Tauw

SYNTRAAL
Synergie & Talent centraal

Bronnenstudie en aanpak Duurzame Energie Merenwijk

16 juni 2020

Verantwoording

Titel	Bronnenstudie en aanpak Duurzame Energie Merenwijk
Opdrachtgever	Stichting Duurzame Energie Meerwijk
Projectleider	Edwin Veldkamp
Auteur(s)	Aleida Verheus, Amber Vergnes, Anastasia Koezjakov (Syntraal), Gerjan Wubs
Tweede lezer	Aleida Verheus, Simon Bos (Syntraal)
Projectnummer	1275665
Aantal pagina's	44
Datum	16 juni 2020
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

Tauw bv
Australiëlaan 5
Postbus 3015
3502 GA Utrecht
T +31 30 28 24 82 4
E info.utrecht@tauw.com

Inhoud

1 Inleiding 5
1.1 Aanleiding 5
1.2 Doel 5
1.3 Leeswijzer 5
2 Welke bronnen zijn beschikbaar? 6
2.1 Warmte uit de bodem 6
2.1.1 WKO mogelijkheden Leiden Merenwijk 7
2.2 Diepe geothermie 9
2.2.1 Diepe geothermie potentie Merenwijk 9
2.3 Warmte uit afvalwater 11
2.3.1 Warmte uit afvalwater Leiden Merenwijk 11
2.4 Warmte uit oppervlaktewater 12
2.4.1 Warmte uit oppervlaktewater Leiden Merenwijk 13
2.5 Warmte uit de weg 14
2.6 Warmte van daken 15
2.6.1 Zonne-Energie 15
2.6.2 Warmte potentie op daken 16
2.6.3 Kansrijke zonnewarmte opties voor Merenwijk 18
2.7 Restwarmte 21
2.7.1 Warmtenet Vattenfall Leiden Merenwijk 21
3 Warmte- en koudevraag 23
3.1 Warmtevraag 24
3.2 Energiebesparingspotentieel 26
3.3 Koudevraag 27
4 Systeem en energiematch 27
4.1 Locatie warmtestations 28
4.2 Mogelijke scenario's 29
4.2.1 MT of LT warmtenet 29
4.2.2 HT, MT en LT warmte trapsgewijs afbouwen 30
4.2.3 Eerst MT dan gefaseerd naar LT 30

5 Kosten 31
6 Aardgasvrij alternatieven volgend uit de Startanalyse 32
6.1 Inleiding 32
6.2 Resultaten Startanalyse Merenwijk per buurt 35
6.2.1 CO_2 reductie kosten per strategie 35
6.2.2 Nadere toelichting per buurt 37
6.3 Beschouwing strategieën 37
7 Overzicht aardgasvrij alternatieven volgend uit de bronnenstudie en startanalyse 39
8 Kansenkaart voor bronnen in de wijk 44
9 Routekaart en vervolgstappen 44
10 Referenties 44

Bijlage 1 Startanalyse kaarten per punt
Bijlage 2 Samenvatting interview accountmanager Vattenfall

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Stichting Duurzame Energie Merenwijk (DEM) heeft in 2019 een subsidie aangevraagd bij de Provincie Zuid-Holland om een Wijkenergieplan te maken. Dit plan wordt eind 2020 opgeleverd aan de wijk en aan de subsidieverstrekker. DEM heeft zelf een bronnen-analyse uitgevoerd voor de mogelijke alternatieven van aardgas voor de wijk.

Voor deze analyse heeft DEM een second-opinion gevraagd aan Tauw en Syntraal. Daarnaast heeft DEM Tauw gevraagd om mee te denken in aanvullende ondersteuning om van het wijkenergieplan een succes te maken. Vanuit deze vraag is de bronnenstudie uitgewerkt en is daarnaast in kaart gebracht welke kansen en vervolgstappen er voor Duurzame Energie Merenwijk bestaan. Deze rapportage presenteert de bevindingen die zijn opgedaan.

1.2 Doel

Het doel van deze studie is het leveren van een overzicht van de mogelijke bronnen voor een aardgasvrije energievoorziening van de wijk. Op basis van deze studie kunnen vervolgens kansen en vervolgstappen, waaronder aanwijzen van mogelijke locaties voor een pilot, uitgewerkt worden middels onder andere een multi criteria analyse en een sessie met stakeholders.

1.3 Leeswijzer

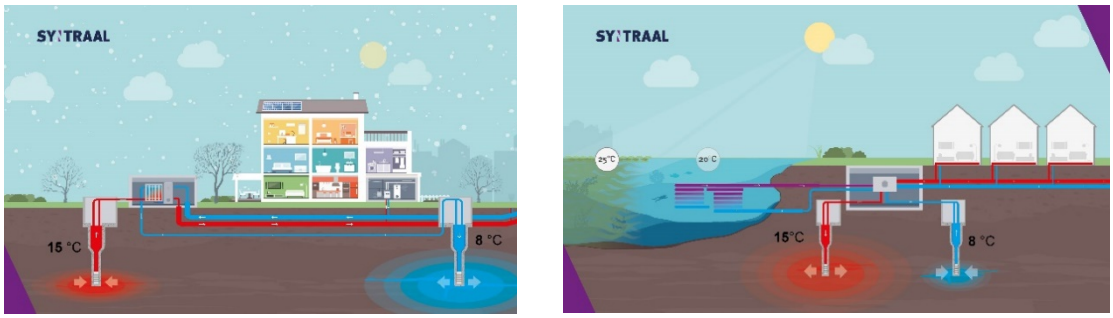
In deze rapportage worden de resultaten van de bronnenstudie beschreven. In de bronnenstudie worden de warmtebronnen toegelicht die mogelijk kunnen worden ingezet als warmtevoorziening voor Leiden Merenwijk. Dit zijn de bronnen die in de directe omgeving aanwezig zijn en een alternatief bieden voor warmte uit aardgas. Doordat het diepte niveau van de beschikbare informatie per bron verschillend is zijn de parameters op basis waarvan deze geschreven worden niet altijd uniform. De bronnen kunnen in de online potentiekaart van de gemeente Leiden bekeken worden via deze link en staan in hoofdstuk 2 beschreven. Vervolgens gaat hoofdstuk 3 in op de warmte- en koudevraag. Daarna beschrijft hoofdstuk 4 hoe het warmte aanbod en de warmte vraag gematched kunnen worden. Ook wordt hier beschreven welke mogelijke scenario’s voor warmtenetten er zijn in de wijk met bij behorende temperatuurregimes. In hoofdstuk 5 zijn deze scenario’s op kosten gezet. Hoofdstuk 6 beschrijft de resultaten van de startanalyse van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). De startanalyse van PBL biedt informatie over vijf hoofdstrategieën en hoe deze zich onderling tot elkaar verhouden in de deelgebieden. Ten slotte geeft hoofdstuk 7 een overzicht van de mogelijke aardgasvrije alternatieven voor Merenwijk op basis van de bronnen studie en de startanalyse van PBL.

2 Welke bronnen zijn beschikbaar?

2.1 Warmte uit de bodem

Het kan voorkomen dat het minimaal vermogen uit een omgevingswarmtebron (in de winter) niet voldoende is om de woningen het hele jaar door gasloos te verwarmen, terwijl de hoeveelheid energie jaarrond wel voldoende is. In dit geval kan een warmte-koude opslag (WKO) oplossing bieden. Hierbij kan een omgevingswarmtebron zoals afval- of oppervlaktewater gebruikt worden om de WKO bron(nen) te laden. Hiermee wordt ook voorkomen dat de WKO uit balans raakt gedurende de jaren.

Bij WKO wordt warmte en koude opgeslagen in een water voerende zandlaag (aquifer) in de bodem, zie figuur 2.1. In deze aquifer wordt een ‘doublet’ met minimaal één koude en één warme bron aangelegd. Wanneer er vraag naar koude is, wordt uit de koude bron (6 - 10 °C) grondwater opgepompt. De koude uit dit grondwater wordt met een warmtewisselaar afgestaan aan een warmtepomp. Door het onttrekken van koude, warmt het opgepompte grondwater op, waarna het wordt geïnfiltreerd in de warme bron. Is er vraag naar warmte, dan wordt grondwater opgepompt uit de warme bron (13 - 17 °C). Nu wordt warmte aan het grondwater onttrokken en met een warmtewisselaar aan de warmtepomp afgegeven.



Figuur 2.1 Principe seizoensbuffering warmte via WKO: warmte wordt in de zomer gewonnen en opgeslagen in het grondwater in een watervoerend pakket (links). In de winter wordt het relatief warme water onttrokken waarbij de warmte aan de woningen wordt afgegeven (rechts

Een warmte-koudeopslag is een open systeem, niet te verwarren met een gesloten systeem (zogenaamde bodemlussen). Een gesloten systeem maakt gebruik van de geleidbaarheid van de bodem, terwijl een open systeem werkt door het oppompen van grondwater.

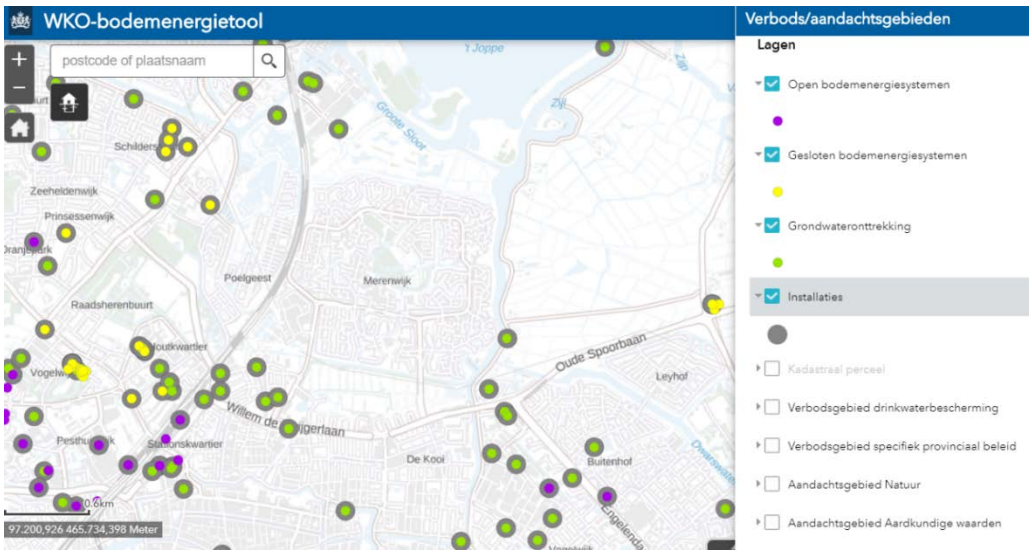
De mogelijkheden voor het plaatsen van WKO systemen hangen af van verschillende factoren. Indien er geen directe belemmeringen zijn (specifiek beleid, natura 2000 gebieden et cetera) is de locatie afhankelijk van de beschikbaarheid van openbare gronden, de doorlaatbaarheid van de bodem, de thermische straal van de bronnen en de grondwaterstroming. De opbouw van de bodem en de energievraag van de afnemer is van grote invloed op de economische haalbaarheid van een WKO systeem. Het systeem moet aangelegd worden in een zandlaag, een zogenaamd watervoerend pakket.

De economische haalbaarheid van een WKO systeem neemt af naarmate de watervoerende laag zich dieper in de ondergrond bevindt; hoe dieper deze laag, hoe hoger de kosten om een WKO te installeren en te exploiteren. Naast de economische haalbaarheid zijn er ook technische eisen voor een goed werkend WKO systeem:

- Er is een watervoerend pakket (zandlaag) nodig met een hoge hydraulische doorlaatbaarheid
- Boven en onder het gekozen watervoerend pakket moet er een isolerende/afsluitende laag aanwezig zijn (vaak een kleilaag)
- De grondwaterstroming moet laag zijn (maximaal 60 meter per jaar)
- De chemische eigenschappen van het water moeten geschikt zijn
- De warme en koude bron moeten ver genoeg uit elkaar liggen (minimaal 3 keer de thermische straal) om te zorgen dat de warme en koudebron niet met elkaar kunnen vermengen.

2.1.1 WKO mogelijkheden Leiden Merenwijk

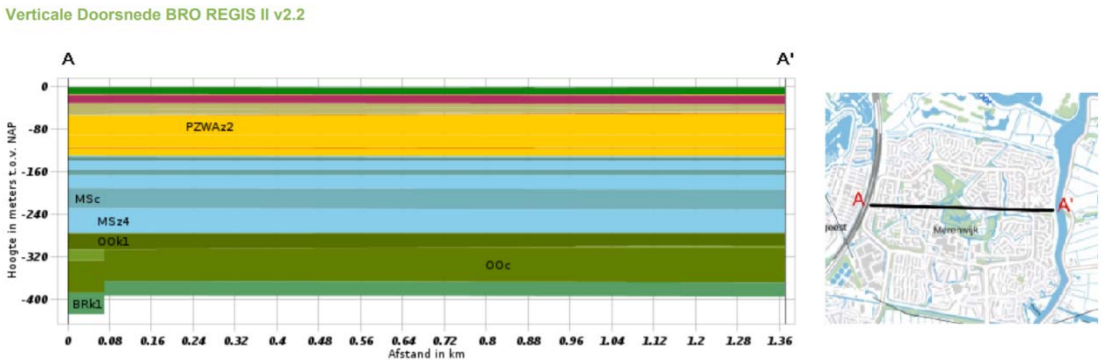
Binnen de grenzen van Leiden Merenwijk zijn nog geen open of gesloten bodemenergiesystemen aanwezig (WKOtool, 2020). Wel zijn er systemen gerealiseerd binnen de gemeente Leiden, zie figuur 2.2. Daarnaast valt Leiden Merenwijk onder ‘ambitiegebied Zuid-Holland’ wat concreet inhoudt dat er geen WKO systemen aangelegd mogen worden in de eerste watervoerende laag binnen het stedelijk en glastuinbouwgebied, op een aantal uitzonderingen na, zie figuur 2.3.



Figuur 2.2 Ligging bodemenergiesystemen omgeving Leiden Merenwijk (bron: wkotool, 2020)

Figuur 2.3 Afbakening ambitiegebied Zuid-Holland stedelijk gebied (bron: wkotool, 2020)

De ondergrond van Leiden Merenwijk bestaat voornamelijk uit zand- en kleilagen met wat grind en sporen van veen en bruinkool. Uit een eerste scan is gebleken dat er watervoerende lagen aanwezig zijn op een diepte van -15 tot ongeveer -130 meter NAP, afgewisseld met kleilagen (Dinoloket, 2020). Het beleid in acht nemend dat er geen systemen aangelegd mogen worden in de eerste watervoerende laag, is er op -50 tot -115 m NAP een eventueel geschikte (tweede) watervoerende laag aanwezig om WKO systemen te plaatsen. In figuur 2.4 is dit de laag PZWAz2. De geschiktheid van deze laag dient nader onderzocht te worden in een bodem- en hydrologische effecten studie.



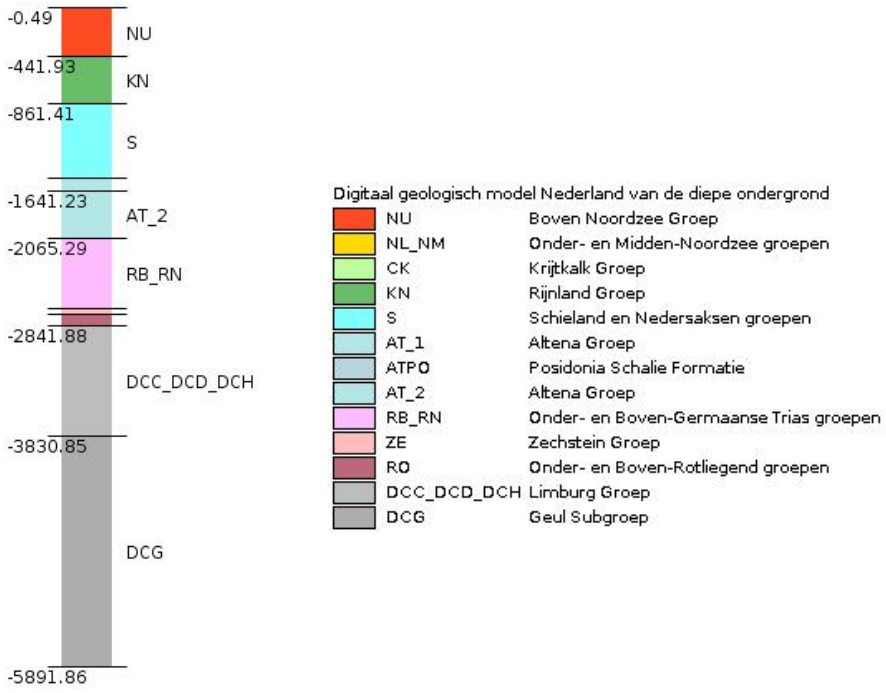
Figuur 2.4 Bodemopbouw Leiden Merenwijk (Dinoloket, 2020)

2.2 Diepe geothermie

Bij diepe geothermie wordt warmte uit de bodem gewonnen vanaf circa -1.500 meter tot circa -4.000 meter. Op deze diepte is warmte met een temperatuur van ongeveer 50 tot 120ºC te winnen. Voor levering aan woningen zijn minimaal temperaturen van 70ºC wenselijk, zodat de geothermiebron een midden temperatuur warmtenet kan voeden zonder dat er een apart warmwater toestel in de woning nodig is (voor legionella preventie is verhitting tot minimaal 60ºC noodzakelijk).

