

An aerial photograph of a coastal town. In the foreground, a large, white, Gothic-style church with a prominent steeple is situated in a residential area. A road with a zebra crossing runs through the town. In the background, a sandy beach stretches along the coast, with buildings and a parking lot nearby. The sky is overcast.

Open Regionaal Energiesysteem ORES

Rapportage

GREENVIS **FAKTON** 
ONDERDEEL VAN DE WARMETRANSITIEMAKERS ENERGY

Datum 08/02/2022

GREENVIS
ONDERDEEL VAN DE WARMETRANSITIEMAKERS

Open Regionaal Energiesysteem ORES Rapportage

Colofon

Oprachtgever: Samenwerkende Leidse gemeenten: Leiden, Katwijk, Oestgeest, Zoeterwoude, Leiderdorp en Voorschoten.

Contactpersoon: Eppe Luken



Oprachtnemers: Greenvis, Fakton Energy

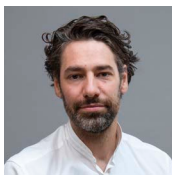


Auteurs: Thijs de Booij, John Boon en Saskia Dane (Greenvis)
Roy Hendriks (Fakton)

Ontwerp: Kevin van Norden, Benjamin van der Burg

Datum: 02/03/2023

Contactgegevens



Thijs de Booij
Projectleider en contactpersoon

e-mail: thijs.de.booij@dwtm.nl



Samenvatting

Deze studie vergelijkt een open regionaal energiesysteem (ORES) voor collectieve warmtevoorziening in de Leidse regio met ontwikkeling van lokale collectieve warmtesystemen. In het ORES worden geothermie, aquathermie en restwarmte uit het Rotterdams havengebied (WLQ+) aangesloten op een transportnet dat alle clusters uit de regio bedient. Vijf verschillende varianten van het ORES (scenario's 1 t/m 5) zijn vergeleken met het referentiescenario (scenario 0). Het referentiescenario gaat uit van lokale collectieve warmtesystemen met buurtwarmtepompen als bron.

Alle ORES-scenario's zijn significant gunstiger als we kijken naar de cumulatieve kosten over 30 jaar, gemiddeld 13%. Investerings in het ORES zijn hoger dan het referentiescenario, maar er wordt veel minder elektriciteit en gas ingekocht. De reden is dat er volop gebruik wordt gemaakt van hoge temperatuur warmtebronnen. Het ORES zorgt bovendien voor een lagere CO₂-emissie dan het referentiescenario, gemiddeld 56%. Tot slot zorgt het ORES voor een lagere impact op het elektriciteitsnet, wat de uitbreidingsopgave voor Liander kleiner maakt.

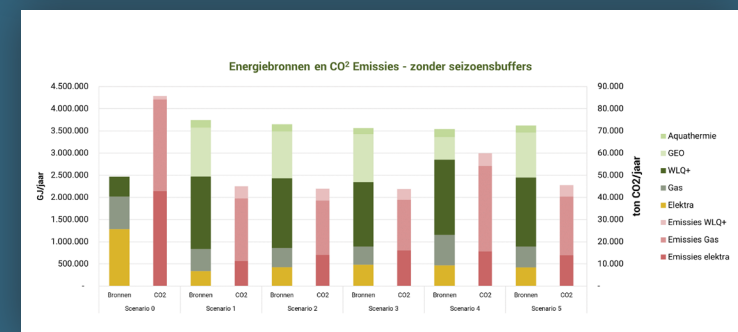
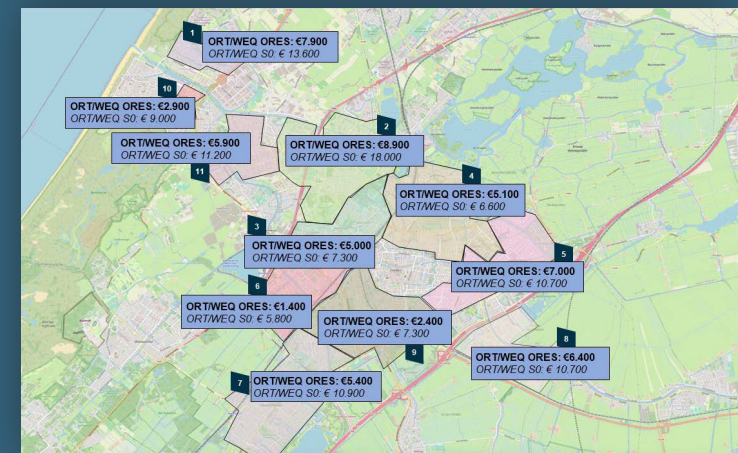
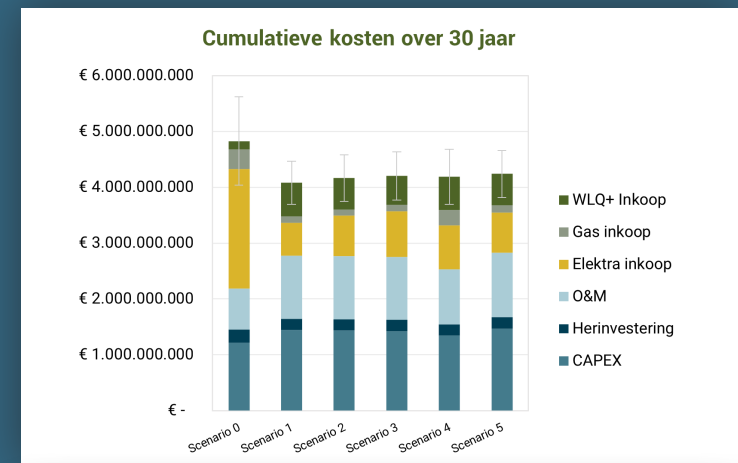
Investerings en operationele kosten voor de verschillende clusters lopen sterk uiteen.

Voor een groot deel wordt dit verklaard door de kosten voor lokale distributienetten, die zijn in elk scenario gelijk. Per cluster treden ook verschillen op tussen de scenario's. Dit wordt bepaald door de verschillende ontwerpen van het transportnet en de daaraan gekoppelde transporttarieven en brongebruik per cluster. Een drietal ontwerpkeuzes voor het regionaal ORES zijn logisch en zorgen voor lokaal de meest gunstige kosten:

1. Een verbinding tussen noordelijke clusters en zuidelijke clusters
2. Een verbinding tussen Voorschoten en Leiden Zuid-West
3. Een zuidelijke verbinding naar Zoeterwoude en Leiderdorp

Concluderend: het ORES is gunstiger in termen van kosten en duurzaamheid in vergelijking met lokale warmtenetten gevoed door buurtwarmtepompen. Hiervoor zijn verschillende ontwerpen mogelijk. Ontwerpkeuzes 1) 2) en 3) zorgen voor lokaal gunstig effecten.

Advies: momenteel ontwikkelen partijen al lokale warmtesystemen, zonder een regionaal systeem als eindbeeld. Wij adviseren samenwerkende gemeenten om de komende tijd een **governance-** en **tariefstructuur** en **groei-strategie** voor het ORES op te zetten. Om vervolgens binnen deze kaders het aanbod te concretiseren en stapsgewijs, per (deel)cluster warmtesystemen te ontwikkelen met het ORES als eindbeeld.



Inhoudsopgave

Inleiding: waarom dit onderzoek?

Context	5
Vraagstelling	5
Analyse van bestaande situatie	
Hoeveel warmte is er nodig?	6
Verbruik en vermogen	6
Welke bronnen zijn beschikbaar?	6
WLQ+	6
Geothermie	6
Aquathermie (Uniper)	6
Energiecentrale Leiden (Uniper)	7
Bestaande warmtenet	7

2. Systeemontwerp ORES

Principes	
Componenten en uitgangspunten	9
3. Vergelijking van scenario's foto's	10
Ontwerp	
Modelleren	15
Begroting	15
Duurzaamheid	15
Buisnesscase	15

4. Resultaten

Cumulatieve kosten op regionaal niveau	19
Resultaten Onrendabele Top per warmtevraagcluster	20
5. Ontwerpkeuzes transportnet	25
6. Duurzaamheid	27
7. Elektriciteitsbelasting en praktische impact	28
8. Conclusies en advies	29





Waarom dit onderzoek?

Context

Nederland is in 2050 aardgasvrij. Voor de gebouwde omgeving is daarom een alternatieve warmtevoorziening nodig voor aardgas. Gemeenten hebben de regie om deze alternatieve warmtevoorziening tot stand te laten komen. Gemeenten uit de Leidsche regio leggen in de Regionale Energiestrategie (RES), de gemeentelijke Transitievisies Warmte en Wijkuitvoeringsplannen vast hoe zij dit willen doen.

Vanuit de Transitievisies Warmte zijn een aantal wijken aangewezen die geschikt zijn voor collectieve warmtelevering middels een warmtenet. Met een warmtenet kunnen beschikbare warmtebronnen in een groot gebied ingezet worden.

In het gebied zijn meerdere bronnen die mogelijk ingezet kunnen worden voor warmtelevering aan deze wijken, namelijk geothermiebronnen en aquathermie. Daarnaast is het mogelijk dat restwarmte uit het Rotterdams havengebied beschikbaar komt voor de regio, via de Warmteling+(WLQ+)-leiding.

Momenteel is er al een warmtenet in Leiden van warmtebedrijf Vattenfall. Dit warmtenet draait op restwarmte van een elektriciteitscentrale (Uniper). In de toekomst wil Vattenfall ook gebruikmaken van warmtelevering via de WLQ+-leiding.

Vraagstelling

De Leidsche gemeenten onderzoeken samen hoe zij beschikbare bronnen het beste kunnen inzetten in de verschillende gemeenten. In het bijzonder willen zij weten of een regionaal energiesysteem een geschikt middel is om deze bronnen te ontsluiten. In dit regionale energiesysteem worden meerdere bronnen op één warmtenet aangesloten. Dit warmtenet zorgt voor verwarming van meerdere buurten in de regio. De naam van dit systeem is **Open Regionaal Energie Systeem (ORES)**. Het alternatief is de ontwikkeling van lokale warmtenetten.

Hoofdvraag:

Is ORES een betere warmtevoorziening ten opzichte van zelfstandige, lokale ontwikkeling van warmtenetten?

Deelvragen:

- Hoe zou dit regionale netwerk er uit moeten zien?
- Levert dit een kostenvoordeel op ten opzichte van zelfstandige, lokale warmtenetten?
- Is dit systeem duurzamer dan lokale, zelfstandige systemen?

1. Analyse van bestaande situatie

Hoeveel warmte is er nodig?

De warmtevraag in de gebouwde omgeving bestaat uit ruimteverwarming en tapwater. De warmtevraag in de verschillende gebieden wordt benaderd op basis van het aantal, type, de grootte en bouwjaar van de gebouwen. Door gebouwen te isoleren, is er minder warmte voor ruimteverwarming benodigd. Ook is de vereiste afgiftetemperatuur in het gebouw dan lager. Dit is de temperatuur van het warme water in de radiatoren.

Isolatie

Voor deze studie is ervan uitgegaan dat minimaal de slechtste gebouwen (gebouwen met labels E, F en G) worden geïsoleerd naar label D. Hierdoor daalt de warmtevraag en zijn gebouwen geschikt voor een afgiftetemperatuur van 70 graden. Investerings hiervoor zijn niet meegenomen in deze studie. Deze worden beschouwd als autonome ontwikkeling op basis van de nationale programma's en afspraken voor isolatie.

Verbruik en vermogen

Verbruik en vermogen zijn twee centrale begrippen die in deze studie vaak gebruikt worden.

Verbruik is de totale hoeveelheid energie die benodigd is voor een bepaalde periode. In deze studie hebben we het over Gigajoules (GJ) en Petajoules (PJ).

Vermogen is de totale hoeveelheid energie die op één moment nodig is. In deze studie hebben wij het over Megawatt (MW). De vermogensvraag van een gebied bepaalt hoe groot het vermogen van de warmtebronnen moet zijn om voldoende warmte te kunnen leveren. Ook bepaalt het de dimensionering van warmteleidingen die nodig zijn. *Het piekvermogen* is hierin maatgevend: dit is de maximale hoeveelheid benodigde warmte op een bepaald moment van een jaar. Met vermogensvraag bedoelen wij in deze studie altijd het piekvermogen.

Omdat niet alle gebouwen in een gebied gelijktijdig warmte verbruiken, is de vermogensvraag van een gebied lager dan de optelling van de vermogensvraag van elk individueel gebouw. Dit wordt aangeduid met de term gelijktijdigheid.

Welke bronnen zijn beschikbaar?

In de regio zijn verschillende grootschalige bronnen beschikbaar voor warmtelevering. Van sommige bronnen is de toepasbaarheid al zeker, voor andere minder.

WLQ+ Bron

Het netwerk WLQ+ transporteert restwarmte uit het Rotterdamse havengebied naar de regio. De warmte voor WarmtelinQ bestaat voornamelijk uit restwarmte van industrieën in de Rotterdamse haven. Het gaat om warmte die vrijkomt bij industriële processen en nu ongebruikt wordt geloosd en warmte uit de afvalverbranding. Er is circa **84 MW** beschikbaar voor de Leidsche regio met een temperatuur van **120 graden**.

Zekerheid

De leveringszekerheid van deze bron is groot. Een deel van het vermogen is reeds gecontracteerd bij warmteleverancier Vattenfall in Leiden.

Duurzaamheid

Door gebruik te maken van deze warmte, wordt CO₂ uitgespaard die nu in cv-ketels wordt uitgestoten. Daarom wordt restwarmte in het klimaatakkoord gezien als duurzaam. De restwarmte is nu nog afkomstig van fossiele brandstoffen. Maar in het klimaatakkoord zijn afspraken gemaakt met de industrie. Die moet verder verduurzamen. Daarmee wordt de restwarmte ook duurzamer.

Bij het gebruik van restwarmte als warmtebron wordt als uitgangspunt genomen dat alle energie (elektriciteit) die

nodig is om de restwarmte uit te koppelen en de warmte te leveren aan de eindgebruiker aan de restwarmte wordt toegeschreven.

