

Open Regionaal Energiesysteem voor de Leidsche regio

Technische bijlage

Auteurs: John Boon (Greenvis), Lukas Verhaaf (Greenvis) en Roy Hendriks (Fakton Energy)

Inhoud

Rekenmethodiek en uitgangspunten	2
Opzet	2
Introductie WarmingUp designtoolkit	3
Aanbod en vraag specificeren	4
Systeemontwerp op hoofdlijnen	9
Simulatie	13
Resultaten simulatie	14
Variant zonder seizoenbuffers	19
Kengetallen	21
Uitgangspunten Businesscase	24
Resultaten regioniveau	32
Resultaten clusteranalyse	36

Rekenmethodiek en uitgangspunten

In deze studie zijn verschillende scenario's voor een open regionaal energiesysteem (ORES-scenario's) vergeleken met een basisscenario van lokale warmtenetten. Dit hoofdstuk beschrijft de methodiek en uitgangspunten van de studie.

Opzet

In de studie is gezocht naar een optimale inzet van regionale bronnen. Hiervoor zijn vijf verschillende transportnetten ontworpen voor de regio (scenario's). Verschillen in de scenario's zijn:

- Mate van verbinding en routing tussen bronnen en afzetgebied, en ten gevolge:
 - Mogelijkheid van inzetbaarheid van meerdere bronnen voor gebieden.
 - Het benodigd aandeel warmtepompen en piekvoorziening, en ten gevolge de inkoop van elektriciteit en gas.
 - Specifieke inzet van verschillende bronnen en buffers.

Optimale broninzet per scenario

In elk scenario wordt onder de beschikbare bronnen voor dat scenario geoptimaliseerd naar duurzaamheid. Hierin krijgen het gebruik van geothermie, aquathermie en WLQ+ voorrang ten opzichte van buurtwarmtepompen en als laatste de (met gas opgewekte) piekvoorziening. Warmte die niet door regionale bronnen wordt voorzien, wordt door buurtwarmtepompen en piekketels voorzien.

Methodische stappen

De methodiek bestaat uit vijf stappen:

1. Aanbod en vraag specificeren
2. Systeemontwerp op hoofdlijnen
3. Invoeren parameters in WarmingUP tool
4. Simuleren en resultaten verwerken
5. Kostenbegroting en emissieberekening
6. Uitwerking businesscases op clusterniveau

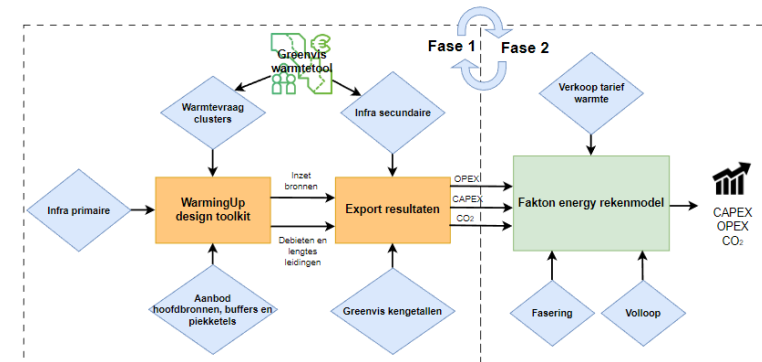
Tools en datastroom project

In deze studie worden verschillende tools en programma's gebruikt. In de eerste fase zal al het reken- en simulatiewerk plaatsvinden. Centraal hierin staat de WarmingUp designtoolkit vanuit het collectief WarmingUp. Hierin wordt het warmtenet van de verschillende scenario's gesimuleerd.

Voor het simuleren moeten de nodige parameters en gegevens combineert worden. Zoals het aanbod van de warmtebronnen, infrastructuur van het primaire net en warmtevraag van de clusters. De benodigde vermogens van de cluster is bepaald met behulp van de tools van Greenvis. In de WarmingUp designtoolkit wordt de inzet van de bronnen en de lengtes en debieten van de leidingen bepaald. De leidingnetten binnen de clusters, ook wel de secundaire netten, zijn voor de volledige scope ontworpen en doorgerekend met de Greenvis QGIS tools. De output hiervan zijn de diameters en lengtes die vervolgens worden gebruikt als input voor de begroting.

Door deze gegevens te combineren met de kengetallen vanuit Greenvis kan de OPEX, CAPEX en CO₂-uitstoot voor elk scenario bepaald worden. Deze resultaten zijn vervolgens door Fakton verwerkt in een businesscase waarin de fasering, volloop en het verkooptarief meegenomen worden.

In [figuur 1](#) is een overzicht van de gebruikte tools en datastromen weergegeven.



Figuur 1 Tools en datastroom project

Introductie WarmingUp designtoolkit

De WarmingUp designtoolkit is een softwarepakket ontwikkeld door het collectief WarmingUP. Dit pakket helpt ontwikkelaars en ontwerpers van toekomstbestendige warmtenetten. De grote toevoeging van de toolkit is het dynamisch doorrekenen van het systeem waarin verschillende bronnen en afnemers gecombineerd worden.

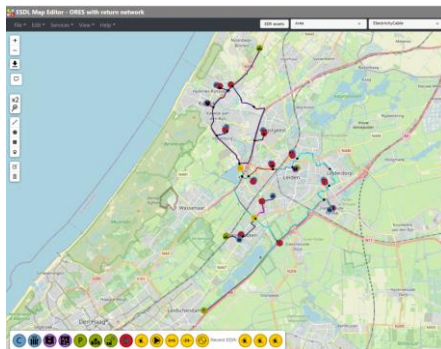
Het gebruik van de toolkit bestaat uit drie stappen, zie [figuur 2](#). Het ontwerpen, simuleren en weergeven van de resultaten.



Figuur 2 Stappen designtoolkit

1. Ontwerpen van een netwerk

In stap 1 wordt het warmtenet getekend en worden de bijbehorende systeemonderdelen toegevoegd. Dit vindt plaats in de ESDL-Mapeditor. Hierin kan een warmtenet aan de hand van *drag-and-drop* componenten in een geografische kaartomgeving getekend worden, zoals weergegeven in [figuur 3](#). Dit bestaat uit bronnen, opslagsystemen, hydraulische scheidingen en de hoofdcomponenten van het leidingnet.



Figuur 3 ESDL-Mapeditor

2. Simuleren en optimaliseren

Na het tekenen van het netwerk kan het dynamisch gesimuleerd worden. Hiermee krijgt de ontwerper een beter beeld van wat er fysisch in het systeem gebeurt. Het simuleren vindt plaats in het Computational Framework (CF) en het doorrekenen wordt door rekenkernen CHESS en WANDA gedaan. Hiervoor zijn ontwerpparameters nodig, een aantal nodige parameters zijn bijvoorbeeld:

- Aanvoer en retour temperatuur bronnen en afnemers
- Warmtevraagprofielen van de clusters
- Inzetprofiel van de bronnen, inclusief vermogens
- Opslagcapaciteit van buffers
- Prioriteit tussen de verschillende bronnen
- Tijdstappen waarin gesimuleerd wordt

3. KPI's bekijken

De toolkit vertaalt de resultaten uit de simulatiestap naar *key performance indicators*. Hierin worden de CO₂-uitstoot, CAPEX, OPEX en toekomstbestendigheid van het gesimuleerde netwerk weergegeven.

Begrenzing WarmingUp designtoolkit voor ORES

Een nadeel van het gebruik van de toolkit, ten opzichte van Greenvis tools, is dat veel berekeningen en keuzes onder de motorkap verborgen blijven. Om ervoor te zorgen dat de verkregen informatie controleerbaar, aanpasbaar en begrijpbaar blijft, wordt de toolkit niet gebruikt voor het vertalen van de resultaten van de simulatie naar de CO₂-uitstoot, DN-maten, CAPEX en OPEX. Dus stap één en twee worden gevolgd, maar stap drie binnen deze studie niet.

Inzet WarmingUp designtoolkit voor ORES

Het belangrijkste resultaat uit de designtoolkit is de inzet van de bronnen. Aan de hand van deze resultaten wordt bepaald hoeveel energie elke bron levert. Hiermee worden vervolgens de inkoopkosten en CO₂-uitstoot van deze bron bepaald. Het maximale vermogen dat een bron levert, wordt gebruikt om de benodigde grootte van de desbetreffende warmtebron te bepalen en dimensionering van leidingen in DN-maten te bepalen.

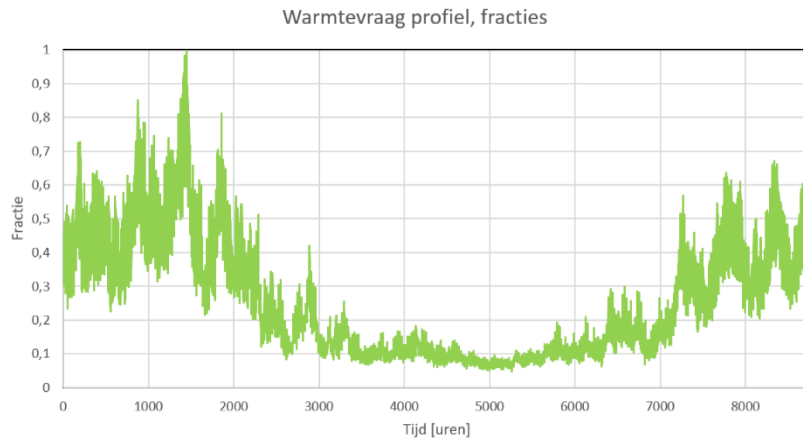
Aanbod en vraag specificeren

Piekvraag

De vermogensvraag per pand is bepaald met behulp van interne Greenvis tools. Deze maken gebruik van energielabels, bouwjaar, type woning/pand en oppervlakte en vergelijkt dit met het daadwerkelijke gasverbruik. De uitkomst is een totale vermogensvraag op basis van centrale verwarming en tapvraag. Voor elk cluster wordt de piekvraag ingevoerd waarna de warmtevraag voor elke simulatiepunt bepaald wordt. De piekvraag is gebaseerd op een toekomstige situatie waarbij de panden minimaal energielabel D hebben. Bij label D kunnen de woningen goed op een temperatuur van 70 graden verwarmd worden en een retourtemperatuur van 40 graden is daarbij haalbaar.

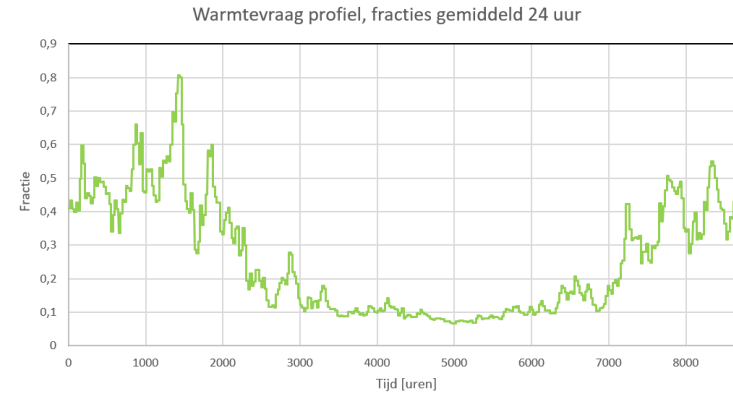
Warmteprofiel

Binnen deze studie zijn 11-vraagclusters opgesteld. Om ervoor te zorgen dat de doorrekening dynamisch is, moet een warmteprofiel over een jaar meegenomen worden. Het profiel dat aan de clusters gekoppeld is, is een profiel afkomstig uit de designtoolkit. Het profiel is gebaseerd op meetdata van een groot bestaand warmtenet. Hierdoor is het representatief voor de scope van deze studie. De pieken van de warmtevraagprofielen zijn geschaald naar de eerder bepaalde maximale vermogensvraag per cluster.



Figuur 4 Warmtevraag profiel van één jaar

Het gebruikte profiel is in het [figuur 4](#) weergegeven. De start op 0 uur is 1 januari, en het einde op 8760 uur 31 december.



Figuur 5 Warmtevraag profiel van één dag

De meetpunten van het profiel in [figuur 5](#) zijn op uurbasis. Om de rekentijd van een simulatie werkbaar te houden is ervoor gekozen om de simulatie op dagbasis uit te voeren. Om steeds hetzelfde moment op de dag te *sampelen* kan een verkeerd beeld geschetst worden over de warmtevraag. Dit kan te groot of te klein worden. Daarom wordt met een gemiddelde van de gehele dag gerekend. Dit is in het onderstaande figuur weergegeven.

Door het gebruik van een gemiddelde worden de pieken wat ingedempt. Dit is een onvermijdelijke consequentie. De invloed van deze indemping zal klein zijn voor de dimensionering van het systeem. De piekvraag in de simulatie is nu ongeveer 20% kleiner, maar zoals later wordt toegelicht zullen de dag/nacht buffers door gebruik te maken van gemiddelde warmtevraag per dag bijna geen rol spelen in de simulatie. Deze buffers zouden een vergelijkbaar vermogen leveren. Hierdoor wegen deze factoren tegen elkaar uit.

Overigens geldt wel dat de totale warmtevraag (oppervlakte onder de grafiek) wel gelijk blijft. Voor elk cluster wordt de piekvraag ingevoerd waarna de warmtevraag voor elke simulatiepunt bepaald wordt, zie [tabel 1](#).

Tabel 1 Piekvraag per cluster (in kW)

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
10140	58680	61200	63600	48820	44330	40170	20510	79460	4580	24950

In het netwerk wordt ook seizoensopslag gesimuleerd. Deze buffers worden in de lente/zomer opgeslagen om in de herfst/winter in te kunnen zetten. Maar de profielen beginnen op 1 januari, dus nog midden in de winter. Dit zou dus betekenen dat de buffers leeg zijn aangezien de simulatie net begonnen is. Hierdoor verliezen de buffers een grote inzetcapaciteit. Daarom is ervoor gekozen om de start van de simulatie met één seizoen (2190 uur) vooruit te schuiven.

Totale warmtevraag over het jaar

De totale warmtevraag over het jaar is geen inputparameter, maar een resultante van de vermogensvraag en de verbruikcurve. De curve geeft als resultante een warmtevraag van **24 GJ** per woning. Dit is lager dan energievraag die Overmorgen ingeschat heeft op basis van huidige labels en besparingspotentie (**27 GJ**).

De werkelijke toekomstige energievraag is lastig te voorspellen, onder andere door een aanzienlijke foutmarge tussen voorlopige en vastgestelde labels – maar wij houden er rekening mee dat 24 GJ een lichte onderschatting is van de werkelijke vraag.

