



Bronnenstrategie RES-regio

Eindrapport

15 maart 2024

GREENVIS
ONDERDEEL VAN DE WARMETRANSITIEMAKERS

Inhoudsopgave

1.	Inleiding – de context van deze bronnenstrategie	2
2.	Warmtebalans in de regio – matchen van vraag en aanbod	5
2.1.	Warmtevraag	6
2.2.	Warmteaanbod	7
2.3.	Bestaande en nieuwe warmtenetten	9
2.4.	Warmtebalans	10
3.	Ontwikkelsporen op weg naar RES 2.0	13
3.1.	Variabelen voor ontwerp ontwikkelsporen	13
3.2.	Ontwikkelspoor 1: denk groots vanaf het eindpunt	15
3.3.	Ontwikkelspoor 2: start relatief klein op meerdere locaties	17
3.4.	Conclusies over de ontwikkelsporen	19
4.	Handelingsperspectief voor RES-regio West-Brabant	21
4.1.	Zeven concrete acties	21
4.2.	Twee sleutelprojecten voor regionaal warmtenet	22
BIJLAGE A	Methode berekening warmtevraag	23
BIJLAGE B	Warmtekaarten	24
BIJLAGE C	Overzicht warmtebronnen in de regio	28
BIJLAGE D	Warmtevraag versus warmteaanbod	31
BIJLAGE E	Gebruikte methodiek voor berekeningen in de ontwikkelsporen	33
BIJLAGE F	Resultaten ontwikkelsporen	38

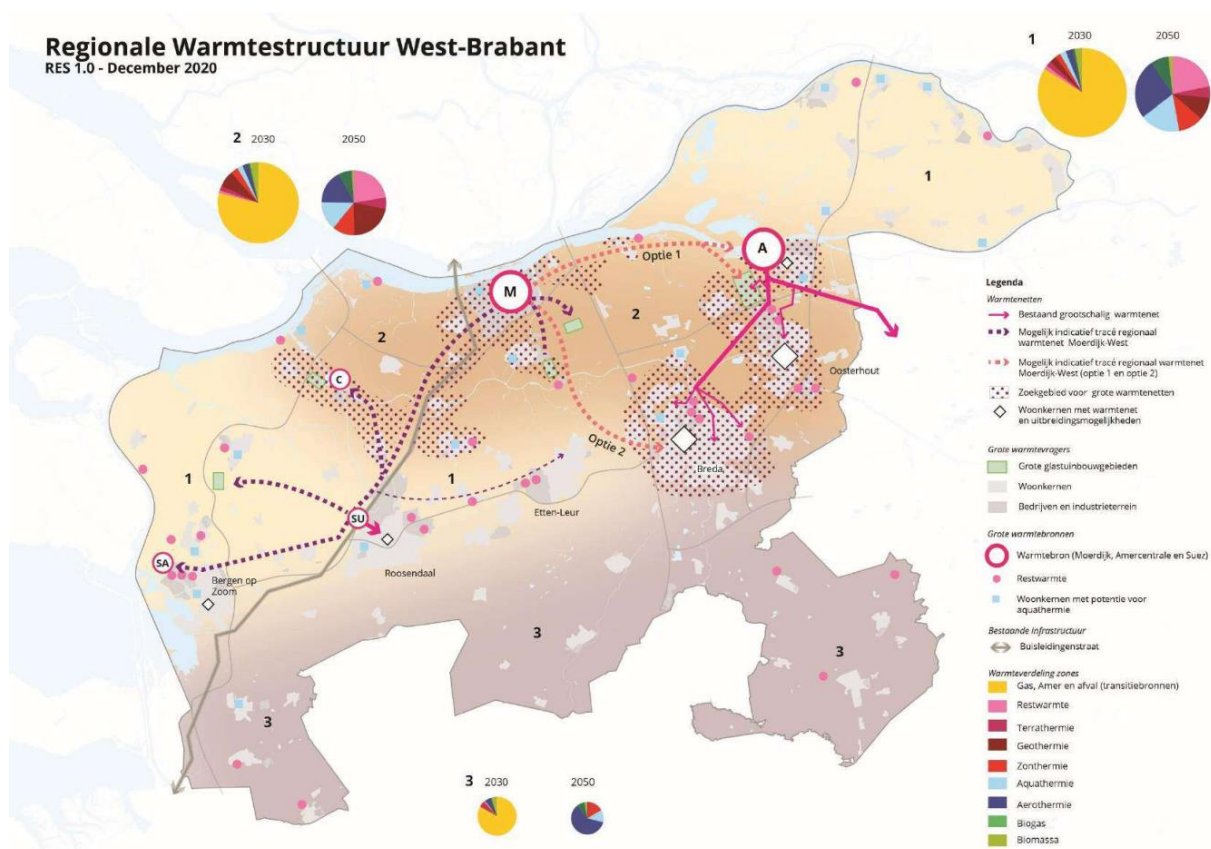


1. Inleiding – de context van deze bronnenstrategie

De RES-regio West-Brabant (RES: Regionale Energie Strategie) bestaat uit 16 gemeenten, de provincie en 2 waterschappen. Deze regio wil de elektriciteit en de warmte die huishoudens, bedrijven en andere energieconsumenten gebruiken verduurzamen. Dit is een opgave van de regio West-Brabant en tevens een opgave die volgt uit het Klimaatakkoord. De invulling van deze opgave ligt vast in de RES 1.0 en dan met name de onderwerpen die om regionale keuzes en afstemming vragen. Voor 2030 zijn de doelen voor verduurzaming: a) 2,2 TWh duurzame elektriciteit waarvan 0,2 TWh uit innovatieve technieken plus 0,5 TWh aan kleinschalige lokale opwek zoals zonnepanelen op woningen; en b) o.a. 15% energiebesparing (van 5,8 naar 4,9 TWh) plus het zoveel mogelijk benutten van hernieuwbare warmtebronnen in de regio.

1.1. Regionale Structuur Warmte

In het verduurzamen van de elektriciteitsopwekking – en daarmee in het gebruik – zijn al flinke stappen gezet en ligt de regio West-Brabant zelfs voor op de plannen die de Stuurgroep RES West Brabant in januari 2021 heeft vrijgegeven. De ontwikkeling van duurzame warmte verloopt minder snel dan voorzien. Er is al wel een eerste voorzet voor een bronnenstrategie en een eerste inschatting van match tussen vraag en aanbod gemaakt. Op dit moment wordt 0,3 TWh via duurzame warmtebronnen geleverd, waarvan het grootste deel via de Amercentrale. De inzet van deze centrale is vanaf 1 januari 2027 bovendien onzeker omdat dan de overheidssubsidie (SDE++) op biomassa vervalt.



Figuur 1. Kaart Regionale Warmtestructuur West-Brabant met bestaande en mogelijke warmtenetten.

Sinds de vaststelling van de RES 1.0 hebben alle 16 gemeenten in de regio een TVW opgeleverd. Als vervolg daarop wordt in enkele gemeenten inmiddels toegewerkt naar een lokale bronnenstrategie, waarin samenhang wordt geschetst tussen enerzijds de vraag naar warmte en anderzijds de beschikbaarheid van bronnen naar omvang, plaats en tijd.

1.2. Verduurzamen warmtevraag

Deze lokale bronnenstrategie is in sterke mate afhankelijk van de benutting van bronnen in andere gemeenten: de beperkte beschikbaarheid van bronnen en de bovengemeentelijke aard van warmtebronnen zorgt voor verdeelvraagstukken: welke vrager in welke gemeente gebruikt welke bron? De bronnenstrategie uit de RES 1.0 is slechts een aanzet; dit is vooral een inventarisatie van de beschikbaarheid van bronnen, maar zegt nog niets over de verdeling. Dit vraagt om afstemming en samenwerking op regionaal niveau.

De ambitie om in de RES-regio West-Brabant in 2050 maar liefst 5,5 TWh aan warmtevraag te besparen en/of te verduurzamen is groot. De grote verscheidenheid aan gebieden, gebruikers en functies vraagt om een verscheidenheid aan oplossingen. De warmtetransitie zal daarom bestaan uit een mix van een groot aantal warmtebronnen en technieken. Deze technieken leveren bovendien warmte op verschillende temperatuurniveaus en worden door verschillende type spelers ontwikkeld.

1.3. Regionale bronnenstrategie

Het Programmteam RES-regio West-Brabant heeft een plan van aanpak opgesteld met een route richting het vormen van een regionale warmtebronnenstrategie die kan worden ingebed in de Regionale Structuur Warmte, onderdeel van de RES 2.0.

Bij het opstellen van de bronnenmix zijn niet alleen het type bron, de locatie(s) en de beschikbaarheid in de tijd van belang, maar ook de omvang van de bron, het temperatuurniveau en de benodigde integratie met het elektriciteitsnet. Zeker voor lagere temperatuurbronnen is de inzet van bijvoorbeeld warmtepompen nodig om de warmte ook voor tapwater geschikt te maken.

De volgende vragen zijn gesteld bij de opzet van dit project: welke bron is voor welke doelgroep en voor welke gemeente het meest geschikt, hoe wordt de warmte in de regio verdeeld en wat zijn de gewenste ontwikkelsporen voor de periodes tot 2030, 2040 en 2050? In dit rapport zijn antwoorden gegeven op deze vragen en wordt een concreet handelingsperspectief aangereikt voor de betrokken partijen in de RES-regio.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 staan de warmtebalanskaarten. Hierin is voor de hele RES-regio West-Brabant en voor elk van de gemeente in deze regio te zien wat de warmtevraag is, welk deel hiervan vanuit technisch-financieel oogpunt ingevuld kan worden door collectieve warmtesystemen en hoeveel warmteaanbod aanwezig is – ingevuld door restwarmte, geothermie en aquathermie. De warmtebalanskaarten laten zien waar een tekort dan wel overschot is aan warmteaanbod. Dit leidt tot een verdelingsvraagstuk met verschillende variabelen voor de ontwikkeling van regionale of bovengemeentelijke warmtenetten. Hoofdstuk 3 beschrijft twee ontwikkelsporen die een goed beeld geven van deze warmtenetten in 2030, 204 en 2050. Tot slot is het handelingsperspectief met enkele concrete acties voor de betrokken partijen in RES-regio West-Brabant aangereikt in hoofdstuk 4. Daarin zijn ook twee sleutelprojecten geformuleerd.

1.4. Doel van deze studie

Het doel van dit project is het opstellen van een regionale warmtebronnenstrategie voor de RES-regio West-Brabant. Greenvis levert een concreet handelingsperspectief voor de invulling van deze bronnenstrategie. Hiervoor zijn warmtebalanskaarten gemaakt op basis van beschikbare data, berekeningen van warmtevraag en huidige en te verwachten warmteaanbod binnen de regio. Voor de verdeling van dit warmteaanbod zijn twee ontwikkelsporen gemaakt voor regionale of bovengemeentelijke warmtenetten in West-Brabant voor de jaren 20230, 2040 en 2050.

1.5. Samenwerking en afstemming

In dit project is op verschillende manieren samengewerkt. Daarbij is gebruik gemaakt van de bestaande overlegstructuur in RES-regio West-Brabant waarin bestuurders en ambtenaren van de gemeenten en andere betrokken partijen een positie hebben. Tussenresultaten zijn zowel op ambtelijk als op bestuurlijk niveau gepresenteerd en inhoudelijk besproken. In goed overleg zijn ook tussentijdse besluiten genomen, zoals over de uitgangspunten voor beide ontwikkelsporen.

2. Warmtebalans in de regio – matchen van vraag en aanbod

Om warmtebalanskaarten te maken, is informatie nodig over de te verwachten warmtevraag en idem van het warmteaanbod in de RES-regio West-Brabant.

- Kaarten van de warmtevraag zijn gemaakt op basis van bestaande, openbare bronnen en informatie van de RES-regio en gemeenten in West-Brabant. Het resultaat staat in paragraaf 2.1 en wordt nader toegelicht in Bijlagen A en B.
- Kaarten van het warmteaanbod zijn gemaakt op basis van warmtebronnenregister Noord-Brabant, aangevuld en gefilterd met extra informatie van experts en van deelnemers in de RES-regio. Alleen warmtebronnen binnen de regio zijn in beschouwing genomen met één uitzondering; de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) in Bath. Reden is dat het overgrote deel van de riolering in deze RES-regio loopt. Waterschap Brabantse Delta is eigenaar van deze RWZI. De analyse en het resultaat over het warmteaanbod staat in paragraaf 2.2. Nadere informatie is te vinden in Bijlage C.

Greenvis heeft een eerste schets van de uitbreiding van warmtenetten gemaakt op basis van de informatie uit warmtevraag en warmteaanbod. Daarbij is rekening gehouden met al bestaande warmtenetten, zie paragraaf 2.3. We hebben de regio daarvoor onderverdeeld in (vraag)clusters. Deze clusters zijn bepaald op basis van CBS buurtgrenzen en natuurlijke grenzen zoals grote wegen. Voor elk cluster is berekend wat de zogenaamde totale nationale kosten¹ zijn van drie warmteoplossingen; een all-electric oplossing met individuele warmtepompen en twee collectieve oplossingen:

1. De eerste van deze twee collectieve oplossingen bestaat uit een 70-graden warmtenet waarbij gerekend is met warmtebronnen die €22/GJ kost – in dit project ‘realistisch’ warmtenet genoemd. Deze kosten komen overeen met die van een collectieve lucht-water warmtepomp.
2. De andere collectieve oplossing gaat uit van €3,1/GJ bronkosten, wat overeenkomt met lokaal beschikbare hoog-temperatuur restwarmte. In dit project is deze oplossing ‘optimistisch warmtenet’ genoemd².

Over het algemeen geldt dat clusters met relatief veel nieuwe woningen en/of met een lage gebouwdichtheid de individuele oplossing de voorkeur heeft. Deze clusters zijn niet meegenomen in de verdere analyse. Voor clusters met oude(re) woningen en een hoge gebouwdichtheid, is een collectieve oplossing vrijwel altijd de beste keuze.

Met deze gegevens zijn de warmtebalanskaarten gemaakt, zowel voor de hele regio als per gemeente. Dit resultaat is te vinden in paragraaf 2.4.

¹ Met de methodiek ‘Totale Nationale Kosten’ (TNK) is een goede vergelijking tussen warmte-oplossingen te maken. TNK zijn de totale kosten van alle maatregelen die nodig zijn om in een buurt een strategie uit te voeren, ongeacht wie die kosten betaalt. Dit is inclusief kosten voor het isoleren van woningen en voor verzwaren van het elektriciteitsnet en inclusief de baten van energiebesparing, maar exclusief belastingen, heffingen en subsidies.

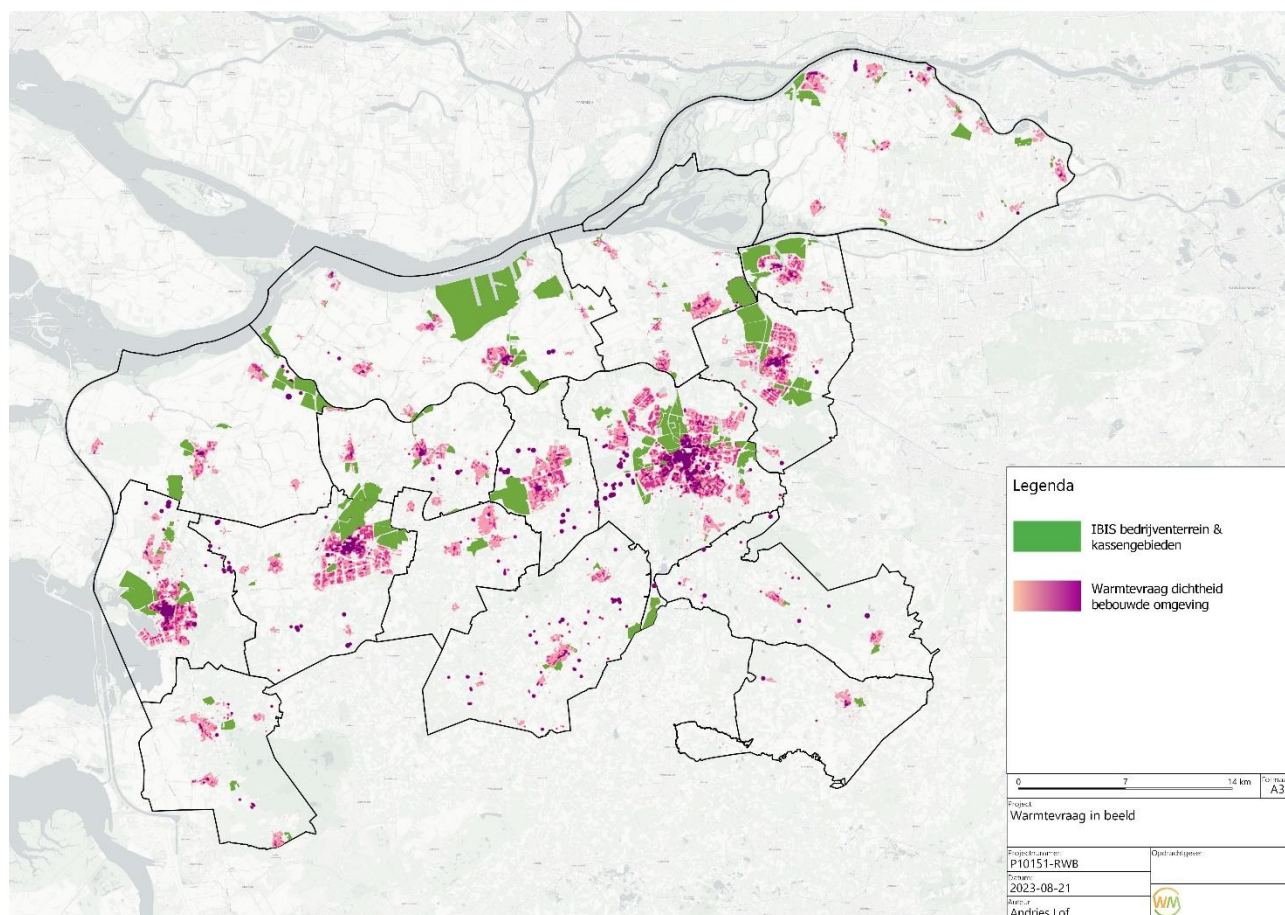
² Indien voldoende goedkope (rest)warmte beschikbaar is, is het voor (veel) meer wijken financieel aantrekkelijk om aan te sluiten op een collectief warmtesysteem. Dit is daarom ‘optimistisch’ genoemd. Een dergelijke bron is echter niet overal beschikbaar. Op veel locaties is een centrale lucht-water warmtepomp toepasbaar of is er een warmtebron beschikbaar waarmee warmte via een collectief warmtesysteem kan worden geleverd voor een vergelijkbaar of lager bedrag. Dat is hier ‘realistisch’ genoemd.

