

Herijking warmteoplossing Schalkwijk

Haarlem



Datum: 23 maart 2022

Projectnummer: 3214

Status: Definitief

Auteur(s): Sven Korpershoek, Mélanie Hooftman, Robbert van Rijswijk en Ronald Schilt

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	3
Conclusies en aanbevelingen.....	7
1 Inleiding.....	9
2 Uitgangspunten.....	10
2.1 Proces herijkingsonderzoek.....	10
2.2 Randvoorwaarden en beoordelingscriteria alternatieve warmteoplossingen	10
3 Omschrijving routes en varianten	11
3.1 Huidige oplossing	11
3.2 Centrale route	14
3.3 Decentrale route	16
3.4 Lokale route	18
4 Uitwerking per beoordelingscriterium	20
5 Beschouwing per stakeholder.....	28
5.1 Gemeente	28
5.2 Woningcorporaties	28
5.3 Firan en EQUANS	28
Bijlage 1 – Resultaten inventarisatiefase.....	30
Bijlage 2 – Onderbouwing CO2-berekening.....	31
Bijlage 3 – Uitgangspunten financiële analyse.....	35

Managementsamenvatting

Gemeente Haarlem is samen met de woningcorporaties Ymere, Pré Wonen en Elan Wonen, warmtenetwerkbedrijf HWN (samenwerking tussen gemeente en Firan) en warmteleverancier EQUANS bezig een plan te ontwikkelen om (in eerste instantie) circa 5.200 corporatiewoningen in Schalkwijk aardgasvrij te maken. Hierbij wordt beoogd om restwarmte uit het datacenter CyrusOne door warmtepompen op een centrale productielocatie bij de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) van het Hoogheemraadschap van Rijnland op te waarden, waarna de opgewaardeerde warmte middels een warmtenet aan de woningen wordt geleverd. Bij het naderen van de besluitvorming is de vraag gerezen of de beoogde warmteoplossing nog steeds de juiste oplossing is en is behoefte ontstaan voor een herijking. In dit onderzoek zijn dan ook de technische, financiële en organisatorische consequenties inzichtelijk gemaakt van verschillende warmteoplossingen voor Schalkwijk op basis waarvan de projectpartners een onderbouwd besluit kunnen nemen over de vervolgstappen om Schalkwijk aardgasvrij te maken.

Randvoorwaarden en beoordelingscriteria

Tijdens het proces zijn er in overleg met de projectpartners randvoorwaarden geformuleerd waar de warmteoplossingen aan moeten voldoen:

- 1) **Integraal en schaalbaar:** de warmteoplossing dient alle beoogde corporatiewoningen in Schalkwijk te bedienen en is uitbreidbaar naar meerdere woningen/gebieden.
- 2) **Comfortabel:** de warmteoplossing dient warmte met voldoende hoge temperaturen te kunnen voorzien om alle woningen (ook de minder goed geïsoleerde) te allen tijde comfortabel te kunnen verwarmen.
- 3) **Betrouwbaar:** de warmteoplossing moet gedurende 30 jaar gegarandeerd warmte kunnen leveren.

Voor het beoordelen van de warmteoplossingen zijn de volgende beoordelingscriteria vastgesteld:

Beoordelingscriteria	Definities
Betaalbaarheid	De investeringskosten en onrendabele top van de warmteoplossing in euro's
Duurzaamheid	De CO ₂ -uitstoot van de aan warmteoplossing, uitgedrukt in kg CO ₂ /GJ
Schaalbaarheid	De mate waarin de warmteoplossing schaalbaar is voor meerdere woningen in Schalkwijk of daarbuiten (buiten circa 5.200 corporatiewoningen)
Realiteitszin en uitvoerbaarheid	De mate waarin de warmteoplossing in praktijk realistisch en uitvoerbaar is, wat betreft beschikbaarheid van de bron, ruimtegebruik, technische en organisatorische inpassing
Flexibiliteit en toekomstbestendigheid	De mate waarin de warmteoplossing mogelijkheden biedt voor inpassing van alternatieve warmtebronnen en de mate waarin de warmteoplossing gevoelig is voor wijzigingen in aan te sluiten woningaantallen en volloopsnelheid

Routes en varianten

Aan de hand van de randvoorwaarden en de mogelijke warmtebronnen in het gebied zijn een drietal routes, met daarbinnen meerdere warmteoplossingen, geïdentificeerd om Schalkwijk aardgasvrij te maken.

1. **Centraal:** centraal warmtenet gevoed door één centrale productielocatie buiten de wijk met als bron:
 - A. Restwarmte uit het datacentrum en opwaardering middels warmtepompen
 - B. Geothermie
 - C. Warmte/koudesopslag (WKO) i.c.m. warmte uit oppervlaktewater (TEO) en opwaardering middels warmtepompen
2. **Decentraal:** meerdere kleine warmtenetten, gevoed door meerdere decentrale productielocaties binnen de wijk met als bron:
 - A. Restwarmte uit het datacentrum en opwaardering middels warmtepompen
 - B. Warmte/koudesopslag (WKO) i.c.m. warmte uit oppervlaktewater (TEO) en opwaardering middels warmtepompen
3. **Lokaal:** een warmtepomp per gebouw of cluster van enkele gebouwen met als bron:
 - A. Warmte/koudesopslag (WKO) en opwaardering middels warmtepompen

In de tabel op de volgende pagina's worden deze verschillende routes met warmteoplossingen samengevat aan de hand van de vastgestelde beoordelingscriteria.

Warmte-oplossingen Beoordelingscriteria		Centraal			Decentraal		Lokaal
		MT/(HT)-warmtenet met restwarmte uit het datacentrum als bron en warmtepompen op centrale productielocatie*	MT-warmtenet met geothermie als bron op centrale productielocatie	MT-warmtenet met WKO en TEO als bron en warmtepompen op centrale productielocatie	MT-warmtenet met restwarmte uit het datacentrum als bron en warmtepompen op decentrale productielocatie	MT-warmtenet met WKO i.c.m. lucht en TEO als bron en warmtepompen op decentrale productielocatie	ZLT-bronnet met WKO als bron en warmtepompen op lokale productielocatie
	Realiteitszin en uitvoerbaarheid <i>Beschikbaarheid bron</i>	Beschikbaarheid van Cyrus One op korte termijn nog onzeker i.v.m. ontbreken concrete afspraken. Levering van restwarmte loopt af na 15 jaar, daarna onzeker i.v.m. technologische ontwikkelingen.	Beschikbaarheid van geothermie op korte termijn niet realistisch, op lange termijn (2028-2030) mogelijke wel.	Beschikbaarheid TEO en WKO kansrijk	Beschikbaarheid van Cyrus One op korte termijn nog onzeker i.v.m. ontbreken concrete afspraken. Levering van restwarmte loopt af na 15 jaar, daarna onzeker i.v.m. technologische ontwikkelingen.	Beschikbaarheid TEO en WKO kansrijk	Beschikbaarheid WKO kansrijk
	<i>Ruimtegebruik</i>	- <u>Bovengronds ruimtegebruik:</u> uitkoppeling bij Cyrus One, warmteproductie op centrale productielocatie - <u>Ondergronds ruimtegebruik:</u> warmteleidingen binnen en buiten de wijk	- <u>Bovengronds ruimtegebruik:</u> warmteproductie op centrale productielocatie - <u>Ondergronds ruimtegebruik:</u> geothermiebron op centrale productielocatie, warmteleidingen binnen en buiten de wijk	- <u>Bovengronds ruimtegebruik:</u> warmteproductie op centrale productielocatie - <u>Ondergronds ruimtegebruik:</u> WKO i.c.m. TEO op centrale productielocatie, warmteleidingen binnen en buiten de wijk	- <u>Bovengronds ruimtegebruik:</u> uitkoppeling bij Cyrus One, 4-5 warmteproductie locaties in de wijk - <u>Ondergronds ruimtegebruik:</u> warmteleidingen binnen en buiten de wijk	- <u>Bovengronds ruimtegebruik:</u> 4-5 warmteproductie locaties in de wijk - <u>Ondergronds ruimtegebruik:</u> WKO i.c.m. TEO en warmteleidingen binnen de wijk	- <u>Bovengronds ruimtegebruik:</u> 15-25 warmteproductie locaties in de wijk - <u>Ondergronds ruimtegebruik:</u> WKO en warmteleidingen binnen de wijk