2.2.1 Diepe geothermie potentie Merenwijk

Volgens voorgaand onderzoek door Geothermie Alliantie Zuid-Holland is de bodemlaag “Schieland groep” de meest kansrijke laag voor geothermie in Leiden. Op basis van de verticale doorsnede van Merenwijk volgens het Digitaal Geologisch Model (DGM)-diep van het DINOloket[1], in figuur 2.5: Verticale doorsnede Merenwijk met de verschillende bodemlagen en bijbehorende dieptes (Bron: DINO database), weten we dat de Schieland groep zich bevindt op -861 meter tot -1.641 meter. Op basis van nabijgelegen temperatuurmetingen bij boringen in dezelfde aquifer (watervoerende bodemlaag), weten we dat de temperatuur van de aquifer op -1.200 meter ongeveer 50°C is.



Figuur 2.5 Verticale doorsnede Merenwijk met de verschillende bodemlagen en bijbehorende dieptes (Bron: DINO database)

[1] Het DINOloket is een database met gegevens over de diepe en ondiepe ondergrond van Nederland. https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens.

De aquifer die zich op ca. 1,2 km diepte bevindt, is afkomstig uit het Boven-Jura en Onder Krijt. Verder komt de aquifer uit de Nieuwerkerk formatie, uit de Delfland subgroep. De aquifer laag bestaat uit Delft Zandsteen. Dit zandsteen heeft genoeg transmissiviteit (58 Dm) om als warmtebron te gebruiken voor een geothermiebron. Met de transmissiviteit wordt het gemak waarmee water door een laag kan stromen beschreven. De oppervlakte van de sub-play[2] Schieland groep strekt ongeveer 746 km^2.

In tabel 2.1 staan het indicatieve vermogen en het indicatieve productie weergegeven voor een doublet (combinatie van warmte- en koude bron) in Merenwijk. Het indicatief vermogen is bepaald volgens berekeningen van ThermoGIS 2.1 [3]. We gaan ervan uit dat om de 5-10 km^2 een doublet geplaatst kan worden. Daarom is er maximaal één doublet mogelijk in Merenwijk. Op basis van 6.000 vollasturen is 150.000 GJ energie te winnen in een doublet in Merenwijk. Een warmteproductie van 6.000 vollasturen betekent dat de warmte installatie, in dit geval de waterpomp bij de geothermieput, 6.000 uren effectief op vol vermogen energie produceert. In de praktijk varieert het aantal vollasturen tussen de 3.800 en 6.500 uur [4]. Als de geothermiebron een productie van ongeveer 150.000 GJ heeft, zijn ongeveer 5.042 woningequivalenten (1 woningequivalent in Merenwijk is ongeveer 30 GJ) te verwarmen. Met een temperatuur van 50 ºC is aanvullende opwaardering van de warmte ten behoeve van warmtapwater nodig. Dit kan of in het net, of in (individuele of kleine collectieve) woninginstallaties.

Tabel 2.1 Potentie geothermie in Merenwijk

	Eenheid	Waarde
Indicatief vermogen per doublet	MW	7
Indicatieve productie per doublet o.b.v. 6.000 vollasturen	GJ	150.000
Indicatieve potentie woningequivalenten		5.042

Warmte bij een geothermiebron wordt normaliter gewonnen op warmtes tussen de 2.000 en 3.000 meter diep. De grondparameters op deze dieptes zijn niet bekend in de DINOloket database en ook niet in de bodematlas van de provincie Zuid-Holland[5]. Om inzicht te krijgen of geothermie op dieptes van 2.000 meter en dieper mogelijk is om toe te passen, dienen nieuwe proefboringen op de gewenste diepte te worden gedaan. Gezien de hoge kosten van de proefboringen, is het aan te raden deze uit te voeren door een grotere partij, zoals de energieregio Holland Rijnland of de provincie Zuid-Holland.

[2] Een sub-play is een formatie met vergelijkbare geologische eigenschappen.
[3] https://www.thermogis.nl/
[4] https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2019-conceptadvies-sde-plus-plus-2020-geothermie_3692.pdf
[5] Bodematlas gegevens zijn te vinden op http://www.nlog.nl

2.3 Warmte uit afvalwater

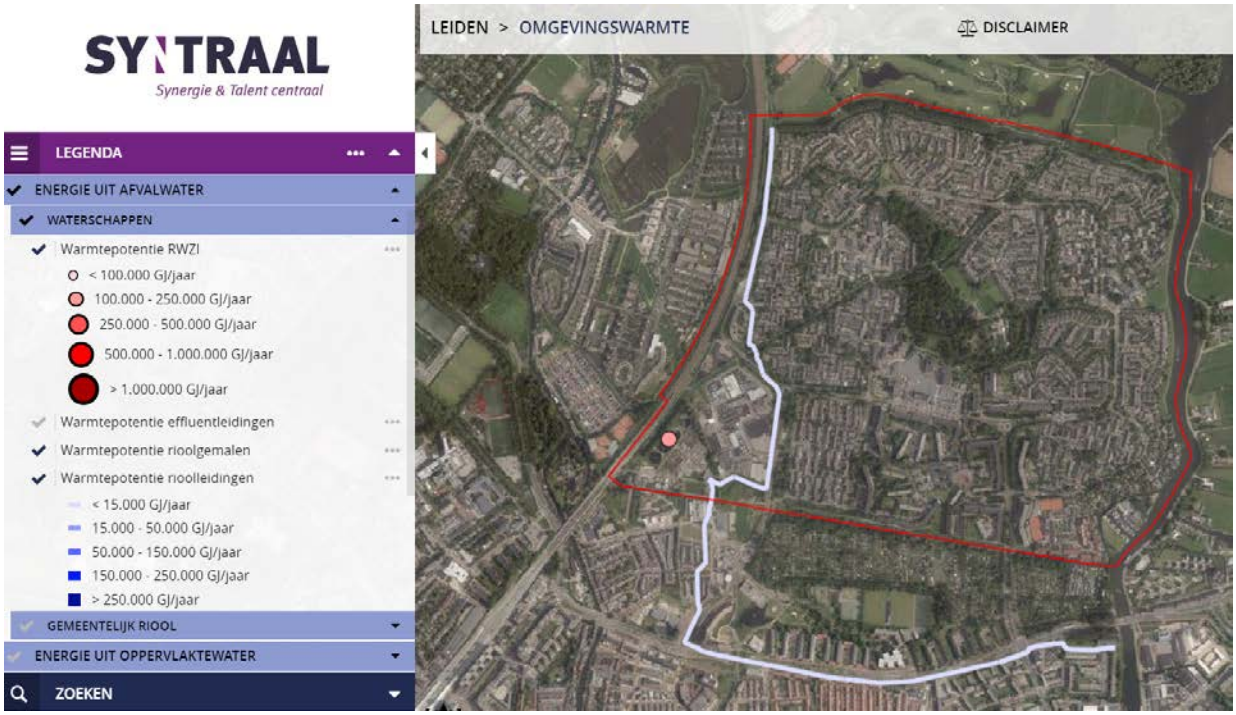
Het afvalwater in beheer van het waterschap wordt voor het thermische energiepotentieel opgedeeld in thermische energie uit het influent en het effluent. Voor het waterschap verdient warmtewinning uit het effluent de voorkeur. Hierbij wordt namelijk geen warmte meer onttrokken voor het zuiveringsproces. Bij het influent wordt warmte gewonnen door middel van een warmtewisselaar in de rioolbuis en wordt ook wel riothermie genoemd.

De hoeveelheid energie dat uit afvalwater gewonnen kan worden is afhankelijk van het volume (debiet) en het aantal graden (delta T) dat het afvalwater kan worden afgekoeld. Voor het potentieel uit afvalwater wordt het winbare energiepotentieel dus bepaald aan het DWA (droogweerafvoer) debiet en een afgesproken veilige temperatuurdaling van het influent en het effluent.

Voor het effluent gelden andere eisen aan de minimale temperatuur dan voor het influent. Daling van de effluenttemperatuur kan effect hebben op het oppervlaktewatertemperatuur en daarmee ecologische (positieve) gevolgen hebben voor het oppervlaktewater. Een daling van de temperatuur van het influent kan effect hebben op de temperatuur van de waterzuivering en daarmee mogelijk op het zuiveringsproces. Voor beide stromen zijn daarom verschillende uitgangspunten gehanteerd. In de winter wordt een temperatuurdaling van 5 °C voor het effluent gehanteerd, en 1- 2 °C voor het influent. Bij gebruik van een WKO kan de potentie van afvalwater tot een verdubbeling leiden.

2.3.1 Warmte uit afvalwater Leiden Merenwijk

In figuur 2.6 wordt het technisch potentieel van afvalwater weergeven. De RWZI Leiden Noord (roze stip) kan warmte leveren voor ongeveer 600 - 1200 huishoudens en de twee persleidingen van Rijnland (paarse leidingen) kunnen samen warmte leveren voor ongeveer 30 - 140 huishoudens. Zie tabel 2.2*Tabel 2.2* voor een detailbeschrijving van het technisch potentieel.



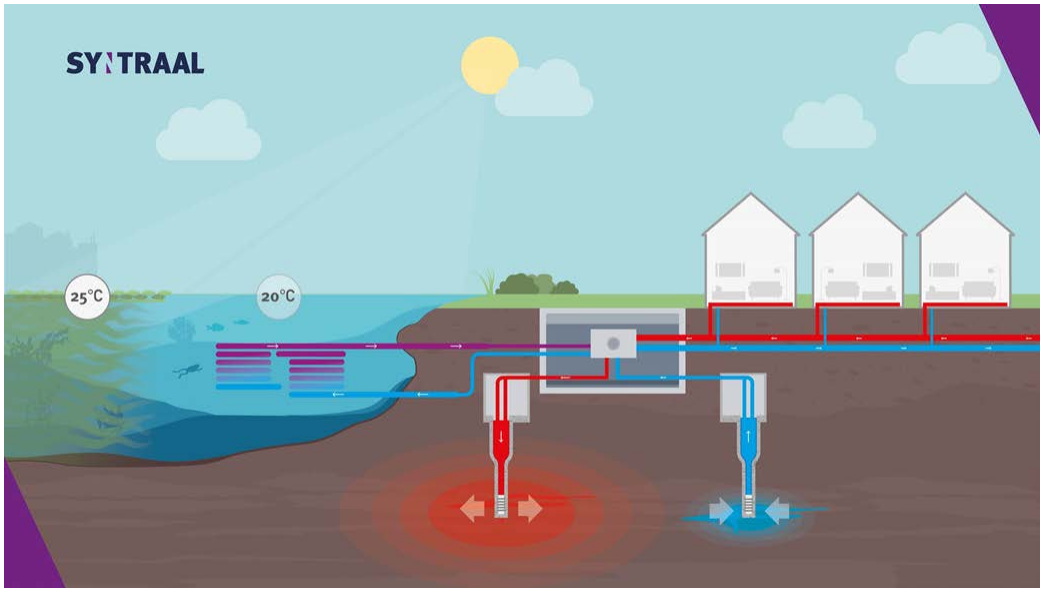
Figuur 2.6 Technisch potentieel warmte uit afvalwater Leiden Merenwijk

Tabel 2.2 Bron aanbod en bron vermogen geleverd door afvalwater

Naam bron	Aanbod directe levering (GJ/jaar)	Aanbod met WKO (GJ/jaar)	Bronvermogen directe levering (kW)	Bronvermogen met WKO (kW)	Aanbod in aantal huishoudens
RWZI Leiden-Noord	144.521	187.257	5938	11.876	600 - 1200
2 persleidingen Rijnland	6.786	14.774	278	1390	30 - 140

2.4 Warmte uit oppervlaktewater

Waterlopen en plassen zijn een bron voor warmte en/of koude winning voor de verwarming en/of koeling van gebouwen en woningen. Hierbij wordt water uit een oppervlaktewaterlichaam langs een warmtewisselaar gepompt. De gewonnen warmte kan gebruikt worden voor de directe verwarming van een gebouw of worden opgeslagen in een warmte-koudeopslag (WKO). Door de warmtewinning te combineren met WKO kan slim gebruikt gemaakt worden van gunstige temperaturen in zomer en winter. De warmte direct uit het oppervlaktewater of WKO wordt dan middels een warmtepomp naar een bruikbaar niveau gebracht, net als bij een afvalwatersysteem.

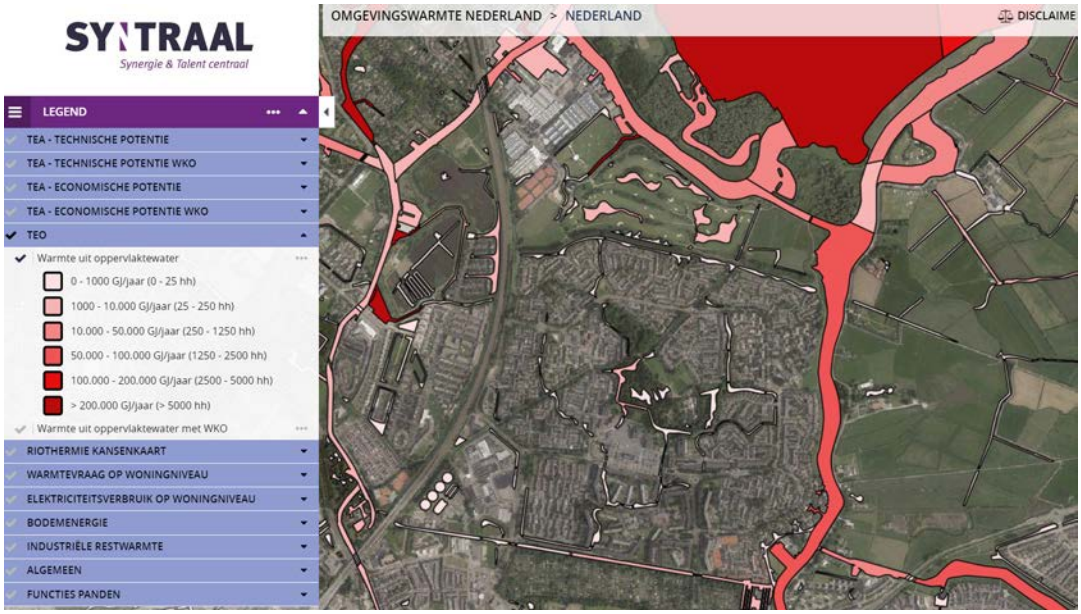


Figuur 2.7 Thermische energie uit oppervlaktewater, waarbij de zomerwarmte uit oppervlaktewater wordt opgeslagen in een WKO. In de winter wordt de opgeslagen warmte gebruikt om bijvoorbeeld een warmtenet te voeden.

Warmtewinning uit oppervlaktewater kan toegepast worden in verschillende waterlichamen. Afhankelijk van het type waterlichaam en factoren zoals diepte en stroomsnelheid kan bepaald worden hoeveel energie onttrokken kan en (vergunningtechnisch gezien) mag worden. Daarnaast is de ecologische impact (vooral in ondiepe wateren zoals vijvers) van belang. In de zomermaanden kan in dit kader zelfs een positief effect bereikt worden. Door de warmtewinning koelt het water enkele graden af en de wordt de waterbeweging verhoogd, wat onder andere leidt tot een verhoging van de opname van zuurstof. Vooral in het stedelijk gebied kan dit toegevoegde waarde bieden en de groei van bijvoorbeeld blauwalgen en vissterfte (door zeer lage zuurstof concentraties) voorkomen.

2.4.1 Warmte uit oppervlaktewater Leiden Merenwijk

Figuur 2.8*Figuur 2.8* geeft het oppervlaktewater weer in de nabije omgeving van Leiden Merenwijk met thermisch potentieel. In tabel 2.3*Tabel 2.3* staat het bron aanbod en bijbehorende vermogen. Voornamelijk De Zijl (670 huishoudens aan warmte) en ’t Joppe (10.700 huishoudens aan warmte) zijn interessant voor de wijk.