Wij gaan in deze studie uit van de standaardwaarde voor de uitkoppeling van restwarmte is 0.1 GJe/GJth (COP waarde van 10) op basis van de NTA8800. Op termijn kunnen er ook andere duurzame bronnen worden aangesloten op het WLQ+ net, bijvoorbeeld geothermie.

Geothermie Bron

Met een geothermiebron wordt warmte uit de aarde benut. Er kan energie worden gewonnen door gebruik te maken van diep in de aarde gelegen warmtereservoirs.

Zekerheid Locatie Noorwijk (Aardwarmte Rijnland)

Shell en D4 werken in consortium "Aardwarmte Rijnland" momenteel samen om een geothermiebron te ontwikkelen op Locatie Noordwijk. De verwachte beschikbare capaciteit vanuit proefboringen is **40MW**, op een temperatuur van 69 graden. Het is onzeker hoeveel van deze warmte beschikbaar gesteld kan worden voor het ORES: de bron zal ook een tuinbouwcluster bedienen en mogelijk delen van Noordwijk. De beschikbare warmte wordt opgewaardeerd met warmtepompen, de aanvoertemperatuur van het net is 85 graden.

Zekerheid Geothermie Voorschoten (2 locaties)

Het onderzoek naar de bron in Voorschoten is in een vroeger stadium. Voor twee locaties is door Energiebeheer Nederland de potentie van de geothermische energie bepaald. De gezamenlijke verwachte potentie voor deze bronnen is **20 MW**. De verwachte temperatuur van deze bronnen is 58 graden. De beoogde locaties hiervoor zijn rond Voorschoten. De aanvoertemperatuur van het net is hier 75 graden.

Duurzaamheid

Een geothermiebron maakt hoofdzakelijk gebruik van aanwezige warmte uit de aarde en is daarom zeer duurzaam. Voor gebruik van deze bron is een klein aandeel elektriciteit nodig: pompenergie en energie voor opwaarding van de temperatuur door warmtepompen. Omdat elektriciteit (nog) niet volledig duurzaam wordt opgewekt heeft de bron wel enige uitstoot. De temperatuur van de bronnen loopt uiteen. Er wordt gerekend met een COP van 20,9 en 14,9 voor het opwaarderen van respectievelijk 69 graden naar 85 graden op locatie Noordwijk en 58 graden naar 75 graden voor de locatie Voorschoten.

Aquathermie (Uniper)

Bron

De bron benut warmte uit de Marensingel, nabij de huidige centrale van Uniper. De warmte afkomstig uit de Rijn wordt opgewaardeerd met warmtepompen tot maximaal 95 graden, zodat het ingevoed kan worden op het warmtenet van Vattenfall.

Duurzaamheid

Deze bron maakt gebruik van aanwezige warmte uit water en is daarom duurzaam. Voor gebruik van deze bron is wel een aandeel elektriciteit nodig: pompenergie en energie voor opwaarding van de temperatuur door warmtepompen. Omdat elektriciteit (nog) niet volledig duurzaam wordt opgewekt heeft de bron wel uitstoot. Uniper kan dit systeem realiseren met een COP van 3,0.

Energiecentrale Leiden (Uniper))

Bron

In de energiecentrale in Leiden wordt elektriciteit en warmte opgewekt met aardgas. Dit heet een warmtekrachtkoppeling.

Zekerheid

Deze bron is operationeel voor het Vattenfall warmtenet. In het klimaatakkoord zijn afspraken gemaakt om elektriciteitsopwekking in Nederland te verduurzamen en fossiele brandstoffen uit te faseren. Op de lange termijn wordt deze bron dus uitgefaseerd. Zo lang deze bron nog operationeel is, kan de restwarmte gebruikt worden. In deze studie gaan we er vanuit dat deze bron als piek en back-up installatie dient voor de huidige Vattenfall clusters.

Duurzaamheid

Restwarmte uit deze energiecentrale komt vrij wanneer energie wordt opgewekt. Door gebruik te maken van deze warmte, wordt CO₂ uitgespaard die nu in cv-ketels wordt uitgestoten. De restwarmte is wel afkomstig van fossiele brandstoffen. Uniper verkent de mogelijkheden om in de toekomst CO₂ vrije warmte en elektriciteit te leveren. Dit is niet opgenomen in deze studie.

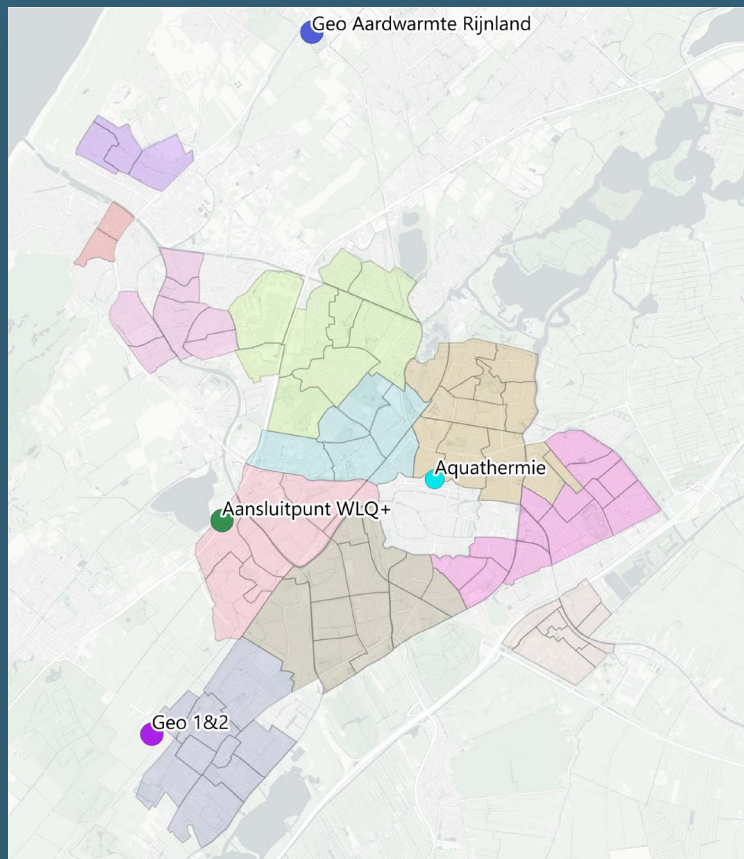
Bestaande warmtenet

In Leiden ligt momenteel een warmtenet van Vattenfall. Dit warmtenet kan worden uitgebreid om meer woningen van warmte te voorzien. Vattenfall gebruikt momenteel warmte van de Energiecentrale en zal in de toekomst ook een aansluiting op het WLQ+-netwerk krijgen.

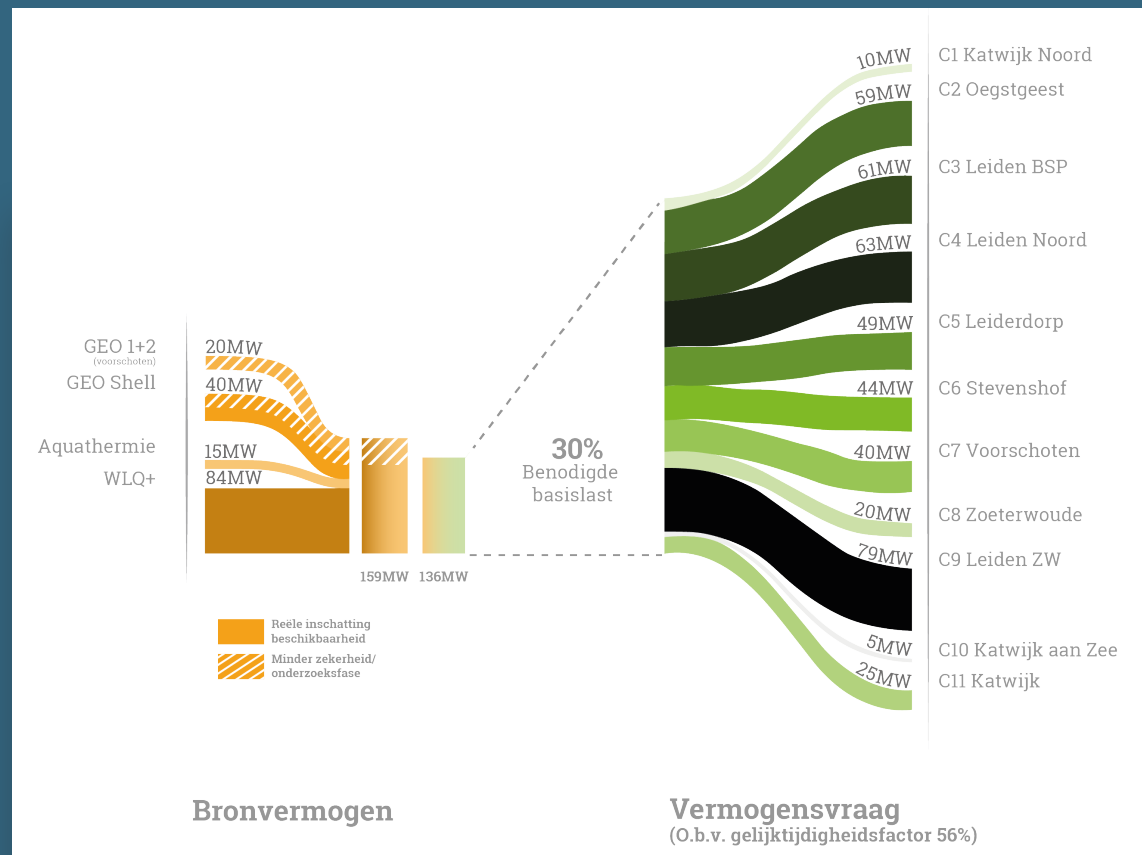
Hoe gaan we om met dit bestaande warmtenet in deze studie?

Het bestaande warmtenet zal gehandhaafd blijven en warmte blijven leveren aan huidig aangesloten gebieden. De *uitbreidings- en ontwikkelplannen* zijn nog niet zeker, dit onderzoek en besluit van gemeenten rond het regionale net hebben hier ook invloed op. Vattenfall is in dit onderzoek betrokken en geraadpleegd.

In deze studie is het uitgangspunt dat het bestaande warmtenet gehandhaafd blijft en uitgebreid wordt in verschillende wijken in Leiden. Hierbij wordt gebruikgemaakt van de bestaande hoofdtransportleiding. De technische haalbaarheid van uitbreiding binnen de huidige transportcapaciteit dient verder te worden onderzocht door Vattenfall.



Figuur 1: ORES Warmtebronnen



Figuur 2: Bronvermogen en warmtevraag vanuit clusters

2. Systeemontwerp ORES

Principes

In het systeemontwerp ORES zijn de volgende principes gehanteerd:

- Het systeem is een open energiesysteem en schakelt flexibel tussen verschillende bronnen die op het net zijn aangesloten.
- Het systeem optimaliseert in de benutting van grootschalige bronnen, door altijd eerst duurzame bronnen in te zetten.
- Zoveel mogelijk van de aangewezen wijken worden aangesloten op dit systeem. Wanneer dit niet mogelijk is wordt een lokale buurtwarmtepomp ingezet met luchtwarmte als bron.

Componenten en uitgangspunten

Hoofdtracés of transportleidingen

Alle bronnen en de 11 clusters zijn verbonden met elkaar via het hoofdtracé. Hiervoor zijn verschillende ontwerpen uitgewerkt die de verschillende scenario's vormen. De 11 hoofdclusters zijn daarnaast weer onderverdeeld in sub-clusters van maximaal 3 MW gelijktijdig piekvermogen. Per cluster zal een onderstation geplaatst worden. Clusternamen zijn gelijk aan wijknamen, maar volgen niet altijd deze geografische grenzen.

Secundaire warmtenetten of wijkwarmtenetten

Vanuit de onderstations in de clusters worden alle panden aangesloten via een secundair warmtenet. Hierdoor kunnen alle woningen van warmte worden voorzien. Dit tracé loopt t/m de voordeur en gaat uit van een aanvoer- en retourleiding in het midden van de straat.

Hoge temperatuur buffers

Er is een groot verschil tussen de warmtevraag in de zomer en winterperiode. Om het overschot aan warmte in de zomerperiode op te slaan en in de winter te gebruiken zijn seizoensbuffers toegevoegd. Deze HT-ATES-systemen (Hoge Temperatuur Aquifer Thermal Energy

Storage) slaan warmte op in de grond. De seizoensbuffers zorgen in de koude maanden voor het grootste deel van de piekvoorziening.

Dag/nacht buffers

In ieder cluster staan dag/nacht buffers opgesteld. Deze vangen de dagelijkse pieken op.

Pieketetels

Naast de piekvoorziening die de seizoensbuffers voorzien, zijn in ieder cluster pieketetels (gas) opgesteld. Het opgestelde vermogen is gemiddeld 60% tot 70% van het gelijktijdige piekvermogen. Afhankelijk van het scenario en cluster voorzien deze 5% tot 20% van de totale warmtevraag.

Buurtwarmtepompen op luchtwarmte

In sommige clusters en scenario's staan buurtwarmtepompen opgesteld. Deze wekken de warmte op via luchtwarmte en voeden dit direct aan een gescheiden net van de rest van het ORES.

Temperatuurregimes:

Het ORES heeft verschillende temperatuurregimes op de transportnetten. Deze worden bepaald door de bronnen. De temperaturen zijn niet het hele jaar hetzelfde maar er wordt gerekend met een zogenoemde "stooklijn": in de warme periodes hanteert het systeem een lagere temperatuur.

- De temperatuur in transportleidingen vanuit geothermiebronnen is 75 graden.
- De temperatuur in de WLQ+-leiding en hoofdleiding van Vattenfall is maximaal 120 graden.
- Afsplitsingen vanuit WLQ+ die clusters direct voorzien hebben een temperatuur van maximaal 95 graden.

Het secundaire warmtenet heeft in alle wijken

een aanvoertemperatuur van 70 graden en een retourtemperatuur van 40 graden.