	<i>Technische inpassing</i>	- Voldoende warmtevermogen aanwezig - Relatief beperkte impact op elektriciteitsnet door eigen MS-aansluiting	- Voldoende warmtevermogen nog onzeker - Weinig beperkte impact op elektriciteitsnet door ontbreken warmtepompen	- Naar verwachting voldoende warmtevermogen aanwezig - Relatief beperkte impact op elektriciteitsnet door eigen MS-aansluiting - Locatie in- en uitlaatpunten TEO vraagt nadere uitwerking	- Voldoende warmtevermogen aanwezig - Redelijke impact op elektriciteitsnet door meerdere eigen MS-aansluitingen	- Naar verwachting voldoende warmtevermogen aanwezig - Redelijke impact op elektriciteitsnet door meerdere eigen MS-aansluitingen - Locatie in- en uitlaatpunten TEO vraagt nadere uitwerking	- Voldoende warmtevermogen aanwezig - Grote impact op elektriciteitsnet door aansluitingen op bestaande LS-net
	<i>Organisatorische complexiteit</i>	- Afstemming met meeste partijen - Grootste kans op vertragingen	- Afstemming met meerdere partijen vereist - Kans op vertragingen	- Afstemming met meerdere partijen vereist - Kans op vertragingen	- Afstemming met meeste partijen - Kans op vertragingen	- Afstemming met meerdere partijen - Minder kans op vertragingen	- Afstemming met minste partijen - Minste kans op vertragingen
	Schaalbaarheid	Goed schaalbaar richting andere woningen/gebieden	Goed schaalbaar richting andere woningen/gebieden	Goed schaalbaar richting andere woningen/gebieden	Goed schaalbaar richting andere woningen/gebieden, mits juiste clustering	Goed schaalbaar richting andere woningen/gebieden, mits juiste clustering	- Schaalbaarheid laag - Kans op 'cherry picking'
	Flexibiliteit en toekomstbestendigheid <i>Mogelijkheid alternatieve warmtebronnen</i>	- Kwetsbaar voor onvoorziene omstandigheden vanwege 1 bron - Weinig alternatieve duurzame bron beschikbaar op korte termijn	- Kwetsbaar voor onvoorziene omstandigheden vanwege 1 bron - Weinig alternatieve duurzame bron beschikbaar op korte termijn	- Minder kwetsbaar voor onvoorziene omstandigheden vanwege meerdere bronnen - Weinig alternatieve duurzame bron beschikbaar op korte termijn	- Kwetsbaar voor onvoorziene omstandigheden vanwege 1 bron - Meerdere alternatieve duurzame bronnen beschikbaar op korte termijn	- Minder kwetsbaar voor onvoorziene omstandigheden vanwege meerdere bronnen - Meerdere alternatieve duurzame bronnen beschikbaar op korte termijn	- Minder kwetsbaar voor onvoorziene omstandigheden vanwege meerdere bronnen - Meerdere alternatieve duurzame bronnen beschikbaar op korte termijn

	<i>Gevoeligheid voor woningaantallen en volloopsnelheid</i>	Niet flexibel, zeer gevoelig voor wijzigingen in woningaantallen en volloopsnelheid	Niet flexibel, zeer gevoelig voor wijzigingen in woningaantallen en volloopsnelheid	Niet flexibel, zeer gevoelig voor wijzigingen in woningaantallen en volloopsnelheid	Flexibeler, minder gevoelig voor wijzigingen in woningaantallen en volloopsnelheid	Flexibeler, minder gevoelig voor wijzigingen in woningaantallen en volloopsnelheid	Meest flexibel, niet of zeer beperkt gevoelig voor wijzigingen in woningaantallen en volloopsnelheid
	Duurzaamheid	21,2 tot 46,2 kg CO ₂ /GJ	18,5 tot 21,1 kg CO ₂ /GJ	21,4 tot 45,4 kg CO ₂ /GJ	19,7 tot 38,7 kg CO ₂ /GJ	19,7 tot 38,8 kg CO ₂ /GJ	19,7 tot 38,7 kg CO ₂ /GJ
€	Betaalbaarheid <i>Investeringskosten</i>	12.000 €/woning	11.700 €/woning	11.300 €/woning	13.500 €/woning	12.000 €/woning	11.800 €/woning
	<i>Projectrendement (IRR)</i>	3,3%*	4,2%	1,5%	3,3%	4,0%	5,1%
	<i>Onrendabele top (bij IRR van 4% en 8%)</i>	€3.600.000 tot €15.000.000**	€900.000 tot €13.000.000	€9.500.000 tot €16.000.000	€2.600.000 tot €12.000.000	€200.000 tot €11.000.000	-€4.500.000 (rendabel) tot €7.000.000

* Uitgaand van piekkelers op gebouwniveau, anders IRR van 2,4%

** Uitgaande van piekkelers op gebouwniveau, anders onrendabele top van € 8.100.000 tot € 18.000.000

Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

Op basis van dit onderzoek kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- 1) De **centrale route** heeft als groot voordeel dat het ruimtegebruik in Schalkwijk beperkt is, de impact op het elektriciteitsnet naar verwachting het kleinst is en de warmteoplossingen goed schaalbaar zijn voor andere woningen binnen, en gebieden aanpalend aan, Schalkwijk. Daarentegen is deze route relatief kwetsbaar vanwege de onzekerheden die er nog zijn omtrent de huidige warmtebronnen en de weinig kansrijke alternatieve bronnen op de korte termijn, is het weinig flexibel vanwege de hoge gevoeligheid voor wijzigingen in woningaantallen en volloopsnelheid op de businesscase en is de onrendabele top relatief hoog.
- 2) De **decentrale route**, en dan met name een variant met WKO als warmtebron, heeft als groot voordeel dat deze minder kwetsbaar is vanwege de inzetbaarheid van meerdere potentiële warmtebronnen nu en in de toekomst, het flexibeler is vanwege de minder hoge gevoeligheid voor wijzigingen in woningaantallen en volloopsnelheid op de businesscase en de onrendabele top aanzienlijk lager lijkt te liggen dan de centrale route. Belangrijkste aandachtspunt bij deze route is echter wel dat de ruimtelijke inpassing in Schalkwijk regie en afstemming behoeft en dat bij netbeheerder Liander nog moet worden nagegaan of deze route niet leidt tot grote vertragingen als gevolg van het moeten aanpassen van het huidige elektriciteitsnet.
- 3) De **lokale route** heeft eveneens als groot voordeel dat deze minder kwetsbaar is vanwege de inzetbaarheid van meerdere warmtebronnen nu en in de toekomst. Bovendien is deze route maximaal flexibel en lijkt de onrendabele top aanzienlijk lager te liggen dan de centrale route. Groot nadeel is echter de ruimtelijke en technische inpassing in Schalkwijk en, met name, het feit dat de schaalbaarheid van deze route laag is en er gerede kans bestaat dat op 'cherry picking' waardoor meer technisch uitdagende woningen overgeslagen worden en niet meegenomen worden in de warmtetransitie.
- 4) Vanuit het oogpunt van duurzaamheid brengt de centrale route met geothermie de laagste CO₂-uitstoot met zich mee. De andere varianten zijn (zeker op termijn) vergelijkbaar.
- 5) De investeringskosten per woning liggen bij alle varianten in dezelfde orde van grootte.
- 6) Ongeacht de route en warmteoplossing, zijn er ons inziens substantiële voordelen te behalen door het realiseren van een (tijdelijke) piekvoorziening op gebouwniveau, in plaats van op de (de)centrale productielocatie. Dit leidt tot lagere distributieverliezen, lagere CO₂-uitstoot en minder kans op comfortklachten in de woningen. Ook de onrendabele top lijkt aanzienlijk lager uit te vallen.