Figuur 2.8 Weergave technisch potentieel oppervlaktewater omgeving Leiden Merenwijk

Tabel 2.3 Bron aanbod en bron vermogen geleverd door oppervlaktewater

Naam bron	Aanbod met WKO (GJ/jaar)	Bronvermogen met WKO (kW)	Aanbod in aantal huishoudens
De Zijl	60.480	6.720	670
‘t Joppe	962.096	106.900	10.700

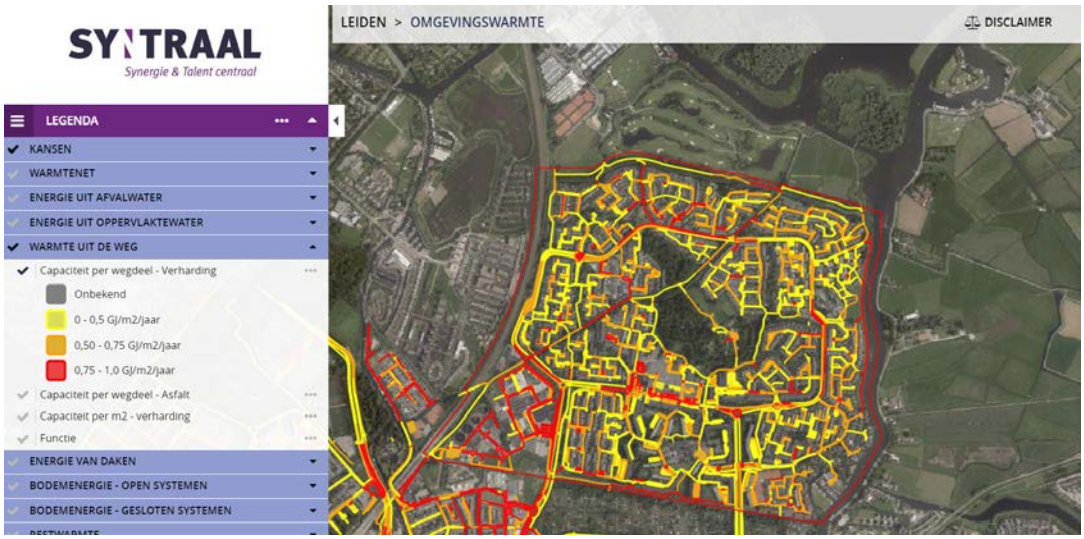
’t Joppe is opgedeeld in twee delen: ‘t Joppe Warmond en t Joppe Merenwijk, welke allebei in beheer van de gemeente Teijlingen liggen (Tauw, 2008). Maar aangezien het onderhoud op de oever van ’t Joppe Merenwijk wordt uitgevoerd door de gemeente Leiden (en de gemeente dus gebruiksrecht heeft) mag de gemeente Leiden naar verwachting ook aanspraak doen op de warmte aanwezig in ’t Joppe. Dit dient wel nader geverifieerd en onderzocht te worden.
Uit het rapport van Tauw (2008) komt naar voren dat op de Zwemlocaties in ’t Joppe vaak sprake is van blauwalgen; de kans op jaarlijkse toxische groei is erg groot. Het winnen van warmte uit oppervlaktewater kan dit risico (aanzienlijk) verkleinen.

2.5 Warmte uit de weg

Middels asfaltcollectoren kan warmte uit het asfalt gewonnen worden. De collectoren worden in een tussenlaag van het wegdek opgenomen. De bovenliggende asfalt toplaag kan voor onderhoud vervangen worden zonder dat dit schade aan de collectoren veroorzaakt.

Door de donkere kleur van het asfalt kan het systeem 's zomers relatief hoge temperaturen opwekken. Per jaar wordt maximaal 1 GJ/m^2 uit het asfalt gewonnen. Deze warmte dient opgeslagen te worden voor benutting in de winter. De meer investering voor asfaltcollectoren ten opzichte van 'normaal' asfalt bedraagt ongeveer EUR 100/m^2.

In *Figuur 2.9* wordt de warmtepotentie van de verharding in Leiden Merenwijk weergeven. Om te bepalen welke wegen het meest interessant zijn voor warmtewinning dient er nader onderzoek plaats te vinden. De economische haalbaarheid van warmte uit asfalt is sterk afhankelijk van de vervangingsplanning van wegen.



Figuur 2.9 Potentieel van warmte uit asfalt in de omgeving van Leiden Merenwijk

2.6 Warmte van daken

2.6.1 Zonne-Energie

Het winnen van zonne-energie kan op verschillende manieren. Zonne-energie kan worden gewonnen met fotovoltaïsche cellen (PV panelen) in de vorm van elektriciteit, via zonnecollectoren (plaat- of vacuümbuis) in de vorm van warmwater of via fotovoltaïsch thermisch (PVT)-panelen in de vorm van elektriciteit en warmwater worden opgewekt. Toepassing voor een warmte-alternatief voor aardgas is daarbij in verschillende situaties geschikt of minder geschikt. In *Tabel 2.4* zijn twee methodes voor het winnen van zonne-energie beschreven met een beschrijving in welke situatie de techniek toegepast kan worden.

Tabel 2.4 Verschillende methodes voor het winnen van zonne-energie voor verschillende type daken

Opwekking/	Individueel dak van woonhuis	Groot dak utiliteitsgebouw
Zonnestroom met PV	Levering van elektriciteit aan woonhuisinstallatie, saldering via de meter. Voor huishoudelijk verbruik en eventueel extra voor warmtepompen ('nul op de meter' concept)	Levering van elektriciteit aan het net en toepassing van SDE subsidie, verkoop aan bijvoorbeeld leden van een energie-coöperatie of aan een lokaal energiebedrijf ten behoeve van vergroening benodigde stroom voor bijvoorbeeld buurtwarmtepompen
	Eventueel opslag in accu of zoutbatterij.	Levering aan collectieve installaties in het gebouw, zoals liften, verlichting en installaties
Zonnewarmte	Levering aan woonhuisinstallatie: zonneboiler en voorraadvat voor warmtapwater en/of water-water-warmtepomp	Levering aan energiesysteem via opslag en buffering met Ecovat, WKO of HOCOSTO
		Levering aan installatie in het gebouw (bv zwembaden, sportvoorzieningen, wasinstallaties, industrie)

2.6.2 Warmte potentie op daken

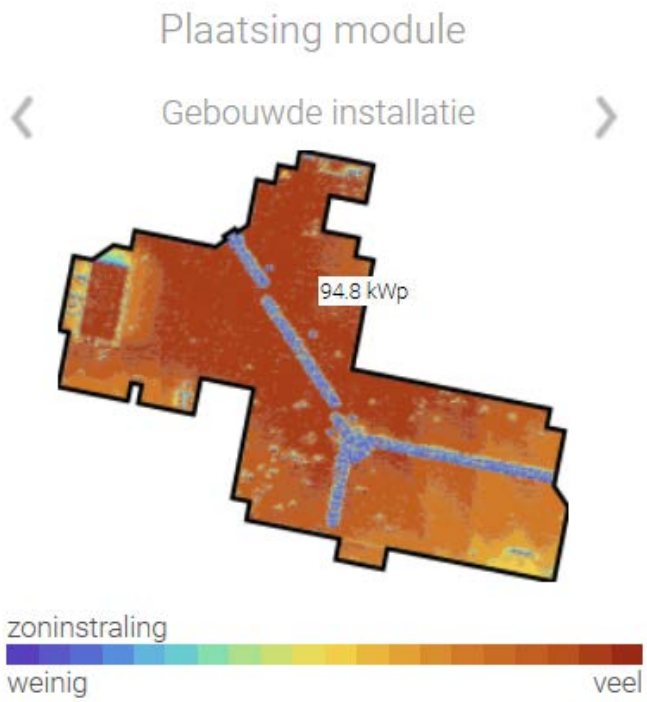
In *Figuur 2.10* wordt de warmtepotentie voor zonnecollectoren op daken weergegeven. Deze kaart is gebaseerd op de zonnekaart van MapGear, die rekening houdt met de dak-oriëntatie. Hierbij is inzichtelijk gemaakt welke daken geschikt zijn voor zonnecollectoren. Factoren die een dak 'minder geschikt' of 'niet geschikt' maken zijn:

- Teveel slagschaduw van bomen of hoge gebouwen
- Slagschaduw van installaties op het dak zoals ventilatiemotoren of lifthuizen
- Onderbrekingen in het dak door rookgaskanalen, dakramen et cetera
- Schuin dakvlak ligt niet op het westen, zuiden of oosten

Voor de warmtepotentie is aangenomen dat er vacuümbuizen op de daken geïnstalleerd kunnen worden. De hoeveelheid energie is berekend in GJ/m^2/jaar. Een dak van een gemiddelde bestaande woning wekt vaak meer dan zijn eigen warmtevraag op per jaar. De daadwerkelijke opwek is afhankelijk van veel factoren en kan per dak variëren van 20 tot 100 GJ/jaar. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat er gekeken moet worden of de warmte geleverd kan worden op het moment dat deze wordt opgewekt, tenzij de warmte opgeslagen wordt in een WKO. Vaak wordt namelijk de meeste warmte opgewekt in de zomer terwijl de grootste warmtevraag voor huishoudens juist in de winter ligt.

Figuur 2.10 Warmtepotentie zonnecollectoren op daken Leiden Merenwijk

Utiliteitsgebouwen met grote platte daken zijn bij uitstek geschikt voor zonne-energie (zie figuur 2.11*Figuur 2.11*) Winkelcentrum de Kopermolen zou op basis van een globale inschatting ruimte bieden aan 300 tot 350 zonnepanelen. Naast de mate van zoninstraling is voor het realiseren van een installatie ook het draagvermogen van het dak van belang, evenals kwaliteit en onderhoudsmoment van dakbedekking en valbeveiliging, eigendomsverhouding, bestemming van de functie die het gebouw heeft en de wijze waarop zonnestroom of zonnewarmte wordt gevoed aan een installatie of het net.



Figuur 2.11 Potentie Zonne-energie op dakvlak van winkelcentrum de Kopermolen (Bron: Zonatlas)

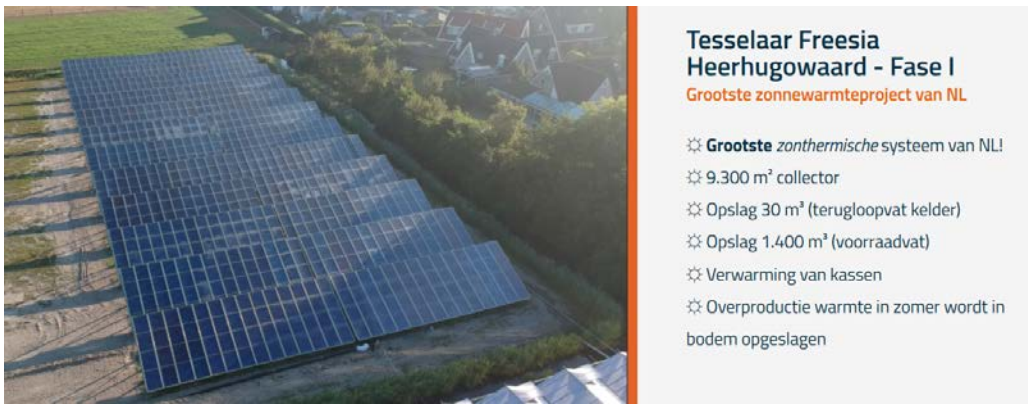
2.6.3 Kansrijke zonnewarmte opties voor Merenwijk

Om kansrijke opties te duiden maken we onderscheid tussen opties die invloed kunnen hebben op het buurt- of wijk energiesysteem en opties die nader onderzocht kunnen worden als optimalisatie ten opzichte van de huidige situatie.

Zonthermie voor een warmtenet

Het winnen van warmwater door middel van zonthermie op een groot dak van een utiliteitsgebouw biedt kansen om extra warmte toe te voegen aan een warmtenet die hoofdzakelijk gevoed wordt door één of meer andere warmtebronnen. Bij een project in Nieuwkoop is bijvoorbeeld het concept Schoterhoek 2 toegepast (zie **Error! Reference source not found.**). Hierbij wordt een warmtenet hoofdzakelijk gevoed door effluent warmte uit een afvalwaterzuiveringsinstallatie (AWZI). Daarnaast wordt het warmtenet ook gevoed door zonthermie in combinatie met WKO doubletten. Dit wordt ook wel een zonthermisch dak genoemd.

Een zonthermisch dak[6] is een onderdeel van een totale installatie. De opbrengst van een dak is afhankelijk van het functioneren van de klimaatinstallatie. Het functioneren is niet alleen afhankelijk van de plaats van het zonthermische dak in de configuratie, maar ook van de besturing van de onderdelen. De opbrengst per vierkante meter (m^2) zonthermisch dak is daarom afhankelijk van de locatie en het functioneren van de totale installatie.



Figuur 2.12 Voorbeeld van toepassing zonthermie en WKO : zonnewarmteproject in Heerhugowaard met bodemopslag voor seizoensbuffering. (https://expertisecentrumwarmte.nl/kennis/factsheets/techniekfactsheets+energiebronnen/zonnewarmte/default.aspx)

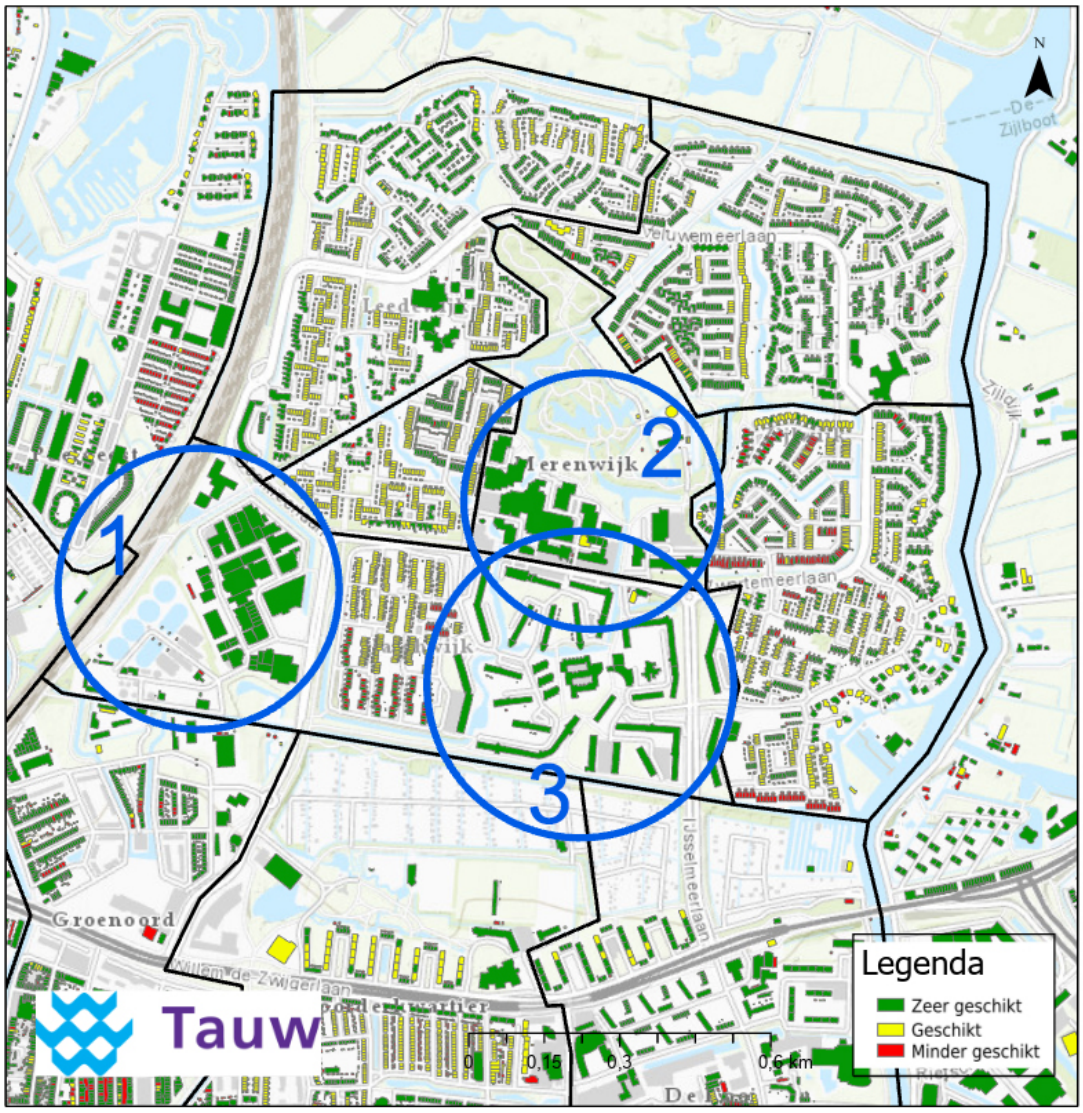
De locatie van de AWZI naast de bedrijven biedt mogelijkheden: het dak van de Gamma biedt bijvoorbeeld met 3500 m^2 bruto dakoppervlak veel opstelruimte. De mogelijke opbrengst is afhankelijk van het type zonnecollector dat wordt toegepast. De realisatie van zonthermie is afhankelijk van voldoende stevigheid van het dak en juridische en economische overeenstemming met de gebouweigenaar.

[6] Voor meer informatie over zonthermische daken, zie deze Link RVO brochure zonthermie

Zonne-energie voor buurtwarmtepompen
Indien een lokaal warmtenet met collectieve warmtepompen een kansrijke optie is, zal de hulp elektriciteit voor deze pompen bij voorkeur zo duurzaam mogelijk opgewekt worden. Zonnestroom van daken is hiervoor een optie. Zo kan een energie-coöperatie door het participeren in een windmolenproject hun aandeel in de elektriciteitsvraag voor het warmtenet verduurzamen. Als de elektriciteit ten behoeve van een warmtenet in de wijk zelf wordt opgewekt is biedt dit meerwaarde doordat er duurzame lokale bronnen worden gebruikt.

