen en circulatiepompen aangestuurd om het MT warmtenet in voldoende mate te voeden met warmte.

5.1.4. Warmtedistributie MT warmtenet zonder WKO Zogwetering

De warmtedistributie wordt via een MT warmtenet geregeld. In Figuur 12 wordt de mogelijke lay-out van het MT warmtenet getoond. Voor deze lay-out is geen verder onderzoek gedaan naar overige kabels en leidingen, waarmee de lay-out van het MT warmtenet in conflict zou kunnen komen. Het MT warmtenet staat in de lay-out als enkelvoudige lijnen getekend, maar zal bij de realisatie uitgevoerd worden als een systeem bestaande uit 2 leidingen (aanvoer en retour) naast elkaar in gelijke diameter.

Vanwege de aanvoertemperatuur van 70 °C wordt voor de leidingen van het warmtenet gekozen voor buizen van staal met een isolatieschil er omheen. De huisaansluitingen hebben diameters variërend van DN10 t/m DN20.



Figuur 14: Stalen buis voor warmtenet met isolatieschil. (Bron: Weijers Waalwijk)

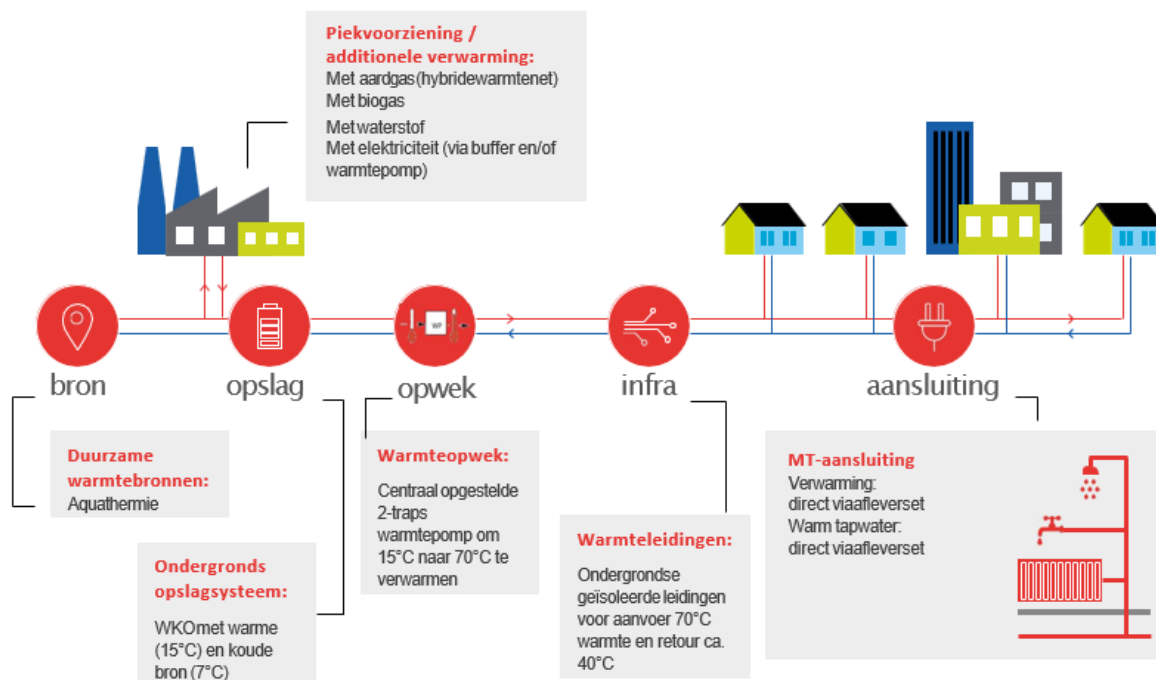
De primaire- en secundaire distributieleidingen welke in het openbaar gebied onder de straten aangelegd worden hebben diameters uiteenlopend van DN20 t/m DN100. De totale lengte van de primaire en secundaire distributieleidingen bedraagt ca. 4.400 meter, waarbij per meter een aanvoer- en retourleiding gelegd dient te worden.

5.2. MT warmtenet met WKO

Bij het MT (middentemperatuur) warmtenet met WKO, wordt de warmte uit het afval(riool)water in de zomer, de periode waarin het rioolwater een relatief hoge temperatuur heeft, door een warmtewisselaar uit de bron onttrokken. De onttrokken warmte, met een temperatuur van ca. 15 °C wordt opgeslagen in de warme bron van de WKO en in de winter afgegeven aan de opgestelde warmtepomp(en), welke de warmte vanaf de temperatuur in de warme bron van de WKO opwaardeert naar de 70 °C in het MT warmtenet. Dit is de temperatuur die via het MT warmtenet bij de woningen wordt afgeleverd. Dit afleveren van de warmte gebeurt via een afleverset.

Met de aflevertemperatuur van 70 °C wordt warmte aan de woning afgeleverd die volstaat voor het verwarmen van de woning en warm sanitair water. In de woning is geen warmtepomp benodigd. Indien de wens is om ook via het warmtenet te kunnen koelen in de woningen, dient het MT warmtenet als een 4-pijpssysteem uitgevoerd te worden. Hierbij zijn warmtelevering en koeling in

het net gescheiden. De warmte die bij het koelen afgevoerd wordt, gaat naar de warme bron van de WKO en is in de winter beschikbaar om als warmte gebruikt te worden.



Figuur 15: Schema MT warmtenet met WKO. (Bron: TKI Urban Energy)

Kenmerkend voor het MT warmtenet zijn:

- Geschikt als lokale duurzame warmte beschikbaar is > 50 °C;
- Bij voorkeur bij een verwaarloosbare koelvraag, en als gebouwen afgifte temperatuur >50 °C nodig hebben.

Nadeel: Relatief veel warmteverliezen

Opmerking: Bij een MT warmtenet ligt de temperatuur van de warme leiding volgens de nu gangbare definities tussen 50-70 °C. Daarbinnen is dus nog een range aan benodigde eigenschappen van het systeem:

- Mate van isolatie afhankelijk van het temperatuurniveau
- Eventuele benodigde extra voorziening voor tapwater (elektrisch naverwarmen); indien > 65 °C kan het tapwater worden geproduceerd met een eenvoudige afleverset in de woning
- Door het toevoegen van de WKO is de brontemperatuur, welke door de warmtepompen opgevoerd wordt naar de benodigde 70 °C, hoger dan wanneer geen WKO toegepast wordt. Dit resulteert in een hoger rendement van de warmtepompen en daarmee een lager verbruik aan primaire energie.

5.2.1. MT warmtenet met WKO Zogwetering

Op basis van de in hoofdstuk 2.2 berekende warmte- en koudevraag en de aansluitwaarden van de woningen en de ontwerpvoorwaarden voor een MT warmtenet, is een schetsontwerp van het MT warmtenet met WKO voor Zogwetering gemaakt. In Figuur 17 staat het schetsontwerp van het MT warmtenet met WKO voor Zogwetering weergegeven. Deze lay-out is een 1^e opzet, bij een daadwerkelijk ontwerp zal onderzocht dienen te worden of de onderdelen op de gekozen locaties kunnen of op een andere locatie dienen te komen.

Als belangrijkste onderdelen zijn aan te merken, de warmtewisselaar als bypass op de rioolpersleiding, de WKO, de warmtecentrale waar de warmtepompen en bijbehorende appendages opgesteld staan en het warmtenet opgebouwd uit primaire- en secundaire distributieleidingen en de huisaansluitingen.

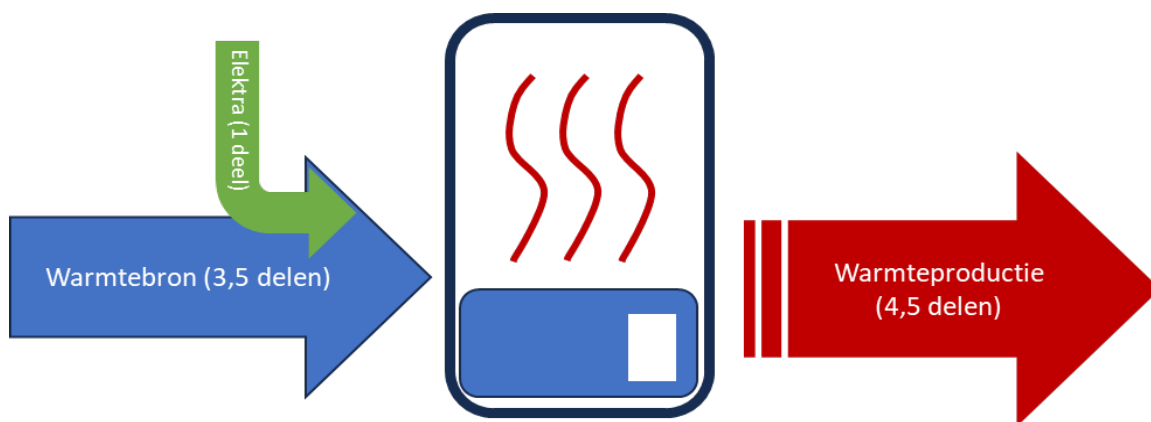
5.2.2. Warmtewisselaar MT warmtenet met WKO Zogwetering

In hoofdstuk 3.1 is de thermische potentie van de persrioolleiding gegeven, zoals deze voor de omgevingswarmtekaart van Waternet is berekend. Volgens de daarbij gehanteerde criteria zou de thermische potentie van de persrioolleiding, met WKO, 9.300 GJ/jaar zijn.

Deze hoeveelheid energie wordt met de toegevoerde primaire energie aan de warmtepomp verhoogd. De warmtepomp zet namelijk de toegevoerde hoeveelheid elektrische energie om de warmtepomp aan te drijven om in thermische energie.

De verhouding tussen de hoeveelheid primaire energie en de door de warmtepomp geproduceerde energie is het rendement van de installatie. Dit wordt coëfficiënt of performance (COP) genoemd. Hoe hoger de COP, des te lager is het verbruik van primaire energie. Voor het opwaarderen van rioolwater op 20 °C naar de afgifte temperatuur van 70 °C gaan we voor dit onderzoek uit van een COP 4,0. In feite wordt opgewaardeerd van de brontemperatuur voor de warmtepomp uit de warmtewisselaar van ca. 15 °C naar de afgifte temperatuur van 70 °C.

In Figuur 16 wordt het begrip COP grafisch nader toegelicht voor een COP 4,5.



Figuur 16: Schematische weergave COP

De hoeveelheid energie uit de persrioolleiding van 5.800 GJ/jaar en de opgenomen primaire energie van de warmtepomp geeft de hoeveelheid thermische energie die de warmtepomp aan het warmtenet kan leveren.

Als we de hoeveelheid te leveren energie van de warmtepomp uitrekenen, wordt dit:

$$Q_{\text{totaal}} = Q_{\text{primair}} + Q_{\text{bron}}$$

$$Q_{\text{primair}} = Q_{\text{bron}} / \text{COP} - 1$$

$$Q_{\text{primair}} = 9.300 / 4 - 1$$

$Q_{\text{primair}} = 3.100 \text{ GJ/jaar}$ (861.180 kWh/jaar)

Nu kan Q_{totaal} berekend worden:

$Q_{\text{totaal}} = Q_{\text{primair}} + Q_{\text{bron}}$

$Q_{\text{totaal}} = 3.100 + 9.300$

$Q_{\text{totaal}} = \underline{12.400 \text{ GJ/jaar}}$

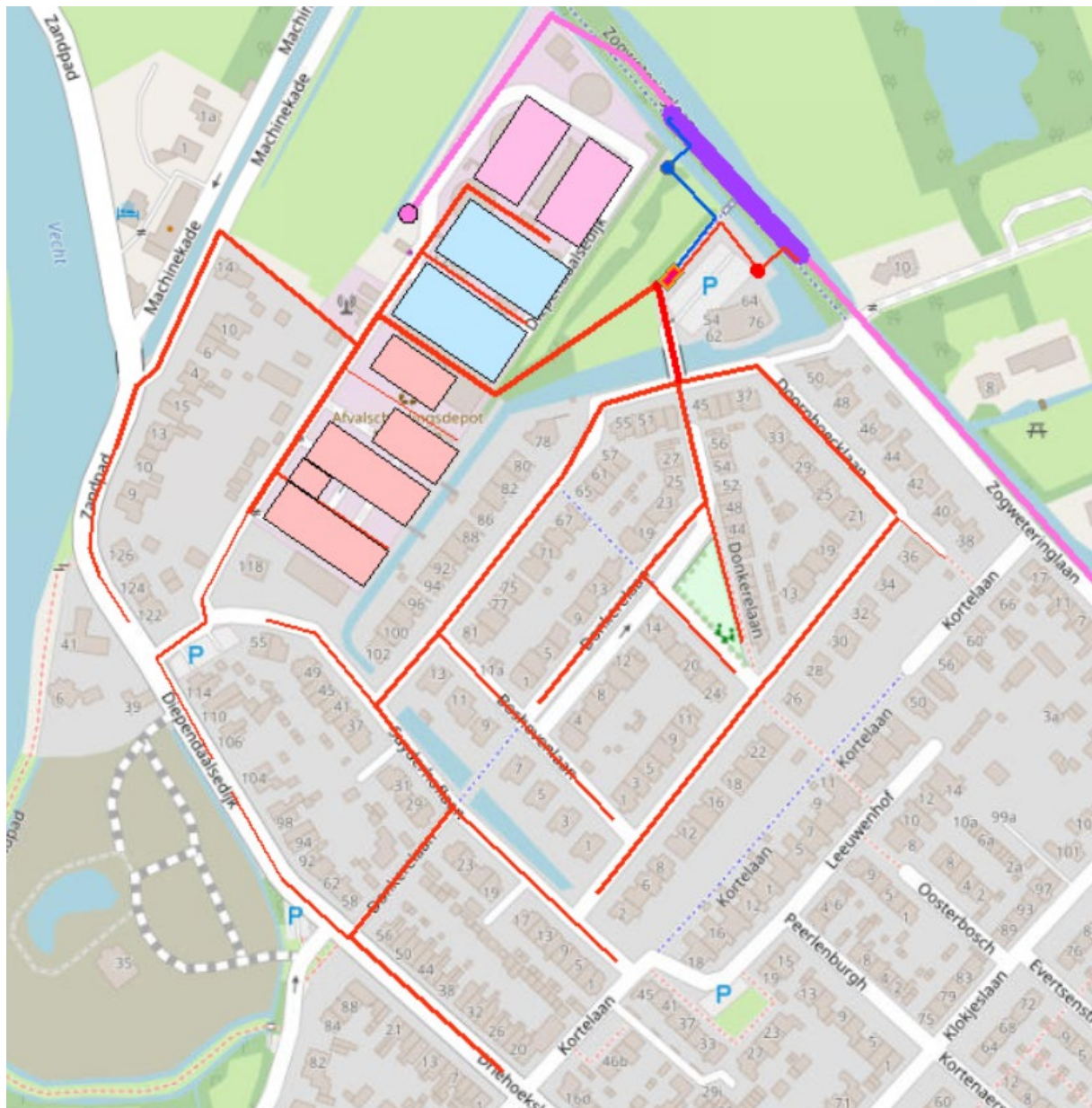
Dit zou betekenen dat om aan de warmtevraag van Zogwetering te kunnen voldoen er meer warmte uit de persrioolleiding gewonnen moet worden. Het debiet is daarbij een vast gegeven, wat betekent dat het rioolwater meer dan de 2°C afgekoeld moet mogen worden.

De te leveren warmtevraag van 10.798 GJ/jaar is de warmte op 70 °C die via het MT-warmtenet aan de woningen geleverd dient te kunnen worden. Een belangrijk kenmerk van een MT warmtenet is het optredende warmteverlies tijdens het transport van de warmte. Op basis van statistische gegevens is het warmteverlies in een MT warmtenet te rekenen op 23%.

Dit betekent dat om de warmtevraag van 10.798 GJ/jaar te kunnen leveren, 23% meer warmte in het MT warmtenet ingevoed dient te worden.

De hoeveelheid warmte die vanuit de warmtecentrale in het warmtenet ingevoed dient te worden bedraagt:

$10.798 \text{ GJ/jaar} + 23\% \text{ van } 10.798 \text{ GJ/jaar} = \underline{13.281 \text{ GJ/jaar}}$



Figuur 17: Schetsontwerp MT warmtenet met WKO Zogwetering

Bij deze variant is de WKO de warmtebron, welke geladen wordt met warmte uit het rioolwater. De hoeveelheid warmte uit de WKO is 9.300 GJ/jaar.

Deze hoeveelheid warmte wordt als volgt uit het rioolwater onttrokken:

In de winter wordt 6.760 vollasturen onttrokken met een ΔT 2K, dit levert 5.800 GJ/jaar op.

In de zomer wordt 2.000 vollasturen onttrokken met een ΔT 4K, dit levert 3.500 GJ/jaar op.

Om voldoende energie uit het rioolwater in de persrioolleiding te halen om de warmtevraag van Zogwetering te voorzien, zou betekenen dat de temperatuur van het rioolwater, bij voorkeur bij de zomerse onttrekking meer afgekoeld moet mogen worden. Hiervoor is overleg met Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) noodzakelijk. Het afgevoerde rioolwater wordt namelijk afgevoerd naar een Rioolwaterzuivering (RWZI) van HDSR, waarbij ook gebruik gemaakt wordt van de aanwezige warmte in het rioolwater voor het zuiveringsproces. Een lagere temperatuur van het rioolwater kan een verstoring van de biologische processen op de RWZI tot gevolg hebben.

Om aan de warmtevraag te kunnen voldoen is een warmtewisselaar nodig met het volgende vermogen:

Vermogen (P) in kW = energie (Q) in kWh / tijd (T) in uur

$Q_{bron} = Q_{warmtenet} - Q_{primair\ warmtepomp}$

$Q_{warmtenet} = 13.281 \text{ GJ/jaar}$

$Q_{primair\ warmtepomp} = Q_{warmtenet} / COP (4,0)$

$Q_{primair\ warmtepomp} = 3.320 \text{ GJ/jaar (922.365 kWh/jaar)}$

$Q_{bron} = 13.281 - 3.320 = 9.961 \text{ GJ/jaar (2.767.166 kWh/jaar)}$

Ervan uitgaande dat de benodigde meer warmte in de zomer onttrokken wordt, zou betekenen dat in de zomer $9.961 - 5800 = 4.161 \text{ GJ (1.155.926 kWh)}$ onttrokken moet worden om de WKO mee te laden.