Aanbevelingen

En op basis van dit onderzoek wordt aanbevolen om:

- 1) Niet te kiezen voor de lokale route vanwege de zeer beperkte schaalbaarheid, in de zin dat het niet realistisch is te veronderstellen dat hiermee binnen afzienbare tijd alle woningen in Schalkwijk aardgasvrij worden gemaakt en zodoende de warmtetransitie binnen de gemeente Haarlem wordt versneld.
- 2) Te kiezen voor de **decentrale route (op basis van een variant met WKO)** indien de benodigde aanpassingen aan huidige elektriciteitsnet niet leidt tot onacceptabele vertragingen en de bovengrondse voorzieningen ruimtelijk kunnen worden ingepast in de wijk. Dit vanwege de grotere flexibiliteit ten aanzien van de inzetbaarheid van meerdere warmtebronnen nu en in de toekomst, de lagere gevoeligheid van wijzigingen in woningaantallen en volloopsnelheid op de businesscase, de lagere onrendabele top en er naar verwachting sneller gestart kan worden dan de centrale route.
- 3) Te kiezen voor de centrale route indien de gevolgen van het moeten aanpassen van het huidige elektriciteitsnet en/of de ruimtelijke inpassing van bovengrondse voorzieningen in Schalkwijk tot onacceptabele problemen dan wel vertragingen leidt.
- 4) De volgende vervolgstappen te nemen:
 1. Uitvoeren quickscan Liander om de consequenties van de verschillende routes op het elektriciteitsnet inzichtelijk te maken.
 2. Indien hier geen onacceptabele vertragingen/problemen naar voren komen voor de decentrale route, opstellen van een 'masterplan Schalkwijk' met daarin o.a.:
 - o Duidelijke clustering en fasering

- Wijze waarop woningen in particulier eigendom en VvE's worden meegenomen
 - Ruimtelijke inpassing van bovengrondse en ondergronds inpassing voorzieningen
 - Overzicht mogelijkheden voor koppelen decentrale warmtenetten tot (semi-)centraal warmtenet
 - Eventuele rolverdeling projectpartners
3. Op basis van 'masterplan' samenwerkingsovereenkomst herzien
 4. Starten met eerste cluster
 5. Opgedane ervaringen en inzichten meenemen in tweede cluster
 6. Herhaling voor overige clusters
 7. Eventueel koppelen decentrale warmtenetten tot (semi-)centraal warmtenet

1 Inleiding

Gemeente Haarlem wil graag voor 2040 aardgasvrij zijn. Eén van de eerste projecten om deze doelstelling te realiseren is het ontwikkelen van een gasloze warmteoplossing voor in eerste instantie circa 5.200 corporatiewoningen in het stadsdeel Schalkwijk (met in totaal 12.000 woningen). De gemeente werkt aan deze warmteoplossing voor zowel ruimteverwarming als warmtapwater samen met haar partners; de woningcorporaties Ymere, Pré Wonen en Elan Wonen, met warmtenetwerkbedrijf HWN i.o. (waarin de gemeente samen met Firan zal participeren) en met EQUANS. Op dit moment worden de woningen voorzien van warmte door collectieve dan wel individuele gasgestookte ketelinstallaties. De meeste woningen dateren uit de jaren zestig en zeventig, hebben uiteenlopende energielabels en zijn over het algemeen (nog) matig geïsoleerd en hebben (veelal) verouderde binneninstallaties.

De afgelopen jaren hebben de projectpartners gewerkt aan een oplossing op basis van een collectief open warmtenet voor (op termijn) het gehele stadsdeel Schalkwijk. Hierbij wordt restwarmte uit het datacenter CyrusOne (gelegen op 4,5 km van Schalkwijk) benut en middels meerdere industriële elektrische warmtepompen, en een gasgestookte ketelinstallatie als piek- en back-upvoorziening, op een centrale productielocatie opgewaardeerd waarna het door middel van een warmtenet wordt getransporteerd naar de woongebouwen. In de woongebouwen wordt de warmte afgeleverd via collectieve afleverstations of individuele afleversets, afhankelijk van de huidige situatie en de wensen van de woningcorporatie.

Bij het naderen van de besluitvorming over het warmtenet hadden de partners behoefte aan een herijking van de beoogde warmteoplossing en een antwoord op de vraag: wat zijn reële mogelijkheden om voor deze specifieke 5.200 woningen een aardgasvrije warmteoplossing te realiseren en is de huidige oplossing inderdaad de juiste keuze?

Merosch heeft middels een herijkingsonderzoek de technische, financiële en organisatorische consequenties inzichtelijk gemaakt van verschillende warmteoplossingen voor de wijk Schalkwijk. Op basis van dit onderzoek kunnen de betrokken projectpartners een onderbouwd besluit nemen over de vervolgstappen om Schalkwijk aardgasvrij te maken.

LEESWIJZER

Hoofdstuk 2 is een samenvatting van het proces, de randvoorwaarden en de beoordelingscriteria waarop de verschillende warmteoplossingen zijn vergeleken. Hoofdstuk 3 geeft een omschrijving van verschillende routes met bijbehorende warmteoplossingen om Schalkwijk aardgasvrij te maken. Vervolgens zijn in hoofdstuk 4 de verschillende routes en warmteoplossingen aan de hand van de beoordelingscriteria uitgewerkt en is in hoofdstuk 5 tot slot een beschouwing gehouden over de rol van de verschillende projectpartners.