Resumerend
Voor zonne-energie winning die een substantiële bijdrage kan leveren aan een warmtesysteem in Merenwijk zijn drie grotere kansen aanwezig die in een vervolgfase nader onderzocht zouden kunnen worden (voor de locatie van de kansen, zie *Figuur 2.13*):

1. De winning van warmte door middel van zonthermie op utiliteitsgebouwen nabij de AWZI, ten behoeve van het voeden van warmte aan een warmtenet
2. De winning van elektriciteit door middel van zonnepanelen op winkels in Leedenwijk-zuid, bijvoorbeeld ten behoeve van collectieve warmtepompen
3. De winning van elektriciteit door middel van zonnepanelen en indien mogelijk, de winning van warmte door middel van zonthermie voor de collectieve installaties in flatgebouwen in Slaaghwijk



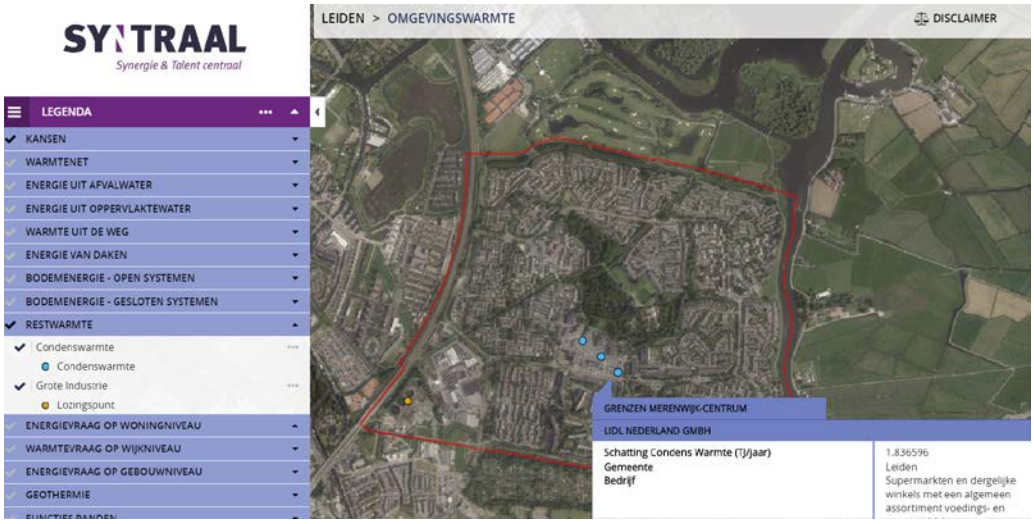
Figuur 2.13 Kansen zonne-energie Merenwijk

In vervolgstap 2 wordt verder bezien wat afwegingscriteria zijn die al dan niet aanleiding geven om deze opties nader te gaan onderzoeken.

Het benutten van individuele daken voor toepassing op collectief niveau is zowel praktisch als juridisch ingewikkeld. Doordat de eigendomsverhouding en het onderhoudsmoment van de daken veelal verschillen, is het vestigen van een opstalrecht en het realiseren van een ‘gebouw overstijgende’ installatie zeer complex. Het rendement op zonne-energie installaties is voor een individuele woning in de regel zeer gunstig voor bewoners, omdat de terugverdientijd gemiddeld onder de 10 jaar ligt. Op de meeste plekken zijn zonne-energie installaties rendabel voor zowel eigenaar-bewoners als huurders.

2.7 Restwarmte

In en nabij Leiden Merenwijk zijn er restwarmtebronnen aanwezig in de vorm van condenswarmte (Albert Heijn, Jumbo en Lidl) en een lozing door industrie (RWZI Leiden-Noord), zie figuur 2.14.



Figuur 2.14 Restwarmte locaties Leiden Merenwijk

Condenswarmte is een typische midden temperatuurbron (brontemperatuur 30-40 °C). De schatting van beschikbare condenswarmte varieert van ongeveer 1.800 tot 7.900 GJ/jaar/supermarkt. Overigens is deze warmte lastig beschikbaar te maken, omdat het veelal levensmiddelenkoeling betreft.

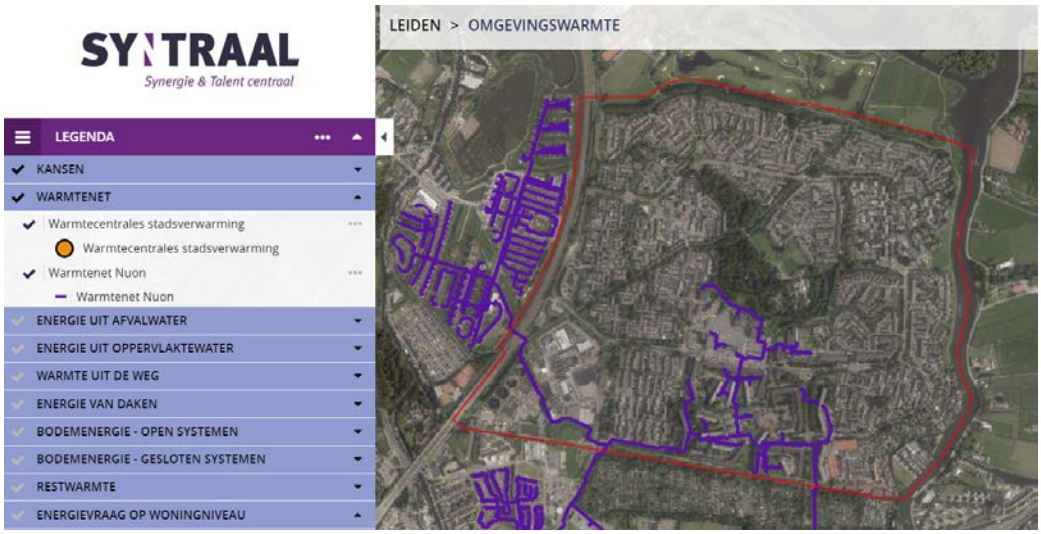
De bedrijven die water lozen op het riool of oppervlaktewater vormen ook een bron aan warmte. Deze bedrijven lozen water met een warmtepotentie van maximaal 30 °C. Dit is meestal de formele grens binnen een lozingsvergunning. De warmtepotentie van de RWZI Leiden-Noord lozingen zijn onbekend. Om de (economische) potentie te achterhalen dient er een gesprek te worden aangegaan met waterschap Rijnland.

2.7.1 Warmtenet Vattenfall Leiden Merenwijk

In *Figuur 2.15* is de locatie weergeven van het huidige warmtenet in beheer van Vattenfall (voorheen Nuon). De wijken Slaaghwijk en Merenwijk-Centrum zijn op dit moment aangesloten op een warmtenet. In tabel 2.5 staat nader beschreven hoeveel woningen zijn aangesloten op het warmtenet (peildatum 3 juni 2020).

Tabel 2.5: Aantal aangesloten woningen op het warmtenet in Merenwijk

Buurt	Totaal aantal woningen	Woningen aangesloten op het warmtenet (%)	Woningen aangesloten op het warmtenet (aantal)
Merenwijk-Centrum	790	66	521
Slaaghwijk	1775	35	621



Figuur 2.15 Locatie warmtenet Vattenfall Leiden Merenwijk

Het warmtenet wordt gevoed door de restwarmte van een STEG (een stoom en gascentrale). De STEG is gebouwd in 1986, en voorzien van nieuwe gasturbines in 2006 (Vattenfall, 2020).

Volgens een onderzoek van Tennet wordt deze STEG in 2024 uit bedrijf genomen in verband met de toename van groene elektriciteitsopwek zoals windparken (Tennet, 2017). Het is nog onduidelijk waarmee het warmtenet gevoed kan worden vanaf 2024; dit kan afvalverbrandingswarmte zijn, restwarmte van de industrie of aardwarmte (geothermie). Vooralsnog is uitgegaan van een hoge temperatuur bron als voeding voor dit warmtenet in verband met de concessie van Vattenfall op de levering van de stadswarmte. In Bijlage 2 is een samenvatting te vinden van het interview met Vattenfall dat in kader van deze studie is uitgevoerd.

Ook wordt er een uitbreiding van het warmtenet verwacht; wat deze uitbreiding precies inhoudt is vooralsnog onduidelijk en is dus niet uitgebreid meegenomen in deze studie. Indien het warmtenet wordt uitgebreid is in theorie levering aan geheel Leiden en dus ook Merenwijk mogelijk.

Mocht het warmtenet worden uitgebreid, dan zou dit naar verwachting pas op middellange termijn (8-15 jaar) beschikbaar komen. Het verder uitrollen van het warmtenet kan pas starten als de uitbreiding vanuit Rotterdam een feit wordt. Realistisch gezien kunnen nieuwe aansluitingen pas toevoegt worden vanaf circa 2028.

Naar verwachting zal het warmtenet (de fysieke leidingen) zijn einde levensduur bereiken in 2024. Als Vattenfall concessie heeft op stadswarmte levering na 2024, dan zal dit hoogstwaarschijnlijk hoge temperatuur warmte worden op 90/80 °C. Als dit niet het geval is dan is het interessant om de woningen geschikt te maken voor een verlaging van het temperatuurregime (naar bijvoorbeeld 70 °C). Naast dat hoge temperatuur bronnen vaak niet oneindig zijn (geothermie, biomassa en afval raken uiteindelijk op), zijn er nog andere voordelen voor verlaging van de temperatuur:

- Minder warmteverlies over het net
- Hogere efficiëntie over het gehele systeem
- Lagere CO_2 uitstoot
- Positieve gevolgen voor de levensduur van het warmtenet

3 Warmte- en koudevraag

Leiden Merenwijk bestaat uit 6087 woningen, zie figuur 3.1 voor de locatie van de woningen per bouwjaarcategorie.

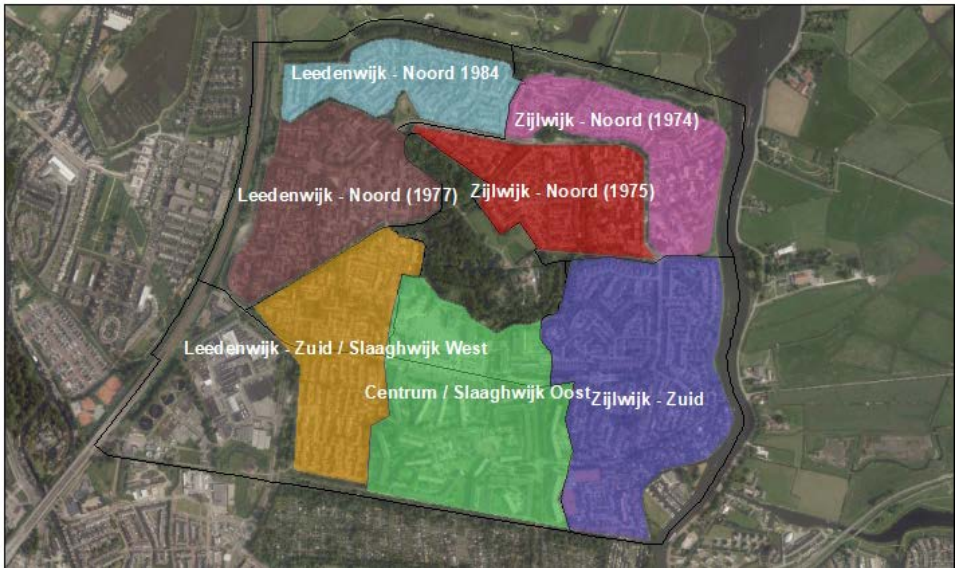
Figuur 3.1 Locatie woningen per bouwjaarcategorie, Leiden Merenwijk

3.1 Warmtevraag

Uit eerder onderzoek van Duurzame Energie Merenwijk is gebleken dat het gemiddelde gasverbruik van een grondgebonden woning 1330 m^3 aardgas per jaar is (gegevens van 2018). Voor een gemiddelde meergezinswoning is aan de hand van CBS data (2018) [7] een aanname gedaan van 850 m^3 aardgas per jaar. Deze 'benchmark' data wordt ook gebruikt in het Vesta MAIS-model; een ruimtelijk energiemodel voor de gebouwde omgeving, opgezet in opdracht van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

Aan de hand van verschillende factoren zijn woningen geclusterd, waarvan het resultaat is weergeven in figuur 3.2*Figuur 3.2*. De 7 clusters zijn gebaseerd op de volgende factoren:

- Bouwjaar
- Energielabel voor zover bekend
- Type woningen (grondgebonden of meergezins)
- Concentratie van woningen
- Ruimtelijke restricties zoals wegen
- Wel of niet aangesloten aan warmtenet Vattenfall
- Minimaal 450 woningen voor een economisch aantrekkelijk cluster



Figuur 3.2: Clusters woningen Leiden Merenwijk

Aan de hand van bovengenoemde gemiddelde warmtevraag is de totale warmtevraag per cluster bepaald en uitgedrukt in aardgasverbruik in m^3/jaar en warmtevraag in GJ/jaar (zie *Tabel 3.1*). Voor de omrekenfactor van m3 naar GJ is 35,17 gehanteerd; het aantal m3 dient vermenigvuldigd te worden met 35,17 en daarna gedeeld te worden door 1.000, wat dan het aantal GJ's oplevert.

[7] Excelbestand gemiddelde aardgas- en elektriciteitslevering CBS 2018

Bij deze omrekenfactor zijn we uitgegaan van een CV ketelrendement van 90 %, wat gebruikelijk is voor gasketels. 90% van 35,17 komt overeen met 31,65. Dit getal is de gehanteerde standaard conversiefactor is om de energie inhoud van 1 m3 gas om te rekenen naar gigajoules.

Rekenvoorbeeld: voor warmtelevering in een woning is jaarlijks 1550 m3 aardgas nodig. Hoeveel gigajoule (GJ) warmte is hiermee vergelijkbaar?
(1550 x 35,7) / 1000 = 55 GJ warmte vraag.

Daarnaast is het gevraagde vermogen van elk cluster bepaald. Voor een typische woning gebouwd tussen 1970 en 1985 kan 90 W/m^2 als vuistregel voor de vermogensvraag voor ruimteverwarming gebruikt worden. Voor het tapwater is uitgegaan van een gemiddelde boilerinhoud van 100 L met een acceptabele opwarmtijd van 3 uur. Voor een gemiddelde woning is de vermogensvraag dan 10 (ruimteverwarming) + 2 (tapwater) = 12 kW. Dit vermogen is dus de hoeveelheid energie die voor verwarming en warm water nodig is. Afhankelijk van het aantal uren dat dit vermogen geleverd moet worden, kan uiteindelijk het aantal kWh worden bepaald door het vermogen (kW) te vermenigvuldigen met het aantal uren (h).

Tabel 3.1 Warmte- en vermogensvraag per cluster

Cluster	% van totale woningbouw	% grondgebonden; meergezins	Aardgasverbruik m^3/jaar	Warmtevraag GJ/jaar	Vermogen huidige situatie (kW)
Leedenwijk - Noord 1984	7,5	100; 0	609.000	21.400	4.620
Zijlwijk - Noord 1974	8,0	100; 0	654.000	23.000	4.960
Zijlwijk - Noord 1975	9,5	88; 12	734.000	25.800	5.820
Leedenwijk - Noord 1977	11,0	84; 16	848.000	29.800	6.830
Leedenwijk - Zuid / Slaaghwijk West	11,5	100; 0	926.000	32.600	7.030
Centrum / Slaaghwijk Oost	36,5	1; 99	1.898.000	66.800	22.370
Zijlwijk - Zuid	16,0	100; 0	1.292.000	45.400	9.810
Totaal	**100,0**	**80; 20**	**6.961.000**	**244.800**	**61.440**

De waarden in *Tabel 3.1* zijn gecorrigeerd met een gelijktijdigheidsfactor van 0,85. Een dergelijke factor wordt gehanteerd wanneer verwacht wordt dat het vermogen voor ruimteverwarming en tapwater niet op hetzelfde moment gevraagd zal worden. De totale vermogensvraag van de wijk is ongeveer 61,4 MW.

3.2 Energiebesparingspotentieel

Gemiddeld gezien hebben de woningen energielabel C of D. De meeste woningen zijn gebouwd in de jaren 70 en 80 en hebben een traditioneel verwarmingssysteem (gasketel en radiatoren) op aardgas, vaak is de aanvoertemperatuur dan ongeveer 80 °C. Een dergelijke woning is direct geschikt voor een hoge temperatuur warmtenet op 90-80 °C. Om een woning geschikt te maken voor een midden-temperatuur warmtenet op 70 °C is het vaak al voldoende om radiatoren neer te zetten met een groot oppervlak. Label C/D is dan vaak al voldoende zonder extra isolatiemaatregelen. Voor een lage-temperatuur warmtenet op 55-45 °C dient er meer te gebeuren. Allereerst is isoleren naar label B vaak een vereiste; dit houdt in goede dak-, vloer-, en spouwmuurisolatie en HR(++) glas. Ten tweede moet het afgiftesysteem worden vervangen / aangevuld worden met convectoren / ventilatoren, of er dient vloerverwarming aangelegd te worden. Het voordeel van vloerverwarming is dat de aanvoertemperatuur nog verder verlaagd zou kunnen worden richting 40-35 °C, en dat er vloerkoeling kan plaatsvinden. Het nadeel is dat vloerverwarming relatief duur en ingrijpend is. Daarom wordt in deze studie de aanleg van vloerverwarming buiten beschouwing gelaten.

