



RES U16 – Warmte-onderzoek

Rapportage

**Wij maken duurzame
warmte beschikbaar voor
iedereen**



**Gemeente Utrecht
T.a.v. Brigit Valentijn**

Auteur	Daniel de Greef <u>daniel.de.greef@greenvis.nl</u>
Datum	04/08/2020
Gecontroleerd	Paul Valk, Saskia Dane & Jorrit Colenberg
Kenmerk	GV20010-U16-R01-Warmteonderzoek RES U16

Managementsamenvatting & Team

Energieregio U16 heeft in het voorjaar van 2020 een Ontwerp RES gepubliceerd. Nu staan zij voor de opgave om tot een RES 1.0 te komen. Het opstellen en vaststellen hiervan is een proces dat uit twee hoofdcomponenten bestaat: inhoudelijke verdieping en politiek overleg. Met dit warmteonderzoek zet de U16 een belangrijke stap in de inhoudelijke verdieping. Daarnaast kan elke U16-gemeente de aangereikte informatie gebruiken als bouwsteen voor haar Transitievisie Warmte.

Het onderzoek is onder te verdelen in drie hoofthema's:

- 1 Warmtevraag
- 2 Warmtebronnen
- 3 Koppelkansen

*De **warmtevraag** omvat woningbouw, utiliteitsbouw, glastuinbouw en industrie (exclusief proceswarmte). Deze is beschreven in termen van temperatuursegmenten, warmtevraagdichtheid en warmtevraagclusters.*

*De onderzochte **warmtebronnen** zijn onderverdeeld in de categorieën geothermie, restwarmte, aquathermie, biomassa/biogas en zonthermie. Voor elke bron zijn de (mogelijke) locaties, (theoretische, technische en geografische) potentie in de regio, temperatuur, duurzaamheid, financiële parameters, ruimtelijke impact en andere eigenschappen beschreven. Om de informatie over warmtevraag en -bronnen helder over te brengen zijn diverse kaarten van de regio, een factsheet per warmtebroncategorie en een bronoverzicht (grote vergelijkingstabel met vele informatie over de bronnen in één overzicht) opgesteld.*

*Het **koppelen van warmtevraag en -aanbod** is een complex thema waar dit onderzoek een aantal hulpmiddelen en denkstappen voor aanreikt. Gebieden met bestaande warmtenetten zijn 'aardgasvrij-ready' en bieden de mogelijkheid tot gecentraliseerde verduurzaming. Met behulp van de 'menukaart per wijk' kunnen gebieden zonder bestaand warmtenet een goede koppeling zoeken tussen het warmtevraagprofiel en de (boven)lokale bronopties in de wijk. Een aantal uitgewerkte voorbeeldwarmtekansen biedt inzicht in de financiële consequenties van het koppelen van vraag en aanbod voor een diverse selectie aan warmtekansen. Tenslotte worden de hoofdstrategieën voor een duurzaam verwarmde regio U16 geschetst en worden de afhankelijkheden met externe factoren duidelijk gemaakt.*



Daniël De Greef
Projectleider



Paul Valk
Consultant



Saskia Dane
Engineer

Inhoudsopgave

1 Inleiding	5
1.1 De opgave	5
1.2 Doelen van deze studie	5
1.3 Leeswijzer	5
2 Warmtevraag	7
2.1 Temperatuur	7
2.2 Totale warmtevraag	8
2.3 Warmtevraagdichtheid	8
2.4 Warmtevraagclusters	9
3 Warmtebronnen	9
3.1 Introductie brontypes	10
3.2 Factsheets warmtebronnen	12
3.3 Bronoverzicht: een handige vergelijkingstabel	13
3.4 Link met elektriciteit	13
3.5 Gemeenteverstijgend overleg	14
3.6 Sturingsmatrix	15
4 Verbinden van warmtevraag en -aanbod	17
4.1 Bestaande warmtenetten	17
4.2 Menukaart	18
4.3 Optimalisatie warmtevraag en -aanbod	19
4.4 Voorbeeldwarmtekansen uitgewerkt	19
5 Warmtestrategieën	20
5.1 Deelgebieden	20
5.2 Strategieën, factoren en consequenties	21
6 Conclusies	24
7 Methodiek	26
7.1 Warmtevraag	26
7.2 Warmtebronnen	26
7.3 Koppeling vraag en aanbod	30
7.4 Uitgewerkte voorbeeldwarmtekansen	31

1 Inleiding

1.1 De opgave

De energie- en warmtetransitie vraagt om vormgeving, gebiedsoverstijgende afstemming en realiteitszin. Daarom zijn vanuit de Rijksoverheid concrete opdrachten uitgezet bij decentrale overheden zoals provincies, waterschappen en gemeenten. Op regionaal niveau dient de Regionale Energiestrategie (RES) invulling te geven aan de strategie voor duurzame elektriciteit en warmte voor 2030, met een doorkijk naar 2040 en 2050. Deze opgave ligt bij de gemeenten, waterschappen en provincies. De U16 is een energieregio in de provincie Utrecht en wenst ten behoeve van de RES 1.0 zomer 2020 verdiept inzicht te hebben in de vraag naar en het aanbod van duurzame warmte, alsook hoe deze met elkaar in verbinding kunnen worden gebracht.

1.2 Doelen van deze studie

De zestien gemeenten, vier waterschappen en provincie van de regio U16 hebben als doelstelling van dit project het krijgen van:

- Inzicht in de **warmtevraag** binnen de gemeenten voor zichtjaren 2030, 2040 en 2050, alsook de eigenschappen van deze warmtevraag;
- Verdiept inzicht in de regionale potentie, eigenschappen en locatie van duurzame **warmtebronnen**;
- Inzicht in kansen voor het **koppelen van warmtevraag en -aanbod**, met aandacht voor warmte-opslag, gebouwszijdige schillabels, ruimtelijke impact, schaalgrootte, uitbreiding van bestaande netten en concrete kansen voor mogelijke nieuwe warmtenetten;
- Kwalitatief **presentatiemateriaal** over bovenstaande voor bestuurders, stakeholders en bewoners.

Dit rapport is bruikbaar als bouwsteen voor de verschillende warmte transitievisies van de U16 gemeenten en Regionale Structuur Warmte.

1.3 Leeswijzer

Deze rapportage is een bondig, beeldend en op zichzelf staand document waarin duidelijkheid wordt gegeven in:

- Hoe we zijn gekomen tot de resultaten;
- Wat de resultaten beschrijven;
- Hoe de resultaten gelezen dienen te worden;
- Op gronden van welke randvoorwaarde en methode de resultaten tot stand zijn gekomen.

De opbouw bestaat uit:

- De **warmtevraag**, waarin de warmtevraag op verschillende manieren wordt geanalyseerd en gepresenteerd;
- De **warmtebronnen**, waarin de verschillende aanwezige brontypen worden beschreven, geanalyseerd en gepresenteerd;
- Het **verbinden van warmtevraag en -aanbod**, waarin aangegeven wordt welke bron-afnemer combinaties verder verkend kunnen worden;
- De **warmtestrategieën**, waarin warmtestrategieën voor de U16 worden beschreven en hun samenhang met externe factoren en consequenties;
- De **conclusie**, waarin de slotconclusies op het voorgaande wordt gegeven;
- De **methodiek**, waarin in detail de genomen stappen worden beschreven.

In de tekst zal veelvuldig verwezen worden naar de volgende dieper uitgewerkte bijlages, waar nog meer details gevonden kunnen worden:

- Bijlage A: Methode warmtevraagberekening
 - GV20010-BijlageA-Methode berekening warmtevraag en vermogen.pdf
- Bijlage B: Bronoverzicht algemeen
 - GV20010-BijlageB-Bronoverzicht algemeen.pdf
- Bijlage C: Factsheets met informatie per type bron
 - GV20010-BijlageC01-Factsheet_Geothermie.pdf
 - GV20010-BijlageC02-Factsheet_TEA&TED.pdf
 - GV20010-BijlageC03-Factsheet_TEO&WRK.pdf
 - GV20010-BijlageC04-Factsheet_Zonthermie.pdf
 - GV20010-BijlageC05-Factsheet_Biomassa&biogas.pdf
 - GV20010-BijlageC06-Factsheet_Restwarmte.pdf
- Bijlage D: Menukaart, met per wijk inzicht in warmtevraageigenschappen en bronopties
 - GV20010-BijlageD-Menukaart met warmtevraag en bronopties per wijk.pdf
- Bijlage E: Factsheets van warmtekansen binnen de U16
 - GV20010-BijlageE-Factsheets_Warmtekansen.pdf
- Bijlage F: GIS-data die in dit project is gegenereerd
 - GV20010-BijlageF-GIS Data.zip
- Bijlage G: Diverse ondersteunende kaarten
 - GV20010-BijlageG01-Overzichtskaart_Temperatuursegmenten.pdf
 - GV20010-BijlageG02-Overzichtskaart_Warmtevraag&warmtevraagdichtheid.pdf
 - GV20010-BijlageG03-Overzichtskaart_Warmtevraagclusters
 - GV20010-BijlageG04-Overzichtskaart_Geothermie.pdf
 - GV20010-BijlageG05-Overzichtskaart_TEA&TED.pdf
 - GV20010-BijlageG06-Overzichtskaart_TEO&WRK.pdf
 - GV20010-BijlageG07-Overzichtskaart_Zonthermie.pdf
 - GV20010-BijlageG08-Overzichtskaart_Biomassa&biogas.pdf
 - GV20010-BijlageG09-Overzichtskaart_Restwarmte.pdf
 - GV20010-BijlageG10-Overzichtskaart_WKO_potentie.pdf
 - GV20010-BijlageG11-Overzichtskaart_Stedelijkheid.pdf
- Bijlage H: Overzicht informatiebronnen
 - GV20010-BijlageH-Overzicht informatiebronnen

2 Warmtevraag

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de warmtevraag van de gebouwde omgeving binnen de U16-regio inzichtelijk is gemaakt. Er wordt onderscheid gemaakt in:

- Temperatuursegmenten (Bijlage G01 - Temperatuursegmenten);
- Totale warmtevraag (Figuur 3);
- Warmtevraagdichtheid (Bijlage G02 - Warmtevraag & warmtevraagdichtheid);
- Warmtevraagclusters (Bijlage G03 - Warmtevraagclusters).

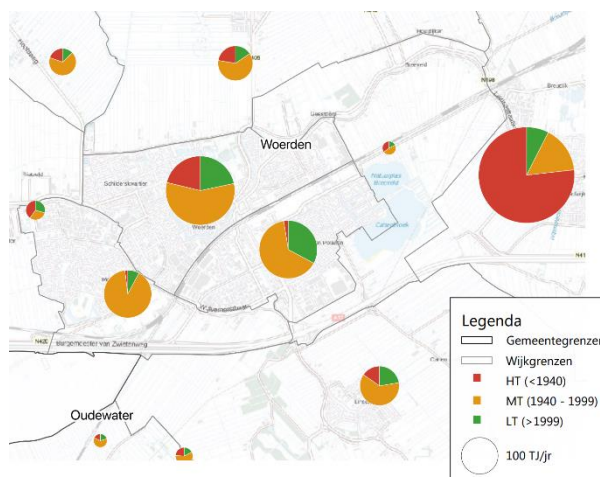
2.1 Temperatuur

Het type warmtevraag verschilt per afnemer. Daarom is er onderscheid gemaakt tussen drie verschillende temperatuursegmenten:

- Hogetemperatuurwarmte (HT) met een temperatuur hoger dan 70°C.
- Middentemperatuurwarmte (MT) met een temperatuur tussen de 50°C en 70°C.
- Lage temperatuurwarmte (LT) met een temperatuur lager dan 50°C.