2 Uitgangspunten

2.1 Proces herijkingsonderzoek

Tijdens het herijkingsonderzoek zijn de volgende processtappen doorlopen:

- Inventarisatiefase:
 - Vaststellen technische, financiële en organisatorische uitgangspunten op basis van bestaande onderzoeken, stakeholdergesprekken, ervaringsgetallen en expertise
 - Goedkeuring fasedocument
- Analysefase:
 - Herzien warmteoplossingen en beoordelingscriteria
 - Definieren drie routes warmteoplossingen: centraal, decentraal en lokaal
 - Kwalitatieve analyse: belangrijkste verschillen, voor- en nadelen
 - Kwantitatieve analyse: energiegebruik, CO₂ uitstoot en kosten
 - Multi-criteria analyse
 - Beschouwing vanuit perspectief verschillende projectpartners

2.2 Randvoorwaarden en beoordelingscriteria alternatieve warmteoplossingen

In de uitvraag voor dit onderzoek zijn er een aantal mogelijke warmteoplossingen voor Schalkwijk aangedragen, zodat deze onderling kunnen worden vergeleken. Na de inventarisatiefase zijn deze warmteoplossingen herzien en opnieuw gedefinieerd aan de hand van opgedane inzichten in de inventarisatiefase. Met name de randvoorwaarden, die in de inventarisatiefase naar aanleiding van stakeholdergesprekken en aangeleverde documentatie zijn opgesteld, zijn leidend geweest bij de selectie van warmteoplossingen. In bijlage 1 worden de resultaten uit de inventarisatiefase weergegeven. De randvoorwaarden aan de te onderzoeken warmteoplossingen zijn als volgt gedefinieerd:

- **Integraliteit en schaalbaarheid:** De warmteoplossing bedient alle circa 5.200 corporatiewoningen (conform aansluitlijst 7 december 2021) en is uitbreidbaar naar meerdere woningen/gebieden.
- **Comfort:** De warmteoplossing moet de woningen voorzien van voldoende warmte. Dat wil zeggen dat de warmteoplossing geschikt moet zijn voor een temperatuurtraject van (op termijn) 70/40°C. Zolang de woningen hier niet op voorbereid zijn, is het uitgangspunt dat de warmteoplossing tijdelijk een hogere aanvoertemperatuur kan leveren bij lage buitentemperaturen.
- **Betrouwbaarheid:** De warmteoplossing moet gedurende 30 jaar gegarandeerd warmte kunnen leveren. Dat wil zeggen dat de warmteoplossing robuust en redundant wordt uitgevoerd.

De beoordelingscriteria voor de verschillende warmteoplossing worden weergegeven in tabel 1.

Tabel 1 - Beoordelingscriteria warmteoplossingen

Beoordelingscriteria	Definities	Analysemethode
Betaalbaarheid	De investeringskosten en onrendabele top van de warmteoplossing in euro's	Kwantitatief (businesscase)
Duurzaamheid	De CO ₂ -uitstoot van de aan warmteoplossing, uitgedrukt in kg CO ₂ /GJ	Kwantitatief (CO ₂ -berekening)
Schaalbaarheid	De mate waarin de warmteoplossing schaalbaar is voor meerdere woningen in Schalkwijk of daarbuiten (buiten de 5.200 corporatiewoningen)	Kwalitatief
Realiteitszin en uitvoerbaarheid	De mate waarin de warmteoplossing in praktijk realistisch en uitvoerbaar is, wat betreft beschikbaarheid van de bron, ruimtegebruik, technische en organisatorische inpassing	Kwalitatief
Flexibiliteit en toekomstbestendigheid	De mate waarin de warmteoplossing mogelijkheden biedt voor inpassing van alternatieve warmtebronnen en de mate waarin de warmteoplossing gevoelig is voor wijzigingen in aan te sluiten woningaantallen en volloopsnelheid	Kwalitatief

3 Omschrijving routes en varianten

Op hoofdlijnen zijn er voor Schalkwijk drie routes denkbaar, namelijk: een centrale route, een decentrale route en een lokale route.

De centrale route kenmerkt zich door de aanwezigheid van één centrale productielocatie, die zich net buiten Schalkwijk bevindt en verbonden is met een warmtenet in de wijk. In de centrale route wordt warmte vanuit één productielocatie geleverd aan alle woningen op de aansluitlijst (ca. 5.200). In de decentrale route wordt de wijk verdeeld in meerdere clusters (4 tot 5), met elk een eigen productielocatie in de wijk. Elke productielocatie is verbonden aan een op zichzelf staand kleiner warmtenet. De schaalgrootte van deze warmtenetten is met ca. 1.000 tot 1.500 woningen per cluster echter nog steeds aanzienlijk. De lokale route is in feite een verdergaande vorm van de decentrale route met nog kleinere clusters van woningen. In de lokale route wordt dan elk complex of cluster van complexen aangesloten op een eigen zeer kleinschalig warmtenet.

Binnen elk van deze routes zijn meerdere warmteoplossingen mogelijk. De routes en bijbehorende geselecteerde warmteoplossingen zijn als volgt gedefinieerd:

4. **Centraal:** een warmtenet gevoed door één centrale productielocatie buiten de wijk.
 - A. MT/(HT)-warmtenet met restwarmte uit het datacentrum als bron en opwaardering naar de gewenste temperatuur middels warmtepompen op de centrale productielocatie.
 - B. MT/(HT)-warmtenet met geothermie als bron op dezelfde centrale productielocatie.
 - C. MT/(HT)-warmtenet met warmte/koudesopslag (WKO) als bron en opwaardering naar de gewenste temperatuur middels warmtepompen op dezelfde centrale productielocatie, waarbij thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) gebruikt wordt voor regeneratie van de WKO-bronnen.
5. **Decentraal:** een warmtenet/meerdere kleine warmtenetten, gevoed door meerdere decentrale productielocaties binnen de wijk.
 - A. MT/(HT)-warmtenet met restwarmte uit het datacentrum als bron en opwaardering naar de gewenste temperatuur middels warmtepompen op meerdere decentrale productielocaties.
 - B. MT/(HT)-warmtenet met WKO aangevuld met lucht als bron en opwaardering naar de gewenste temperatuur middels warmtepompen op meerdere decentrale productielocaties, waarbij TEO gebruikt wordt voor regeneratie van de WKO-bronnen
6. **Lokaal:** een warmtepomp per gebouw of cluster van enkele gebouwen.
 - A. ZLT-bronnet met WKO als bron en opwaardering naar de gewenste temperatuur middels warmtepompen op gebouwniveau.

Onderstaand wordt allereerst de huidige oplossing beschreven inclusief mogelijke optimalisaties. Vervolgens worden de verschillende alternatieve warmteoplossingen nader uiteengezet.

3.1 Huidige oplossing

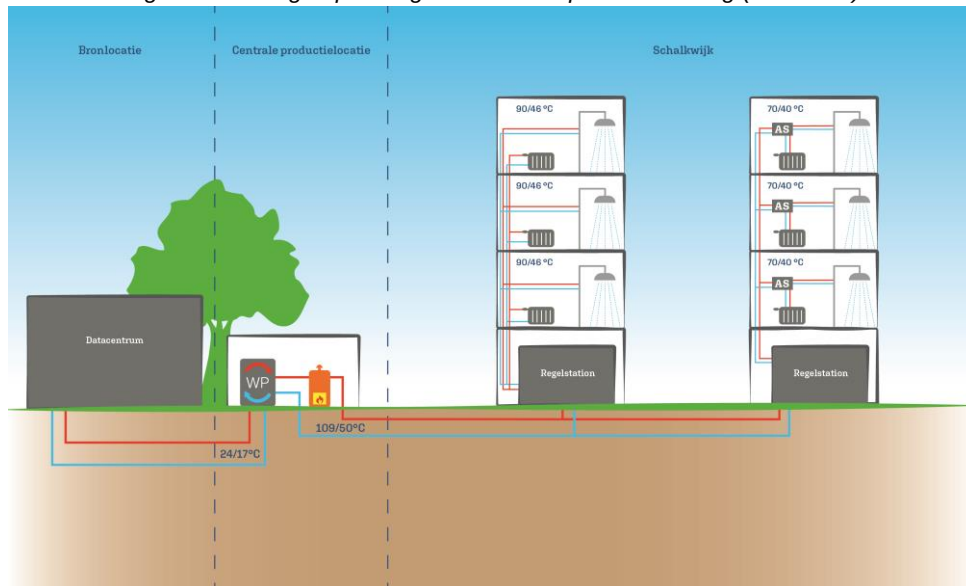
De huidige oplossing is een MT/(HT)-warmtenet met restwarmte uit het datacentrum als bron en centrale opwekking van de gewenste temperatuur buiten de wijk.