Na onderzoek van Duurzame Energie Merenwijk is een inschatting gemaakt dat een gemiddelde energiebesparing van 30% over de jaarlijkse warmtevraag te behalen valt na isolatiemaatregelen, wanneer een woning geschikt gemaakt zal worden voor lage temperatuur (55-45 °C). Als we uit gaan van een gemiddelde labelsprong van D naar B dan komt dit overeen met de berekeningen van het RVO (Agentschap NL, 2011). Voor midden temperatuur zijn er waarschijnlijk weinig tot geen isolatiemaatregelen benodigd, maar Duurzame Energie Merenwijk heeft wel de ambitie om te isoleren. Uitgaande van gemiddeld één energielabel sprong (D naar C of E naar D) zal de energiebesparing ongeveer 20-25 % bedragen. Omdat niet alle woningen geïsoleerd dienen te worden (bijvoorbeeld woningen die al label B of hoger hebben) is een besparing van 20% aangenomen in deze studie.

De besparing op het (piek)vermogen zal behaald worden op de ruimteverwarming; voor lage temperatuur is dit ongeveer 25% zijn en voor midden temperatuur ongeveer 17 %.

3.3 Koudevraag

Voor de woningen is er op dit moment geen koudevraag bekend. Waarschijnlijk zijn er wat woningen die een airco hebben, maar een koudevraag die geleverd kan worden door vloerverwarming is nu nog niet aanwezig.

Het bepalen van de koudevraag is voornamelijk belangrijk als een WKO onderdeel is van het toekomstig systeem. Een WKO kan namelijk goed aangevuld worden met de koudevraag, wat als gevolg heeft dat er minder warmte nodig is om de WKO te voeden. Daarom dient in vervolgonderzoek de vraag naar koude onderzocht te worden in zowel de woningen als de utiliteitsgebouwen. Let wel, voor koeling middels WKO dient er vloerverwarming aangelegd te worden.

4 Systeem en energiematch

Aan de hand van bovengenoemde bronnen en hun beschikbaar vermogen is een eerste energiematch gemaakt tussen de warmte- vraag en het aanbod, weergeven in *Tabel 4.1*. Uit deze tabel komt naar voren dat vooral oppervlaktewater ('t Joppe en De Zijl) en afvalwater (RWZI Leiden-Noord) interessant zijn. De redenen hiervoor zijn dat (1) deze bronnen een relatief hoog beschikbaar bronvermogen hebben, en (2) deze bronnen zijn op collectieve schaal het meest makkelijk te realiseren.

De bronnen zijn gekoppeld aan de clusters die er het meest dichtbij liggen en over voldoende vermogen beschikken ten opzicht van wat het cluster nodig heeft. Voor het Centrum / Slaaghwijk Oost is vooralsnog uitgegaan van stadswarmte geleverd door Vattenfall vanwege de aanname dat er sprake is van concessie. Als dit niet het geval zal zijn in de toekomst, en er een nieuw warmtenet aangelegd zou kunnen worden, dan kan een midden- tot lage temperatuur net interessant zijn, welke gevoed kan worden door 't Joppe in combinatie met WKO. Helaas zijn er nog veel onzekerheden over de plannen van Vattenfall en in hoeverre hiervan afgeweken kan worden.

Tabel 4.1 Toekomstig bronvermogen per cluster voor een LT of MT warmtenet, en bijbehorende warmtebron

Cluster	Bronvermogen LT (kW)	Bronvermogen MT (kW)	Suggestie bron (allen met WKO)
Leedenwijk - Noord 1984	2.430	2.960	RWZI Leiden-Noord
Zijlwijk - Noord 1974	2.600	3.170	t Joppe
Zijlwijk - Noord 1975	3.060	3.710	t Joppe
Leedenwijk - Noord 1977	3.590	4.360	RWZI Leiden-Noord
Leedenwijk - Zuid / Slaaghwijk West	3.700	4.500	RWZI Leiden-Noord
Centrum / Slaaghwijk Oost	11.750	14.290	Vattenfall
Zijlwijk - Zuid	5.160	6.270	De Zijl
Totaal	**32.290**	**39.260**	-

Voor het MT systeem is het uitgangspunt aanvoertemperatuur 70 °C, retourtemperatuur 40 °C, waarbij het warmtenet het cluster voorziet van warmte voor ruimteverwarming als tapwater. Voor het LT systeem is het uitgangspunt aanvoertemperatuur 55 °C, retourtemperatuur 35 °C, waarbij het warmtenet het cluster voorziet van warmte voor ruimteverwarming, het tapwater wordt verder op temperatuur gebracht (van 55 naar 65 °C) middels een individuele tapwaterbooster in de woning.

Voor een LT- en MT net is hierbij uitgegaan van een COP van 4 en 3, respectievelijk. De COP (coëfficiënt of performance) is het rendement van een warmtepomp: dit is de verhouding nuttige warmte en opgenomen energie. De COP van de warmtepomp is onder andere afhankelijk van het type warmtepomp, de bron- en afzettemperatuur en het type transportmedium. Een COP van 4 houdt in dat van de 4 eenheden geleverde warmte, 1 eenheid elektrisch is en 3 eenheden uit de bron afkomstig zijn.

Voor het warmteverlies over een LT- en MT net is hierbij uitgegaan van 5 en 15 %, respectievelijk. De COP is bepaald aan de hand van de directe input en output van de warmtepomp; boilerverliezen en verliezen over de warmtewisselaars zijn hierin niet meegenomen.

Er is voldoende warmte aanwezig in het afval- en oppervlaktewater om de wijk in combinatie met WKO te verwarmen. Een eventuele koudevraag kan in de optimalisatie van het toekomstig systeem verder onderzocht worden om het WKO systeem te verkleinen.

4.1 Locatie warmtestations

In figuur 4.1 zijn grofweg de (hoofd)warmtestations van de drie gekozen bronnen weergeven aan de hand van een logische locatie om de hoofd opwek te plaatsen. De leidingen van het station naar de bron (’t Joppe, De Zijl of de RWZI, allen in combinatie met WKO) zijn ook ingetekend. Vanaf het warmtestation kan het warmtenet naar de woningen gelegd worden.

Figuur 4.1: (Hoofd)warmtestation per bron en leiding van bron (TEA of TEO met WKO) naar dit station

4.2 Mogelijke scenario's

De meest gangbare systemen zijn aan het begin van dit hoofdstuk beschreven; het direct aanleggen van een MT of LT net. Daarnaast zijn er nog andere scenario's mogelijk.

Een warmtenet heeft vaak een langere levensduur (rond 40 jaar) dan vaak wordt aangenomen als exploitatieperiode (30 jaar). En warmtenet met lagere temperatuur warmte gaat vaak langer mee dan een warmtenet met hogere temperatuur; hoeveel dit verschil in levensduur precies is, is momenteel nog onbekend.

4.2.1 MT of LT warmtenet

Een collectief MT (70/40 °C) of LT (55/35 °C, of 40/30 °C bij aanwezigheid van vloerverwarming) systeem hebben allebei zo hun voor- en nadelen. Indien er de mogelijkheid bestaat om een LT systeem aan te leggen, verdient deze altijd de voorkeur boven MT net in verband met energie-efficiëntie en duurzaamheid (lagere CO_2 uitstoot). Dit is het geval bij nieuwbouw, of jong bestaande bouw (gebouwd na 2000). Vaak is de bestaande woningbouw gebouwd vóór 2000. In dat geval gaat het om de afweging die je wilt maken; liever nu een grote investering doen voor LT (naast de aanleg van het warmtenet en het opwekstation ook bestaande woningbouw isoleren tot ongeveer label B) en deze terug te verdienen in de relatief lage exploitatiekosten, of vooraf een lagere investering doen voor MT, en hogere exploitatiekosten accepteren. Deze 2 opties worden in het volgende hoofdstuk financieel ook uitgewerkt, wat meer inzicht geeft in deze trade-off.

4.2.2 HT, MT en LT warmte trapsgewijs afbouwen

Allereerst is er de mogelijkheid om een HT ringleiding (80-90 °C) om de wijk te leggen (6087 woningen), en dan af te bouwen naar MT (70 °C) en LT (55/35 °C, of 40/30 °C) waar mogelijk.

Het voordeel van een ringleiding is dat aan beide kanten hetzelfde vermogen geleverd kan worden. Dus als er een storing optreedt kan vanuit de andere richting geleverd worden. Daarnaast kan er een relatief kleine leiding (kleine diameter) met veel vermogen worden gelegd. Nadelen zijn dat het een relatief dikke leiding is (veel materiaal) en er relatief meer warmteverlies is dan bij een 'normaal' distributienetwerk met een aanvoer en retourleiding.

In het geval van Leiden Merenwijk is een distributienetwerk met losse strengen gunstiger/goedkoper. Hierbij wordt het netwerk steeds kleiner naarmate de temperatuur afneemt. Maar in deze situatie is er ook een belangrijk aandachtspunt. Het gevaar bij het gebruiken van de retourleiding van een MT net is dat de retour al 40 °C is, en dat dit erg krap is om als aanvoer voor een LT-net te gebruiken om de woning goed warm te krijgen (hier heb je hoe dan ook vloerverwarming voor nodig).
Het is waarschijnlijk robuuster en bedrijfszekerder om warmteoverdrachtstations neer te zetten die de aanvoerleiding van het HT net gebruiken in plaats van de retour, ook al is het net zelf wat duurder.

In beide gevallen is er een aanvoertemperatuur van 90 °C nodig. Deze is te hoog om te realiseren met een acceptabel warmtepomprendement, tenzij er een goede restwarmtebron van hoge temperatuur beschikbaar is. Wel kan een deel van de benodigde warmte (bijvoorbeeld van 35 tot 70°C) door de warmtepomp worden geleverd, maar een andere warmtebron (gas of biomassa) is noodzakelijk. Bij de variant, waarbij de aanvoer van het HT-net wordt gebruikt is het theoretisch mogelijk om als later alles MT geschikt is, het net in temperatuur te verlagen, hetgeen met een retour wordt aanvoer van een net met lagere aanvoertemperatuur in de praktijk minder gemakkelijk zal gaan.

Verder is uit de analyse van de warmtevraag en het aanbod gebleken dat eigenlijk alle clusters op Centrum / Slaaghwijk Oost na, op hetzelfde temperatuurregime aangesloten kunnen worden.

4.2.3 Eerst MT dan gefaseerd naar LT

Een andere mogelijkheid is eerst een MT net aanleggen, en dan gefaseerd de woningen per cluster isoleren (naar label B) en deze geschikt te maken voor LT verwarming. Vervolgens kan na isolatie de aanvoertemperatuur van het MT net (70 °C) teruggebracht worden naar LT (55 tot 40 °C afhankelijk van het gekozen afgiftesysteem in de woning). De voordelen van dit scenario ten opzichte van direct een LT net aanleggen:

- Er is meer tijd om de woningen te isoleren
- Kosten om te isoleren kunnen over de tijd gespreid worden

Belangrijk aandachtspunt hierbij is dat een net op 70/40 °C een delta T heeft van 30 graden, terwijl het toekomstig net een delta T kan hebben van 10 graden (40/30). Dit betekent dat in dat geval het MT net driemaal zo veel capaciteit kan leveren dan het LT net bij gelijke snelheid/drukval. Het 70/40 °C net, zoals deze gedimensioneerd is kan alleen gebruikt worden voor een 40/30 °C net als de warmtevraag ook driemaal zo laag zal zijn na isolatie en (deels) ontkoppeling tapwater. Waarschijnlijk zal het 70/40 °C net op voorhand over gedimensioneerd moeten worden (grotere diameters dan nodig is voor 70/40). Als dit gebeurt hoeft de warmtevraag namelijk minder te dalen in verhouding. Daarnaast kan een lagere temperatuur net niet direct aan de tapwatervraag voldoen, dus zal op voorhand nagedacht moeten worden over een extra voorziening. Deze factoren maken het midden temperatuur net in eerste instantie duurder, dan wanneer deze ‘gewoon’ in gebruik wordt genomen, en zorgt initieel ook voor hoger warmteverlies (door een grotere diameter). Het is waarschijnlijk wel mogelijk om een 70/40 net op termijn af te bouwen naar een 55/35 net. Het maximaal te leveren vermogen neemt dan af met 33 %, hetgeen redelijk in lijn ligt met de verwachtte besparing door isolatie. Ook bij deze oplossing moet een alternatief bedacht worden voor tapwatervoorziening in verband met mogelijke kans op de legionellabacterie. Wel kan deze aanvoertemperatuur een belangrijk deel van de tapwatervraag afdekken.

5 Kosten

In *Tabel 5.1* is een globale kostenraming weergeven voor de drie systemen bij de aanleg van een LT systeem en in *Tabel 5.2* dezelfde situatie bij de aanleg van een MT systeem. Hierbij worden ongeveer 1830 woningen bedient met de RWZI, ongeveer 1070 woningen met ’t Joppe en ongeveer 970 woningen met de Zijl. In deze situatie vallen ongeveer 2210 woningen onder het warmtenet van Vattenfall.
Voor de isolatie maatregelen van de laag-temperatuur systemen is per woning gemiddeld een bedrag van € 3125 opgenomen.

Tabel 5.1: Globale investeringskosten drie LT systemen Leiden Merenwijk

Onderdelen	RWZI met WKO	t Joppe met WKO	De Zijl met WKO
Isolatie maatregelen	€ 5.720.000	€ 3.338.000	€ 3.036.000
Platenwisselaars	€ 1.092.000	€ 686.000	€ 636.000
Filtersystemen	€ 45.000	€ 45.000	€ 45.000
Circulatiepompen	€ -	€ 18.000	€ 18.000
WKO systemen	€ 1.868.000	€ 1.101.000	€ 1.043.000
Centrale warmtepompen	€ 1.400.000	€ 820.000	€ 750.000
Individuele boosterwarmtepompen	€ 7.322.000	€ 4.273.000	€ 3.886.000
Leidingen warmtenet	€ 9.335.000	€ 5.449.000	€ 4.955.000
Afleverset	€ 2.746.000	€ 1.603.000	€ 1.457.000
Aanpassing afgiftesysteem in woning	€ 10.983.000	€ 6.410.000	€ 5.830.000
Totaal	**€ 40.511.000**	**€ 23.743.000**	**€ 21.656.000**

Onderdelen	RWZI met WKO	t Joppe met WKO	De Zijl met WKO
Kosten per woning	**€ 22.100**	**€ 22.200**	**€ 22.300**

Tabel 5.2: Globale investeringskosten drie MT systemen Leiden Merenwijk

Onderdelen	RWZI met WKO	t Joppe met WKO	De Zijl met WKO
Isolatie maatregelen	€ -	€ -	€ -
Platenwisselaars	€ 1.302.000	€ 808.000	€ 747.000
Filtersystemen	€ 45.000	€ 45.000	€ 45.000
Circulatiepompen	€ -	€ 18.000	€ 18.000
WKO systemen	€ 2.259.000	€ 1.391.000	€ 1.171.000
Centrale warmtepompen	€ 2.718.000	€ 1.588.000	€ 1.448.000
Individuele boosterwarmtepompen	€ -	€ -	€ -
Leidingen warmtenet	€ 9.885.000	€ 5.769.000	€ 5.247.000
Afleverset	€ 2.746.000	€ 1.603.000	€ 1.457.000
Aanpassing afgiftesysteem in woning	€ 3.661.000	€ 2.137.000	€ 1.943.000
Totaal	**€ 22.616.000**	**€ 13.359.000**	**€ 12.076.000**
Kosten per woning	**€ 12.400**	**€ 12.500**	**€ 12.400**

6 Aardgasvrij alternatieven volgend uit de Startanalyse

6.1 Inleiding

De Startanalyse is een voorzet van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) aan gemeenten om de meest voorkomende opties voor aardgasvrij per gemeente, wijk en buurt in kaart te brengen. Het doel van de Startanalyse is om te dienen als startpunt voor gemeenten om inzicht te krijgen in de strategieën om zonder aardgas te verwarmen. Mits kosten van sommige energiesystem niet inzichtelijk zijn gemaakt in deze bronnenstudie, dan geeft de Startanalyse een indicatie over die kosten. De Startanalyse is gebaseerd op een veelheid aan open-data bronnen die zodanig gecombineerd zijn dat per gebied op basis van warmtebron-gegevens en gebouw-gegevens in totaal 11 opties[8] zijn geanalyseerd. De theoretische toepassing van de opties wordt vertaald in het begrip “nationale kosten uitgedrukt in €/ ton CO_2 reductie”. Deze kosten zeggen niets over de investeringen op het niveau van infrastructuur of woning separaat, maar zetten de totale kosten die er gemaakt worden af tegen de duurzaamheidswinst.

[8] Rond de zomer 2020 wordt een uitgebreidere versie met een aangepaste/ geactualiseerde set opties beschikbaar.

De Startanalyse werkt met landelijk gemiddelde waarden in combinatie met locatie specifieke gegevens. Zo zijn bijvoorbeeld nationale kentallen gebruikt voor het schatten van de warmtevraag van een specifiek woningtype met een bepaald bouwjaar. Ook voor de kosten voor een nieuw warmtenet of warmtepomp worden nationale kentallen gebruikt. Hierbij geldt dat de getallen voor heel Nederland gecorrigeerd worden voor gemiddelde temperatuurverschillen. Locatie-specifieke kentallen zijn gebruikt voor de eigenschappen van woningen en gebouwen in de buurt (zoals bouwjaar, vloeroppervlakte, type woning/gebouw). Daarnaast zijn er ook locatie-specifieke kentallen gebruikt voor de beschikbaarheid van collectieve warmtebronnen zoals kansen voor aardwarmte, warmtekoudeopslag en restwarmtepotentie.