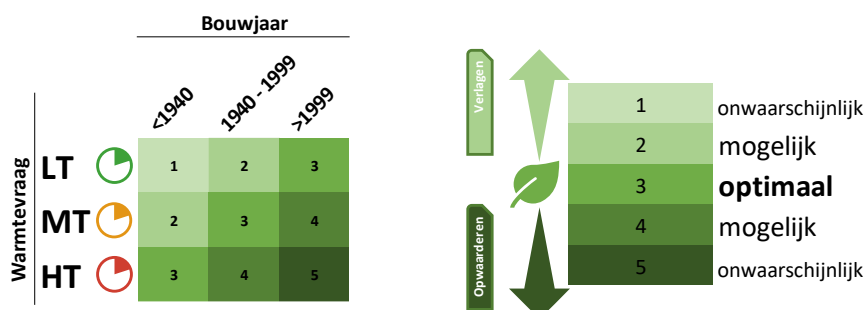
Een groot deel van de bestaande bouw zal de komende 10 tot 30 jaar verduurzamen door onder meer schilmaatregelen. Welke maatregelen er precies worden genomen, is erg afhankelijk van de situatie. Op uitgezoomd niveau kunnen we een grove prognose maken van de uiteindelijke HT/MT/LT-warmtevraagmix in een gebied. Dit doen we op basis van het bouwjaar van het pand:

- HT is voor afnemers gebouwd voor 1940.
- MT is voor afnemers gebouwd tussen 1940 en 1999.
- LT is voor afnemers gebouwd na 1999.



Figuur 1 - Voorbeeld verschillen temperatuursegmenten.

Deze verdeling geeft niet een absolute waarde maar een inschatting van de optimale warmtevraag voor die clustering van het bouwjaar zoals weergegeven in Figuur 2.

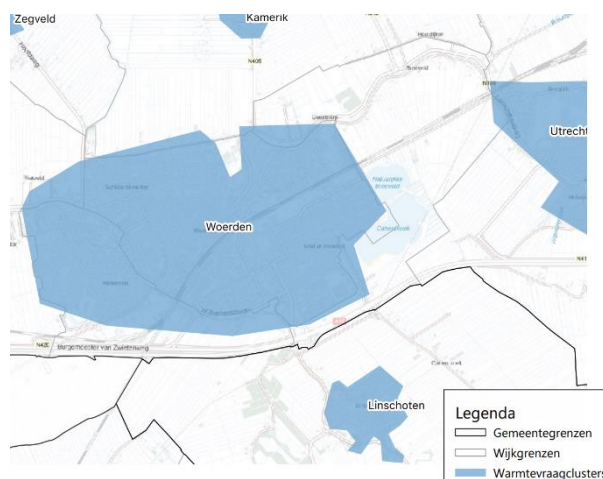


Figuur 2 - Meest waarschijnlijke temperatuursegment in 2050.

2.4 Warmtevraagclusters

Vanuit het perspectief van collectieve warmtebronnen kunnen panden gecombineerd worden tot fictieve warmtevraagclusters. Deze clustering zal worden gebruikt in verdere analyses van dit onderzoek en maken deze analyses behapbaar. Ook geeft het een beeld van mogelijke warmtenetscenario's in en tussen verschillende gemeenten.

De warmtevraagclusters zijn opgesteld aan de hand van een minimale warmtevraagdichtheid van 500 GJ/ha en een minimale warmtevraag van 5 TJ/jr. Zoals het voorbeeld laat zien in Figuur 5. Dit is relatief optimistisch en resulteert in clusters die in veel gevallen groter zullen zijn dan het werkelijke eindbeeld. Door hier toch voor te kiezen, voorkomen we dat opties voorbarig worden uitgesloten. De volledige kaart is te vinden in (Bijlage G03 - Warmtevraagclusters).



De clusters zijn afhankelijk van de warmtevraag dichtheid en daarmee niet gehinderd door gemeentelijke of andere type grenzen. Binnen deze clusters kan het bereik van een bron vallen. Hiermee zal deze clustering leiden tot een selectie van de te koppelen bronnen. Dit is overzichtelijk gemaakt in de menukaart (Bijlage D - Menukaart per wijk).

Figuur 5 - Warmtevraagclusters

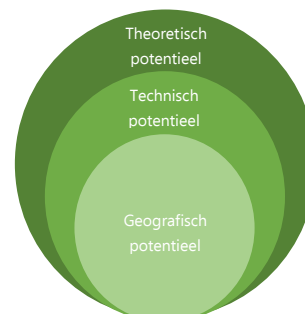
3 Warmtebronnen

De U16-regio biedt mogelijkheden voor een breed spectrum aan warmtebronnen. Voor elk brontype is beschreven hoe dit type ingezet kan worden voor warmtelevering. Om de eigenschappen en verschillen per bron inzichtelijk te maken, zijn de volgende producten opgesteld:

- Bronoverzicht (Bijlage B - Bronoverzicht algemeen)
- Factsheets (Bijlage C - Factsheets met informatie per type bron)
- Themakaarten (Bijlage G - Diverse ondersteunende kaarten)
- Sturingsmatrix (Tabel 2 - Sturingsmatrix warmtebronnen U16)

Om te bepalen of en welke warmtebronnen in de U16-regio geschikt zijn voor warmtelevering, is de potentie van elke bron verkend. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de theoretische, technische, geografische potentie (Figuur 6):

- De **theoretische potentie** is de totale hoeveelheid energie die in het systeem zit en in theorie benut kan worden met een minimale potentie van 5 TJ/jr.
- De **technische potentie** is het deel van de theoretische potentie die met de huidige technische mogelijkheden benut kan worden. Dit verschilt per type bron.
- Het **geografisch potentieel** is het deel van de technische potentie die aansluit bij de warmtevraag.



Figuur 6 - Theoretisch, technisch en geografisch potentieel.

Hierbij moet worden aangetekend, dat bij elke potentiebepaling (van boven naar onder) meer aannames moeten worden gedaan, waardoor de resultaten onzekerder worden. Mede om deze reden is ervoor gekozen om de economische en marktpotentie niet in dit onderzoek te bepalen. Verdere details en uitleg is gegeven in 7.2 - Warmtebronnen.

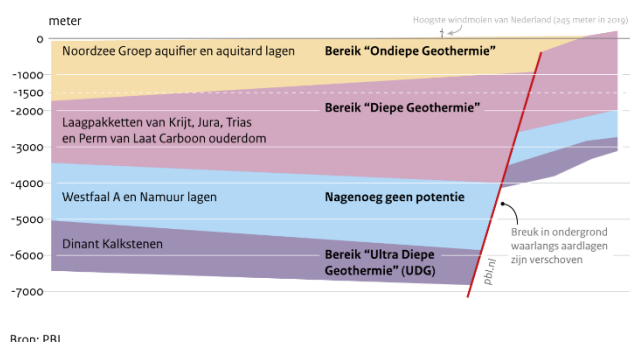
3.1 Introductie brontypes

Geothermie, ofwel aardwarmte, is het gebruik van warmte uit de diepe ondergrond vanaf 500 meter en dieper voor het verwarmen van huizen, gebouwen, kassen en lichte industrie (zie ook: [Expertise Centrum Warmte](#)). Geothermie kent drie categorieën:

- Ondiepe geothermie (OG)/Lage Temperatuur Aardwarmte (LTA)
- Diepe geothermie (DG)
- Ultra-diepe geothermie (UDG)

De drie categorieën werken volgens hetzelfde basisprincipe, maar kennen in technische uitwerking aanzienlijke onderlinge verschillen. Ze onttrekken warmte aan de bodem door water te injecteren en het opgewarmde water vanuit een ander punt weer op te pompen en door een warmtewisselaar te laten stromen. Om dit te bewerkstelligen worden er twee putten geboord naar een aardlaag die water doorlaat. Uit één put, de productieput, komt warm water en dit wordt (vaak onder hoge druk) weer teruggepompt in de tweede put, de injectieput.

Het verschil tussen de genoemde vormen van geothermie zit in de aardlaag waarin de warmte gewonnen wordt (Figuur 7). Ondiepe Geothermie (LTA) warmte wordt gehaald uit de Noordzee groep aquifer en aquitard lagen bij een diepte tot maximaal ca. 2.000 meter. Diepe geothermie warmte wordt gehaald uit de laagpakketten Krijt, Jura, Trias en de Perm laag bij een diepte van ca. 1.000 tot ca. 4.000 meter. Ultradiepe geothermie beslaat alles dieper dan 4.000 meter waar de warmte word gehaald uit de Dinant Klakstenen.



Figuur 7 – Indicatie voor het type aardlagen en de diepte met de invloed van een breuklijn (bron: PBL).

De temperatuur van de warmte die gewonnen kan worden uit geothermie hangt af van de diepte. Op ongeveer 10 meter diepte is de temperatuur van de aardlaag circa 10°C, vanaf hier neemt de temperatuur per 1000 meter toe met ongeveer 30°C. Belangrijk voor deze techniek is dat de grondlaag waarin de warmte gewonnen wordt permeabel genoeg is, zodat het water er goed doorheen kan stromen. Diepere putten leveren hogere temperaturen, zijn duurder en kunnen in potentie meer vermogen leveren. De volledige kaart is te vinden in (Bijlage G04 - Geothermie).

Aquathermie is het verwarmen en koelen van gebouwen door het gebruik van warmte en koude uit oppervlaktewater, drinkwater of afvalwater. De warmte uit het water wordt indien nodig opgeslagen en

daarna opgewaardeerd met een warmtepomp (zie ook: [Expertise Centrum Warmte](#)). Naast de drie hoofdcategorieën is er voor dit project een additionele categorie toegevoegd:

- Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO).
- Thermische Energie uit Drinkwater (TED).
- Thermische Energie uit Afvalwater (TEA).
- Ruwwaterleiding in beheer van de Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland (WRK-leiding). Dit water heeft vergelijkbare temperatureigenschappen met oppervlaktewater.

De vier categorieën werken volgens hetzelfde principe: ze onttrekken warmte uit oppervlakte-, drink- of rioolwater met een warmtewisselaar. Om gebouwen te verwarmen is altijd ergens in de warmteketen een warmtepomp vereist om de temperatuur van het water naar bijvoorbeeld 40 of 70 °C te brengen. De warmtepomp gebruikt hiervoor elektriciteit. De efficiëntie van het proces hangt af van de watertemperatuur waaruit de warmte onttrokken wordt, het temperatuurverschil dat wordt gehaald bij de bron en de gewenste temperatuur aan de verwarmingszijde.

Bij warmte uit oppervlaktewater wordt vaak gebruik gemaakt van een Warmte-Koude-Opslag (WKO). Voor TEO en de WRK is altijd een WKO gebruikt voor het realiseren van een rendabel systeem, voor TEA en TED uit Rijnwater is in beginsel ook mogelijk zonder WKO. Bij een WKO wordt in de zomer warmte opgeslagen, wanneer de temperatuur van oppervlaktewater hoog genoeg is (20-25 °C). De opgeslagen warmte wordt in de wintermaanden gebruikt als basisbron van het warmtesysteem. De volledige kaart is te vinden in: (Bijlage G05 - TEA & TED) en (Bijlage G06 - TEO & WRK).