2.1. Warmtevraag

De warmtevraag, vermogensvraag en temperatuurbehoefte in de gehele regio is berekend op basis van de BAG (Basisregistratie Adressen en Gebouwen). Greenvis heeft hiervoor gebruik gemaakt van eigen kengetallen en aannames. Deze kengetallen zijn gerefereerd aan daadwerkelijke gasverbruik zoals bekend bij CBS en in lijn met de nationale isolatiestandaard. Tevens is rekening gehouden met het te verwachten toekomstige energielabel. De gebruikte methode en aannames zijn beschreven in Bijlage A.

De groei in warmtevraag door nieuwbouw en grootschalige renovatie zoals de ombouw van kantoorpanden naar woningen is relatief gering. Deze groei is erg klein in relatie tot de afnemende warmtevraag in de bestaande bouw, waarbij kleinschalige renovatie vaak gepaard gaat met energiebesparende maatregelen. Om deze reden is geen rekening gehouden met de groeiende warmtevraag door nieuwbouw.

Met deze informatie is de totale warmtevraag en de warmtevraagdichtheid in de 16 gemeenten berekend voor zowel de huidige situatie als de te verwachten situatie in 2050. Het resultaat van de warmtevraagdichtheid in 2050 is te zien in figuur 2 hieronder. De warmtevraagdichtheid van de bedrijventerreinen en kassen is niet bekend, de totale warmtevraag voor die gebieden wel. Deze informatie is meegenomen in de berekeningen. In Bijlage B is een kaart toegevoegd met de temperatuurbehoefte per wijk.



Figuur 2. Warmtevraagdichtheid in de 16 gemeenten van RES-regio West-Brabant. Een donkere kleur geeft aan dat er een hoge warmtedichtheid is, dus veel warmtevraag op een relatief klein grondoppervlak.

2.2. Warmteaanbod

De berekeningen en kaarten van het warmteaanbod zijn gemaakt op basis van het warmtebronnenregister Noord-Brabant. Deze informatie is aangevuld en gefilterd met extra informatie van experts, onder andere op het gebied van geothermie, en van enkele gemeenteambtenaren. In Bijlage C staat een overzicht van de warmtebronnen. Per bron is de locatie en het te verwachten vermogen aangegeven.

In de RES-regio West-Brabant zijn een aantal grote, industriële warmtebronnen aanwezig. Enkele daarvan leveren warmte op hoge temperatuur (boven 70 °C tot meer dan 100 °C), andere leveren warmte op lage tot midden-temperatuur (ca. 30-70 °C). De belangrijkste zijn: de elektriciteitscentrale in Geertruidenberg, de afvalenergiecentrale Attero op Haven- en Industrierrein Moerdijk en enkele grote industriële bedrijven of installaties. Daarnaast staan diverse geothermiebronnen gepland en is aquathermie beschikbaar in de vorm van TEA - thermische energie uit afvalwater via rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI) – en in de vorm van TEO – thermische energie uit oppervlaktewater zoals de Maas.

Er zijn nog vele andere, kleine lokale warmtebronnen gevonden of bronnen waarvan de potentie niet of nog niet te achterhalen valt. Deze bronnen zijn niet mee genomen in de verder analyse omdat deze studie zich richt op een bovengemeentelijk vraagstuk. Deze bronnen kunnen echter wel relevant zijn voor kleinschalige, lokale warmtenetten.

Een overzicht van de gebruikte bronnen staat in Tabel 1 hieronder. Een uitgebreid overzicht is te vinden in Bijlage C.

Tabel 1. Overzicht van de gebruikte warmtebronnen per temperatuur-range in RES-regio West-Brabant.

Temperatuur	Bronnen ³
Hoge temperatuur (70 °C of hoger)	Amercentrale, Attero, Shell, Sabic en Air Liquide Geothermie in Moerdijk, Plukmade (Drimmelen) en Oosterhout
Midden temperatuur (30-70 °C)	Lamb Weston, Cosun, PreZero/SUEZ
(Zeer) lage temperatuur (30 °C of lager)	RWZI in Bath, Nieuweveer, Dongemond, Sleeuwijk, Roosendaal (persstation riool) (alle thermische energie uit afvalwater, TEA) Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO), zoals uit de Maas

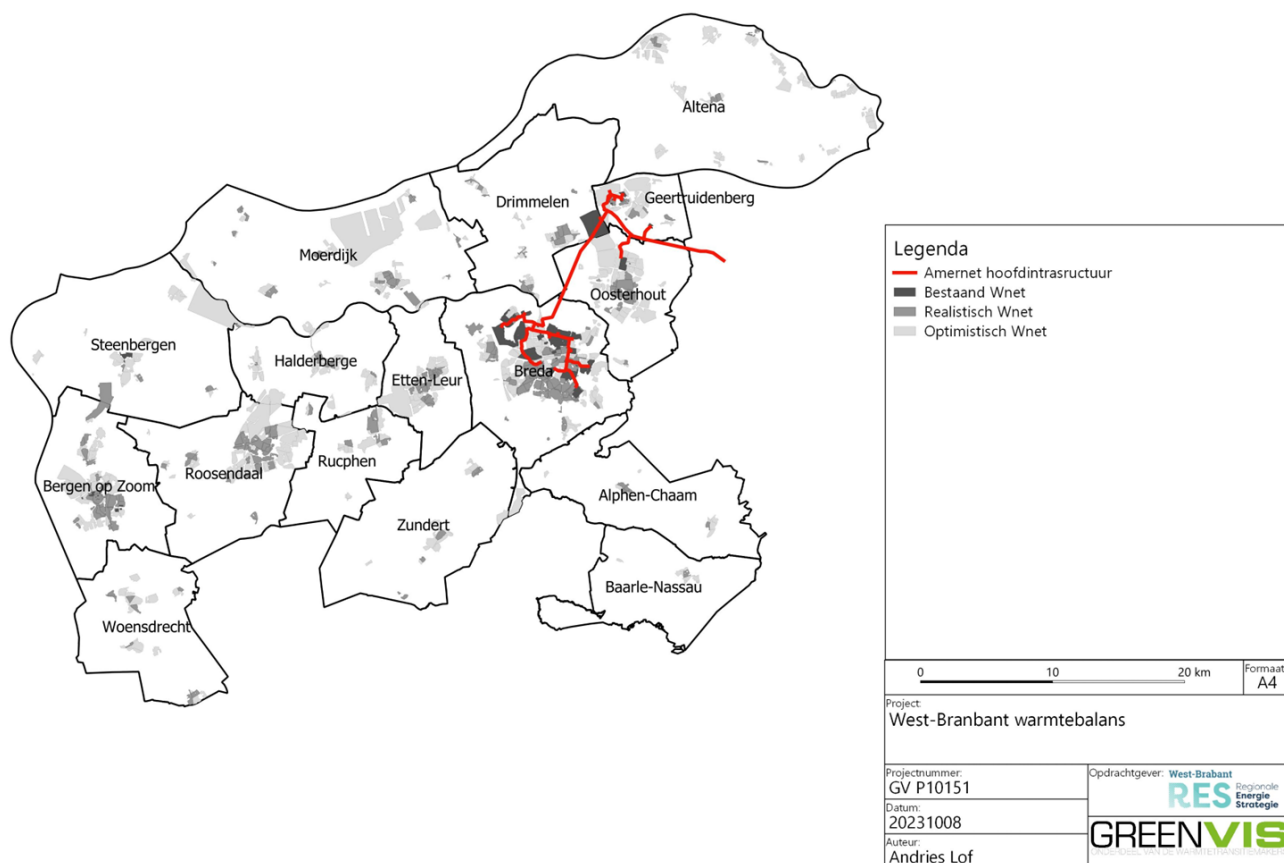
Warmtebronnen buiten de RES-regio West-Brabant, zoals restwarmte uit de haven van Antwerpen zijn niet meegenomen in de analyse. Formeel ligt de RWZI in Bath buiten de ‘grenzen’ van de RES-regio. Omdat het overgrote deel van de riolering in deze RES-regio loopt en waterschap Brabantse Delta eigenaar is van deze RWZI, is deze bron als enige bron van buiten de regio wel onderdeel van deze studie.

Figuur 3 op de volgende pagina geeft een geografisch overzicht van de warmtebronnen in de regio. Een compleet overzicht inclusief nadere toelichting is te vinden in Bijlage C.

³ In deze studie is o.a. gerekend met een afnemende warmtelevering van de twee grootste warmtebronnen. Het is aan te raden om de bestendigheid voor langjarige levering van deze warmtebronnen te onderzoeken.

2.3. Bestaande en nieuwe warmtenetten

De schetsen van nieuwe warmtenetten⁵ zijn gebaseerd op een techno-economische analyse. De bestaande warmtenetten vormen de basis van deze paragraaf. Greenvis heeft onderzocht in welke (overige) CBS wijken in de 16 gemeenten van RES-regio West-Brabant een warmtenet kostentechnisch interessanter is dan een all-electric (individuele warmtepompen) oplossing⁶, zie ook de toelichting op de volgende pagina. In eerste instantie is uitgegaan van kosten van een relatief 'dure' bron als referentie, zodat een groot deel van de warmtebronnen in beeld zijn voor de analyses. Dit is in deze studie het 'realistische' regionale warmtenet genoemd. Greenvis heeft tevens een schets gemaakt voor een 'optimistisch' regionaal warmtenet waarbij voldoende 'goedkope' warmtebronnen beschikbaar zijn. In beide varianten zijn bestaande warmtenetten onderdeel van deze schetsen. De benodigde informatie voor bestaande warmtenetten is uit het warmtebronnenregister van provincie Noord-Brabant gehaald.



Figuur 4. Overzicht van de wijken, bedrijventerreinen en kassengebieden in de 16 gemeenten van RES-regio West-Brabant waarvoor aansluiting op een warmtenet interessant is. De zwart-gekleurde wijken zijn al aangesloten op een bestaande warmtenet (in rood), donkergrijs gekleurde komen al in aanmerking komen bij relatief dure warmtebronnen en de lichtgrijs gekleurde wijken indien er voldoende aanbod is van goedkope warmtebronnen.

⁵ Warmtenetten worden ook wel collectieve warmtesystemen genoemd.

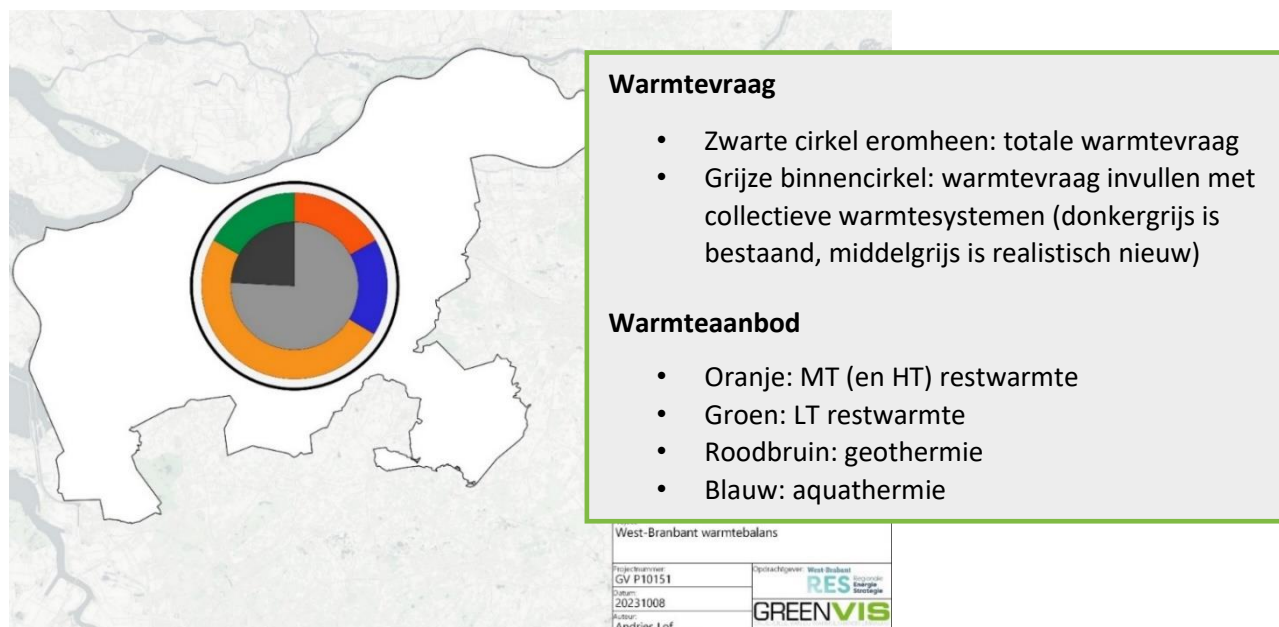
⁶ De berekeningen zijn uitgevoerd met methodiek 'Totale Nationale Kosten', zie ook inleidende tekst van dit hoofdstuk.

2.4. Warmtebalans

Greenvis heeft kaarten van de warmtebalans gemaakt voor de hele regio en per gemeente; hierin is te lezen waar warmte-overschotten en -tekorten zijn. Daarvoor is eerst berekend voor welke (vraag)clusters het goedkoper is om aan te sluiten op een warmtenet. Enkele wijken (of clusters) in RES-regio West-Brabant zijn overigens al aangesloten op een warmtenet. Het Amernet is het grootste bestaande warmtenet en voorziet met name een aantal wijken in Breda en een aantal woningen en tuinbouwkassen in buurtschap Plukmade van warmte. Dit net voorziet bovendien de gemeente Tilburg en enkele andere clusters buiten de ‘grenzen’ van RES-regio West-Brabant van warmte. Een collectief warmtesysteem is aantrekkelijk voor een groot aantal wijken en bedrijventerreinen. Dat geldt in ieder geval voor clusters die al worden aangesloten bij een relatief dure warmtebron. Voor andere clusters is dit alleen interessant indien er voldoende warmte beschikbaar is van goedkope warmtebronnen.

In de berekeningen is rekening gehouden met de totale, jaarlijkse energievraag als naar het benodigde vermogen van de warmtebronnen, te onderscheiden naar piekvermogen en basislast. De beschikbare warmtebronnen leveren voldoende warmte om de jaarlijkse energie-/warmtevraag in te vullen en ook voldoende basislast voor wijken en bedrijventerreinen waarvoor aansluiting op een warmtenet als ‘realistisch’ is te bestempelen. De piekvraag van de vraagclusters is beperkt tot enkele uren of hooguit dagen per jaar; tijdens de koudste momenten. Deze vraag is veel hoger dan het beschikbare vermogen van de bronnen. Daarom moet de piekvraag voor een deel worden ingevuld met een (lokale) piekvoorziening, bijvoorbeeld door de inzet van aardgas – of op termijn een duurzame variant – of grote elektrische boilers. In Bijlage D is een nadere analyse te vinden, inclusief een beknopte berekening over de inzet van ‘groen gas’.