De startanalyse kent vijf hoofdstrategieën, wat deze strategieën inhouden staat beschreven in navolgend tekst kader. Een uitgebreide toelichting van de startanalyse is te vinden op de website van PBL via deze Link[9].

Aquathermie zit op dit moment nog niet volledig in de startanalyse en komt hier daarom niet als oplossing naar voren in Merenwijk. In de volgende update van de startanalyse wordt dit wel meegenomen. Daarom is aquathermie apart in deze studie in kaart gebracht, zie hoofdstuk 0 en hoofdstuk 2.4.

Strategieën toelichting (1/2)
1. Individuele all-electric oplossingen
1A Luchtwarmtepomp In strategie 1A krijgt elke woning of gebouw een individuele elektrische lucht-water warmtepomp. Dit typewarmtepomp heeft een buitenunit op of nabij de woning of het gebouw die buitenlucht naar de warmtepomp toevoert. De warmtepomp waardeert de warmte in de lucht op voor ruimteverwarming en warmtapwater, met relatief weinig elektriciteit.
1B | Bodemwarmtepomp In strategie 1B krijgt elke woning of gebouw een individuele elektrische water-water warmtepomp. Dit typewarmtepomp wordt gevoed met warmte uit water van een bodemcollector onder of naast de woning. De warmtepomp waardeert de warmte in dit water op voor ruimteverwarming en warmtapwater, met relatief weinig elektriciteit.
2. Warmtenet met midden-tot hoge temperatuurbron
2A MT Restwarmte In variant 2A maken buurten gebruik van een nabijgelegen bestaande (of geplande) midden- en hoge temperatuur warmtebron, bijvoorbeeld industriële restwarmte.
2B MT Geothermie Strategie 2B en 2C gaan beide over een warmtenet met een nieuw te realiseren midden temperatuurwarmtebron van een geothermie-installatie. Variant 2B baseert de berekeningen op een

[9] https://www.pbl.nl/publicaties/achtergrondrapport-bij-de-startanalyse-aardgasvrije-buurten

kansenkaart voorgeothermie waarbij buurten in minder kansrijke gebieden transportkosten maken om vanuit kansrijke gebieden warmte te halen.
3 Warmtenet met lage temperatuur bron
3A LT warmtebron, levering 30°C In variant 3A krijgen de woningen en gebouwen de LT-warmte (30°C) uit een (industriële) restwarmtebron via een LT-warmtenet. Een individuele combiwarmtepomp per utiliteitsgebouw of woning waardeert deze LT-warmte op naar de juiste niveaus voor ruimteverwarming (50°C) en warmtapwater.
3B LT warmtebron, levering 70°C In variant 3B zorgen een collectieve warmtepomp en een seizoen buffer ervoor dat lage-temperatuurwarmte uit een restwarmtebron (bijvoorbeeld van een bedrijf of zwembad) extra wordt verwarmd naar 70°C. Woningen en gebouwen krijgen deze warmte via een nieuw te ontwikkelen MT-warmtenet en kunnen deze direct toepassen voor ruimteverwarming en warmtapwater. Hierbij zijn overigens geen LT-radiatoren nodig.
3C LT warmtebron, levering 50°C In variant 3C zorgt een collectieve warmtepomp (met seizoen buffer) ervoor dat lage temperatuurwarmte uiteen restwarmtebron (bijvoorbeeld van een bedrijf of zwembad extra wordt verwarmd naar 50°C. Woningen en gebouwen krijgen deze warmte via een nieuw te ontwikkelen MT-warmtenet. Voor ruimte verwarming moeten LT-radiatoren bestaande radiatoren vervangen. Een boosterwarmtepomp brengt water op temperatuur voor warmtapwater.

Strategieën toelichting (2/2)

3 Warmtenet met lage temperatuur bron
3D WKO, levering 50°C In strategie 3D zorgt een collectieve warmtepomp ervoor dat lage temperatuurwarmte uit een collectieve warmtekoudeopslag (WKO) in temperatuurniveau wordt verhoogd naar 50°C. Woningen en gebouwenkrijgen deze warmte via een nieuw te ontwikkelen MT-warmtenet. Voor ruimteverwarming moeten LT-radiatoren bestaande radiatoren vervangen. Een boosterwarmtepomp brengt water op temperatuur voor warm tapwater. Een collectieve droge koeler (een warmtewisselaar) zorgt er ’s zomers voor dat de WKO wordt geregenereerd met warmte uit de buitenlucht.
3E TEO+WKO, levering 70°C In variant 3^E waardeert een collectieve warmtepomp de lage temperatuurwarmte uit een warmtekoudeopslag (WKO) op naar MT-niveau (70°C). Een nieuw te ontwikkelen warmtenet levert deze warmte bij woningen en gebouwen af. Bij deze temperatuur kunnen veel bestaande radiatoren in gebruik blijven en kan direct warmtapwater worden geleverd. ’s Zomers wordt de WKO geregenereerd met omgevingswarmte uit oppervlaktewater.
4 Hernieuwbaar gas met hybride warmtepomp

In strategie 4 wordt een HR-combiketel toegepast op groengas in combinatie met een (kleine) elektrische lucht-water warmtepomp. Het grootste deel van de warmte wordt ingevuld door de warmtepomp. Op koude dagen, waarop de warmtepomp onvoldoende vermogen kan leveren, springt de HR-combiketel bij.
5 Groengas met Hoge Rendement ketel In deze strategie worden groengas gestookte combiketels toegepast. Ruimteverwarming en warm tapwater worden beide geproduceerd met de HR-ketel. De aanvoertemperatuur voor ruimteverwarming ligt op 50°C. Daarom moeten bestaande radiatoren vervangen worden door LT-radiatoren.

6.2 Resultaten Startanalyse Merenwijk per buurt

6.2.1 CO_2 reductie kosten per strategie

Voor de zes buurten van Merenwijk is in tabel 6.1 weergegeven hoe de vijf strategieën in de zes buurten van Merenwijk zijn uitgewerkt naar kosten/CO_2 reductie volgens de Startanalyse van PBL[10]. In de tabel zijn de zes buurten links weergegeven. Per strategie is aangegeven welke variant hier voorkeur heeft in de blauwe letters[11]. Nationale kosten zijn de totale kosten van alle maatregelen om ergens een strategie uit te voeren, ongeacht wie betaalt. Deze prijzen zijn inclusief de baten van energiebesparing en exclusief belastingen, heffingen en subsidies. Sommige nationale kosten zij niet ingevuld, omdat het niet mogelijk is om de desbetreffende strategie toe te passen op de buurt. In *Tabel 6.1* is voor elke buurt de strategie met de laagste nationale kosten gearceerd. Het algemene beeld dat naar voren komt uit de tabel is dat de warmtenet-strategie met MT/HT bron voor de meeste buurten als variant met de laagste nationale kosten wordt aangemerkt. In bijlage 1 staan de uitgebreide resultaten van de startanalyse per buurt.

[10] Voor onderbouwing en betrouwbaarheid ligt de verantwoording bij PBL en Expertise Centrum Warmte.
[11] De voorkeur is een resultaat uit de Startanalyse.

Tabel 6.1 Resultaten Startanalyse Merenwijk

Strategie	**Individuele elektrische warmtepomp**	**Warmtenet met midden- tot hogetemperatuurbron**	**Warmtenet met lagetemperatuurbron**	**Hernieuwbaar gas met hybride warmtepomp**	**Hernieuwbaar gas met hr-ketel**
Variant			3e		
Buurt	Nationale kosten €/ton CO2-reductie	Nationale kosten[3] €/ton CO2-reductie	Nationale kosten €/ton CO2-reductie	Nationale kosten €/ton CO2-reductie	Nationale kosten €/ton CO2-reductie
Leedewijk-Noord (1137 won)	414	**349**	401	382	381
Varianten in de strategie:	1a	2a	3e	4a	5a
Leedewijk-Zuid (355 won.)	386	**279**		361	384
Varianten in de strategie:	1a	**2b**	Nvt [2]	4a	5a
Zijkwijk-Noord (1064 won)	427	**391**		**376 [1]**	384[1]
Varianten in de strategie:	1a	**2b**	Nvt[2]	**4a**	5a
Zijkwijk-Zuid (974 won)	400	**346**		377	389
Varianten in de strategie:	1a	**2b**	nvt[2]	4A	5a
Merenwijk-Centrum (790 won)	252	**230**	237	235	**224 [1]**
Varianten in de strategie:	1a	**2b**	3d	4a	**5a**
Slaaghwijk (1775)	314	**238**	302	292	287
Varianten in de strategie:	1a	**2a**	3d	4a	5a

[1] Alleen toepassen als andere strategieën niet beschikbaar zijn of te duur zijn

[2] Aquathermie zit nu nog niet volledig in de startanalyse en komt daarom niet als oplossing naar voren in Merenwijk. In de volgende update van de startanalyse wordt dit wel meegenomen. Daarom is aquathermie apart in deze studie in kaart gebracht, zie hoofdstuk 2.2 en hoofdstuk 2.3.

[3] Nationale kosten bestaat o.a. uit kapitaallasten, energie inkoop en onderhoud en bediening. Onderbouwing is te vinden onder deze Link van de pbl website.

6.2.2 Nadere toelichting per buurt

Leedewijk-Noord
Een warmtenet met midden- tot hoge temperatuurbron is bij Leedewijk-Noord de strategie met de laagste nationale kosten volgens de Startanalyse. Voor deze wijk wordt specifiek bedoeld een midden temperatuur of hoge temperatuur warmtenet met *industriële restwarmte*. Voor deze wijk is namelijk een restwarmte bron bekend van de firma 'Air Liquide Nederland BV'.

Leedewijk-Zuid
Een warmtenet met midden- tot hoge temperatuurbron is bij Leedewijk-Zuid de strategie met de laagste nationale kosten volgens de Startanalyse. In deze wijk wordt een midden temperatuur of hoge temperatuur warmtenet met *geothermie* bedoeld. Bij deze strategie wordt gekeken naar de kansenkaart van geothermie. Mits de buurt minder kansrijk is voor geothermie wordt ook gekeken naar het transporteren van warmte van een kansrijk gebied. Hiervoor worden ook transportkosten berekend in de nationale kosten.

Zijlwijk-Noord
Hernieuwbaar gas met een hybride warmtepomp of HR ketel is in Zijlwijk-Noord de strategie met de laagste nationale kosten. Omdat groengas in de komende jaren beperkt beschikbaar zal zijn, is deze strategie alleen geschikt voor buurten waar andere strategieën niet zijn toe te passen of erg duur zijn. Een warmtenet met midden temperatuur of hoge temperatuur met *geothermie* is naast de andere strategieën de strategie met de laagste nationale kosten.

Zijlwijk-Zuid
In Zijlwijk-Zuid is een midden temperatuur of hoge temperatuur warmtenet met *geothermie* de strategie met de laagste nationale kosten.

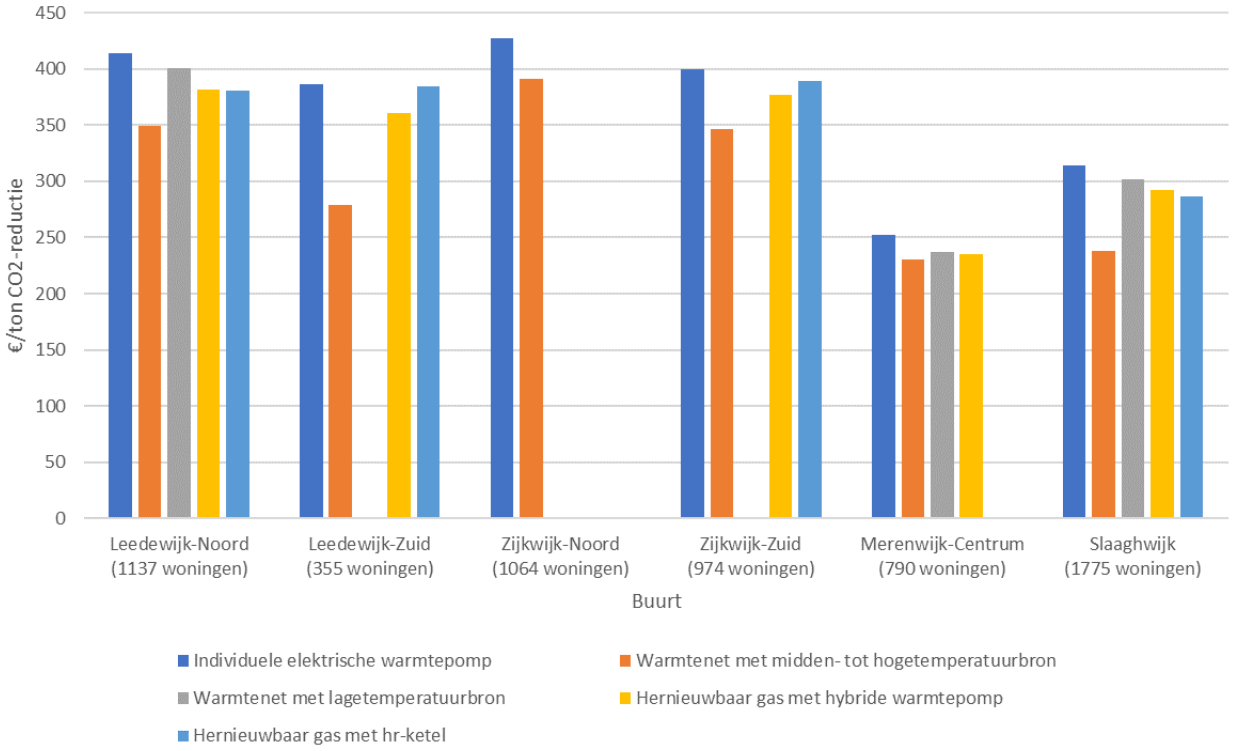
Merenwijk-Centrum
In Merenwijk-Centrum is een midden temperatuur of hoge temperatuur warmtenet met *geothermie* de strategie met de laagste nationale kosten.

Slaaghwijk
In Slaaghwijk is een midden temperatuur of hoge temperatuur warmtenet met ***restwarmte*** de strategie met de laagste nationale kosten. In deze wijk is al warmtenet beoogd door Vattenfall.

6.3 Beschouwing strategieën

Op wijkniveau kunnen we de resultaten uit de startanalyse op 2 manieren vergelijken. Vergelijking van de kosten per buurt of vergelijking van de kosten per strategie.

In figuur 6.1 zijn de kosten van de strategieën per buurt te zien. Voor elke buurt is hier te zien of de €/ ton CO_2-reductie redelijk bij elkaar in de buurt komen qua nationale kosten/ton CO_2 of dat er echt strategieën uitspringen.



Figuur 6.1: Kosten in €/ ton CO_2-reductie voor de verschillende strategieën per buurt.

De figuur laat zien dat de verschillende strategieën in de ene buurt onderling grotere kostenverschillen hebben (Leedewijk-Zuid) dan in de andere buurt (Merenwijk-Centrum). Dat betekent dat, op basis van deze informatie, de voorkeur voor een oplossing in de ene buurt gemakkelijker te vinden is dan in de andere buurt. De strategieën zijn overigens niet altijd volledig toepasbaar in een buurt en worden dan als het ware 'aangevuld' met een andere strategie om tot een beeld voor 100 % van de woningen te komen. Zie bijvoorbeeld Merenwijk Centrum (figuur 6.2): voor een individuele warmtepomp is 33% van de woningen toegekend, de overige alsnog op het warmtenet.

Merenwijk-Centrum

Dit resultaat is een startpunt voor nader onderzoek door gemeenten, geen advies.	S1	S2	S3	S4	S5
Nationale kosten €/ton CO2-reductie	252	230	237	235	224
Getoonde variant (laagste NK binnen strategie)	s1a	s2b	s3d	s4a	s5a
Aansluitingen (% van totaal)					
Individuele elektrische warmtepomp	33	-	4	-	-
Middentemperatuur warmtenet	67	100	67	67	67
Laagtemperatuur warmtenet	-	-	29	-	-
Hybride warmtepomp met hernieuwbaar gas	-	-	-	33	-
HR-ketel met hernieuwbaar gas	-	-	-	-	33

Figuur 6.2 overzicht strategieën Merenwijk-Centrum en procentuele verdeling over de woningen.

7 Overzicht aardgasvrij alternatieven volgend uit de bronnenstudie en startanalyse

Tabel 7.1 geeft de aardgasvrije warmtetechnieken weer voor Merenwijk die komen uit de bronnenstudie van Tauw/ Syntraal en de Startanalyse van PBL. De collectieve warmtetechnieken komen uit de bronnenstudie en de individuele warmtetechnieken uit de Startanalyse. Zoals eerder is vastgesteld in paragraaf 0 is de potentie voor geothermie nog onbekend.

De gegevens in de kolom ’schaalniveau’ geven weer op welke schaal de aardgasvrije warmtetechnieken zijn toe te passen in Merenwijk. Mits een specifieke buurt/cluster genoemd is in deze kolom, dan komt deze voort uit de aanbevelingen uit de bronnenstudie. De benamingen voor de clusters zijn weergegeven in *Figuur 3.2*.