Zonthermie is de benutting van de energie van de zon in de vorm van warmte (zie ook: [Expertise Centrum Warmte](#)). Daarbij wordt de straling van de zon omgezet in warmte door zonnecollectoren en/of zonneboilers. Dit kan bijvoorbeeld in een veld vol zonnecollectoren of met zonnecollectoren op het dak. *(NB: dit zijn andere panelen dan PV-panelen of PVT-panelen welke (deels) elektriciteit produceren uit zonlicht).*

Zonnecollectoren produceren voornamelijk warmte gedurende de zonnige periodes vanaf circa april t/m september, terwijl de vraag in de winter het grootst is. Daarom worden zonthermiesystemen in de praktijk vaak gecombineerd met een vorm van langetermijnopslag, zoals een WKO (toegestaan tot 25°C), een HoCoSto (HT-opslag) of een Ecovat (HT-opslag). Zonnecollectoren zijn ruwweg op te delen in twee categorieën: vlakke platen (beter rendement bij lagere temperaturen) en vacuümbuizen (beter rendement bij hogere temperaturen). De volledige kaart is te vinden in (Bijlage G07 - Zonthermie).

Biomassa en biogas zijn grondstoffen die als brandstof kunnen worden ingezet. Onder de juiste randvoorwaarden kunnen reststromen uit de volgende processen duurzaam worden ingezet als brandstof:

- Bos (biomassa);
- Snoeiafval (biomassa);
- GFT-afval (biogas);
- Reststromen akkerbouw (biogas);
- Vloeibare mest (biogas);
- Bermgras en slootmaaisel (biogas).

Biomassa (zie ook: [Expertise Centrum Warmte](#)) en biogas (zie ook: [Expertise Centrum Warmte](#)) worden in biomassacentrales verbrand en levert in potentie hoge temperatuurwarmte (vergelijkbaar met verbranding van fossiele brandstoffen). Biogas kan verkregen worden door de vergisting van verschillende

soorten biomassa, zoals mest en ander organisch afval. Dit gas wordt daarna rechtstreeks gebruikt in een verbrandingsketel of het wordt in een warmtekrachtkoppeling (WKK) omgezet in elektriciteit en warmte. De volledige kaart is te vinden in (Bijlage G08 - Biomassa & biogas).

Restwarmte wordt gedefinieerd als alle warmte die vrijkomt bij een proces en die wordt afgevoerd door middel van afvalgassen, luchtkoeling (koeltorens) of waterkoeling (bijv. in rivieren) (zie ook: [Expertise Centrum Warmte](#)). Door de warmte uit te koppelen met warmtewisselaars in de afgevoerde warmte, kan ze hergebruikt worden. Dit principe is toepasbaar op veel verschillende systemen, hiervoor zijn binnen dit onderzoek drie verschillende categorieën gedefinieerd:

- Industrieel
- Koelwater
- Datacenters

De volledige kaart is te vinden in (Bijlage G09 - Restwarmte).

Elektrodeboilers kunnen elektriciteit bijna 1-op-1 omzetten in warmte. De technologie is goedkoop en eenvoudig te installeren. Met goedkope stroomoverschotten kunnen deze zeer voordelig warmte produceren. Hierbij is het belangrijk dat er een tariefstructuur bestaat die het mogelijk maakt goedkope elektriciteit te kunnen gebruiken. Daarnaast kan de elektrische boiler met gemiddelde elektriciteitsprijzen ook worden ingezet als piekvoorziening in warmtenetten. Het inzetten van elektrodeboilers voor warmteproductie kan een oplossing zijn om tijdelijke stroomoverschotten op te vangen. Deze positieve impact is het grootst als ze zijn aangesloten op laag- of middenspanningsnetten. De technische potentie van deze bron is gelijk aan de potentie om duurzame elektriciteit op te wekken. Dit is een geheel ander vraagstuk dan bij andere warmtebronnen en om deze reden is de potentie van deze bron niet bepaald.

Luchtwarmte is een vorm van omgevingswarmte, zoals warmte uit oppervlaktewater (TEO) en warmte uit de bodem (geothermie). Met behulp van een warmtepomp kan bruikbare warmte worden geproduceerd. Het elektrisch rendement is hierbij veel hoger dan bij de elektrodeboiler. Het nadeel is de veel duurdere investering en de mogelijke geluidsoverlast. Luchtwarmtepompen kunnen bijna overal neergezet worden bestaan in veel maten en gewichten. De theoretische, technische en geografische potentie voor luchtwarmte is zeker groter dan de warmtevraag en daarom niet beperkend. Om deze reden is deze potentie ook niet bepaald in deze studie.

3.2 Factsheets warmtebronnen

De beschikbare warmtebronnen in de U16 zijn geclusterd in zes categorieën, te weten geothermie, aquathermie, zonthermie, restwarmte, biomassa en biogas. Voor alle brontype zijn factsheets gemaakt: (Bijlage C - Factsheets met informatie per type bron). In factsheet worden de volgende onderdelen behandeld:

- **De potentie** geeft een vergelijking tussen de verschillen in totaal vermogen en energie. De onzekerheid² speelt een belangrijke rol bij het vergelijken van de getallen.

² *Geothermie* kent een onzekerheid omdat er voor een willekeurig oppervlakte geen accurate kennis is van de verschillende aardlagen.

Aquathermie kent een onzekerheid t.a.v. de waterkwaliteit als gevolg van onttrekken van warmte. Deze onzekerheid wordt onderschreven door het ontbreken van het beleid op dit gebied.

Restwarmte, gebruikte data voor het bepalen van de potentie, en het voortbestaan van de bron.

- **Het verbruik** geeft een waarde voor het elektraverbruik van de bron. Hierin is de pompenergie en eventuele opwaardering tot 70°C meegenomen.
- **De techniek** laat zien of de bron gebruikt kan worden voor de basis- of pieklast. Daarnaast is de range van temperaturen, die uit de bron beschikbaar kan worden gemaakt, beschreven.
- **De SWOT-analyse** geeft inzicht in de sterktes, zwakte, kansen en bedreigingen. Per bron wordt ingegaan op die eigenschappen die een bron onderscheidt van andere bronnen. Gemeenschappelijke eigenschappen zijn daarom onder- of niet-belicht in deze SWOT-analyse.
- **De ruimtelijke impact** geeft een range of indicatieve waarde voor de ruimte die de bron zal innemen tijdens de fases: bouw en operatie. Hierin is per fase een onderscheid gemaakt tussen de ruimte die de bron in de ondergrond en bovengrond inneemt.
- **De financiële parameters** geven de kengetallen weer voor 1) de investering die nodig is om de bron te bouwen, 2) het onderhoud en beheer van de bron en 3) de kosten voor de elektra met betrekking tot het verpompen en mogelijk opwaarderen tot 70°C.
- **De operationele resultaten** geven aan hoeveel uren in het jaar de bron effectief kan worden ingezet. Het minimum geeft geen harde ondergrens aan, maar is juist een indicatie hoeveel de bron op z'n minst beschikbaar is. Het maximum is wel de bovengrens van het aantal uren die de bron kan draaien. Ook is inzicht gegeven in de volwassenheid van de technologie, variërend van pilotfase tot uitontwikkeld.
- **De impact** is de verwachte besparing in CO₂ bij opwaardering tot 40°C en 70°C, ten opzichte van de aardgasreferentie.
- **De effectiviteit** geeft aan hoe duurzaam de warmtebron is bij opwaardering tot 40°C en 70°C. Dit is uitgedrukt in de EOR (equivalent opwekrendement).

3.3 Bronoverzicht: een handige vergelijkingstabel

Naast de factsheets is ook een bronoverzicht beschikbaar. Hierop zijn de verschillende potenties en andere relevante eigenschappen van de warmtebronnen in één overzicht vergelijkbaar. Het bronoverzicht is te vinden in (Bijlage B - Bronoverzicht algemeen).

3.4 Link met elektriciteit

Warmte is onlosmakelijk verbonden met elektriciteit. Hoeveel elektriciteit er in een systeem nodig is om nuttige warmte te produceren kan worden uitgedrukt in de COP van het systeem. Een COP van 1 betekent een rendement van 100%, een COP van 3 betekent 300% rendement (voor elk deel elektriciteit worden drie delen nuttige warmte geproduceerd). Warmtesystemen waarbij de temperatuur van de warmtebron hoger is dan de afnametemperatuur hebben enkel elektriciteit nodig voor het transporteren van de warmte middels pompen (de COP van zulke systemen kan tussen 30 en 200 of nog hoger liggen). Als de warmtebron een lagere temperatuur heeft dan de benodigde temperatuur bij de afnemers moet meestal een warmtepomp worden ingezet, wat het systeemrendement aanzienlijk verlaagt tot een COP van ca. 2 t.e.m. 6. Het meest elektra-intensieve scenario wordt bereikt bij het inzetten van een elektrodeboiler met een COP van ca. 0.99.

Om een beeld te geven van de impact van een warmtebron op de (additionele) behoefte aan elektriciteit, worden hieronder drie simplistische scenario's uitgerekend. Deze scenario's worden in het licht geplaatst

Biomassa, Biogas, een Elektrodeboiler heeft onzekerheid omdat er concurrentie is op de energiemarkt. Zonnevelden, is er onzekerheid als gevolg van de concurrentie voor het oppervlakte.

van het concept bod elektra in de RES U16, namelijk 1,8 TWh in 2030. Daarnaast gaan we (voor deze rekenoefening) ervan uit dat in 2030 1/3 van de gebouwde omgeving duurzaam verwarmd wordt.

Tabel 1: Impact van bron- en conceptkeuze op (extra) elektriciteitsbehoefte. Voor deze rekenoefening is ervan uitgegaan dat 1/3 van de regio verwarmd wordt met deze bron/dit concept en dat daarmee een bepaald totaal systeemrendement (COP) kan worden gehaald (incl. warmte verliezen bij productie van warmte).

Scenario	Systeem COP	Elektra nodig [TWh]	Extra t.o.v. conceptbod	Aantal windmolens extra ³
HT warmtebronnen (>= 80 °C)	40	0,058	3%	4
LT warmtebronnen (ca. 10-25°C)	3	0,77	43%	50
Elektrodeboilers	0,85	2,7	151%	175
Waterstof	0,5	4,6	257%	298

Deze waarden geven inzicht in hoe sterk de behoefte aan additionele elektrische hulpenergie afhangt van de warmtebronnen die uiteindelijk worden ingezet.

3.5 Gemeenteoverstijgend overleg

Om een aantal type warmtebronnen optimaal te kunnen benutten, is gemeente overstijgend overleg van belang.

Geothermie (indien haalbaar) is economisch rendabel, wanneer deze warmte voor minimaal 4000 woningen produceert. Daarom kan het ook rendabel zijn om de warmte over langere afstanden naar naburige gemeenten te transporteren middels een regionale warmte-infrastructuur. Dit is een scenario dat concreet bekeken wordt in Utrecht en Nieuwegein in combinatie met het bestaande HT-warmtenet.

Restwarmte is enkel beschikbaar op de plek van het bedrijf met restwarmte. Bij deze bronnen is een gemeente overstijgend overleg van belang, wanneer 1) het een grote bron betreft, 2) deze in de buurt van gemeentegrenzen ligt en/of 3) aan een bestaand regionaal warmtenet kan worden gekoppeld. Deze situatie is door het kleine aanbod aan grootschalige restwarmte nauwelijks aan de orde in de regio U16.

Thermische energie uit oppervlaktewater en warmte uit de WRK-leiding vereisen afspraken die gemeente- of zelfs regio- en provincie-overstijgend gemaakt worden. De reden hiervoor is dat stromingswarmte slechts één keer gebruikt kan worden. Als een stromend waterlichaam in gemeente A volledig afgekoeld wordt, heeft datzelfde waterlichaam voor gemeente B stroomafwaarts geen potentie meer.

Thermische energie uit afvalwater en drinkwater is vooral bij de RWZI's en langs hun effluentleidingen op grote schaal beschikbaar. Afhankelijk van de locatie van de RWZI en de ligging van de effluentleiding kan uitwisseling tussen gemeenten zinnig zijn. Dit dient per situatie te worden bekeken.