In deze variant wordt restwarmte van het datacentrum Cyrus One (C1) als primaire warmtebron gebruikt. Via een lange ZLT-leiding wordt warmte met een vermogen van maximaal 6 MW_{th} getransporteerd, welke wordt afgeleverd bij de centrale productielocatie met een temperatuurtraject van 24/17°C. De centrale productielocatie is gelegen op het terrein van de huidige rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) van het Hoogheemraadschap van Rijnland, ten noordoosten van Schalkwijk. Hoogheemraadschap van Rijnland heeft namelijk plannen om deze RWZI in de nabije toekomst af te breken en het terrein te verlaten. Op de centrale productielocatie wordt de warmte opgewaardeerd naar een temperatuur van maximaal 90°C middels water/water warmtepompen. Hiermee kan een temperatuurtraject van 70/40°C worden gerealiseerd in de woningen (secundaire zijde afleverset).

Aangezien nog niet alle woningen geschikt zijn voor een dergelijk temperatuurtraject, worden voor de piekperiode gasketels op de centrale productielocatie ingezet die bij lage buitentemperaturen aanvullend vermogen kunnen leveren en de temperatuur tijdelijk kunnen opwaarderen tot maximaal 109°C. Hiermee kan een temperatuurtraject van 90/46 °C worden gerealiseerd in de woningen (secundaire zijde afleverset), tot het moment dat de woningen geschikt zijn voor het uiteindelijk gewenste temperatuurtraject van 70/40°C.

Vanuit de centrale productielocatie wordt warmte middels een MT/(HT)-warmtenet door de wijk gedistribueerd. In de gebouwen wordt de warmte afgegeven aan individuele afleversets of een collectief afleverstation. Vanaf daar wordt de warmte voor zowel ruimteverwarming als warm tapwater verder gedistribueerd in de woningen. Deze variant leent zich niet voor de eventuele levering van koeling.

Figuur 1 - Huidige oplossing met centrale piekvoorziening (referentie)



Binnen de configuratie van de huidige oplossing zien wij twee mogelijke optimalisaties die de haalbaarheid van het project zouden kunnen doen verbeteren. Deze optimalisaties worden hieronder verder toegelicht.

Optimalisatie 1: Gasketels op gebouwniveau

In de huidige oplossing wordt het (tijdelijke) piekvermogen geleverd door gasketels die, net als de warmtepompen, staan opgesteld op de centrale productielocatie. Hierbij worden de gasketels gebruikt om temperaturen tot maximaal 109 °C te leveren aan het warmtenet, wat voor een deel van de woongebouwen tijdelijk nodig is om bij lage buitentemperaturen de woningen comfortabel te kunnen verwarmen. Hierbij kan bij een buitentemperatuur van -10 °C een aanvoertemperatuur van 90 °C in de woningen (secundaire zijde afleverset) worden gerealiseerd.

Bovengenoemde configuratie met piekketels op de centrale productielocatie heeft een aantal nadelen, waardoor een alternatieve bivalente opstelling met piekketels op gebouwniveau ons inziens de sterke voorkeur zou hebben. Hierbij wordt enkel de complexen die nog onvoldoende zijn voorbereid op een temperatuurtraject van 70/40°C door onvoldoende isolatie en/of een verouderd warmteafgiftesysteem, voorzien van een eigen (tijdelijke) gasketel die ter plekke zorgt voor de pieklevering van warmte bij lage buitentemperaturen. Hiermee wordt voorkomen dat complexen die al wel voorbereid zijn op het uiteindelijk gewenste temperatuurtraject warmte krijgen geleverd met een onnodig hoge aanvoertemperatuur.

Voor de toepasbaarheid van dit concept maakt het niet uit of de gebouwen in de bestaande situatie van warmte worden voorzien middels een collectieve gasketel of individueel 'verketeld' zijn. Bij de complexen die momenteel een collectieve gasketel hebben, zal het in sommige gevallen mogelijk zijn om de reeds aanwezige ketels hiervoor te gebruiken. Echter brengt dit wel de nodige aandachtspunten met zich mee (o.a. op gebied van regelbaarheid, dimensionering, hydraulische inpassing en resterende levensduur), waardoor het in de meeste gevallen logischer zal zijn om hier nieuwe gasketels voor aan te brengen die binnen de demarcatie van de warmteleverancier valt. Bij de complexen die momenteel voorzien zijn van individuele

ketels, kunnen nieuwe gasketels binnen de demarcatie van de warmteleverancier worden aangebracht ter plaatse van de centrale invoerruimte van het warmtenet. Gezien de kenmerken van de complexen in Schalkwijk, zullen 1 tot 2 kleine gasketels (met wandopstelling) in het overgrote deel van de complexen volstaan, waardoor de benodigde extra ruimte hiervoor ook zeer beperkt is (1 tot 2 m²).

De belangrijkste redenen voor een bivalente opstelling met piekketel op gebouwniveau zijn:

- **Een lager temperatuurtraject:** het warmtenet kan direct worden uitgelegd op de eindsituatie: een temperatuurtraject van 70/40°C (secundaire zijde afleverst) in de woningen. Daardoor opereert het warmtenet, vóór distributieverliezen en temperatuursprongen (ca. 20°C), op een maximaal temperatuurtraject van 90/50°C (t.o.v. 109/50°C in de huidige oplossing). Het warmtenet wordt zo niet uitgelegd op de zwakste schakel. Alleen bij complexen die (nog) niet geschikt zijn voor verwarming op 70/40°C (ca. 33%¹), vindt tijdelijke verhoging plaats naar 80/50°C.
- **Minder distributieverliezen:** door de lagere aanvoertemperatuur in het warmtenet en de temperatuur alleen te verhogen ter plaatse van de gebouwen waar dit nog tijdelijk nodig is, worden de distributieverliezen kleiner en wordt het gasgebruik verlaagd. Dit leidt tot een hogere duurzaamheid.
- **Lagere kosten:** doordat niet elk complex een piekketel nodig heeft, worden zowel investerings- als energiekosten lager vergeleken met een centrale piekvoorziening. Een piekketel op gebouwniveau heeft wel als consequentie dat de energiebelastingstafels in elk gebouw opnieuw doorlopen wordt. Een ander aandachtspunt is het al dan niet kunnen verkrijgen van SAH-subsidie. Een voorwaarde om hiervoor in aanmerking te komen is dat er sprake is van warmtelevering door een externe warmteleverancier en er geen gasaansluiting meer mag zijn in de woningen. Door de gasketels centraal in de invoerruimte van het warmtenet te plaatsen en deze binnen de demarcatie van de warmteleverancier te laten vallen, lijkt aan deze voorwaarden te worden voldaan. Dit vraagt nog wel nadere uitwerking/verkenning.
- **Beter stuurbaar qua comfort:** door te sturen op retourtemperatuur uit de woningen, is de aanvoertemperatuur naar de woningen beter regelbaar. Hierdoor is het ook mogelijk om met een lagere aanvoertemperatuur op gebouwniveau voldoende warmte te kunnen leveren waardoor het ook mogelijk wordt om zonder comfortverlies met dezelfde radiatoren te verwarmen (zie 'Optimalisatie 2: Lager temperatuurtraject afgiftesystemen')