Uit de gegevens in de kolom ‘aanvoer temperatuur voor ruimteverwarming’ is op te maken of de warmtetechniek een LT-, MT- of HT-aanvoertemperatuur voor ruimteverwarming heeft. De aanvoertemperatuur zegt onder andere iets over de benodigde isolatie van een woning. Des te lager de aanvoertemperatuur, des te meer isolatie nodig is in een woning om voldoende comforttemperatuur te houden binnenshuis.

De beschikbaarheid van de warmtebron is in veel gevallen onbekend, aangezien dit vaak nog nader bepaald moet worden.

De investeringskosten per woning zijn voor de collectieve oplossingen afkomstig uit de bronnenstudie. Voor de individuele oplossingen zijn kostenparameters uit het PBL-rekenmodel VestaMAIS benut. Zie ook de voetnoten onder de tabel.

Exploitatie kosten en gebruikskosten zoals inkoop hulpelektriciteit en onderhoud zijn in deze matrix nog niet opgenomen, op dit niveau kunnen daar onvoldoende valide waarden voor bepaald worden. Wel zal in de volgende fase van het project (multi criteria analyse) bezien worden wat het niveau van deze kosten is en waar de kostendragers zitten.

Tabel 7.1 Matrix met aardgasvrije alternatieven voor Merenwijk

Collectief of individueel	Warmtetechniek	Warmtebron	Bron van de gegevens	Schaalniveau	Aanvoer temperatuur voor ruimteverwarming	Aanbod warmte in aantal huishoudens [12]	Beschikbaarheid van warmtebron	Indicatieve investeringskosten per woning
Collectief	HT-warmtenet	Geothermie (bron onbekend)	ThermoGIS / DinoLOKET	n.n.b. [13]	≥ 70 °C	n.n.b.	n.n.b.	n.n.b.
Collectief	HT-warmtenet	Restwarmte Vattenfall	Bronnenstudie	Centrum/ Slaaghwijk-Oost	≥ 70 °C	2.210 + / 6.080	01-01-2020 tot ca. 30-06-2026[14]	n.n.b.
	MT-warmtenet	Restwarmte Vattenfall	Bronnenstudie	Centrum/ Slaaghwijk-Oost	70 °C	2.210 + / 6.080	01-01-2020 tot ca. 30-06-2026	n.n.b.
Collectief	MT-warmtenet + TEO + WKO	Warmte uit oppervlaktewater de Zijl en 't Joppe + warmte uit grondwater	Bronnenstudie	Zijkwijk-Noord 1974	70 °C	2.040 / 6.080	n.n.b.	€ 12.400,00
				Zijlwijk-Noord 1975			n.n.b.	€ 12.400,00
				Zijlwijk-Zuid			n.n.b.	€ 12.400,00
	LT-warmtenet + TEO + WKO			Zijkwijk-Noord 1974	55 °C		n.n.b.	€ 22.000,00

[12] Er zijn in totaal 6.080 woningen in Merenwijk (BAG, 2020)
[13] Vereist boorproeven in diepere grondlagen om grondparameters van de diepe ondergrond te bepalen. De grondparameters in de diepe ondergrond zijn onbekend
[14] Levering vanuit de STEG t/m 2026 contractueel overeengekomen. Voorzien wordt aansluiting op warmteleiding Maasvlakte. Bron: accountmanagement Vattenfall (Zie bijlage 2)

Collectief of individueel	Warmtetechniek	Warmtebron	Bron van de gegevens	Schaalniveau	Aanvoer temperatuur voor ruimteverwarming	Aanbod warmte in aantal huishoudens [12]	Beschikbaarheid van warmtebron	Indicatieve investeringskosten per woning
				Zijlwijk-Noord 1975			n.n.b.	€ 22.000,00
				Zijlwijk-Zuid			n.n.b.	€ 22.000,00
Collectief	MT-warmtenet + TEA + WKO	Warmte uit afvalwater RWZI Leiden-Noord + warmte uit grondwater	Bronnenstudie	Leedenwijk-Noord 1984	70 °C	1.830 / 6.080	n.n.b.	€ 12.400,00
				Leedenwijk-Noord 1977			n.n.b.	€ 12.400,00
				Leedenwijk-Z/ Slaaghwijk-			n.n.b.	€ 12.400,00
	LT-warmtenet + TEA + WKO		Bronnenstudie	Leedenwijk-Noord 1984	55 °C		n.n.b.	€ 22.100,00
				Leedenwijk-Noord 1977			n.n.b.	€ 22.100,00
				Leedenwijk-Z/ Slaaghwijk-W			n.n.b.	€ 22.100,00

Collectief of individueel	Warmtetechniek	Warmtebron	Bron van de gegevens	Schaalniveau	Aanvoer temperatuur voor ruimteverwarming	Aanbod warmte in aantal huishoudens [12]	Beschikbaarheid van warmtebron	Indicatieve investeringskosten per woning
Collectief	LT-warmtenet, Zonthermie + WKO	Warmte van de zon en elektriciteit	Bronnenstudie	De hele wijk	55 °C	6.080 / 6.080	n.n.b.	n.n.b.
Individueel	Elektrische lucht-water warmtepomp	Omgeving (lucht) en elektriciteit.	Startanalyse	De hele wijk	50 °C	6.080 / 6.080	vanaf heden tot n.n.b.	€ 10.000[15]
Individueel	Elektrische bodemwarmtepomp	Omgeving (bodem) en elektriciteit.	Startanalyse	De hele wijk	50 °C	n.n.b.	Altijd beschikbaar	€ 14.000
Individueel	Hernieuwbaar gas met hybride warmtepomp incl CV ketel	Omgeving (lucht), elektriciteit en hernieuwbaar gas (uit biomassa)	Startanalyse	De hele wijk	70 °C	6.080 / 6.080	n.n.b.	€ 5500[16]
Individueel	Hernieuwbaar gas met HR-ketel	Hernieuwbaar gas (uit biomassa)	Startanalyse	De hele wijk	70 °C	6.080 / 6.080	n.n.b.	€ 2500

[15] Indicatieve kosten van de twee individuele LT systemen zijn gebaseerd op de kengetallen in het Vesta MAIS rekenmodel van PBL en zijn inclusief isolatiekosten raming € 3125 (vergelijkbaar met kostenopbouw van de in de matrix genoemde collectieve LT systemen). Kosten bandbreedte ± 25%
[16] Deze optie is exclusief isolatie kosten, voor dit type installatie niet vereist. Kosten volgens VestaMAIS, bandbreedte ± 25%

8 Kansenkaart voor bronnen in de wijk

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de multi criteria analyse weergegeven, inclusief een kansenkaart per buurt/cluster. Conform stap 2 in de offerte.

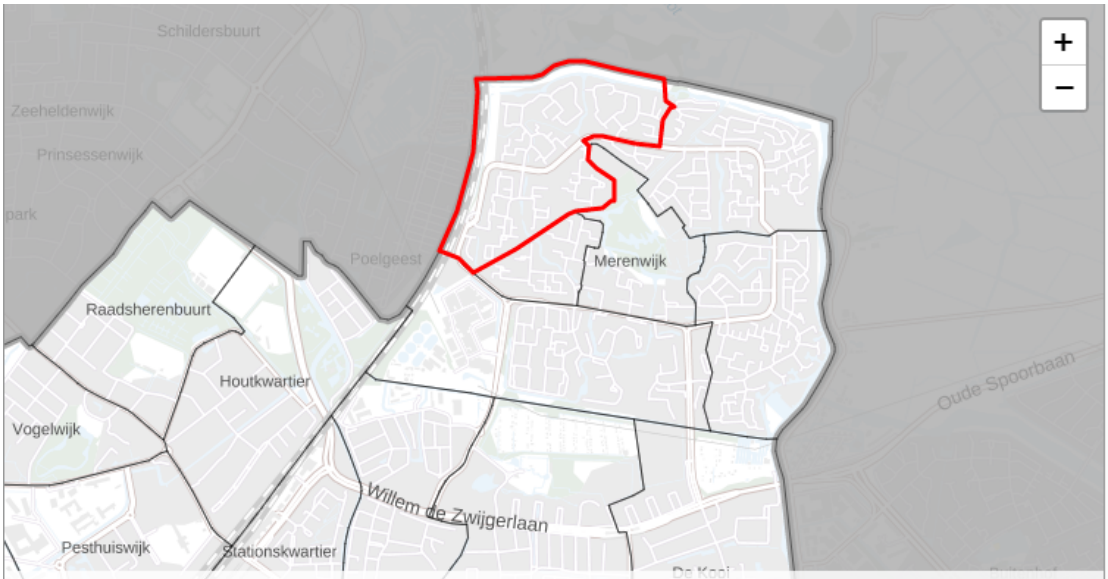
9 Routekaart en vervolgstappen

Na de puzzelsessie met de stakeholders zullen in dit hoofdstuk de resultaten hiervan worden opgenomen, inclusief de waar-wat wanneer kaart. Conform stap 3 in de offerte (waar-wat-wanneer kaart).

10 Referenties

- Agentschap NL. (2011). Voorbeeldwoningen 2011 - EPA detailgegevens site - 9 dec 2010.xls.
- Tauw. (2008). Zwemwaterprofiel Kagerplassen 't Joppe Warmond en 't Joppe Merenwijk.
- Tennet. (2017). Kwaliteits- en Capaciteitsdocument 2017.
- Vattenfall. (2020, april 30). Warmtenet Nederland. Opgehaald van vattenfall.nl: https://www.vattenfall.nl/producten/stadsverwarming/warmtenet/

Bijlage 1 Startanalyse kaarten per punt



- s2 heeft de laagst berekende kosten, gevolgd door s5, s4, s3 en s1 met een verschil in kosten van respectievelijk 32, 33, 52 en 65 €/tonCO_2.
- In s2 is een warmtenet met potentiële (rest)warmtebron 'Air Liquide Nederland BV' (132.73 MWth) doorgerekend, zie de rode marker op de kaart. Nader onderzoek is vereist om vast te stellen of er werkelijk (additionele) warmte vanuit deze bron geleverd kan worden.

Hoofduitkomsten & Kenmerken bebouwing | Gevoeligheidsanalyse

Leaflet | Achtergrondkaart: PDOK

Leedewijk-Noord

Dit resultaat is een startpunt voor nader onderzoek door gemeenten, geen advies.

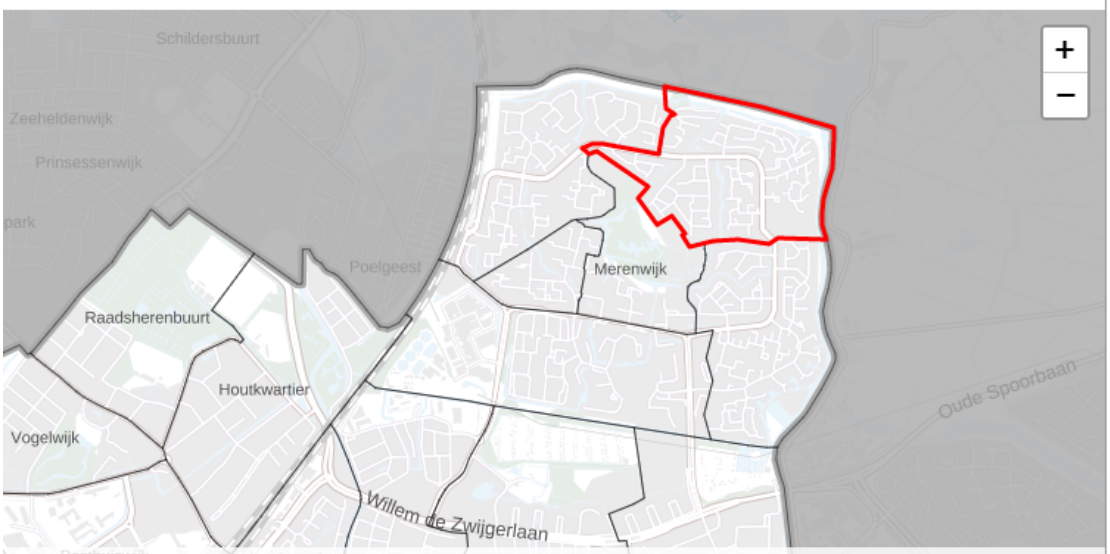
	S1	S2	S3	S4	S5
Nationale kosten €/ton CO2-reductie	414	349	401	382	381
Getoonde variant (laagste NK binnen strategie)	s1a	s2a	s3e	s4a	s5a
Aansluitingen (% van totaal)					
Individuele elektrische warmtepomp	100	-	93	-	-
Middentemperatuur warmtenet	-	100	-	-	-
Laagtemperatuur warmtenet	-	-	7	-	-
Hybride warmtepomp met hernieuwbaar gas	-	-	-	100	-
HR-ketel met hernieuwbaar gas	-	-	-	-	100

Woningen (aantal): 1137
Utiliteit (m^2): 9509

Woningen (% van woningvoorraad)

Type		Bouwjaar	
Vrijstaand	-	voor 1946	-
2-onder-1-kap	1.1	1946-1964	-
Rijwoning hoek	24.1	1965-1974	9.1
Rijwoning tussen	62.9	1975-1991	84.8
Meergezins laag-midden	2.4	1992-2005	6.1
Meergezins hoog	9.6	2006 - heden	-

Energielabels	A+	B	C	D	E	F	G
Ref. 2018	0.3	5.3	89	5.5	-	-	-



- s4 heeft de laagst berekende kosten, gevolgd door s5, s2 en s1 met een verschil in kosten van respectievelijk 8, 15 en 51 €/tonCO2.
- In strategie 3 (LT-bronnen) is onvoldoende potentie voor een LT-net gevonden.
- s4 geeft de laagste nationale kosten, maar omdat de waarde van groengas ten opzichte van strategieën zonder gas relatief laag is, is de eerstvolgende goedkoopste strategie (s2) aangewezen als LN-strategie.

Hoofduitkomsten & Kenmerken bebouwing | Gevoeligheidsanalyse

Leaflet | Achtergrondkaart: PDOK

Zijlwijk-Noord

Dit resultaat is een startpunt voor nader onderzoek door gemeenten, geen advies.

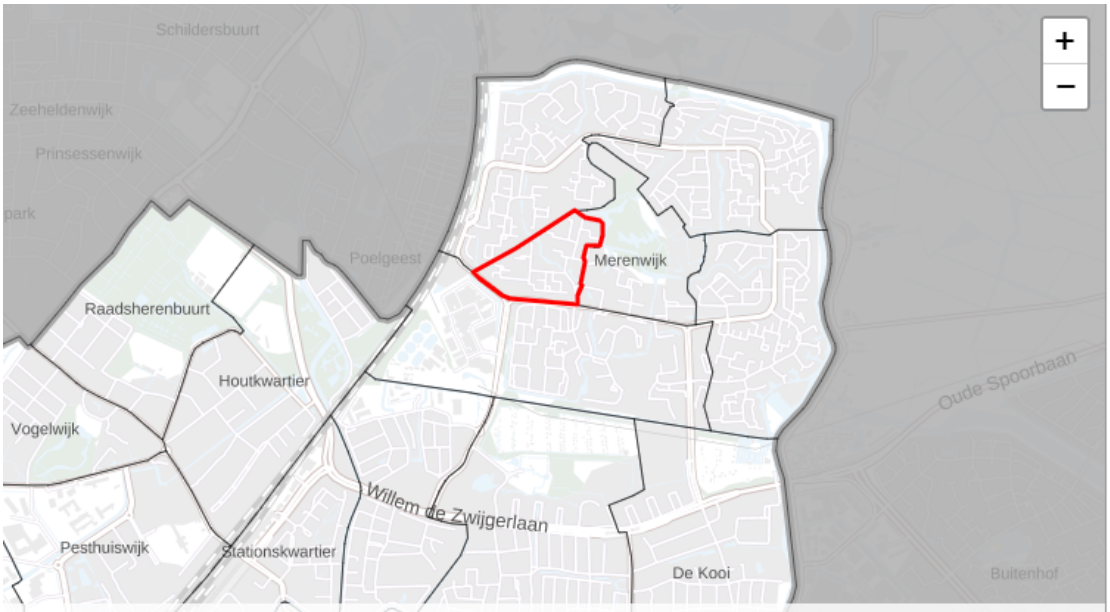
	S1	S2	S3	S4	S5
Nationale kosten €/ton CO2-reductie	427	391	-	376	384
Getoonde variant (laagste NK binnen strategie)	s1a	s2b	-	s4a	s5a
Aansluitingen (% van totaal)					
Individuele elektrische warmtepomp	100	-	-	-	-
Middentemperatuur warmtenet	-	100	-	-	-
Laagtemperatuur warmtenet	-	-	-	-	-
Hybride warmtepomp met hernieuwbaar gas	-	-	-	100	-
HR-ketel met hernieuwbaar gas	-	-	-	-	100

Woningen (aantal): 1064
Utiliteit (m²): 6855

Woningen (% van woningvoorraad)

Type		Bouwjaar	
Vrijstaand	-	voor 1946	-
2-onder-1-kap	-	1946-1964	-
Rijwoning hoek	21.9	1965-1974	32.7
Rijwoning tussen	71.6	1975-1991	67.3
Meergezins laag-midden	6.5	1992-2005	-
Meergezins hoog	-	2006 - heden	-

Energielabels	A+	B	C	D	E	F	G
Ref. 2018	0.5	4.1	64.8	30.5	-	-	-



- s2 heeft de laagst berekende kosten, gevolgd door s4, s5 en s1 met een verschil in kosten van respectievelijk 82, 105 en 107 €/tonCO2.
- In strategie 3 (LT-bronnen) is onvoldoende potentie voor een LT-net gevonden.