Binnen deze studie hebben wij echter besloten om bij de bepaalde vermogensvraag en de verbruikcurve te blijven, vanwege de volgende redenen:

- De verbruikcurve komt vanuit werkelijke data en geeft informatie op uurniveau, wat belangrijk is voor dynamische modellering van brongebruik en buffers. Er is nu geen curve voorhanden in het toolkit die dit beter weergeeft.
- De piekvermogensvraag “naar boven schalen” heeft een onrealistisch effect op dimensionering van bronnen en leidingen.

Overzicht piekvraag, temperatuur en aansluiting clusters

Figuur 6 geeft de verschillende type clusters weer.



Figuur 6 Type clusters

De volgende temperatuurregimes zijn aangehouden:

- WLQ+ en Vattenfall transportleiding: aanvoer 120°C, retour 70°C.
- Aftakkingen WLQ+ leiding naar individuele clusters: aanvoer 90 °C, retour 50 °C.
- MT-netten (geothermie): aanvoer 75°C, retour 50°C.

Op de volgende pagina, tabel 2, is per cluster (en deelclusters) een overzicht weergegeven van de piekvraag, de temperaturen en waarop deze clusters zijn aangesloten.

Tabel 2 Totaaloverzicht aansluiting clusters voor elk scenario

Scenario/ Cluster		C1- Katwijk Noord 10140 [kW]	C2 - Oegstgeest 58680 [kW]	C3- Leiden BSP 61200 [kW]		C4 – Leiden Noord 63300 [kW]		C5 - Leiderdorp 48800 [kW]		C6 - Stevenshof 44330 [kW]		C7 - Voorschoten 40170 [kW]	C8 - Zoeterwoude 20510 [kW]	C9 – Leiden ZW 79460 [kW]	C10 – Katwijk Aan Zee 4580 [kW]	C11 - Katwijk 24950 [kW]
S0	Aansluiting op	Zelfstandig	Zelfstandig	Vattenfall	Zelfstandig	Vattenfall	Zelfstandig	Vattenfall	Zelfstandig	Vattenfall	Zelfstandig	Zelfstandig	Zelfstandig	Zelfstandig	Zelfstandig	Zelfstandig
	Verhouding inc piekopwekking	10140 [kW] 100%	58680 [kW] 100%	16000 [kW] 26%	45200 [kW] 74%	11000 [kW] 17%	52300 [kW] 83%	1500 [kW] 3%	47300 [kW] 97%	17500 [kW] 39%	26830 [kW] 61%	40170 [kW] 100%	20510 [kW] 100%	79460 [kW] 100%	4580 [kW] 100%	24950 [kW] 100%
	Temperatuur [C]	75	75	120	75	120	75	120	75	120	75	75	75	75	75	75
	Bronnen	WP, piek	WP, piek	WLQ+, piek	WP, piek	WLQ+, piek	WP, piek	WLQ+, piek	WP, piek	WLQ+, piek	WP, piek	WP, piek	WP, piek	WP, piek	WP, piek	WP, piek
S1	Aansluiting op	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	ORES (Vattenfall/WLQ+)		ORES (Vattenfall/WLQ+)		ORES (MT-net)	ORES (WLQ+)	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)
	Verhouding inc piekopwekking	10140 [kW] 100%	58680 [kW] 100%	32000 [kW] 52%	29200 [kW] 48%	25000 [kW] 39%	38300 [kW] 41%	48800 [kW] 100%		44330 [kW] 100%		40170 [kW] 100%	20510 [kW] 100%	79460 [kW] 100%	4580 [kW] 100%	24950 [kW] 100%
	Temperatuur [C]	75	75	120	75	120	75	120		120		75	90	75	75	75
	Bronnen	Geo shell, WLQ+, piek	Geo shell, WLQ+, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek		WLQ+, Aqua, piek		WLQ+, geo 1 & 2, piek	WLQ+, aqua, piek	WLQ+, geo 1 & 2, piek	Geo shell, WLQ+, piek	Geo shell, WLQ+, piek
S2	Aansluiting op	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	ORES (Vattenfall/WLQ+)		ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)
	Verhouding inc piekopwekking	10140 [kW] 100%	58680 [kW] 100%	32000 [kW] 52%	29200 [kW] 48%	25000 [kW] 39%	38300 [kW] 41%	20000 [kW] 41%	28800 [kW] 59%	44330 [kW] 100%		40170 [kW] 100%	20510 [kW] 100%	79460 [kW] 100%	4580 [kW] 100%	24950 [kW] 100%
	Temperatuur [C]	75	75	120	75	120	75	120	75	120		75	75	75	75	75
	Bronnen	Geo shell, WLQ+, piek	Geo shell, WLQ+, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek		WLQ+, geo 1 & 2, piek	WLQ+, geo 1 & 2, piek	WLQ+, geo 1 & 2, piek	Geo shell, WLQ+, piek	Geo shell, WLQ+, piek
S3	Aansluiting op	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	ORES (Vattenfall/WLQ+)		ORES (MT-net)	Zelfstandig	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)
	Verhouding inc piekopwekking	10140 [kW] 100%	58680 [kW] 100%	32000 [kW] 52%	29200 [kW] 48%	25000 [kW] 39%	38300 [kW] 41%	20000 [kW] 41%	28800 [kW] 59%	44330 [kW] 100%		40170 [kW] 100%	20510 [kW] 100%	79460 [kW] 100%	4580 [kW] 100%	24950 [kW] 100%
	Temperatuur [C]	75	75	120	75	120	75	120	75	120		75	75	75	75	75
	Bronnen	Geo shell, piek	Geo shell, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek		WLQ+, geo 1 & 2, piek	WP, piek	WLQ+, geo 1 & 2, piek	Geo shell, piek	Geo shell, piek
S4	Aansluiting op	ORES (MT-net)	ORES (WLQ+)	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	ORES (Vattenfall/WLQ+)		ORES (MT-net)	Zelfstandig	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	ORES (WLQ+)
	Verhouding inc piekopwekking	10140 [kW] 100%	58680 [kW] 100%	32000 [kW] 52%	29200 [kW] 48%	25000 [kW] 39%	38300 [kW] 41%	20000 [kW] 41%	28800 [kW] 59%	44330 [kW] 100%		40170 [kW] 100%	20510 [kW] 100%	79460 [kW] 100%	4580 [kW] 100%	24950 [kW] 100%
	Temperatuur [C]	75	90	120	75	120	75	120	75	120		75	75	75	75	90
	Bronnen	Geo shell, piek	WLQ+, Aqua, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek		WLQ+, geo 1 & 2, piek	WP, piek	WLQ+, geo 1 & 2, piek	Geo shell, piek	WLQ+, Aqua, piek
S5	Aansluiting op	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	Vattenfall incl uitbreiding	Zelfstandig	ORES (Vattenfall/WLQ+)		ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)	ORES (MT-net)
	Verhouding inc piekopwekking	10140 [kW] 100%	58680 [kW] 100%	32000 [kW] 52%	29200 [kW] 48%	25000 [kW] 39%	38300 [kW] 41%	20000 [kW] 41%	28800 [kW] 59%	44330 [kW] 100%		40170 [kW] 100%	20510 [kW] 100%	79460 [kW] 100%	4580 [kW] 100%	24950 [kW] 100%
	Temperatuur [C]	75	75	120	75	120	75	120	75	120		75	75	75	75	75
	Bronnen	Geo shell, WLQ+, piek	Geo shell, WLQ+, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek	WP, piek	WLQ+, Aqua, piek		WLQ+, geo 1 & 2, piek	WLQ+, aqua, geo shell, piek	WLQ+, aqua, geo shell, piek	Geo shell, WLQ+, piek	Geo shell, WLQ+, piek

Warmteaanbod

Het warmteaanbod verschilt voor de verschillende scenario's. In [tabel 3](#) is hiervan een overzicht gegeven.

Tabel 3 Overzicht warmtebronnen per scenario

Scenario/ bron	WLQ+	Aquathermie	Geo 1 en 2	Geo shell	WP C3	WP C4	WP C5	WP C8
S0	40 MW	0 MW	0 MW	0 MW	Alle lokale WPen in S0 zijn 30% van de piekvraag van het aanliggende cluster			
S1	84 MW	15 MW	20 MW	40 MW	8,40 MW	11,5 MW	0 MW	0 MW
S2							8,64 MW	6,15 MW
S3								0 MW
S4								
S5								

De temperaturen van de bronnen zijn gelijkgesteld aan de aanvoer- en retourtemperatuur van het cluster waaraan de bron gekoppeld is. Bij elk cluster is een piekkelstel geplaatst. De piekkelstels zijn in de simulatie als oneindig groot gedimensioneerd, zodat de warmtevraag altijd voldaan wordt. Op basis van de werkelijke piekaanbod uit de simulatie worden de piekkelstels gedimensioneerd en begroot.

COP-warmtepompen

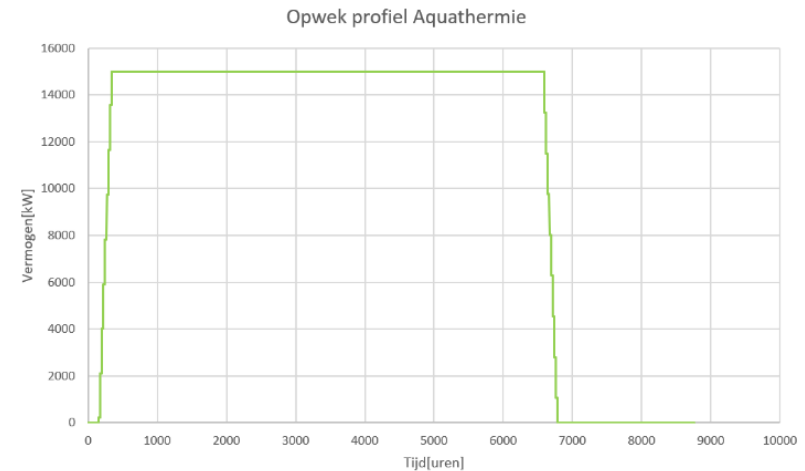
De meeste warmtebronnen hebben niet een hoog genoeg temperatuur om direct warmte te leveren. Opwaarderen vraagt een elektrisch vermogen. De grootte hiervan is afhankelijk van de COP van de warmtepomp, zie [tabel 4](#). De warmtepompen worden niet gesimuleerd, maar achteraf wordt de nodige elektriciteit berekend aan de hand van de COP via $Wt = \frac{Q_{af}}{COP}$. Hierin is Wt de elektriciteit en Qaf het uitgaand vermogen van de warmtebron.

Tabel 4 COP-warmtepompen bij de bronnen

Warmtepomp bij bron	COP
Geothermie shell	20,9
Geothermie 1 & 2	14,9 en 20,9
Aquathermie	3,0
Lucht water warmtepompen	2,0

Opwekprofiel

Voor de meeste bronnen wordt aangenomen dat deze door het hele jaar redelijkerwijs een constant vermogen kunnen leveren. Alleen voor aquathermie is dit niet realistisch, aangezien deze in de winter minder ingezet kan worden. Daarom is er voor aquathermie een opwekprofiel gebruikt. Het profiel voor aquathermie is in [figuur 7](#) weergegeven. De bron zal in de warmere maanden van het jaar warmte kunnen leveren en de drie koudste maanden niet.



Figuur 7 Opwek profiel aquathermie

Seizoensopslag

In de berekeningen wordt seizoensopslag meegenomen, een versimpeling van Aquifer Thermal Energy Systems (ATES). Deze buffers worden door de duurzame bronnen (aquathermie, geothermie en WLQ+) opgeladen in periodes in het jaar dat de warmtevraag laag is, en ontladen wanneer dit hoog is. In dit stadium van de toolkit is het nog niet mogelijk om warmteverlies in de buffer mee te nemen.

In de verschillende scenario's worden drie verschillende buffers gebruikt.

- Opslaan WLQ+, in scenario 1 t/m 5. Met een maximale capaciteit van 3 M kuub.
- Opslaan geothermie Shell, in scenario 1, 2, 3 en 5. Met een maximale capaciteit van 2 M kuub.
- Opslaan geothermie 1 en 2, in scenario 5. Met een maximale capaciteit van 378 k kuub.

De ont- en oplaadvermogen van de buffers zijn op 20MW ingesteld.

Dag/nacht-opslag

De dag/nacht-buffers dienen om de fluctuatie in de warmtevraag op korte termijn op te vangen, dus voornamelijk tussen de nacht en de dag. Door het toevoegen van een dag/nacht-buffer kunnen de transportleidingen kleiner gedimensioneerd worden, omdat een deel van de piekvraag door deze buffers wordt opgevangen.

In het ESDL-model is bij elk cluster een dag/nacht-buffer toegevoegd. De dag/nacht-buffers zijn zo gedimensioneerd dat deze de piekvraag van anderhalf uur kunnen opvangen.

De dag/nacht-buffers zijn in het ESDL-model toegevoegd. De functionaliteit hiervan is in de simulatie miniem. Dit komt omdat in de simulatie met stappen van één dag wordt gerekend. De warmtevraag is het gemiddelde over de desbetreffende dag. Hierdoor wordt het effect dat er een grotere warmtevraag gedurende de dag en kleine vraag in de nacht niet gesimuleerd. Dit betekent dat het profiel de functie van de dag/nacht-buffers volledig heeft overgenomen. In de realiteit zullen de dag/nacht-buffers deze functionaliteit wel vervullen.