Optimalisatie 2: Lager temperatuurtraject afgiftesystemen

Vanwege de constatering dat nog niet alle woningen gereed zijn voor ruimteverwarming op een temperatuurtraject van 70/40°C (secundaire zijde van de afleverst), wordt er in de huidige voorgestelde oplossing uitgegaan van een tijdelijk verhoogd temperatuurtraject van 90/46°C tijdens piekmomenten.

Dit temperatuurtraject zien we als groot risico voor bestaande afgiftesystemen om de volgende redenen:

- **Lastig inregelen:** een temperatuurtraject van 90/46 °C zorgt voor een delta T van 44°C over de radiatoren, waardoor de flow zeer laag wordt. Op bestaande radiatoren is de kans groot dat dit niet goed kan worden ingeregeld, wat kan leiden tot comfortklachten van bewoners.
- **Meermaals inregelen:** De delta T van 44°C (90/46°C) wijkt af van de delta T van 30°C (70/40°C) in de eindsituatie. Hierdoor moeten radiatoren twee keer opnieuw worden ingeregeld, eenmaal voor het temperatuurtraject 90/46 °C (tijdelijk) en eenmaal na verlaging naar 70/40°C (eindsituatie).

Om die reden zien wij grote voordelen voor een alternatief temperatuurtraject van 80/50°C voor de gebouwen waar dit nog tijdelijk nodig is. Dit temperatuurtraject kan goed wordt geleverd met de voorgestelde gasketels op gebouwniveau (zie 'Optimalisatie 2: Gasketels op gebouwniveau'). Hiermee kan een afgiftevermogen worden geleverd dat vergelijkbaar (-3%) is met dat van 90/46 °C en een dergelijk temperatuurtraject leidt doorgaans niet tot comfortproblemen in bestaande woningen. Doordat een temperatuurtraject van 80/50 °C eenzelfde delta T (30°C) heeft als 70/40°C, hoeven de radiatoren bovendien maar één keer ingeregeld te worden.

¹ Uitgaande van minimaal energielabel C voor ruimteverwarming op 70/40 °C

Aangezien bovenstaande optimalisaties gelden voor alle routes en varianten, hebben we beide als vertrekpunt gehanteerd voor het verdere onderzoek. De huidige voorgestelde oplossing is wel weergegeven ter referentie.

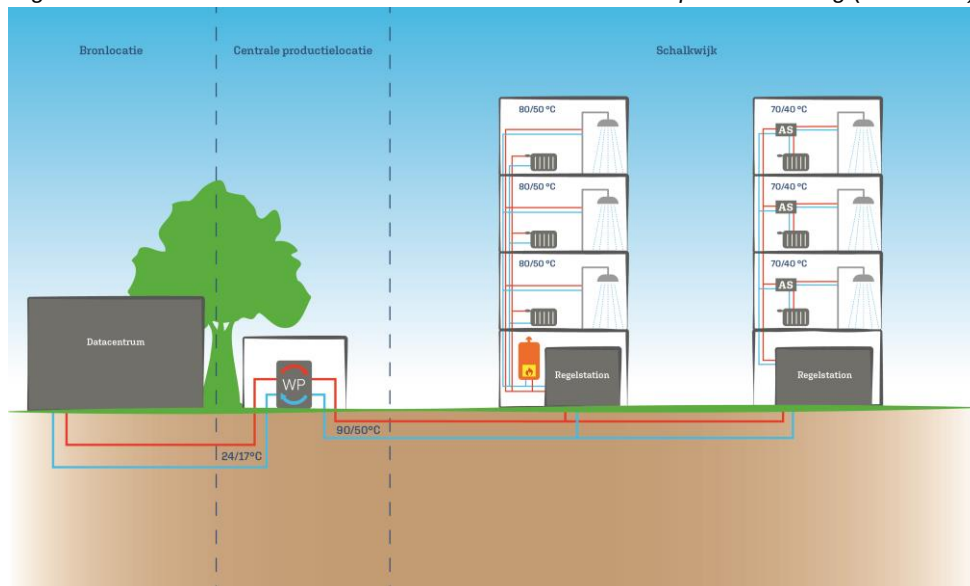
3.2 Centrale route

3.2.1 Variant 1A: MT/(HT)-warmtenet met restwarmte als bron

Deze variant is gedefinieerd als “MT/(HT)-warmtenet met restwarmte uit het datacentrum als bron en centrale opwekking van de gewenste temperatuur buiten de wijk”.

Deze variant is bijna identiek aan de huidige oplossing. De enige twee verschillen zijn de opstelling van de gasketel (bivalent op gebouwniveau i.p.v. op een centrale productielocatie) met onder andere als gevolg het lagere temperatuurtraject in zowel de woningen als het warmtenet. Deze twee verschillen zijn in voorgaande paragraaf reeds toegelicht.

Figuur 2 - Centraal warmtenet o.b.v. restwarmte en decentrale piekvoorziening (variant 1A)



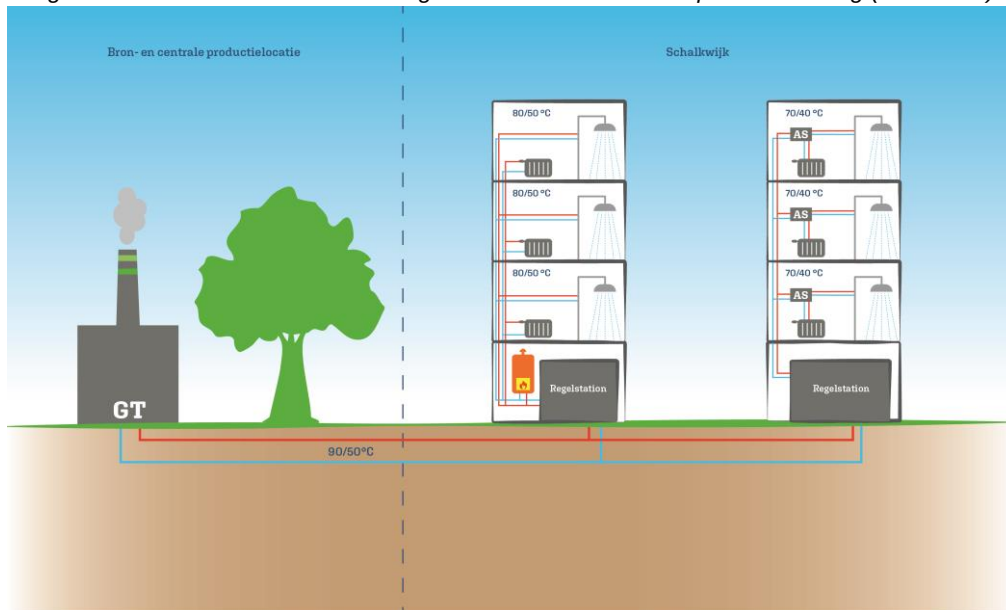
3.2.2 Variant 1B: MT/(HT)-warmtenet met geothermie als bron

Deze variant is gedefinieerd als “MT/(HT)-warmtenet met geothermie als bron op dezelfde centrale productielocatie als in de huidige oplossing”.