$T = 2.000 \text{ vollasturen}$

$P = Q / T$

$P = 1.155.926 / 2.000 = 578 \text{ kW}$

Om 578 kW vermogen te kunnen leveren dient het rioolwater in de warmtewisselaar afgekoeld te worden met:

Temperatuurverschil (ΔT) in K = vermogen (P) in kW / massavolume (m) in m³/h x soortelijke warmte (c) in kWh/m³.K

$\Delta T = P / m \times c$

$m = \text{debiet } 28,8 \text{ l/s (} 103.68 \text{ m}^3\text{/h)}$

$c \text{ voor water} = 1,16 \text{ kWh/m}^3\text{.K}$

$\Delta T = 578 / 103,68 \times 1,16 = 4,81 \text{ K (4,81 } ^\circ\text{C)}$

Voor de afkoeling van het rioolwater met 4,81 °C is toestemming van HDSR benodigd.

5.2.3. WKO MT warmtenet met WKO Zogwetering

Bij de variant MT warmtenet met WKO is de WKO de energiebron. Deze moet zowel de totale gevraagde hoeveelheid warmte als ook koude kunnen leveren en dient qua warmte en koude over een periode van 5 jaar energetisch in balans te zijn.

Uit Tabel 2 is af te lezen dat er meer warmte dan koude gevraagd wordt. De WKO zal ontworpen worden op de warmtevraag van in totaal 10.798 GJ/jaar. Voor de balans zal warmte uit de persrioolleiding gewonnen moeten worden. Hiervoor dient een hoeveelheid warmte gelijk aan het verschil tussen de totale energie voor warmte en totaal aan koude uit het rioolwater onttrokken te worden. Deze hoeveelheid bedraagt warmte (10.798 GJ/jaar) – koude (1.107 GJ/jaar) = 9.691 GJ/jaar.

type bebouwing	aantal [st]	Totaal ASW [kW]	Warmte [GJ]	Tap [GJ]	Koude [GJ]	Totaal Energie [GJ]
Bestaande bouw Zogwetering	225	1.438	8.406	668	633	9.074
Nieuwbouw Zogwetering	108	358	1.626	99	474	1.724
Totalen	333	1.796	10.032	766	1.107	10.798

Tabel 2: Energievraag voor warmte en koude Zogwetering

Voor dit variantenonderzoek is geen volledig ontwerp van de WKO gemaakt. Op basis van de energievraag zijn enkele waarden berekend om tot een inschatting van investerings- en exploitatiekosten te komen.

Voor de berekeningen zijn een aantal uitgangspunten aangenomen, te weten temperatuur van de warme bron van de WKO is 15 °C, de koude bron is 7 °C.

Het MT warmtenet gaat met 70 °C aanvoertemperatuur werken en zal op 40 °C retour komen.

Het opgestelde warmtepompvermogen wordt 1.800 kW.

De warmtepompen dienen 10.798 GJ/jaar (2.999.684 kWh/jaar) aan warmte te produceren. Met totaal opgesteld vermogen van 1.800 kW, zijn 2.999.684 gedeeld door 1.800 = 1.667 vollasturen van de warmtepompen nodig.

De warmtepomp zal om de warmte te kunnen leveren een hoeveelheid primaire energie (elektra) nodig hebben. In de variant van een MT warmtenet met WKO wordt gerekend met een COP 4,0 van de warmtepomp.

De benodigde hoeveelheid primaire energie is dan de te leveren warmte 2.999.684 kWh/jaar gedeeld door de COP.

De benodigde primaire energie wordt dan $2.999.684 / 4,0 = 749.921$ kWh/jaar.

Uit de WKO dient dan een hoeveelheid energie gehaald te kunnen worden die gelijk is aan:

Warmtevraag min de toegevoerde primaire energie, dit is dan $2.999.684 - 749.921 = 2.249.763$ kWh/jaar.

De uit de WKO op te pompen hoeveelheid water per jaar is nu met de formule $P = m \times c \times \Delta T$ te berekenen. In dit geval gaat het om de volumemassa te berekenen.

$$m = P / c \times \Delta T$$

$$m = 2.249.763 / 1,16 \times (15 - 7)$$

$$m = 242.431 \text{ m}^3/\text{jaar}$$

Uitgaande van het aantal berekende vollasturen (1.667 uur) resulteert de waterverplaatsing in het uurdebiet van:

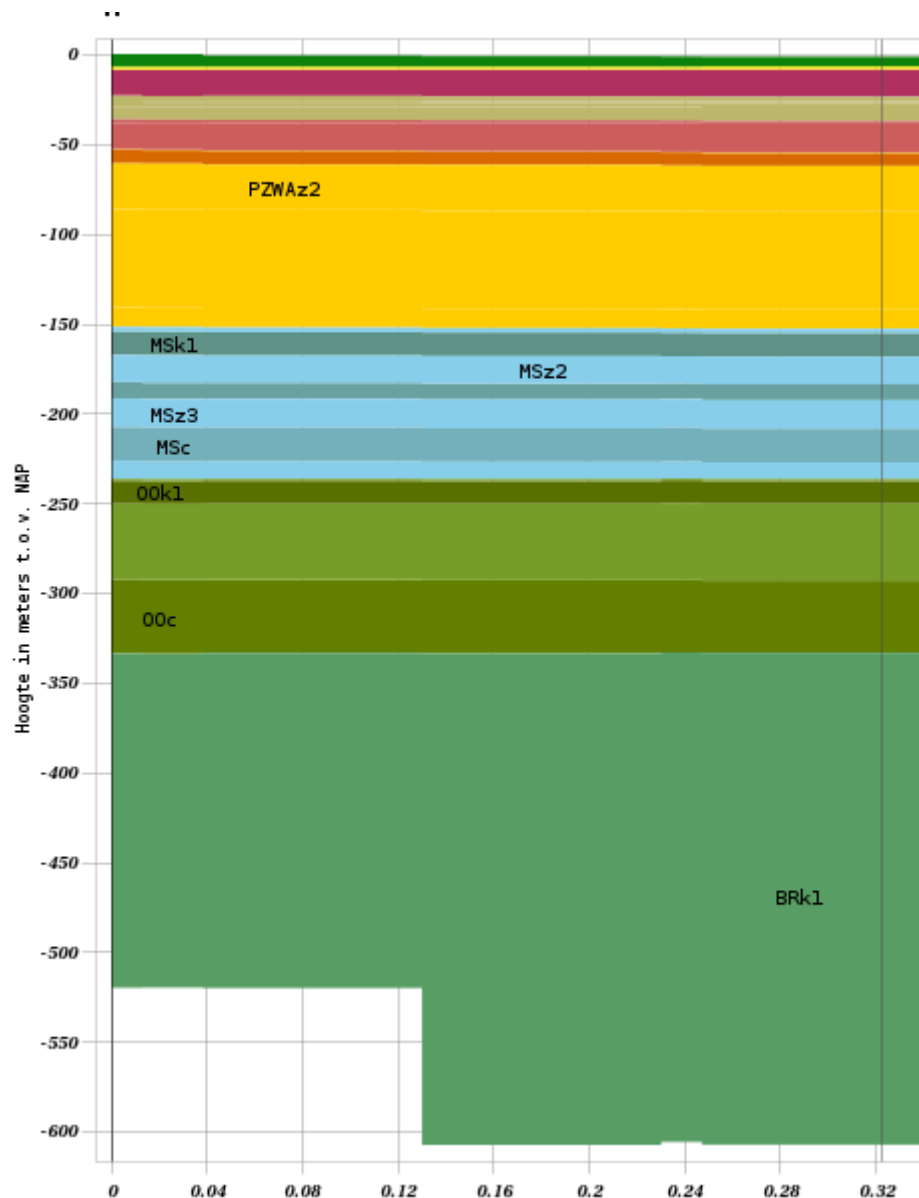
$$242.431 \text{ m}^3/\text{jaar} \text{ gedeeld door } 1.667 \text{ uur} = \underline{145.4 \text{ m}^3/\text{h.}}$$

De bodem onder het voormalige RWZI-terrein lijkt geschikt voor de aanleg van een WKO. Hiervoor is een doorsnede van het bodemprofiel opgevraagd, zie Figuur 18.

Om interacties met functies in het zg. eerste watervoerende pakket te voorkomen geldt als provinciaal beleidsregel dat een WKO in stedelijk gebied in een dieper gelegen watervoerend

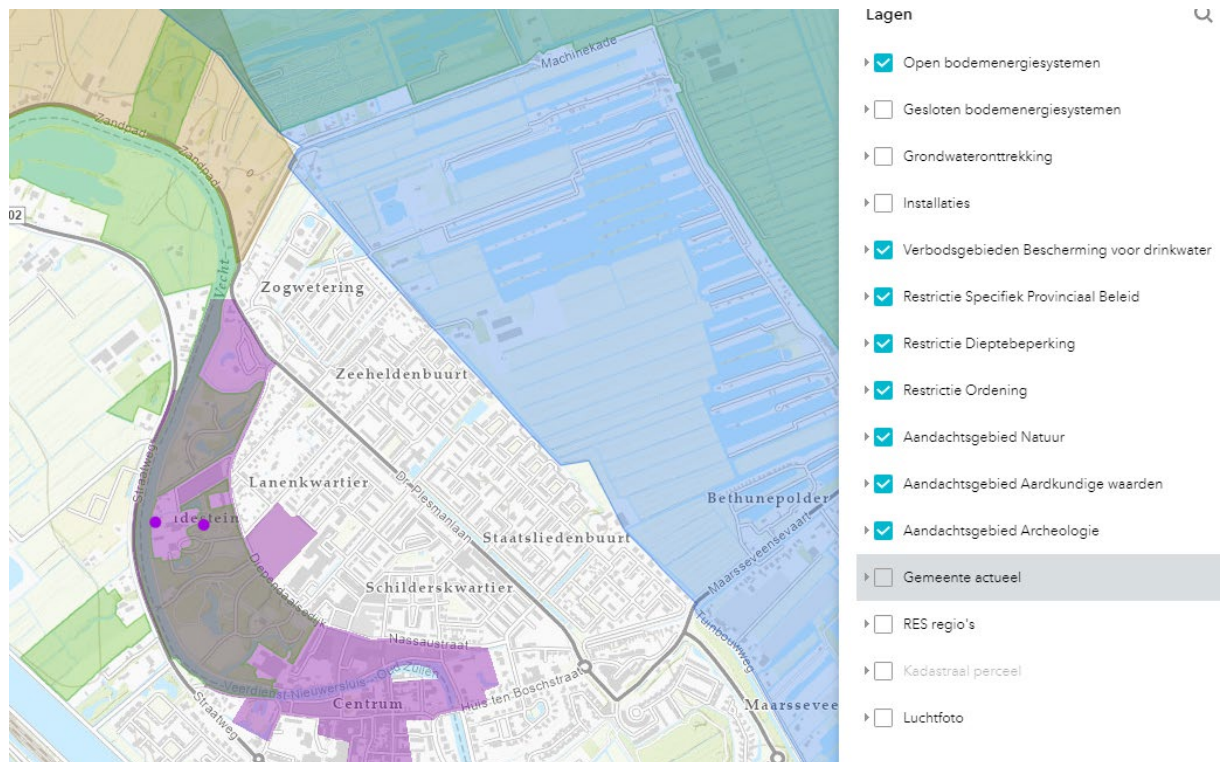
pakket dient te worden ingericht. Voor een WKO geschikte ondergrond betreft dit het zg. tweede en derde watervoerend pakket, ruwweg binnen het dieptetraject 35-150 m-mv.

Ter illustratie hiervan is in onderstaand Figuur 18 een verticale doorsnede van de ondergrond weergegeven. Het profiel loopt over het terrein van de voormalige RWZI.



Figuur 18: Doorsnede hydrologie langs projectlocatie (Bron: Dinoloket)

Uiteindelijk zal voor de aanleg van de WKO een vergunning bij de provincie verkregen moeten worden. Om de kans op het verkrijgen van de vergunning te kunnen inschatten is in de WKO-tool van RVO een toetsing gedaan naar eventuele verboden en restricties voor de aanleg van de WKO. Voor het projectgebied zijn geen verboden of restricties van toepassing. Het blauwgekleurde gebied in de Bethunepolder is een beschermd drinkwatergebied, dit zou een mogelijk risico kunnen zijn t.a.v. de vergunningverlening voor de aanleg van de WKO.



Figuur 19: Uitsnede WKO-tool met verboden en restricties m.b.t. de aanleg van een WKO. (Bron: RVO)

Als investering voor de WKO dient rekening gehouden te worden met een bedrag van ca. € 465.000,-. Dit betreft de investering voor de realisatie van de bronnen en leidingwerk. Hier zit geen post opgenomen voor warmtewisselaar, regeltechniek en distributiemodules.

5.2.4. Warmtecentrale MT warmtenet met WKO Zogwetering

De warmte die via de warmtewisselaar uit de WKO wordt onttrokken dient door warmtepompen op een temperatuur van 70 °C gebracht te worden, waarna de warmte via het MT warmtenet naar de woningen gedistribueerd wordt.

De warmtepompen en bijbehorende appendages, zoals warmtewisselaars, circulatiepompen en filters en regelapparatuur dient in een technische ruimte opgesteld te worden. Deze technische ruimte wordt de warmtecentrale genoemd. De apparatuur dient in een toegankelijke en droge ruimte te staan, in de praktijk wordt hiervoor een gebouw voor de warmtecentrale gebouwd. De afmeting van een dergelijk gebouw is 100 tot 150 m² met een hoogte van 4 meter.

De warmtecentrale heeft voor het voeden van de apparatuur een zware elektrische aansluiting op het stroomnet nodig. Een aansluiting 3 x 80A voor alleen de warmtepompen is in veel gevallen noodzakelijk.

De circulatiepompen in de warmtecentrale pompen het water in het MT warmtenet rond op een temperatuur van 70 °C op een bepaalde druk. Bij het definitieve ontwerp van het warmtenet dient doorgerekend te worden of de druk ergens verderop in het MT warmtenet d.m.v. een onderstation opnieuw opgevoerd dient te worden.

Met de aanwezige regelapparatuur worden de warmtepompen en circulatiepompen aangestuurd om het MT warmtenet in voldoende mate te voeden met warmte.



Figuur 20: Mogelijke locatie voor de warmtecentrale.

5.2.5. Warmtedistributie MT warmtenet met WKO Zogwetering

De warmtedistributie wordt via een MT warmtenet geregeld. In Figuur 12 wordt de mogelijke lay-out van het MT warmtenet getoond. Voor deze lay-out is geen verder onderzoek gedaan naar overige kabels en leidingen, waarmee de lay-out van het MT warmtenet in conflict zou kunnen komen. Het MT warmtenet staat in de lay-out als enkelvoudige lijnen getekend, maar zal bij de realisatie uitgevoerd worden als een systeem bestaande uit 2 leidingen (aanvoer en retour) naast elkaar in gelijke diameter.

Vanwege de aanvoertemperatuur van 70 °C wordt voor de leidingen van het warmtenet gekozen voor buizen van staal met een isolatieschil er omheen. De huisaansluitingen hebben diameters variërend van DN10 t/m DN20.



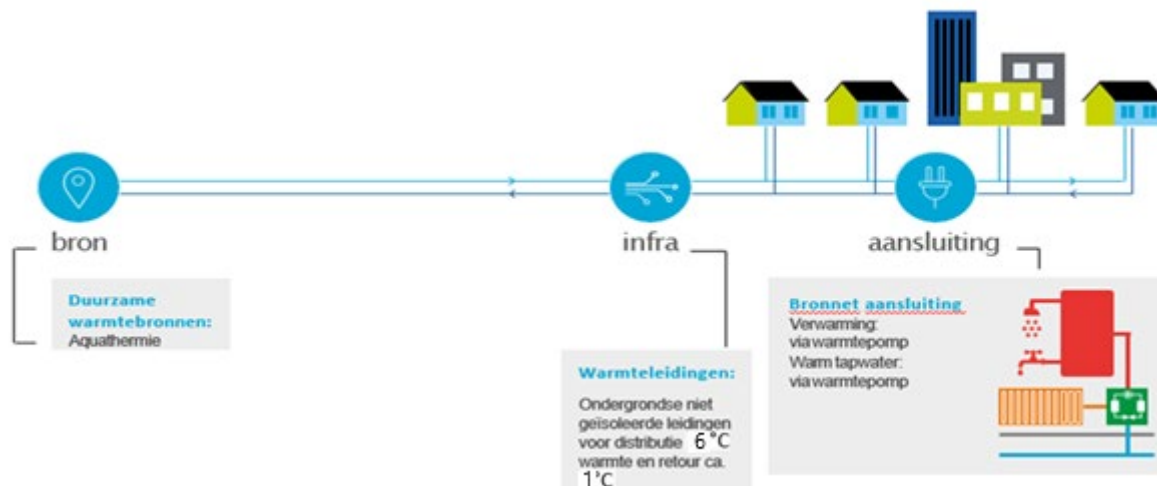
Figuur 21: Stalen buis voor warmtenet met isolatieschil. (Bron: Weijers Waalwijk)

De primaire- en secundaire distributieleidingen welke in het openbaar gebied onder de straten aangelegd worden hebben diameters uiteenlopend van DN20 t/m DN100. De totale lengte van de primaire en secundaire distributieleidingen bedraagt ca. 4.400 meter, waarbij per meter een aanvoer- en retourleiding gelegd dient te worden.

5.3. ZLT warmtenet zonder WKO

In de variant ZLT warmtenet zonder WKO wordt de warmte in de winter gewonnen uit het rioolwater en direct via het warmtenet naar de warmtepompen getransporteerd. De temperatuur van het rioolwater zal gedurende de winter gemiddeld ca. 12 °C bedragen. Na de warmte uitwisseling via de te installeren rioolwaterwarmtewisselaar zal de temperatuur van het warmtenet worden aangenomen op 6 °C in de aanvoer naar de warmtepompen en 1 °C in de retour van de warmtepompen, welke in de woningen opgesteld worden, naar de TEA warmtewisselaar.