Hoofduitkomsten & Kenmerken bebouwing | Gevoeligheidsanalyse

Leaflet | Achtergrondkaart: PDOK

Leedewijk-Zuid

Dit resultaat is een startpunt voor nader onderzoek door gemeenten, geen advies.

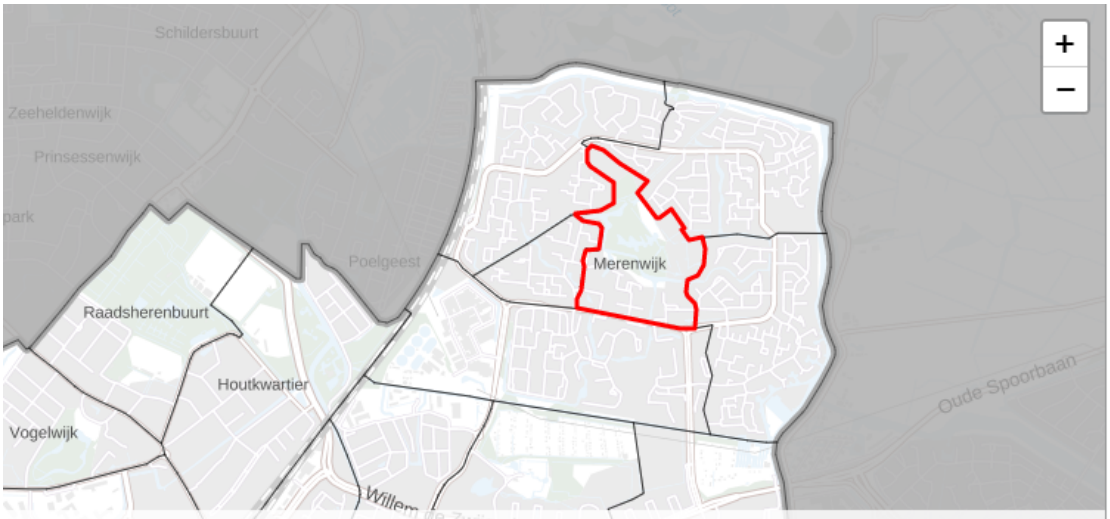
	S1	S2	S3	S4	S5
Nationale kosten €/ton CO2-reductie	386	279	-	361	384
Getoonde variant (laagste NK binnen strategie)	s1a	s2b	-	s4a	s5a
Aansluitingen (% van totaal)					
Individuele elektrische warmtepomp	100	-	-	-	-
Middentemperatuur warmtenet	-	100	-	-	-
Laagtemperatuur warmtenet	-	-	-	-	-
Hybride warmtepomp met hernieuwbaar gas	-	-	-	100	-
HR-ketel met hernieuwbaar gas	-	-	-	-	100

Woningen (aantal): 355
Utiliteit (m^2): 3

Woningen (% van woningvoorraad)

Type		Bouwjaar	
Vrijstaand	-	voor 1946	-
2-onder-1-kap	1.7	1946-1964	-
Rijwoning hoek	21.4	1965-1974	-
Rijwoning tussen	76.9	1975-1991	100
Meergezins laag-midden	-	1992-2005	-
Meergezins hoog	-	2006 - heden	-

Energielabels	A+	B	C	D	E	F	G
Ref. 2018	-	0.8	99.2	-	-	-	-



- s5 heeft de laagst berekende kosten, gevolgd door s2, s4, s3 en s1 met een verschil in kosten van respectievelijk 6, 11, 13 en 28 €/tonCO2.
- s5 geeft de laagste nationale kosten, maar omdat de waarde van groengas ten opzichte van strategieën zonder gas relatief laag is, is de eerstvolgende goedkoopste strategie (s2) aangewezen als LN-strategie.
- 67% van de bebouwing in 'Merenwijk-Centrum' is reeds aangesloten op een warmtenet. De resultaten zijn uitsluitend van toepassing op de overige 33% van de bebouwing in 'Merenwijk-Centrum'.

Hoofduitkomsten & Kenmerken bebouwing | Gevoeligheidsanalyse

Leaflet | Achtergrondkaart: PDOK

Merenwijk-Centrum

Dit resultaat is een startpunt voor nader onderzoek door gemeenten, geen advies.

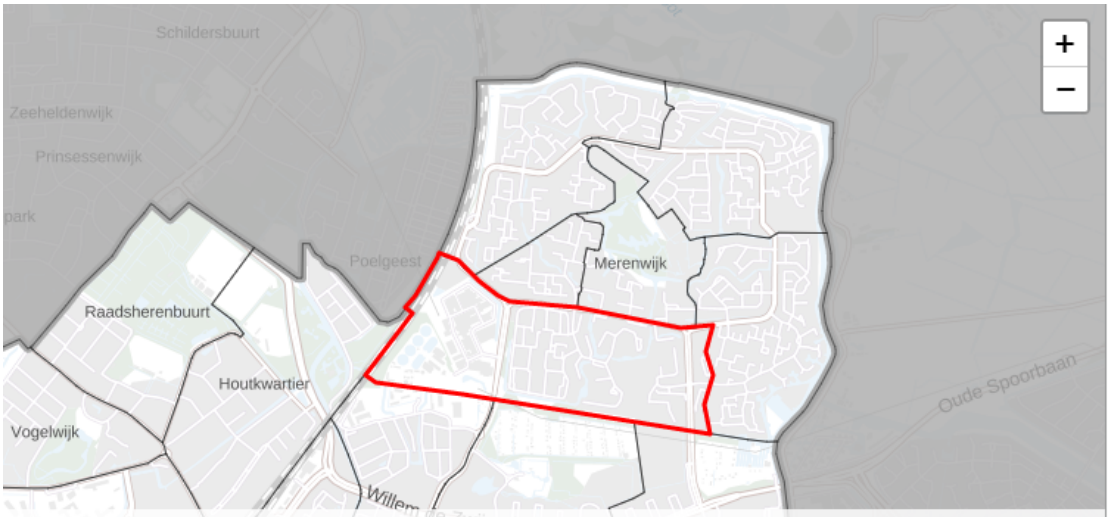
	S1	S2	S3	S4	S5
Nationale kosten €/ton CO2-reductie	252	230	237	235	224
Getoonde variant (laagste NK binnen strategie)	s1a	s2b	s3d	s4a	s5a
Aansluitingen (% van totaal)					
Individuele elektrische warmtepomp	33	-	4	-	-
Middentemperatuur warmtenet	67	100	67	67	67
Laagtemperatuur warmtenet	-	-	29	-	-
Hybride warmtepomp met hernieuwbaar gas	-	-	-	33	-
HR-ketel met hernieuwbaar gas	-	-	-	-	33

Woningen (aantal): 790
Utiliteit (m^2): 18604

Woningen (% van woningvoorraad)

Type		Bouwjaar	
Vrijstaand	-	voor 1946	-
2-onder-1-kap	-	1946-1964	-
Rijwoning hoek	-	1965-1974	-
Rijwoning tussen	-	1975-1991	89.9
Meergezins laag-midden	10.6	1992-2005	1.9
Meergezins hoog	89.4	2006 - heden	8.2

Energielabels	A+	B	C	D	E	F	G
Ref. 2018	8.2	0.9	90.9	-	-	-	-



- s2 heeft de laagst berekende kosten, gevolgd door s5, s4, s3 en s1 met een verschil in kosten van respectievelijk 49, 54, 64 en 76 €/tonCO2.
- 35% van de bebouwing in 'Slaaghwijk' is reeds aangesloten op een warmtenet. De resultaten zijn uitsluitend van toepassing op de overige 65% van de bebouwing in 'Slaaghwijk'.
- In s2 is een warmtenet met potentiële (rest)warmtebron 'Air Liquide Nederland BV' (132.73 MWth) doorgerekend, zie de rode marker op de kaart. Nader onderzoek is vereist om vast te stellen of er werkelijk (additionele) warmte vanuit deze bron geleverd kan worden.

Hoofduitkomsten & Kenmerken bebouwing | Gevoeligheidsanalyse

Leaflet | Achtergrondkaart: PDOK

Slaaghwijk

Dit resultaat is een startpunt voor nader onderzoek door gemeenten, geen advies.

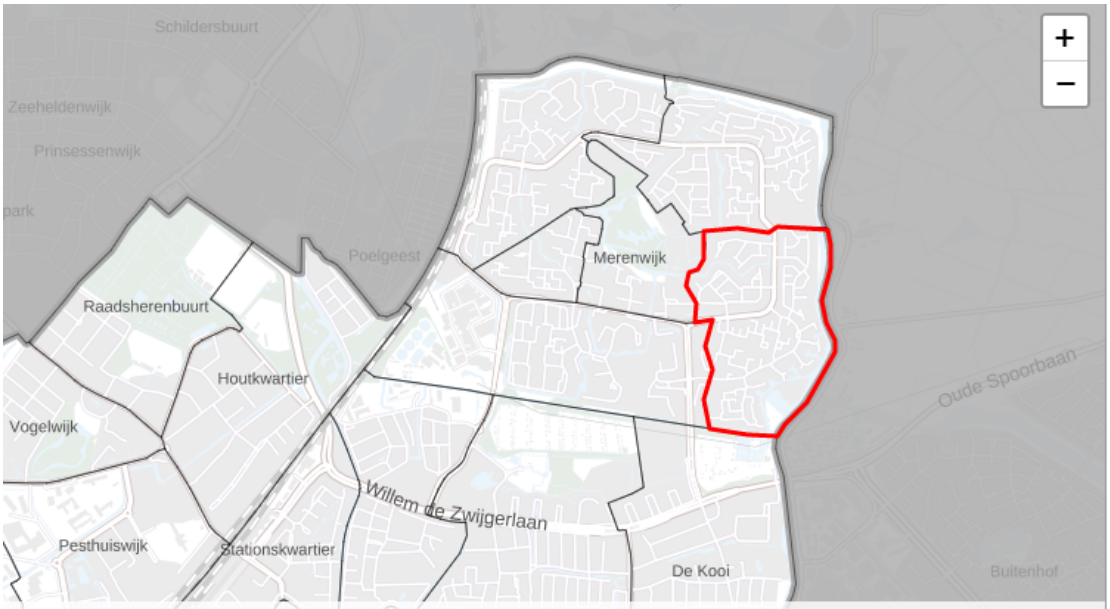
	S1	S2	S3	S4	S5
Nationale kosten €/ton CO2-reductie	314	238	302	292	287
Getoonde variant (laagste NK binnen strategie)	s1a	s2a	s3d	s4a	s5a
Aansluitingen (% van totaal)					
Individuele elektrische warmtepomp	65	-	31	-	-
Middentemperatuur warmtenet	35	100	35	35	35
Laagtemperatuur warmtenet	-	-	34	-	-
Hybride warmtepomp met hernieuwbaar gas	-	-	-	65	-
HR-ketel met hernieuwbaar gas	-	-	-	-	65

Woningen (aantal): 1775
Utiliteit (m²): 16965

Woningen (% van woningvoorraad)

Type		Bouwjaar	
Vrijstaand	-	voor 1946	-
2-onder-1-kap	0.1	1946-1964	-
Rijwoning hoek	3.5	1965-1974	89.6
Rijwoning tussen	15.8	1975-1991	8.6
Meergezins laag-midden	3	1992-2005	1.9
Meergezins hoog	77.6	2006 - heden	-

Energielabels	A+	B	C	D	E	F	G
Ref. 2018	1.6	8.2	10	80.3	-	-	-



- s2 heeft de laagst berekende kosten, gevolgd door s4, s5 en s1 met een verschil in kosten van respectievelijk 31, 43 en 54 €/tonCO2.
- In strategie 3 (LT-bronnen) is onvoldoende potentie voor een LT-net gevonden.

Hoofduitkomsten & Kenmerken bebouwing | Gevoeligheidsanalyse

Leaflet | Achtergrondkaart: PDOK

Zijlwijk-Zuid

Dit resultaat is een startpunt voor nader onderzoek door gemeenten, geen advies.

	S1	S2	S3	S4	S5
Nationale kosten €/ton CO2-reductie	400	346	-	377	389
Getoonde variant (laagste NK binnen strategie)	s1a	s2b	-	s4a	s5a
Aansluitingen (% van totaal)					
Individuele elektrische warmtepomp	100	-	-	-	-
Middentemperatuur warmtenet	-	100	-	-	-
Laagtemperatuur warmtenet	-	-	-	-	-
Hybride warmtepomp met hernieuwbaar gas	-	-	-	100	-
HR-ketel met hernieuwbaar gas	-	-	-	-	100

Woningen (aantal): 974
Utiliteit (m²): 17443

Woningen (% van woningvoorraad)

Type		Bouwjaar	
Vrijstaand	3.9	voor 1946	0.2
2-onder-1-kap	3.2	1946-1964	-
Rijwoning hoek	21.6	1965-1974	8.7
Rijwoning tussen	71.4	1975-1991	91.1
Meergezins laag-midden	-	1992-2005	-
Meergezins hoog	-	2006 - heden	-

Energielabels	A+	B	C	D	E	F	G
Ref. 2018	0.3	2.6	88.8	8.2	-	-	0.1

Bijlage 2 Samenvatting interview accountmanager Vattenfall

Er is een gesprek gevoerd met accountmanager Peter Kleinheerenbrink van Vattenfall. Hieronder een resumé van dit gesprek.

Het warmtenet in Merenwijk wordt op dit moment gevoed door de Uniper STEG centrale. Deze centrale gaat eruit, omdat deze gasgestookt is en gasgestookte centrales zijn niet meer wenselijk. Deze centrale levert nu warmte op het maximale vermogen. Uitbreiden op de centrale is daarom niet meer mogelijk.

Een optie is om in samenwerking met warmtebedrijf Rotterdam het warmtenet door te trekken, via 'leiding over midden' of 'leiding over oost'. Met een nieuwe aanvoer zou heel Leiden aangesloten kunnen worden. Echter, de politieke besluitvorming is hier van belang. Bronnen voor het warmtenet zijn o.a. AVR Rozenburg en raffinaderij Shell Maasvlakte. AVR Rozenburg wordt als CO_2 vrij beschouwd. De restwarmte van de Shell raffinaderij ook, want deze zou anders op de Maas geloosd worden. Dit laatste is controversieel en leidt tot discussie. Als tussenoplossing kan een minder duurzame bron wel de hefboom vormen om een warmtenet te realiseren. Op een later moment kunnen duurzame bronnen worden toegevoegd aan het warmtenet.

Het warmtenet levert 25% van het benodigde vermogen als basislast, verder zijn er piekvoorzieningen nodig, afkomstig van bijvoorbeeld opslagvoorzieningen (zie 'thermosfles' centrale Diemen), lokale bronnen of buurtwarmtecentrales.

De besluitvorming over welk leidingtracé gekozen wordt, wordt deze zomer verwacht. Er moet dan een overeenstemming komen over het af te nemen vermogen. Dit bepaald het te leveren vermogen van het warmtenet. Daarna kan gestart worden met het aanleggen van een leiding vanuit Rotterdam Zuid. Ook het aansluiten van een concrete wijk op het warmtenet kost enkele jaren. Denkbaar is daarmee dat levering van warmte niet vóor 2030 bedrijf gereed is in de wijk, mocht dat eraan komen.

Officiële berichtgeving hierover op website Vattenfall:
Op dit moment wordt het stadsverwarmingsnet al gevoed door warmte uit de Uniper-energiecentrale in Leiden. Vattenfall heeft een overeenkomst met Warmtebedrijf Rotterdam (WBR) om per 1 Januari 2020 warmte te leveren, maar de geplande WBR-warmteleiding vanuit Rotterdam naar Leiden voor de levering van die warmte is vertraagd. Daarom hebben Uniper en Vattenfall het contract voor de levering van warmte verlengd.
Partijen zijn een contractduur van 6,5 jaar overeengekomen. Uniper zal conform het nieuwe contract de noodzakelijke investeringen uitvoeren zodat Vattenfall de leveringszekerheid van warmte aan haar klanten in de Leidse regio kan garanderen.

Diverse corporaties sorteren voor op het voorbestaan van het warmtenet. Zo hebben Portaal en DUWO, samen met enkele Verenging van Eigenaars (VvE), in 2018 een contract voor 15 jaar warmtelevering aan twaalf flatgebouwen in de Hoge Mors, de Lage Mors en de Slaaghwijk getekend. Daarnaast heeft corporatie De Sleutels bij een renovatie in Havikshorst en Buizerdhorst individuele woningen aangesloten in flats.

Vattenfall is ook actief in de aardgasvrij verkenning voor het naburige Poelgeest, steunt in het algemeen de gebiedsgerichte aanpak en wil graag meedenken in een vervolgstap voor Merenwijk.