Systemontwerp op hoofdlijnen

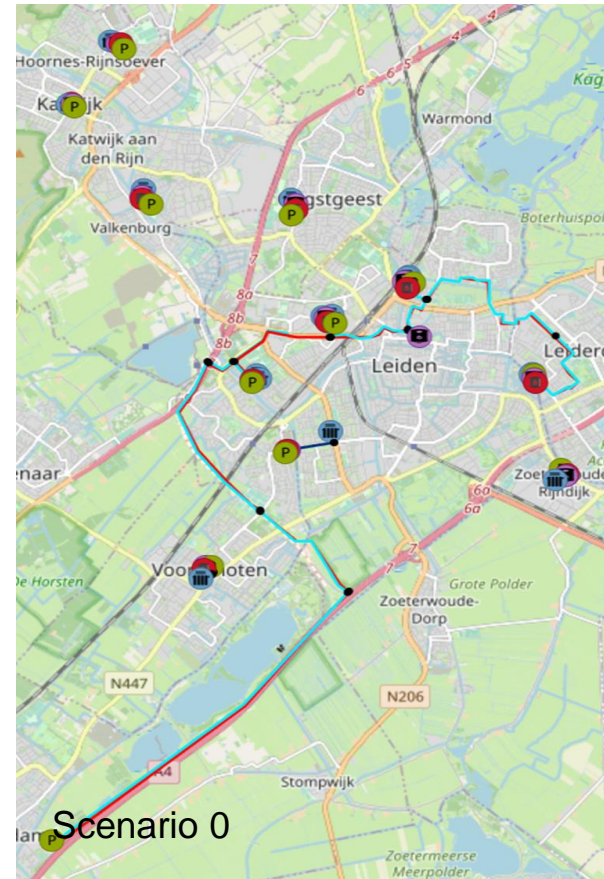
De verschillende scenario's zijn ontworpen om verschillende effecten in het systeem te testen. Deze komen voort uit het toetsen van bestaande ontwikkelingen en wensen vanuit verschillende stakeholders. De scenario's zijn ontworpen vanuit de volgende vraagstukken:

- Mogelijkheid aansluiten Zoeterwoude op WLQ+ of geothermiebronnen
- Scheiding systeem tussen Noordelijk en Zuidelijk gebied
- Bediening cluster Oegstgeest en Katwijk met WLQ+ of geothermie
- Effect van seizoensbuffers op benodigd gasverbruik

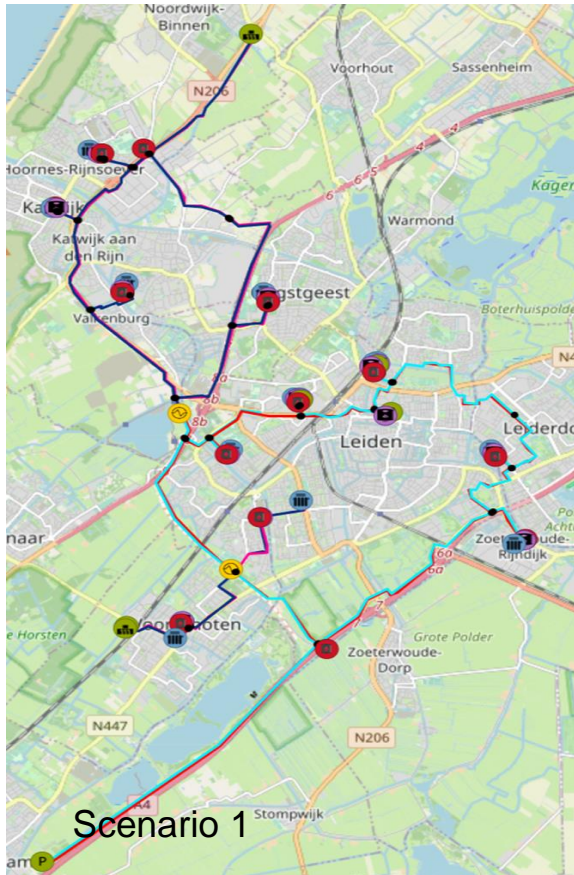
Alle scenario's zijn in de designtoolkit ontworpen. Zie de systemschetsen per scenario in de kaarten van de figuren 8 t/m 13 op deze en de volgende pagina's. In de netwerkontwerpen zijn een aantal elementen gebruikt. Deze zijn weergegeven in tabel 5.

Tabel 5 Gebruikte elementen in WarmingUp toolkit

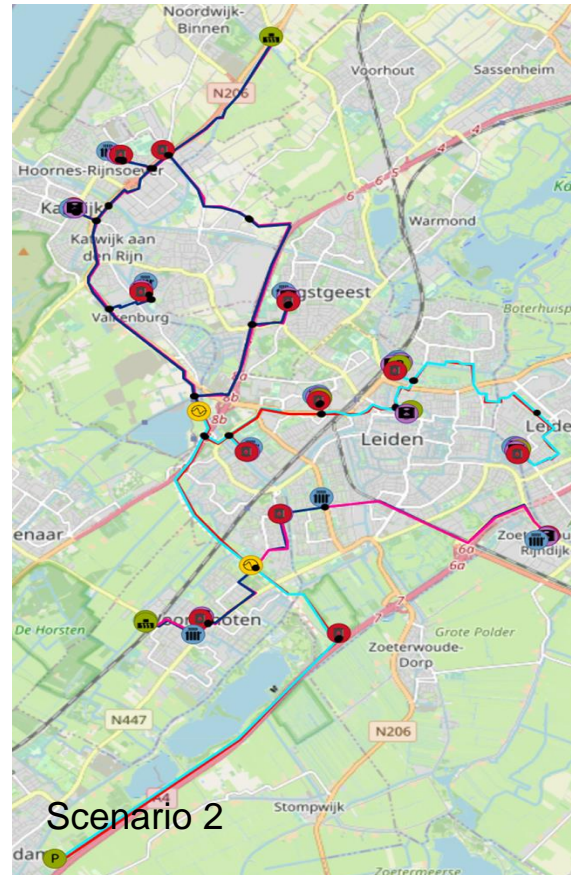
Icoon	Onderdeel	Functie
	Warmtevraag	Aansluiting van de warmtevraag
	Opslag	Voor seizoensopslag en dag/nacht opslag
	Algemene warmtebron	Voor Aquathermie en WLQ+
	Geothermie	Voor de geothermiebronnen
	Piekopwekker	Voor de piekvoorziening, aangesloten bij elk cluster
	Warmtewisselaar	Om de temperatuur van het WLQ+ (120 °C) te verlagen naar lagere temperaturen.



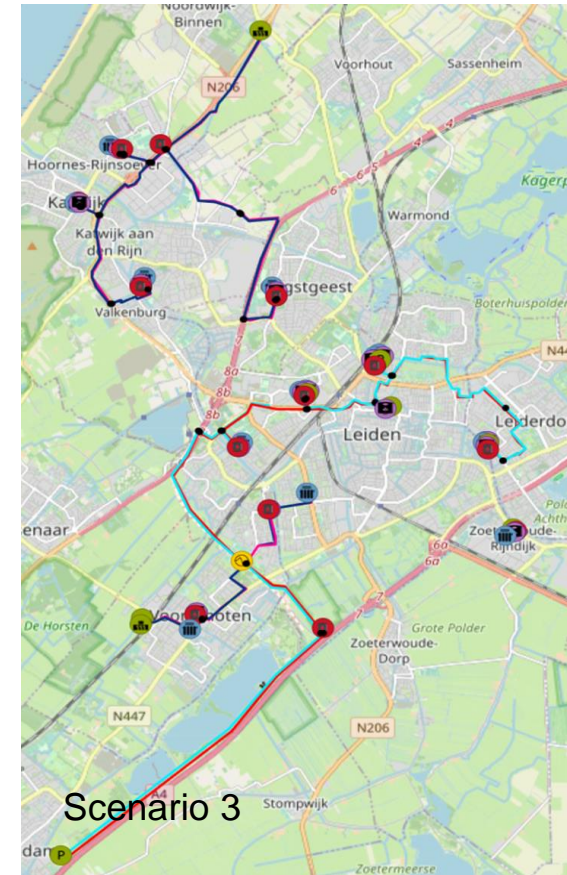
Figuur 8 Systemschets scenario 0



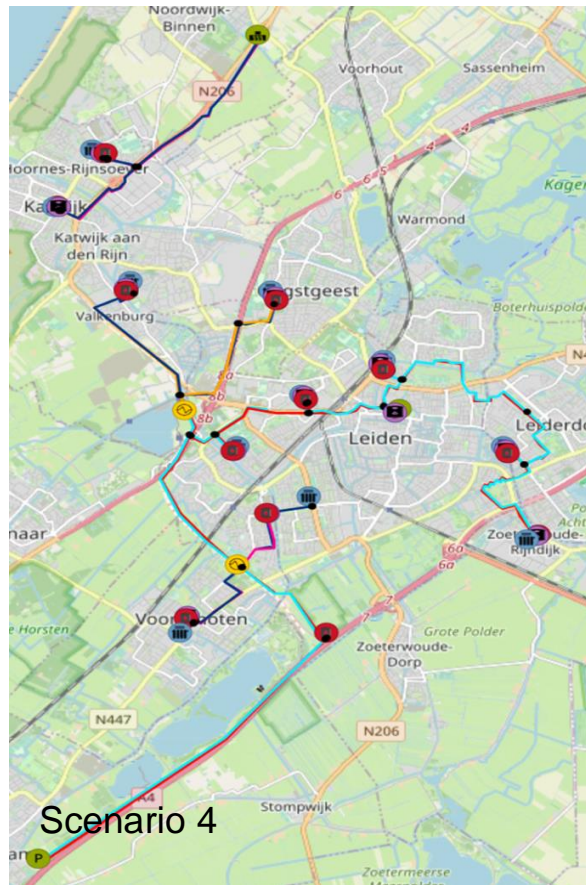
Figuur 9 Systemschets scenario 1



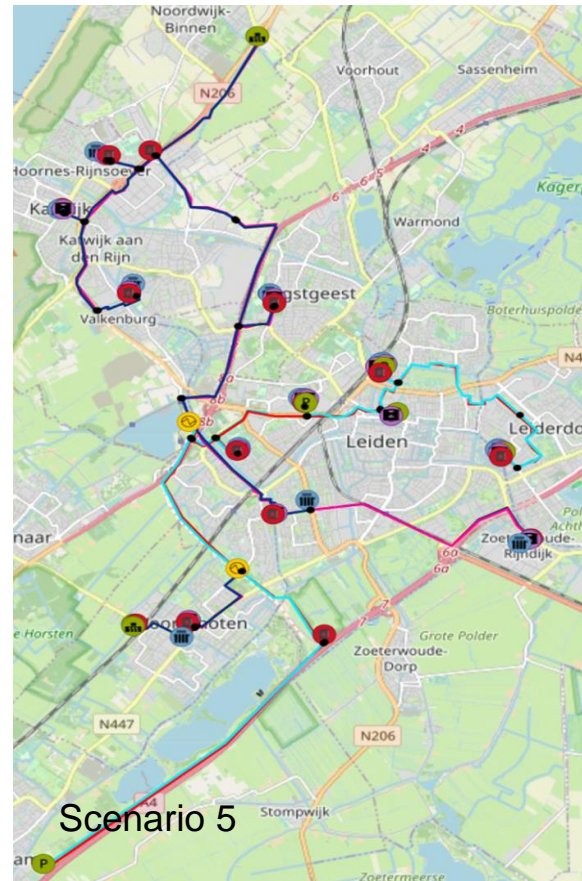
Figuur 10 Systemschets scenario 2



Figuur 11 Systemschets scenario 3



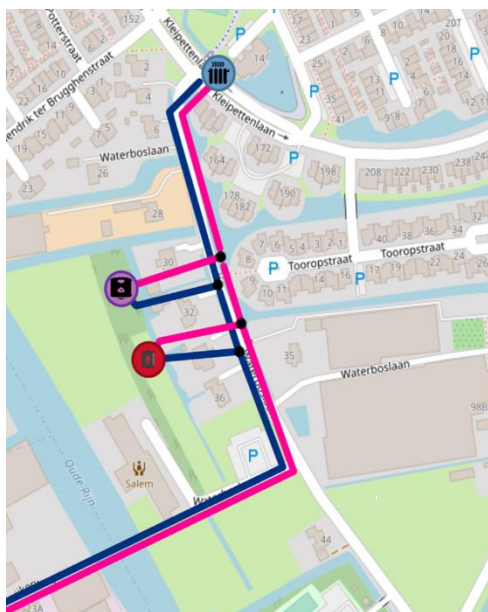
Figuur 12 Systemschets scenario 4



Figuur 13 Systemschets scenario 5

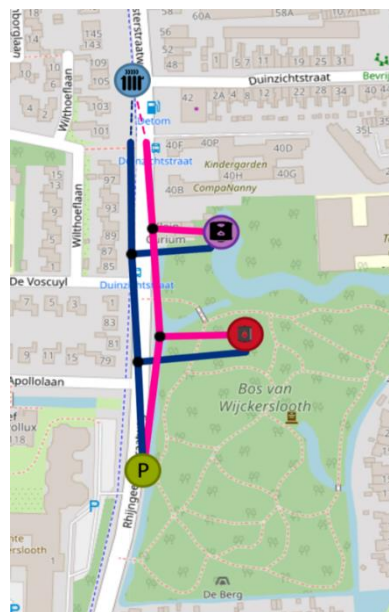
Aansluiting clusters

Zoals weergegeven in de figuren 14 t/m 16 worden de warmteclusters op verschillende manieren aangesloten op een warmtebron(en).



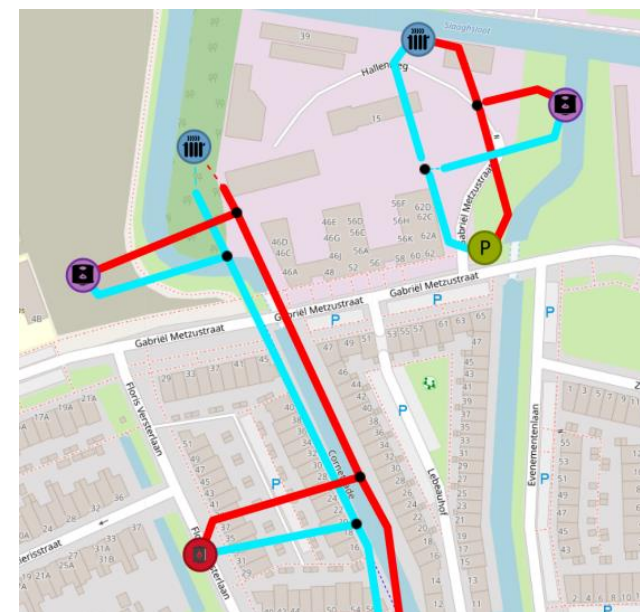
Figuur 14 Cluster is aangesloten op het ORES

De warmte wordt geleverd door het ORES. Dit zijn de meeste clusters binnen deze studie. Elk cluster krijgt nog een eigen piekkel en een dag/nacht-buffervat.



Figuur 15 Zelfstandig aangesloten cluster

Een cluster kan zelfstandig aangesloten worden. Hierbij is het cluster niet aan het ORES aangesloten. Voor de warmtevoorziening is dan een lucht-warmtepomp gesimuleerd. Deze levert 30% van de piekvraag. Voor het resterende deel is een piekkel aangesloten.



Figuur 16 Twee subclusters

Clusters 3, 4, 5 en 6 zijn elk verdeeld in twee subclusters, omdat de capaciteit van het bestaande Vattenfall transportnet te klein is om in deze clusters de volledige warmtevraag te kunnen leveren. Telkens is het ene subcluster aangesloten op het ORES, het andere is op een warmtepomp aangesloten.