³ Uitgaande van windmolens van 5,6 MW met een jaarproductie van 15,6 GWh per windmolen, in lijn met de genoemde windmolens in het ontwerp RES U16.

Zonthermie⁴ vereist erg veel oppervlak, zowel voor productie als voor de benodigde seizoensopslag. Hiervoor is het zeer denkbaar dat stedelijke gebieden (waar veel warmtevraag, maar zeer weinig ruimte is) ruimte van een naburige gemeente benut voor deze productie. Een mooie vorm van samenwerken aan de energietransitie, die goede afspraken tussen gemeenten vereist.

Bio-energie kan (in de vorm van biomassa en biogas) relatief eenvoudig worden getransporteerd en uitgewisseld tussen gemeenten. Wanneer warmte is opgewekt, kan deze door warmteleidingen worden getransporteerd.

3.6 Sturingsmatrix

De onzekerheid⁵, de potentie en de totale levensduurkosten zijn belangrijke maatstaven voor de sturing op verschillende warmtebronnen. De sturingsmatrix is een visueel hulpmiddel die deze eigenschappen helder uiteenzet. De grootte van de cirkel geeft de relatieve hoeveelheid beschikbare warmte weer, waar de kleur variatie de klimaatwinst weergeeft (Tabel 2). Deze volledige grafiek is gemaakt voor twee temperatuurscenario's, namelijk productie op 40 °C en op 70 °C. Het is te zien dat de 70 °C minder klimaatwinst oplevert en hoger uitvalt qua kosten (al is niet elk effect zichtbaar omdat kosten worden afgerond om in de vakjes te vallen). Met kosten worden totale levenscyclus kosten bedoeld, dus de investering bij realisatie, onderhoud, herinvesteringscomponenten halverwege de levensduur, inkoop van energie/brandstof en eventueel noodzakelijke warmtepomp en warmte-opslag. Dit alles wordt genormaliseerd naar geproduceerde GJ's om de waarden vergelijkbaar te maken. De methodiek en uitgangspunten van de berekeningen achter de bronnen en sturingsmatrix zijn verder beschreven in 7.2 Warmtebronnen.

⁴ Let op: zonthermie (rechtstreekse conversie van zonnestraling naar warmte) is niet hetzelfde als zon-PV (conversie van zonnestraling naar elektriciteit)

⁵ *Geothermie* kent een onzekerheid omdat er voor een willekeurig oppervlakte geen accurate kennis is van de verschillende aardlagen.

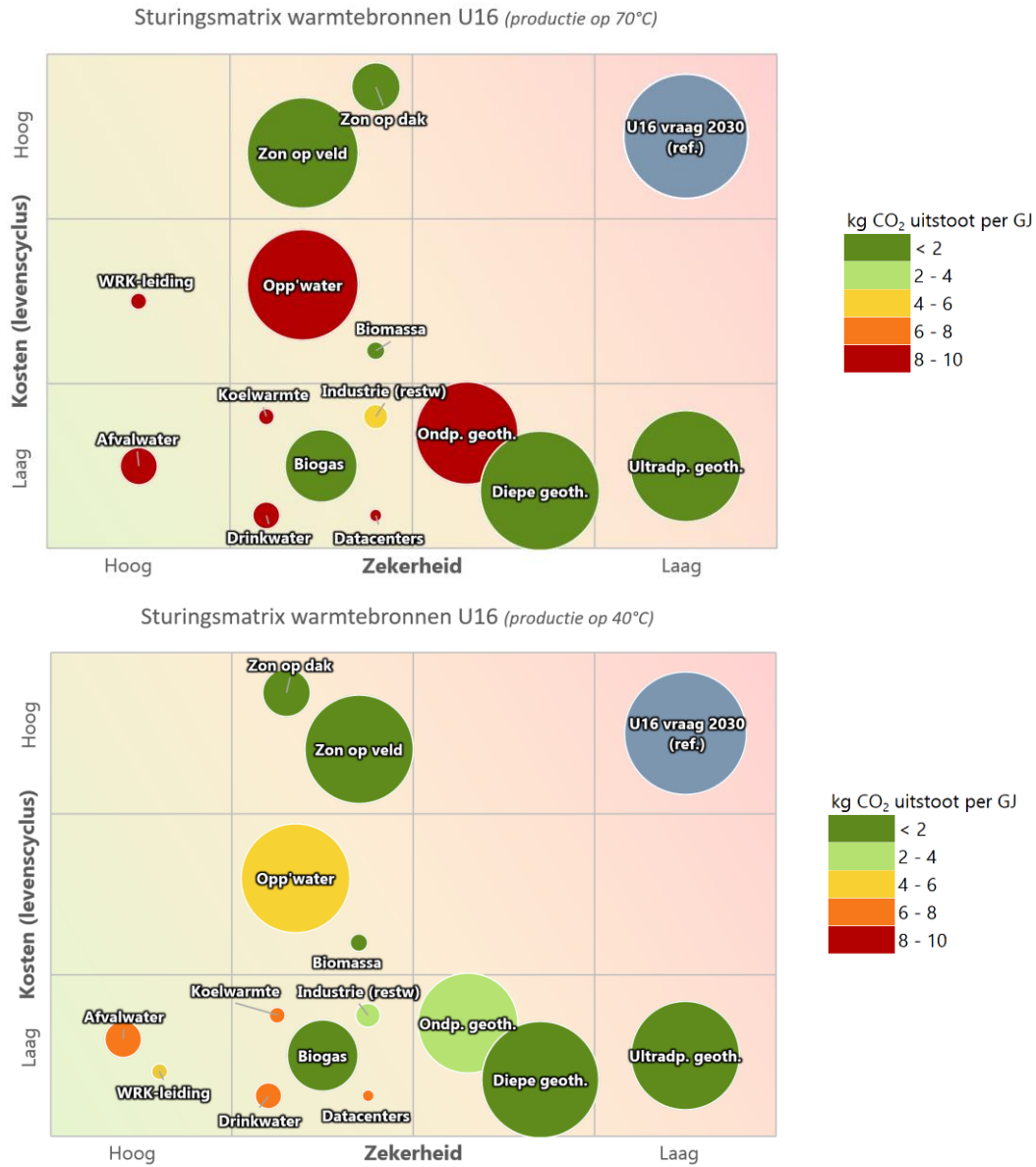
Aquathermie kent een onzekerheid t.a.v. de waterkwaliteit als gevolg van onttrekken van warmte. Deze onzekerheid wordt onderschreven door het ontbreken van het beleid op dit gebied.

Restwarmte, gebruikte data voor het bepalen van de potentie, en het voortbestaan van de bron.

Biomassa, Biogas, een Elektrodeboiler heeft onzekerheid omdat er concurrentie is op de energiemarkt.

Zonnevelden, is er onzekerheid als gevolg van de concurrentie voor het oppervlakte.

Tabel 2 - Sturingsmatrix warmtebronnen U16



4 Verbinden van warmtevraag en -aanbod

Met behulp van de warmtevraag en -aanbod wordt in dit hoofdstuk een koppeling gemaakt tussen bronnen en potentiële afnemers. Voor dit onderzoek is slechts gekeken naar mogelijkheden voor regionale en collectieve oplossingen.

4.1 Bestaande warmtenetten

In de U16 zijn er al een aantal collectieve warmtesystemen operationeel. In Utrecht en Nieuwegein ligt een regionaal verbonden warmtenet en op het Utrecht Science Park en in Houten liggen lokale warmtenetten. Deze warmtenetten maken op dit moment gebruik van fossiele brandstoffen en/of biomassa. Ze zullen in de nabije toekomst verder moeten verduurzamen. Hiervoor kunnen de collectieve warmtebronnen, besproken in dit onderzoek, worden aangesproken met de voor- en nadelen die bij elk brontype horen.

De factsheets (Bijlage C - Factsheets met informatie per type bron), bronkaarten (Bijlage G - Diverse ondersteunende kaarten), het bronoverzicht (Bijlage B - Bronoverzicht algemeen) en menukaart (Bijlage D - Menukaart per wijk) leveren informatie dat gebruikt kan worden om besluitvorming hierover op te stellen.

Een collectief warmtesysteem kan toe- en/of afnemen in omvang. De omvang kan toenemen door uitbreiden, inbreiden of verdichten:

- Uitbreiden betekent dat een nieuwe buurt of wijk wordt aangesloten op het warmtenet.
- Inbreiden betekent dat een tot nog toe niet-aangesloten deel van een buurt of wijk alsnog wordt aangesloten.
- Verdichten betekend dat eerdere niet-aangesloten gebouwen tussen andere afnemers alsnog worden aangesloten.

Een toename van een warmtenet kan ook plaatsvinden door warmtenetten aan elkaar te koppelen. Door de koppeling zal er:

- Meer redundantie ontstaan in het warmtenet;
- Worden beide netten robuuster;
- Kan er een meer diverse bronnenmix ontstaan.

Er zijn wel technische randvoorwaarden verbonden aan het koppelen van warmtenetten, waardoor het niet in alle gevallen mogelijk is.

Daarnaast kan een collectief warmtesysteem ook afnemen in omvang als het warmtenet in kleinere stukken wordt opgedeeld. Zo is het mogelijk om een aantal kleinere bronnen in te zetten bij de voorziening van warmte.

4.2 Menukaart

De menukaart biedt inzicht in de eigenschappen van de warmtevraag⁶ en -opties voor warmtebronnen⁷ per wijk. De randvoorwaarden voor de koppeling zijn gekozen op een manier dat de schaalgrootte (clustering/aantal woningen) de potentie heeft een haalbaar en rendabel warmtenet te krijgen (Figuur 8 - Illustratie van de menukaart).

Het is bedoeld als startpunt voor verdere verkenningen. Voor elke wijk is per warmtevraagsegment (HT/MT/LT) de warmtevraagprognose voor 2030, 2040 en 2050 aangegeven. Daarnaast zijn voor elk warmtesegment de warmtebronnentypes in kaart gebracht. Deze opties zijn een resultaat van de koppeling die gemaakt is als gevolg van de geografische potentie. Een lege cel geeft aan dat de wijk niet geschikt is voor een warmtenet.

Twee aanvullende opmerkingen bij het lezen van de lokale warmtebronnentypes:

1. Binnen het bereik van een bron kunnen meerdere wijken liggen. Sommige bronnen zullen daardoor in meerdere wijken voorkomen. Hierdoor kan de bron zowel lokaal als boven lokaal zijn.
2. Bronnen kunnen beschikbaar zijn voor meerdere bronnentypes (MT en HT of LT en MT). Zo is ondiepe geothermie in principe beschikbaar voor LT, maar is het in sommige gevallen kansrijk om de bron op te waarderen naar MT door middel van een warmtepomp. Daarom staat de ondiepe geothermie zowel bij LT als MT.