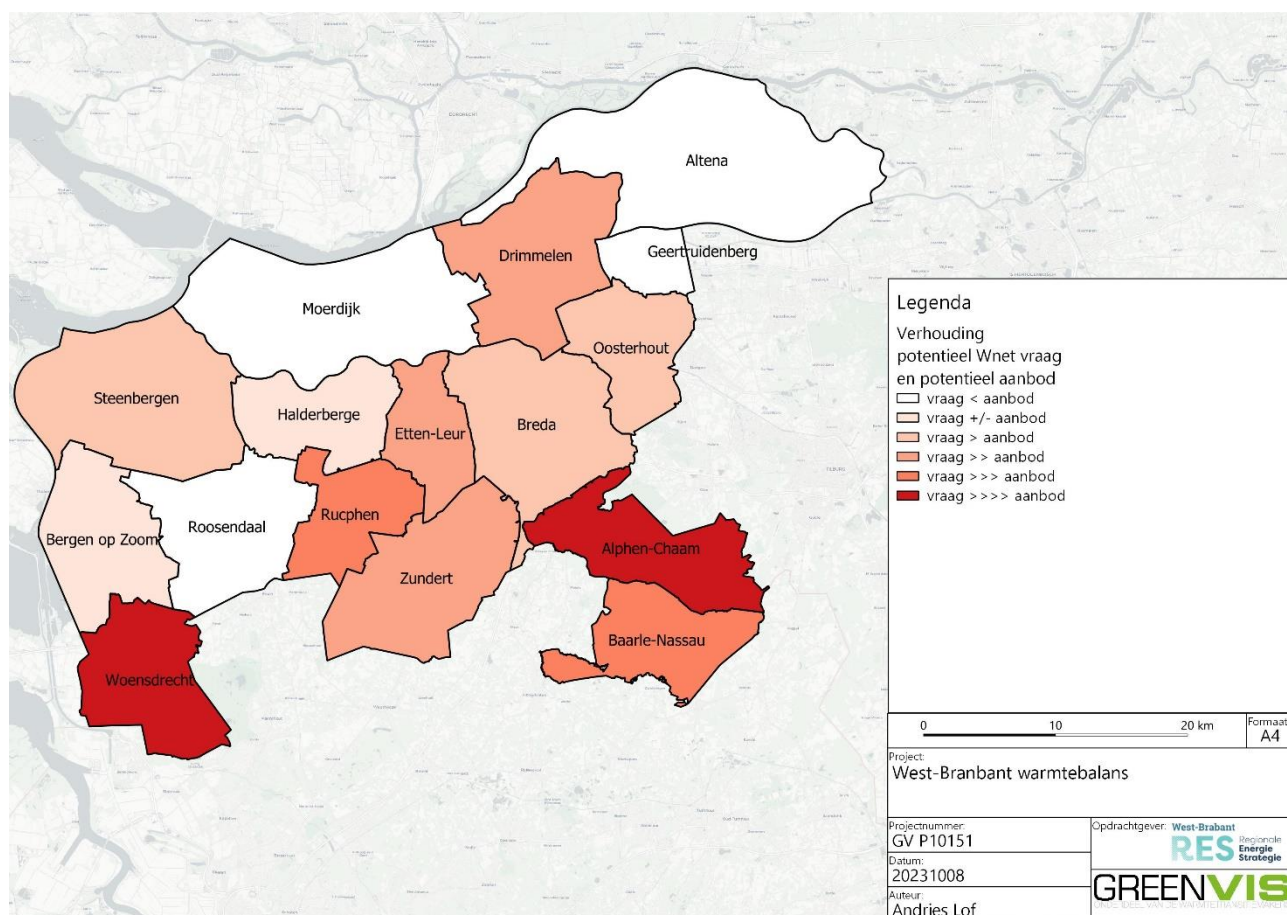
Hieronder en op de volgende pagina’s staan enkele warmtebalanskaarten voor een ‘realistisch warmtenet’ in 2050. In de ‘pie-charts’ staat informatie over de warmtevraag en het warmteaanbod, en is te zien of er sprake is van een warmtetekort of een warmteoverschot in relatie tot een collectieve warmtevraag.



Figuur 5. Warmtebalans voor de hele regio. De grijze cirkel laat zien dat een groot deel van de totale warmtevraag (zwarte cirkel) kan worden ingevuld met collectieve warmtesystemen/warmtenetten. Het warmteaanbod bestaat voor meer dan 50% uit midden- en hoog-temperatuur restwarmte.

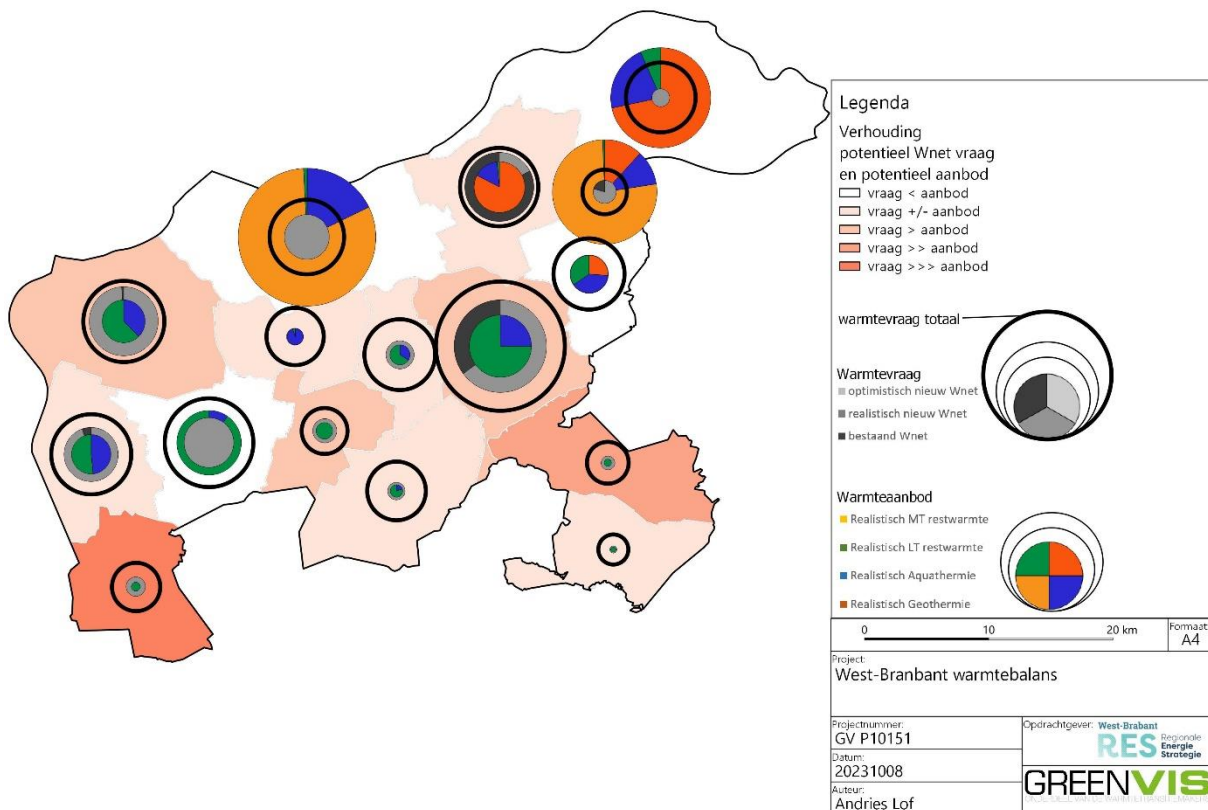
Voor de hele regio is voor de basislast meer warmteaanbod beschikbaar dan nodig voor een ‘realistisch warmtenet’. Als er voldoende aquathermie (TEO) wordt ingezet, is er zelfs voldoende warmteaanbod voor een ‘optimistisch warmtenet’. De kosten lopen dan echter snel op, zoals te zien in de uitwerking van de ontwikkelsporen in hoofdstuk 3.

De verschillen per gemeente zijn echter groot zoals te zien in figuur 6. In een aantal gemeenten is meer – en in sommige zelfs veel meer – warmteaanbod dan nodig voor de warmtevraag dat ingevuld kan worden met collectieve warmtenetten. In andere gemeenten is dat andersom. Vooral in het noordelijke deel van de RES-regio is een warmteoverschot, met name in Moerdijk, Geertruidenberg en Altena. In de zuidelijke gemeenten zijn vrijwel geen (grote) warmtebronnen beschikbaar en is er sprake van een warmtetekort.



Figuur 6. Overzicht van warmteoverschot en warmtetekort per gemeente voor het deel van de warmtevraag dat ingevuld kan worden met collectieve warmtenetten. Hoe donkerder de kleur, des te groter is het warmtetekort.

In figuur 7 is verder ingezoomd op de warmtebalans per gemeente. Daarin is te zien dat het warmteoverschot in het noordelijke deel van de RES-regio voor een belangrijk deel ontstaat door grote hoeveelheden midden- en hoog-temperatuur restwarmte. Bovendien is de verwachting dat daar ook veel geothermie beschikbaar komt en is er een relatief groot potentieel aan aquathermie. In het zuidelijke deel is de warmtevraag relatief gering. Omdat daar ook weinig warmteaanbod is, vormen collectieve warmtesystemen maar een klein deel van de oplossing voor de warmtevraag.



Figuur 7. Warmtebalans per gemeente. Hoe groter een cirkel, des te groter het warmteaanbod en/of de warmtevraag. De zwarte cirkel geeft de totale warmtevraag weer. De grijze (binnen)cirkel staat voor de warmtevraag met inzet van collectieve warmtesystemen (donkergrijs is bestaand, middelgrijs is nieuw op basis van een 'realistisch' warmtenet). De kleuren staan voor het warmteaanbod: oranje is midden- en hoog-temperatuur restwarmte, groen is laag-temperatuur restwarmte, roodbruin is geothermie, en blauw is aquathermie. Gemeenten waar het gekleurde deel van de 'Pie-charts' groter is dan het grijsgekleurde deel, hebben een groter warmteaanbod dan hun warmtevraag met inzet van collectieve warmtesystemen.

Uit deze analyse blijkt dat er op regionale schaal voldoende warmteaanbod aanwezig is om de vraag naar warmte met toepassing van collectieve warmtenetten in de regio in te vullen. De warmtebalans per gemeente geeft echter een ander beeld. Om gemeenten met een warmtetekort toch gebruik te kunnen laten maken van het regionaal beschikbare warmteaanbod, dient warmte over de regio te worden verdeeld. De vraag is onder welke voorwaarden het warmteoverschot is te verplaatsen. Het antwoord is in het volgende hoofdstuk gegeven in de vorm van twee ontwikkelsporen.

3. Ontwikkelssporen op weg naar RES 2.0

In het zogenaamde warmteverdelingsvraagstuk spelen een aantal variabelen een rol om te komen tot een aantrekkelijke inzet van de beschikbare warmtebronnen. Deze variabelen zijn in paragraaf 3.1 beschreven.

Greenvis heeft in overleg met het programmteam twee ontwikkelssporen ontworpen voor een regionaal warmtenet in de RES-regio West-Brabant. De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van totale (nationale) kosten. Dat zijn de totale kosten van alle maatregelen die nodig zijn om in een buurt een warmtenet aan te leggen of een individuele warmteoplossing toe te passen, ongeacht wie die kosten betaalt. Dit is inclusief kosten voor het isoleren van woningen⁷ en voor aansluiting op het elektriciteitsnet en inclusief de baten van energiebesparing. Maar de kosten zijn exclusief belastingen, heffingen en subsidies. Een toelichting op de gebruikte methodiek voor de berekeningen in beide ontwikkelssporen staat in Bijlage E.

Het eerste spoor is opgezet door groots te denken en te starten bij het eindbeeld. Het tweede spoor begint met een relatief klein regionaal warmtenet. In dit spoor worden parallel aan elkaar lokale warmtenetten ontwikkeld die in een later stadium aan het regionaal net of bovenlokale warmtenetten worden gekoppeld. Voor beide ontwikkelssporen zijn de situaties in 2030, 2040 en 2050 geschetst. De ontwikkeling van warmtebronnen in deze periode is gebaseerd op nu bekende informatie en inschatting van experts, zie ook paragraaf 2.2. De uitwerking van de berekeningen is te vinden in paragrafen 3.2 en 3.3.

3.1. Variabelen voor ontwerp ontwikkelssporen

De partijen in deze regio bereiden een herijking van de huidige RES 1.0 voor die eind 2024 uitmondt in een RES 2.0. De RES-regio West-Brabant pleit naast publieke belangen als duurzaamheid, leveringszekerheid en betaalbaarheid, ook voor rechtvaardigheid en lokaal eigenaarschap. Leveringszekerheid en betaalbaarheid zijn eveneens belangrijke ontwerpprincipes bij het ontwerp van de twee ontwikkelssporen. Rechtvaardigheid komt in een van de sporen in de vorm van 'socialiseren van kosten' eveneens terug in een van de sporen.

Om een overzichtelijke vergelijking te maken, zijn de kosten voor collectieve warmtenetten berekend op van basis van totale (nationale) kosten (TNK), uitgedrukt in kosten per weq⁸ per jaar. Deze kosten zijn vergeleken met kosten van een individuele oplossing, te weten een individuele warmtepomp per woning.

In het ontwerp is rekening gehouden met de afstand tussen bron en omvang van een 'vraagcluster' (een wijk, bedrijventerrein of tuinbouwgebied). In principe wordt een collectief warmtesysteem zoveel mogelijk lokaal georganiseerd om warmteverliezen te beperken. Over het algemeen geldt dat een grotere afstand leidt tot hogere kosten voor de bewoners of andere klanten voor collectieve warmte. Hoe lager de kosten

⁷ Voor aansluiting op een warmtenet op 70°C is isolatie tot een niveau van minimaal label D gewenst, voor gebruik van een individuele warmtepomp is minimaal label B gewenst. De kosten voor isoleren is afhankelijk van het huidige label, het type woning en de grootte van de woning.

⁸ Weq (of WEQ) staat voor woningequivalent, de hoeveelheid warmte die een gemiddelde woning per jaar gebruikt. Een grote vrijstaande woning gebruikt gemiddeld echter meer warmte dan een kleine tussenwoning. Greenvis heeft rekening gehouden met deze verschillen voor de totale warmtevraag in een wijk, gemeente en regio.

voor het ontsluiten van een warmtebron, hoe groter de kans dat een collectief warmtesysteem interessant is voor een wijk en daarmee des te groter een regionaal warmtenet kan worden.

Greenvis heeft de kosten voor meerdere varianten berekend om te komen tot een optimale collectieve oplossing in West-Brabant. In Tabel 2 staan de variabelen inclusief toelichting die zijn gebruikt tijdens het ontwerpproces van de ontwikkelsporen.

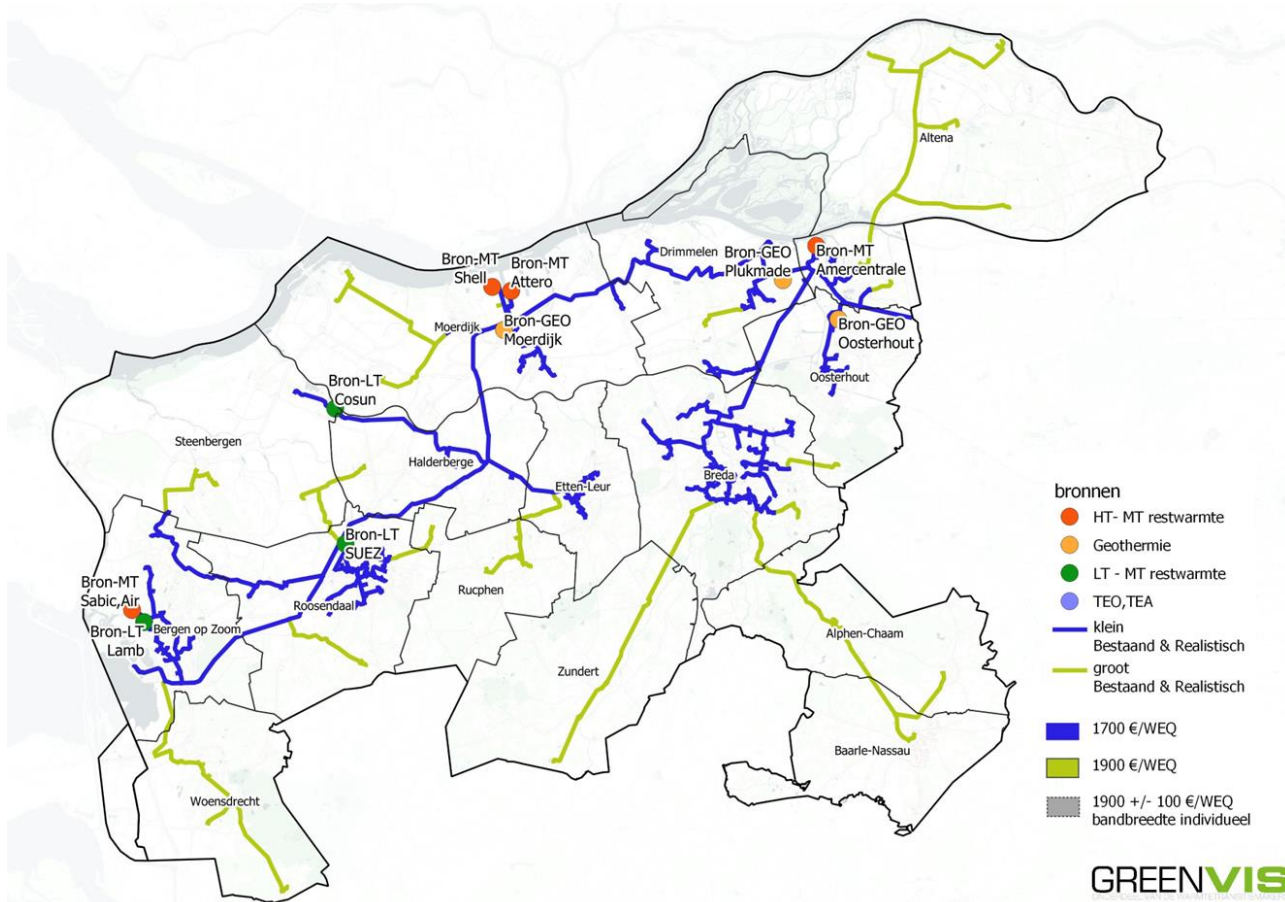
Tabel 2. Variabelen in het ontwerpproces van de ontwikkelsporen.