Simulatie

Nadat het netwerk in de ESDL-editor ontworpen is, wordt deze geïmporteerd in de computational framework (CF). Hiervoor worden nog een aantal parameters en instellingen ingevuld.

Parameters en simulatie instellingen

De volgende parameters werden ingevuld in het CF.

Rule based controller

Hiermee kan de manier waarop geprioriteerd wordt aangegeven worden. Voor de warmtebronnen (producers) zijn de opties: op kosten, handmatig of gelijk. Voor de simulaties wordt handmatig gebruikt, waardoor vervolgens handmatig ingesteld kan worden welke bronnen welke prioriteit krijgen. Voor de prioriteit in warmtevraag kan gekozen worden voor revenu, gelijk of handmatig, zie [figuur 17](#). Voor de simulatie wordt gelijk gebruikt.

location	Producer priority	Demand priority
chess	Manual	Equal

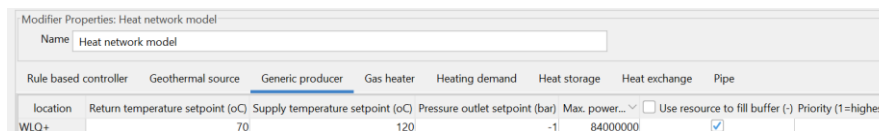
Figuur 17 Instellingsschema prioriteiten

Instellingen bronnen

Voor de warmtebronnen kan in de CF de aanvoer en retourtemperatuur aangepast worden en de prioriteit van bronnen.

- Bronnen met prioriteit 1 het hoogste en dus als eerst ingezet zal worden. In de simulatie krijgen alle duurzame bronnen aquathermie, warmtepompen, geothermie en WLQ+ prioriteit 1. Dit betekent dat deze gelijkwaardig ingezet worden.
- De dag/nacht buffers prioriteit 2 gekregen, seizoensopslag heeft prioriteit 3 gekregen.
- De piekopwekkers, gasketels en Uniper hebben allemaal prioriteit 4 gekregen.
- Tot slot is aangegeven dat alle duurzame bronnen de mogelijkheid hebben om de buffers op te laden (alle piekvoorzieningen niet).

In CF worden ook de profielen van de gebruikers en bronnen ingevoerd. Voor de simulaties is dit alleen gedaan voor aquathermie, de andere bronnen kunnen een maximaal vast vermogen leveren. Ook moet ingesteld worden welke bronnen de buffers op mogen laden, zoals in [figuur 18](#) weergegeven.



location	Return temperature setpoint (oC)	Supply temperature setpoint (oC)	Pressure outlet setpoint (bar)	Max. power...	Use resource to fill buffer (-)	Priority (1=highest)
WLQ+	70	120	-1	84000000	<input checked="" type="checkbox"/>	1

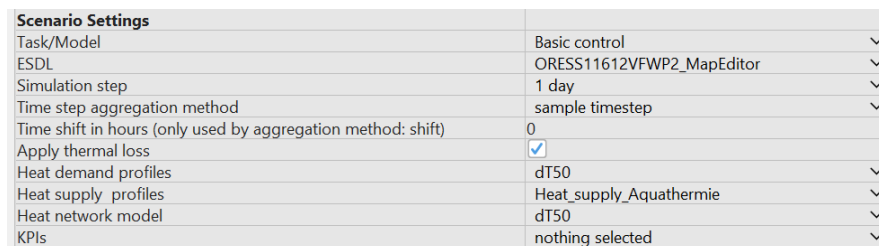
Figuur 18 Voorbeeld broninstellingen CF

Opslag

Voor de buffers zijn inhoud, snelheid van (ont)laden en temperatuurgrenzen ingesteld. De startcapaciteit is voor alle uitgevoerde simulaties op 0% gezet, zodat de energiebalans klopt.

Scenario instelling

Ook zijn er nog een aantal simulatie-specifieke instellingen, zoals samplemethode of het wel/niet meenemen van warmteverliezen. In [figuur 19](#) staan de instellingen die gebruikt zijn voor alle simulaties.



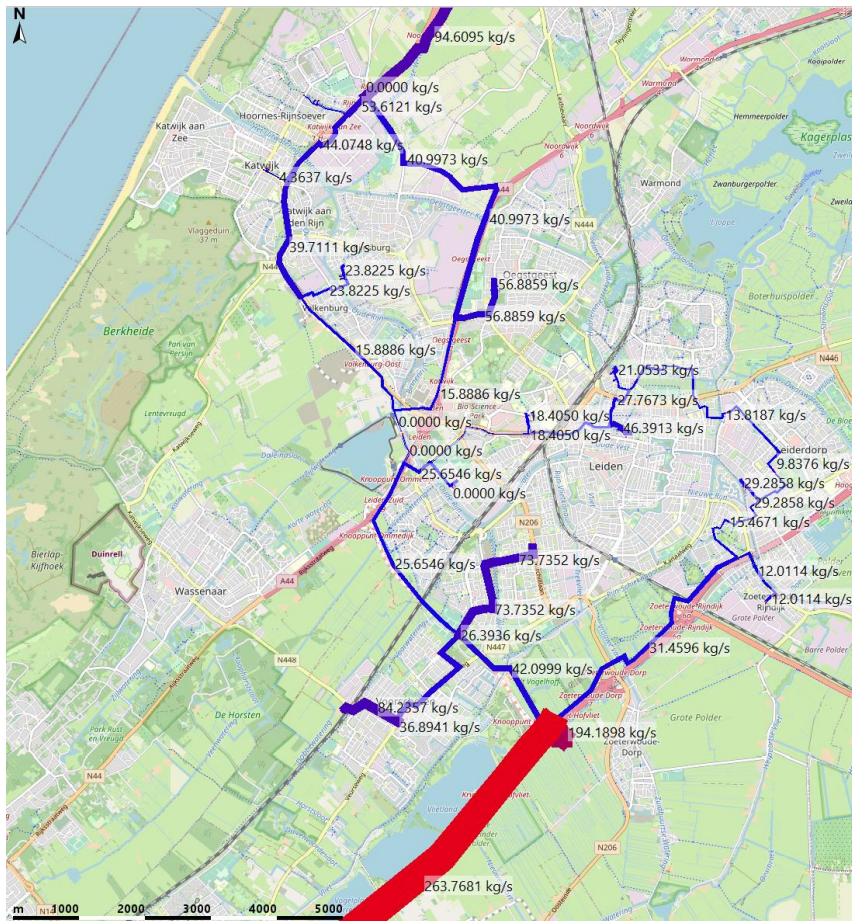
Scenario Settings	
Task/Model	Basic control
ESDL	ORESS11612VFWP2_MapEditor
Simulation step	1 day
Time step aggregation method	sample timestep
Time shift in hours (only used by aggregation method: shift)	0
Apply thermal loss	<input checked="" type="checkbox"/>
Heat demand profiles	dT50
Heat supply profiles	Heat_supply_Aquathermie
Heat network model	dT50
KPIs	nothing selected

Figuur 19 Instellingsschema scenario's

Resultaten simulatie

Debiëten

Eén van de resultaten die uit de WarmingUp toolkit gebruikt wordt, zijn de debieten die door elke leiding stroomt. Hiermee wordt de uiteindelijke benodigde DN-maat bepaald met bijbehorende kosten. In **figuur 20** is een debiet van alle leidingen door het netwerk bij een statisch tijdstap geografisch weergegeven.



Figuur 20 Debiet geografisch weergegeven S1

In **figuur 21** is het debiet van de aanvoer leiding van WLQ+ in scenario 1 door het jaar heen weergegeven.



Figuur 21 Debiet WLQ+ in S1 door het jaar heen

De vertaalslag van debiet naar DN-maat is volgens de onderstaande tabel uitgevoerd, zie tabel 6.

Tabel 6 DN-maten van het debiet

DN	Volume L/m	Vmax m/sec	Q m3/hr
20	0,37	1,3	1,73
25	0,59	1,3	2,74
32	1,09	1,3	5,09
40	1,46	1,5	7,88
50	2,33	1,7	14,28
65	3,88	1,9	26,55
80	5,35	2,2	42,34
100	9,01	2,4	77,84
125	13,79	2,6	129,06
150	20,18	2,8	203,43
200	34,67	3	374,43
250	54,33	3	586,71
300	73,8	3	829,41
350	93,16	3	1006,1
400	121,8	3	1315,42

Inzet bronnen

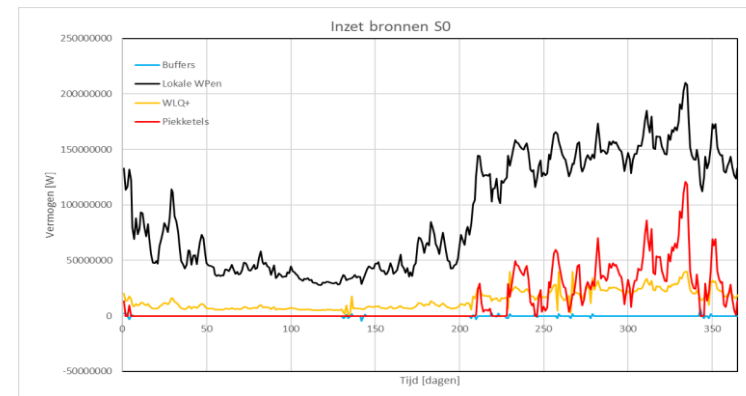
De resultaten uit deze simulatie geven de energiestromen gedurende het jaar, zie figuren 22 t/m 27. In de tabellen 7 t/m 12 is de inzet van alle bronnen in de desbetreffende scenario's door het jaar heen weergegeven. Ook is de totale hoeveelheid geleverde warmte weergegeven. De buffers zijn hier niet in terug te vinden, aangezien de buffers alleen warmte opslaan en niet opwekken.

Resultaten inzet bronnen scenario 0

Zie tabel 7 en figuur 22.

Tabel 7 Totale inzet bronnen S0

Totale inzet bronnen S0 per jaar			
Piekketels	445	TJ	12%
WLQ+	450	TJ	12%
Warmtepomp	2915	TJ	77%
Totaal	3810	TJ	



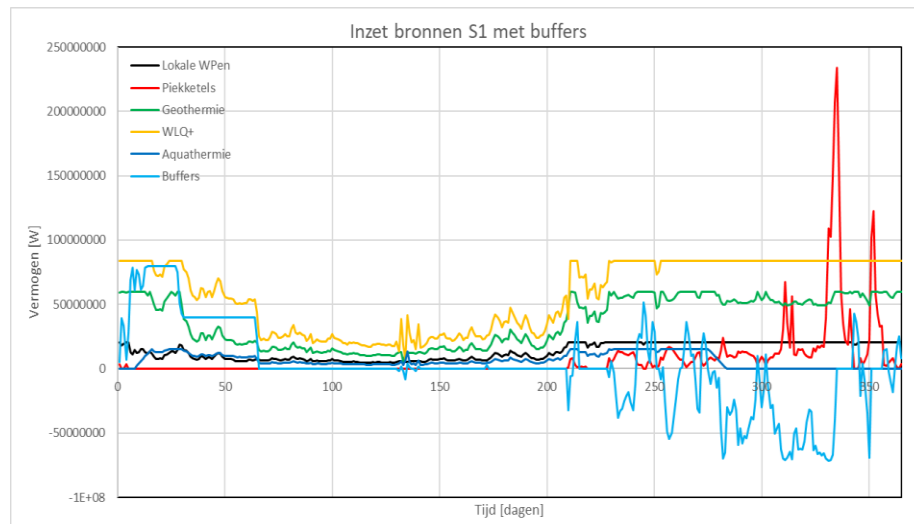
Figuur 22 Inzet bronnen scenario 0

Resultaten inzet bronnen scenario 1

Zie tabel 8 en figuur 23.

Tabel 8 Totale inzet bronnen S1

Totale inzet bronnen S1 per jaar			
Aquathermie	200	TJ	5%
Geothermie	1162	TJ	30%
WLQ+	1828	TJ	47%
Piekketels	245	TJ	6%
Wpen lokaal	428	TJ	11%
Totaal	3.863	TJ	



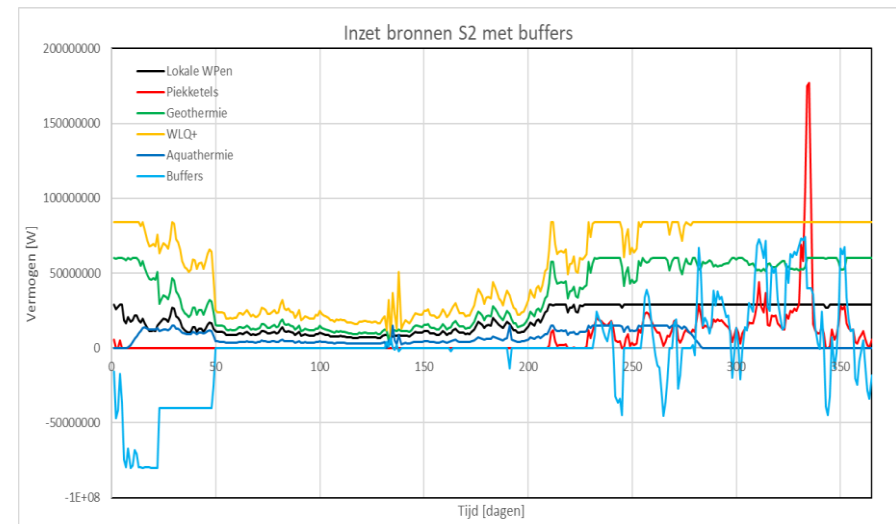
Figuur 23 Inzet warmtebronnen S1

Resultaten inzet bronnen scenario 2

Zie tabel 9 en figuur 24.

Tabel 9 Totale inzet bronnen S2

Totale inzet bronnen S2 per jaar			
Aquathermie	182	TJ	5%
Geothermie	1127	TJ	29%
Piekketels	218	TJ	6%
WLQ+	1726	TJ	45%
Lokale Wpen	610	TJ	16%
Totaal	3863	TJ	



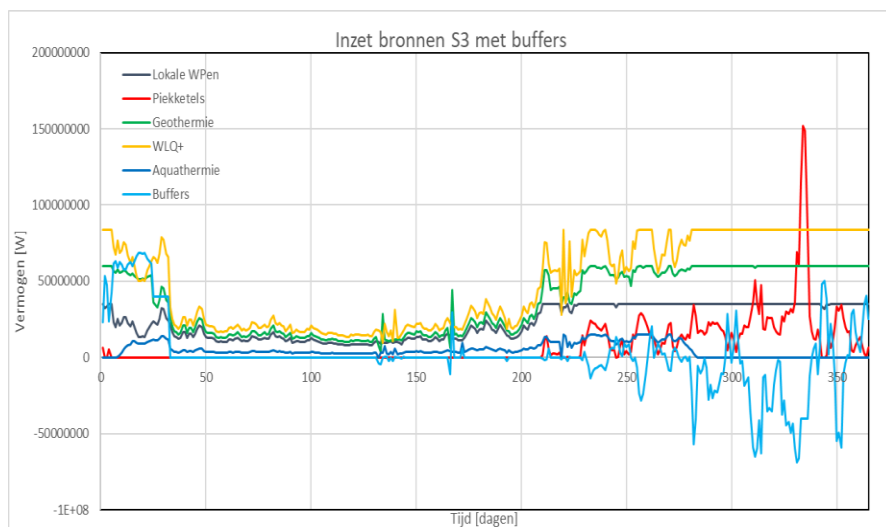
Figuur 24 Inzet warmtebronnen S2

Resultaten inzet bronnen scenario 3

Zie tabel 10 en figuur 25.