Flexibele inzet bronnen

Het systeem optimaliseert tussen verschillende bronnen, buffers en piekvoorzieningen. Per scenario en cluster zal de inzet van bronnen dus verschillen. De volgende principes worden in deze optimalisatie gehanteerd:

- Een beschikbare duurzame bron krijgt altijd voorrang boven een pieketetel op aardgas.
- WLQ+-leiding kan via een warmtewisselaar in voeden op de tracés met lagere temperatuur.
- Tracés met lagere temperatuur kunnen niet in voeden op tracés met hogere temperatuur.
- HTO buffers worden het hele jaar door geladen op momenten waarin er overcapaciteit is. Deze buffers worden ontladen op momenten van piekvraag.

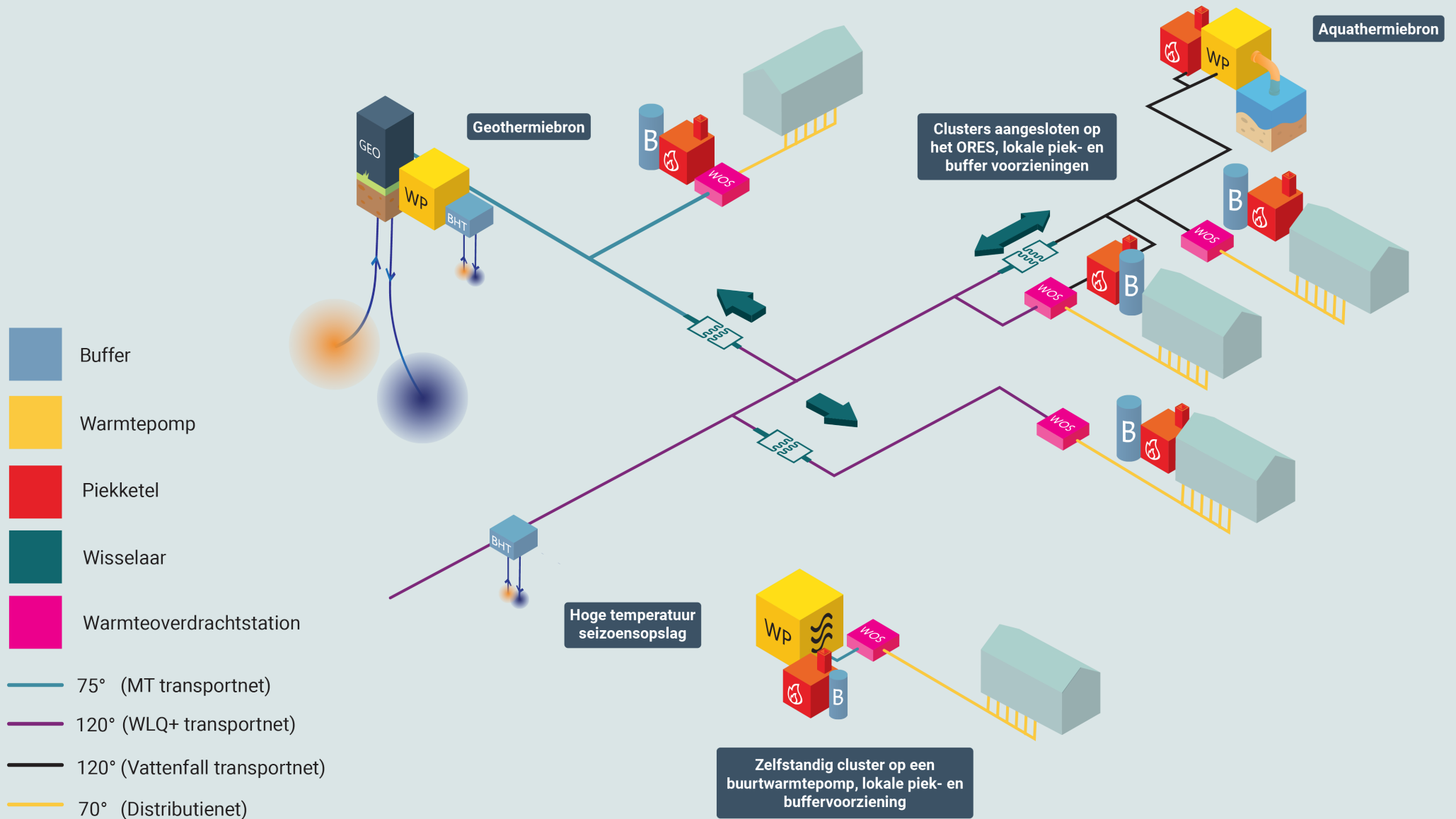
Dimensionering in verschillende scenario's

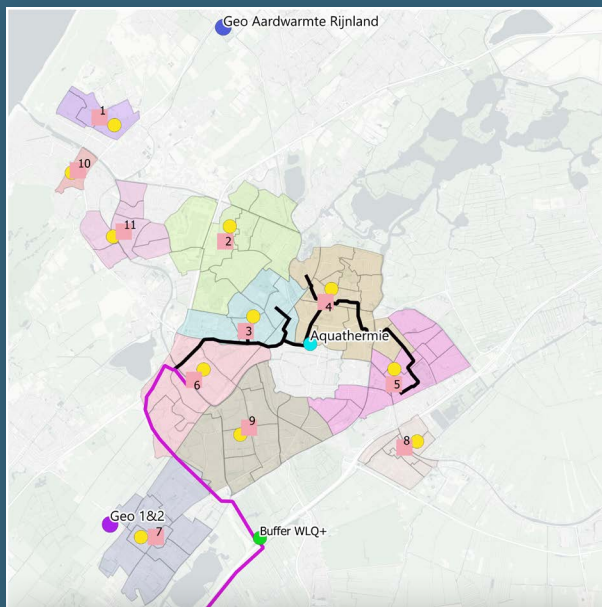
In verschillende scenario's wordt het ontwerp telkens geoptimaliseerd op de volgende wijze:

- Daar waar onvoldoende capaciteit van bronnen is vanuit het regionale systeem, worden buurtwarmtepompen voor basislast ingezet.
- Grootte (en kosten) van geothermiebron wordt geoptimaliseerd naar gelang het benodigd ingezette vermogen, waarbij het maximum de opgegeven vermogens zijn.
- Grootte van seizoensbuffers is niet geoptimaliseerd, de grootte hiervan is indicatief en wijzigt niet per scenario.

Systemschets ORES

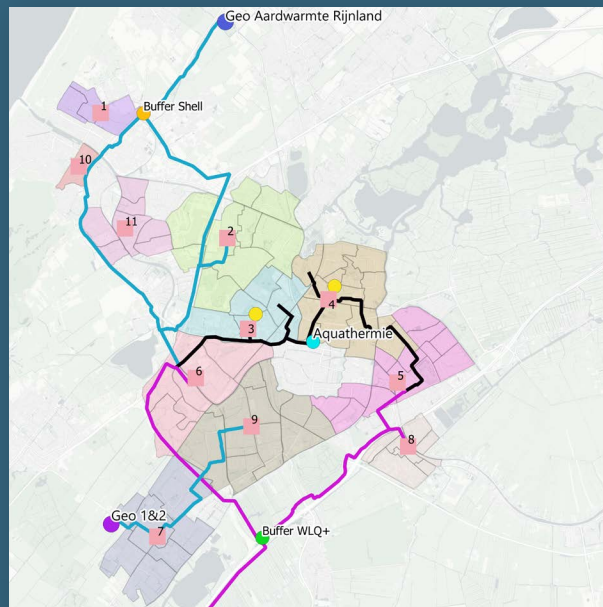
Verschillende type clusters en bronnen binnen het ORES





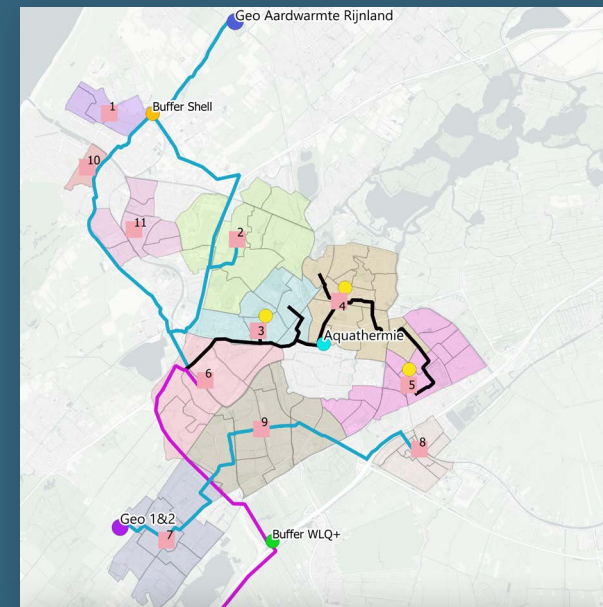
Scenario 0 (basisscenario, geen ORES)

In dit scenario wordt voor elk gebied een zelfstandig warmtenet aangelegd. Deze warmtenetten hebben elk een lokale bron: een collectieve lucht-water warmtepomp. Er wordt géén gebruik gemaakt van aanwezige geothermiebronnen. Het bestaande warmtenet Vattenfall blijft gehandhaafd, hierop wordt WLQ+ als nieuwe bron aangesloten.



Scenario 1 - één systeem

In dit scenario wordt de geothermiebron Aardwarmte Rijnland ingezet in de noordelijke wijken. Geothermiebron in Voorschoten bedient Leiden Zuid-West en Voorschoten. WLQ+ bron voedt in op beide netten en verzorgt in deze gebieden ook een deel van de warmtevoorziening. Daarnaast voedt de WLQ+ het grootste deel van de Leidsche wijken via het warmtenet van Vattenfall. Daar waar het bestaande transportnet onvoldoende capaciteit heeft, worden warmtepompen ingezet (cluster 3 en 4). Zoeterwoude wordt direct op de WLQ+ aangesloten.



Scenario 2 - één systeem

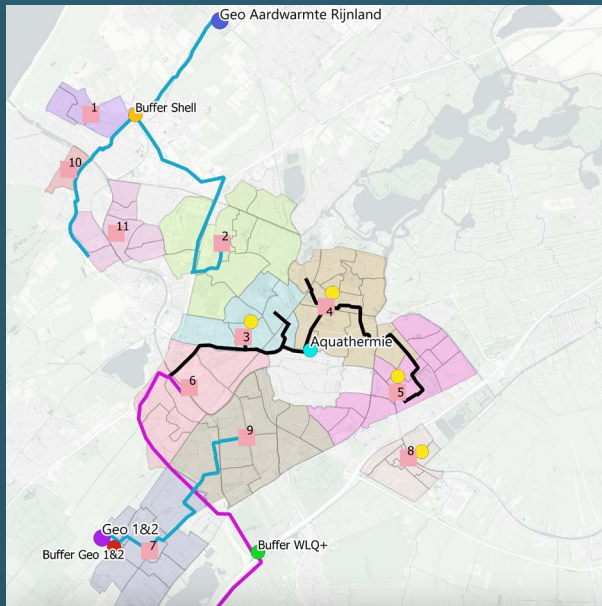
In dit scenario wordt de geothermiebron Aardwarmte Rijnland ingezet in de noordelijke wijken en de geothermiebron in Voorschoten bedient Leiden Zuid-West, Voorschoten en Zoeterwoude. WLQ+ voedt in op beide netten en verzorgt in deze gebieden ook een deel van de warmtevoorziening. Daarnaast voedt de WLQ+ het grootste deel van de Leidsche wijken via het warmtenet van Vattenfall. Daar waar het bestaande transportnet onvoldoende capaciteit heeft, worden warmtepompen ingezet (delen van cluster 3 en 4).

Legenda

Transportnet MT-net	—
Transportnet Vattenfall	—
Transportnet WLQ+	—
Warmteoverdrachtsation	■
Warmtepomp	●

Toelichting bij kaarten en scenario's:

- Scenario's zijn niet bedoeld als varianten van een toekomstig ORES, maar gekozen om verschillende effecten van ontwerpkeuzes te toetsen.
- Locaties van objecten en routing van tracés zijn conceptueel en niet ruimtelijk of vastgelegd en zijn nog géén voorstellen van betrokken partijen zelf (Vattenfall, WLQ+ en Aardwarmte Rijnland)



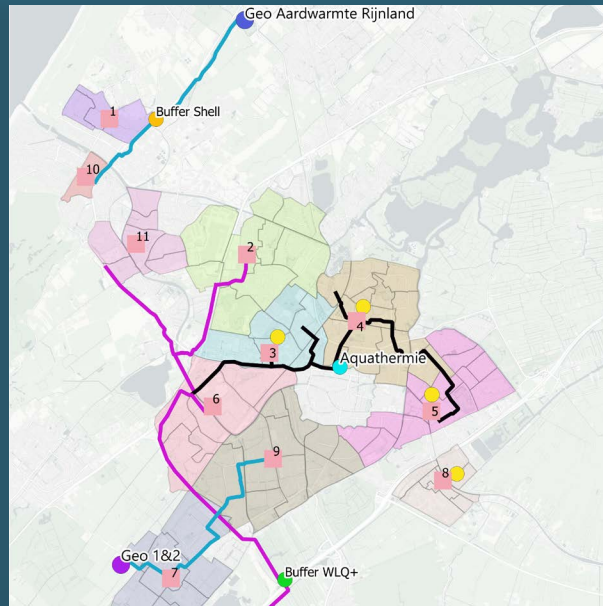
Scenario 3 – twee gescheiden systemen

In dit scenario wordt de geothermiebron Aardwarmte Rijnland ingezet in de noordelijke wijken. De geothermiebron in Voorschoten bedient Leiden Zuid-West en Voorschoten.

De WLQ+-bron verzorgt in Voorschoten, Leiden Zuid-West ook een deel van de warmtevoorziening (maar niet in het noordelijke geothermiegebied).

Daarnaast voedt de WLQ+ het grootste deel van de Leidsche wijken via het warmtenet van Vattenfall.

Daar waar het bestaande transportnet onvoldoende capaciteit heeft, worden warmtepompen ingezet (delen van cluster 3, 4, 5 en Zoeterwoude).