Wijkidentificatie				Warmtevraag (prognose 2030) ¹				Prognose 2040/2050 ¹		Lokale warmtebronnentypes ⁴				Warmtecluster ⁵
Wijkcode	Wijknaam	Gemeente	Gemeentenaam	Totale warmtevraag [TJ]	Warmtevraaglichtheid ² [TJ/m²]	HT, MT, LT ³	HT, MT, LT ³	Warmtevraag 2040 [TJ]	Warmtevraag 2050 [TJ]	HT-bronnen	MT-bronnen	LT-bronnen		
W001001	Wendebank	GM0310	De Bilt	51,9	803			47,0	42,0	Zonnepanel	LT-bronnen: Ond. GSD, TSD, TED	Ond. GSD, TSD, TED		Wendebank
W001002	Hollandsche Rading	GM0310	De Bilt	47,1	1.137			42,6	38,6	Zonnepanel	LT-bronnen: Ond. GSD, TSD	Ond. GSD, TSD		Hollandsche Rading 1, 2 & 3
W001003	Miaartendijk	GM0310	De Bilt	147,8	1.245			138,8	120,0	Zonnepanel, D. GSD, LT, GSD	LT-bronnen: Ond. GSD, TSD	Ond. GSD, TSD		Achtervenning, Miaartendijk
W001004	Gronseman	GM0310	De Bilt	95,1	1.059			90,0	77,0	Zon op Dak, Zonnepanel (MT-bronnen: RSM)	RSM (LT-bronnen: Datalogische irectie, Ond. GSD, TSD, TGA, TED)	Datalogische irectie, Ond. GSD, TSD, TGA, TED		Gronseman
W001005	De Leijen	GM0310	De Bilt	95,5	1.364			90,0	81,0	KLW, Zon op Dak, Zonnepanel, D. GSD, LT, GSD (MT-bronnen: RSM, RSM)	RSM, RSM (LT-bronnen: Datalogische irectie, Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED)	Datalogische irectie, Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED		Bilthoven
W001006	Bilthoven Noord	GM0310	De Bilt	215,9	989			195,2	176,0	KLW, Zon op Dak, Zonnepanel, D. GSD, LT, GSD (MT-bronnen: RSM, RSM)	RSM, RSM (LT-bronnen: Datalogische irectie, Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED)	Datalogische irectie, Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED		Bilthoven
W001007	Bilthoven Zuid Oost	GM0310	De Bilt	122,9	1.274			111,2	100,0	KLW, Zon op Dak, Zonnepanel, D. GSD, LT, GSD (MT-bronnen: RSM, RSM)	RSM, RSM (LT-bronnen: Datalogische irectie, Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED)	Datalogische irectie, Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED		Bilthoven
W001008	Bilthoven Zuid West	GM0310	De Bilt	206,7	1.390			189,9	172,0	KLW, Zon op Dak, Zonnepanel, D. GSD, LT, GSD (MT-bronnen: RSM, RSM)	RSM, RSM (LT-bronnen: Datalogische irectie, Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED)	Datalogische irectie, Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED		Bilthoven
W001009	De Bilt West	GM0310	De Bilt	136,8	1.228			129,7	111,0	KLW, Zon op Dak, Zonnepanel, D. GSD, LT, GSD (MT-bronnen: RSM, RSM)	RSM, RSM (LT-bronnen: Datalogische irectie, Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED)	Datalogische irectie, Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED		Bilthoven
W001010	De Bilt Oost	GM0310	De Bilt	132,2	1.527			118,6	108,0	Zon op Dak, Zonnepanel, D. GSD, LT, GSD (MT-bronnen: RSM, RSM)	RSM, RSM (LT-bronnen: Datalogische irectie, Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED)	Datalogische irectie, Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED		Bilthoven
W001200	Wijk 00 Bunnik	GM0312	Bunnik	242,1	1.229			205,4	245,0	Zon op Dak, Zonnepanel, D. GSD, LT, GSD (MT-bronnen: Vnuma, Vnuma)	RSM, Vnuma (LT-bronnen: Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED)	Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED		Bunnik
W001201	Wijk 01 Oude	GM0312	Bunnik	136,9	1.158			120,1	110,4	Zon op Dak, Zonnepanel, D. GSD, LT, GSD (MT-bronnen: Vnuma, Vnuma)	Vnuma (LT-bronnen: Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED)	Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED		Oude
W001202	Wijk 02 Westhoven	GM0312	Bunnik	71,1	841			68,0	61,4	Zonnepanel, D. GSD, LT, GSD	LT-bronnen: Koelwarmte, Ond. GSD, TSD	Koelwarmte, Ond. GSD, TSD		Westhoven
W001210	Wijk 10 Houten Noord-West	GM0321	Houten	238,6	1.063			216,7	190,0	Zon op Dak, Zonnepanel, D. GSD, LT, GSD (MT-bronnen: Vnuma, Vnuma)	Vnuma (LT-bronnen: Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED)	Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED		Houten
W001211	Wijk 11 Houten Noord-Oost	GM0321	Houten	191,8	1.167			173,3	154,0	Zon op Dak, Zonnepanel, D. GSD, LT, GSD (MT-bronnen: Vnuma, Vnuma)	Vnuma (LT-bronnen: Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED)	Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED		Houten
W001212	Wijk 12 Houten Zuid-West	GM0321	Houten	150,8	982			136,4	123,3	Zon op Dak, Zonnepanel, D. GSD, LT, GSD (MT-bronnen: Vnuma, Vnuma)	Vnuma (LT-bronnen: Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED)	Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED		Houten
W001213	Wijk 13 Houten Zuid-Oost	GM0321	Houten	127,2	992			115,0	104,4	Zon op Dak, Zonnepanel, D. GSD, LT, GSD (MT-bronnen: Vnuma, Vnuma)	Vnuma (LT-bronnen: Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED)	Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED		Houten
W001219	Wijk 20 Houten Buitengebied	GM0321	Houten	262,4	2.168			234,9	202,0	Zon op Dak, Zonnepanel, D. GSD, LT, GSD (MT-bronnen: Vnuma, Vnuma)	Vnuma (LT-bronnen: Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED)	Koelwarmte, Ond. GSD, TSD, TGA, TED		Houten
W001219	Wijk 30 't Gay	GM0321	Houten	11,5	1.088			10,4	9,4					
W001219	Wijk 31 't Gay Buitengebied	GM0321	Houten	36,4	1.773			31,6	32,2					

Figuur 8 - Illustratie van de menukaart.

⁶ Detaillering van de uitwerken staat beschreven in 7.1 Warmtevraag

⁷ Detaillering van de uitwerken staat beschreven in 7.2 Warmtebronnen.

4.3 Optimalisatie warmtevraag en -aanbod

Isolatie en buffering spelen een belangrijke rol in de optimalisatie van warmtevraag en -aanbod.

Isolatie (zie ook: [Expertise Centrum Warmte](#))

Door isolatiemaatregelen van bestaande gebouweigenaren neemt de warmtevraag af. Dit vergroot de potentiële dekkinggraad van de huidige bronnen en leidingen. Een vaak gebruikt percentage voor de jaarlijkse autonome warmtevraagreductie is 1% per jaar, maar dit kan lokaal sterk verschillen en is erg afhankelijk van de stimuleringsmaatregelen vanuit de overheden. Deze 1% wordt wellicht enkel bereikt met meer stimulering dan met het huidige beleid.

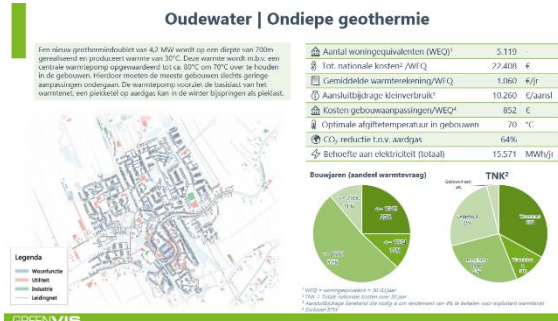
Buffering

Warmtebuffering kan op hoofdlijnen op twee manieren: kortetermijn- en langetermijnbuffering. Korte termijnbuffering heeft als doel om de inzet van piekopwek te verlagen door warmte voor circa 24-48 uur op te slaan. Hiervoor worden standaard buffervaten gebruikt.

Langetermijnbuffering (of: seizoenbuffering) heeft als doel om warmte uit de zomer op te slaan voor gebruik in de winter en zo de piekopwek voor het grootste deel of volledig overbodig te maken. Hiervoor wordt standaard warmte-koude opslag (WKO) gebruikt. De potentie om een WKO te realiseren is weergegeven per gemeente in (Bijlage G10 - WKO potentie). WKO is in Nederland enkel toegelaten voor temperaturen tot 25°C. Voor MT- of HT-warmteopslag moet het opslagmedium gescheiden worden van de bodem door middel van bijvoorbeeld een opslagvat (Ecovat) of een HoCoSto.

4.4 Voorbeeldwarmtekansen uitgewerkt

Het verbinden van warmtevraag en -aanbod vereist het overbruggen van de afstand tussen deze twee, maar in veel gevallen ook van temperatuur en profiel in de tijd. Om een beeld te geven bij de ordegrrootte van de financiële consequenties van een dergelijk complex project zijn acht fictieve voorbeeldwarmtekansen uitgewerkt. Deze acht warmtekansen zijn geselecteerd op geografische en conceptuele diversiteit en niet omdat ze het meest kansrijk zijn. Het doel is dan ook met name het overbrengen van inzicht. De resultaten van deze uitwerking is te raadplegen in een verzameling factsheets per warmtekans: (Bijlage E - Factsheets warmtekansen).



Figuur 9 – Factsheet warmtekansen ondiepe geothermie.

Om een uniforme en snelle doorrekening van deze warmtekansen te maken hebben we gebruik gemaakt van de Greenvis Warmtetoel ([link](#)). Dit rekenmodel laat toe om, rekening houdend met de huidige staat van gebouwen, diverse toekomstige aardgasvrije alternatieven door te rekenen. Daarbij worden alle nodige technieken en kosten berekend: warmtebron en hulpbronnen, warmtenet en hulpsystemen, afgiftesystemen, isolatie en andere gebouwzijdige kosten. In de methodiek van deze rapportage wordt een lijst met belangrijkste uitgangspunten gegeven. In deze doorrekening gaat het niet om de details van deze doorrekening, maar om het overbrengen van het grote plaatje waar de kosten zitten in een echte warmtenet-case.

5 Warmtestrategieën

In 2050 worden alternatieve en duurzame warmteconcepten gebruikt, die de gebouwde omgeving in de U16-regio aardgasvrij verwarmen. Hoe deze warmtevoorziening er dan uit ziet, noemen we het 'Eindbeeld warmtetransitie'.

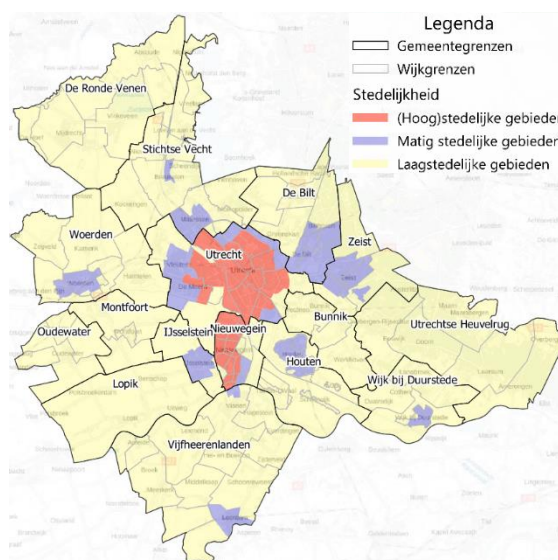
Dit hoofdstuk onderscheidt drie type deelgebieden in de regio. Zo'n onderscheid is belangrijk, omdat dat invloed heeft op verschillende warmtestrategieën. Daarnaast beschrijft dit hoofdstuk hoe kansrijk verschillende warmtestrategieën binnen de verschillende deelgebieden zijn en welke factoren daar een sterke invloed op hebben. Ook worden de belangrijke consequenties van deze strategieën geschetst.