Figuur 22 laat schematisch de onderdelen van de variant bronnet zonder WKO zien.



Figuur 22 Schematische weergave ZLT warmtenet (bronnet) zonder WKO (Bron: TKI Urban Energy)

Kenmerkend voor het ZLT warmtenet zijn:

- Geschikt om koude en warmte te leveren, en daardoor kouderetour en warmtevraag uit te wisselen. Benutting van alle lokale ZLT-bronnen < 30 °C.
- Door de individuele warmtepompen kan de optimale afgiftetemperatuur per gebouw worden bepaald. Feitelijk voor alle renovatie graden toepasbaar, maar bij voorkeur minimaal een goede basis isolatie, anders zijn gevraagde opwek en netwerkcapaciteit en bijbehorende investeringen hoog.
- Nadelen: benodigde ruimte voor de warmtepomp en boiler/vat per gebouw

5.3.1. ZLT warmtenet bronvermogen

Bij het ZLT warmtenet staan de warmtepompen in de woningen en gebouwen opgesteld. Vanuit het ZLT warmtenet dient daarom niet het vermogen van de aansluitwaarde, maar het bronvermogen geleverd te worden.

In dit hoofdstuk wordt het benodigde bronvermogen voor het ZLT warmtenet berekend.

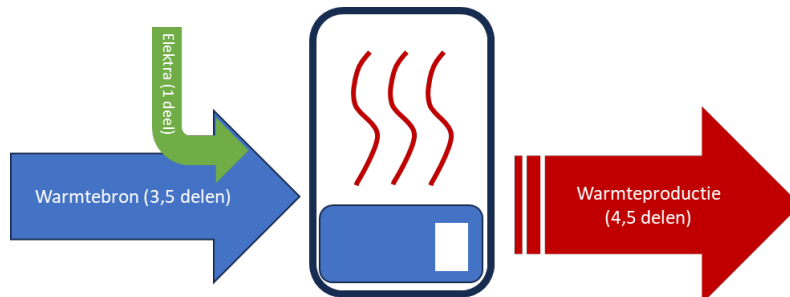
Om het bronvermogen te berekenen worden de volgende uitgangspunten in ogenschouw genomen.

Bij een aantal van 333 woningen is het zeer onwaarschijnlijk dat alle woningen gelijktijdig hun maximale warmtevraag zullen hebben. Om deze reden mag op de totale aansluitwaarde het gelijktijdigheidsprincipe worden toegepast. Voor dit onderzoek is een gelijktijdigheid van 75% gehanteerd.

De warmtepompen in de gebouwen hebben om te kunnen werken een hoeveelheid primaire energie (elektriciteit) nodig. Deze energie, bedoeld om bijvoorbeeld de compressor in de warmtepomp aan

te drijven, wordt omgezet in warmte. Deze warmte wordt toegevoegd aan de af te leveren warmte. De hoeveelheid toegevoerde primaire energie in verhouding tot de hoeveelheid afgeleverde energie is het rendement van de warmtepomp. Dit rendement wordt weergegeven als coëfficiënt of performance (COP) van de warmtepomp.

In dit onderzoek wordt voor de warmtepompen een COP aangenomen van 4,0.



Figuur 23: Schematische weergave COP

Het benodigde vermogen uit het ZLT warmtenet na gelijktijdigheid wordt:

Aansluitwaarde $1.796 \text{ kW} \times 75\% \text{ gelijktijdigheid} = \underline{1.347 \text{ kW}}$

Het benodigde bronvermogen uit aquathermie te transporteren over het ZLT warmtenet wordt:

Aansluitwaarde na gelijktijdigheid – het toegevoerde primaire vermogen aan de warmtepompen.
Het toegevoerde primaire vermogen aan de warmtepompen is aansluitwaarde gedeeld door COP.

De berekening van het bronvermogen wordt dan:

$P_{\text{bron}} = P_{\text{asw}} - P_{\text{prim}}$

$P_{\text{bron}} = 1.347 - (1.347/4,0)$

$P_{\text{bron}} = \underline{1.010 \text{ kW}}$

In hoofdstuk 3.1 van dit rapport staat de warmtewisselaar nader beschreven, hierbij is o.a. een warmtewisselaar met een vermogen van 345 kW genoemd, waarbij het afvalwater met $2,85^\circ\text{C}$ wordt afgekoeld. Voor deze mate van afkoeling is toestemming benodigd van het hoogheemraadschap HDSR.

Om uit het beschikbare aanbod afvalwater van $28,8 \text{ l/s}$ het berekende bronvermogen van 1.010 kW te kunnen leveren, zou het afvalwater ca. $8,4^\circ\text{C}$ afkoelen. Bij de gemiddelde temperatuur van het afvalwater in de winter van $8,4^\circ\text{C}$ is een dergelijke afkoeling niet acceptabel en realistisch.

Om deze technische reden is de conclusie te trekken dat het ZLT warmtenet zonder toepassing van de WKO geen realistische haalbare variant is.

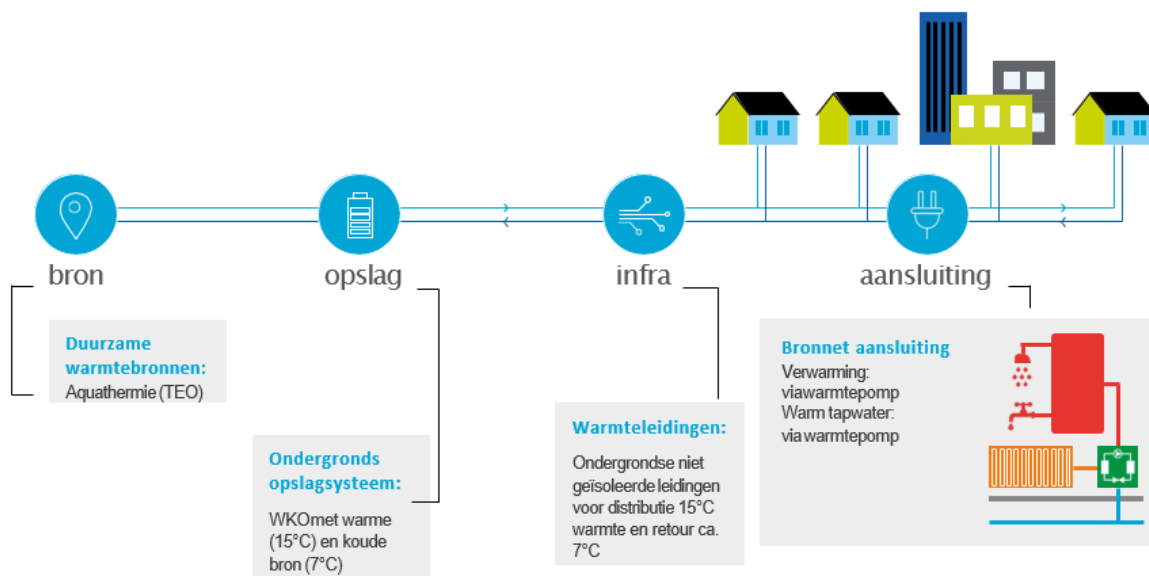
Vanwege de conclusie dat het ZLT warmtenet zonder WKO technisch niet haalbaar is, zal er van deze variant geen financiële analyse gemaakt worden in dit onderzoek.

Deze variant zou wel voldoende vermogen en warmte kunnen leveren voor uitsluitend de nieuwbouw op het voormalige RWZI-terrein. Hoogstwaarschijnlijk zal dit echter om economische redenen niet voldoende interessant zijn, dit vanwege het geringe aantal afnemers en de hoge investering in de warmtewisselaar en het ZLT warmtenet.

5.4. ZLT warmtenet met WKO

In de variant ZLT warmtenet met WKO wordt de warmte in de zomer gewonnen uit het rioolwater, de periode waarin het rioolwater een relatief hoge temperatuur heeft. De onttrokken warmte, met een temperatuur van ca. 15 °C wordt opgeslagen in de warme bron van de WKO. In de winter wordt de warmte uit de warme bron via het ZLT warmtenet naar de warmtepompen in de woningen getransporteerd.

Figuur 24 laat schematisch de onderdelen van de variant bronnet met WKO zien.



Figuur 24 Schematische weergave ZLT warmtenet (bronnet) met WKO (Bron: TKI Urban Energy)

Kenmerkend voor het ZLT warmtenet zijn:

- Geschikt om koude en warmte te leveren, en daardoor kouderetour en warmtevraag uit te wisselen. Benutting van alle lokale ZLT-bronnen < 30 °C.
- Door de individuele warmtepompen kan de optimale afgiftetemperatuur per gebouw worden bepaald. Feitelijk voor alle renovatie graden toepasbaar, maar bij voorkeur minimaal een goede basis isolatie, anders zijn gevraagde opwek en netwerkcapaciteit en bijbehorende investeringen hoog.
- Nadelen: benodigde ruimte voor de warmtepomp en boiler per gebouw

5.4.1. ZLT warmtenet bronvermogen

Bij het ZLT warmtenet staan de warmtepompen in de woningen en gebouwen opgesteld. Vanuit het ZLT warmtenet dient daarom niet het vermogen van de aansluitwaarde, maar het bronvermogen geleverd te worden.

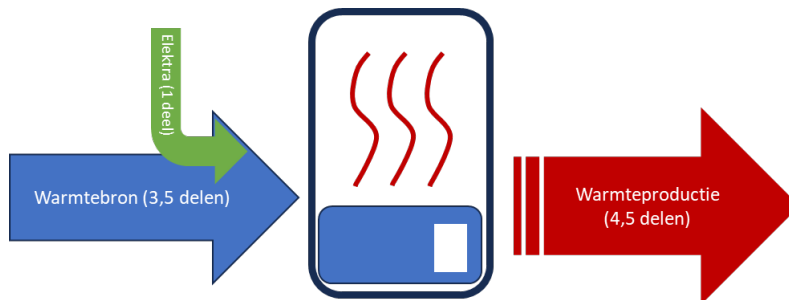
In dit hoofdstuk wordt het benodigde bronvermogen voor het ZLT warmtenet berekend.

Om het bronvermogen te berekenen worden de volgende uitgangspunten in ogenschouw genomen.

Bij een aantal van 333 woningen is het zeer onwaarschijnlijk dat alle woningen gelijktijdig hun maximale warmtevraag zullen hebben. Om deze reden mag op de totale aansluitwaarde het gelijktijdigheidsprincipe worden toegepast. Voor dit onderzoek is een gelijktijdigheid van 75% gehanteerd.

De warmtepompen in de gebouwen hebben om te kunnen werken een hoeveelheid primaire energie (elektriciteit) nodig. Deze energie, bedoeld om bijvoorbeeld de compressor in de warmtepomp aan te drijven, wordt omgezet in warmte. Deze warmte wordt toegevoegd aan de af te leveren warmte. De hoeveelheid toegevoerde primaire energie in verhouding tot de hoeveelheid afgeleverde energie is het rendement van de warmtepomp. Dit rendement wordt weergegeven als coëfficiënt of performance (COP) van de warmtepomp.

In dit onderzoek wordt voor de warmtepompen een COP aangenomen van 4,5.



Figuur 25: Schematische weergave COP

Het benodigde vermogen uit het ZLT warmtenet na gelijktijdigheid wordt:

Aansluitwaarde 1.796 kW x 75% gelijktijdigheid = 1.347 kW

Het benodigde bronvermogen uit aquathermie te transporteren over het ZLT warmtenet wordt:

Aansluitwaarde na gelijktijdigheid – het toegevoerde primaire vermogen aan de warmtepompen.
Het toegevoerde primaire vermogen aan de warmtepompen is aansluitwaarde gedeeld door COP.

De berekening van het bronvermogen wordt dan:

$$P_{\text{bron}} = P_{\text{asw}} - P_{\text{prim}}$$

$$P_{\text{bron}} = 1.347 - (1.347/4.5)$$

$$P_{\text{bron}} = \underline{1.047 \text{ kW}}$$

In hoofdstuk 3.1 van dit rapport staat de warmtewisselaar nader beschreven, hierbij is o.a. een warmtewisselaar met een vermogen van 345 kW genoemd, waarbij het afvalwater met 2,85 °C wordt afgekoeld. Voor deze mate van afkoeling is toestemming benodigd van het hoogheemraadschap HDSR.

Om uit het beschikbare aanbod afvalwater van 28,8 l/s het berekende bronvermogen van 1.047 kW te kunnen leveren, zou het afvalwater ca. 8.7 °C afkoelen. Bij de gemiddelde temperatuur van het afvalwater in de zomer van 20 °C is een dergelijke afkoeling fors en zal met het waterschap overlegd moeten worden om voor een dergelijke afkoeling toestemming te verkrijgen.

Deze variant zou wel voldoende vermogen en warmte kunnen leveren voor uitsluitend de nieuwbouw op het voormalige RWZI-terrein. Hoogstwaarschijnlijk zal dit echter om economische redenen niet voldoende interessant zijn, dit vanwege het geringe aantal afnemers en de hoge investering in de warmtewisselaar, de WKO en het ZLT warmtenet.

5.5. Buurt Energie Systeem (BES) als buurtwarmtenet

Een Buurt Energie Systeem is een kleinschalige collectieve warmteoplossing. De bewoners kunnen via de BES zelf zeggenschap hebben over de exploitatie en eigenaar zijn. Een BES is een nog betrekkelijk weinig toegepaste innovatieve manier om bestaande buurten aardgasvrij te maken.

In de oorspronkelijke essentie is een BES opgebouwd uit een kleinschalig, decentraal MT warmtenet in combinatie met een buurtwarmtepomp, welke aan de woningen warm water op 70°C via een afleverset in de woning aflevert. Hiermee voorziet het warmtenet in warmte voor ruimteverwarming en sanitair warmwater. Koelen via dit warmtenet is daarbij niet voorzien.

Voor Zogwetering is een afgeleide variant van het BES onderzocht. Als buurtwarmtenet is een bronnet onderzocht met een collectieve bodembron. De collectieve bodembron, bestaand uit gesloten bodemlussen, zal op het voormalige RWZI-terrein aangebracht worden.

5.5.1. Bronvermogen buurtwarmtenet

Bij het buurtwarmtenet staan de warmtepompen in de woningen en gebouwen opgesteld. Vanuit het buurtwarmtenet dient daarom niet het vermogen van de aansluitwaarde, maar het bronvermogen geleverd te worden.

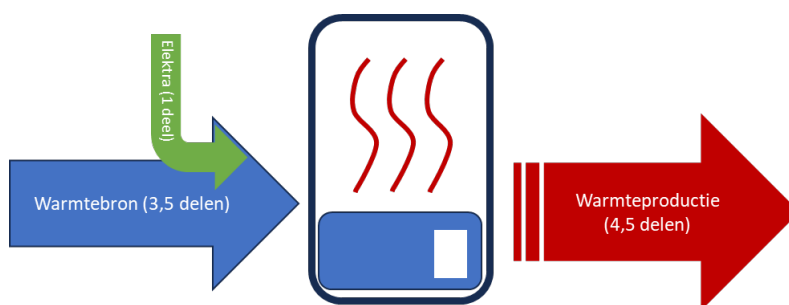
In dit hoofdstuk wordt het benodigde bronvermogen voor het buurtwarmtenet berekend.

Om het bronvermogen te berekenen worden de volgende uitgangspunten in ogenschouw genomen.

Bij een aantal van 333 woningen is het zeer onwaarschijnlijk dat alle woningen gelijktijdig hun maximale warmtevraag zullen hebben. Om deze reden mag op de totale aansluitwaarde het gelijktijdigheidsprincipe worden toegepast. Voor dit onderzoek is een gelijktijdigheid van 75% gehanteerd.

De warmtepompen in de gebouwen hebben om te kunnen werken een hoeveelheid primaire energie (elektriciteit) nodig. Deze energie, bedoeld om bijvoorbeeld de compressor in de warmtepomp aan te drijven, wordt omgezet in warmte. Deze warmte wordt toegevoegd aan de af te leveren warmte. De hoeveelheid toegevoerde primaire energie in verhouding tot de hoeveelheid afgeleverde energie is het rendement van de warmtepomp. Dit rendement wordt weergegeven als coëfficiënt of performance (COP) van de warmtepomp.

In dit onderzoek wordt voor de warmtepompen een COP aangenomen van 2,5.



Figuur 26: Schematische weergave COP

Het benodigde vermogen uit het ZLT warmtenet na gelijktijdigheid wordt:

$$\text{Aansluitwaarde } 1.796 \text{ kW} \times 75\% \text{ gelijktijdigheid} = \underline{\underline{1.347 \text{ kW}}}$$

Het benodigde bronvermogen uit aquathermie te transporteren over het ZLT warmtenet wordt:

Aansluitwaarde na gelijktijdigheid – het toegevoerde primaire vermogen aan de warmtepompen.
Het toegevoerde primaire vermogen aan de warmtepompen is aansluitwaarde gedeeld door COP.