Tabel 10 Totale inzet bronnen S3

Totale inzet bronnen S3 per jaar			
Aquathermie	152	TJ	4%
Geothermie	1166	TJ	30%
Pieketels	250	TJ	6%
WLQ+	1559	TJ	40%
Lokale Wpen	740	TJ	19%
Totaal	3867	TJ	



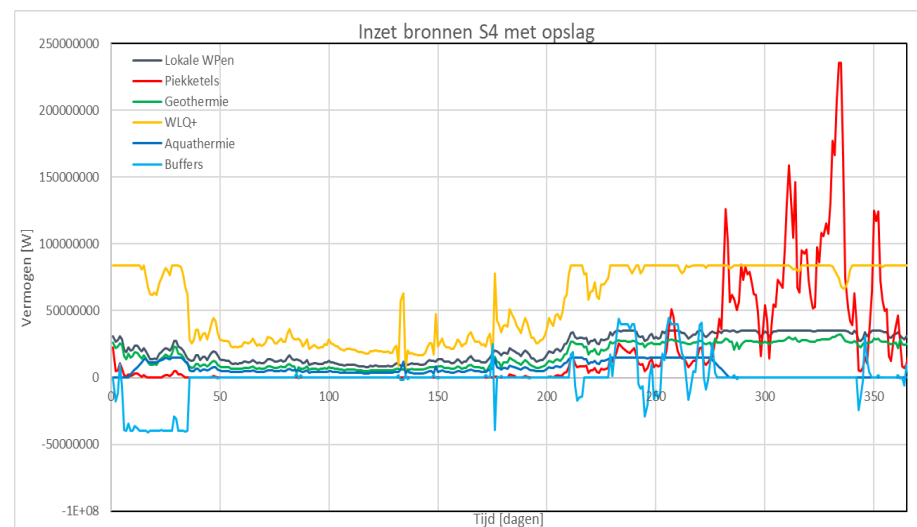
Figuur 25 Inzet warmtebronnen S3

Resultaten inzet bronnen scenario 4

Zie tabel 11 en figuur 26.

Tabel 11 Totale inzet bronnen S4

Totale inzet bronnen S4 per jaar			
Aquathermie	192	TJ	5%
Geothermie	525	TJ	14%
Pieketels	655	TJ	17%
WLQ+	1772	TJ	46%
Lokale Wpen	740	TJ	19%
Totaal	3884	TJ	



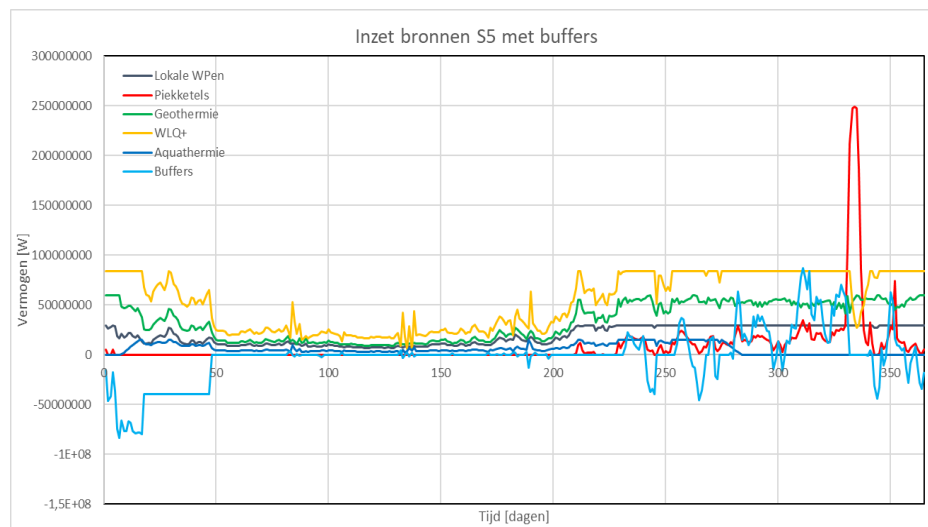
Figuur 26 Inzet warmtebronnen S4

Resultaten inzet bronnen scenario 5

Zie tabel 12 en figuur 27.

Tabel 12 Totale inzet bronnen S5

Totale inzet bronnen S5 per jaar			
Aquathermie	181	TJ	5%
Geothermie	1058	TJ	28%
Pieketetels	279	TJ	7%
WLQ+	1696	TJ	44%
Lokale Wpen	611	TJ	16%
Totaal	3824	TJ	



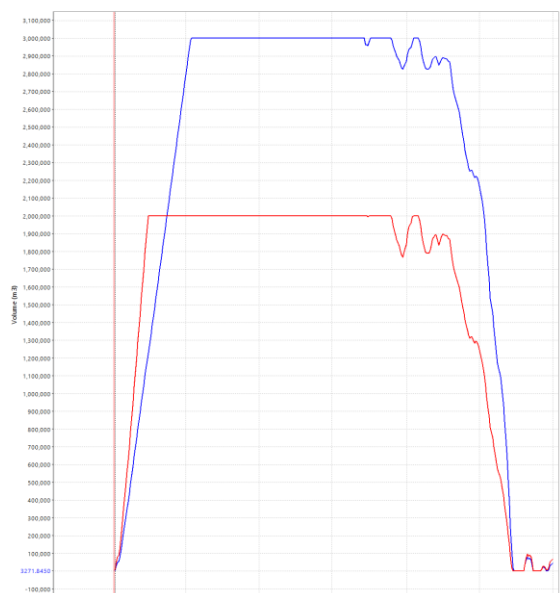
Figuur 27 Inzet warmtebronnen S5

Variant zonder seizoenbuffers

De buffers vormen in elk scenario een groot deel van de investeringskosten. Dit zorgt voor een systeem waar minder aardgas ingezet wordt, maar ook een kostbaarder systeem. Om het effect op kosten en emissies te zien, is een variantstudie gedaan naar de verschillende scenario's zonder het gebruik van seizoenbuffering. In deze variant wordt bij pieken in de warmtevraag meer aardgas gebruikt.

Op- en ontladen van de buffers

De buffers worden opgeladen wanneer de warmtebronnen meer warmte leveren dan dat er gevraagd wordt van de gebruikers. Dit vindt in de warmere maanden plaats. De buffers worden ontladen wanneer de warmtevraag groter is dan wat de warmtebronnen kunnen leveren. Hieronder zijn de oplaadcyclussen van de buffers van scenario 1 weergegeven, zie [figuur 28](#). De blauwe lijn is de buffer voor WLQ+ en de rode lijn voor de geothermiebron Aardwarmte Rijnland.



Figuur 28 Op- en ontladen seizoensopslag S1

Vershil in inzet bronnen wel of geen seizoensopslag

Zie tabellen 13 t/m 17.

Table 13 Vershil inzet warmtebronnen met of zonder opslag S1

Bron scenario 1	Inzet bronnen zonder seizoensopslag [TJ]		Inzet bronnen met seizoensopslag [TJ]	
Aquathermie	171	4%	200	5%
Geothermie	1.101	29%	1.162	30%
WLQ+	1.639	43%	1.828	47%
Pieketels	505	13%	245	6%
Lokale warmtepompen	428	11%	428	11%
Totaal	3.842		3.863	

Table 14 Vershil inzet warmtebronnen met of zonder opslag S2

Bron scenario 2	Inzet bronnen zonder seizoensopslag [TJ]		Inzet bronnen met seizoensopslag [TJ]	
Aquathermie	160	4%	182	5%
Geothermie	1061	28%	1127	29%
Pieketels	437	11%	218	6%
WLQ+	1574	41%	1726	45%
Lokale warmtepompen	610	16%	610	16%
Totaal	3843		3863	

Tabel 15 Verschil inzet warmtebronnen met of zonder opslag S3

Bron scenario 3	Inzet bronnen zonder seizoensopslag [TJ]		Inzet bronnen met seizoensopslag [TJ]	
Aquathermie	143	4%	152	4%
Geothermie	1083	28%	1166	30%
WLQ+	1458	38%	1559	40%
Piekketels	407	11%	250	6%
Lokale warmtepompen	740	19%	740	19%
Totaal	3831		3867	

Tabel 16 Verschil inzet warmtebronnen met of zonder opslag S4

Bron scenario 4	Inzet bronnen zonder seizoensopslag [TJ]		Inzet bronnen met seizoensopslag [TJ]	
Aquathermie	178	5%	192	5%
Geothermie	518	14%	525	14%
WLQ+	1697	44%	1772	46%
Piekketels	689	18%	629	16%
Lokale warmtepompen	740	19%	740	19%
Totaal	3822		3858	

Tabel 17 Verschil inzet warmtebronnen met of zonder opslag S5

Bron scenario 5	Inzet bronnen zonder seizoensopslag [TJ]		Inzet bronnen met seizoensopslag [TJ]	
Aquathermie	160	4%	181	5%
Geothermie	1018	27%	1058	28%
WLQ+	1563	41%	1696	44%
Piekketels	469	12%	279	7%
Lokale warmtepompen	611	16%	611	16%
Totaal	3820		3824	

* In scenario 0 wordt niet gebruikgemaakt van seizoensopslag.

Het verwijderen van de seizoensopslag zal ervoor zorgen dat de inzet van de basisbronnen afneemt en dat de inzet van de piekketels toeneemt. De toename van de inzet van de piekketels varieert tussen de verschillende scenario's, maar over het algemeen wordt de inzet bijna verdubbeld.

Ook is te zien dat in alle scenario's met seizoensopslag meer warmte geleverd wordt dan de scenario's zonder. Dit heeft ermee te maken dat er meer warmteverlies plaatsvindt. Een gasketel wordt namelijk dichtbij de WOS voor elk cluster geplaatst. Hierdoor hoeft deze warmte niet of nauwelijks via het primaire net getransporteerd te worden.

Kengetallen

Binnen deze studie is een groot aantal kengetallen gebruikt. Een deel van de kengetallen is gebruikt vanuit de WarmingUp designtoolkit. Daarnaast hebben de verschillende stakeholders kengetallen gedeeld en zijn er kengetallen gebruikt van Greenvis, zie tabellen 18 t/m 25.

Tabel 18 Leidingdiameter met bijbehorende kosten (secundair. Bron: Prijzen obv WarminUp tool incl. indexatie)

DN	Q	Kosten incl,btw
	l/sec	[Euro]
32	1,4	€ 938
40	2,2	€ 961
50	4,0	€ 1.011
65	7,4	€ 1.065
80	11,8	€ 1.134
100	21,6	€ 1.227
125	35,9	€ 1.364
150	56,5	€ 1.489
200	104,0	€ 1.766
250	163,0	€ 2.090
300	231,4	€ 2.425
350	279,5	€ 2.792
400	365,4	€ 3.205

Tabel 19 Onderhouds- en beheerkosten (O&M, Bron: Greenvis)

onderhouds- en beheerkosten (O&M)	waarde	Eenheid
Leidingwerk	2,00%	[Euro/capex]
Hulpsystemen (Opslag, WOS, filtersysteem, ...)	1,50%	[Euro/capex]
Pompen	2,00%	[Euro/capex]
Afnamecomponenten	2,00%	[Euro/capex]

Tabel 20 Warmteoverdrachtstations (Bron: Greenvis)

Warmteoverdrachtstation	waarde	Eenheid
WOS vermogen	3	MW
WOS - CAPEX variabel	65.000	[Euro/MW]
WOS - CAPEX vast	50.000	[Euro/WOS]
Herinvestering na	15	jaar
Herinvestering %	80%	€/€

Tabel 21 Aansluitkosten (Bron: Greenvis)

Aansluitingen	waarde	Eenheid
Afleverzet kleinverbruik	1182	€/stuk
Afleverzet grootverbruik, vaste parameter (a)	10000	€/stuk
Afleverzet grootverbruik, variabele parameter (b)	4	€/kW
Herinvestering na	15	jaar
Herinvestering %	50%	€/€
Klantzijdige kosten, woning laagbouw	3376	€/stuk
Klantzijdige kosten, woning hoogbouw	1688	€/stuk
Klantzijdige kosten, util/collectief, var	84	€/kW
Klantzijdige kosten, util/collectief, vast	3376	€/stuk

Tabel 22 Pompeigenschappen (Bron: Greenvis/WarmingUp tool)

Pomp	waarde	Eenheid
Pompvermogen kengetal primair	0,48	kWe/(m3/hr)
Kosten voor pompen	50	€/kWe
O&M	0,02	€/€_CAPEX
Herinvestering na	15	jaar
Herinvestering %	0,8	€/€

Tabel 23 Dag/nacht-buffers, o.b.v. 1,5 uur piekwarmte levering

dag/nacht buffergrootte, per cluster	Inhoud [m3]
Dag/nacht 1	703
Dag/nacht 2	2349
Dag/nacht 3	343
Dag/nacht 4	1708
Dag/nacht 5	1578
Dag/nacht 6	4514
Dag/nacht 7	3436
Dag/nacht 8	2822
Dag/nacht 9	2345
Dag/nacht 10	832
Dag/nacht 11	4497

Tabel 24 Emissies

	Emissies	
Elektra	33,3 kg CO ² /GJ	KEV, Gemiddelde tussen 2025 en 2030
Gas	56,4 kg CO ² /GJ	o.b.v. verbrandingswaarde Gronings aardgas
WLQ+	3,3 kg CO ² /GJ	NTA8800
Geothermie	2,2 kg CO ² /GJ	o.b.v COP
Aquathermie	11,1 kg CO ² /GJ	o.b.v. COP

Tabel 25 Broneigenschappen (Bron: prijzen o.b.v. WarmingUp, COP o.b.v. carnot efficiency (55% efficiency), vermogens en temperaturen o.b.v. ontvangen informatie stakeholders)