5.1 Deelgebieden⁸

Er is onderscheid gemaakt in drie typen stedelijkheid (Bijlage G11 - Stedelijkheid):

1. (Hoog)stedelijke gebieden (rood): *delen van Utrecht & Nieuwegein.*

In hoogstedelijke gebieden is het waarschijnlijk dat een groot deel wordt verwarmd door collectieve warmtesystemen. De voornaamste reden is dat er al een groot regionaal warmtenet operationeel is. De opgave is om de voeding van dit warmtenet te verduurzamen. Hoe dit gaat gebeuren hangt af van de verderop besproken factoren. Met name de beschikbaarheid van en bestuurlijke houding tegenover hoge temperatuur warmtebronnen (geothermie, biomassa en zonthermie) speelt hier een grote rol in. Ook de afbakening van het warmtenetgebied hangt af van factoren.



Figuur 10 - Overzichtskartaal stedelijkheid U16.

2. Matig stedelijke gebieden (paars): *delen van gemeenten Utrecht, Nieuwegein, De Bilt, Zeist, Wijk bij Duurstede, Houten, IJsselstein, Woerden, Stichtse Vecht en Vijfheerenlanden.*

Het eindbeeld in matig stedelijke gebieden hangt sterk af van factoren. Deze bepalen in grote mate de focus op collectieve of individuele warmteconcepten. Ook hebben lokale factoren en bestuurlijke overwegingen hier een relatief grote invloed. Per case is een afwegingskader en haalbaarheidsstudie nodig. Dit document biedt als resultaat van het regionale warmteonderzoek input voor de een eerste stap dit proces.

⁸ Onderverdeling grofweg op basis van de CBS-metrick 'mate van stedelijkheid', die dan weer gebaseerd is op gemiddelde adressendichtheid

3. Laagstedelijke gebieden (geel): *grote delen van of volledige gemeenten De Ronde Venen, Stichtse Vecht, Bunnik, Utrechtse Heuvelrug, Wijk bij Duurstede, Vijfheerenlanden, Lopik, Montfoort en Oudewater. Kleine delen van gemeenten Utrecht en Nieuwegein.*

In laagstedelijke gebieden zullen individuele en klein-collectieve warmteoplossingen sterk naar voren komen in het eindbeeld. De twee hoofdkeuzen hierin zijn individuele of klein-collectieve warmtepompen en ketels op duurzaam gas. Een hybride vorm is ook een optie. Voor beide zal een andere infrastructuur dan warmte primaire energie tot aan de gebouwen moeten brengen: elektriciteit en/of duurzaam gas. Bijna zeker is dat bestaande infrastructuur een upgrade nodig heeft om dit eindbeeld te realiseren, zoals het verzwaren van het elektriciteitsnet en/of het klaarmaken van gasleidingen voor waterstofgas. De opgave ligt in dit geval in het duurzaam opwekken/produceren van de primaire energie. Deze opgave ligt buiten scope van dit onderzoek.

5.2 Strategieën, factoren en consequenties

Het aardgasvrij verwarmen van de U16-regio kent complexe en wederzijdse afhankelijkheden tussen lokale keuzes en (externe) factoren. Belangrijke factoren zijn de nationale wetgeving, technologische ontwikkelingen en de aanscherping van de werkelijke potentie van technieken (o.a. geothermie).

In deze sectie wordt een vereenvoudigd overzicht gegeven van deze afhankelijkheden. Dat wordt gedaan door middel van strategieën, factoren en consequenties. In de basis is de causaliteit opgebouwd als in Figuur 11.



Figuur 11 - Causale volgorde van de sequentie.

In de praktijk kunnen de pijlen ook in tegengestelde richting lopen, maar dit is eerder uitzondering dan de regel.

Strategieën

We onderscheiden strategieën op basis van waar de bestuurlijke focus komt te liggen in de komende 10 tot 30 jaar. Deze focus zal ook in grote mate het eindbeeld in dat deelgebied bepalen. De drie hoofdstrategieën die we onderscheiden zijn:

- [Strategie 1] Focus op warmtenetten met hoge temperatuur bronnen⁹,
- [Strategie 2] Focus op warmtenetten met lage temperatuur bronnen,
- [Strategie 3] Focus op individuele en klein collectieve warmteconcepten.

De optimale initiële focus verschilt per deelgebied:

- In hoogstedelijke gebieden ligt de focus initieel op collectieve systemen (strategie 1 en/of 2).
- In laagstedelijke gebieden op individuele concepten (strategie 3).
- In matig stedelijke gebieden is de optimale initiële strategie het minst duidelijk.

⁹ De grens tussen hoge en lage temperatuur bronnen is in dit hoofdstuk niet scherp gedefinieerd om de aandacht niet af te leiden van het strategisch denkniveau. Om dezelfde reden is MT niet als aparte categorie benoemd.

Factoren

Daarnaast kunnen verschillende uitkomsten van (externe) factoren een verschuiving hierin stimuleren. Tabel 3 geeft een lijst van factoren die allicht een grote rol zullen spelen, met ernaast de mogelijke uitkomsten en welke verschuiving in focus deze uitkomst stimuleert. De inhoud van deze tabel is een inschatting op basis van huidige inzichten bij de auteurs en dient niet als volledige waarheid te worden aangenomen. In sommige cellen van de tabel is een causale keten beschreven om de samenhang tussen factor en strategieën te onderbouwen.

Tabel 3 - (Niet-uitputtend) Overzicht van factoren die invloed hebben op de te volgen strategie. Uitkomsten in de eerste kolom stimuleren strategie 1, in de tweede kolom strategie 2 enz. Soms kan één uitkomst twee strategieën stimuleren (door bijvoorbeeld de andere te ontmoedigen), in dat geval kan dezelfde uitkomst in twee kolommen staan.

Factor	Mogelijke uitkomst 1	Mogelijke uitkomst 2	Mogelijke uitkomst 3
Haalbaarheid geothermie	Diepe geothermie haalbaar	Ondiepe geothermie haalbaar	Geothermie niet haalbaar
Ontwikkeling grootschalige waterstofproductie	Ontwikkeling waterstof volgens landelijke prognose → inzetten voor piekketels	Ontwikkeling waterstof volgens landelijke prognose → inzetten voor piekketels	Productiecapaciteit groter dan gemiddelde prognose → distributie tot aan woningen mogelijk
Bestuurlijke houding t.o.v. HT-bronnen als geo- en zonthermie en bio-energie	Positieve houding	Negatieve houding	Negatieve houding
Beleid omtrent minimum isolatie	Isolatie geen doel op zich → veel gebouwen behouden HT vraagbehoefte	Stimulering/verplichting minimum isolatie	Stimulering/verplichting minimum isolatie
Overheidsparticipatie in warmtenetten	Veel participatie → lagere rendementseis → lagere warmtetarieven	Veel participatie → lagere rendementseis → betaalbare warmtetarieven	Weinig participatie → hogere rendementseis → hogere warmtetarieven
			
Resultaat	<i>Deze uitkomsten stimuleren strategie 1: Focus op warmtenetten met <u>hoge-temperatuurbronnen</u></i>	<i>Deze uitkomsten stimuleren strategie 2: Focus op warmtenetten met <u>lage-temperatuurbronnen</u></i>	<i>Deze uitkomsten stimuleren strategie 3: Focus op <u>individuele/klein-collectieve warmteconcepten</u></i>
			
Consequenties	<i>Grotere warmtenetten, mogelijke lock-in</i>	<i>Meer lokale warmtenetten, meer maatwerk mogelijk, meer noodzaak aan elektra en/of isolatie</i>	<i>Maximaal maatwerk mogelijk, lastig te regisseren, meer noodzaak aan elektra en/of isolatie</i>

Consequenties

Elke strategie heeft een aantal consequenties. Sommige van de belangrijkste zijn hieronder opgesomd. De hoofdboodschap is dat keuze voor warmteconcepten impact heeft op andere sectoren en ruimtelijke thema's:

- [Strategie 1] Focus op warmtenetten met HT-bronnen. HT bronnen hebben over het algemeen een grote capaciteit. Daardoor zullen warmtenetten ook groter zijn en ontstaat er een mogelijkheid om ze aan elkaar te koppelen. Indien duurzame HT warmte beschikbaar is, kan het voordelig zijn om bestaande netten maximaal uit te breiden om zo veel mogelijk gebouwen te voorzien van de HT bronnen die deze netten gaan voeden. Mogelijk wordt er minder focus gelegd op isolatie van gebouwen, omdat gebouwen zonder verregaande maatregelen verwarmd kunnen worden door het warmtenet. Dit creëert mogelijk een lock-in scenario (bijv. bij restwarmte of bio-energie), waarin veel gebouwen afhankelijk zijn van de HT-bron. Als deze bron weg zou vallen, is het niet eenvoudig om snel een duurzaam alternatief te voorzien.
- [Strategie 2] Focus op warmtenetten met LT-bronnen. Warmtenetten met LT-bronnen hebben vaak een sterk lokaal karakter, waardoor meer maatwerk per gebied gestimuleerd wordt. LT-bronnen en oude gebouwen (HT warmtevraag) kennen een mismatch op het gebied van temperatuur. Deze mismatch kan overbrugd worden aan de bronzijde door middel van een warmtepomp. Deze route vergroot de vraag naar duurzame elektriciteit (zie 3.4 Link met elektriciteit). De mismatch kan ook worden overbrugd door gebouwen verregaand te isoleren, wat de vraag naar warmte verlaagt maar uiteraard grote gebouwzijdige investeringen vergt.
- [Strategie 3] Focus op individuele/klein-collectieve warmteconcepten. Dit scenario biedt de meeste opties tot maatwerk, maar is moeilijker te regisseren vanuit overheden. Er is een grotere ruimtelijke impact in de gebouwen zelf (in het geval van warmtepompen). Vergelijkbaar met strategie 2 is:
 - ofwel een behoorlijke extra vraag naar elektriciteit (voor opwaarderen van warmte) en aanzienlijke investeringen ten behoeve van schilverbeteringen benodigd,
 - ofwel een grote vraag naar duurzaam gas (dat nu nog niet voldoende beschikbaar is).

6 Conclusies

De warmtetransitie in energieregio U16 is een verzameling van diverse vraagstukken. Deze vraagstukken zijn wederzijds afhankelijk van elkaar en van de andere deelopgave in de RES: duurzame elektriciteit. Welke richting de warmtetransitie opgaat, hangt af van bestuurlijke besluiten die genomen zullen worden (top-down), van welke initiatieven vanuit bewoners en collectieven zullen worden opgestart (bottom-up) en van externe factoren.

Dit warmteonderzoek biedt een grote hoeveelheid aan informatie en inzichten die met de juiste blik moeten worden geraadpleegd. Er is nu een globaal beeld bij de omvang van warmtevraag en -aanbod en de mogelijkheden om die te koppelen. Dit is een startpunt voor het bestuurlijke overleg en een goed onderbouwde en breed gedragen RES 1.0.

Warmtevraag

De gebouwde omgeving van de U16 heeft een totale warmtevraag van 29 PJ in 2020. Door de verhouding van nieuwbouw en sloop zullen er netto gebouwen bijkomen. Echter, door: de relatief lage warmtevraag voor nieuwbouw ten opzichte van bestaande bouw, de verwachte isolatiemaatregelen en de opwarming als gevolg van klimaatverandering, zal deze warmtevraag in 2030 nog maar 27 PJ en in 2050 23 PJ zijn. Ruwweg de helft hiervan zal door isolatie-inspanningen verwarmd kunnen worden met middentemperatuur warmte (50-70°C), ca. 25% met lage temperatuur warmte (< 50 °C) en het laatste kwart heeft in 2050 nog steeds behoefte aan hoge temperatuur (> 70 °C). Dit hangt natuurlijk sterk af van de mate waarin bestuurlijk wordt ingezet in stimulering van isolatiemaatregelen.