De berekening van het bronvermogen wordt dan:

$$P_{\text{bron}} = P_{\text{asw}} - P_{\text{prim.}}$$

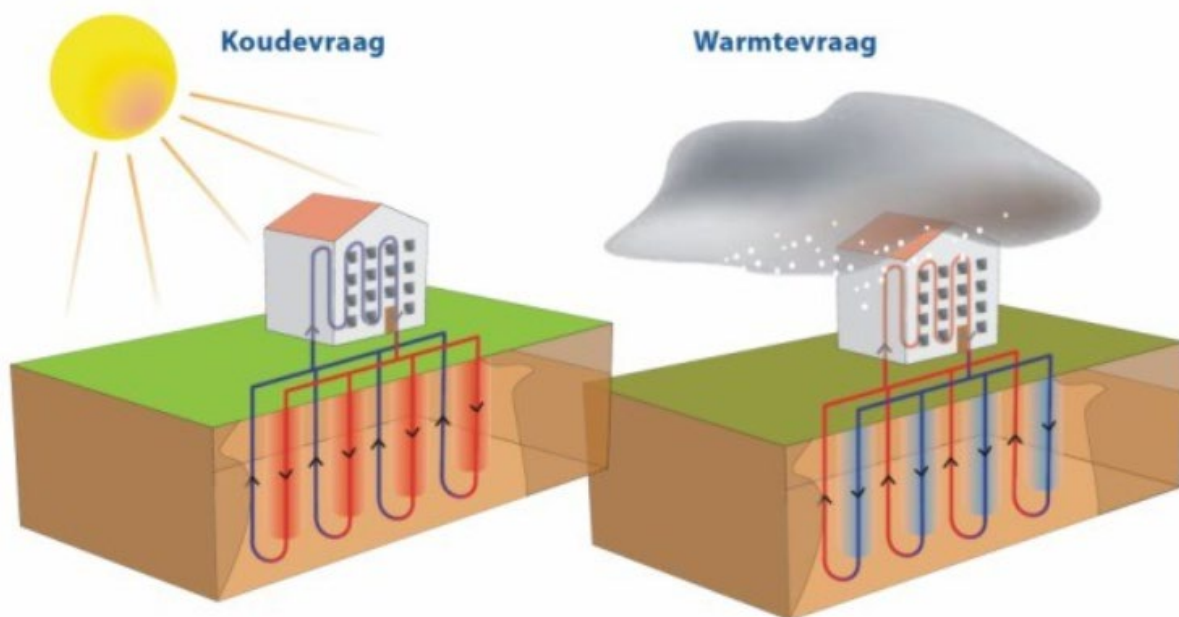
$$P_{\text{bron}} = 1.347 - (1.347/2.5)$$

$$P_{\text{bron}} = \underline{808 \text{ kW}}$$

5.5.2. Ontwerp van de bodemenergiebron en het buurtwarmtenet

Het berekende benodigde bronvermogen dient uit de bodem gewonnen te worden en over een ZLT warmtenet (bronnet) naar de warmtepompen in de woningen en gebouwen getransporteerd te worden.

Voor het bronvermogen zal een hoeveelheid gesloten bodemlussen aangebracht dienen te worden. Het aantal gesloten bodemlussen wordt in dit hoofdstuk berekend. De warmtepompen in de woningen zijn gelijk aan de warmtepompen met de bodem als bron voor het ZLT warmtenet uit hoofdstuk 3.3 en de individuele warmtepomp met bodem als bron uit hoofdstuk 5.5.2, de te verwarmen woningen zijn immers dezelfde woningen.



Figuur 27: Schematische weergave gesloten bodemlussen. (Bron: TU Delft)

Om de gesloten bodemlussen te berekenen is via de WKO-tool (RVO) gekeken naar gesloten bodemlussen in de nabijheid van Zogwetering. In de nabijheid zijn enkele gesloten bodemlussen aanwezig. Hieruit zijn de volgende ontwerp parameters afgeleid:

Boordiepte ca. 160 meter

Warmtecapaciteit van de bodem 35 W per boormeter

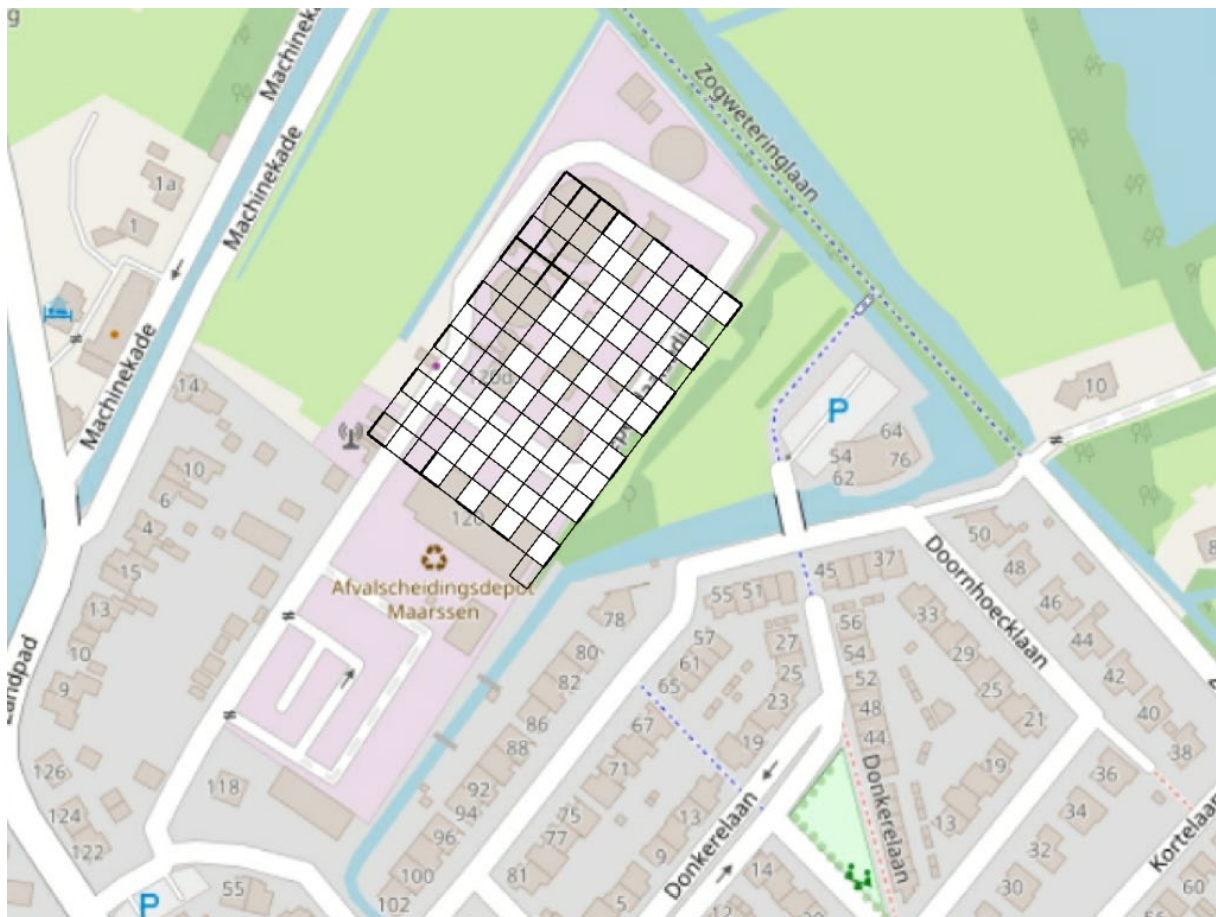
Het aantal benodigde gesloten bodemlussen voor het bronvermogen van 808 kW wordt:

$808 \text{ kW} \times 1.000 / 35 \text{ W/m} / 160 \text{ meter} = 145$ gesloten bodemlussen met een boordiepte van 160 meter.

Wanneer de gesloten bodemlussen te dicht bij elkaar in de bodem geboord worden kan er interferentie tussen de bodemlussen ontstaan. Met interferentie wordt bedoeld dat de bodemlussen de warmte bij elkaar wegtrekken en daardoor een verminderde opbrengst gaan leveren. Voor het voorkomen van interferentie dient tussen de gesloten bodemlussen een onderlinge afstand van tenminste 10 meter aangehouden te worden in alle richtingen.

Het veld met gesloten bodemlussen is voor dit onderzoek geprojecteerd om op het voormalige RWZI-terrein aangebracht te worden. Dit kan uitgevoerd worden alvorens het terrein bouwrijp gemaakt wordt.

De afmeting van het voormalig RWZI-terrein, waarop de nieuwe woningen ontwikkeld gaan worden, heeft een afmeting van ca. 115 x 400 meter. Wanneer op dit terrein een raster getekend wordt met een gelijke verdeling, als grid, waarbij de snijpunten van de lijnen de positie van een boring worden, zou dit een grid van 100 x 140 meter worden. Dit raster staat in Figuur 26 weergegeven. De onderlinge afstanden tussen de gesloten bodemlussen worden ca. 13 meter in de breedte en 16 meter in de lengte.



Figuur 28: Boorgrid voor gesloten bodemlussen. (Bron: Indurio)

De afzonderlijke gesloten bodemlussen worden onderling met elkaar verbonden via leidingen, welke samen komen bij een zogenaamde verzamel-/verdeelpuut. Vanuit de verzamel-/verdeelpuut wordt de warmte via een vloeistof overgedragen naar het ZLT warmtenet.

Voor het onderzoek is bij Geothermica BV een indicatie van de kosten voor de aanleg van de collectieve bodemenergiebron opgevraagd.

Voor de aanleg van de collectieve bodemenergiebron heeft Geothermica BV een richtprijs gegeven van € 1.670.000,-. Bij een aansluitwaarde van 1.796 kW zou dat een per kW een investering zijn van € 930,- per kW. Naast de collectieve bodemenergiebron is dan het bronnet nog aan te leggen. De woningeigenaren dienen te investeren in de warmtepompinstallatie in de woning, zoals in figuur 29 getoond wordt.

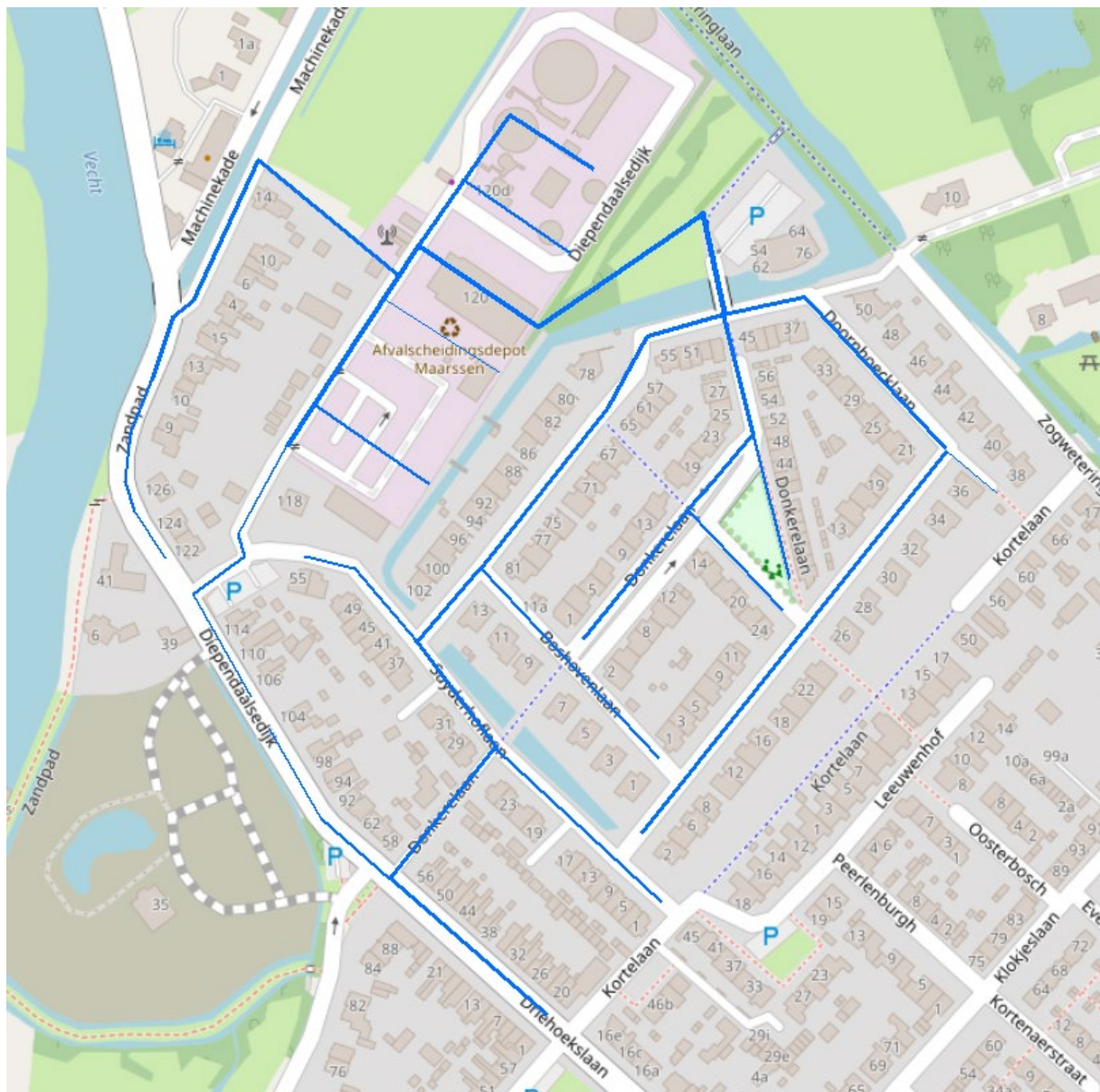


Figuur 29: Opstelling warmtepomp met geïntegreerde boiler en buffervat. (Bron: Albreco)

Van het bronnet, benodigd voor het BES, wordt in figuur 30 de mogelijke lay-out getoond. Voor deze lay-out is geen verder onderzoek gedaan naar overige kabels en leidingen, waarmee de lay-out van het bronnet in conflict zou kunnen komen. Het bronnet staat in de lay-out als enkelvoudige lijnen getekend, maar zal bij de realisatie uitgevoerd worden als een systeem bestaande uit 2 leidingen (aanvoer en retour) naast elkaar in gelijke diameter.

Vanwege de aanvoertemperatuur van 6 °C wordt voor de leidingen van het bronnet gekozen voor buizen van kunststof (HDPE). De huisaansluitingen hebben diameters variërend van 32 t/m 63 mm. De primaire- en secundaire distributieleidingen welke in het openbaar gebied onder de straten aangelegd worden hebben diameters uiteenlopend van 63 t/m 200 mm. De totale lengte van de

primaire en secundaire distributieleidingen bedraagt ca. 4.400 meter, waarbij per meter een aanvoer- en retourleiding gelegd dient te worden.



Figuur 30: Schematisch ontwerp ZLT warmtenet

5.6. Individuele warmte- en koude oplossing per woning

De maximale keuzevrijheid wordt geboden wanneer iedere woning een eigen individuele warmte- en koude oplossing kan kiezen. Enig denkbaar economisch voordeel wat daarbij te halen is zou een collectieve inkoop van de oplossing kunnen zijn.

Aanpassingen aan de woning en/of de elektrische installatie van de woning zullen in verreweg de meeste woningen aan de orde gaan zijn.

Als gangbare individuele oplossing is het mogelijk om een warmtepomp met de buitenlucht als bron, een warmtepomp met de bodem als bron of een PVT-installatie waarbij de zon en buitenlucht als bron dienen.

5.6.1. Warmtepomp met buitenlucht als bron

Met een luchtwater warmtepomp dient de buitenlucht als warmtebron. Deze oplossing is geschikt voor goed geïsoleerde woningen. Voor bestaande woningen wordt algemeen geadviseerd om te kiezen voor een monoblock luchtwater warmtepomp. Een monoblock warmtepomp heeft een groter verdamperoppervlak voor de overdracht van de warmte uit de buitenlucht. Daardoor heeft de monoblock een hogere efficiëntie dan een split-unit warmtepomp en kan een hogere aanvoertemperaturen leveren.

Een monoblock warmtepomp bestaat uit 1 unit, die buiten dicht bij de gevel geplaatst wordt binnen een kleine afstand van de cv-aansluiting. Omdat het om 1 unit gaat is de monoblock makkelijk om te installeren, er is geen sprake van koeltechnische leidingen tussen componenten, waardoor geen koeltechnische monteur nodig is. Monoblock warmtepompen hebben een grotere ventilator die op een lager toerental draait, hierdoor is de monoblock warmtepomp stiller dan de buiten-unit van een split-unit warmtepomp.



Figuur 31: Opstelling van een monoblock warmtepomp (Bron: Wolf Energiesystemen)

Nadelig aan de monoblock warmtepomp is de hogere investering dan voor een split-unit warmtepomp. Met de buitenlucht als warmtebron is het rendement van de luchtwater warmtepomp sterk afhankelijk van de temperatuur van de buitenlucht. Bij koud weer, wanneer de warmtevraag het hoogst is, zakt het rendement van de luchtwater warmtepomp snel af.

De investering voor een warmtepomp met de buitenlucht als warmtebron bedraagt vanaf ca. € 13.000,- tot ca. € 23.000,-. Het benodigde vermogen van de warmtepomp is van invloed op het investeringsbedrag.

Bij een warmtepomp met buitenlucht als bron dient rekening gehouden te worden met een noemenswaardige toename van het elektra verbruik, daar staat tegenover dat in principe geen aardgas meer verbruikt gaat worden. De toename van het elektra verbruik is wanneer het gehele projectgebied overgaat op een individuele warmtepomp duidelijk hoger dan bij een collectieve warmtevoorziening.

Het is in dit onderzoek niet nader onderzocht of binnen het projectgebied woningen inmiddels van een warmtepomp op buitenlucht voorzien zijn, maar gelet op de marktontwikkelingen van de laatste jaren is dit zeker te verwachten.

5.6.2. Warmtepomp met bodem als bron

De warmtepomp met de bodem als bron, betreft een zogenaamde water/water warmtepomp. De bodembron is een thermische lus in de bodem, zoals ook bij het Buurt Energie Systeem (BES) als buurtwarmtenet uit hoofdstuk 5.4, maar dan voor een individuele woning en opgebouwd uit slechts enkele boringen.

Een kenmerkend voordeel van de warmtepomp met bodembron is de constante en relatief hoge temperatuur van de bron, hierdoor is het rendement van de water/water warmtepomp aanmerkelijk beter dan het rendement van een luchtwater warmtepomp. De water/water warmtepomp wordt binnen in de woning opgesteld, hiervoor is een behoorlijke ruimte nodig van ca. 2 tot 2,5 m².



Figuur 32: Opstelling bodem warmtepomp met geïntegreerde boiler en buffervat. (Bron: Albreco)

Nadelig aan de water/water warmtepomp met bodembron is de investering. Deze is fors te noemen, met een grootte van € 35.000 tot 45.000. Voor het maken van de bodembron dient met relatief groot materieel op het erf of in de tuin de boringen gemaakt te worden. Enige schade aan het erf of de tuin is zo goed als niet te voorkomen.