Bronnen	Bron temperatuur	Invoer temperatuur ORES	Max vermogen	CAPEX	CAPEX	CAPEX vast inhoud [m3]	O&M vast	O&M variabel	COP/rendement (incl. pompenergie)	Herinvestering (indien niet in O&M)
	[C]		[MW]	[Euro/kWth]	[Euro]		[Euro/kW/jaar]	[Euro/kWh]	[kWth/kWe]	
WLQ+	120	120	84-104	321			6,4	0	nvt	0%
Geo Aardwamte Rijnland	69	85	40	1395			96,3	0,0019	20,9+15,0	0%
Geo 1	58	75	10	1395			96,3	0,0019	14,9+15,0	0%
Geo 2	58	75	10	1395			96,3	0,0019	14,9+15,0	0%
Aquathermie	25	95	15	1134			170,5	0,0019	3,0	0%
Uniper		120	83							
Piekopwekker		120 of 75	50	100			2%	0%	90%	80%
ATES 1 (seizoensbuffer)		120 of 75			€14.450.000	800.000	5%		15,0	0%
ATES 2 (seizoensbuffer)		120 of 75			€14.450.000	800.000	5%		15,0	0%
L/W warmtepomp		75		500			2,50%	0%	2,0 ¹	80%

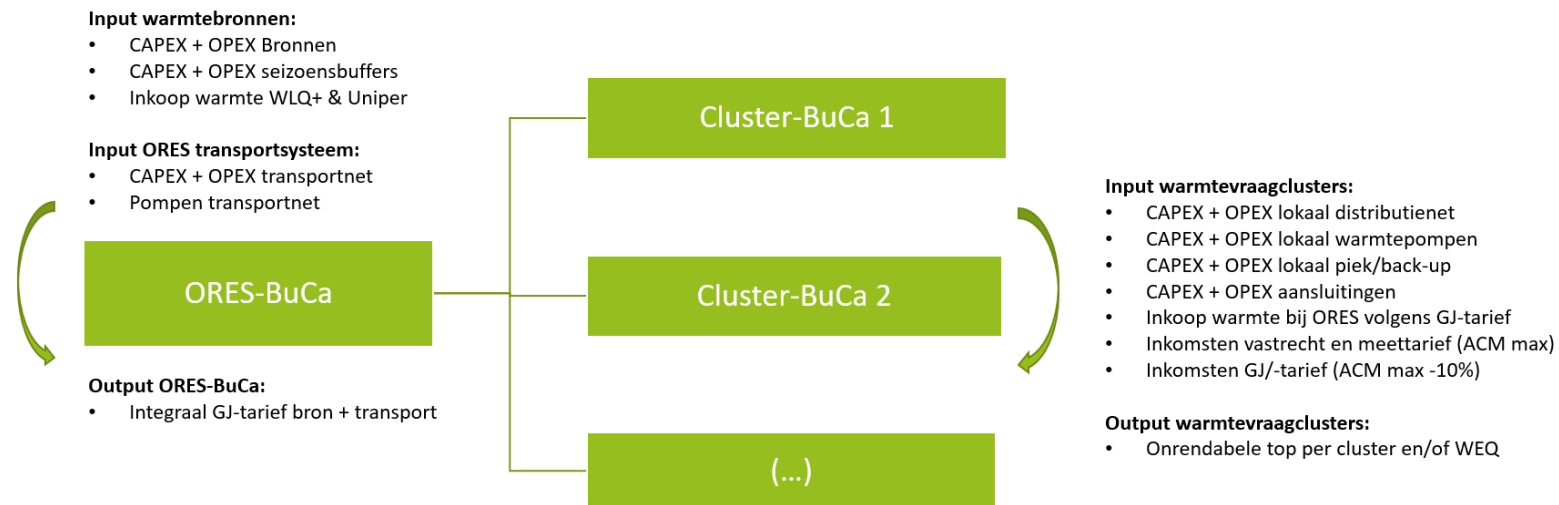
¹ Berekening o.b.v. lucht/water warmtepomp en temperaturen voor piekvoorziening

Uitgangspunten Businesscase

De volgende slides 1 t/m 8 geven de uitgangspunten en methodiek achter de integrale businesscase weer.

Uitgangspunten integrale BuCa ORES

De komende sheets presenteren gehanteerde uitgangspunten in de integrale businesscase.

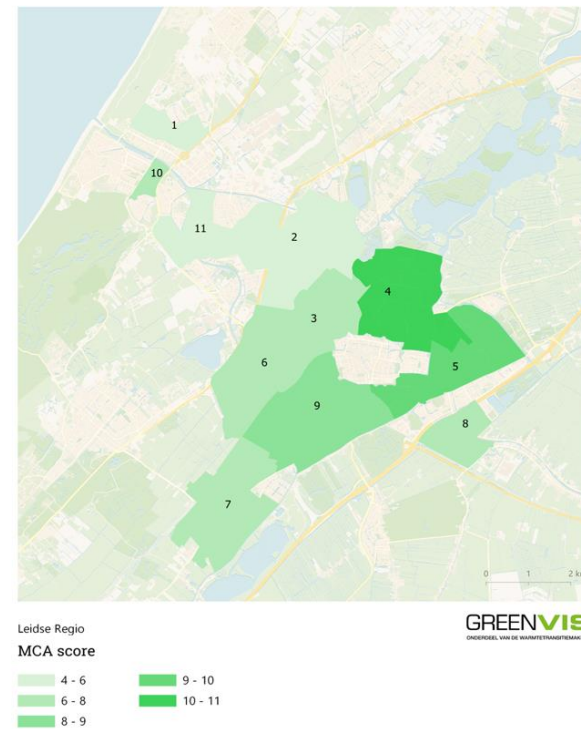


Slide 1 Uitgangspunten integrale BuCa ORES

Input Greenvis als vertrekpunt fasering

Fasering op basis van MCA-score

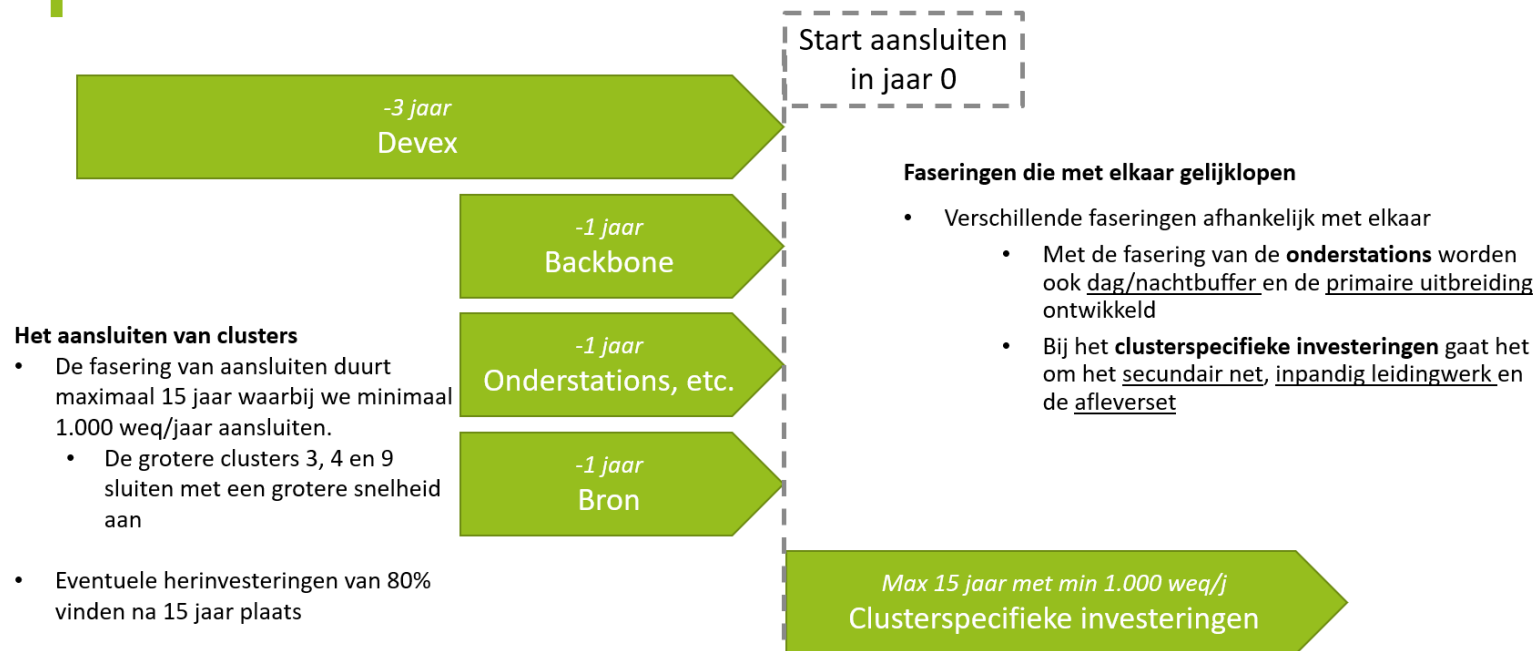
- Greenvis leverde de fasering op hoofdlijnen in een kleurschaal. Deze verwerkten wij in het rekenmodel.
- Principe: Eerdere aansluiting van clusters met een hoge MCA-score dan de clusters met een lage score.
- Vijf fasen waarin de clusters worden aangesloten
 1. Cluster: 4
 2. Cluster: 5
 3. Cluster: 9
 4. Cluster: 3, 6, 7, 8, 10
 5. Cluster: 1, 2, 11



Slide 2 Input Greenvis als vertrekpunt fasering

Faseringsprincipes van clusters

De onderstaande planning wordt per cluster doorlopen in de volgorde zoals gepresenteerd op de vorige slide



Slide 3 Faseringsprincipes van clusters

Fasering en exploitatie van de clusters

De aansluitvolgorde van de clusters volgt de beschikbaarheid van bronnen waardoor de zuidelijke clusters eerder aansluiten dan de noordelijke clusters.

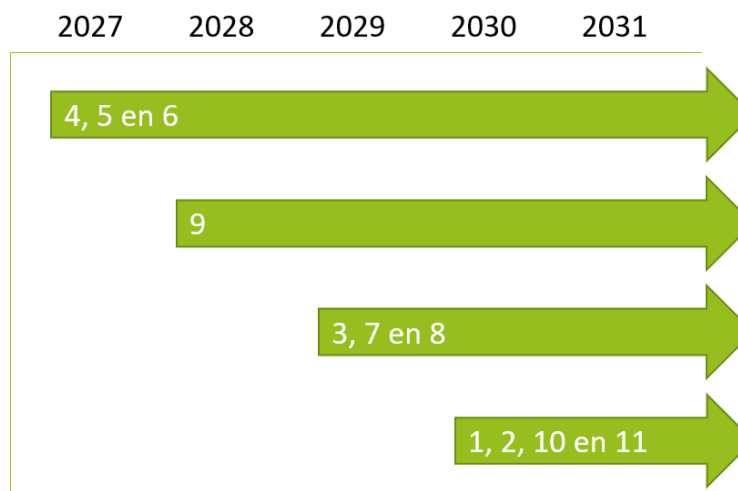
- De fasering van de clusters met telkens opvolgende jaren:
 - De clusters 4, 5 en 6 sluiten als eerste aan op het ORES-systeem
 - Cluster 9 volgt het jaar daarop
 - Clusters 3, 7 en 8
 - En als laatste clusters 1, 2, 10 en 11.

Splitsing van zuid en noord bij aansluiten:

- WLQ+ voorziet de zuidkant van ORES. Deze bron is naar verwachting vanaf 2027 beschikbaar voor het leveren van warmte. De eerste clusters kunnen dus vanaf 2027 aangesloten worden.
- De noordkant van ORES wordt vanaf 2030 aangesloten. Geothermie vanuit Noordwijk voorziet naar verwachting deze noordkant van warmte.

Exploitatie van het net

- De exploitatietermijn van het net is 30 jaar. Hierdoor maken later aangesloten clusters, minder lang gebruik van ORES.
- Het laatste jaar in het model is 2054, in dit jaar nemen we ook de restwaarde mee. Dit doen we volgens de historische kostprijsmethodiek, zijnde de investeringen en herinvesteringen minus de afschrijvingen.



Visualisatie van de fasering

Slide 4 Fasering en exploitatie van de clusters

Voorbeeld van fasering in het 0-scenario

De fasering is in alle scenario's exact gelijk. Dit is hierdoor geen factor van verschil in de uitkomsten.