In deze variant wordt geothermie als primaire warmtebron gebruikt. Er wordt aangenomen de geothermiebron dezelfde locatie heeft als de productielocatie in de huidige oplossing, namelijk het terrein van de huidige RWZI. De gemeente heeft aangegeven hier potentie in te zien. Het verwachte bronpotentieel op deze locatie is 9-10 MW_{th} (P50), waarbij warmte ontkoppeld kan worden op een temperatuur van 88-95°C (P90). Ten behoeve van dit onderzoek wordt uitgegaan van een bronpotentieel van 9 MW_{th} op 90°C.

Vanuit de centrale warmteproductielocatie wordt warmte middels een warmtenet door de wijk gedistribueerd. Rekening houdende met verliezen en temperatuursprongen zal de warmte op ca. 70°C in de woningen kunnen worden geleverd. In de gebouwen wordt de warmte afgegeven aan individuele afleversets of een collectief afleverstation. Vanaf daar wordt de warmte voor zowel ruimteverwarming als warm tapwater verder gedistribueerd in de woningen. Eventueel kan per gebouw (tijdelijk) een piekkelstel worden geplaatst om het temperatuurtraject voor ruimteverwarming te verhogen van 70/40 °C naar 80/50°C. Ook deze variant leent zich niet voor de eventuele levering van koeling.

Figuur 3 - Centraal warmtenet o.b.v. geothermie en decentrale piekvoorziening (variant 1B)



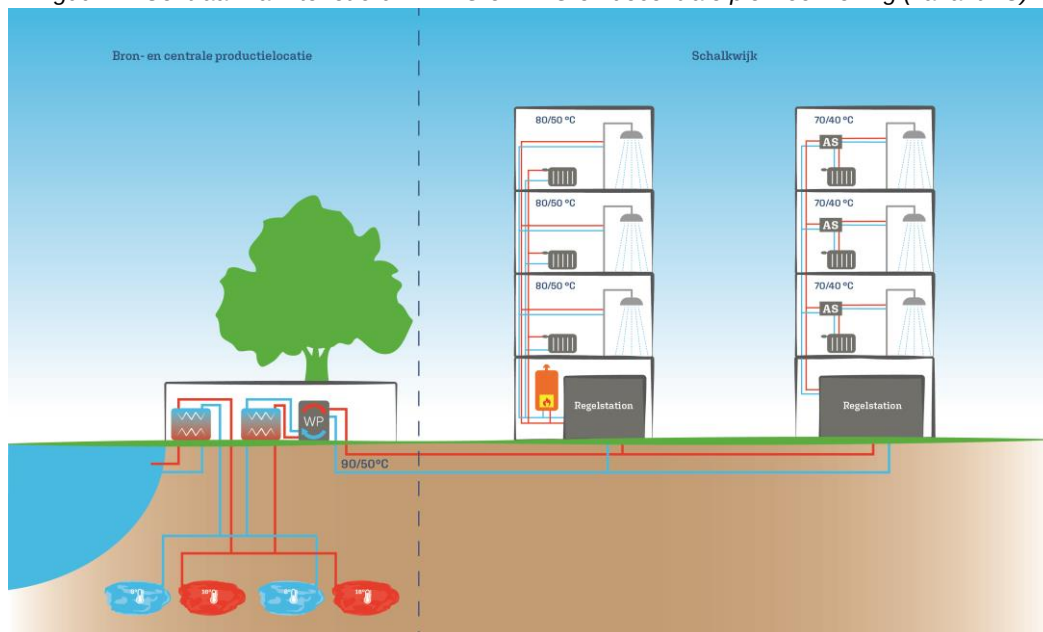
3.2.3 Variant 1C: MT/(HT)-warmtenet met WKO i.c.m. TEO als bron

Deze variant is gedefinieerd als “MT/(HT)-warmtenet met één centrale productielocatie met WKO als bron, waarbij TEO gebruikt wordt voor regeneratie van de WKO-bronnen”.

In deze variant leveren WKO-bronnen warmte (ca. 11 tot 16°C) aan een collectief net, dat verbonden is met een warmtepompcentrale. Ook voor deze variant wordt aangenomen dat de productielocatie hetzelfde is als in de huidige situatie, namelijk op het huidige RWZI-terrein. In de warmtepompcentrale wordt de warmte opgewaardeerd naar een temperatuur van maximaal 90°C middels water/water warmtepompen. Regeneratie van de WKO-bronnen gebeurt met thermische energie uit oppervlaktewater (TEO).

Vanuit de centrale warmteproductielocatie wordt warmte middels een warmtenet door de wijk gedistribueerd. Rekening houdende met verliezen en temperatuursprongen zal de warmte op ca. 70°C in de woningen kunnen worden geleverd. In de gebouwen wordt de warmte afgegeven aan individuele afleversets of een collectief afleverstation. Vanaf daar wordt de warmte voor zowel ruimteverwarming als warm tapwater verder gedistribueerd in de woningen. Eventueel kan per gebouw (tijdelijk) een piekkelde worden geplaatst om het temperatuurtraject voor ruimteverwarming te verhogen van 70/40°C naar 80/50°C. Met deze variant is koeling vanuit de WKO-bronnen eventueel mogelijk, maar dan zou hiervoor wel een apart koudenet moeten worden gerealiseerd vanaf de centrale productielocatie. Ook moet het afgiftesysteem in de woningen worden aangepast om koeling te kunnen leveren. Bestaande radiatoren zullen vervangen moeten worden door ventilatorconvectoren of vloerverwarming/-koeling.

Figuur 4 - Centraal warmtenet o.b.v. WKO en TEO en decentrale piekvoorziening (variant 1C)



3.3 Decentrale route

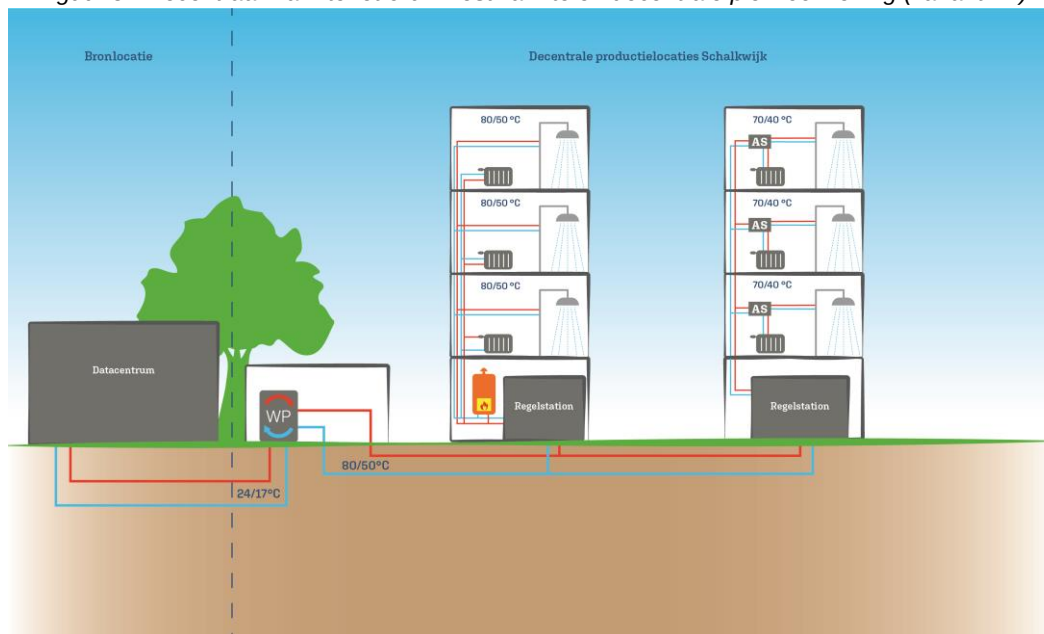
3.3.1 Variant 2A: MT/(HT)-warmtenet met restwarmte als bron