Ten opzichte van de warmtepomp met buitenlucht als bron heeft de warmtepomp met bodem als bron een duidelijk lager verbruik aan elektra. Daarnaast is er geen apparaat buiten op te stellen, dus geen esthetische schade en geen geluidsoverlast voor de omgeving.

Hoewel bij de warmtepomp met bodem als bron het elektraverbruik minder groot is als bij de warmtepomp met buitenlucht als bron, is netcongestie ook bij deze variant in warmtevoorziening niet geheel uit te sluiten.

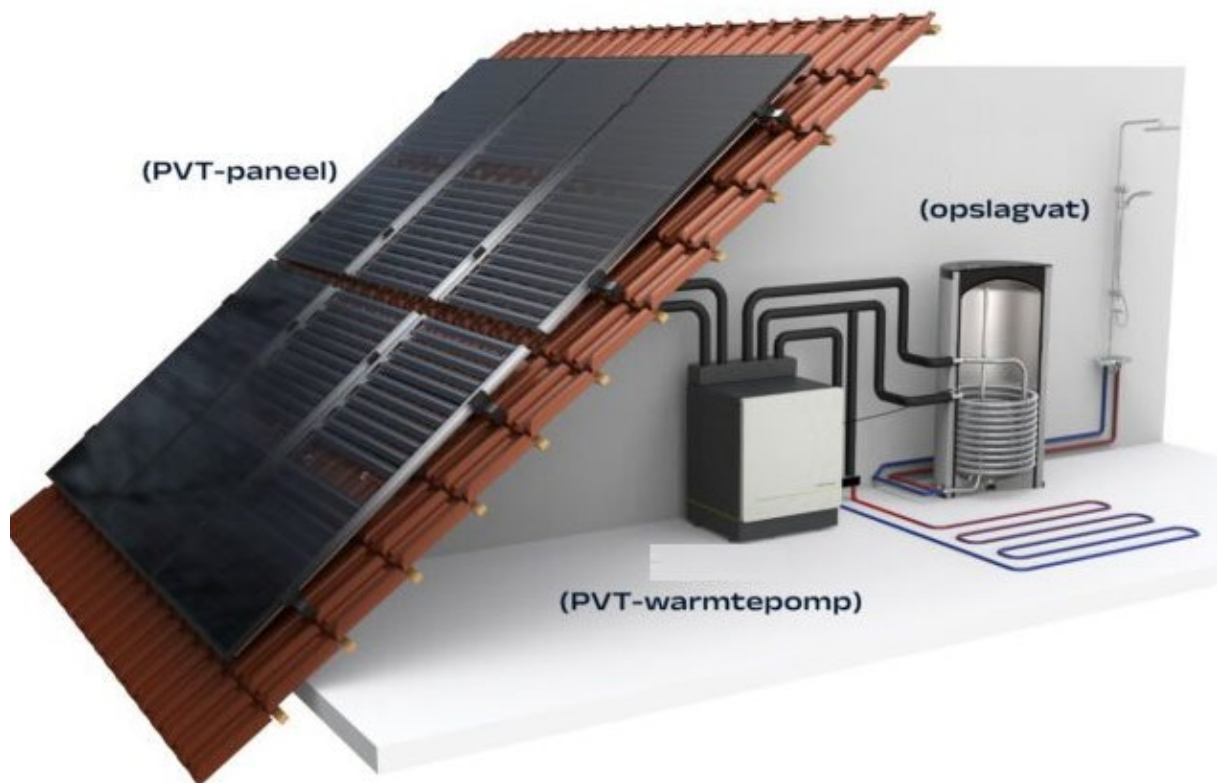
Bij het raadplegen van de WKO-tool van RVO worden binnen het projectgebied geen bronnen voor bodemwarmte weergegeven. Redelijkerwijs mag er van uit gegaan worden, dat deze binnen het projectgebied niet aanwezig zijn.

5.6.3. PVT-installatie

Met een PVT-installatie wordt gebruikt gemaakt van omgevingswarmte uit zon en buitenlucht, waarbij zonnewarmte het hoofdbestanddeel van de energie zal zijn. Voor PVT is keuze uit traditionele PVT-panelen of Warmtepomppanelen.

Traditionele PVT-panelen wekken elektrische energie en warmte op uit zonlicht. Vanzelfsprekend wordt de meeste zonnewarmte geproduceerd in de zomerperiode, waardoor de zonneboiler in de zomer vaak te veel warm water produceert, terwijl in de winter de naverwarming altijd moet bijspringen. Traditionele PVT wordt in de regel, via de zonneboiler, toegepast voor de warmwater voorziening.

Bij warmtepomppanelen is een water/water warmtepomp noodzakelijk. Op het dak van de woning wordt een hoeveelheid PV-panelen (zonnepanelen) met een warmtewisselaar geïnstalleerd. Naast warmte wekken deze panelen een hoeveelheid elektrische energie op, welke door de warmtepomp omgezet kan worden in warmte.



Figuur 33: Opstelling van het PVT-systeem. (Bron: HR Energy)

Kenmerkend is dat de opbrengst elektrisch energie van een PVT-installatie goed voorspelbaar is, maar dat de opbrengst warmte, zeker in de periode van de hogere warmtevraag, minder voorspelbaar en duidelijk gering is. De instraling van de zon is relatief gering en de temperatuur van de buitenlucht is laag. Hierdoor valt het rendement van een PVT-installatie, zeker wanneer geen warmte opslag aan het systeem toegevoegd is, in zekere zin tegen.

Een PVT-installatie is behoorlijk kostbaar en gecompliceerd. De investering voor een traditionele PVT-installatie bedraagt tussen € 8.000 en € 16.000, voor een PVT-installatie met warmtepomppanelen zal de investering ca. € 35.000 bedragen voor een installatie met 6 panelen. Aanleg wordt gedaan door gespecialiseerde installateurs. Vaak zijn bestaande woningen al voorzien van PV-panelen, waardoor de benodigde dakvlakken voor de PVT-installatie al belegd zijn.

6. Financiële analyse

Dit hoofdstuk geeft inzicht in de financiële haalbaarheid van de 5 onderzochte varianten. De investeringskosten, herinvesteringskosten en onderhoudskosten zijn inzichtelijk gemaakt. Uiteraard is er voor een aantal onderdelen een aanneme gedaan op basis van kentallen, deze kentallen zijn overgenomen uit WarmingUp. WarmingUp is het onderzoeksprogramma waarin 38 marktpartijen toepasbare kennis inbrengen om collectieve warmtesystemen mogelijk te maken voor de warmtetransitie.

Voor de kosten elektra zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd uit WarmingUp:

- Vastrecht elektra € 50,00/kW
- Verbruikskosten elektra incl. ODE en energiebelasting € 170,00/MWh

Voor de investering in het aanleggen van de warmtenetten in de bestaande gebouwde omgeving van Zogwetering is geen rekening gehouden met de mogelijkheid van eventuele koppelkansen voor bijvoorbeeld de herinrichting van de openbare ruimte en eventuele vervanging van infrastructuur, zoals bijvoorbeeld riolering. Door dit type werkzaamheden te combineren zijn significante besparingen op de kosten voor de aanleg van een warmtenet haalbaar.

6.1. MT warmtenet zonder WKO

6.1.1. Investeringskosten MT warmtenet zonder WKO

	investering	herinvestering na 15 jaar	prijsindex
Onderdelen systeem	investering	herinvestering na 15 jaar	prijsindex
aquathermiebron TEA buiswarmtewisselaar	€ 1.015.000,00	€ -	0%
bouwkosten leidingtrace TEA naar TR	€ 110.000,00		
grondkosten leidingtrace TEA naar TR	€ 30.225,00		
warmtepomp incl. installatie	€ 870.000,00	€ 913.500,00	5%
overige installaties in de TR	€ 261.000,00	€ 268.850,00	3%
bouwkundig technische ruimte	€ 99.000,00		
elektra aansluiting	€ 138.600,00		
MT warmtenet	€ 1.391.040,00		
afleversets	€ 432.900,00		
Voorbereidingen, aanleg en legeskosten (10%)	€ 434.777,00	€ -	
Advies en projectleiding (6%)	€ 286.953,00	€ -	
Bijkomende kosten (8%)	€ 405.560,00	€ -	
Onvoorzien (10%)	€ 547.506,00	€ -	
Totaal	€ 6.022.561,00	€ 1.182.350,00	

Tabel 3: Investeringskosten MT warmtenet zonder WKO

6.1.2. Onderhoudskosten MT warmtenet zonder WKO

Jaarlijkse kosten	cumulatief over 30 jaar		prijs index
aquathermiebron TEA buiswarmtewisselaar	€ 15.225,00	€ 513.911,88	0,80%
warmtepomp centrale	€ 26.100,00	€ 842.508,43	0,50%
overige installaties	€ 5.220,00	€ 168.501,69	0,50%
technische ruimte	€ 990,00	€ 31.957,22	0,50%
MT warmtenet	€ 13.910,40	€ 449.027,94	0,50%
elektra verbruik	€ 208.193,33	€ 11.676.510,14	4,00%
Kosten totaal	€ 269.638,73	€ 13.682.417,30	

Tabel 4: jaarlijkse kosten MT warmtenet zonder WKO

6.1.3. TCO en kosten per eenheid MT warmtenet zonder WKO

Om de investeringen en exploitatiekosten van variant 1, het MT warmtenet zonder WKO vergelijkbaar te maken met de investeringen en exploitatiekosten van de overige varianten, is de total cost of ownership (TCO) over een gebruiksperiode van 30 jaar berekend. Aansluitend is de kostprijs per GJ-warmte over de gebruiksperiode van 30 jaar per berekend, alsmede de benodigde bijdrage in de investering per aansluiting bij een deelname dichtheid van 100%.

TCO over 30 jaar	€ 20.887.328
TCO over 30 jaar in €/GJ	1.579 €/GJ
Investering per aansluiting bij 100% deelname	€ 18.086

Tabel 5: TCO en aansluitbijdrage MT warmtenet zonder WKO

6.1.4. Opbrengsten MT warmtenet zonder WKO

Voor de warmteleverancier en de netbeheerder is het van levensbelang dat de levering van de warmte rendabel is en de gedane investering binnen een redelijke termijn terugverdiend kan worden.

Iedere aansluiting op het warmtenet zal daarom gefactureerd worden voor de aansluiting op het warmtenet en de daarvoor benodigde appendages, zoals bijv. een afleverset. Dit zijn vaste opbrengsten voor de warmteleverancier.

Naast de vaste opbrengsten zal de warmteleverancier ook variabele kosten aan de warmte-afnemer in rekening brengen. Dit betreft de hoeveelheid afgenomen warmte.

De tarieven die de warmteleverancier maximaal in rekening brengen mag zijn in de Warmtewet vastgelegd en in de berekening in dit onderzoek gehanteerd en benoemd als de 100% ACM tarieven.

Tarieven 100% ACM (2024) excl. BTW			
Prijs GJ verwarming	46,69	Euro / GJ	
Prijs GJ tapwater*	46,69	Euro / GJ	
Aansluiting warmte / tapwater	618,82	Euro / jaar	
Meetskosten	31,68	Euro / jaar	
Afleverzet CW 4 basis	146,38	Euro / jaar	

Tabel 6: Uitgangspunten opbrengstberekening MT warmtenet zonder WKO

Opbrengsten			
	Prijspeil 2023	30 jaar	per woning
Opbrengst vast	€ 275.244	€ 8.257.334	€ 827
Opbrengst variabel	€ 617.541	€ 18.526.218	€ 1.854
Totaal opbrengsten	€ 892.785	€ 26.783.553	€ 2.681

Tabel 7: Opbrengsten MT warmtenet zonder WKO

6.2. MT warmtenet met WKO

6.2.1. Investeringskosten MT warmtenet met WKO

	investering	herinvestering na 15 jaar	prijsindex
Onderdelen systeem	investering	herinvestering na 15 jaar	prijsindex
aquathermiebron TEA buiswarmtewisselaar	€ 1.015.000,00	€ -	0%
bouwkosten leidingtrace TEA naar WKO	€ 30.000,00		
grondkosten leidingtrace TEA naar WKO	€ 7.500,00		
WKO bouwkosten	€ 465.000,00	€ -	
grondkosten leidingtrace WKO naar TR	€ 39.000,00		
bouwkosten leidingtrace WKO naar TR	€ 140.000,00		
warmtepomp incl. installatie	€ 870.000,00	€ 913.500,00	5%
overige installaties in de TR	€ 261.000,00	€ 268.850,00	3%
bouwkundig technische ruimte	€ 99.000,00	€ -	0%
elektra aansluiting	€ 138.600,00	€ -	0%
MT warmtenet	€ 1.391.040,00	€ -	0%
afleversets	€ 432.900,00		
Voorbereidingen, aanleg en legeskosten (10%)	€ 488.904,00	€ -	
Advies en projectleiding (6%)	€ 322.677,00	€ -	
Bijkomende kosten (8%)	€ 456.050,00	€ -	
Onvoorzien (10%)	€ 615.668,00	€ -	
Totaal	€ 6.772.339,00	€ 1.182.350,00	

Tabel 8: Investeringskosten MT warmtenet met WKO

6.2.2. Onderhoudskosten MT warmtenet met WKO

Jaarlijkse kosten	cumulatief over 30 jaar prijs index		
aquathermiebron TEA buiswarmtewisselaar	€ 15.225,00	€ 513.910,00	0,80%
WKO	€ 11.625,00	€ 375.255,00	0,50%
warmtepomp centrale	€ 26.100,00	€ 842.510,00	0,50%
overige installaties	€ 50.000,00	€ 1.614.000,00	0,50%
technische ruimte	€ 990,00	€ 1.140,00	0,50%
MT warmtenet	€ 13.910,40	€ 449.030,00	0,50%
elektra verbruik	€ 158.003,87	€ 8.861.637,16	4,00%
Kosten totaal	€ 275.854,27	€ 12.657.482,16	

Tabel 9: Jaarlijkse kosten MT warmtenet met WKO

6.2.3. TCO en kosten per eenheid MT warmtenet met WKO

Om de investeringen en exploitatiekosten van variant 2, het MT warmtenet met WKO vergelijkbaar te maken met de investeringen en exploitatiekosten van de overige varianten, is de total cost of ownership (TCO) over een gebruiksperiode van 30 jaar berekend. Aansluitend is de kostprijs per GJ-warmte over de gebruiksperiode van 30 jaar per berekend, alsmede de benodigde bijdrage in de investering per aansluiting bij een deelname dichtheid van 100%.

TCO over 30 jaar	€	20.612.171
Kosten in €/GJ		1558 €/GJ
Investering per aansluiting bij 100% deelname	€	20.337

Tabel 10: TCO en aansluitbijdrage MT warmtenet met WKO

6.2.4. Opbrengsten MT warmtenet met WKO

Voor de warmteleverancier en de netbeheerder is het van levensbelang dat de levering van de warmte rendabel is en de gedane investering binnen een redelijke termijn terugverdiend kan worden.

Iedere aansluiting op het warmtenet zal daarom gefactureerd worden voor de aansluiting op het warmtenet en de daarvoor benodigde appendages, zoals bijv. een afleverset. Dit zijn vaste opbrengsten voor de warmteleverancier.

Naast de vaste opbrengsten zal de warmteleverancier ook variabele kosten aan de warmte-afnemer in rekening brengen. Dit betreft de hoeveelheid afgenomen warmte.

De tarieven die de warmteleverancier maximaal in rekening brengen mag zijn in de Warmtewet vastgelegd en in de berekening in dit onderzoek gehanteerd en benoemd als de 100% ACM tarieven.

Tarieven 100% ACM (2024) excl. BTW			
Prijs GJ verwarming	46,69	Euro / GJ	
Prijs GJ tapwater*	46,69	Euro / GJ	
Aansluiting warmte / tapwater	618,82	Euro / jaar	
Meetskosten	31,68	Euro / jaar	
Afleveret CW 4 basis	146,38	Euro / jaar	

Tabel 11: Uitgangspunten opbrengstberekening MT warmtenet met WKO

Opbrengsten	Opbrengsten		
	Prijspeil 2023	30 jaar	per woning
Opbrengst vast	€ 275.244	€ 8.257.334	€ 827
Opbrengst variabel	€ 617.541	€ 18.526.218	€ 1.854
Totaal opbrengsten	€ 892.785	€ 26.783.553	€ 2.681

Tabel 12: Opbrengsten MT warmtenet met WKO

6.3. ZLT warmtenet zonder WKO

Voor de variant ZLT warmtenet zonder WKO is in overleg met opdrachtgever Energiecoöperatie 2030.nu besloten geen financiële analyse te maken. De reden om dit niet te doen voor deze variant is de in hoofdstuk 5.3.1 vastgestelde conclusie dat het energetisch onmogelijk is om het benodigde vermogen uit het rioolwater in de rioolpersleiding te onttrekken.