Variabele	Toelichting
Realistisch vs. optimistisch	‘Realistisch’: alle wijken waarvoor collectieve oplossing aantrekkelijker is dan individuele oplossing op basis van ‘dure’ warmtebronnen. ‘Optimistisch’ indien er goedkope warmtebronnen beschikbaar zijn, waardoor het voor een groter aantal wijken/bewoners aantrekkelijk is om aan te sluiten op een collectief warmtenet. Zie ook de voetnoot bij de inleiding van hoofdstuk 2 voor gedetailleerde uitleg.
Omvang warmtenet	‘Groot’: dit omvat alle wijken waarvoor een collectieve oplossing aantrekkelijker is dan een individuele oplossing. ‘Klein’: dit is zonder kleine warmteclusters op grote afstand van beschikbare warmtebron (expert judgement).
Temperatuur regionaal warmtenet	70 °C heeft in de RES-regio West-Brabant de voorkeur omdat deze meer toekomstbestendig is; veel hernieuwbare warmtebronnen en een groot aantal (nieuwere) bronnen voor restwarmte leveren warmte op een (veel) lagere temperatuur dan de belangrijkste de huidige warmtebronnen. Bovendien kan daarmee ook warm tapwater worden geleverd. Er is ook gerekend aan varianten met 90 °C, vanwege de huidige situatie in het Amernet.
Percentage basislast	Meestal wordt gerekend met een basislast dat 30% is van het piekvermogen. Soms wordt een hoger percentage gebruikt indien er voldoende warmtebronnen beschikbaar zijn en er (toekomstige) mogelijkheden zijn om de piekvraag te reduceren. In deze studie is 40% gebruikt. Dat leidt tot lagere TNK. In Bijlage D staat een gedetailleerde uitleg over de relatie tussen pieklast en basislast plus een toelichting op de genoemde percentages in deze variabele.
Beschikbaarheid bronnen	Om de robuustheid van het regionale warmtenet aan te tonen, zijn enkele berekeningen gemaakt met een afnemende hoeveelheid warmteproductie van enkele bronnen in 2040 en 2050.

3.2. Ontwikkelspoor 1: denk groots vanaf het eindpunt

Het ontwerp van ontwikkelspoor 1 start de berekeningen vanaf het eindpunt in 2050 met als uitgangspunt dat zoveel mogelijk wijken worden aangesloten. Het vertrekpunt is daarom dat alle buurten waarvoor een collectief warmtenet in het 'optimistische' scenario het meest aantrekkelijk is, zijn aangesloten op het regionale warmtenet in West-Brabant. Omdat dit leidt tot een relatief dure eindoplossing, zijn vervolgens varianten doorgerekend en de omvang van het regionale net in stappen kleiner gemaakt om tot optimale oplossing te komen.

Socialiseren van de kosten, dus gelijke kosten voor alle aangeslotenen, is een harde randvoorwaarde voor dit ontwikkelspoor. Het optimale eindbeeld van het regionale warmtenet in 2050 is getekend in figuur 8. Dit heeft enige gelijkenis met de schets van het regionale net in de RES 1.0 (figuur 1 in hoofdstuk 1).

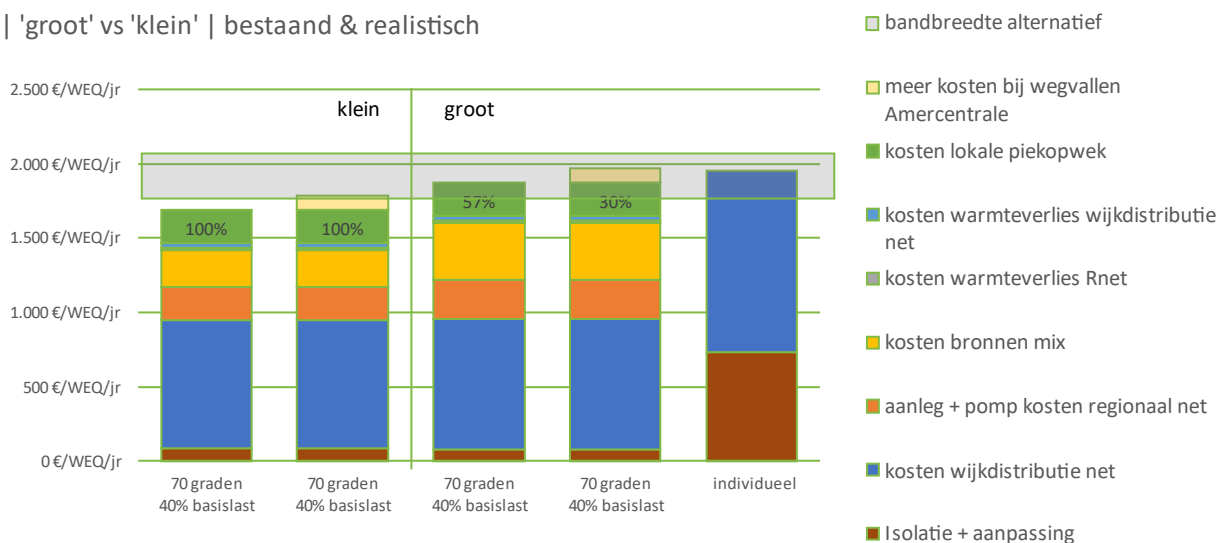


Figuur 8. Regionaal warmtenet met de belangrijkste warmtebronnen voor ontwikkelspoor 1 in 2050. De kosten (TNK) voor alle aangeslotenen op een 'groot' warmtenet (blauw + groen samen) zijn vergelijkbaar met de kosten voor individuele warmtepompen. De kosten voor een 'klein' warmtenet (blauw) zijn veel lager.

De totale nationale kosten (TNK) voor de aangesloten op het regionale warmtenet zijn € 1.700/weq/jr voor het 'kleine' warmtenet en € 1.900/weq/jr voor het 'grote' warmtenet. De kosten voor bewoners die gebruik maken van een individuele warmtepomp variëren ruwweg tussen € 1.800-2.000 per weq/jr afhankelijk van de benodigde investeringen in isolatiemaatregelen⁹. Een 'klein' regionaal warmtenet is daarmee een aantrekkelijke oplossing voor 42% van de bewoners in RES-regio West-Brabant.

In de onderstaande staafdiagram is de kostenopbouw van zowel het 'kleine' en 'grote' regionale warmtenet plus van de individuele oplossingen als alternatief weergegeven. Voor dit warmtenet is uitgegaan van wijken die al zijn aangesloten op een bestaand warmtenet en wijken in het 'realistisch' scenario (zie uitleg in de tabel met de variabelen in paragraaf 3.1). In deze figuur zijn tevens de kosten zichtbaar indien wordt uitgegaan van het stapsgewijs uitfaseren van de Amercentrale (of de mogelijke vervangende warmtebron) en van de afvalenergiecentrale van Attero op industrieterrein Moerdijk. Omdat de kosten voor het 'kleine' warmtenet dan nog steeds lager zijn dan het alternatief / de individuele oplossing, is deze oplossing robuust. Dat blijkt ook uit de cijfers in de groene vakken: 100% betekent dat de kosten voor alle aangesloten lager zijn dan het alternatief. Dit percentage is maar 57% indien wordt gekozen voor het 'grote' warmtenet en slechts 30% indien de genoemde grote warmtebronnen op termijn minder of niet inzetbaar zijn. Een 'groot' warmtenet waarbij ook kleine warmteclusters op grote afstand van een beschikbare warmtebron zijn aangesloten, is dus geen goede oplossing voor West-Brabant.

TNK | 'groot' vs 'klein' | bestaand & realistisch



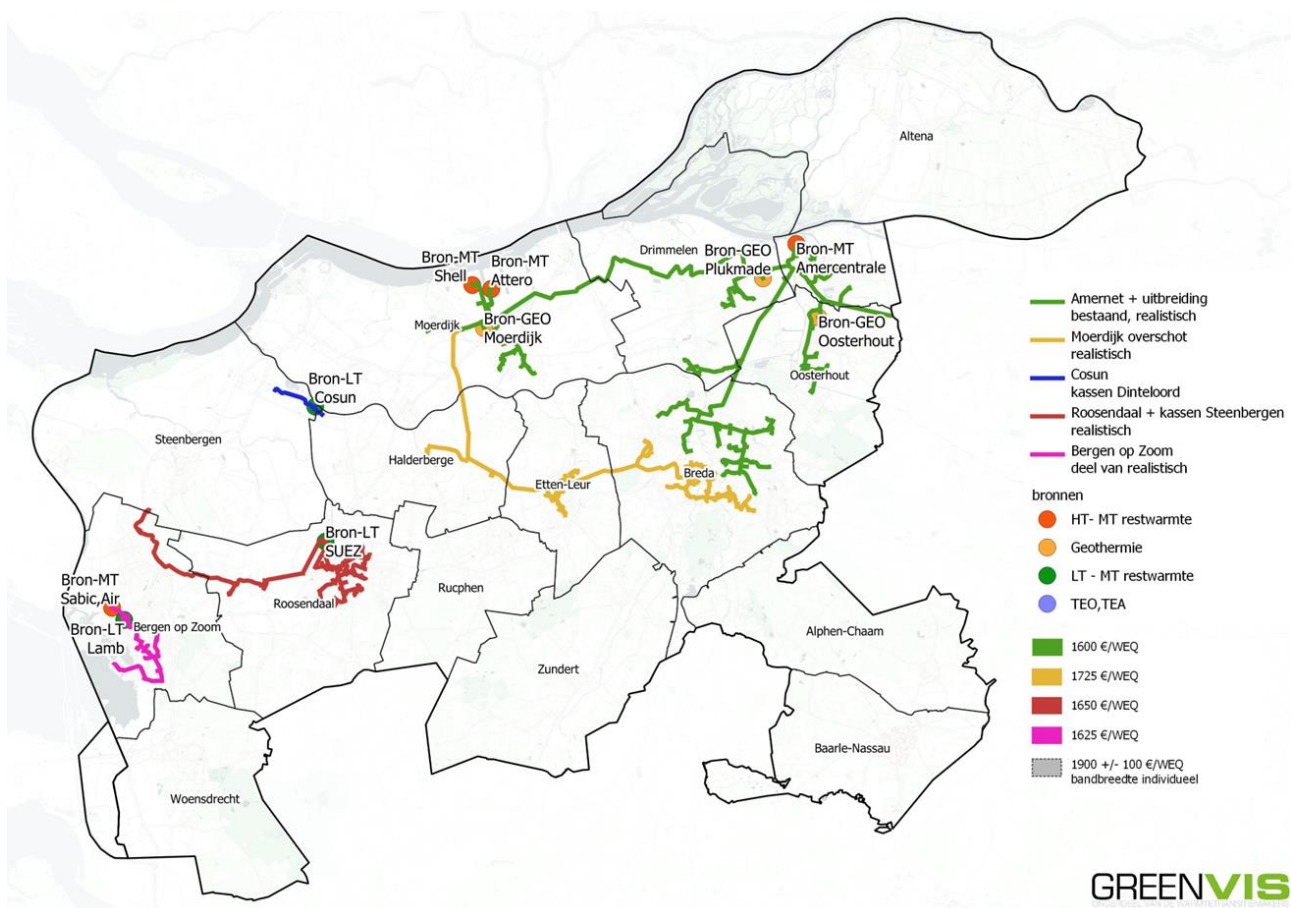
Figuur 9. Kosten voor een 'klein' respectievelijk 'groot' regionaal warmtenet, uitgedrukt in totale nationale kosten (TNK) per WEQ per jaar. Ter vergelijking zijn ook de kosten voor een individuele oplossing rechts afgebeeld. Feitelijk is er voor laatstgenoemde sprake van een bandbreedte in de kosten, zie de grijze balk.

⁹ Deze kosten variëren vanwege verschillen in kosten voor isolatie (kosten zijn veel hoger voor een woning met huidig label E of F dan voor een woning met huidig label C of D) en kosten van de benodigde warmtepomp (grote vrijstaande woningen gebruiken gemiddeld meer warmte dan kleine tussenwoningen, waardoor een duurdere warmtepomp met meer vermogen nodig is). Zie ook de voetnoten in de inleiding van dit hoofdstuk.

3.3. Ontwikkelspoor 2: start relatief klein op meerdere locaties

Het ontwerp van ontwikkelspoor 2 start de berekeningen vanaf de beginsituatie met de bestaande warmtenetten in de regio. Het vertrekpunt is relatief klein beginnen door parallel lokale warmtenetten te ontwikkelen en deze later te koppelen aan een regionaal warmtenet of bovengemeentelijke warmtenetten. Het uitbouwen van deze netten gebeurt voor nabijgelegen wijken of buurten waarvoor een collectief warmtenet in het 'realistische' scenario het meest aantrekkelijk is.

In dit ontwikkelspoor worden de totale nationale kosten (TNK) per weg per jaar per gemeente berekend. Zoals te zien is in figuur 10, ontstaan er enkele gemeentelijke en bovengemeentelijke of (sub)regionale warmtenetten als eindbeeld van ontwikkelspoor 2 in 2050. Grote delen van deze warmtenetten van dit ontwikkelspoor komen overeen met het eindbeeld van ontwikkelspoor 1. Een belangrijk verschil is dat er geen verbindingen zijn tussen deze netten en er dus geen sprake is van één regionaal warmtenet.



Figuur 10. Lokale en bovengemeentelijke warmtenetten met de belangrijkste warmtebronnen voor ontwikkelspoor 2 in 2050. Het warmtenet van Moerdijk – Halderberge – Etten-Leur – Breda wordt gevoed door warmtebronnen op of nabij industrieterrein Moerdijk die niet nodig zijn voor het Amernet, inclusief uitbreiding van dit bestaande warmtenet. De kosten (TNK) voor de aangeslotenen op deze warmtenetten variëren vanwege verschillen in de kosten van de nabijgelegen warmtebronnen, de omvang van de vraagclusters en de lengte van de infrastructuur.

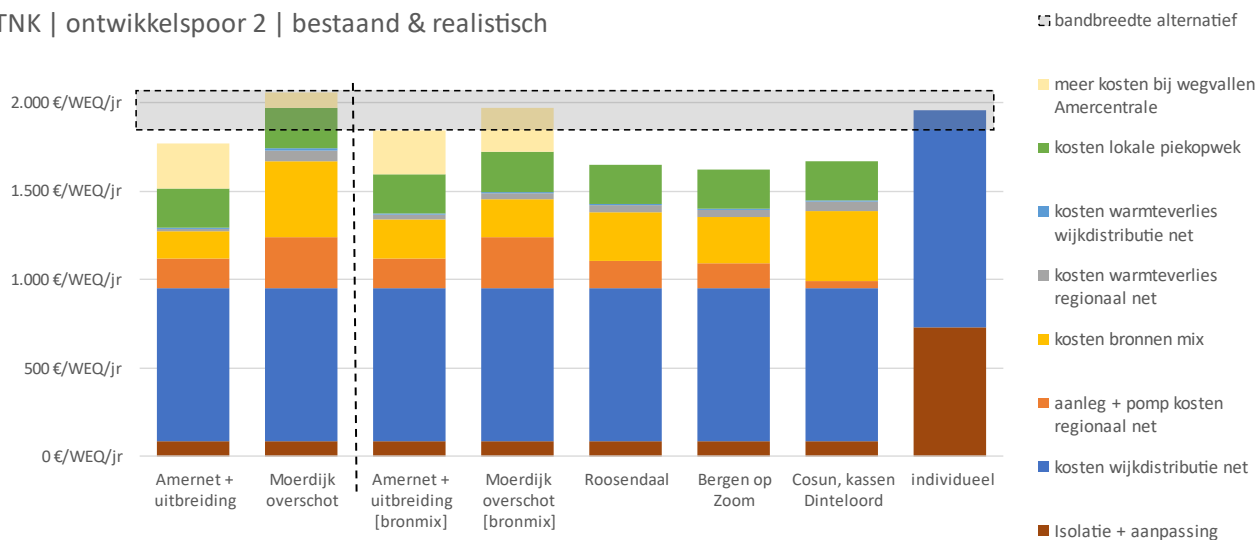
De totale nationale kosten (TNK) voor de aangesloten op de bovengemeentelijke warmtenetten variëren tussen € 1.600-1.725 per weq/jr. Ook voor dit ontwikkelspoor zijn de kosten voor bewoners die gebruik maken van een individuele warmtepomp tussen € 1.800-2.000 per weq/jr afhankelijk van de benodigde investeringen in isolatiemaatregelen. Daarmee is een aansluiting op een van deze warmtenetten een aantrekkelijke oplossing voor 33-40% van de bewoners in RES-regio West-Brabant, afhankelijk van de extra variant die voor ontwikkelspoor 2 is ontworpen (zie volgende pagina en paragraaf 3.4).

In de onderstaande staafdiagram is de kostenopbouw van elk van deze bovengemeentelijke warmtenetten weergegeven, evenals die voor de individuele oplossingen als alternatief weergegeven. In deze figuur zijn tevens de kosten zichtbaar voor de warmtenetten 'Amernet + uitbreiding' (groen in figuur 10) en 'Moerdijk overschot' (geel in figuur 10) indien wordt uitgegaan van het stapsgewijs uitfaseren van de Amercentrale (of de mogelijke vervangende warmtebron) en van de afvalenergiecentrale van Attero op industrieterrein Moerdijk, zie de lichtgele blokken aan de bovenkant van de desbetreffende kolommen. Daaruit blijkt dat 'Amernet + uitbreiding' ook in die situatie een relatief goedkope oplossing is.

Greenvis heeft nog een variant doorgerekend waarbij de kosten van de warmtebronnen voor deze twee warmtenetten zijn gesocialiseerd, aangeduid met de toevoeging [bronmix]. Daardoor zijn de kosten voor 'Amernet + uitbreiding' iets hoger en die voor 'Moerdijk overschot' iets lager. Beide zijn dan aantrekkelijker dan het alternatief: individuele oplossingen. Indien de twee grote warmtebronnen (deels) worden uitgefaseerd, blijft 'Amernet + uitbreiding' aantrekkelijk maar zijn de kosten voor 'Moerdijk overschot' vergelijkbaar met die van individuele warmtepompen.

In dit ontwikkelspoor 2 resulteert het socialiseren van de bronkosten van beide warmtenetten in een groter aantal bewoners dat kan worden aangesloten op een collectief warmtenet (40% in plaats van 33%). Het is echter de vraag of het voldoende voordeel biedt omdat de robuustheid van 'Moerdijk overschot' zelfs in dat geval beperkt is.