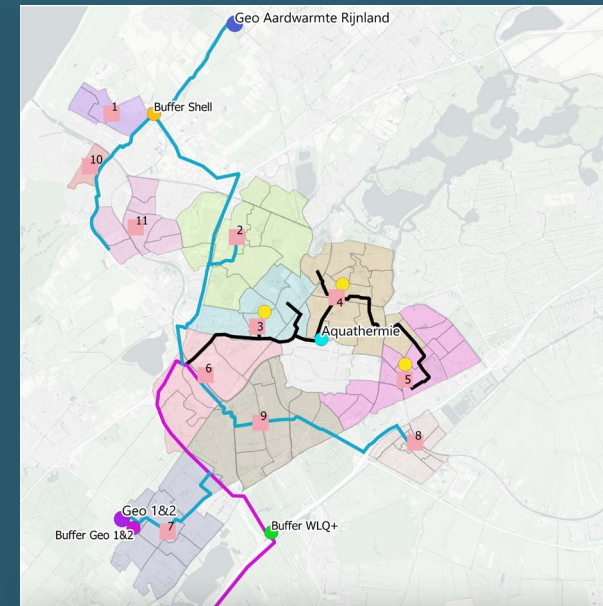
Scenario 4 – twee gescheiden systemen

In dit scenario wordt de geothermiebron Aardwarmte Rijnland ingezet in twee noordelijke wijken. De geothermiebron in Voorschoten bedient Leiden Zuid-West en Voorschoten.

De WLQ+-bron verzorgt de warmtevoorziening in Oestgeest en Katwijk en een deel van Voorschoten, Leiden Zuid-West. (maar niet in het noordelijke geothermiegebied).

Daarnaast voedt de WLQ+ het grootste deel van de Leidsche wijken via het warmtenet van Vattenfall.

Daar waar het bestaande transportnet onvoldoende capaciteit heeft, worden warmtepompen ingezet (delen van cluster 3, 4, 5 en Zoeterwoude).



Scenario 5 - één systeem

In dit scenario wordt de geothermie bron Aardwarmte Rijnland ingezet in de noordelijke wijken, Leiden Zuid-West en Zoeterwoude. De geothermiebron in Voorschoten bedient alleen Voorschoten. De WLQ+-bron ondersteunt de warmtevoorziening in beide geothermiegebieden. Daarnaast voedt de WLQ+ het grootste deel van de Leidsche wijken via het warmtenet van Vattenfall. Daar waar het bestaande transportnet onvoldoende capaciteit heeft, worden warmtepompen ingezet (delen van cluster 3, 4 en 5).

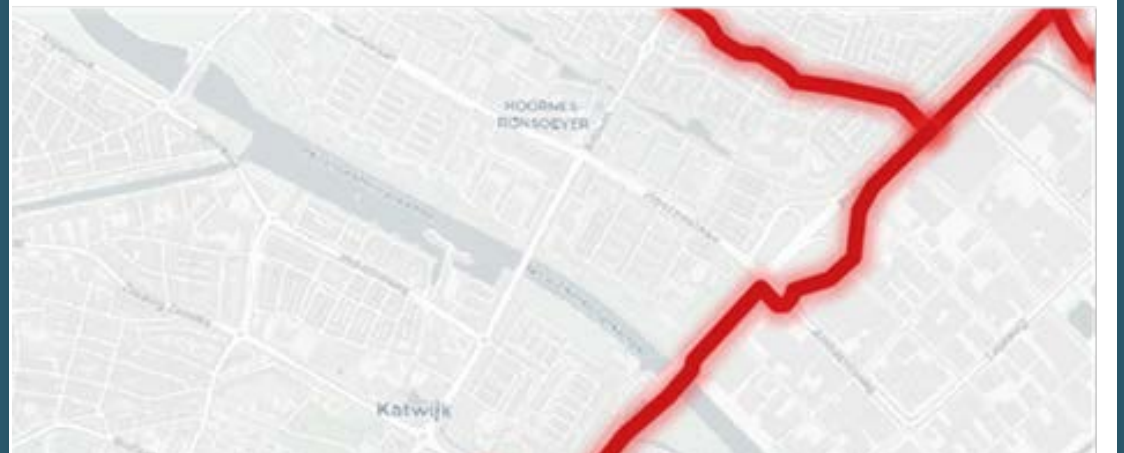
Legenda

- Transportnet MT-net —
- Transportnet Vattenfall —
- Transportnet WLQ+ —
- Warmeoverdrachtsation ■
- Warmtepomp ●

Distributienetten

Voor de verschillende clusters zijn distributienetten ontworpen. In het systeem vormen deze secundaire netten veruit de grootste investeringspost. De lengte van het tracé en daarmee de kosten worden berekend op basis van de adresdichtheid van de wijk. Staan woningen ver uit elkaar: dan is er veel leidingwerk nodig en zijn de kosten hoger. Andersom is het zo dat wanneer panden dicht bij elkaar staan, er minder leidingwerk nodig is en de kosten van het distributienet lager worden.

De afbeelding op deze pagina toont een deel van het ontwerp van het distributienet in Katwijk.



Distributienet: hoofdleiding (onder) en secundair net (boven)



Aanleg van een transportnet



Afleverset in woning



Uitkoppelpunt aquathermie



Collectieve lucht-water warmtepomp



Bovenstation geothermie put 10-30MW

3. Vergelijking van scenario's

Om de verschillende scenario's met elkaar te vergelijken in termen van kosten en duurzaamheid worden deze ontwerpen gemodelleerd, begroot en voorzien van businesscases.

Ontwerp

Het ontwerp voor de verschillende scenario's is uitgewerkt:

- Tracéontwerp transportleidingen
- Tracéontwerp distributienetten in de wijk
- Locatie van bronnen en buffers

Modelleren

In een dynamisch model van TNO, de WarmingUP tool, worden de ontwerpen van verschillende scenario's gesimuleerd. De gemiddelde warmtevraag wordt op uurbasis vergeleken met het aanbod van de bronnen. Iedere bron heeft een prioritering gekregen: WLQ+ en geothermie gaan voor de gasgestookte piekopwekkers. Op basis van deze input wordt het systeem per dag doorgerekend zodat er een match ontstaat tussen het warmteaanbod en de warmtevraag. Voor elk scenario volgt hieruit:

- Energiestromen gedurende het jaar
- Vereiste grootte van verschillende bronnen en buffers

Begroting

Deze resultaten worden vertaald naar investerings- en operationele kosten:

Investerings (CAPEX)

- Initiële investeringen in transportleidingen, distributieleidingen en afleversets
- Initiële investeringen in bronnen en buffers

Operationele kosten (OPEX)

- Inkoop van energie buiten systeemgrens
- Onderhoud en herinvesteringen in het systeem

Total cost of ownership

De begroting van zowel de investeringen als operationele kosten worden verdisconteerd opgeteld over 30 jaar. Hierin zitten alle kosten die gemaakt worden om het systeem te bouwen en laten functioneren, de Total cost of ownership (TCO). Deze maatstaf wordt gebruikt om de kosten van de verschillende scenario's met elkaar te vergelijken

Gevoeligheid energieprijzen

De operationele kosten zijn sterk afhankelijk van de energieprijzen. Om deze reden voeren wij ook een gevoeligheidsanalyse uit: we maken inzichtelijk hoe hogere of juist lagere energieprijzen de TCO beïnvloeden.

Financiële analyse

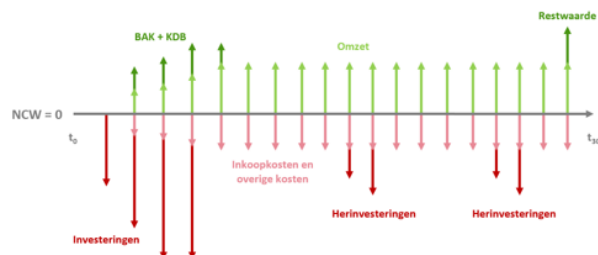
In een verdiepende analyse stelde Fakton Energy integrale businesscases op voor het ORES en de warmtevraagclusters, hiermee:

- Wordt de Netto Contante Waarde van de onderdelen van het systeem en en gevoeligheden hierin geanalyseerd, om tot robuustere inzichten en conclusies over de hoofdvraag te komen.
- Wordt de financiële opgave voor de realisatie van het systeem inzichtelijk en de hoogte van de onrendabele top.
- Worden optimalisaties in de ORES-scenario's bepaald en "no-regret tracékeuzes", door te verdiepen op deelvraagstukken.

Hoe werkt de Netto Contante Waardebepaling en waarom maakt dit de resultaten robuuster?

De Netto Contante Waarde (NCW) van een potentiële investering ligt ten grondslag aan alle investeringsbeslissingen van publieke en private warmtebedrijven en speelt als zwaarwegende factor mee voor verstrekkers van financiering. De NCW van een investering is de uitkomst van de rekensom waarbij alle

toekomstige kasstromen met een discontovoet worden gecorrigeerd voor de tijdsontwaarding van geld door deze te vertalen naar de waarde van de investering op het moment van investeren. Dit maakt de waarde van toekomstige kasstromen vergelijkbaar met de waarde van geld nu. Is de uitkomst van de rekensom gelijk aan of groter dan 0, dan is de investering rendabel. Is de uitkomst van de rekensom negatief, dan is de investering niet rendabel en geldt een Onrendabele Top (ORT). Voor warmtenetprojecten is het gebruikelijk om de businesscase 'rond' te rekenen over een periode van 30 jaar, dat wil zeggen: de NCW komt dan uit op exact 0. Een eventueel resterende ORT kan worden opgelost door 1) de businesscase te optimaliseren, 2) het verstrekken van subsidies en/of 3) het in rekening brengen van een eenmalige Bijdrage Aansluitkosten (BAK) aan vastgoedeigenaren. Figuur 4 presenteert de componenten die onderdeel zijn van deze berekening



Figuur 4 : Schematische weergave van de kasstromen die onderdeel zijn van de NCW-berekening van een warmtenetproject.

Het uitvoeren van een NCW-berekening als onderdeel van deze analyse voegt extra robuustheid toe. De methodiek houdt namelijk rekening met tijdseffecten op de businesscase en maakt het hierdoor mogelijk om een zuiverder vergelijk te maken tussen verschillende scenario's dan enkel de Total Cost of Ownership methodiek. Ook geeft deze verdieping een scherper beeld van de potentiële onrendabele top en daarmee de aanvullende maatschappelijke financiële opgave voor het realiseren van een ORES – of alternatief.

Hoe pasten we de NCW-methodiek toe om de ORES-scenario's te analyseren?

Specifiek voor deze studie ontwikkelde Fakton Energy een rekenmodel om de integrale businesscase van de door Greenvis opgestelde scenario's van het ORES onderling te vergelijken. Onder 'integraal' verstaan we: de businesscase van de hele warmteketen, van bron tot levering. Onder businesscase verstaan we: de NCW-bepaling voor de warmteketen, waarin alle CAPEX, OPEX en inkomsten zijn meegenomen.

De warmteketen in de Leidse regio bestaat uit de

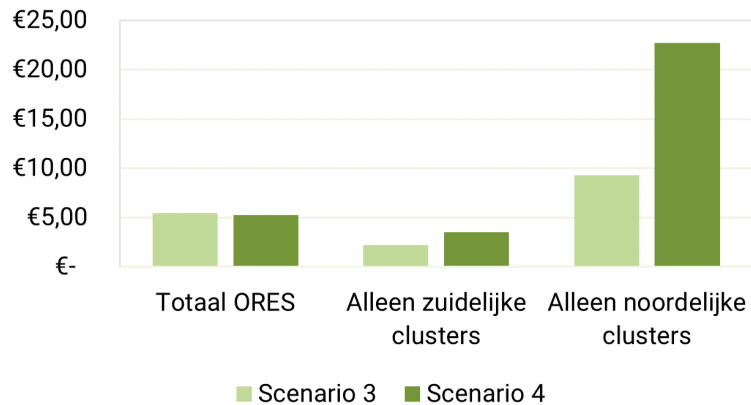
volgende componenten: bronnen, het ORES-systeem (WLQ+, het bestaande primaire net van Vattenfall en een te realiseren regionaal MT-net) en distributienetten per vraagcluster. Deze systeemonderdelen zijn onderling van elkaar afhankelijk. In het rekenmodel maakten we een versimpelde weergave van de werkelijkheid, waarin geen rekening is gehouden met governance/eigendom van verschillende systeemonderdelen. Het bepalen van de Onrendabele Top is als volgt berekend:

- Voor het regionale systeem berekenden we per scenario een **integraal bron- en transporttarief**. Hier namen we alle regionale bronnen, seizoensbuffers en de ORES-transportleidingen in mee. Het regionale systeem levert de opgewekte en ingekochte warmte (bijv. bij WLQ+) aan de warmtevraagclusters, na aftrek van warmteverliezen. Een tijdseffect dat optreedt is de volloop: hoe langer het duurt voordat alle vraagclusters volledig zijn volgelopen, hoe korter de bronnen en het ORES optimaal wordt ingezet en hoe hoger het integrale bron- en transporttarief wordt.
- Per warmtevraagcluster berekenden we per ORES-scenario een separate businesscase voor het lokale distributienet, met de **ORT per woningequivalent per warmtevraagcluster** als sluitpost. De CAPEX en OPEX voor dit lokale distributienet is in ieder scenario vrijwel gelijk: hetzelfde aantal woningen wordt aangesloten op hetzelfde netontwerp, in hetzelfde vollooptempo en tegen dezelfde gemaximeerde verkooptarieven. De variabelen die verschillen zijn scenario-afhankelijk: plaatsen van lokale warmtepompen omdat er géén regionale bron is, extra piekketels omdat er onvoldoende capaciteit is vanuit het ORES of een ander tracé voor de aansluiting op het ORES. De output van het regionale systeem – het integrale bron- en transporttarief geldt op dit niveau als input: de inkoopprijs voor warmte. Bij het referentiescenario

is er geen ORES en wordt alle warmte lokaal per warmtevraagcluster opgewekt – met uitzondering van warmtelevering via het bestaande Vattenfall net.

De **discontovoet** is een percentage waarmee de waarde van toekomstige kasstromen netto contant gemaakt worden. Dit percentage kan gezien worden als de **rendementseis** die gesteld wordt aan een project.