Fasering Bron (15 jaar afsch.)				Realisatie t.o.v. start	1 t/m	2 technische levensduur	15 herinvesteringsaandeel	80,00%													
BASE																					
Scenario 0 - Cluster 1	%		180%	2027	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	
Scenario 0 - Cluster 2	%		180%	2027	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	
Scenario 0 - Cluster 3	%		180%	2026	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	
Scenario 0 - Cluster 4	%		180%	2024	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Scenario 0 - Cluster 5	%		180%	2024	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Scenario 0 - Cluster 6	%		180%	2024	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Scenario 0 - Cluster 7	%		180%	2026	-	-	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Scenario 0 - Cluster 8	%		180%	2026	-	-	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Scenario 0 - Cluster 9	%		180%	2025	-	-	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Scenario 0 - Cluster 10	%		180%	2027	-	-	-	-	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	-	-	
Scenario 0 - Cluster 11	%		180%	2027	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,00%	50,00%	-	-	-	-	-	
Fasering Secundair net																					
Gelijk aan Fasering Fasering CAPEX Woning kleinschalig ESW - Athene																					
BASE																					
Scenario 0 - Cluster 1	%	100%		2027				14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	1,74%		
Scenario 0 - Cluster 2	%	100%		2027				14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	1,74%		
Scenario 0 - Cluster 3	%	100%		2026				6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	0,87%	0,87%	0,87%
Scenario 0 - Cluster 4	%	100%		2024				6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	0,87%	0,87%	0,87%
Scenario 0 - Cluster 5	%	100%		2024				7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	0,91%	0,91%	0,91%
Scenario 0 - Cluster 6	%	100%		2024				8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	1,00%	1,00%	1,00%
Scenario 0 - Cluster 7	%	100%		2024				9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	1,07%	1,07%	1,07%
Scenario 0 - Cluster 8	%	100%		2026				21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	2,64%	2,64%	2,64%
Scenario 0 - Cluster 9	%	100%		2025				6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	0,87%	0,87%	0,87%
Scenario 0 - Cluster 10	%	100%		2027				74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	9,13%	9,13%	9,13%
Scenario 0 - Cluster 11	%	100%		2027				19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	2,43%		
Fasering CAPEX Woning kleinschalig ESW - Athene																					
technische levensduur 1500 herinvestering 25,17% 53,00% 37,47% 29,24% 28,00% 25,61% 50,17% 50,15% 51,64% 51,21% 29,99%																					
BASE																					
Scenario 0 - Cluster 1	Aantal WEG per jaar	Startjaar	Aantal WEG					14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	14,76%	1,74%		
Scenario 0 - Cluster 2	1.000	2.027	2.877					14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	14,04%	1,74%		
Scenario 0 - Cluster 3	526	2.026	7.813					6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	0,87%	0,87%	0,87%
Scenario 0 - Cluster 4	1.338	2.024	20.060					6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	0,87%	0,87%	0,87%
Scenario 0 - Cluster 5	1.000	2.024	13.780					7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	7,26%	0,91%	0,91%	0,91%
Scenario 0 - Cluster 6	1.000	2.024	12.050					8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	8,30%	1,00%	1,00%	1,00%
Scenario 0 - Cluster 7	1.000	2.026	10.723					9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	9,33%	1,07%	1,07%	1,07%
Scenario 0 - Cluster 8	1.000	2.026	4.278					21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	21,97%	2,64%	2,64%	2,64%
Scenario 0 - Cluster 9	1.000	2.025	24.496					6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	6,97%	0,87%	0,87%	0,87%
Scenario 0 - Cluster 10	1.000	2.027	1.339					74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	74,68%	9,13%	9,13%	9,13%
Scenario 0 - Cluster 11	1.000	2.027	7.188					19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	19,91%	2,43%		

Slide 5 Voorbeeld van fasering in het 0-scenario

Uitgangspunten cluster-BuCa

Tarieven en overige financiële assumpties

	Uitgangspunt	Opmerking
Tarieven kleinverbruik (excl. BTW)		
<i>Vastrecht warmte</i>	€408,74	ACM 2022
<i>Meettarief</i>	€22,70	ACM 2022
<i>Huur afleverzet</i>	€108,40	ACM 2022
<i>Variabel tarief warmte</i>	€40,13	ACM 2022 - 10% variabel
Tarieven grootverbruik (excl. BTW)		
<i>Vaste kosten/aansluiting</i>	€4.496,14	Gemiddeld 46 KW/aansluiting
<i>Variabel tarief warmte</i>	€30,10	75% van kleinverbruik
BAK t.o.v. woningen	70%	

	Uitgangspunt	Opmerking
Subsidies		
<i>SDE++</i>	30 jaar	Meegenomen zoals hierna beschreven bij exploitatiesubsidie
<i>EIA</i>	-	Niet meegenomen
<i>SAH/ISDE</i>	-	Niet meegenomen
<i>WIS</i>	-	Niet meegenomen
Financiële assumpties		
<i>Indexering CAPEX</i>	3,5%	
<i>Indexering overig</i>	2,0%	
<i>Discontovoet</i>	7,0%	
<i>VpB</i>	25,80%	
<i>Amortisatie BAK</i>	30 jaar	

Slide 6 Uitgangspunten cluster-BuCa

Uitgangspunten BuCa

Energiebelasting en ODE

Energiebelasting			Opslag duurzame energie- en klimaattransitie (ODE)		
Energiebelasting Aardgas staffels			ODE Aardgas staffels		
EB aardgas staffel 1 t/m:	170.000	staffel	EB aardgas staffel 1 t/m:	170.000	staffel
EB aardgas staffel 2 t/m:	1.000.000	staffel	EB aardgas staffel 2 t/m:	1.000.000	staffel
EB aardgas staffel 3 t/m:	10.000.000	staffel	EB aardgas staffel 3 t/m:	10.000.000	staffel
EB aardgas staffel 4 vanaf	10.000.001	staffel	EB aardgas staffel 4 vanaf	10.000.001	staffel
Energiebelasting Aardgas prijzen			ODE Aardgas prijzen		
0 tot 170.000	€ 0,3486	€/m ³	0 tot 170.000	€ 0,0851	€/m ³
170.001 tot 1.000.000	€ 0,0655	€/m ³	170.001 tot 1.000.000	€ 0,0235	€/m ³
1000.001 tot 10.000000	€ 0,0239	€/m ³	1000.001 tot 10.000000	€ 0,0232	€/m ³
> 10.000.001	€ 0,0128	€/m ³	> 10.000.001	€ 0,0232	€/m ³
Energiebelasting Elektra staffels			ODE Elektra staffels		
EB elektra staffel 1 t/m:	10.000	staffel	ODE staffel 1 t/m:	10.000	staffel
EB elektra staffel 2 t/m:	50.000	staffel	ODE staffel 2 t/m:	50.000	staffel
EB elektra staffel 3 t/m:	10.000.000	staffel	ODE staffel 3 t/m:	10.000.000	staffel
EB elektra staffel 4 - zakelijk vanaf	10.000.001	staffel	ODE staffel 4 vanaf:	10.000.001	staffel
EB elektra staffel 4 - niet zakelijk vanaf	10.000.001	staffel	ODE staffel 4 niet zakelijk vanaf:	10.000.001	staffel
Energiebelasting Elektra prijzen			ODE elektra prijzen		
0 tot 10.000	€ 0,0943	€/kWh	0 tot 10.000	€ 0,0300	€/kWh
10.001 tot 50.000	€ 0,0516	€/kWh	10.001 tot 50.000	€ 0,0411	€/kWh
50.001 tot 10.000.000	€ 0,0138	€/kWh	50.001 tot 10.000.000	€ 0,0225	€/kWh
> 10.000.001 (zakelijk)	€ 0,0006	€/kWh	> 10.000.001 (zakelijk)	€ 0,0004	€/kWh
> 10.000.001 (niet zakelijk)	€ 0,0011	€/kWh	> 10.000.001 (niet zakelijk)	€ 0,0004	€/kWh

Slide 7 Uitgangspunten BuCa

Exploitatiesubsidie

We passen een exploitatiesubsidie toe om de prijzen van ORES-bronnen gelijk te trekken met WLQ. De werking van dit instrument is vergelijkbaar met de SDE++ regeling.

De Gasunieprijs voor WLQ bevat een forse exploitatiesubsidie. Om een eerlijke vergelijking te maken in het model, hanteren we een subsidie regeling die de lokale bronnen voor ORES naar een gelijk prijsniveau trekt.

Hiervoor zijn meerdere opties in het model. Optie 3 is genomen als basecase.

1. De subsidie staat uit – WLQ heeft een laag tarief, lokale bronnen hebben het normale (hogere) ORES-tarief.
2. Een subsidie trekt voor 15 jaar de WLQ en de ORES-bronnen op gelijk niveau. Dit is vergelijkbaar met de werking van de huidige SDE++-regeling.
 1. Voor de energie via ORES, geldt een transporttarief als surplus op de gesubsidieerde prijs.
 2. Na 15 jaar stijgen zowel de WLQ als de ORES-prijs naar het niveau van ORES zonder subsidies
3. Een subsidie houdt de prijs voor de volledige looptijd van het model (30 jaar) voor WLQ en ORES op het gesubsidieerde niveau van WLQ
 1. Voor de warmte die via ORES geleverd wordt, blijft het transporttarief als surplus geheven worden.



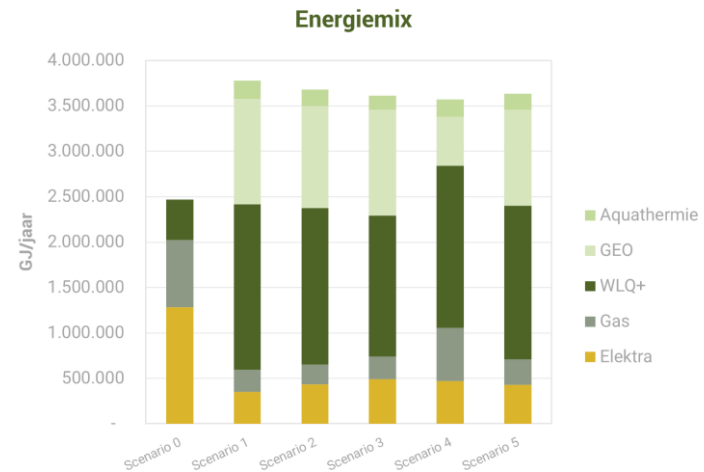
Slide 8 Exploitatiesubsidie

Resultaten regioniveau

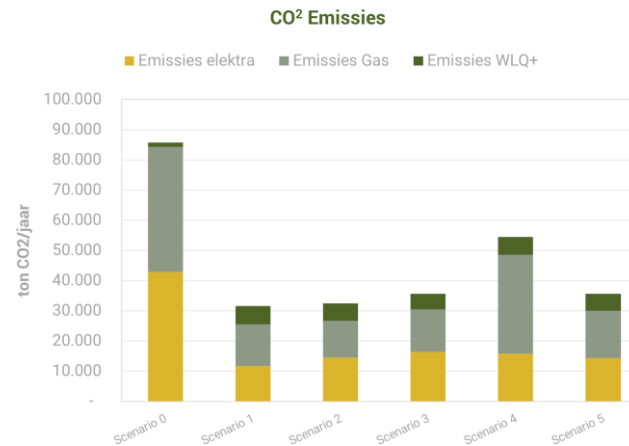
Door de resultaten uit de toolkit te combineren met de kengetallen worden de resultaat bepaald.

- **Energiemix**
 - Scenario's met seizoensopslag, figuur 30
 - Scenario's zonder seizoensopslag, figuur 35
- **CO2-emissies**
 - Scenario's met seizoensopslag, figuur 31
 - Scenario's zonder seizoensopslag, figuur 36
- **CAPEX**
 - Scenario's met seizoensopslag, figuur 32
 - Scenario's zonder seizoensopslag, figuur 37
- **OPEX**
 - Scenario's met seizoensopslag, figuur 33
 - Scenario's zonder seizoensopslag, figuur 38
- **Cumulatieve kosten**
 - Scenario's met seizoensopslag, figuur 34
 - Scenario's zonder seizoensopslag, figuur 39

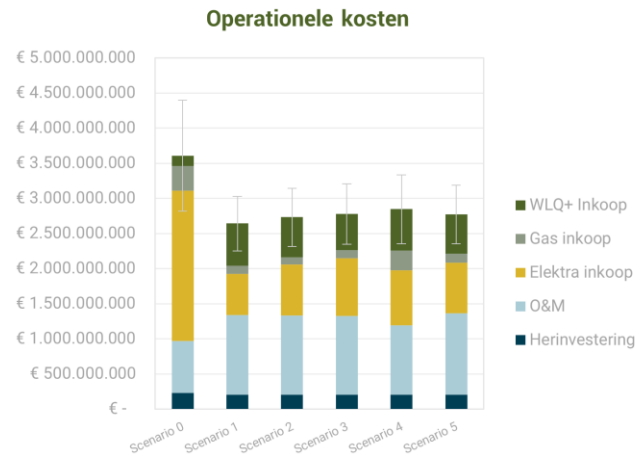
Resultaten scenario's met seizoensopslag



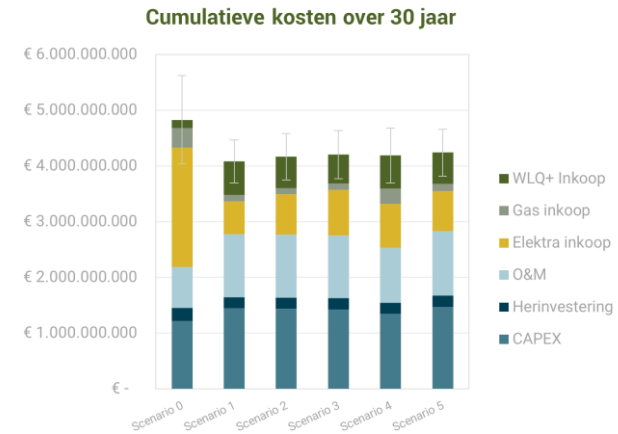
Figuur 29 Energiemix scenario's met seizoensopslag



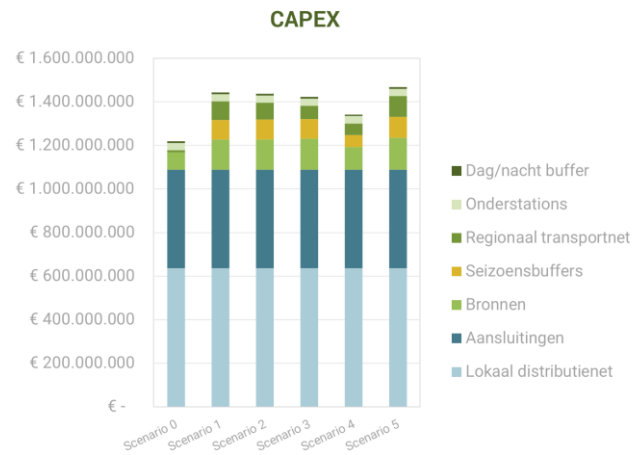
Figuur 30 CO2-emissies scenario's met seizoensopslag



Figuur 31 Operationele kosten scenario's met seizoensopslag

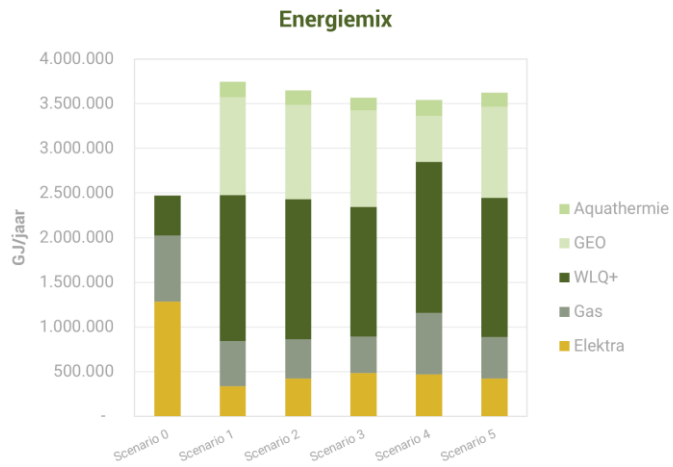


Figuur 33 Cumulatieve kosten over 30 jaar scenario's met seizoensopslag



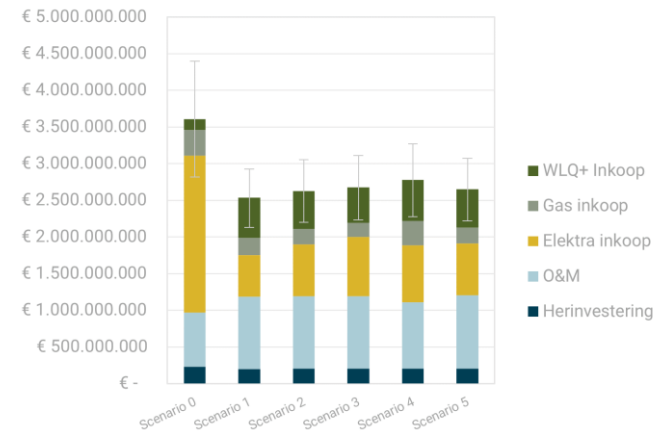
Figuur 32 CAPEX scenario's met seizoensopslag