TNK | ontwikkelspoor 2 | bestaand & realistisch



Figuur 11. Kosten voor de gemeentelijke of bovengemeentelijke warmtenetten uitgedrukt in totale nationale kosten (TNK) per WEQ per jaar. Ter vergelijking zijn ook de kosten voor een individuele oplossing rechts afgebeeld. Feitelijk is er voor laatstgenoemde sprake van een bandbreedte in de kosten, zie de grijze balk.

3.4. Conclusies over de ontwikkelporen

De beschikbaarheid van meerdere warmtebronnen, waaronder enkele met veel energetisch vermogen, biedt in RES-regio West-Brabant ruimte voor een regionaal of enkele bovengemeentelijke warmtenetten.

De ontwikkeling van één regionaal warmtenet (ontwikkelspoor 1) is financieel aantrekkelijk mits de kosten worden gesocialiseerd, dus gelijk zijn voor alle aangeslotenen op dit warmtenet. Hiermee kan 42% van de totale warmtevraag in de regio worden ingevuld.

De ontwikkeling van één regionaal warmtenet (ontwikkelspoor 1) leidt tot een grotere leveringszekerheid / is robuuster dan de ontwikkeling van een aantal kleine(re) warmtenetten (ontwikkelspoor 2), omdat een groter aantal warmtebronnen is aangekoppeld. Het helemaal of gedeeltelijk wegvallen van een of twee warmtebronnen kan dan door andere bronnen worden opgevangen. Bovendien biedt het meer bewoners in de regio de mogelijkheid om aan te sluiten op een collectief warmtesysteem, zie ook figuur 12.

De ontwikkeling van een collectief warmtesysteem per gemeente of bovengemeentelijk (enkele gemeenten samen) is in de meeste gevallen echter financieel aantrekkelijker dan één groot regionaal warmtenet.



Figuur 12. Aandeel van de totale warmtevraag (zwarte cirkel) dat kan worden ingevuld met één regionaal warmtenet (ontwikkelspoor 1) dan wel met enkele gemeentelijke en bovengemeentelijke warmtenetten (ontwikkelspoor 2). Met het socialiseren van de bronkosten tussen het 'Amernet + uitbreiding' en 'Moerdijk overschot' in ontwikkelspoor 2 kan een groter aantal bewoners in RES-regio West-Brabant worden aangesloten op een bovengemeentelijk warmtenet; 40% versus 33%.

Aanvullend op de hiervoor genoemde conclusies, zijn er nog enkele conclusies voor beide ontwikkelporen afzonderlijk.

Ontwikkelspoor 1

De aansluiting op een regionaal warmtenet is aantrekkelijk voor wijken in het 'realistische' scenario¹⁰. Dit geldt voor de meeste grote en middelgrote gemeenten in de RES-regio West-Brabant. Voor gemeenten op relatief grote afstand van een 'goedkope' warmtebron is aansluiting op een regionaal warmtenet helaas niet aantrekkelijk.

¹⁰ Wijken waarvoor een warmtebron beschikbaar is waarmee warmte via een collectief warmtesysteem kan worden geleverd voor een vergelijkbaar of lager bedrag dan een collectief systeem met een centrale lucht-water warmtepomp.

Dit ontwikkelspoor is zelfs aantrekkelijk als de twee grootste en goedkoopste warmtebronnen in de regio, de Amercentrale (of de mogelijke vervangende warmtebron) en de afvalenergiecentrale van Attero, gedeeltelijk worden afgebouwd. Daarbij is uitgegaan van een regionaal 70°C warmtenet en een ontwerp waarin de lokale warmtebronnen goed worden benut.

Ontwikkelspoor 2

De kosten per gemeentelijk of bovengemeentelijk warmtenet zijn afhankelijk van de kosten van de nabijgelegen warmtebronnen en de grootte van het warmtenet. Het huidige Amernet inclusief uitbreiding is zelfs bij het gedeeltelijk wegvallen van de Amercentrale en de afvalenergiecentrale nog aantrekkelijk.

Ook de warmtenetten bij Roosendaal, Bergen op Zoom¹¹ en nabij Dinteloord zijn voor veel wijken financieel aantrekkelijker dan een oplossing met individuele warmtepompen.

De kosten voor het warmtenet Moerdijk – Halderberge – Etten-Leur – Breda is alleen aantrekkelijk bij socialiseren van de kosten met de wijken die worden aangesloten op het Amernet inclusief uitbreiding en het (vrijwel) volledig benutten van de Amercentrale en de afvalenergiecentrale.

¹¹ Dit warmtenet is voor een belangrijk deel afhankelijk van de restwarmte van Sabic.

4. Handelingsperspectief voor RES-regio West-Brabant

4.1. Zeven concrete acties

Het handelingsperspectief voor de betrokken partijen in West-Brabant is uitgewerkt in de vorm van een zevental concrete acties. Bij elke actie is een indicatie van de starttijd gegeven, zie onderstaande tabel. Een belangrijke conclusie is dat de **eerste stappen** gemaakt kunnen worden **onafhankelijk van de keuze tussen beide ontwikkelporen**. Dat betekent dat RES-regio West-Brabant parallel de actienummers 1 t/m 6 uit kan voeren zonder dat er een keuze moet worden gemaakt. En met het oog op de planning voor de RES 2.0 (vaststellen in 2025), is het aan te raden deze 6 acties in 2024 uit te voeren of in ieder geval te starten.

Tabel 3. Handelingsperspectief in zeven concrete acties.

Actienr.	Concrete acties	Starttijd
1	Start met de ontwikkeling van: a) collectieve warmtesystemen in Moerdijk, Roosendaal, Bergen op Zoom en nabij Dinteloord; en b) transportnet tussen Moerdijk en aansluiting op het bestaande Amernet, bijvoorbeeld in Geertruidenberg.	2024
2	Maak een plan voor het isoleren van de woningen in de regio. Stimuleer het isoleren tot label D voor woningen in wijken die de regio wil aansluiten op een collectief warmtenet en minimaal, en tot label B voor woningen waarvoor individuele warmtepompen een aantrekkelijkere oplossing is.	2024
3	Start met onderzoek naar de beste oplossing voor wijken die niet worden aangesloten op het (regionale) warmtenet; welke zijn geschikt voor een centrale warmtepomp eventueel aangevuld met (kleine) lokale bronnen en welke voor individuele all-electric oplossingen.	2024
4	Bereken de indicatieve kosten voor de bewoners in een beperkt aantal varianten, bijvoorbeeld de 70°C – 40% basislast variant in ontwikkelspoor 1 en het Amernet + uitbreiding in ontwikkelspoor 1 om een goed beeld van de eindgebruikerskosten te krijgen. Onderzoek daarbij de mogelijkheden van verschillende subsidies om deze kosten te verlagen.	2024
5	Onderzoek de mogelijkheden en beperkingen van het elektriciteitsnet voor deze varianten.	2024
6	Onderzoek (in afstemming met de provincie Noord-Brabant) de bestuurlijke, politieke en juridische consequenties voor het regionaal of bovengemeentelijk socialiseren van kosten.	2024
7	Maak daarna een keuze tussen wel of niet socialiseren van kosten voor bewoners die worden aangesloten op een regionaal warmtenet (ontwikkelspoor 1) of voor de combinatie Amernet uitbreiding met het warmtenet 'Moerdijk – Halderberge – Etten-Leur – Breda' (ontwikkelspoor 2).	2025

De resultaten van de eerste vijf acties kunnen al leiden tot een voorkeur voor een van de ontwikkelsporen. Na afronding van de zesde acties kan de stuurgroep van RES-regio West-Brabant in ieder geval een onderbouwde keuze maken tussen ontwikkelspoor 1 of ontwikkelspoor 2.

4.2. Twee sleutelprojecten voor regionaal warmtenet

De acties 1b en 6 zijn te bestempelen als sleutelprojecten voor een regionaal warmtenet. Een korte beschrijving voor de scope van deze projecten is hieronder beschreven.

Sleutelproject 1. Transportnet Moerdijk tot aansluiting op bestaand Amernet, bijv. in Geertruidenberg

Om de restwarmte van o.a. de afvalenergiecentrale en de te verwachten geothermiebronnen op of nabij Haven- en Industrierrein Moerdijk voor de regio te kunnen gebruiken, is ontsluiting hiervan noodzakelijk. De meest voor de hand liggende oplossing is de aanleg van een transportleiding tussen Moerdijk en de locatie van de huidige warmtebron voor het Amernet in Geertruidenberg. Een onderzoek naar een technisch ontwerp, businesscase, planning en eigendomsstructuur van dit transportnet is aan te bevelen.

Er is al een samenwerkingsverband en een Programma Verduurzaming Amernet. In opdracht van de stuurgroep van dit programma is recent een rapport uitgebracht "Toekomst Amernet, beschikbaarheid van bronnen vanaf 2027" waarin dit als een van de twee hoofdalternatieven wordt genoemd. Daarin wordt ook melding gemaakt van een pilot om de benodigde infrastructuur voor de energietransitie rondom Geertruidenberg en Moerdijk. Deze pilot wordt uitgevoerd door de provincie Noord-Brabant in het kader van het provinciale Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat (p-MIEK).

Sleutelproject 2. Bestuurlijke, politieke en juridische consequenties voor socialiseren van kosten

In de ontwerptekst van de Wet collectieve warmte (Wcw) wordt uitgegaan van gelijke tarieven voor gebruikers per warmtekavel. Deze kavels worden hoogstwaarschijnlijk per (clusters van) wijken of mogelijk een gehele gemeente vastgesteld door een gemeente. Bovengemeentelijke kavels kunnen voorkomen mits die worden goedgekeurd door Gedeputeerde Staten (in dit geval van provincie Noord-Brabant).

Voor zover bekend is er nog geen ervaring met een bovengemeentelijk warmtekavel laat staan met een (mogelijk) warmtekavel dat de omvang heeft van een groot deel van een (energie)regio. Het aanwijzen van een dergelijk groot kavel vereist al een onderzoek op bestuurlijk en juridisch vlak. Het socialiseren van de kosten voor inwoners en andere klanten die worden aangesloten op een regionaal of bovengemeentelijk warmtenet heeft echter ook politieke consequenties. Inwoners van gemeente A betalen in dat geval namelijk hetzelfde als inwoners uit gemeente B, terwijl de kosten voor een van beide groepen inwoners lager kan zijn dan voor de andere groep. Op andere aspecten zoals leveringszekerheid zijn de voordelen voor de inwoners van beide gemeenten waarschijnlijk beter.

Een onderzoek naar de bestuurlijke, politieke en juridische consequenties voor het socialiseren van een regionaal warmtenet dient antwoord te geven op deze punten. Het is aan te bevelen om tevens te kijken naar besluitvorming: wie bepaalt wat bij de ontwikkeling van een regionaal warmtenet.

BIJLAGE A Methode berekening warmtevraag

Voor het bepalen van de warmtevraag en het vermogen per pand heeft Greenvis zelf een tool ontwikkeld. De basis voor de berekening is de BAG (Basisregistratie Adressen en Gebouwen). Als eerste stap worden alle energielabels die zijn geregistreerd bij RVO gekoppeld aan de BAG. Wanneer geen energielabel bekend is wordt een inschatting gemaakt van het label op basis van het bouwjaar.

Vervolgens wordt met behulp van kengetallen de warmtevraag en het benodigd vermogen berekend op pandniveau. Deze kengetallen heeft Greenvis zelf bepaald en gerefereerd aan daadwerkelijke gasverbruik op buurtniveau van het CBS.

Voor het bepalen van het benodigde bronvermogen en de diameters van de leidingen zijn de vermogens op pandniveau omgerekend naar gelijktijdige vermogens op gebiedsniveau. Hiervoor is gebruik gemaakt van gelijktijdigheden uit de ISSO7.

Naast de warmtevraag en het benodigde vermogen is een inschatting gemaakt van de toekomstige warmtevraag en temperatuurbehoefte. Deze inschatting is ook op pandniveau gemaakt. De inschatting van de voorspelde energielabels is in lijn met de Standaard voor woningen.¹²¹³

De Warmteprofielen worden gekoppeld aan het toekomstige energielabel, zie Figuur A1. Als het toekomstige energielabel A of beter is, zal lage temperatuur warmte altijd ingezet kunnen worden voor ruimteverwarming. Bij label B of B/A hanteren we het 'MT' warmteprofiel: dat staat voor 'Midden of lage temperatuur'. In deze woningen is lage temperatuur waarschijnlijk mogelijk, maar moet er bijvoorbeeld meer aan het afgiftesysteem gebeuren. Een toekomstig label C of slechter betekent dat woningen niet zomaar met lagere temperaturen verwarmd kunnen worden: hier geldt warmteprofiel 'HT' ofwel 'Hogere temperaturen'. Met een hogere temperatuur wordt een afgiftetemperatuur van 70 °C of hoger bedoeld.

Bouwjaar	<1920	1920 - 1945	1946 - 1974	1975 - 1982	1983 - 1991	1992 - 2005	> 2005
Legenda bouwperiode							
Voorspeld energielabel na isolatie	D/C	D/C	B/A	B/A	B/A	A	A
Temperatuurniveau na isolatie (warmteprofiel)	Hogere temperatuur			Lage temperatuur na goede isolatie of middentemperatuur			Lage temperatuur

Figuur A1. Toekenning warmteprofielen voor woningen op basis van bouwjaar. Met hogere temperatuur bedoelen we een afgiftetemperatuur van 70°C of hoger, met midden-temperatuur 50 tot 70°C en met lage temperatuur 50°C of lager.

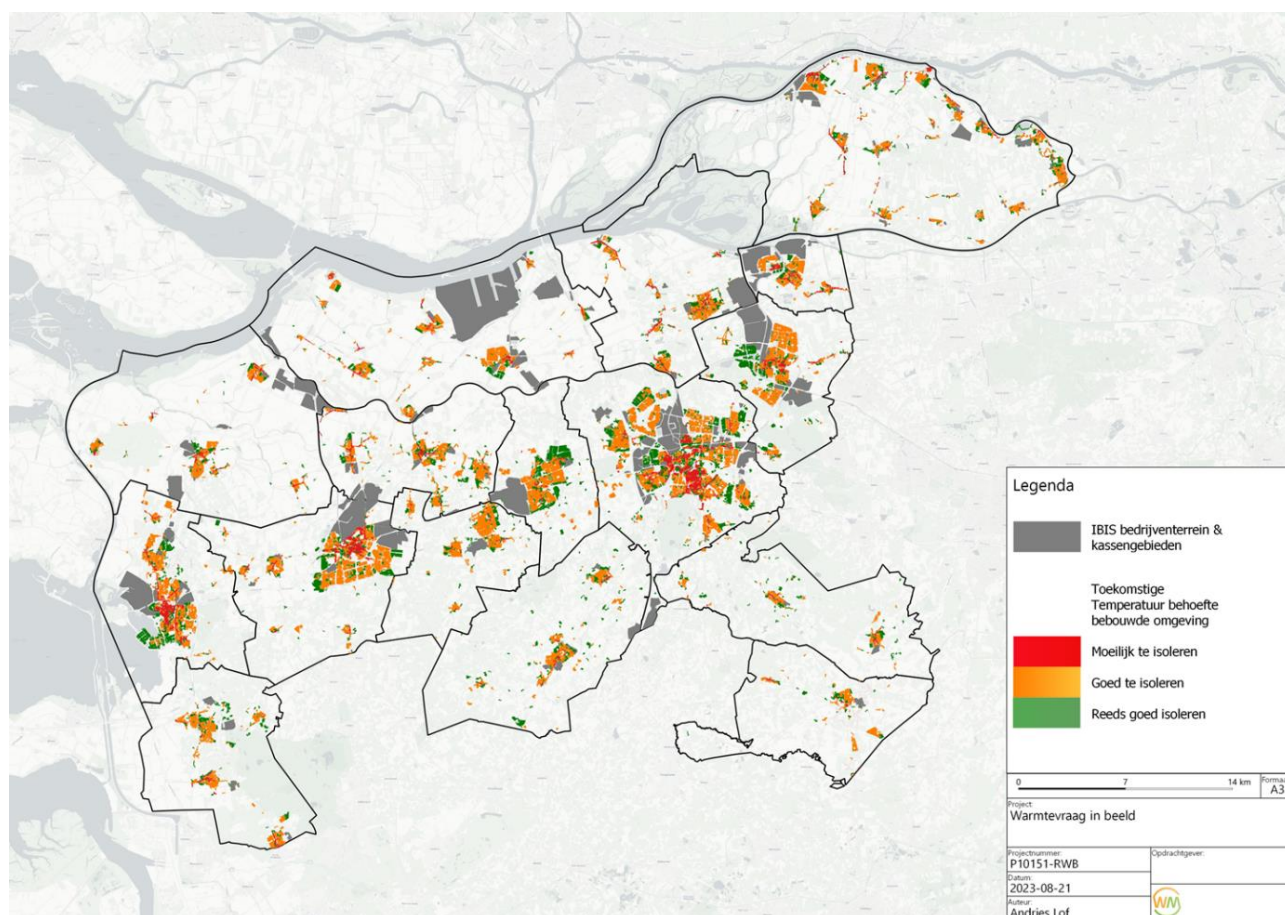
¹²<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2021/03/18/kamerbrief-standaard-voor-woningisolatie>

¹³ Voor aansluiting op een warmtenet op 70°C is isolatie tot een niveau van minimaal label D gewenst, voor gebruik van een individuele warmtepomp is minimaal label B gewenst. De kosten voor isoleren is afhankelijk van het huidige label, het type woning en de grootte van de woning