Impact op transporttarief (€/GJ) van loskoppelen noordelijke en zuidelijke clusters binnen ORES



Figuur 5: impact op transporttarief(€/GJ) van loskoppelen noordelijke en zuidelijke clusters binnen ORES

Input warmtebronnen:

- CAPEX + OPEX bronnen
- CAPEX + OPEX Seizoensbuffers
- Inkoop warmte WLQ+ & Uniper

Input ORES transportsysteem:

- CAPEX + OPEX transportnet
- Pompen transportnet

ORES-BuCa

Output ORES-BuCa:

- Integraal GJ tarief bron + transport

Cluster-BuCa 1

Cluster-BuCa 2

(...)

Input warmtevraagclusters:

- CAPEX + OPEX lokaal distributienet
- CAPEX + OPEX lokaal warmtepompen
- CAPEX + OPEX lokaal piek/back-up
- CAPEX + OPEX lokaal aansluitingen
- Inkoop warmte bij ORES volgens GJ-tarief
- Inkomsten vastrecht en meettarief ACM max
- Inkomsten GJ/-tarief (ACM max -10%)

Output warmtevraagclusters:

- Onrendabele top per cluster en/of WEQ

Figuur 6: Schematische weergave van de samenhang tussen de integrale businesscase van het ORES en de integrale businesscases per warmtevraagcluster.

Figuur 5 presenteert de samenhang tussen de businesscases van het ORES en die van de warmtevraagclusters.

De ORT per warmtevraagcluster is een goede basis voor vergelijking tussen scenario's, het verdiepen op deelvraagstukken en het ontdekken van mogelijkheden voor optimalisaties.

De gehanteerde rekensystematiek rekt zoals hierboven beschreven de volledige ORT in de warmteketen toe aan de warmtevraagclusters. Bij verder gelijk blijvende uitgangspunten maakt dit een zuiver vergelijking tussen de ORES-scenario's onderling en met het referentiescenario mogelijk. Een hogere/lagere ORT per warmtevraagcluster is immers alleen te verklaren door wijzigende variabelen tussen de scenario's: ofwel door een andere inzet van regionale en/of lokale bronnen, ofwel door andere tracékeuzes voor het ORES. Dit maakte het mogelijk te verdiepen op enkele deelvraagstukken om optimalisaties en no-regret tracékeuzes te verkennen.

4. Resultaten

De volgende resultaten worden in dit hoofdstuk behandeld:

- ✓ Cumulatieve kosten op regionaal niveau
- ✓ Onrendabele top op regionaal niveau
- ✓ Onrendabele top per warmtevraagcluster
- ✓ Gevoeligheidsanalyse van onrendabele top op regionaal niveau.
- ✓ Verdieping deelvraagstukken

Cumulatieve kosten op regionaal niveau

De cumulatieve kosten voor de scenario's met het ORES over dertig jaar zijn significant lager dan het 0-scenario. Onderling verschillen de ORES-scenario's op regionaal niveau beperkt.

Figuur 7 geeft de cumulatieve kosten per scenario weer over dertig jaar. Hierin zijn (her)investeringen en operationele kosten opgenomen die noodzakelijk zijn voor handhaving van het systeem. Het vergelijken van kosten op deze manier laat zien wat de effecten zijn van systeemkeuzes op de totale kosten.

Scenario 0:

De totale kosten over dertig jaar zijn in dit scenario het hoogst. Hoewel de investeringen in dit scenario het laagst zijn, weegt dit niet op tegen hogere energiekosten ten opzichte van de andere scenario's. Hoe zit dit precies? In dit scenario worden regionaal bronnen en transportnetten ontwikkeld. Omdat per buurt met lage temperatuur bronnen wordt gewerkt (collectieve lucht-warmtepompen), neemt het elektriciteitsverbruik toe. Dit, en omdat de relatief goedkope WLQ+ maar beperkt wordt ingezet, maakt dat de totale kosten van dit scenario hoger uitvallen dan de ORES scenario's.

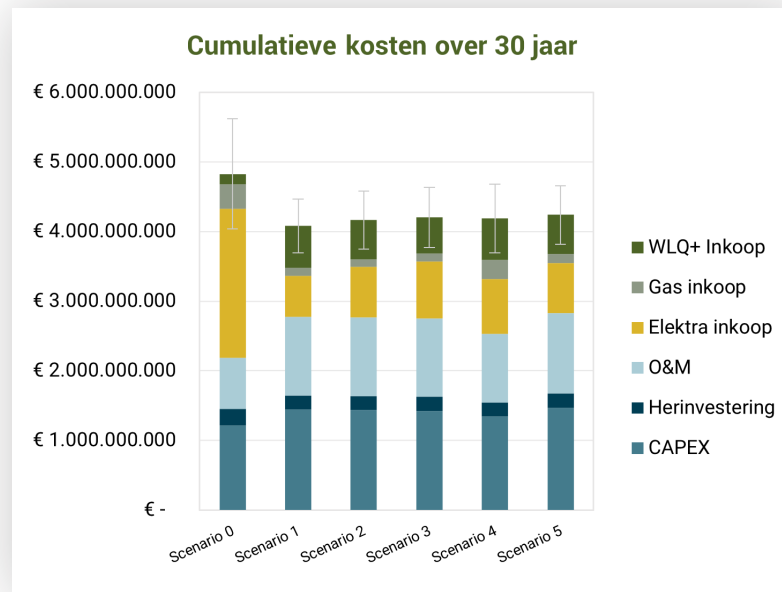
Scenario 1-5:

De kosten over dertig jaar voor scenario's 1, 2, 3, 4 en 5 komen elk lager uit dan scenario 0. De investeringen in deze scenario's zijn hoger vanwege de ontwikkeling van regionale bronnen en de aanleg van het transportnet. Het verschil is te verklaren omdat er in deze scenario's volop gebruikgemaakt van regionale geothermiebronnen, WLQ+ en buffers. Dit beperkt de noodzaak voor externe inkoop van elektriciteit aanzienlijk, wat resulteert in lagere cumulatieve kosten. Onderling hebben de scenario's 1 t/m 5 geen significante verschillen op regionaal niveau. Dit komt omdat het grootste deel van investeringen gelijk zijn: warmtebronnen en distributienetten. Een

transportnet is in elk scenario noodzakelijk, de verschillen tussen lengtes en diameters zijn klein.

Wat valt op?

- Scenario 0 heeft significant lagere (her)investeringen.
- Scenario 4 kent een relatief hoog gas verbruik: dat komt omdat in dit scenario Aardwarmte Rijnland maar beperkt wordt ingezet.
- Scenario 1 heeft de laagste elektra-inkoop: in dit scenario zijn de minste lucht-warmtepompen ingezet.



Figuur 7: Cumulatieve kosten over 30 jaar

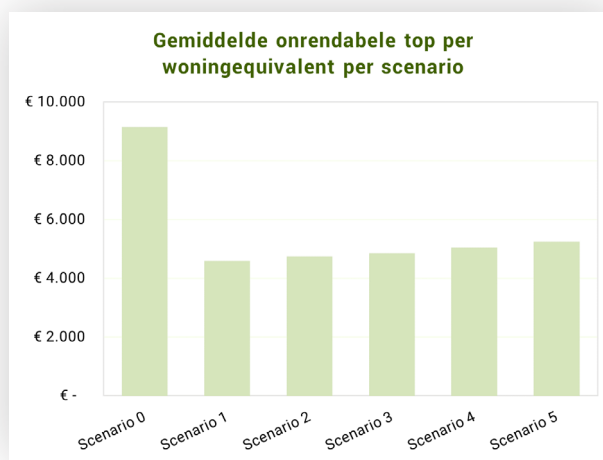
Let op: zowel begrotingen als ORT-bedragen dienen om de scenario's onderling te vergelijken en zijn niet bedoeld als accurate voorspeller van de daadwerkelijke financiële opgave voor de Leidse regio. Om deze berekeningen te doen is gebruik gemaakt van aannames en kengetallen die zijn opgenomen in de technische bijlage.

Onrendabele top op regionaal niveau

De onrendabele top van ieder ORES-scenario is op regionaal niveau 25%-30% lager dan de onrendabele top van het 0-scenario. Op regionaal niveau zijn de verschillen tussen de ORES-scenario's beperkt. Figuur 8 laat de gemiddelde onrendabele top per woningequivalent per scenario zien. Voor de ORES-scenario's is deze gemiddeld € 2.000 euro per woningequivalent lager dan in het 0-scenario.

Hoe is het verschil in onrendabele top verklaarbaar?

- **Overeenkomsten:** Investerings in distributienetten, piek- en back-upvoorzieningen en woningaansluitingen op het niveau van warmtevraagclusters zijn in alle scenario's gelijk. Deze dragen bij aan de hoogte van de onrendabele top.
- **Verschillen:** In de ORES-scenario's is daarnaast het integrale bron- en transporttarief dat is berekend een belangrijke factor die bijdraagt aan de hoogte van de onrendabele top. Dit integrale bron- en transporttarief varieert per ORES-scenario en de hoogte ervan is een indicatie van welk scenario meer of minder optimaal is ingericht. In dit tarief zijn immers alle investeringen en exploitatiekosten van regionale bronnen, het regionale transportnet en seizoensopslag meegenomen.
- **Hoge exploitatielasten in scenario 0:** In scenario 0 is géén sprake van een integraal bron- en transporttarief, omdat er in dit scenario immers geen sprake is van investeringen in een regionaal transportsysteem aanvullend op de WLQ+. De hogere onrendabele top voor scenario 0 is daarom verklaarbaar door de investeringen en hoge exploitatiekosten van alle lokaal gerealiseerde collectieve warmtepompen en piekketels.



Figuur 8: Gemiddelde onrendabele top per woningequivalent per scenario

Resultaten onrendabele top per warmtevraagcluster

De resultaten laten grotere verschillen zien – ook tussen de ORES-scenario's – op het niveau van de warmtevraagclusters. Figuur 9 laat per cluster het verschil zien tussen de ORT per WEQ voor Scenario 0 en de gemiddelde ORT per WEQ voor de ORES-scenario's.

Wat verklaart de grote verschillen per warmtevraagcluster?-

De verschillen per warmtevraagcluster zijn vooral te verklaren door cluster specifieke eigenschappen, zoals woningtype en -dichtheid, leidinglengte per aansluiting, warmtevraag per woning en hoeveelheid utiliteit. Het integrale bron- en transporttarief dat per scenario wordt berekend, geldt namelijk als inkooptarief voor alle clusters die gebruik maken van warmte uit het ORES. Iedereen betaalt dus dezelfde prijs voor warmte. De uitzonderingen hierop zijn de woningen die nu zijn aangesloten op het warmtenet van Vattenfall.

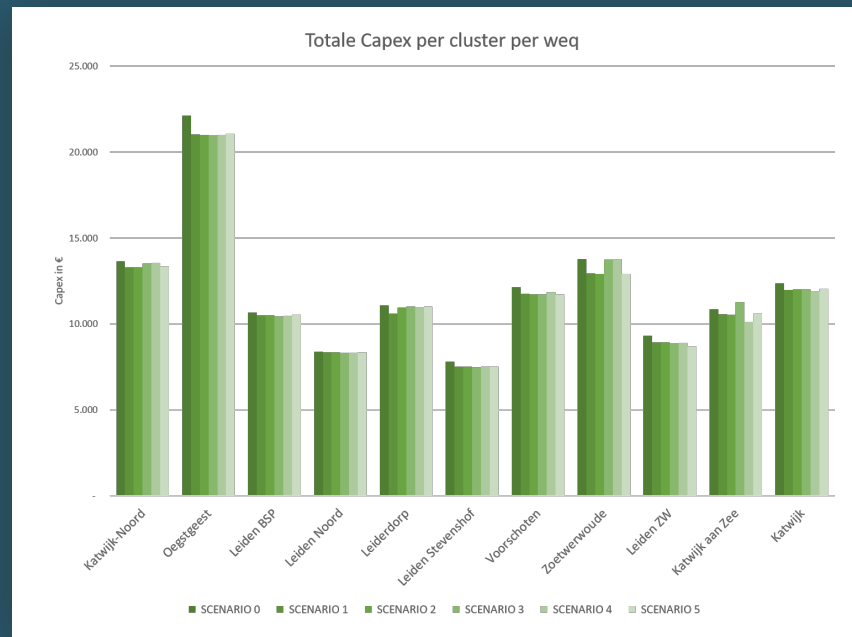
Deze woningen zijn uitgesloten van de businesscase berekening omdat ze al een aansluiting hebben.

Wat valt op bij enkele specifieke warmtevraagclusters?

- De Leidse clusters hebben een significant lagere ORT per WEQ dan de clusters van andere gemeenten. Dit komt doordat de warmtevraagdichtheid in Leiden significant hoger is dan in de andere clusters. Hierdoor zijn de kosten per aansluiting lager dan gemiddeld. De wijken in Leiden zijn simpelweg geschikter voor een warmtenet. Dit wordt onderstreept door de uitkomst dat ook in scenario 0 – wanneer lokale bronnen ingezet worden – de ORT per WEQ in Leiden het laagst is.
- De ORT per WEQ in Oegstgeest is significant hoger dan in de andere clusters. Ook dit komt door cluster specifieke eigenschappen. Hier geldt juist dat de warmtevraagdichtheid laag is – en daarmee de kosten per aansluiting hoger dan gemiddeld.
- Specifiek in Zoeterwoude (cluster 8) is de ORT per WEQ in scenario 3 en 4 net zo hoog als in scenario 0. Dit is te verklaren doordat er in die scenario's géén ORES verbinding gemaakt wordt met Zoeterwoude, waardoor de warmte lokaal opgewekt moet worden in dit cluster.
- - Scenario 5 is voor een deel van de warmtevraagclusters niet gunstiger dan scenario 0. Dit is te verklaren door hogere investeringskosten in de transportinfrastructuur. Specifiek in Voorschoten (cluster 7) en Katwijk (cluster 11) komt dit mede door het groter dimensioneren van leidingen om ook de piekvraag te kunnen leveren met de regionale bronnen. Het netontwerp is in sommige onderdelen van het systeem dus minder optimaal.