6.4. ZLT warmtenet met WKO

6.4.1. Investeringskosten ZLT warmtenet met WKO

Onderdelen systeem	investering	herinvestering na 15 jaar	prijsindex
aquathermiebron TEA buiswarmtewisselaar	€ 1.015.000,00	€ -	0%
bouwkosten leidingtrace TEA naar WKO	€ 30.000,00		
grondkosten leidingtrace TEA naar WKO	€ 7.500,00		
WKO bouwkosten	€ 470.000,00	€ -	
grondkosten leidingtrace WKO naar TR	€ 10.000,00		
bouwkosten leidingtrace WKO naar TR	€ 40.000,00		
bouwkundig technische ruimte	€ 60.000,00	€ -	0%
circulatiepomp(en)	€ 50.000,00	€ 51.500,00	3%
elektra aansluiting	€ 19.500,00	€ -	0%
ZLT warmtenet	€ 1.086.750,00	€ -	0%
afleversets	€ 432.900,00		
Voorbereidingen, aanleg en legeskosten (10%)	€ 322.165,00	€ -	
Advies en projectleiding (6%)	€ 212.629,00	€ -	
Bijkomende kosten (8%)	€ 300.516,00	€ -	
Onvoorzien (10%)	€ 405.696,00	€ -	
Totaal	€ 4.462.656,00	€ 51.500,00	

Tabel 13: Investeringskosten ZLT warmtenet met WKO

6.4.2. Onderhoudskosten ZLT warmtenet met WKO

Jaarlijkse kosten	cumulatief over 30 jaar		prijs index
aquathermiebron TEA buiswarmtewisselaar	€ 15.225,00	€ 513.910,00	0,80%
WKO	€ 11.750,00	€ 379.290,00	0,50%
technische ruimte	€ 600,00	€ 19.370,00	0,50%
circulatiepomp(en)	€ 1.250,00	€ 40.350,00	0,50%
technische ruimte	€ 600,00	€ 690,00	0,50%
ZLT warmtenet	€ 10.867,50	€ 350.805,00	0,50%
elektra verbruik	€ 14.875,00	€ 834.263,45	4,00%
Kosten totaal	€ 55.167,50	€ 2.138.678,45	

Tabel 14: Jaarlijkse kosten ZLT warmtenet met WKO

6.4.3. TCO en kosten per eenheid ZLT warmtenet met WKO

Om de investeringen en exploitatiekosten van de variant ZLT warmtenet met WKO vergelijkbaar te maken met de investeringen en exploitatiekosten van de overige varianten, is de total cost of ownership (TCO) over een gebruiksperiode van 30 jaar berekend. Aansluitend is de kostprijs per GJ-warmte over de gebruiksperiode van 30 jaar per berekend, alsmede de benodigde bijdrage in de investering per aansluiting bij een deelname dichtheid van 100%.

TCO over 30 jaar	€	6.652.834
Kosten in €/GJ		616 €/GJ
Investering per aansluiting bij 100% deelname	€	13.401

Tabel 15: TCO en aansluitbijdrage ZLT warmtenet met WKO

6.4.4. Investeringskosten ZLT warmtenet met WKO in de woning

Bij de variant van het ZLT warmtenet met WKO dient in de woning een individuele warmtepompinstallatie geplaatst te worden. Hieronder staan de investeringen voor de individuele warmtepompinstallatie, waarbij uitgegaan is van een water/water warmtepomp met een vermogen van 10 kW. Voor het warme tapwater is een boiler van 200 liter voorzien.

Voor het tarief elektra in de woning is uitgegaan van € 0,45 per kWh.

Onderdelen systeem	investering	herinvestering na 15 jaar	prijsindex
Warmtepomp water/water 10 kW (subsidie verrekend)	€ 21.000,00	€ 22.050,00	5%
Buffervat 200 liter	€ 1.500,00		
Warm water boiler 200 liter	€ 1.250,00	€ 1.287,50	3%
elektra aansluiting, meterkast aanpassing	€ 1.000,00	€ -	
Onvoorzien (10%)	€ 2.673,00	€ -	
		€ -	
Totaal	€ 27.423,00	€ 23.337,50	

Tabel 16: Investeringskosten ZLT warmtenet met WKO in de woning

6.4.5. Onderhoudskosten ZLT warmtenet met WKO in de woning

Jaarlijkse kosten	cumulatief over 30 jaar		prijs index
Warmtepomp onderhoud	€ 210,00	€ 7.090,00	0,80%
elektra verbruik (3.667 kWh/jaar)	€ 1.650,00	€ 92.540,00	4,00%
Kosten totaal	€ 1.860,00	€ 99.630,00	

Tabel 17: Jaarlijkse kosten ZLT warmtenet met WKO per woning

6.4.6. Investeringskosten per eenheid ZLT warmtenet met WKO in de woning

Voor het realiseren van het ZLT warmtenet met WKO en een individuele warmtepompinstallatie in de woning is een investering benodigd van:

Investering in het ZLT warmtenet met WKO per aansluiting	€ 13.401,-
Investering in de individuele warmtepompinstallatie	€ 27.423,-
Totaal investering	€ 40.824,-

6.5. Buurt Energie Systeem (BES) als buurtwarmtenet

6.5.1. Investeringskosten Buurt Energie Systeem (BES) als buurtwarmtenet

	investering	herinvestering na 15 jaar	prijsindex
Onderdelen systeem	investering	herinvestering na 15 jaar	prijsindex
gesloten bodembronnen	€ 2.160.000,00	€ -	0%
technische ruimte	€ 60.000,00		
circulatiepomp	€ 50.000,00	€ 51.500,00	3%
bronnnet(ZLT)	€ 1.086.750,00	€ -	
afleversets	€ 432.900,00		
elektra aansluiting	€ 30.000,00		
Voorbereidingen, aanleg en legeskosten (10%)	€ 381.965,00	€ -	
Advies en projectleiding (6%)	€ 252.097,00	€ -	
Bijkomende kosten (8%)	€ 356.297,00	€ -	
Onvoorzien (10%)	€ 481.001,00	€ -	
Totaal	€ 5.291.010,00	€ 51.500,00	

Tabel 18: Investeringskosten Buurt Energie Systeem (BES) als buurtwarmtenet

6.5.2. Onderhoudskosten Buurt Energie Systeem (BES) als buurtwarmtenet

Jaarlijkse kosten	cumulatief over 30 jaar		prijs index
technische ruimte	€ 600,00	€ 20.255,00	0,80%
circulatiepomp	€ 1.250,00	€ 37.500,00	0,00%
bronnnet(ZLT)	€ 10.867,50	€ 350.805,00	0,50%
elektra verbruik	€ 14.875,00	€ 834.265,00	4,00%
Kosten totaal	€ 27.592,50	€ 1.242.825,00	

Tabel 19: Jaarlijkse kosten Buurt Energie Systeem (BES) als buurtwarmtenet

6.5.3. TCO en kosten per eenheid Buurt Energie Systeem (BES) als buurtwarmtenet

Om de investeringen en exploitatiekosten van variant 4, het Buurt Energie Systeem (BES) als warmtenet vergelijkbaar te maken met de investeringen en exploitatiekosten van de overige varianten, is de total cost of ownership (TCO) over een gebruiksperiode van 30 jaar berekend. Aansluitend is de kostprijs per GJ-warmte over de gebruiksperiode van 30 jaar per berekend, alsmede de benodigde bijdrage in de investering per aansluiting bij een deelname dichtheid van 100%.

TCO over 30 jaar	€ 6.585.335
Kosten in €/GJ	554 €/GJ
Investering per aansluiting bij 100% deelname	€ 15.889

Tabel 20: TCO en aansluitbijdrage Buurt Energie Systeem (BES) als buurtwarmtenet

6.5.4. Investeringskosten Buurt Energie Systeem in de woning

Bij de variant van het Buurt Energie Systeem dient in de woning een individuele warmtepompinstallatie geplaatst te worden. Hieronder staan de investeringen voor de individuele

warmtepompinstallatie, waarbij uitgegaan is van een water/water warmtepomp met een vermogen van 10 kW. Voor het warme tapwater is een boiler van 200 liter voorzien.

Voor het tarief elektra in de woning is uitgegaan van € 0,45 per kWh.

	investering	herinvestering na 15 jaar	prijsindex
Onderdelen systeem	investering	herinvestering na 15 jaar	prijsindex
Warmtepomp water/water 10 kW (subsidie verrekend)	€ 21.000,00	€ 22.050,00	5%
Buffervat 200 liter	€ 1.500,00		
Warm water boiler 200 liter	€ 1.250,00	€ 1.287,50	3%
elektra aansluiting, meterkast aanpassing	€ 1.000,00	€ -	
Onvoorzien (10%)	€ 2.673,00	€ -	
		€ -	
Totaal	€ 27.423,00	€ 23.337,50	

Tabel 21: Investeringskosten Buurt Energie Systeem (BES) in de woning

6.5.5. Onderhoudskosten Buurt Energie Systeem in de woning

Jaarlijkse kosten	cumulatief over 30 jaar		prijs index
Warmtepomp onderhoud	€ 210,00	€ 7.090,00	0,80%
elektra verbruik (3.667 kWh/jaar)	€ 1.650,00	€ 92.540,00	4,00%
Kosten totaal	€ 1.860,00	€ 99.630,00	

Tabel 22: Jaarlijkse kosten Buurt Energie Systeem (BES) per woning

6.5.6. Investeringskosten per eenheid Buurt Energie Systeem (BES)

Voor het realiseren van het Buurt Energie Systeem met een buurtwarmtenet en een individuele warmtepompinstallatie in de woning is een investering benodigd van:

Investering in het Buurt Energie Systeem per aansluiting	€ 15.889,-
Investering in de individuele warmtepompinstallatie	€ 27.423,-
Totaal investering	€ 43.312,-

6.6. Individuele warmte- en koude oplossing per woning

Voor de financiële analyse van de individuele oplossingen is als uitgangspunt voor de warmtepomp gekozen om niet een gemiddeld benodigd vermogen te hanteren, maar naar de woningen met een hoger benodigd vermogen te kijken.

Voor de warmtepomp met buitenlucht als bron is daarom een warmtepomp met vermogen van 12 kW gekozen en bij de warmtepomp met de bodem als bron voor 10 kW.

Deze 2 gekozen warmtepompen zouden dezelfde woning kunnen verwarmen. Een luchtwarmtepomp wordt algemeen met hoger vermogen gekozen, zodat deze ook bij koudere buitenlucht het benodigde vermogen kan leveren.

6.6.1. Warmtepomp met buitenlucht als bron

Onderdelen systeem	investering	herinvestering na 15 jaar	prijsindex
Warmtepomp lucht/water 12 kW (subsidie verrekend)	€ 14.500,00	€ 13.125,00	5%
Buffervat 200 liter	€ 1.500,00		
Warm water boiler 200 liter	€ 1.250,00	€ 1.287,50	3%
elektra aansluiting, meterkast aanpassing	€ 1.000,00	€ -	
Onvoorzien (10%)	€ 2.673,00	€ -	
		€ -	
Totaal	€ 20.923,00	€ 14.412,50	

Tabel 23: Investerings individuele lucht water warmtepomp

Jaarlijkse kosten	cumulatief over 30 jaar prijs index		
Warmtepomp onderhoud	€ 181,25	€ 6.120,00	0,80%
elektra verbruik (6.187 kWh)	€ 2.784,38	€ 156.160,00	4,00%
Kosten totaal	€ 2.965,63	€ 162.280,00	

Tabel 24: Jaarlijkse kosten individuele lucht water warmtepomp

Om de investeringen en exploitatiekosten van de individuele oplossingen vergelijkbaar te maken met de investeringen en exploitatiekosten van de overige varianten, is de total cost of ownership (TCO) over een gebruiksperiode van 30 jaar berekend. Aansluitend is de kostprijs per GJ-warmte over de gebruiksperiode van 30 jaar per berekend, alsmede de benodigde bijdrage in de investering per aansluiting bij een deelname dichtheid van 100%.

TCO 30 jaar per woning	
TCO over 30 jaar	€ 197.616
Kosten in €/GJ	91 €/GJ
Investering per aansluiting bij 100% deelname	€ 20.923
aantal woningen	333
TCO 30 jaar per projectgebied	
TCO over 30 jaar	€ 65.805.962
Kosten in €/GJ	91 €/GJ
Investering per aansluiting bij 100% deelname	€ 20.923

6.6.2. Warmtepomp met bodem als bron

Onderdelen systeem	investering	herinvestering na 15 jaar	prijsindex
Warmtepomp water/water 10 kW (subsidie verrekend)	€ 21.000,00	€ 16.800,00	5%
Buffervat 200 liter	€ 1.500,00		
Warm water boiler 200 liter	€ 1.250,00	€ 1.287,50	3%
elektra aansluiting, meterkast aanpassing	€ 1.000,00	€ -	
bodem energiebron	€ 12.500,00		
Onvoorzien (10%)	€ 2.673,00	€ -	
Totaal	€ 39.923,00	€ 18.087,50	

Tabel 25: Investerings individuele bodem water warmtepomp

Jaarlijkse kosten	cumulatief over 30 jaar		prijs index
Warmtepomp onderhoud	€ 210,00	€ 7.090,00	0,80%
elektra verbruik (3.667 kWh/jaar)	€ 1.650,00	€ 92.540,00	4,00%
Kosten totaal	€ 1.860,00	€ 99.630,00	

Tabel 26: Jaarlijkse kosten individuele bodem water warmtepomp

Om de investeringen en exploitatiekosten van de individuele oplossingen vergelijkbaar te maken met de investeringen en exploitatiekosten van de overige varianten, is de total cost of ownership (TCO) over een gebruiksperiode van 30 jaar berekend. Aansluitend is de kostprijs per GJ-warmte over de gebruiksperiode van 30 jaar per berekend, alsmede de benodigde bijdrage in de investering per aansluiting bij een deelname dichtheid van 100%.

TCO 30 jaar per woning	
TCO over 30 jaar	€ 157.641
Kosten in €/GJ	73 €/GJ
Investering per aansluiting bij 100% deelname	€ 39.923
aantal woningen	333
TCO 30 jaar per projectgebied	
TCO over 30 jaar	€ 52.494.287
Kosten in €/GJ	73 €/GJ
Investering per aansluiting bij 100% deelname	€ 39.923

6.6.3. PVT-warmtepomp

Onderdelen systeem	investering	herinvestering na 15 jaar	prijsindex
PVT installatie	€ 20.775,70	€ -	0%
PVT warmtepomp	€ 9.000,00	€ 9.450,00	5%
Warm water boiler 200 liter	€ 1.250,00	€ 1.287,50	3%
elektra aansluiting, meterkast aanpassing	€ 1.000,00	€ -	
Onvoorzien (10%)	€ 2.673,00	€ -	
		€ -	
Totaal	€ 34.698,70	€ 10.737,50	

Tabel 27: Investerings individuele PVT-warmtepomp installatie

Jaarlijkse kosten	cumulatief over 30 jaar prijs index		
PVT en warmtepomp onderhoud	€ 297,76	€ 10.050,00	0,80%
elektra verbruik (4.714 kWh)	€ 2.121,43	€ 118.980,00	4,00%
Kosten totaal	€ 2.419,19	€ 129.030,00	

Tabel 28: Jaarlijkse kosten individuele PVT-warmtepomp installatie

Om de investeringen en exploitatiekosten van de individuele oplossingen vergelijkbaar te maken met de investeringen en exploitatiekosten van de overige varianten, is de total cost of ownership (TCO) over een gebruiksperiode van 30 jaar berekend. Aansluitend is de kostprijs per GJ-warmte over de gebruiksperiode van 30 jaar per berekend, alsmede de benodigde bijdrage in de investering per aansluiting bij een deelname dichtheid van 100%.

TCO 30 jaar per woning	
TCO over 30 jaar	€ 174.466
Kosten in €/GJ	81 €/GJ
Investering per aansluiting bij 100% deelname	€ 34.699
aantal woningen	333
TCO 30 jaar per projectgebied	
TCO over 30 jaar	€ 58.097.245
Kosten in €/GJ	81 €/GJ
Investering per aansluiting bij 100% deelname	€ 34.699

7. Stakeholders analyse

Bij warmteprojecten zoals in deze studie worden onderzocht zijn een aantal partijen van cruciaal belang, dit zijn de hoofdrolspelers. Deze hoofdrolspelers hebben in een warmteproject ieder een eigen rol en eigen belangen.

In de stakeholders analyse wordt onderzocht welke hoofdrolspelers voor dit warmteproject aan de orde kunnen komen, met hun rol en belangen.

Gedefinieerde stakeholders:

- **De warmteaanbieder:** een partij met gebruiksrecht van een warmtebron, verantwoordelijk voor de opwekking van warmte. Belangen: verstoring primaire proces vermijden, flexibiliteit behouden, financieel rendement genereren.

De warmteaanbieder kan in het geval de warmte uit de rioolpersleiding gewonnen wordt ook de broneigenaar Waternet/AGV zijn.

Stakeholder	Naam	Rol	Aandachtspunt	Toelichting
Warmteaanbieder		Opwekken van duurzame warmte		
			Technische haalbaarheid	Het uitkoppelen, distribueren en leveren van warmte is lang niet altijd technisch mogelijk (binnen redelijke budgettaire grenzen). De technische haalbaarheid zal vroegtijdig onderzocht moeten worden.
			Storingsrisico primair proces wegnemen	Het uitkoppelen van warmte kan een risico vormen voor het normale verloop van het primaire productieproces van de warmteaanbieder.
			Transactiekosten	Het uitkoppelen en buiten de poort leveren van warmte levert 'gedoe' (of formeler: transactiekosten) op: organisatie, afstemming, extra mankracht. Een warmteaanbieder zal niet happig zijn op het dragen van deze (indirecte) kosten.
			Rendement	Het rendement is voor de continuïteit van de warmteaanbieder van levensbelang. Bij onvoldoende rendement kan de leveringsgarantie aan de warmteafnemer in het geding komen
			Lange termijn commitment	De projecthorizon is aangenomen op 30 jaar. De warmteaanbieder heeft belang bij een lange termijn, zodat de gedane investering de tijd krijgt om te renderen.

Tabel 29: Kenmerken warmteaanbieder als stakeholder

- **De warmteafnemer:** de individuele partij of georganiseerde groep. Belangen: kosten van de warmtelevering, inzetbaarheid en leveringszekerheid.

De warmteafnemer in dit project de woningeigenaren en bewoners zullen er vooral op gericht zijn om zo goedkoop mogelijk warmte geleverd te krijgen, met de zekerheid van een betrouwbare levering.

Stakeholder	Naam	Rol	Aandachtspunt	Toelichting
Warmteafnemer	Bewoners en woning eigenaren	Afnemers van de warmte		
			Betaalbaar houden	De afnemer maakt het over het algemeen niet uit waar zijn warmte vandaan komt: als het maar komt en tegen een redelijke prijs.
			Leveringszekerheid	Leveringszekerheid op zowel de korte als de lange termijn is van belang voor de warmteafnemer. Het aantal storings in de warmtelevering dient minimaal te zijn (eventueel beschikbaarheid back up systeem). Ook op lange termijn dient de warmtelevering te zijn gegarandeerd.

Tabel 30: Kenmerken warmteafnemer als stakeholder

- **De warmtedistributeur:** verantwoordelijk voor de distributie en levering van warmte. Belangen: financieel rendement genereren, risico's minimaliseren, vraag en aanbod koppelen.