BIJLAGE B Warmtekaarten

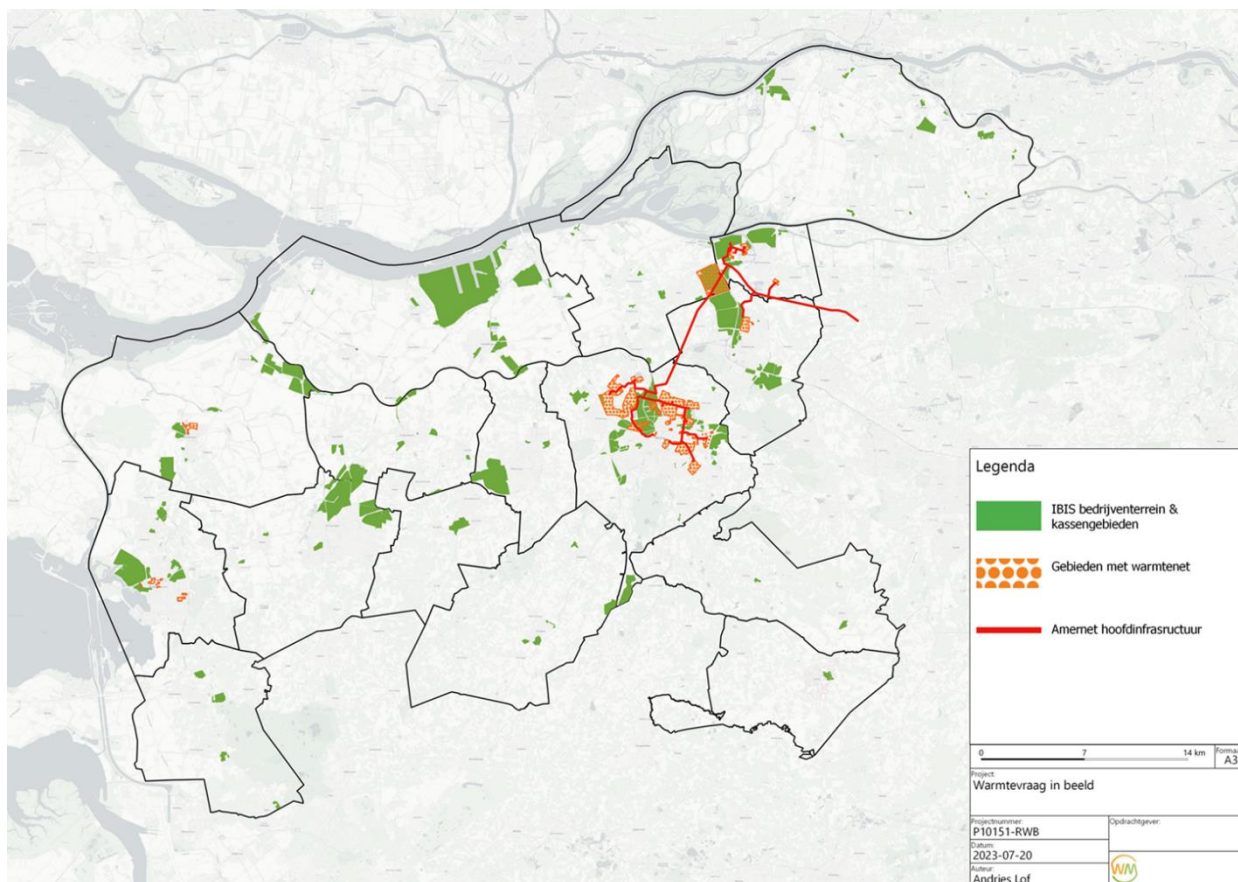
In dit project zijn veel kaarten gemaakt waarin de warmtevraag, het warmteaanbod, warmte-infrastructuur en warmtebalans in RES-regio West-Brabant goed te zien zijn. Enkele kaarten zijn in de hoofdtekst van dit rapport opgenomen. Voor de geïnteresseerde lezer zijn aanvullend extra kaarten in deze bijlage in te zien.

Temperatuurbehoefte



Figuur B1. Overzicht van de temperatuurbehoefte voor invulling van de warmtevraag. In een aantal wijken – meestal wijken met relatief nieuwe woningen en gebouwen – is het isolatieniveau al hoog (groen). Voor deze wijken is laag-temperatuur warmte voldoende om aan de warmtevraag te voldoen. Veel woningen en gebouwen zijn goed te isoleren (oranje). Hiervoor is een midden-temperatuur warmtebron vaak de meest logische oplossing. Een relatief klein deel van de – vaak oude – woningen en gebouwen zijn moeilijk of alleen tegen heel hoge kosten te isoleren. Voor deze woningen is een hoog-temperatuur oplossing nodig. De temperatuurbehoefte van de bedrijventerreinen en kassengebieden in deze regio (grijs) is niet in alle gevallen bekend.

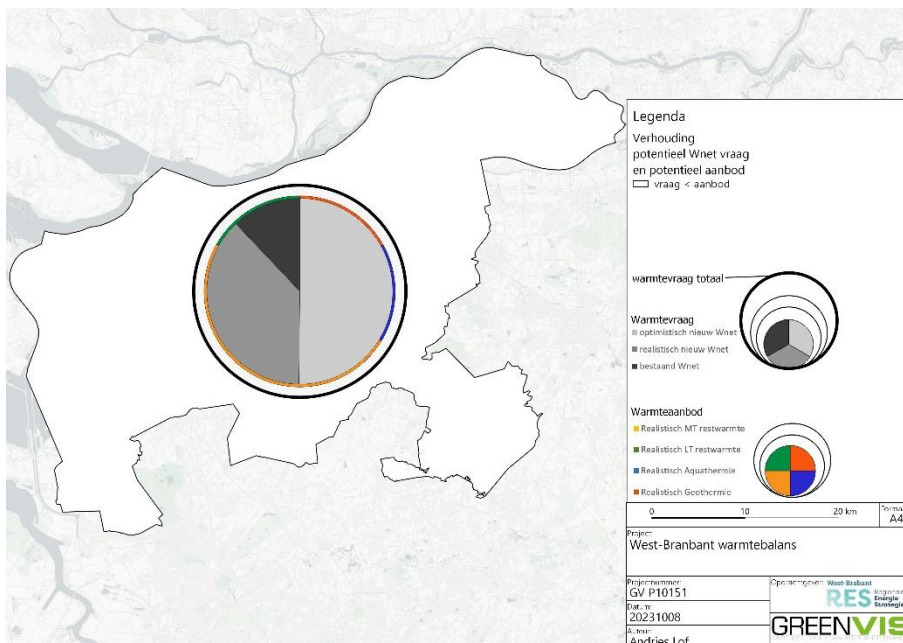
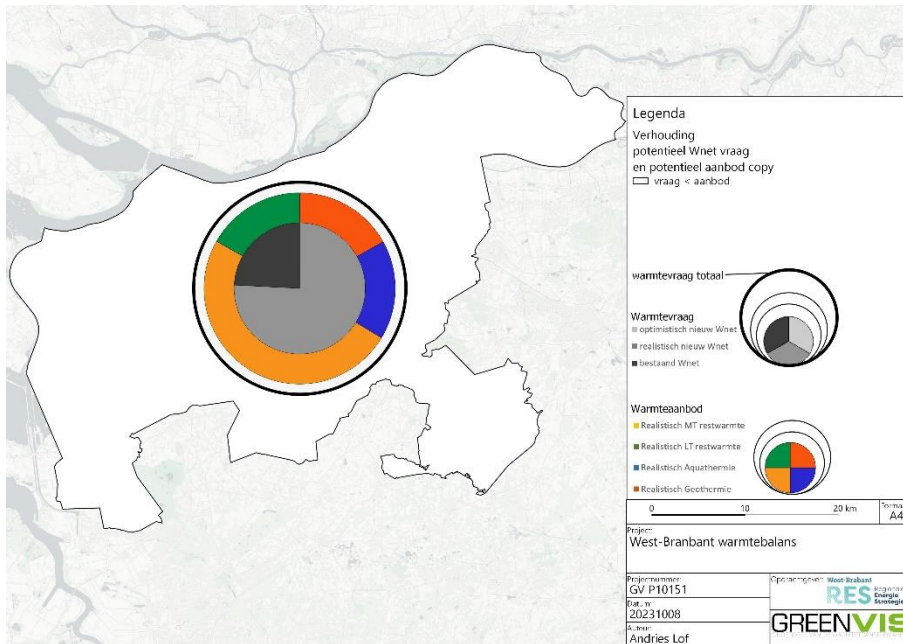
Warmte-infrastructuur



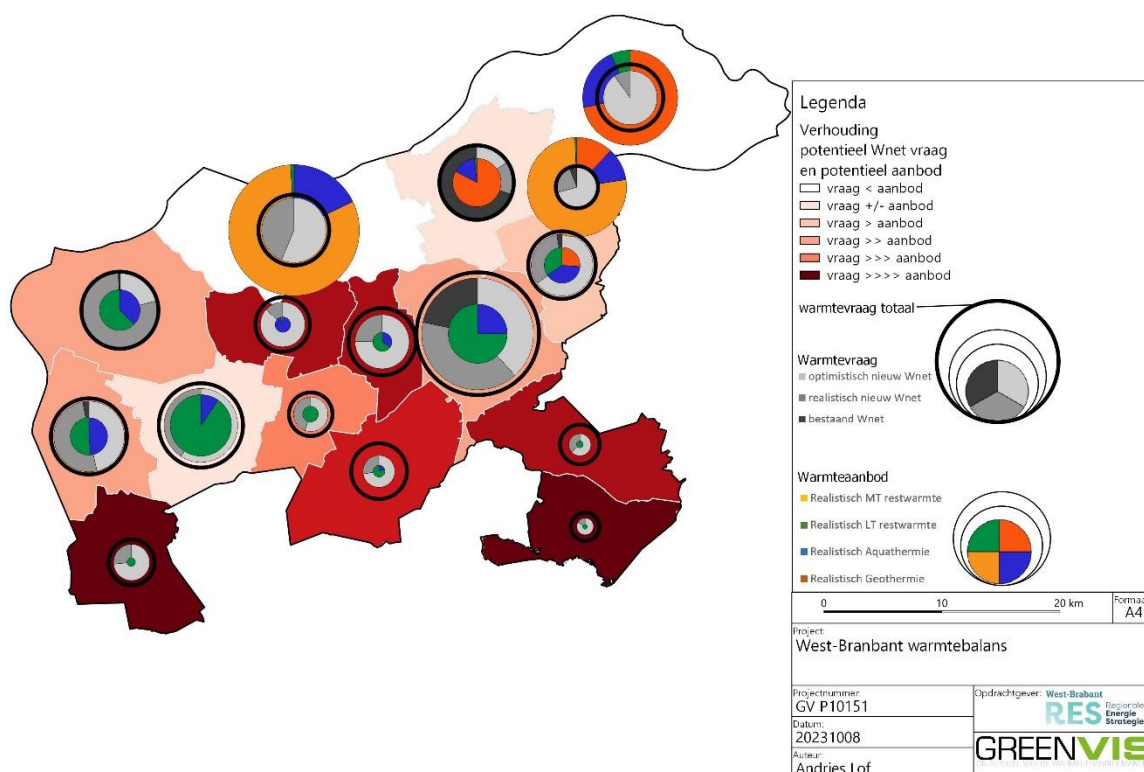
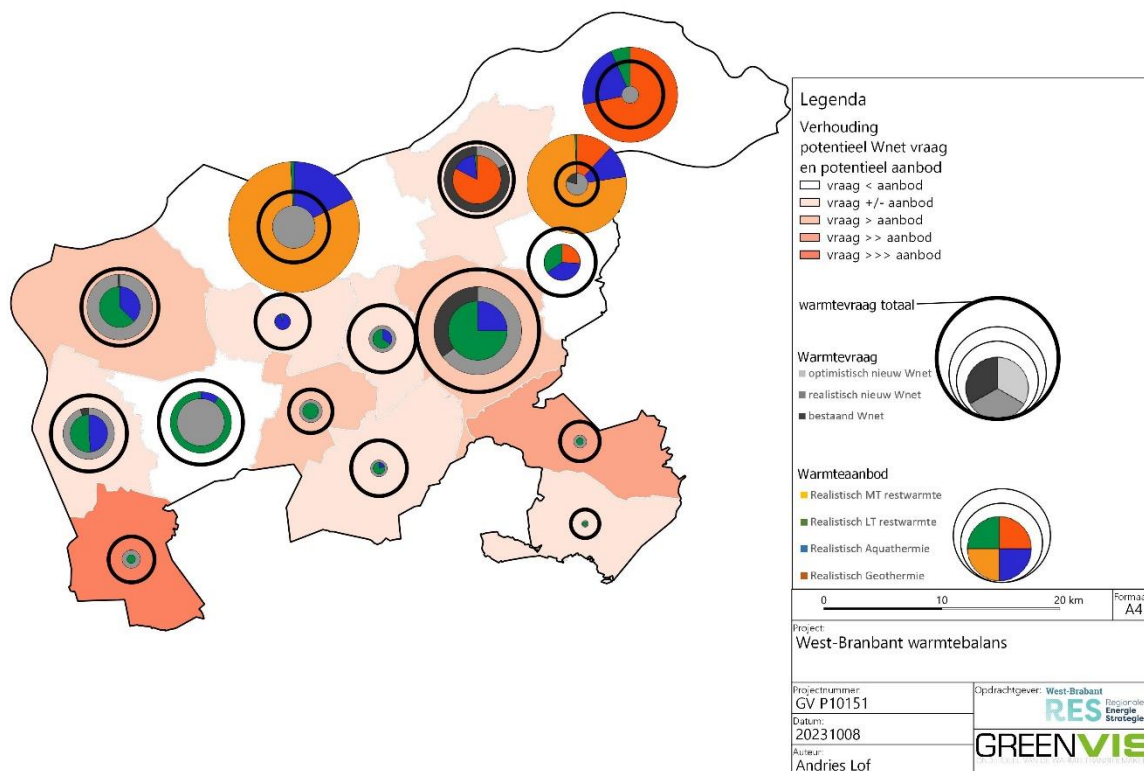
Figuur B2. Overzicht van bedrijventerreinen en kassengebieden en gebieden waar al een warmtenet aanwezig is. De Amernet hoofdinfrastructuur loopt van Geertruidenberg naar Breda, maar ook buiten de 'grenzen' van RES-regio West-Brabant naar Tilburg.

Warmtebalans

De warmtebalans in 2050 is voor zowel de hele regio als per gemeente berekend voor een 'realistisch' warmtenet en voor een 'optimistisch' warmtenet. Het eerste betekent dat collectieve warmte aantrekkelijk is bij een prijs van €22/GJ – de huidige kosten bij inzet van een collectieve lucht-water warmtepomp, het tweede betekent dat collectieve warmte al aantrekkelijk is bij een veel lagere prijs van ruim €3/GJ – de prijs van goedkoop te ontsluiten hoog-temperatuur restwarmte. In dat geval is de potentie flink groter.



Figuur B3. De warmtebalans in de hele RES-regio West-Brabant voor een 'realistisch' warmtenet (boven) en een 'optimistisch' warmtenet (onder). Er blijkt ruim voldoende warmteaanbod beschikbaar voor de eerste variant en zelfs net voldoende voor de tweede variant.



Figuur B4. De warmtebalans in elke gemeente in RES-regio West-Brabant voor een 'realistisch' warmtenet (boven) en een 'optimistisch' warmtenet (onder). De kaarten laten grote verschillen zien in gemeenten met een warmteoverschot en gemeenten met een warmtetekort.

BIJLAGE C Overzicht warmtebronnen in de regio

In de RES-regio West-Brabant zijn enkele grote, industriële warmtebronnen aanwezig. Enkele daarvan leveren warmte op midden- tot hoge temperatuur (boven 70°C tot meer dan 100°C), andere leveren warmte op lage tot midden-temperatuur (ca. 30-70°C). De belangrijkste zijn: de elektriciteitscentrale in Geertruidenberg, de afvalenergiecentrale op Haven- en Industrierrein Moerdijk en enkele grote industriële bedrijven of installaties. Daarnaast zijn rondom Moerdijk, Oosterhout en Made geothermiebronnen gepland en is aquathermie beschikbaar in de vorm van TEA en TEO, respectievelijk thermische energie uit afvalwater via rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI) en thermische energie uit oppervlaktewater zoals de Maas.

Bij de broninventarisatie zijn nog vele andere kleine warmtebronnen gevonden of bronnen waarvan de potentie niet/nog niet te achterhalen valt. Deze bronnen zijn niet mee genomen in de verdere analyse.

Het overzicht van de warmtebronnen in deze regio is te zien in figuur 3 in paragraaf 2.2 en in tabel C1 hieronder. In deze tabel zijn ook alle relevante eigenschappen en de informatiebron weergegeven.

Toelichting verschil theoretisch en praktisch vermogen

Het theoretische vermogen is het vermogen dat volgens databronnen maximaal beschikbaar is, het praktisch vermogen is een meer realistisch getal dat is gebruikt voor de berekeningen. Dat geldt met name voor de Amercentrale, de afvalenergiecentrale van Attero en de TEO-variant van aquathermie.

In de berekeningen is uitgegaan van 112 MW als praktisch vermogen van de elektriciteitscentrale in Geertruidenberg, waarbij is verondersteld dat de nu al aangesloten wijken in gemeenten Tilburg en Breda en het buurtschap Plukmade – plus met name enkele tuinbouwkassen – voor 30% (basislast) afhankelijk blijven van deze bron. Deze centrale draait op dit moment op biomassa. Omdat de SDE++ regeling niet meer van toepassing is voor biomassa, is het onzeker of deze centrale warmte blijft leveren voor het Amernet. Het contract met warmteleverancier Ennatuurlijk is per 1 januari 2027 opgezegd. Omdat Ennatuurlijk warmte moet blijven leveren, is verondersteld dat er ook na deze datum voldoende warmte beschikbaar is. Gemakshalve is dit vermogen nog steeds in Geertruidenberg geprojecteerd, al is het mogelijk dat een deel van de warmte van andere, nieuwe bronnen zal komen.