Warmtebronnen

De grootste potentiële warmtebronnen in de regio U16 zijn geothermie, aquathermie en zonthermie. Deze bronnen hebben elk de potentie om de volledige warmtevraag in de U16 in te vullen. Elk van deze bronnen kent echter ook uitdagingen en/of onzekerheden.

- De werkelijke potentie van geothermie is nog onzeker en het ontsluiten van deze bron kent nog grote uitdagingen (minimale schaalgrootte voor een rendabel project, veranderende wetgeving, omgevings- en milieurisico's en het gevoelige publieke debat over deze risico's).
- Thermische energie uit oppervlaktewater (de vorm van aquathermie met de grootste potentie) is lage temperatuur warmte en vereist seizoensopslag en een aanzienlijke hoeveelheid elektrische hulpenergie en/of verregaande isolatie van gebouwen.
- Zonthermie is nog relatief duur, heeft een grote ruimtelijke impact en vereist lange termijn warmteopslag.
- Verbranding van biogas en biomassa kent concurrentie van andere sectoren en toepassingen van dezelfde grondstof. De daadwerkelijk hernieuwbaar beschikbare biogene reststromen in een circulaire economie zijn moeilijk te voorspellen en hangt af van veel factoren. In het recent verschenen SER-advies wordt een genuanceerd beeld gegeven van bio-energie, o.a. als lange termijn warmtebron, waaruit blijkt dat de potentie in de toekomst wellicht afneemt en spaarzaam zal moeten worden ingezet als piekwarmtebron.
- Restwarmte is niet grootschalig beschikbaar in de U16. De meeste bronnen die er zijn kunnen zeker in de nabije omgeving een erg aantrekkelijke warmtebron zijn, waarbij gemeente-overstijgend overleg niet aan de orde is.

Koppelkansen en warmtestrategieën

Er zijn veel koppelkansen om warmtevraag en -aanbod lokaal met elkaar te verbinden. Deze studie reikt een menukaart aan met warmtebronnen per wijk en illustreert wat er nodig is om dit te doen aan de hand van uitgewerkte voorbeeld warmtekansen. De Transitievisies Warmte en Wijkuitvoeringsplannen dienen dieper onderzoek te doen naar de haalbaarheid van de bron-afnemer combinaties die in deze studie worden benoemd. Op plekken waar al warmtenetten liggen zullen deze in de toekomst een bepalende rol blijven spelen in de warmtestrategie.

Welke strategie uiteindelijk ingezet wordt, is verschillend voor verschillende deelgebieden van de U16 en hangt af van externe factoren. In hoogstedelijke gebieden zal de focus initieel op warmtenetten met hoge temperatuur warmtebronnen liggen. In laagstedelijke gebieden lijken individuele of klein-collectieve warmteconcepten op dit moment het meest kansrijk. In matig stedelijk (tussen hoog- en laagstedelijk in) is de optimale initiële focus het minst duidelijk en het meest afhankelijk van externe en lokale factoren.

7 Methodiek

In dit hoofdstuk wordt de methodiek uitgelegd die is gebruikt om tot de resultaten in hoofdstuk 2 tot en met 5 te komen.

7.1 Warmtevraag

In deze paragraaf wordt beschreven hoe de warmtevraag is bepaald van de gebouwde omgeving. Verder wordt uitgelegd hoe de warmtevraag is opgesplitst in de drie temperatuursegmenten (HT/MT/LT) en hoe de prognose voor 2030, 2040 en 2050 is bepaald.

Warmtevraag 2020

Om de warmtevraag van de gebouwde omgeving te berekenen is de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) gebruikt (peildatum: december 2019). Aan de hand van de BAG is een berekening gedaan om de warmtevraag en het vermogen per type pand te berekenen. Een uitgebreide uitleg van deze methode is terug te vinden in (Bijlage A - Methode warmtevraagberekening).

Voor de glastuinbouw is een alternatieve methode gebruikt. Er is een verdeling gemaakt tussen koude en warmte in type energievraag. Voor de grootste kassen (25% van het totaal aantal glastuinbouw) is handmatig gekeken in welke categorie de kas valt. Vervolgens is de ratio van die 25% over de overgebleven 75% geaggregeerd.

Vervolgens is de warmtevraag opgedeeld in drie temperatuursegmenten (HT/MT/LT). Om deze segmenten te bepalen zijn de onderstaande uitgangspunten gehanteerd.

Tabel 4 - Uitgangspunten opsplitsing warmtevraag naar temperatuursegment voor gebouwde omgeving.

Periode bouwjaar	Behoefte aanvoertemperatuur afgiftesysteem	Temperatuursegment
Tot en met 1939	> 70 °C	HT
1940 - 1999	50 – 70 °C	MT
Vanaf 2000	< 50 °C	LT

Tabel 5 - Uitgangspunten opsplitsing warmtevraag naar temperatuursegment voor glastuinbouw.

Type glastuinbouw	Warmtevraag (GJ/m ²)	Temperatuursegment
Koude	0,37	HT
Warmte	1,06	LT

Prognose warmtevraag 2030, 2040 en 2050

Om een prognose te kunnen maken van de warmtevraag in 2030, 2040 en 2050, zijn ontvangen bouwplannen meegenomen en is er uitgegaan van een warmtereductie. Er is aangenomen dat extra warmtevraag door nieuwbouw volledig bestaat uit LT-warmtevraag. Bij slooppunten is er aangenomen dat dit zorgt voor een reductie in HT-warmtevraag. Wanneer er in een wijk meer sloop is dan HT-warmtevraag vindt er voor het overige deel een reductie plaats in MT-warmtevraag. De overige reductie ontstaat door isolatie van de woningen. Voor de berekening van de warmtereductie is er uitgegaan van 1% per jaar. Deze reductie is uitsluitend toegepast op de warmtevraag van de huidige woningen.

7.2 Warmtebronnen

In de volgende koppen wordt beschreven hoe de data uit het bronnenoverzicht (Bijlage B - Bronoverzicht algemeen) is verkregen. De volledige bronnenlijst is te vinden in: (Bijlage H - Overzicht informatiebronnen)

Voor de kwantitatieve data (potentie en temperatuur) hebben we in aflopende volgorde van voorkeur de volgende methoden gebruikt:

- Bestaande data uit gepubliceerde studies (landelijk of regionaal).
- Combinatie van open data met gepubliceerde kengetallen.
- Combinatie van open data met generieke Greenvis kengetallen.

Voor de SWOT-analyse hebben we de volgende bronnen gecombineerd:

- Bestaande data uit gepubliceerde studies (landelijk of regionaal).
- Enquêtes en gesprekken met belanghebbende.
- Greenvis kenniscentrum.

Voor het berekenen van de elektriciteitsverbruik en de CO₂-uitstoot zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

- Er is een berekening gedaan voor opwaarderen naar 40 en 70 °C;
- De COP is bereken a.d.h.v. de Carnot cyclus met een systeemrendement van 55%;
- Het elektriciteitsverbruik bestaat uit:
 - Het eventueel opwaarderen van de warmte naar een hoger niveau.
 - Elektriciteitsgebruik voor de onttrekking.
 - Elektriciteitsgebruik voor de distributie (0,0018 MJ_e/MJ_{th}.km), met 700 m transportnet.
- Voor de CO₂-uitstoot van het elektra is er uitgegaan van 0,09 kg/kWh volgens de KEV 2019¹⁰;
- Voor de CO₂-uitstoot van restwarmte is er uitgegaan van 10% van de CO₂-factor van elektra.

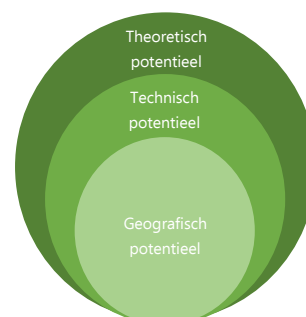
De EOR (equivalent opwekkingsrendement) is op de volgende manier berekend:

- De EOR is de inverse van de PEF (primaire energiefactor);
- De PEF bestaat uit:
 - Het elektragebruik met een PEF van 0,53, volgens de KEV 2019;
 - Eventueel restwarmte met een PEF van 0,1 volgens de NEN 7125.

De potentie is bepaald op drie niveaus (theoretische, technische en geografische potentie). In onderstaande tabel staat beschreven wat de uitgangspunten zijn per niveau.

Tabel 6 - Uitgangspunten voor bepaling type potentie.

Type potentie	Uitgangspunten
Theoretisch potentieel	De totale hoeveelheid energie die in het systeem zit en in theorie benut kan worden, met een minimale potentie van 5 TJ/jr.
Technisch potentieel	Het deel van de theoretische potentie die met de huidige technische mogelijkheden benut kan worden. Dit verschilt per type bron.
Geografisch potentieel	Het deel van de technische potentie dat aansluit bij de warmtevraag.



Hieronder wordt per bron beschreven welke uitgangspunten zijn gehanteerd om tot de theoretische en technische potentie te komen. De berekening voor de geografische potentie wordt verder op ingegaan in sectie 7.3.

Geothermie

Geothermie is onderverdeeld in ondiepe geothermie (ODG), diepe geothermie (DG) en ultradiepe geothermie (UDG). De theoretische potentie is bepaald aan de hand van het aantal doubletten per km² en het vermogen per doublet. Het aantal vollasturen is gelijk aan 8760 uur.

¹⁰ Klimaat en Energieverkenning 2019.

Voor de bepaling van de technische potentie is de stedelijkheid¹¹ van de buurt meegenomen afhankelijk van het type geothermie. Verder is er rekening gehouden met grondwaterbeschermingsgebieden. In de onderstaande tabel zijn alle uitgangspunten voor de theoretische en technische potentie per type geothermie weergegeven.

Tabel 7 - Uitgangspunten theoretische en technische potentie voor geothermie.

Type geothermie	Doubletten [aantal/km ²]	Vermogen [MW/doublet]	Stedelijkheid
Ondiepe geothermie	0,25	4	3 t/m 5
Diepe geothermie	0,0625	15	4 & 5
Ultradiepe geothermie	0,0625	22,5	4 & 5

Aquathermie

Aquathermie is onderverdeeld in thermische energie uit oppervlaktewater (TEO), thermische energie uit afvalwater (TEA), thermische energie uit drinkwater (TED) en thermische energie uit de WRK-leidingen (WRK).

Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO)

De theoretische potentie van TEO is bepaald door data van Deltares. In deze data is er rekening gehouden met de WKO-potentie. Alle waterlichamen die een potentieel hebben van meer dan 5 TJ/jr zijn meegenomen. Er zijn 3000 vollasturen aangenomen voor de berekening van het vermogen. Aangezien de WKO-potentie al is meegenomen, is er aangenomen dat de theoretische potentie gelijk is aan de technische potentie.

Thermische energie uit afvalwater (TEA)

De theoretische potentie van TEA is bepaald door data van Syntraal. Deze potentie is onderverdeeld in potentie uit rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) en rioolgemaal. Er is rekening gehouden met de WKO-potentie. Alle bronnen met een potentieel van meer dan 5 TJ/jr zijn meegenomen. Voor de berekening van het vermogen is er uitgegaan van 4500 vollasturen. De technische potentie is gelijk aan de theoretische potentie aangezien er al rekening is gehouden met de WKO-potentie.

Thermische energie uit drinkwater (TED)

Voor de bepaling van de theoretische potentie van TED is de actuele productie (in m³/jr) van de drinkwaterbedrijven gebruikt. In het geval dat er geen productie bekend is, is de hoeveelheid winvergunning gebruikt. Om de hoeveelheid warmte te berekenen is een delta T van 5 °C aangenomen en 8760 vollasturen. Er is aangenomen dat de technische potentie gelijk is aan de theoretische potentie.