De warmtedistributeur is de schakel tussen warmteaanbieder en warmteafnemer. Zijn belangrijkste doel zal het maken van rendement op het leveren van de warmte zijn.

Stakeholder	Naam	Rol	Aandachtspunt	Toelichting
Warmtedistributeur		Beheer van het warmtenet en leverancier van de warmte		
			Risicorendement-verhouding	De leveringsprijs aan warmteafnemers (althans kleinverbruikers) wordt door de Warmtewet gemaximeerd op de gasprijs. De kosten van uitkoppeling, distributie en levering kunnen hoog zijn afhankelijk van de mate, type en lengte van nieuwe infrastructuur. De vraag is of de levering van warmte een rendabele business case oplevert (m.a.w. de kosten meer dan gedekt kunnen worden door de geldende gasprijs vermenigvuldigd met de afzet).
			Transactiekosten	Het toegang verkrijgen tot de warmtebron en het uitkoppelen en leveren van de warmte levert 'gedoe' (of formeler: transactiekosten) op: organisatie, afstemming, extra mankracht. De vraag is of de transactiekosten in verhouding staan tot de opbrengsten?
			Zekerheid	Kan de warmtedistributeur uitkijken naar een solide en langjarige inkoop en afname van warmte, waardoor het haar investeringen op de lange termijn kan terugverdienen en een redelijk rendement draaien?

Tabel 31: Kenmerken warmtedistributeur als stakeholder

- **De broneigenaar:** eigenaar van de warmtebron. Belangen: beschermen van zijn assets, verstoring primaire proces vermijden.

De broneigenaar, in dit project Waternet/AGV als eigenaar van de rioolpersleiding, heeft het winnen van warmte niet als primaire opgave. Waternet/AGV zal zich primair vooral bekommeren om het afvoeren van rioolwater naar de rioolwaterzuivering via de rioolpersleiding.

In dit project is het denkbaar dat Waternet/AGV ook de rol van warmteaanbieder gaat vervullen.

Stakeholder	Naam	Rol	Aandachtspunt	Toelichting
Broneigenaar	Waternet AGV	Eigenaar van de rioolpersleiding als warmtebron		
			Storingsrisico primair proces wegnemen	Het uitkoppelen van warmte kan een risico vormen voor het normale verloop van het primaire productieproces van de warmteaanbieder.
			Assets bescherming	Voor het uitkoppelen van de warmte wordt een warmtewisselaar in de rioolpersleiding aangebracht, de broneigenaar zal waken voor de staat en functionaliteit van de rioolpersleiding

Tabel 32: Kenmerken broneigenaar als stakeholder

- **De gemeente:** als aanjager van duurzame oplossingen. Belangen: warmteprojecten als middel voor energie-efficiëntieverbetering en bijdragen aan CO₂-emissiereductie.

In dit project is de gemeente Stichtse Vecht als stakeholder betrokken. In 1^e instantie als aanjager van duurzame oplossingen, waarbij de opgave van de gemeente om de energietransitie mogelijk te maken van belang is. Daarnaast heeft de gemeente ook de taak de belangen van haar inwoners te dienen en te beschermen.

Stakeholder	Naam	Rol	Aandachtspunt	Toelichting
Gemeente	Stichtse Vecht	Aanjager van duurzame oplossingen		
			Verbetering energie efficiëntie	In het kader van de energietransitie hebben de gemeenten de taak om het toepassen van duurzame energie te stimuleren
			Financieren van duurzame projecten	De gemeente kan een bijdrage leveren in de financiering van bijv. warmteprojecten. Dit kan de dekking van de onrendabele top van het project zijn.
			Belang van de inwoners beschermen	Als lokale overheid dient de gemeente de belangen van haar inwoners te beschermen. Bij warmteprojecten houdt de gemeente toezicht op het naleven van de warmtewet en geeft vergunning voor het warmteproject af na toetsing, waarbij o.a. het belang van haar inwoners meegewogen wordt.

Tabel 33: Kenmerken warmteaanbieder als stakeholder in de rol van aanjager van duurzame oplossingen

- **De gemeente:** als beheerder van de openbare ruimte. Belangen: doelmatig en verantwoord gebruik maken van de beschikbare openbare ruimte.

De gemeente heeft een 2^e rol als stakeholder. Zij beheert de openbare ruimte en ziet toe op het doelmatig en verantwoord gebruik van de beschikbare openbare ruimte. Hierbij bewaakt de gemeente de belangen van de nutsbedrijven, alsmede die van haar inwoners. Het beoordelen van de vergunningsaanvragen is een taak die de gemeente in deze hoedanigheid heeft.

Stakeholder	Naam	Rol	Aandachtspunt	Toelichting
Gemeente	Stichtse Vecht	Beheer van de openbare ruimte		
			Vergunningverlening voor gebruik van ruimte in de grond	In de openbare ruimte zijn tal van nuts-voorziening in de ondergrond aanwezig, waarvan het belang in het geding kan komen bij de aanleg van bijv. een warmtenet.
			Registratie van meldingen bodemenergie systemen	Voor het aanleggen van een gesloten bodemenergie systeem dient een aanvraag voor vergunning of melding bij de gemeente gedaan te worden

Tabel 34: Kenmerken warmteaanbieder als stakeholder in de rol van beheerder van de openbare ruimte

- **Financiers:** mogelijke externe partijen die willen participeren in het project via een financiële bijdrage. Belangen: continuïteit en financieel rendement.

Voor het realiseren van warmteprojecten zijn vaak grote investeringen vereist. Dit biedt kansen voor externe financiers om te investeren in duurzame projecten. Hun belang zal hierbij zijn om een voldoende financieel rendement te behalen, maar ook de realisatie van de duurzaamheidsdoelen mogelijk te maken.

Stakeholder	Naam	Rol	Aandachtspunt	Toelichting
Financier		Financieren van het warmteproject		
			Continuïteit	Een financier heeft als belang om continu zijn vermogen te investeren en daarmee zijn bedrijfszekerheid te borgen. Met zijn financiering maakt de financier ook de realisatie van warmteprojecten mogelijk en daarmee de continuïteit van de warmtetransitie
			Financieel rendement	Als financier is het van belang dat het ter beschikking gestelde geld uiteindelijk een gewenste winst oplevert

Tabel 35: Kenmerken van de financier als stakeholder

- **Nutsbedrijven:** beheerders van aanwezige nutsvoorzieningen in het projectgebied. Belangen: bedrijfscontinuïteit

Voor de nutsbedrijven zijn de belangen om met zo min mogelijk verstoring hun nutsvoorzieningen in bedrijf te houden. Voor Stedin, als beheerder van het elektra- en aardgasnet, is een actieve rol weggelegd. Bij de transitie naar duurzame warmte zal het aardgasnet in het projectgebied buiten

bedrijf kunnen, terwijl de toenemende vraag naar elektra betekent dat de elektravoorziening verzwaard dient te worden.

Stakeholder	Naam	Rol	Aandachtspunt	Toelichting
Nuts bedrijven	Netbeheerders	Beheer van nuts infrastructuur		
			Kwaliteitsborging van de nuts voorzieningen zoals drinkwater en aardgas	Bij de aanleg van bijv. een warmtenet kan het belang van de al aanwezige nuts infrastructuur in het geding komen, waardoor bijv. de kwaliteit en of levering van drinkwater of aardgas in gevaar komen
			Upgraden van nuts voorzieningen	Bij de transitie van warmte d.m.v. aardgas naar duurzame warmte verandert ook de vraag naar elektra, het gevolg daarvan zal het noodzakelijk verzwaren van het elektravoorziening zijn.
			Afschrijven van assets	Het aanwezige gasdistributienet zal bij de transitie naar duurzame warmte buiten bedrijf gesteld kunnen worden en versneld afgeschreven moeten worden

Tabel 36: Kenmerken van de nutsbedrijven als stakeholder

- Publieke en maatschappelijke organisaties: Afhankelijk van de omgeving of omvang van het traject kunnen deze een belang hebben of claimen bij een project.

In een verdiepend onderzoek dienen de eventuele publieke en maatschappelijke stakeholders voor dit project nader gedefinieerd te worden.

Van de gedefinieerde stakeholders is de interesse in het warmteproject nader te onderzoeken. Hierbij zijn de belangrijkste vragen:

- Hoe kijkt de stakeholder tegen het warmteproject aan
- Welke mogelijke belemmeringen ziet de stakeholder voor het warmteproject
- Welke kansen ziet de stakeholder voor zichzelf in het warmteproject
- Hoe ziet hij het proces en welke rol denkt hij te kunnen innemen
- Onder welke voorwaarden wil de stakeholder meewerken aan het warmteproject
- Wat wil de stakeholder met het warmteproject bereiken
- Herkent de stakeholder de geschatte kosten en baten van het warmteproject

8. Conclusie en aanbevelingen

In deze varianten studie zijn 6 mogelijke varianten onderzocht om de wijk Zogwetering in Maarsen in combinatie met de te ontwikkelen nieuwbouw op het voormalige RWZI-terrein aardgasvrij te gaan verwarmen.

Voor 4 van de 6 onderzochte varianten zou de rioolpersleiding, welke aangelegd is na het buiten bedrijf stellen van de RWZI, als bron voor de warmteonttrekking gaan dienen. Uit het onderzoek is echter gebleken dat de rioolpersleiding onvoldoende warmte kan leveren voor directe toepassing, dus zonder de toevoeging van een WKO. Door het toepassen van de WKO kan de warmte het jaarrond uit de rioolpersleiding onttrokken kan worden. Deze voorgaande vaststelling resulteert in het energetisch niet mogelijk zijn van de varianten MT warmtenet zonder WKO en ZLT warmtenet zonder WKO.

Voor uitsluitend de te ontwikkelen nieuwbouw op het voormalige RWZI-terrein zou de variant van het ZLT zonder WKO energetisch wel een mogelijkheid zijn. Vanwege de geringe warmtevraag op lage temperatuur is het MT warmtenet voor de nieuwbouw op het voormalige RWZI-terrein financieel en technisch niet interessant.

Het realiseren van de benodigde WKO voor variant 2, het MT warmtenet met WKO, en variant 4, het ZLT warmtenet met WKO, zou in de praktijk moeilijk kunnen worden vanwege het beschermde drinkwatergebied, dat zich op zeer korte afstand van het projectgebied bevindt. Dit drinkwatergebied wordt in de WKO-tool van RVO als een verbodsgebied aangemerkt. Bij de vergunningsaanvraag voor de WKO zal de provincie Utrecht nader gaan onderzoeken of de WKO voor Zogwetering een risico is voor het drinkwatergebied.

Gebaseerd op de berekende total cost of ownership (TCO) is als collectieve oplossing variant 2, het MT warmtenet met WKO, economisch het meest gunstig. Nadelig van deze variant is echter dat er sprake is van veel stakeholders en juridische aspecten, waardoor het organisatorisch een stevige uitdaging kan zijn om het MT warmtenet met WKO te realiseren. Veel sneller kunnen de individuele oplossingen toegepast worden, waarbij de woningeigenaar de keuze heeft voor een lagere investering met hogere kosten in de gebruiksfase of een hogere investering met lagere verbruikskosten.

Het onderzochte Buurt Energie Systeem heeft als belangrijkste technische uitdaging om de 187 bodemlussen, die nodig zijn om voldoende bronvermogen te realiseren, in het projectgebied in te passen. De enige beschikbare ruimte voor het veld met bodemlussen zou onder de nieuw te bouwen woningen zijn. Hierbij ontstaat het risico dat de boringen en de bijbehorende horizontale leidingen de bouw van de woningen belemmeren. Naast de technische complicatie, is het Buurt Energie Systeem in alle opzichten, dus zowel qua investering, jaarlijkse exploitatie, TCO en aansluitbijdrage per woning, economisch het minst interessant van de technisch mogelijke varianten uit deze variantenstudie.

Van de in variant 5 onderzochte mogelijkheden voor een individuele oplossing zijn de individuele lucht water warmtepomp en de bodem warmtepomp technisch het minst gecompliceerd. De PVT-oplossing heeft als nadeel dat daken die reeds met PV belegd zijn, mogelijk het dakvlak niet beschikbaar hebben om PVT bij te plaatsen. De oplossing zou dan zijn de PV-panelen te vervangen door PVT-panelen. Economisch is de bodem warmtepomp

over een cyclus van 30 jaar de meest interessante oplossing, waarbij de investering in de lucht water warmtepomp veruit het laagst is van de 3 individuele oplossingen.

Bij variant 4, het ZLT warmtenet met WKO, is de aansluitbijdrage het laagst, maar is aanvullend de investering van ca. € 27.500,- nodig voor de warmtepomp in de woning. Daarnaast is het waarschijnlijk dat de woning van een 3-fase elektra aansluiting voorzien moet worden.

Deze variantenstudie heeft algemeen als uitkomst dat het projectgebied relatief klein is qua aantal aan te sluiten woningen om een warmtenet rendabel te kunnen ontwikkelen. De rioolpersleiding heeft zeker een thermisch potentieel, voor de te ontwikkelen nieuwbouw zou het thermisch potentieel voldoende groot zijn, maar is de uitkoppeling van de warmte te kostbaar.

Het vergroten van het projectgebied met de aangrenzende wijken Zeeheldenbuurt en eventueel nog een aangrenzende wijk, om het aantal aansluitingen voor een warmtenet te vergroten. Hierdoor kunnen de kosten voor het ontwikkelen van het warmtenet over meer aansluitingen verdeeld worden en zal de aansluitbijdrage per woning minder hoog worden.

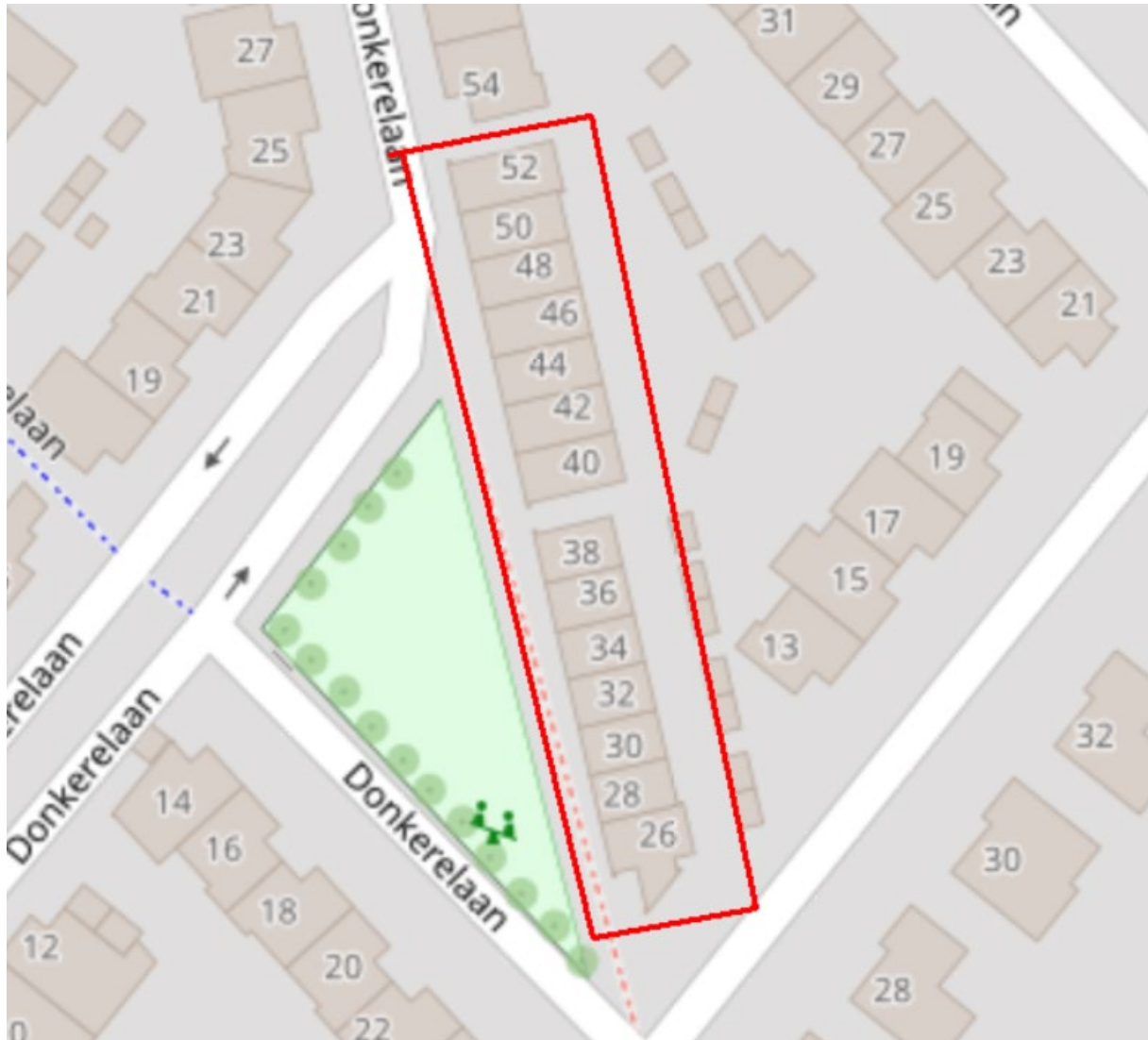
De wijk Zogwetering is gesitueerd nabij de Vecht. Het oppervlaktewater van de Vecht kan i.c.m. een WKO ook als warmtebron toegepast worden. De thermische potentie van de Vecht is ruimschoots voldoende om zowel Zogwetering, de te ontwikkelen nieuwbouw, als ook aangrenzende wijken van warmte te kunnen voorzien. Door op een intelligente wijze het warmtenet te ontwikkelen is het mogelijk om uit de Vecht als bron zowel een ZLT warmtenet voor de nieuwbouw, als een MT warmtenet voor de bestaande gebouwde omgeving te realiseren.