De afvalenergiecentrale van Attero in Moerdijk zou vanuit het oogpunt van een circulaire economie over een aantal jaren steeds minder afval moeten verbranden. Voor 2050 is daarom uitgegaan van een 50% lager vermogen. Dit wordt mogelijk nog lager als de vrijgekomen CO₂ wordt afgevangen en opgeslagen, omdat energie nodig is voor dit proces.

De beschikking van restwarmte afkomstig van de andere bedrijven is nu gesteld op 100% uitgaande van het ophaalrecht dat in de ontwerptekst van de Wcw (Wet collectieve warmte) is opgenomen. Deze wet is echter pas naar verwachting in januari 2025 van kracht. Soms besluiten de eigenaren om de productie op een locatie aan te passen of te verplaatsen. Andere bedrijven kunnen zich gaan vestigen in de regio. Met deze ontwikkelingen is geen rekening gehouden in de berekeningen, ook omdat de impact hiervan veel kleiner is dan het deels uitfasen van de Amercentrale (of vervangende warmtebron) en de afvalenergiecentrale.

De beschikbare hoeveelheid thermische energie uit oppervlaktewater is theoretisch nog veel hoger dan de 220 MW die in de tabel staat. De kosten zijn echter dermate hoog, dat dit niet realistisch is. Greenvis heeft voor een specifieke berekening dit vermogen aangehouden. In een andere, meer realistische berekening is uitgegaan van een 'praktisch vermogen' van 120 MW. In de meeste gevallen is echter een geen of een veel kleiner vermogen uit TEO worden ingezet omdat dit een relatief dure warmtebron is vanwege de (zeer) lage temperatuur en het benodigde grote (warmte)pompvermogen. Bovendien zijn er voldoende goedkope(re) bronnen beschikbaar zijn in de RES-regio West-Brabant.

Tabel C1. Overzicht van de belangrijkste warmtebronnen in RES-regio West-Brabant. De berekeningen zijn uitgevoerd met het praktisch vermogen.

Categorie	Naam warmtebron	Temperatuur	Theoretisch vermogen (MW)	Praktisch vermogen (MW)	Toelichting praktisch vermogen	Beschikbaar vanaf jaar	Databron potentie
Restwarmte	Amercentrale (Geertruidenberg)	> 90 °C	350 MW	112 MW	Gebaseerd op inschatting huidige levering	Heden	Warmtebronnenregister
Restwarmte	Attero (Moerdijk)	> 90 °C	80 MW	40 MW	Toepassing CO ₂ -afvang leidt tot afname vermogen van 50%	2030	Warmtebronnenregister
Restwarmte	Shell (Moerdijk)	> 90 °C	35 MW	35 MW	n.v.t.	2030	Warmtebronnenregister
Restwarmte	Sabic & Air Liquide (Bergen op Zoom)	> 90 °C	18 MW	18 MW	n.v.t.	2030	Warmtebronnenregister
Geothermie	GEO Moerdijk	75 °C	90 MW	90 MW	n.v.t.	75% in 2040 100% in 2050	Input EBN
Geothermie	GEO Oosterhout	75 °C	10 MW	10 MW	n.v.t.	75% in 2040 100% in 2050	Inschatting EBN
Geothermie	GEO Plukmade	75 °C	17 MW	17 MW	n.v.t.	2030	Input EBN
Restwarmte	Lamb Weston (Bergen op Zoom)	50 °C	3,7 MW	3,7 MW	n.v.t.	2030	Warmtebronnenregister
Restwarmte	PreZero/SUEZ (Roosendaal)	75 °C (bleek later 42 °C)	65 MW	65 MW	n.v.t.	2030	Warmtebronnenregister
Restwarmte	Cosun (Steenbergen)	50 °C	46 MW	46 MW	n.v.t.	2030	Warmtebronnenregister
Aquathermie	RWZI Bath (TEA) *	22 °C	19 MW	12 MW	1/3e verminderd vanwege optimistische berekening warmtebronnenregister	2030	Warmtebronnenregister
Aquathermie	RWZI Dongemond (TEA)	22 °C	4 MW	3 MW	"	2030	Warmtebronnenregister
Aquathermie	RWZI Nieuweveer (TEA)	22 °C	13 MW	8 MW	"	2030	Warmtebronnenregister
Aquathermie	RWZI Sleeuwijk (TEA)	22 °C	3 MW	2 MW	"	2030	Warmtebronnenregister
Aquathermie	Persstation Roosendaal (TEA)	22 °C	5 MW	3 MW	"	2030	Warmtebronnenregister
Aquathermie	TEO diverse plaatsen **	20 °C	220 MW	120 MW	Feitelijk niet of nauwelijks gebruikt vanwege hoge kosten en omdat er voldoende goedkope(re) bronnen beschikbaar zijn in de regio	25% in 2030 75% in 2040 100% in 2050	WarmingUP

* De RWZI Bath ligt net buiten de grenzen van de RES regio

** Handmatige selectie van wateroppervlakte in de buurt van potentiële afnamegebieden.

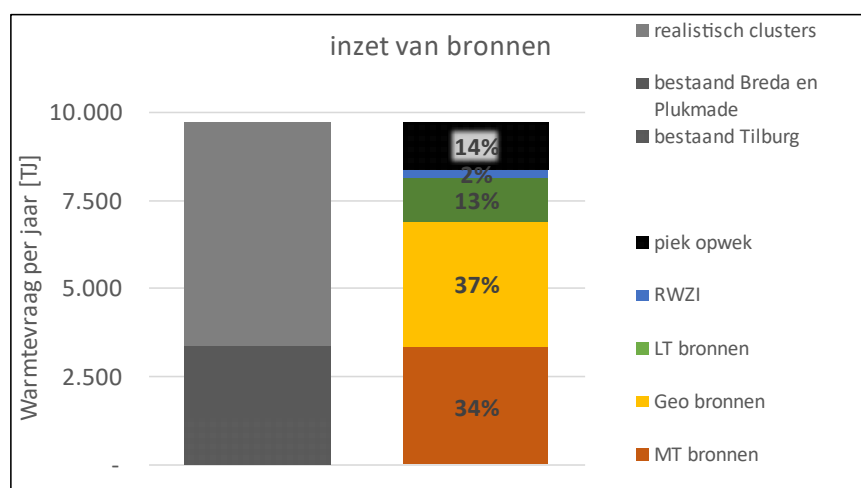
BIJLAGE D Warmtevraag versus warmteaanbod

Een aantal wijken (of clusters) in RES-regio West-Brabant zijn al aangesloten op een warmtenet. Dat is aangeduid als ‘bestaande’ clusters. Het Amernet is het grootste bestaande warmtenet en voorziet met name een aantal wijken in Breda en een aantal woningen en tuinbouwkassen in buurtschap Plukmade van warmte. Dit net voorziet bovendien de gemeente Tilburg en enkele andere clusters buiten de ‘grenzen’ van RES-regio West-Brabant van warmte. In de berekeningen wordt een deel van de warmte en van het warmtevermogen daarvoor ingezet. In de grafieken hieronder is dat aangeduid als ‘bestand Tilburg’.

Een collectief warmtesysteem is aantrekkelijk voor een groot aantal wijken en bedrijventerreinen, waarbij onderscheid is gemaakt tussen clusters die al worden aangesloten bij een relatief dure warmtebron (‘realistische’ clusters) en anderen alleen indien er voldoende warmte beschikbaar is van goedkope warmtebronnen (‘optimistische’ clusters).

Bij het ontwerp van een warmtenet is gerekend met de beschikbare warmtebronnen voor inzet van de zogenaamde basislast, de warmte die per warmtenet vrij stabiel constant nodig is. In de meeste gevallen kan hiermee 70-85% van de totale, jaarlijkse warmtevraag worden geleverd. De overige vraag naar warmte wordt geleverd uit overige warmtebronnen zoals een gasketel of elektroboiler. Dit deel wordt vaak pieklast genoemd, al is de pieklast (of het benodigde piekvermogen) feitelijk het maximale vermogen dat geleverd wordt op zeer koude dagen. Deze ontwerpaanpak is gangbaar in bestaande warmtenetten en vanuit technisch-financieel oogpunt ook een logische keuze.

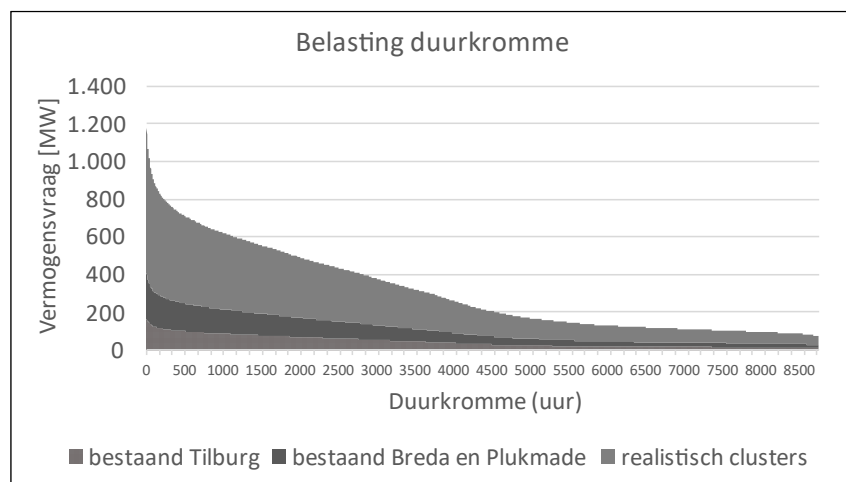
Het verschil tussen energie-/warmtevraag (de totale hoeveelheid warmte) en energie-/warmtevermogen (de hoeveel warmte dat per seconde of andere tijdseenheid wordt geleverd) is te zien in figuren D1 respectievelijk D2, beide voor ontwikkelspoor 1 in de varianten met 40% basislast t.o.v. pieklast. In de grafiek van Figuur D1 is te zien dat de beschikbare energie uit de bronnen op jaarbasis in deze varianten voldoende is om de ‘bestaande’ en ‘realistische’ clusters – inclusief de benodigde energie voor het bestaande Amernet buiten de RES-regio West-Brabant (aangeduid met ‘Tilburg’) – van warmte te voorzien; de energiebalans.



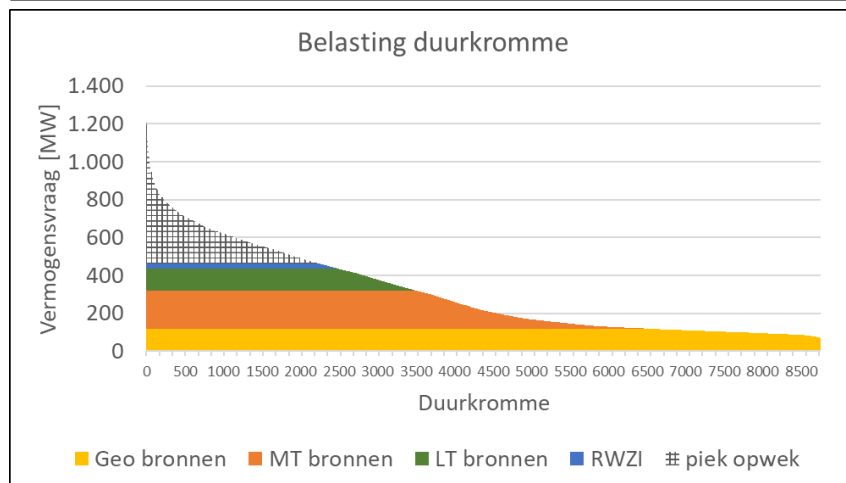
Figuur D1. Energiebalans tussen warmtevraag (links) en huidig plus toekomstig beschikbare warmteaanbod (rechts) in de regio, toegepast voor ontwikkelspoor 1.

De grafiek in figuur D2 laat zien dat de piekvraag van de clusters (bijna 1.300 MW) veel hoger is dan het beschikbare vermogen van de bronnen (ca. 500 MW); de vermogensbalans. In deze belastingduurkromme is ook te zien dat het beschikbare warmteaanbod (de bronnen) voor de meeste uren in het jaar voldoende is voor invulling van de warmtevraag. Daarom is het nodig om de piekvraag van de clusters met een (lokale) piekvoorziening in te vullen.

De hoeveelheid energie die in deze varianten nodig zijn voor de pieklast is maar 14% van de totale hoeveelheid energie die jaarlijks wordt gevraagd door de klanten op bestaande warmtenet plus de klanten die zijn voorzien in de ‘realistische’ warmteclusters / wijken. Deze pieklast kan worden ingevuld door aardgas of de inzet van elektroboilers. Verduurzaming is mogelijk door aardgas op termijn te vervangen door “groen gas”. In 2030 is naar verwachting 2 bcm (twee miljard m³) groen gas beschikbaar voor de gebouwde omgeving in Nederland. Naar verhouding zou 4,1% hiervan beschikbaar moeten zijn voor de RES-regio West-Brabant. Daarmee zou er voldoende groen gas moeten zijn voor invulling van de piekvoorziening van het regionale warmtenet¹⁴.



Figuur D2. Het aantal uren dat een hoeveelheid warmte nodig is in ontwikkelpoor 1. Slechts 1 uur per jaar is de vraag bijna 1.300 MW (de piekvraag). In de onderste figuur is te zien dat de beschikbare warmtebronnen voldoende warmte kunnen leveren tijdens het grootste deel van de uren.



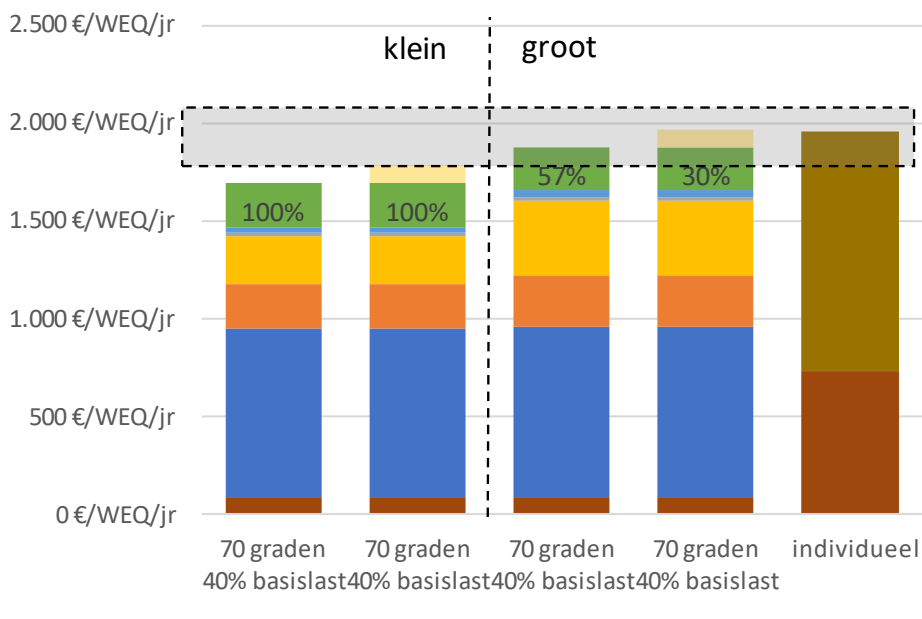
¹⁴ 2 bcm komt overeen met 63 PJ/jr (31,6 MJ/m³). Uitgaande van 4,1% voor West-Brabant is dan 2.500 TJ/jr groengas voor West Brabant beschikbaar. Dat is voldoende om de piekvoorziening van het regionale net met groengas in te vullen.

BIJLAGE E Gebruikte methodiek voor berekeningen in de ontwikkelsporen

Om te berekenen wat de beste manier is om de beschikbare warmte te verdelen, zijn een aantal varianten opgesteld. Voor deze varianten zijn de gemiddelde totale nationale kosten per WEQ berekend. Vervolgens zijn deze kosten per WEQ onderling vergeleken en ook met het alternatief: een individuele oplossing. De varianten die zijn doorgerekend zijn:

- ‘groot’ en ‘klein’ regionaal warmtenet. Groot: alle clusters in West-Brabant zijn aangesloten. Klein: op basis van afstand tot het regionaal net zijn clusters die ver van het regionaal net liggen niet meegenomen.
- ‘realistisch’ en ‘realistische & optimistische’. Realistisch: alleen clusters waarbij ook een ‘dure’ bron interessant is. Realistische & optimistische: alle clusters. Zie Hoofdstuk 2 voor een verdere toelichting.
- ‘90 graden’ en ‘70 graden’. 90 graden: De temperatuur in het regionaal warmtenet wordt op 90 graden gehouden. Dit is gunstig voor de capaciteit van de leiding. Dit is ongunstig voor de kosten van lagere temperatuur bronnen. 70 graden: De temperatuur in het Regionaal warmtenet wordt op 70 graden gehouden. Dit is gunstig voor de kosten van de bronnen mix en het warmte verlies.
- Dit is ongunstig voor de capaciteit van de leidingen er zal resulteren in hogere aanleg kosten.
- ‘30% basislast’ en ‘40% basislast’. 30% Basislast: betekent dat het regionaal warmtenet 30% van het benodigde vermogen levert. Daarmee levert het regionaal warmtenet ~81% van de energie. 40% Basislast: betekend dat het Regionaal warmtenet 40% van het benodigde vermogen levert. Daarmee levert het Regionaal warmtenet ~91% van de energie. Een hogere basislast betekend dat de aanleg kosten ophoog gaan maar dat de ‘dure’ piekvoorziening minder energie levert. Een hogere basislast betekend ook dat er meer bronnen nodig zijn.