Figuur 9: Onrendabele top per woningequivalent per warmtevraagcluster: vergelijking scenario 0 met de gemiddelde uitkomst van de ORES-scenario's



Totale investeringslasten per WEQ voor de verschillende scenario's en clusters

		ORT/WEQ per cluster					
		Scenario 0	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5
Katwijk-Noord	Cluster 1	€ 13.600	€ 7.700	€ 7.500	€ 7.900	€ 8.300	€ 8.300
Oegstgeest	Cluster 2	€ 18.000	€ 9.100	€ 8.900	€ 8.200	€ 8.300	€ 10.000
Leiden BSP	Cluster 3	€ 7.300	€ 5.100	€ 5.000	€ 4.800	€ 5.100	€ 5.200
Leiden Noord	Cluster 4	€ 6.600	€ 5.200	€ 5.000	€ 4.900	€ 5.300	€ 5.300
Leiderdorp	Cluster 5	€ 10.700	€ 4.300	€ 7.500	€ 7.500	€ 7.700	€ 8.100
Leiden Stevenshof	Cluster 6	€ 5.800	€ 1.600	€ 1.300	€ 1.100	€ 1.300	€ 1.700
Voorschoten	Cluster 7	€ 10.900	€ 5.400	€ 5.100	€ 4.600	€ 5.100	€ 6.600
Zoetwerwoude	Cluster 8	€ 10.700	€ 3.600	€ 3.300	€ 10.500	€ 10.500	€ 4.100
Leiden ZW	Cluster 9	€ 7.300	€ 2.600	€ 2.500	€ 2.000	€ 2.200	€ 2.500
Katwijk aan Zee	Cluster 10	€ 9.000	€ 2.800	€ 2.700	€ 4.100	€ 1.300	€ 3.400
Katwijk	Cluster 11	€ 11.200	€ 5.900	€ 5.800	€ 5.600	€ 5.400	€ 6.800
Gewogen gemiddelde totaal		€ 9.150	€ 4.600	€ 4.750	€ 4.850	€ 5.050	€ 5.250

Figuur 10: Uitkomsten van de ORT per WEQ per scenario warmtevraagcluster

Let op: zowel begrotingen als ORT-bedragen dienen om de scenario's onderling te vergelijken en zijn niet bedoeld als accurate voorspeller van de daadwerkelijke financiële opgave voor de Leidse regio. Om deze berekeningen te doen is gebruik gemaakt van aannames en kengetallen die zijn opgenomen de technische bijlage.

Gevoeligheidsanalyse

Om de robuustheid van de inzichten te vergroten onderzochten we de volgende drie gevoeligheden: 1) Alternatieve gas- en elektraprijzen 2) De impact van het meenemen van SDE+ subsidie voor de duurzame bronnen en 3) Het wel/niet meenemen van seizoensopslag in het ORES.

De uitkomsten zijn gevoelig voor fluctuerende energieprijzen

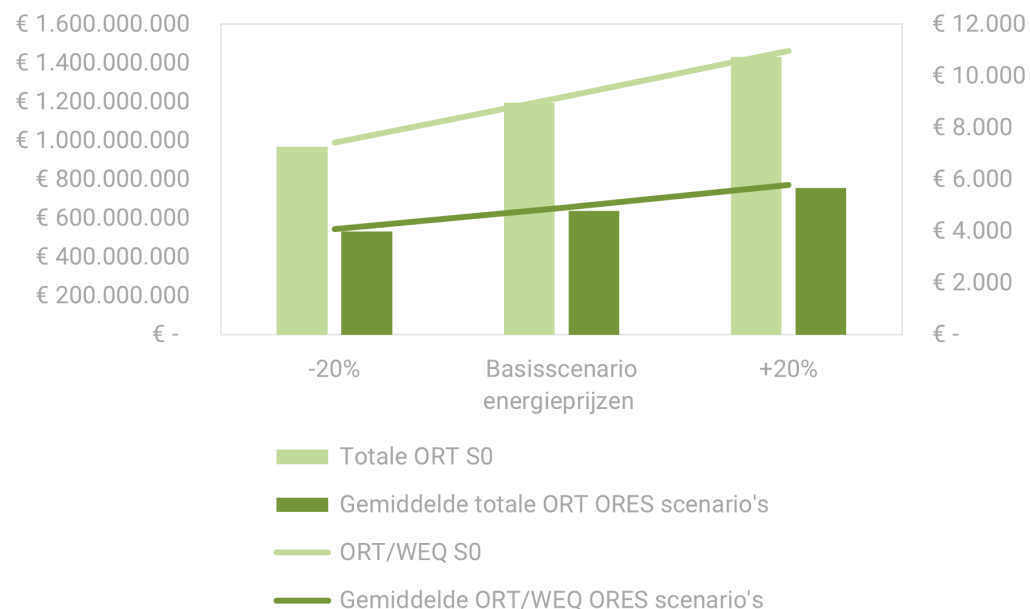
Scenario 0 is gevoeliger voor fluctuerende energieprijzen dan de ORES-scenario's. Hoe hoger de energieprijzen, hoe groter het verschil in de ORT van de ORES-scenario's ten opzichte van scenario 0. We vergeleken twee alternatieve scenario's met het basisscenario:

- 20% lager dan in het basisscenario.
- 20% hoger dan in het basisscenario.

De maximale verkoopprijs voor warmte bleef in deze scenario's gelijk aan het basisscenario, om de alleen de gevoeligheid op inkoopprijs aan te tonen.

De uitkomst van deze analyse is dat scenario 0 gevoeliger is voor fluctuerende energieprijzen dan de ORES-scenario's. Dit is verklaarbaar doordat in dit scenario veel elektriciteit en gas als input gebruikt wordt om de geleverde warmte op te wekken – alle warmte wordt immers lokaal opgewekt met warmtepompen en pieksetels. Dit maakt scenario 0 gevoeliger voor fluctuaties.

Het referentiescenario S0 is gevoeliger voor ontwikkeling van energieprijzen dan de ORES-scenario's



Figuur 11: Het referentie scenario S0 is gevoeliger voor ontwikkeling van energieprijzen dan de ORES-scenario's

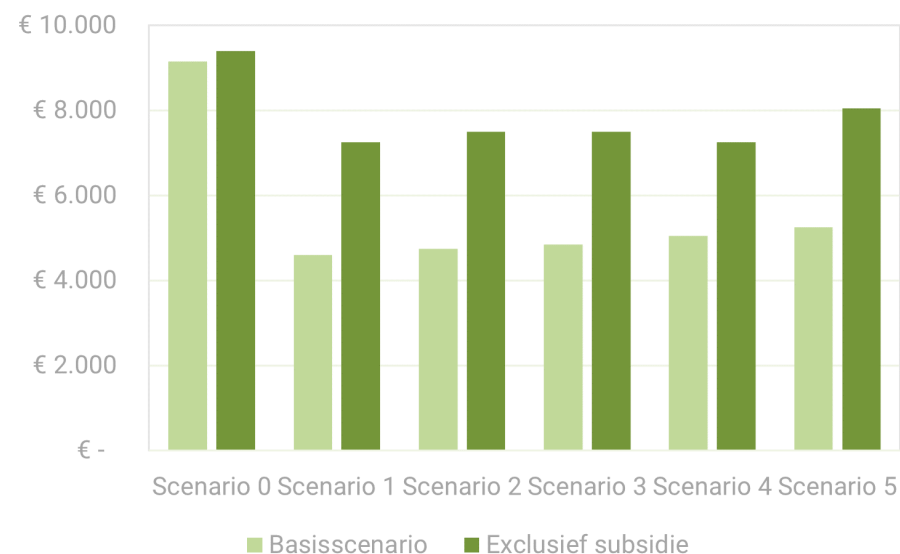
Let op: zowel begrotingen als ORT-bedragen dienen om de scenario's onderling te vergelijken en zijn niet bedoeld als accurate voorspeller van de daadwerkelijke financiële opgave voor de Leidse regio. Om deze berekeningen te doen is gebruikgemaakt van aannames en kengetallen die zijn opgenomen in de technische bijlage.

Weglaten subsidie voor regionale bronnen heeft een negatieve impact

In de initiële vergelijking tussen de businesscases van scenario 0 en de ORES-scenario's is een exploitatiesubsidie meegenomen voor de regionale bronnen, vergelijkbaar met de werking van de SDE++ regeling. Hiervoor is gekozen omdat er anders een irreëel verschil zou ontstaan tussen de inkooprij van warmte vanuit WLQ+ - welke een dergelijke subsidie ontvangt - en de regionale bronnen - waarvoor deze subsidie nog onzeker is. De toekomstige insteek van de regeling is onduidelijk door de sterk gestegen energieprijzen. Daarom is gekozen voor een exploitatiesubsidie met een werking die vergelijkbaar is aan de SDE++ regeling. In de technische bijlage zijn de onderliggende uitgangspunten die hieraan ten grondslag liggen nader toegelicht. Deze subsidie geldt niet voor de collectieve warmtepompen in scenario 0, omdat de gehanteerde COP te laag is om in aanmerking te komen voor de subsidie. De regeling heeft dus alleen een positief effect op de ORES-scenario's.

Omdat de invulling en toekenning van een dergelijke subsidie onzeker is, is de impact onderzocht van het weglaten van deze subsidie. Het weglaten van een exploitatiesubsidie verhoogt de ORT van de ORES-scenario's ten opzichte van scenario 0. Het verschil in ORT ten gunste van de ORES-scenario's halveert van € 4.000 euro per WEQ naar € 2.000 euro per WEQ.

Impact van het weglaten van SDE++ subsidie op de ORT per WEQ



Figuur 12: Impact van het weglaten van SDE++ subsidie op de ORT per WEQ

Let op: zowel begrotingen als ORT-bedragen dienen om de scenario's onderling te vergelijken en zijn niet bedoeld als accurate voorspeller van de daadwerkelijke financiële opgave voor de Leidse regio. Om deze berekeningen te doen is gebruikgemaakt van aannames en kengetallen die zijn opgenomen in de technische bijlage.

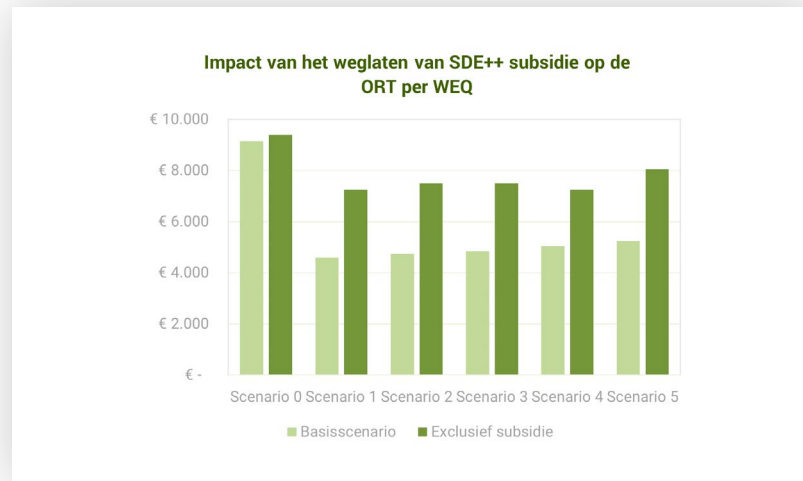
Een systeem zonder seizoensopslag verlaagt de ORT, maar verhoogt het gasverbruik

Het bepalen van de impact van het weghalen van de seizoensopslag op de businesscase is gedaan door te vergelijken hoeveel exploitatiesubsidie er nodig is met en zonder de seizoensopslag. Dit was de beste manier om dit te vergelijken, omdat het principe van de meegenomen exploitatiesubsidie het integrale brontarief gelijktrekt en de seizoensopslag onderdeel was van dit integrale brontarief. Het verschil in benodigde exploitatiesubsidie geeft daarmee aan welke situatie een hogere ORT kent.

Het weghalen van de seizoensopslag uit de ORES-scenario's verlaagt de benodigde exploitatiesubsidie van de ORES-scenario's significant, met gemiddeld €350 miljoen euro per scenario. In scenario 0 was geen sprake van seizoensopslag, dus hier is geen effect in de businesscase. De seizoensopslag is toegevoegd aan het ORES om het systeem zo duurzaam mogelijk te maken. Seizoensopslag maakt optimale benutting van energiebronnen mogelijk en minimaliseert het gasverbruik voor piekketels. Het vraagt echter ook forse investeringen. Wat valt op:

- In scenario 1 is de verlaging van de benodigde exploitatiesubsidie door het weghalen van de seizoensopslag het grootst. Dit is te verklaren door de robuustheid van het ontworpen systeem: de 'dubbele ring' maakt optimale verdeling van warmte mogelijk, waardoor relatief veel warmte vanuit WLQ+ geleverd kan worden (zowel via oost als west) en relatief weinig additioneel lokaal geplaatste warmtepompen en piekketels nodig zijn.
- In scenario 4 is de verlaging van de ORT door het weghalen van de seizoensopslag het kleinst. De verklaring hiervoor is dat in dit scenario al fors minder opslagcapaciteit was meegenomen, omdat in het noordelijk cluster ook de pieklast volledig is gedekt met geothermie warmte.

- De besparing aan benodigde exploitatiesubsidie per ORES-scenario is gemiddeld €350 miljoen euro. Dit is een factor drie hoger dan de benodigde investeringen om deze seizoensopslag te realiseren. Dit laat zien dat de seizoensopslag een forse onrendabele top kennen. Het weghalen van de seizoensopslag verlaagt dus de ORT van ORES en is daarmee een mogelijke optimalisatie.



Figuur 13: Impact van het weghalen van SDE++ subsidie op de ORT per WEQ

Let op: zowel begrotingen als ORT-bedragen dienen om de scenario's onderling te vergelijken en zijn niet bedoeld als accurate voorspeller van de daadwerkelijke financiële opgave voor de Leidse regio. Om deze berekeningen te doen is gebruikgemaakt van aannames en kengetallen die zijn opgenomen in de technische bijlage.