Thermische energie uit de WRK-leidingen (WRK)

De theoretische potentie uit de WRK-leiding is bepaald uit informatie van het warmtenet¹². Er is gerekend met een delta T van 5 °C. Er is aangenomen dat de technische potentie gelijk is aan de theoretische potentie.

Zonthermie

Zonthermie is onderverdeeld in zon op dak (ZonD) en zonnevelden (ZonV).

Zon op dak

Voor het bepalen van de theoretische potentie van zonthermie op dak is een dakoppervlak van minimaal 285 m² aangenomen. Van de overgebleven daken is er een dak efficiëntie van 90% aangenomen en een potentie van 3,86 GJ/m². Het vermogen is berekend met een aanname van 900 vollasturen. Het technische vermogen is berekend met een dak efficiëntie van 50%, een potentie van 2 GJ/m² en een stedelijkheid van 3 t/m 5.

¹¹ De stedelijkheid per buurt is bepaald door het CBS met een schaal van 1 t/m 5 afhankelijk van de adressendichtheid (aantal adressen/km²). Hoe hoger de stedelijkheid, hoe lager de adressendichtheid. Buurten met een stedelijkheid vanaf 4 hebben minder dan 1000 adressen per km².

¹² [Omgevingswarmtekaart Warmte uit drinkwater](#)

Zonnevelden

De theoretische potentie van zonthermie op veld is bepaald met behulp van geodata van het RIVM. Deze data bevat alle velden in de regio U16 waar zonnepanelen geïnstalleerd kunnen worden, inclusief een schatting van de potentie. Alle velden met een minimale potentie van 5 TJ/jr zijn meegenomen. Voor het bepalen van het vermogen is er gerekend met 950 vollasturen. Voor het technische vermogen is er aangenomen dat 75% van het oppervlak effectief gebruikt kan worden in verband met opslag van de zonthermie.

Biomassa/biogas

Voor de berekening van de biomassa en biogas potentie is er uitgegaan van de hoeveelheid potentie dat beschikbaar is per gemeente in de U16. Voor biomassa is bos- en snoeiafval meegenomen. Voor biogas is GFT-afval, reststromen van akkerbouw, vloeibaar mest, bermgras en sloopmaaisel meegenomen. De data die gebruikt is, komt uit de warmteatlas en data van HDSR¹³. Voor de berekening van het vermogen is er uitgegaan van 6000 vollasturen.

Restwarmte

De restwarmte is onderverdeeld in drie categorieën: datacenters, industrie en koelwarmte.

Datacenters

Om de theoretische potentie van datacenters te bepalen is er uitgegaan van de warmteatlas¹⁴. Er is hierbij gekeken naar de hoeveelheid beschikbare warmte op lage temperatuur. Het vermogen is berekend met de aanname dat het aantal vollasturen gelijk is aan 8760 uur. De technische potentie is gelijk aan de theoretische potentie.

Industrie

Voor de bepaling van de theoretische potentie van de industrie is data verkregen via de warmteatlas, via Vesta Mais, via eerdere studies van Greenvis voor de gemeente Utrecht en Zeist en via direct contact. In onderstaande tabel is de databron en het aantal vollasturen voor het berekenen van het vermogen geïllustreerd per industrie. Voor de industrie geldt dat de technische potentie gelijk is aan de theoretische potentie.

Tabel 8 - Databron en vollasturen per industrie.

Industrie	Databron	Vollasturen
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)	Warmteatlas	6000
BASF Nederland	Warmteatlas	6000
Bel Leerdammer BV	Warmteatlas	6000
Westfort	Warmteatlas	6000
Koninklijke Eru Kaasfabriek BV	Warmteatlas	6000
Vendrig IJsselstein	Vesta Mais	6000
Douwe Egberts Nederland BV	Hernieuwbare warmtebronnen gemeente Utrecht (2019)	3000
Asfaltcentrale Lage Weide	Idem	3000
NEDAL Aluminium BV	Idem	6000
Remia	Greenvis Rapport gemeente Zeist	8760
O-I Manufacturing Netherlands BV	Contact O-I	6000

Koelwarmte

The theoretische potentie van koelwarmte is verkregen via de warmteatlas en via Vesta Mais. Voor het bepalen van het vermogen is er uitgegaan van 6000 vollasturen.

¹³ Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden.

¹⁴ De warmteatlas is een openbare dataset, beschikbaar gesteld door RVO, met inschattingen van het warmteaanbod voor heel Nederland.

Sturingsmatrix warmtebronnen

Voor het berekenen van CO₂ uitstoot per bron¹⁵ is dezelfde methode gehanteerd zoals beschreven in 7.2 Warmtebronnen. Voor de kosten zijn een aantal extra aannames gemaakt.

- De kosten die gehanteerd zijn, liggen in lijn met de kosten zoals vermeld op het Bronoverzicht en de Factsheets warmtebronnen (bijlagen van deze rapportage).
- Voor elke bron is een aanname gedaan voor het aantal vollasturen die een installatie draait:
 - Geothermie, koelwarmte en datacenter restwarmte: 8000 vollasturen
 - Industriële restwarmte: 6000 vollasturen
 - TEA en TED: 4500 vollasturen
 - Biomassa en biogas: 3000 vollasturen
 - TEO en warmte uit de WRK-leiding: 2200 vollasturen
 - Zonthermie: 600 vollasturen

Voor TEO, warmte uit de WRK-leiding en zonthermie is seizoensopslag voor warmte meegenomen. Voor TEO en WRK is dat een WKO (50 € investering per GJ opslagruimte) en voor zonthermie een PTES systeem (HT-opslag; voorbeeld zie [link](#); 110 € investering per GH opslagruimte).

Kosten voor elektriciteit om de warmte op de doeltemperatuur te brengen zijn meegenomen aan 10 ct per kWh.

Een discontovoet van 4% is gehanteerd om toekomstige kosten zoals onderhoud en energie- of brandstofinkoop te verdisconteren.

7.3 Koppeling vraag en aanbod

In dit hoofdstuk staat beschreven welke methodiek is toegepast voor het koppelen van vraag en aanbod.

Warmtevraagclusters

Voor het koppelen van vraag en aanbod zijn de warmtevraagclusters in kaart gebracht met de volgende uitgangspunten:

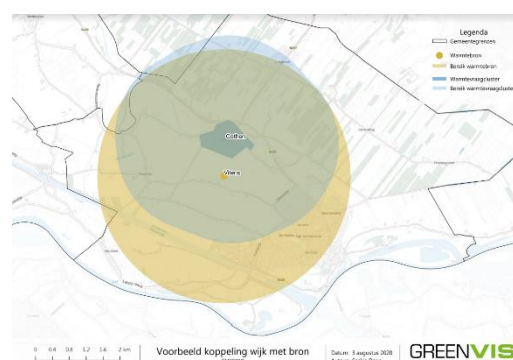
- Minimale warmtevraag van 5 TJ/jr;
- Minimale warmtevraagdichtheid van 500 GJ/ha.jr.

De warmtevraagclusters geven een beeld waar eventuele warmtenetten ontwikkeld kunnen worden.

Koppeling bron en warmtevraagclusters

In de volgende stap vindt er een koppeling plaats tussen de warmtebronnen en de warmtevraagclusters. Hierbij hebben bronnen met een hogere technische potentie een verder bereik dan een bron met een lagere technische potentie. Hetzelfde geldt voor de warmtevraagclusters, waarbij clusters met een grotere warmtevraag een verder bereik hebben dan clusters met een kleinere warmtevraag.

Wanneer een warmtebron en een warmtevraagcluster in elkaars bereik liggen worden ze aan elkaar gekoppeld. Dat wil zeggen dat het een mogelijkheid is dat dat warmtevraagcluster een warmtenet ontwikkeld, waarvan die specifieke bron de energie levert. Een voorbeeld is hiervan te vinden in Figuur 12.



Figuur 12 – Voorbeeld koppeling warmtebron en warmtevraagcluster.

¹⁵ excl. Methaan emissie voor Geothermie.

Geografische potentie

Aangezien er bij bepaalde type warmtebronnen (veel) meer technische potentie beschikbaar is dan de warmtevraag die aan de warmtebron gekoppeld is (zie sectie 7.3.2), is er een vertaalslag gemaakt naar de geografische potentie. Voor het bepalen van de geografische potentie is er per type bron een berekening uitgevoerd waarbij de meest optimale verdeling is berekend voor de koppeling van de warmtebron potentie aan de warmtevraagclusters. Hierdoor is concurrentie binnen de verschillende type bronnen geëlimineerd. Concurrentie tussen de verschillende type bronnen is buiten de scope van dit onderzoek.

Menukaart per wijk

Na het koppelen van de warmtebronnen aan de warmtevraagclusters is een vertaaltap gemaakt richting het creëren van de menukaart per wijk (Bijlage B - Bronoverzicht algemeen). Per wijk is een verdeling gemaakt van de warmtevraag zoals beschreven in sectie 7.1. Vervolgens is er per temperatuursegment (HT/MT/LT) gekeken welke bronnen aan deze warmtevraag gekoppeld kan worden. Hierbij is het mogelijk om het temperatuursegment van de bron met één niveau te verhogen. Dus in andere woorden, een MT-bron kan ingezet worden voor het verwarmen van HT-panden.

Wanneer een wijk voor meer dan 5% overlapt met een warmtevraagcluster dan worden de warmtebronnen die aan het warmtevraagcluster zijn gekoppeld (zie sectie 7.3.2), ook gekoppeld aan de wijk.

7.4 Uitgewerkte voorbeeldwarmtekansen

De voorbeeldwarmtekansen zijn uitgewerkt met behulp van de Greenvis Warmtetoel, waarvan [hier](#) een algemene beschrijving te vinden is.

De belangrijkste uitgangspunten van de doorgerekende warmtenetkansen zijn:

- Totale nationale kosten zijn alle kosten die gemaakt worden ongeacht wie ze betaalt. Dit zijn met name kosten voor installaties, infrastructuur, energie, gebouwaanpassingen en onderhoud.
- Indien de temperatuur van de basiswarmtebron niet toereikend is om de benodigde afgiftetemperatuur te behalen, wordt een centrale warmtepomp ingezet om de temperatuur te verhogen.
- Indien gebouwen niet voldoende geïsoleerd zijn om met de gekozen afgiftetemperatuur verwarmd te worden, worden isolatiekosten in rekening gebracht (afhankelijk van functie, bouwjaar en oppervlak van de gebouwen).
- Optimale afgiftetemperatuur is die temperatuur waarbij de totale nationale kosten minimaal zijn. Opties die doorgerekend zijn bij elk scenario: 40°C, 50°C, 70°C en 90°C. Hierbij wordt met beide bovenstaande punten (warmtepomp en isolatie) rekening gehouden.
- Er wordt uitgegaan van 100% participatie bij de geselecteerde gebouwen.
- Naast de primaire warmtebron wordt ook een piekketel op aardgas voorzien voor de winter. Deze produceert circa 20% van de warmte op jaarbasis.
- De rendementseis voor het warmtenet is vastgezet op 4%.
- De aansluitbijdrage is de sluitpost van de businesscase.
- Warmtetarief en vastrecht zijn gelijkgesteld aan het ACM maximumtarief in 2020.
- De looptijd van alle warmtenetscenario's is 5 jaar. Bij het simuleren van het realiseren van de bron is rekening gehouden met een minimale stap in vermogen.
- Looptijd businesscase warmtenet: 30 jaar
- Algemene inflatiefactor: 2%
- Extra indexering gasprijs: 2%
- Extra indexering elektra: 1%
- Maatschappelijke discontovoet: 4%
- De subsidie SDE++ wordt meegerekend indien van toepassing voor de desbetreffende warmtebron.