TNK | 'groot' vs 'klein' | bestaand & realistisch

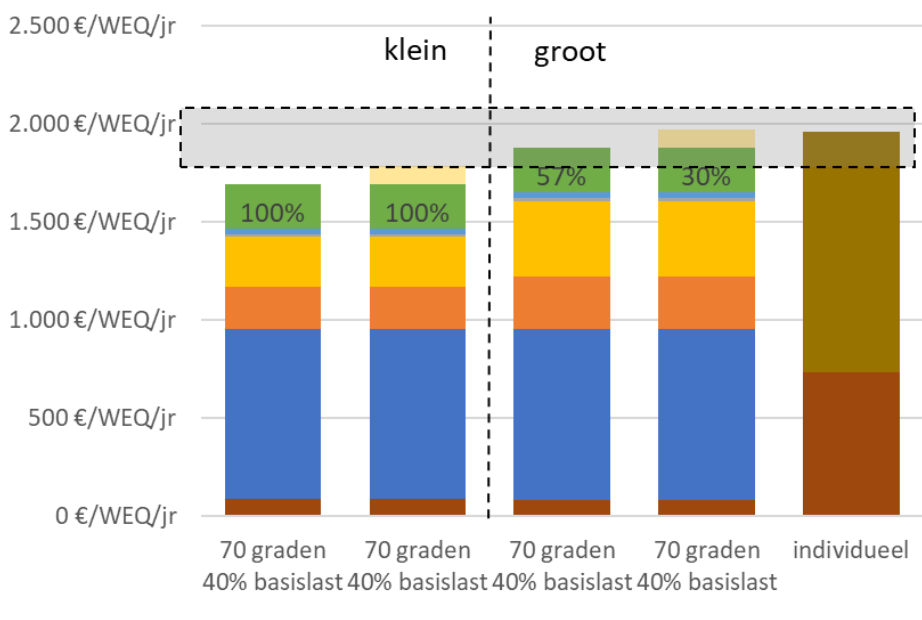


bandbreedte alternatief

- meer kosten bij wegvallen Amercentrale
- lokale piekopwek
- warmteverlies wijkdistributie net
- warmteverlies regionaal net
- bronnen mix
- aanleg + pomp regionaal net
- wijkdistributie net
- individueel systeem
- Isolatie + aanpassing

Figuur E1. Totale nationale kosten van een aantal realistische varianten in ontwikkelspoor 1.

TNK | 'groot' vs 'klein' | bestaand & realistisch



bandbreedte alternatief

- meer kosten bij wegvallen Amercentrale
- lokale piekopwek
- warmteverlies wijkdistributie net
- warmteverlies regionaal net
- bronnen mix
- aanleg + pomp regionaal net
- wijkdistributie net
- individueel systeem
- Isolatie + aanpassing

Figuur E2. Totale nationale kosten van een aantal realistische varianten in ontwikkelspoor 2.

Berekening totale nationale kosten

In de berekening van de totale nationale kosten worden alle kosten voor de aanleg, het onderhoud en de operatie van het systeem over een periode van 30 jaar berekend. Deze kosten bestaan uit alle kosten voor het regionale net, hieronder vallen: warmtetransportleidingen, (ontsluiting van) de bronnenmix, piekopwek, pompenergie en warmteverlies. Daarbij komen nog de kosten voor de distributienetten in de aangesloten clusters. Op woningniveau zijn ook kosten voor de benodigde isolatiemaatregelen meegenomen, en in het geval van de individuele optie ook de kosten voor de individuele warmtepomp. Hieronder wordt uitgewerkt hoe deze verschillende kostenposten zijn berekend.

Om deze onderdelen te berekenen is eerst de bronnenmix bepaald. Daarbij is er voor gekozen om de goedkope bronnen eerst 'op te maken'. Voor het Amernet inclusief uitbreiding is rekening gehouden dat de bronnen ook het deel buiten de RES-regio West-Brabant moeten voeden.

Voor de kosten van de piekopwek is gerekend met een mix van aardgas, biogas en elektra, omdat aardgas langzaam wordt uitgefaseerd en wordt vervangen door biogas en/of elektra. Uitgangspunt is dat over een periode van 30 jaar de totale piekvraag wordt geleverd met 40% aardgas, 30% biogas en 30% elektra. De gemiddelde kosten voor warmtelevering voor de piekvraag komt hiermee op €38/GJ. Hierin zijn alle CAPEX (aanschaf en herinvesteringen pieksetels) en OPEX (inkoop aardgas, biogas en elektra, onderhoud vaste lasten van bijv. de netaansluiting) meegenomen over de gehele een periode. In de toekomst kan ook gedacht worden aan hoge temperatuur seizoensopslag waarmee de piekvraag verlaagd kan worden. Dit leidt mogelijk tot hogere kosten, maar maakt het collectieve warmtesysteem wel duurzamer.

De aanleg- en onderhoudskosten van het regionale net zijn gebaseerd op de lengte en benodigde diameters van de leidingen. De integrale kosten per diameter staan in

Tabel 1. Er zijn drie leidingcategorieën onderscheiden: ‘bestaand’, ‘stedelijk’ en ‘buitengebied’. De kosten van de bestaande leidingen zijn gebaseerd op alléén de onderhoudskosten. Kosten van stedelijke leidingen zijn berekend met een mix van gesloten (asfalt) en open verharding. De kosten van leidingen in buitengebied zijn gebaseerd op alleen open verharding¹⁵. Er wordt gerekend met een levensduur van 50 jaar.

¹⁵ In de praktijk zal in het buitengebied een leiding soms ook onder gesloten verharding worden aangelegd, wat de kosten verhoogt. Maar het kan ook voor komen dat een leiding in een groenstrook aangelegd kan worden, dit verlaagt de kosten juist weer. Daarom hebben we hier gekozen om uit te gaan van een “gemiddelde” open verharding.

Tabel 1. Integrale kosten kengetallen voor warmteleidingen. In deze kosten zijn de investerings- en onderhoudskosten (2% van de investeringskosten per jaar) over een periode van 30 jaar meegenomen. Ook is een restwaarde (40% van investeringskosten) meegenomen voor nieuw aan te leggen leidingen, hierbij is een levensduur van 50 jaar aangenomen voor de leidingen.

Diameter	Bestaande leiding	Leiding in buitengebied	Leiding in stedelijk gebied
DN1000	9.620 €/m	15.390 €/m	20.780 €/m
DN900	8.190 €/m	13.110 €/m	17.692 €/m
DN800	6.880 €/m	11.010 €/m	14.864 €/m
DN700	5.690 €/m	9.110 €/m	12.298 €/m
DN600	4.620 €/m	7.400 €/m	9.990 €/m
DN500	3.680 €/m	5.880 €/m	7.938 €/m
DN450	3.250 €/m	5.190 €/m	7.010 €/m
DN400	2.850 €/m	4.560 €/m	6.146 €/m
DN350	2.480 €/m	3.960 €/m	5.350 €/m
DN300	2.140 €/m	3.420 €/m	4.620 €/m
DN250	1.830 €/m	2.930 €/m	3.952 €/m
DN200	1.550 €/m	2.480 €/m	3.348 €/m
DN150	1.300 €/m	2.080 €/m	2.808 €/m
DN125	1.190 €/m	1.900 €/m	2.568 €/m
DN80	1.080 €/m	1.730 €/m	2.336 €/m
DN65	1.000 €/m	1.610 €/m	2.170 €/m

De aanleg- en onderhoudskosten van de distributienetten in de clusters zijn gebaseerd op een gemiddeld kosten kengetal. Het integrale kostenkengetal per meter distributieleiding binnen de clusters is 1.380 €/m.

De pompkosten zijn gebaseerd op de berekende volumestromen en opvoerhoogtes van bronnen naar afnemers. Afhankelijk van de grootte en configuratie van het net variëren de kosten voor pompenergie over een periode van 30 jaar rond 5% van de investeringskosten in de betreffende warmteleidingen.

Het warmteverlies bestaat uit twee delen. Het verlies in het regionale net, en het verlies in de distributienetten in de aangesloten clusters.

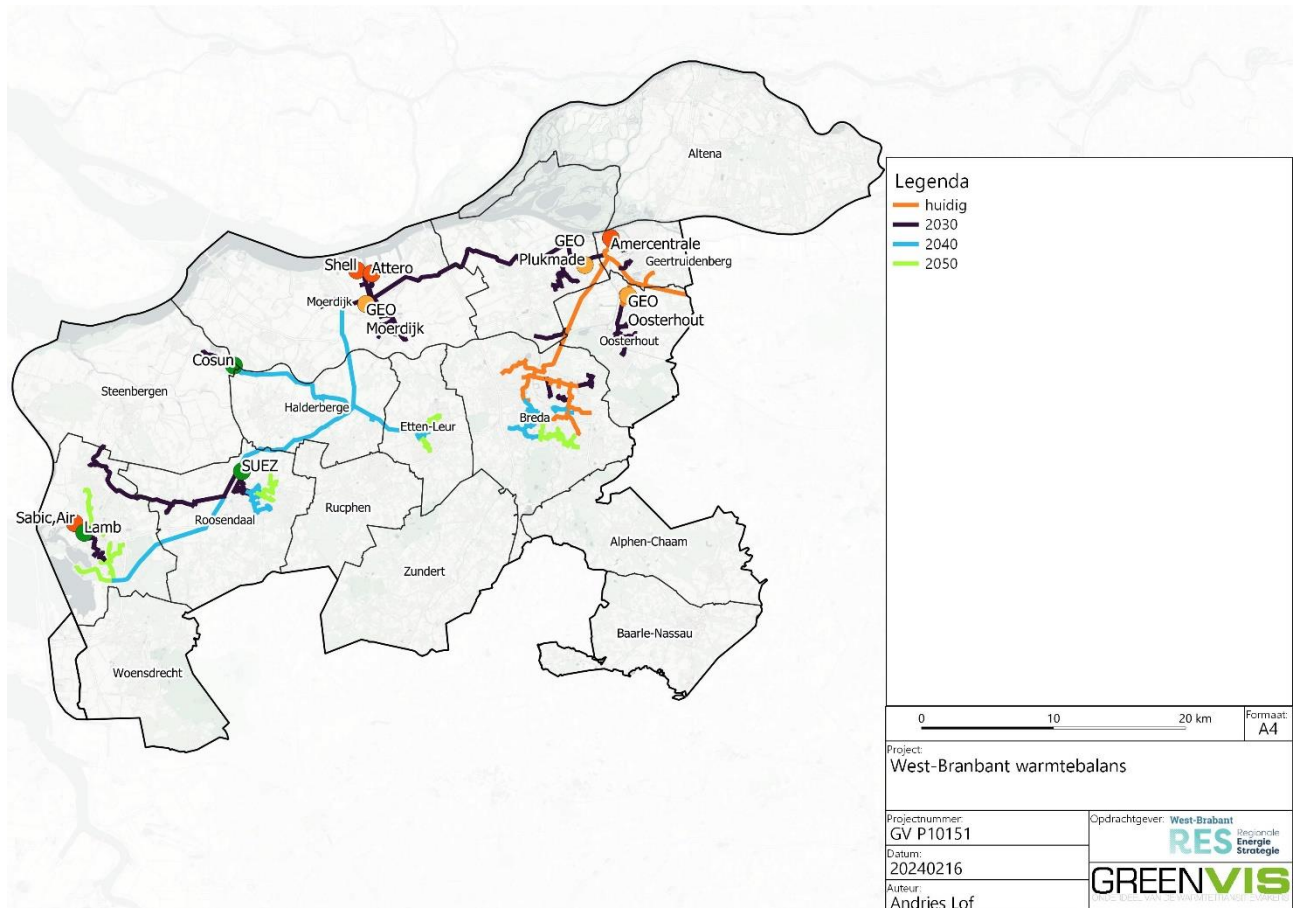
- Het warmteverlies in het regionale warmtenet is berekend op basis van het ontworpen leidingnet. Hierbij is uitgegaan van de toepassing van isolatie klasse 2 (iso2 is +/- 14% beter dan iso1). De formules voor de berekening van warmteverlies worden beschreven in de iso7 – grondleiding van warmte en koude transport. De kosten voor het warmteverlies zijn afhankelijk van de bronnenmix. Het aandeel van het warmteverlies in de totale LCOE van warmte is zo'n 6-8%.
- In de clusters is het warmtenet altijd 70 °C, de diameters van dit leidingnet zijn niet berekend per leiding. Daarom is gerekend met een gemiddeld verlies in het secundaire net van 14% ten opzichte van de warmtevraag in een cluster.

De isolatiekosten zijn op woningniveau berekend. Hierbij is aangenomen dat bij aansluiting op het warmtenet een woning tot minimaal label D geïsoleerd moet worden. Dit omdat met een temperatuur van 70 °C in de distributienetten wordt gewerkt. Voor de toepassing van een individuele warmtepomp is uitgegaan van minimaal label A/B. De set van kengetallen waar mee wordt gerekend is grotendeels gebaseerd op kostenkennallen van RVO (<https://kostenkennallen.rvo.nl/>).

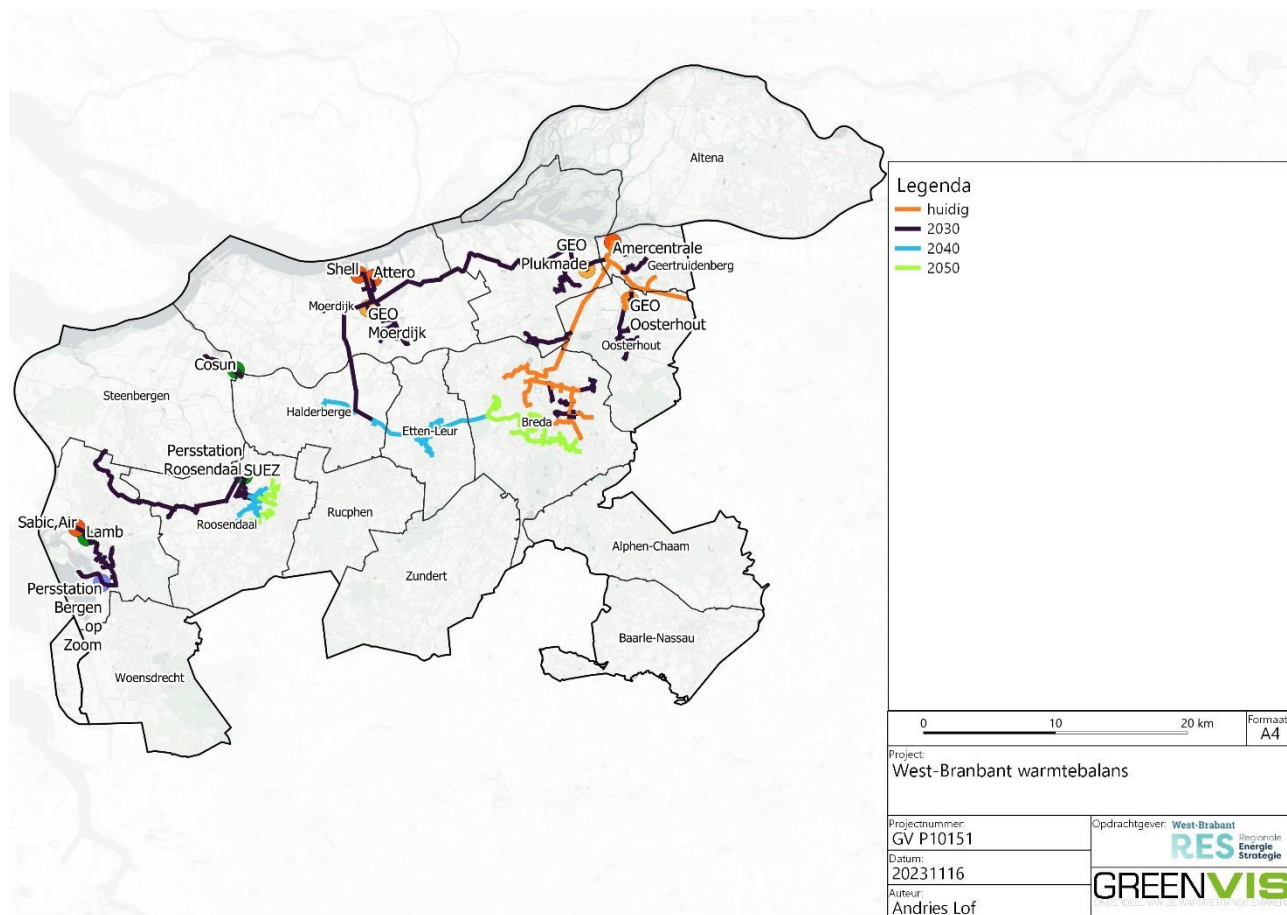
Voor de toepassing van een individuele warmtepomp zijn ook de kosten van de aanschaf van een individuele warmtepomp meegenomen. Hiervoor is per woning een inschatting gemaakt van het benodigde vermogen. Vervolgens zijn de kosten per woning berekend als: $7.492 + 321 * \text{benodigd vermogen (in kW)}$.

BIJLAGE F Resultaten ontwikkelsporen

In figuren F1 en F2 (op de volgende pagina) is de fasering van de ontwikkelsporen 1 respectievelijk 2 in de tijd weergegeven voor de jaren 2024 (nu), 2030, 2040 en 2050.



Figuur F1. De groei van het regionale warmtenet in ontwikkelspoor 1 van nu via 2030 en 2040 naar 2050.



Figuur F2. De groei van het lokale en bovengemeentelijke warmtenetten in ontwikkelpoor 2 van nu via 2030 en 2040 naar 2050.