5. Ontwerpkeuzes transportnet

Met de clusterresultaten worden de ontwerpkeuzes van transportleidingen van het ORES-ontwerp getoetst. De volgende vraagstukken zijn hiervoor onderzocht:

- Is een verbinding tussen noordelijke clusters en zuidelijke clusters zinvol?
- Is een verbinding tussen Voorschoten en Leiden Zuid-West zinvol?
- Is een zuidelijke verbinding naar Zoeterwoude en Leiderdorp zinvol?

Een verbinding tussen noordelijke clusters en zuidelijke clusters is zinvol

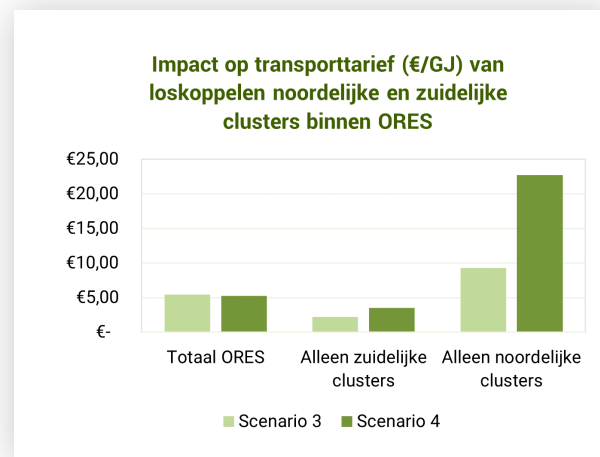
De noordelijke clusters van Katwijk en Oegstgeest liggen geografisch het verst weg van het WLQ+ leidingtracé. De zuidelijke clusters Voorschoten, Leiden, Zoeterwoude en Leiderdorp liggen geografisch juist het verst weg van de potentiële geothermische bronnen in het noorden van de regio. Met de verbinding tussen bronnen worden de afzetgebieden van deze bronnen in potentie groter. Levert dit systeemvoordelen en kostenvoordelen op voor de bewoners van de regio?

In scenario 3 en 4 is géén verbinding opgenomen tussen de noordelijke en zuidelijke clusters. We splitsen de businesscases van het ORES in deze scenario's tussen een noordelijk en zuidelijk cluster. Hiervoor berekenden we het transporttarief – onafhankelijk van de bronkosten. Dit leidt tot het inzicht dat een verbinding tussen noord en zuid inderdaad zinvol is:

- In beide scenario's is het verschil tussen transporttarief voor de noordelijke en zuidelijke clusters significant. In beide scenario's is het transporttarief voor de noordelijke clusters hoger dan voor de zuidelijke clusters. Dit is te verklaren doordat er in de zuidelijke clusters relatief minder transportleidingen nodig zijn om clusters aan te sluiten, aangezien het grootste deel van de warmte

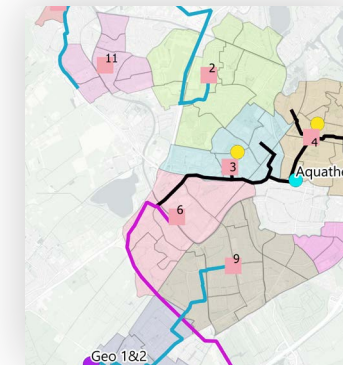
getransporteerd wordt via de WLQ+ en bestaande VF-leidingen.

- In scenario 3 is het verschil kleiner dan in scenario 4. Dit is te verklaren doordat in scenario 3 een relatief groot transportnet in het noordelijk cluster gerealiseerd wordt met een significante afname. In scenario 4 is de afzet van warmte in de noordelijke clusters zeer beperkt, maar wordt hier wel een aanzienlijke transportleiding voor gerealiseerd. Dit maakt het transporttarief voor de noordelijke clusters in scenario 4 fors hoger.

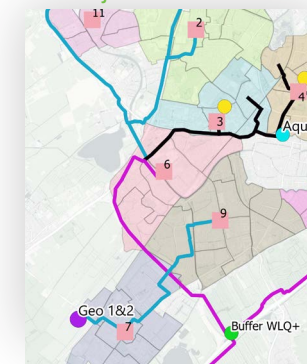


Figuur 15: Impact op transporttarief van loskoppelen noordelijke en zuidelijke clusters binnen ORES

Uit deze analyse valt te concluderen dat een verbinding tussen noordelijke en zuidelijke clusters zinvol is voor de noordelijke clusters. Het transporttarief voor het totale systeem is immers significant lager dan voor alleen de noordelijke leidingen. Voor de zuidelijke clusters verhoogt een dergelijke verbinding de kosten van het transporttarief minimaal. Een kwalitatief voordeel van een verbinding voor de zuidelijke clusters is dat dit de levering van geothermie warmte uit het noorden mogelijk maakt.



Geen verbinding tussen noordelijke en zuidelijke clusters



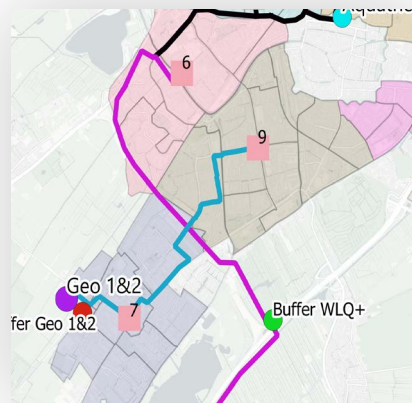
Noordelijke en zuidelijke clusters verbonden

Een verbinding tussen Voorschoten en Leiden Zuid-West is zinvol

In diverse scenario's is een verbinding tussen de clusters Voorschoten en Leiden Zuid-West voorzien. Deze verbinding heeft twee functies: 1) het afzetten van warmte geproduceerd in de geothermie doubletten die zijn geprojecteerd in Voorschoten en 2) het leveren van WLQ+ warmte aan de clusters Voorschoten en Leiden Zuid-West. De verbinding tussen Voorschoten, WLQ+ en Leiden Zuid-West kost € 22 tot € 25 miljoen euro, afhankelijk van de dimensionering. Het realiseren van deze verbinding lijkt een no-regret keuze. Hier zijn verschillende kwalitatieve en kwantitatieve argumenten voor:

- Leiden Zuid-West is een van de eerste clusters waar warmtelevering gevraagd is.
- De verbinding tussen WLQ+ en Leiden Zuid-West zorgt voor een gelijk speelveld in de aanbesteding die Leiden wil starten. Bij de alternatieve aansluiting op WLQ+ in scenario 5 is dit gelijke speelveld minder zeker.
- De verbinding tussen WLQ+ en Voorschoten stelt Voorschoten in staat om warmtekavels te ontwikkelen doordat warmte beschikbaar is vanuit WLQ+.
- Eén uitkoppelpunt zou volstaan voor beide warmtevraagclusters. Dit is kosteneffectief.
- De verbinding tussen Voorschoten, WLQ+ en Leiden Zuid-West maakt de ontwikkeling van geothermie bronnen in Voorschoten mogelijk door voldoende afzet te creëren. Alleen Voorschoten is een relatief klein afzetgebied voor de geprojecteerde bronnen.

Een vervolgvraag voor verdere verdieping is of deze verbinding onderdeel dient te zijn van een regionaal transportsysteem.



Figuur 16: Verbinding tussen Voorschoten en Leiden Zuid-West, met een verbinding met de WLQ+ voor de uitkoppeling van warmte.

Een zuidelijke verbinding naar Zoeterwoude en Leiderdorp is zinvol

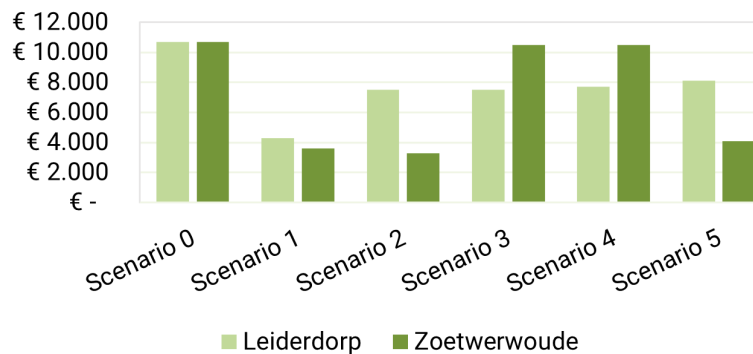
Zoeterwoude en Leiderdorp liggen geografisch het verst weg van de potentiële regionale bronnen die in deze studie zijn meegenomen. Specifiek voor het cluster Leiderdorp geldt daarnaast dat de uitbreidingspotentie vanuit het bestaande warmtenet van Vattenfall beperkt is tot de capaciteit die de bestaande primaire leiding kan leveren. Een verdiepvingsvraag voor deze twee clusters is daarom: is het zinvol om een ORES-verbinding naar Zoeterwoude en Leiderdorp te realiseren, zodat ook hier warmte uit regionale bronnen geleverd kan worden? Uit de verdieping op dit deelvraagstuk volgt dat voor zowel Zoeterwoude als Leiderdorp een zuidelijke verbinding meerwaarde biedt:

- Voor Leiderdorp is de ORT per WEQ significant lager in Scenario 1 dan in de andere ORES scenario's. Dit is het enige scenario waarbij Leiderdorp zowel via het warmtenet van Vattenfall als via een verbinding aan de zuidkant voorzien wordt van warmte. Dit maakt dat er minder lokale collectieve warmtepompen en piekketels nodig zijn om Leiderdorp van warmte te voorzien.
- Voor Zoeterwoude is de ORT per WEQ significant hoger in de ORES-scenario's waar géén verbinding met het ORES wordt gemaakt, dan in de scenario's waar deze verbinding er wel is. Zoeterwoude valt in deze situaties terug op de oplossing in het referentiescenario: lokale collectieve warmtepompen en piekketels.

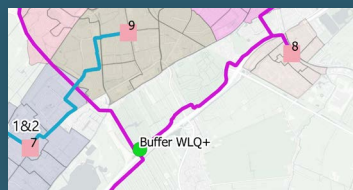
Een vervolgvraag voor verdere verdieping is welk tracé optimaal is om deze verbinding te realiseren. In de ORES-scenario's zijn drie mogelijkheden opgenomen:

- Het doortrekken van de WLQ+ (scenario 1). Het voordeel van dit ontwerp is dat warmtelevering aan Alphen a/d Rijn via deze route ook mogelijk wordt. Een verdiepingsvraag is of GasUnie bereid is deze verbinding te realiseren. Een alternatief is om het onderdeel te maken van ORES.
- Het doortrekken van de verbinding Voorschoten - Leiden Zuid-West (scenario 2). Het voordeel van dit ontwerp is dat het de afzetmogelijkheden voor geothermie warmte in Voorschoten verder vergroot. Het nadeel van dit ontwerp is dat de transportleiding door dicht gebouwde omgeving loopt. Een verdiepingsvraag is of dit wenselijk en realiseerbaar is.
- De verbinding van scenario 5, waarbij géén verbinding met Voorschoten is gemaakt, maar juist een verbinding met het aanlandpunt van de WLQ+. Ook dit ontwerp gaat door de gebouwde omgeving van Leiden Zuid-West heen. Daarnaast beperkt dit ontwerp de afzetmogelijkheden voor geothermie warmte vanuit Voorschoten. Tot slot is deze route niet verenigbaar met een verbinding tussen Voorschoten en Leiden Zuid-West. Ook hiervoor geldt daarom de verdiepingsvraag of dit een wenselijk en realiseerbaar tracé is.

Een zuidelijke verbinding is zinvol voor Leiderdorp en Zoeterwoude

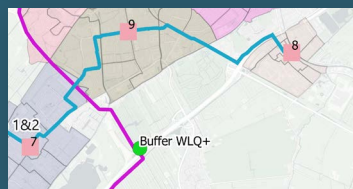


Figuur 17: De ORT per scenario per WEQ voor de warmtevraagclusters Leiderdorp en Zoeterwoude. Dit laat zien dat de scenario's met een verbinding leiden tot de laagste ORT.



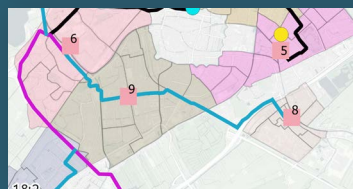
Verbinding scenario 1

Verbinding naar Zoeterwoude en Leiderdorp: doortrekken van de WLQ+ leiding ten oosten van Leiden.



Verbinding scenario 2

Verbinding naar Zoeterwoude: doortrekken van Leiding Voorschoten – Leiden Zuid West door Leiden.



Verbinding scenario 5

Verbinding naar Zoeterwoude: regionaal transportnet vanuit Noordelijke geothermiebron door Leiden. Separate verbinding Voorschoten – WLQ+.

6. Duurzaamheid

De CO₂-uitstoot van het systeem wordt bepaald door de verdeling van gebruikte bronnen per scenario.

Elektriciteit

Geothermie, aquathermie en lucht-warmtepompen gebruiken allemaal elektriciteit om de temperatuur op te waarden. Daarnaast is er elektriciteit voor de verschillende transportpompen nodig in het systeem. In bepaling van de uitstoot van elektriciteit is uitgegaan gemiddelde waarde van 2025 tot 2035 uit de KEV. Dit is 0.12 kg CO₂/kWh. De elektriciteitsmix wordt op termijn nog beter. Echter is dit erg afhankelijk van het moment van de piekvraag en de beschikbaarheid van duurzame elektra. Dit kan verbeterd worden met buffers en slimme regeltechniek, of een directe koppeling met een elektriciteitsbron.

De verschillende systemen kennen elk een ander elektriciteitsgebruik en de emissie varieert daarom: geothermie: **2,2 kg CO₂/GJ**; aquathermie: **11,1 CO₂/GJ**; lucht-water warmtepompen: **16,6 CO₂/GJ**.

Aardgas

Voor piekopwekking wordt aardgas verbruikt in de verschillende piekketels in het systeem. De CO₂ uitstoot per GJ is **56,4 CO₂/GJ**. Ook de gasvoorraad zal in de toekomst duurzamer worden door bijmenging groengas en inzet van waterstof. Omdat er momenteel nog te veel onzekerheden rond de ontwikkelsnelheid en verdeelstrategie voor duurzame gassen bestaan, is uitgegaan van het huidige emissiegetal voor gas.