9. Samenvatting onderzoeksresultaten

aspect		variant 1	variant 2	variant 3	variant 4	variant 5	variant 6		
technisch	energetisch	MT zonder WKO niet mogelijk n.v.t.	MT met WKO mogelijk matig gecompliceerd, WKO vergunning	ZLT zonder WKO niet mogelijk n.v.t.	ZLT met WKO mogelijk matig gecompliceerd, WKO vergunning, uitkoelings toestemming Waternet nodig	BES met bodem mogelijk vrij gecompliceerd, boringen en horizontaal leidingwerk onder nieuwbuw	LWP mogelijk eenvoudig	BWP mogelijk eenvoudig	PVT mogelijk vrij gecompliceerd, daken deels belegd met PV
economisch	investering	n.v.t.	€ 6.772.339,00	n.v.t.	€ 13.594.515,00	€ 14.422.869,00	€ 6.967.359,00	€ 13.294.359,00	€ 11.554.667,10
	jaarlijkse exploitatiekosten	n.v.t.	€ 275.854,27	n.v.t.	€ 674.547,50	€ 751.867,50	€ 987.553,13	€ 619.380,00	€ 805.588,80
	TCO 30 jaar	n.v.t.	€ 20.612.171,00	n.v.t.	€ 56.733.037,00	€ 60.205.161,50	€ 65.805.961,50	€ 52.494.286,50	€ 58.097.244,60
	aansluitbijdrage	n.v.t.	€ 20.337,00	n.v.t.	€ 13.401,37	€ 43.311,92	€ 20.923,00	€ 39.923,00	€ 34.698,70
organisatie	stakeholders	n.v.t.	veel stakeholders o.a. broneigenaar, warmteaanbieder, - distributeur en - afnemer, nutsbedrijven, gemeente, provincie	n.v.t.	veel stakeholders o.a. broneigenaar, bronnnetbeheerder en - afnemer, nutsbedrijven, gemeente, provincie	Matig aantal stakeholders o.a. gemeente, warmteaanbieder, - distributeur en - afnemer, nutsbedrijven	Gering aantal stakeholders voornamelijk woningeigenaar en nutsbedrijf	Gering aantal stakeholders, te weten woningeigenaar, gemeente en nutsbedrijf	Gering aantal stakeholders, te weten woningeigenaar en nutsbedrijf
	juridisch	n.v.t.	o.a. diverse vergunningen, warmtewet, recht op warmteonttrekking, leveringscontracten warmte	n.v.t.	o.a. diverse vergunningen, warmtewet, recht op warmteonttrekking, aansluitvergoeding bronnnet	o.a. diverse vergunningen, warmtewet, leveringscontracten warmte	geluidsoverlast omgeving	vergunning boring bodemenergie	geen

10. Addendum variantenstudie

Op aanvullend verzoek van de opdrachtgever is de haalbaarheid onderzocht van een BES (buurt energie systeem) op heel kleine schaal. Hiervoor zijn de woningen aan de Donkerelaan met de even huisnummers 26 t/m 52 geselecteerd, in totaal 14 woningen verdeeld over 2 woningblokken.



Figuur 34: De geselecteerde woningen voor het BES.

Uit de in hoofdstuk 2.2 berekende warmtevraag is de warmtevraag voor de betreffende 14 woningen bepaald. De warmtevraag van de woningen is berekend op 445 GJ per jaar en het aansluitvermogen berekend op 83 kW.

Het kleine buurt energie systeem (BES) dient derhalve 445 GJ per jaar te kunnen leveren bij een totaal aansluitvermogen van 83 kW.

Het BES bestaat uit de volgende hoofdcomponenten:

1. Bodembron voor warmte, opgebouwd uit een aantal gesloten bodemlussen.
2. Het bronnet, infrastructuur voor transport van warmte en koude op zeer lage temperatuur.
3. Water-water warmtepompinstallatie in de woningen.

10.1. Bodembron voor Buurt Energie Systeem (BES) als mini buurtwarmtenet

Als bron voor het BES is de keuze gemaakt voor gesloten bodemlussen. Hiervan zal een aantal nodig zijn om het benodigde bronvermogen te kunnen leveren aan de warmtepompen in de aan te sluiten woningen.

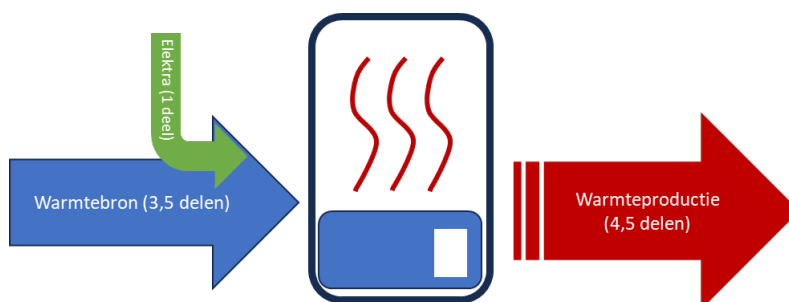
Bij het buurtwarmtenet staan de warmtepompen in de woningen en gebouwen opgesteld. Vanuit het buurtwarmtenet dient daarom niet het vermogen van de aansluitwaarde, maar het bronvermogen geleverd te worden.

In dit hoofdstuk wordt het benodigde bronvermogen voor het buurtwarmtenet berekend.

Om het bronvermogen te berekenen worden de volgende uitgangspunten in ogenschouw genomen.

De warmtepompen in de gebouwen hebben om te kunnen werken een hoeveelheid primaire energie (elektriciteit) nodig. Deze energie, bedoeld om bijvoorbeeld de compressor in de warmtepomp aan te drijven, wordt omgezet in warmte. Deze warmte wordt toegevoegd aan de af te leveren warmte. De hoeveelheid toegevoerde primaire energie in verhouding tot de hoeveelheid afgeleverde energie is het rendement van de warmtepomp. Dit rendement wordt weergegeven als coëfficiënt of performance (COP) van de warmtepomp.

In dit onderzoek wordt voor de warmtepompen een COP aangenomen van 4,5.



Figuur 35: Schematische weergave COP

Het benodigde bronvermogen uit de bodemlussen te transporteren over het bronnet wordt:

Aansluitwaarde na gelijktijdigheid – het toegevoerde primaire vermogen aan de warmtepompen.
Het toegevoerde primaire vermogen aan de warmtepompen is aansluitwaarde gedeeld door COP.

De berekening van het bronvermogen wordt dan:

$$P_{\text{bron}} = P_{\text{asw}} - P_{\text{prim.}}$$

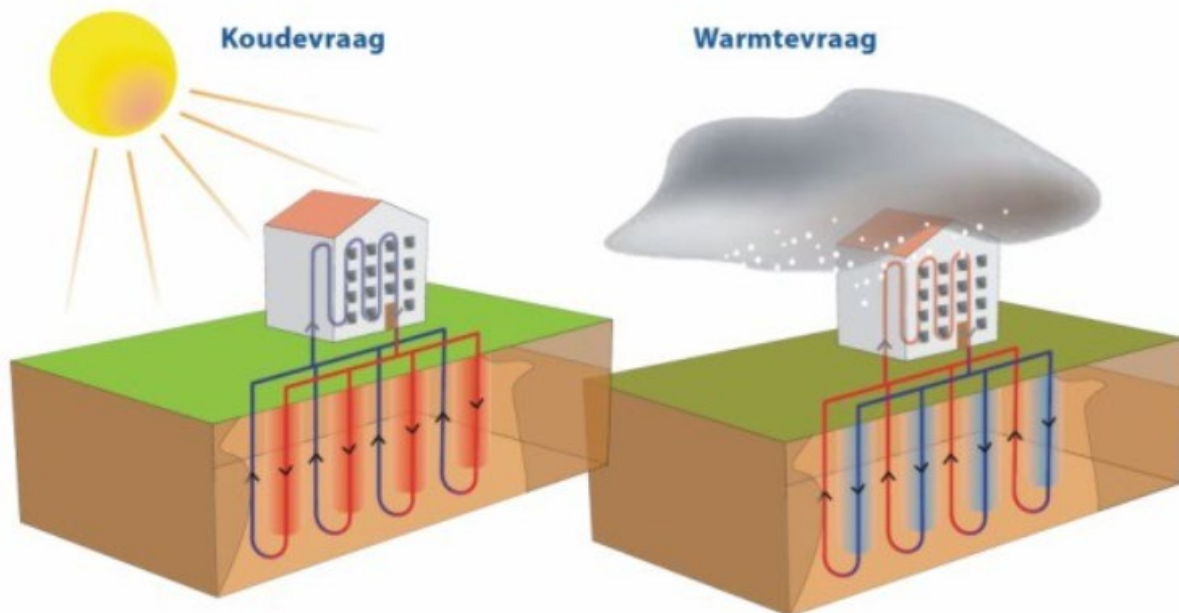
$$P_{\text{bron}} = 83 - (83/4,5)$$

$$P_{\text{bron}} = \underline{\underline{64,5 \text{ kW}}}$$

10.1.1. Ontwerp van de bodemenergiebron en het mini buurtwarmtenet

Het berekende benodigde bronvermogen dient uit de bodem gewonnen te worden en over een bronnet naar de warmtepompen in de woningen getransporteerd te worden.

Voor het bronvermogen zal een hoeveelheid gesloten bodemlussen aangebracht dienen te worden. Het aantal gesloten bodemlussen wordt in dit hoofdstuk berekend. De warmtepompen in de woningen zijn gelijk aan de warmtepompen met de bodem als bron voor het ZLT warmtenet uit hoofdstuk 3.3 en de individuele warmtepomp met bodem als bron uit hoofdstuk 5.5.2, de te verwarmen woningen zijn immers dezelfde woningen.



Figuur 36: Schematische weergave gesloten bodemlussen. (Bron: TU Delft)

Om de gesloten bodemlussen te berekenen is via de WKO-tool (RVO) gekeken naar gesloten bodemlussen in de nabijheid van Zogwetering. In de nabijheid zijn enkele gesloten bodemlussen aanwezig. Hieruit zijn de volgende ontwerp parameters afgeleid:

Boordiepte ca. 160 meter

Warmtecapaciteit van de bodem 35 W per boormeter

Het aantal benodigde gesloten bodemlussen voor het bronvermogen van 64,5 kW wordt:

$64,5 \text{ kW} \times 1.000 / 35 \text{ W/m} / 160 \text{ meter} = 12 \text{ gesloten bodemlussen met een boordiepte van 160 meter.}$

Wanneer de gesloten bodemlussen te dicht bij elkaar in de bodem geboord worden kan er interferentie tussen de bodemlussen ontstaan. Met interferentie wordt bedoeld dat de bodemlussen de warmte bij elkaar wegtrekken en daardoor een verminderde opbrengst gaan leveren.

Voor het voorkomen van interferentie dient tussen de gesloten bodemlussen een onderlinge afstand van tenminste 10 meter aangehouden te worden in alle richtingen.

Het veld met gesloten bodemlussen is voor dit onderzoek geprojecteerd om op het grasveld tegenover de betreffende woningen.

Het boorveld staat in Figuur 37 weergegeven. De onderlinge afstanden tussen de gesloten bodemlussen is aangehouden op ca. 10 meter.



Figuur 37: Boorgrid voor gesloten bodemlussen. (Bron: Indurio)

De afzonderlijke gesloten bodemlussen worden onderling met elkaar verbonden via leidingen, welke samen komen bij een zogenaamde verzamel-/verdeelput. Vanuit de verzamel-/verdeelput wordt de warmte via een vloeistof overgedragen naar het bronnet.

Voor de aanleg van de 12 bodemlussen is een te verwachten investering van € 135.000,- berekend. Naast de collectieve bodemenergiebron is dan het bronnet nog aan te leggen. De woningeigenaren dienen te investeren in de warmtepompinstallatie in de woning, zoals in Figuur 38 getoond wordt.



Figuur 38: Opstelling warmtepomp met geïntegreerde boiler en buffervat. (Bron: Albreco)

Van het bronnet, benodigd voor het BES, wordt in Figuur 39 de mogelijke lay-out getoond. Voor deze lay-out is geen verder onderzoek gedaan naar overige kabels en leidingen, waarmee de lay-out van het bronnet in conflict zou kunnen komen. Het bronnet staat in de lay-out als enkelvoudige lijnen getekend, maar zal bij de realisatie uitgevoerd worden als een systeem bestaande uit 2 leidingen (aanvoer en retour) naast elkaar in gelijke diameter.

Vanwege de aanvoertemperatuur van 6 °C wordt voor de leidingen van het bronnet gekozen voor buizen van kunststof (HDPE). De huisaansluitingen hebben diameters variërend in 25 of 32 mm. De primaire- en secundaire distributieleidingen welke in het openbaar gebied onder de straten aangelegd worden hebben diameters uiteenlopend van 63 t/m 90 mm. De totale lengte van de primaire en secundaire distributieleidingen bedraagt ca. 140 meter, waarbij per meter een aanvoer- en retourleiding gelegd dient te worden.



Figuur 39: Schematisch ontwerp ZLT warmtenet

10.2. Economische analyse Buurt Energie Systeem (BES) als buurtwarmtenet

Dit hoofdstuk geeft inzicht in de financiële haalbaarheid van de 5 onderzochte varianten. De investeringskosten, herinvesteringskosten en onderhoudskosten zijn inzichtelijk gemaakt. Voor de kosten elektra zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd uit WarmingUp:

- Vastrecht elektra € 50,00/kW
- Verbruikskosten elektra incl. ODE en energiebelasting € 170,00/MWh

Voor de investering in het aanleggen van de warmtenetten in de bestaande gebouwde omgeving van Zogwetering is geen rekening gehouden met de mogelijkheid van eventuele koppelkansen voor bijvoorbeeld de herinrichting van de openbare ruimte en eventuele vervanging van infrastructuur, zoals bijvoorbeeld riolering. Door dit type werkzaamheden te combineren zijn significante besparingen op de kosten voor de aanleg van een warmtenet haalbaar.

10.2.1. Investeringskosten Buurt Energie Systeem (BES) als mini buurtwarmtenet

	investering	herinvestering na 15 jaar	prijsindex
Onderdelen systeem	investering	herinvestering na 15 jaar	prijsindex
gesloten bodembronnen	€ 135.000,00	€ -	0%
technische ruimte	€ 20.000,00		
circulatiepomp	€ 20.000,00	€ 20.600,00	3%
bronnnet(ZLT)	€ 65.000,00	€ -	
afleversets	€ 18.200,00		
elektra aansluiting	€ 1.000,00		
Vorbereidingen, aanleg en legeskosten (10%)	€ 25.920,00	€ -	
Advies en projectleiding (6%)	€ 17.108,00	€ -	
Bijkomende kosten (8%)	€ 24.179,00	€ -	
Onvoorzien (10%)	€ 32.641,00	€ -	
Totaal	€ 359.048,00	€ 20.600,00	

Tabel 37: Investeringskosten Buurt Energie Systeem (BES) als buurtwarmtenet

10.2.2. Onderhoudskosten Buurt Energie Systeem (BES) als mini buurtwarmtenet

Jaarlijkse kosten		cumulatief over 30 jaar	prijs index
technische ruimte	€ 200,00	€ 6.750,00	0,80%
circulatiepomp	€ 500,00	€ 15.000,00	0,00%
bronnnet(ZLT)	€ 650,00	€ 20.980,00	0,50%
elektra verbruik	€ 3.570,00	€ 200.225,00	4,00%
Kosten totaal	€ 4.920,00	€ 242.955,00	

Tabel 38: Jaarlijkse kosten Buurt Energie Systeem (BES) als buurtwarmtenet

10.2.3. TCO en kosten per eenheid Buurt Energie Systeem (BES) als mini buurtwarmtenet

Om de investeringen en exploitatiekosten van variant 4, het Buurt Energie Systeem (BES) als warmtenet vergelijkbaar te maken met de investeringen en exploitatiekosten van de overige varianten, is de total cost of ownership (TCO) over een gebruiksperiode van 30 jaar berekend. Aansluitend is de kostprijs per GJ-warmte over de gebruiksperiode van 30 jaar per berekend, alsmede de benodigde bijdrage in de investering per aansluiting bij een deelname dichtheid van 100%.

TCO over 30 jaar	€ 684.283
Kosten in €/GJ	1538 €/GJ
Investering per aansluiting bij 100% deelname	€ 25.646

Tabel 39: TCO en aansluitbijdrage Buurt Energie Systeem (BES) als buurtwarmtenet

10.2.4. Investeringskosten Buurt Energie Systeem in de woning

Bij de variant van het Buurt Energie Systeem dient in de woning een individuele warmtepompinstallatie geplaatst te worden. Hieronder staan de investeringen voor de individuele warmtepompinstallatie, waarbij uitgegaan is van een water/water warmtepomp met een vermogen van 10 kW. Voor het warme tapwater is een boiler van 200 liter voorzien.

Voor het tarief elektra in de woning is uitgegaan van € 0,45 per kWh.

	investering	herinvestering na 15 jaar	prijsindex
Onderdelen systeem	investering	herinvestering na 15 jaar	prijsindex
Warmtepomp water/water 10 kW (subsidie verrekenend)	€ 21.000,00	€ 22.050,00	5%
Buffervat 200 liter	€ 1.500,00		
Warm water boiler 200 liter	€ 1.250,00	€ 1.287,50	3%
elektra aansluiting, meterkast aanpassing	€ 1.000,00	€ -	
Onvoorzien (10%)	€ 2.673,00	€ -	
		€ -	
Totaal	€ 27.423,00	€ 23.337,50	

Tabel 40: Investeringskosten Buurt Energie Systeem (BES) in de woning

10.2.5. Onderhoudskosten Buurt Energie Systeem in de woning

Jaarlijkse kosten	cumulatief over 30 jaar		prijs index
Warmtepomp onderhoud	€ 525,00	€ 17.720,00	0,80%
elektra verbruik	€ 882,94	€ 49.520,00	4,00%
Kosten totaal	€ 1.407,94	€ 67.240,00	

Tabel 41: Jaarlijkse kosten Buurt Energie Systeem (BES) per woning

10.2.6. Investeringskosten per eenheid Buurt Energie Systeem (BES)

Voor het realiseren van het Buurt Energie Systeem met een buurtwarmtenet en een individuele warmtepompinstallatie in de woning is een investering benodigd van:

Investering in het Buurt Energie Systeem per aansluiting	€ 25.646,-
Invetsering in de individuele warmtepompinstallatie	€ 27.423,-
Totaal investering per woning	€ 53.069,-