Scenario's zonder seizoensopslag



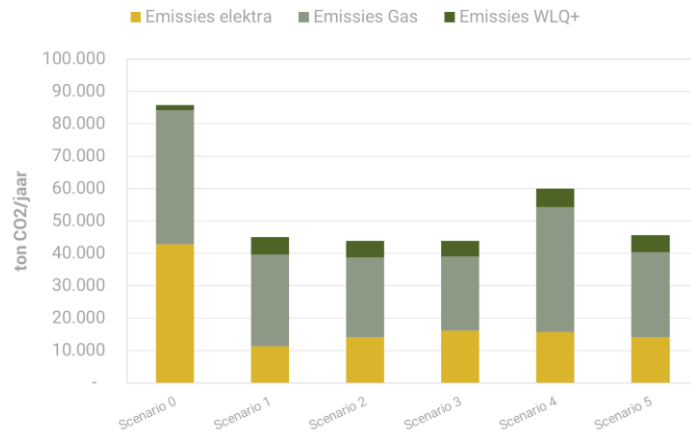
Figuur 34 Energimix scenario's zonder seizoensopslag

Operationele kosten



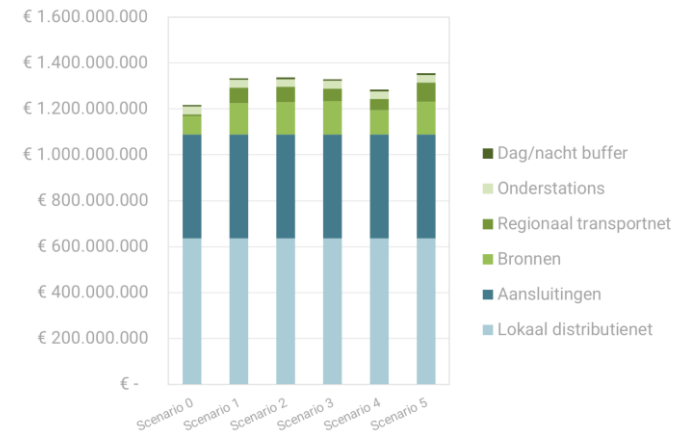
Figuur 36 Operationele kosten scenario's zonder seizoensopslag

CO² Emissies

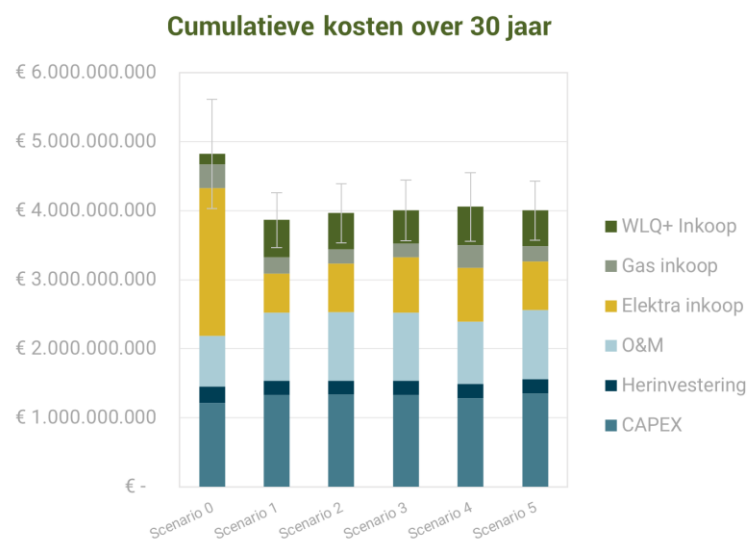


Figuur 35 CO₂-emissies scenario's zonder seizoensopslag

CAPEX

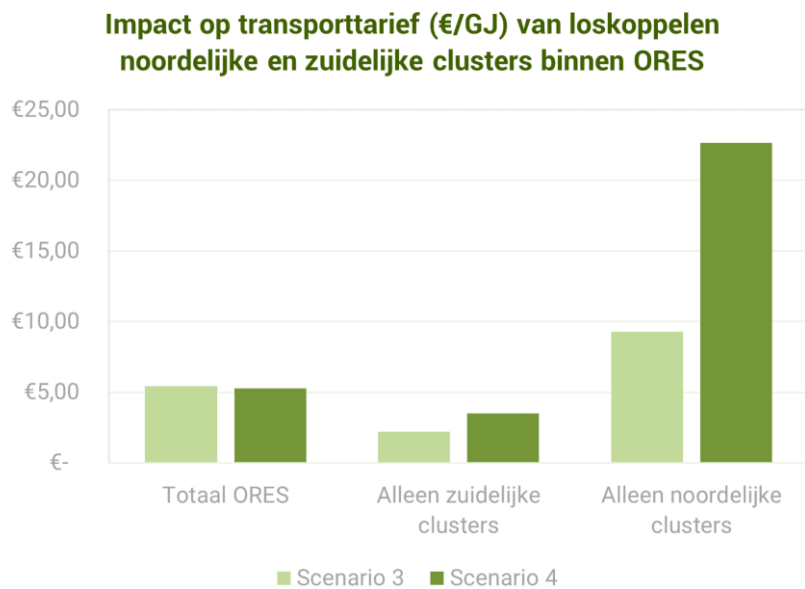


Figuur 37 CAPEX scenario's zonder seizoensopslag



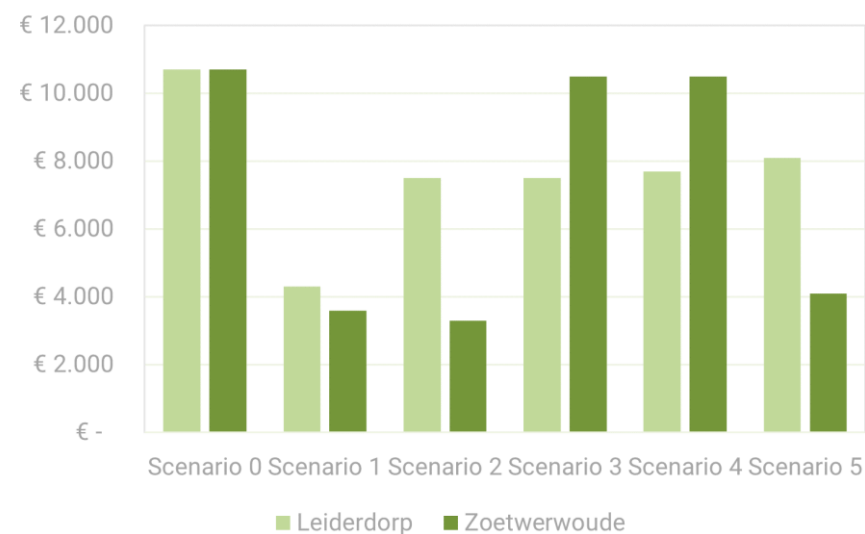
Figuur 38 Cumulatieve kosten over 30 jaar scenario's zonder seizoensopslag

Resultaten clusteranalyse



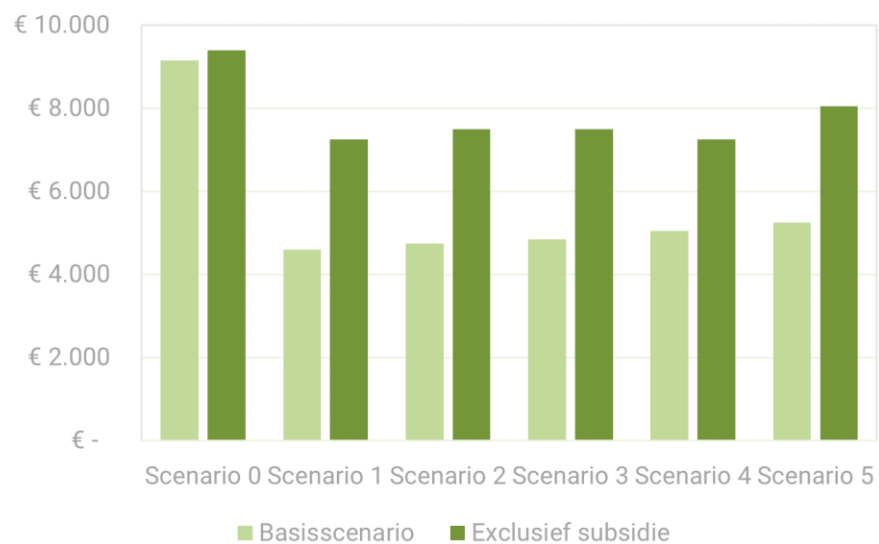
Figuur 39 Impact transporttarief van loskoppelen noordelijke en zuidelijke clusters binnen ORES

Een zuidelijke verbinding is zinvol voor Leiderdorp en Zoeterwoude



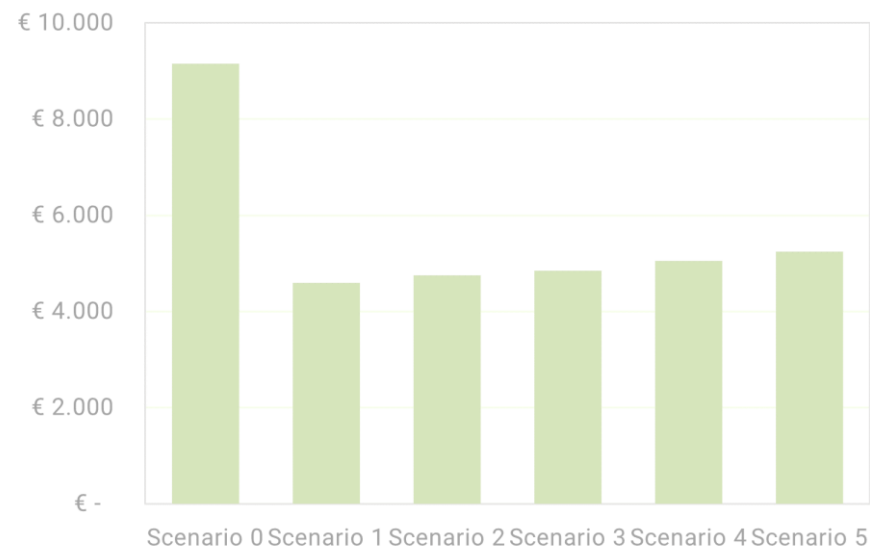
Figuur 40 De ORT per scenario per WEQ voor de warmtevraagclusters Leiderdorp en Zoeterwoude. Dit laat zien dat de scenario's met een verbinding leiden tot de laagste ORT

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



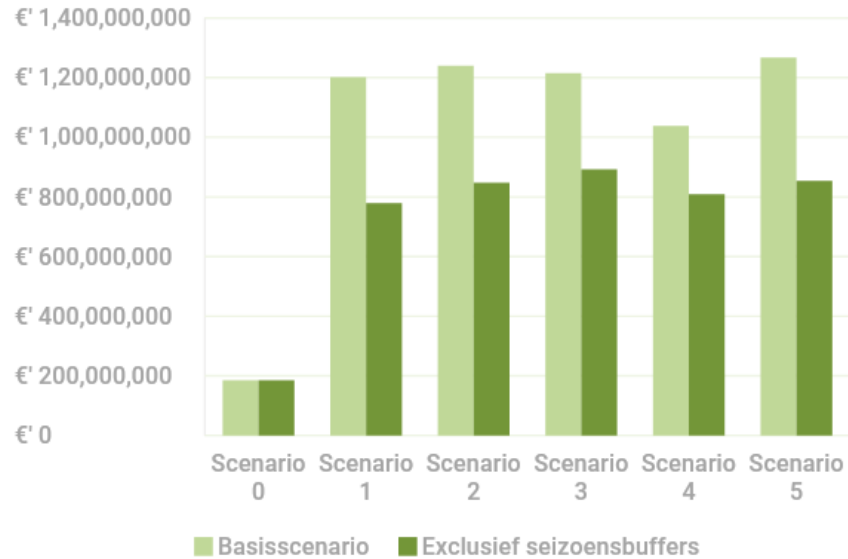
Figuur 41 Impact weglaten van SDE++

Gemiddelde onrendabele top per woningequivalent per scenario



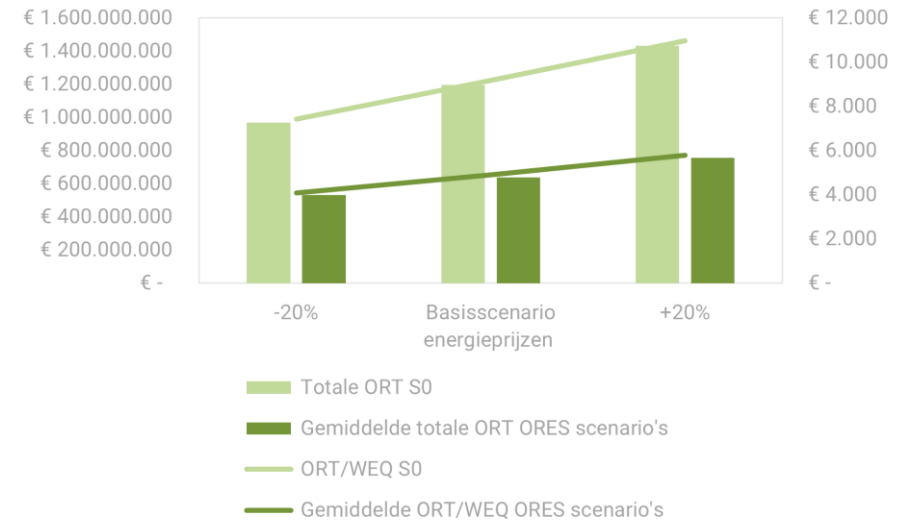
Figuur 42 Gemiddelde onrendabele top per woningequivalent per scenario

Impact weghalen seizoensbuffers op benodigde subsidie



Figuur 43 Impact weghalen seizoensbuffers op benodigde subsidie

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



Figuur 44 Referentiescenario is gevoeliger voor ontwikkeling van energieprijzen

		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
Zoeterwoude	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 45 ORT/WEQ per cluster