WLQ+

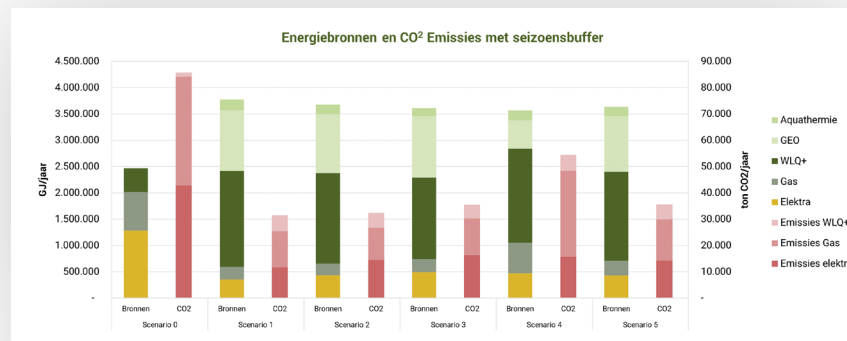
De emissie van WLQ+ is s **3,3 CO₂/GJ** en wordt bepaald door benodigde elektriciteit voor uitkoppeling en transport.

In figuren 19 en 20 zijn de energieverbruiken van de verschillende scenario's opgenomen en de bijbehorende emissies.

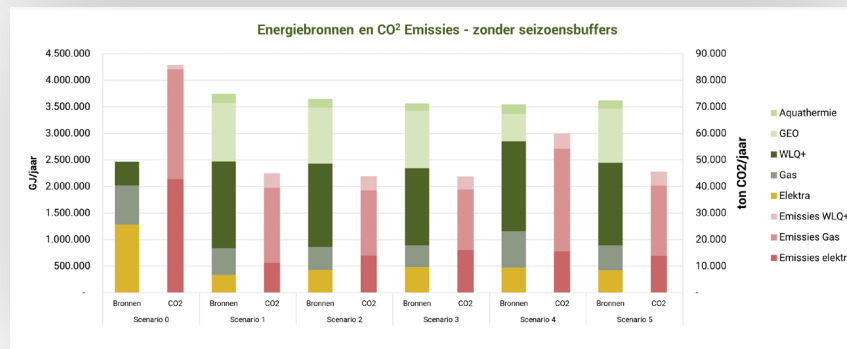
Wat valt op?

- **Scenario 0 heeft een hoog gas- en elektraverbruik.** In dit scenario worden op de meeste plekken lucht-water warmtepompen ingezet. Dit vraagt een hoog elektriciteitsverbruik. In de wintermaanden wordt de piekvraag grotendeels door piekketels voorzien. Dit zorgt voor een hoog gasverbruik.
- **Scenario's 1 tot en met 5 hebben een laag gas- en elektraverbruik.** Door het gebruik van hoge temperatuur bronnen is er relatief weinig elektriciteit nodig voor opwaardering van de warmte. De seizoensbuffers zorgen er bovendien voor invulling van de piekvraag in de wintermaanden, hierdoor wordt het gasverbruik geminimaliseerd.

- **Scenario 4 heeft een hoger gasverbruik dan andere ORES-scenario's.** Dit komt omdat Aardwarmte Rijnland maar in een beperkt gebied wordt ingezet. Deze bron en de seizoensbuffer werken daarom niet mee in de piekvoorziening van het grootste deel van het gebied. In de wintermaanden wordt de piekvraag daarom op veel plekken door piekketels voorzien. Dit zorgt voor een hoog gasverbruik.
- **Systeem zonder seizoensbuffers verhoogt gasverbruik aanzienlijk.** Wanneer géén gebruik wordt gemaakt van seizoensbuffer, wordt de piekvraag in alle scenario's grotendeels door piekketels ingevuld. Dit geldt voor alle ORES-scenario's (1, 2, 3, 4 en 5).



Figuur 19: Energiebronnen en CO₂ Emissies



Figuur 20: CO₂ Emissies zonder seizoensbuffer

7. Elektriciteitsbelasting en praktische impact

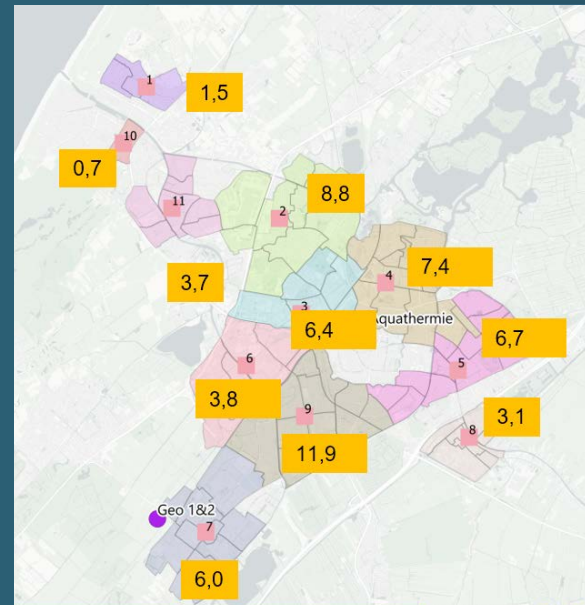
Elektrificatie van de warmtevraag zorgt voor een hogere belasting op het elektriciteitsnet en vergroot de opgave voor duurzame opwek (zonnevelden en windmolens). Scenario 0 vraagt verreweg de meeste netcapaciteit in verband met het grote aantal buurtwarmtepompen en is daarmee onhaalbaar binnen de huidige investeringsplannen van Alliander.

Impact scenario 0

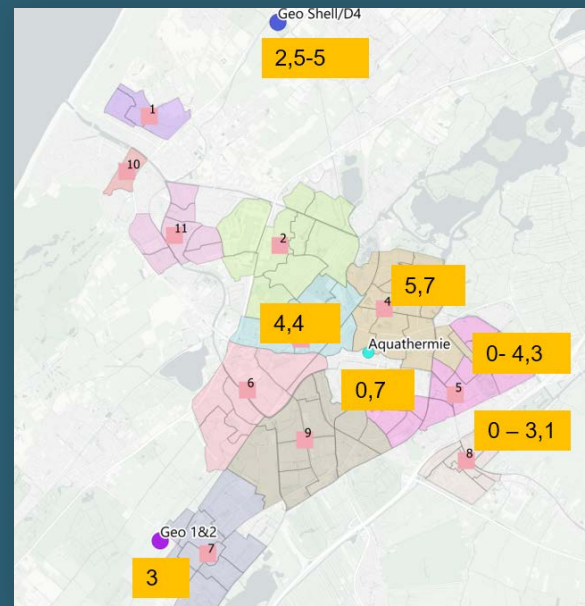
Dit scenario heeft een vermogensvraag die vele male hoger is dan opgenomen in het investeringsplan van Alliander 2022 – 2032. Dit zal leiden tot netcongestie voor grootverbruikers en is waarschijnlijk ook beperkend voor nieuwbouw in de regio. Alliander geeft aan dit te zien als onhaalbaar scenario met oog op enerzijds ruimtegebruik van boven- en ondergrond en anderzijds uitvoerbaarheid ten gevolge van schaarste materialen en uitvoeringskracht. Daarom adviseert zij andere warmtebronnen te gebruiken die de regio ter beschikking heeft.

Concrete impact van dit scenario:

- Minimaal 2 nieuwe 50kV onderstations, kosten 20 miljoen exclusief grondaankoop.
- 45 extra middenspanningsruimten moeten bovengronds in woonwijken worden geplaatst., kosten c.a. 11 miljoen euro.
- Benodigde grond onderstations: 2 voetbalvelden per station.
- Omvang middenspanningsruimten: 30 m2 per ruimte
- Doorlooptijd: ongeveer 7 – 10 jaar vanaf 2026 (Voorwaarde: geen schaarste in arbeidskrachten).
- Er dienen daarnaast kabel tracés getrokken te worden vanuit deze onderstations richting de wijken waar stroom gevraagd wordt. Dit betekent dat de straten open moeten om dit te realiseren.
- Benodigde elektriciteitsopwekking ten behoeve van warmte: 36 windturbines of 714 hectare zonnevelden (versus 12 windturbines of 242 hectare zonnevelden in scenario's 1-5 gemiddeld)



Figuur 21:
Netbelasting scenario 0 (MW)



Figuur 22:
Netbelasting scenarios 1-5 (MW)

8. Conclusies en advies

Is ORES een betere warmtevoorziening ten opzichte van zelfstandige, lokale ontwikkeling van warmtenetten?

Vanuit het oogpunt van kosten, duurzaamheid en ruimtelijke impact biedt het ORES voordeel ten opzichte van lokale warmtenetten op basis van lucht-warmtepompen. De reden hiervoor is dat grootschalige hoge temperatuurbronnen als geothermie en WLQ+ op grote schaal worden benut. Dit verlaagt de benodigde inkoop van elektriciteit en gas, wat kosten en CO₂ uitstoot vermijdt. Een lager elektriciteitsverbruik vermindert bovendien de druk op de netinfrastructuur.

Hoe zou het ORES eruit moeten zien?

Een regionaal transportnet verbindt beschikbare bronnen: geothermie, WLQ+ en aquathermie. In de verschillende wijken wordt deze warmte via een distributienet geleverd aan gebouwen. Hiervoor zijn verschillende configuraties mogelijk die op regionaal niveau min of meer dezelfde resultaten opleveren. Kijkend naar de verschillende clusterresultaten, zijn de volgende verbindingen in elk geval zinvol:

- Een verbinding tussen noordelijke clusters en zuidelijke clusters
- Een verbinding tussen Voorschoten en Leiden Zuid-West
- Een zuidelijke verbinding naar Zoeterwoude en Leiderdorp

Levert het ORES een kostenvoordeel op ten opzichte van zelfstandige, lokale warmtenetten?

Op regionaal niveau leveren alle doorgerekende ORES-scenario's een significant voordeel op ten opzichte van lokale warmtenetten. De belangrijkste reden hiervoor is dat hoge temperatuurbronnen efficiënt benut worden in de regio en er minder elektriciteits- en gasinkoop nodig is.

Onderling verschillen in kosten en daarmee de onrendabele top van het ORES voor de verschillende

clusters. Een groot deel van de investeringen ligt in het aanleggen van de distributienetten, die is in ieder scenario gelijk, ook zonder ORES. Tussen de clusters variëren de kosten voor deze distributienetten aanzienlijk vanwege verschillende type bebouwing. Dit is dan ook bepalend voor de onrendabele top per cluster. Verder zijn bepalend de verschillende ontwerpen van het transportnet en de daaraan gekoppelde transporttarieven en brongebruik per cluster.

Is het ORES duurzamer dan lokale, zelfstandige systemen?

Het ORES zorgt voor minder CO₂-emissies dan lokale warmtenetten op basis van lucht-warmtepompen. De reden hiervoor is dat het systeem efficiënt gebruikmaakt van hoge temperatuur warmtebronnen en minder elektriciteit en aardgas verbruikt.

Advies

Wij adviseren om de komende tijd een **governance- en tariefstructuur en groeistrategie** van het systeem te bepalen vóór verdere technische optimalisaties te verkennen.

ORES als “eindplaatje” is een logische keuze met oog op kosten, CO₂-emissie en ruimtelijke impact. Er zijn echter verschillende toekomstscenario's mogelijk, met meer/minder aangesloten bronnen en wijken op dit netwerk. In werkelijkheid zal dit systeem in tussenstappen ontwikkeld worden waarbij rekening wordt gehouden met verschillende mogelijke eindbeelden. Om nú stappen te zetten - en om huidige ontwikkelingen met dit eindbeeld in lijn te brengen - zijn afspraken tussen gemeenten en lokale partners nodig om te bepalen binnen welke kaders zij een dergelijk systeem willen ontwikkelen.

Dit zijn kaders die nu ontbreken, terwijl ontwikkelingen van systemen in bepaalde clusters al in volle gang

zijn. Bovendien geldt vanaf 2026 de verplichting om (hybride) warmtepompen te installeren bij vervanging CV-ketels. Het tijdig aanwijzen van kavels, concretiseren van aanbod en werken naar Wijkuitvoeringsplannen is daarom van belang.

Vervolg vragen organisatie

Deze studie is uitgevoerd zonder invulling van een governance- en tariefsstructuur van het ORES. Hiervoor zijn afspraken nodig tussen gemeenten, WLQ+, Vattenfall en ontwikkelaars van geothermiebronnen.

- Welke organisatievorm past bij dit regionale warmtenet? Is het wenselijk om een netwerkbedrijf die het ORES-transportnet beheert aan te wijzen, los van een of meerdere lokale warmteaanbieders?
- Welke rol willen gemeenten in de ontwikkelingen spelen? Is het logisch om één (publieke) partij aan te wijzen om deze ontwikkeling te trekken?
- Hoe willen partijen omgaan met verschillen in kosten maar ook risico's tussen clusters? Is het logisch om kosten te socialiseren en zo ja vallen hier bijvoorbeeld ook distributiesystemen onder die sterk verschillen per cluster én erg bepalend zijn?

Vervolgvrage groeistrategie

Formuleren van een groeipad, rekening houdend met:

- Vrijheidsgraden/onzekerheden voor aansluiting van wijken en ontwikkeling van bronnen.
- Opdeling in kavels/deelprojecten waarbinnen investeringen bron- en infra uit kunnen.
- Volgend op organisatievraagstuk: proces definiëren rond selectie exploitant/netbeheerders, bepaling tarieven op deelprojecten.

Momenteel zijn een aantal deelontwikkelingen in de regio gaande:

1. Ontwikkeling geothermiebon Aardwarmte Rijnland;
2. Ontwikkeling van warmtenet in Leiden Zuid West;
3. De mogelijkheid bestaat om het Vattenfall transportnet te verzwaren ten behoeve van afgifte-capaciteit in Leiderdorp en/of Zoeterwoude.

Hoe zorgen we dat keuzes voor deze lokale systemen stroken met het potentiële ORES? Welke “no-regret” keuzes kunnen we voor huidige ontwikkelingen identificeren en wat is er nodig voor lokale partijen om hieraan te voldoen?