Deze variant is gedefinieerd als “MT/(HT)-warmtenet met restwarmte als bron en opwekking van de gewenste temperatuur op meerdere decentrale productielocaties”.

In deze variant wordt restwarmte van het datacentrum Cyrus One (C1) als primaire warmtebron gebruikt. Via een lange ZLT-leiding wordt warmte met een vermogen van maximaal 6 MW_{th} (max. vermogen leiding, bronzijdig meer vermogen beschikbaar) getransporteerd, welke wordt afgeleverd bij meerdere decentrale productielocaties in de wijk met een temperatuurtraject van 24/17°C. Op de decentrale productielocaties wordt de warmte opgewaardeerd naar een temperatuur van maximaal 80°C middels water/water warmtepompen.

Elke decentrale warmteproductielocatie is aangesloten op een afzonderlijk warmtenet dat warmte door (een deel van) de wijk distribueert. Het uitgangspunt is dat op elk warmtenet circa 1.000 tot 1.500 woningen zijn aangesloten. In totaal zijn er dus 4 tot 5 warmtenetten nodig om de circa 5.200 woningen in Schalkwijk van warmte te voorzien. Rekening houdende met verliezen en temperatuursprongen zal de warmte op ca. 70°C in de woningen kunnen worden geleverd. In de gebouwen wordt de warmte afgegeven aan individuele afleversets of een collectief afleverstation. Vanaf daar wordt de warmte voor zowel ruimteverwarming als warm tapwater verder gedistribueerd in de woningen. Eventueel kan per gebouw (tijdelijk) een piekkelstel worden geplaatst om het temperatuurtraject voor ruimteverwarming te verhogen van 70/40°C naar 80/50°C. Deze variant leent zich niet voor de eventuele levering van koeling.

Figuur 5 - Decentraal warmtenet o.b.v. restwarmte en decentrale piekvoorziening (variant 2A)



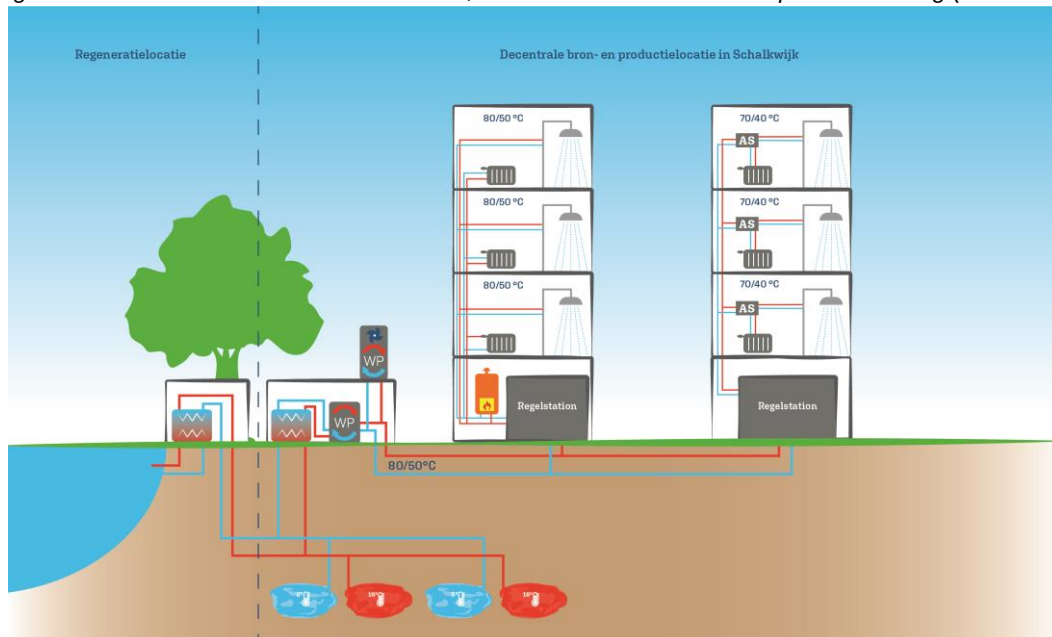
3.3.2 Variant 2B: MT/(HT)-warmtenet met WKO en lucht als bron i.c.m. TEO

Deze variant is gedefinieerd als “MT/(HT)-warmtenet met WKO en aangevuld met lucht als bron en opwekking van de gewenste temperatuur op meerdere decentrale productielocaties, waarbij TEO gebruikt wordt voor regeneratie van de WKO-bronnen”.

Deze variant bevat meerdere decentrale productielocaties, elk met een warmtepompinstallatie gevoed door enkele WKO-bronnen in combinatie met lucht. Daar wordt de warmte uit de WKO-bronnen en/of lucht opgewaardeerd naar een temperatuur van maximaal 80°C. Regeneratie van de WKO-bronnen gebeurt met thermische energie uit oppervlaktewater (TEO).

Elke decentrale warmteproductielocatie is aangesloten op een afzonderlijk warmtenet dat warmte door (een deel van) de wijk distribueert. Het uitgangspunt is dat op elk warmtenet circa 1.000 tot 1.500 woningen zijn aangesloten. In totaal zijn er dus 4 warmtenetten nodig om de circa 5.200 woningen in Schalkwijk van warmte te voorzien. Rekening houdende met verliezen en temperatuursprongen zal de warmte op ca. 70 °C in de woningen kunnen worden geleverd. In de gebouwen wordt de warmte afgegeven aan individuele afleversets of een collectief afleverstation. Eventueel kan per gebouw (tijdelijk) een piekkel worden geplaatst om het temperatuurtraject te verhogen van 70/40°C naar 80/50°C. Met deze variant is de levering van koeling vanuit de WKO-bronnen eventueel mogelijk door (een gedeelte van) de complexen direct aan te sluiten op de WKO-bronnen. Hiervoor is het wel voorwaardelijk dat het afgiftesysteem in de woningen wordt aangepast om koeling te kunnen leveren. Bestaande radiatoren zullen vervangen moeten worden door ventilatorconvectoren of vloerverwarming/-koeling.

Figuur 6 - Decentraal warmtenet o.b.v. WKO, lucht en TEO en decentrale piekvoorziening (variant 2B)



3.4 Lokale route

3.4.1 Variant 3C: ZLT-bronnet met WKO als bron en warmtepomp op gebouwniveau

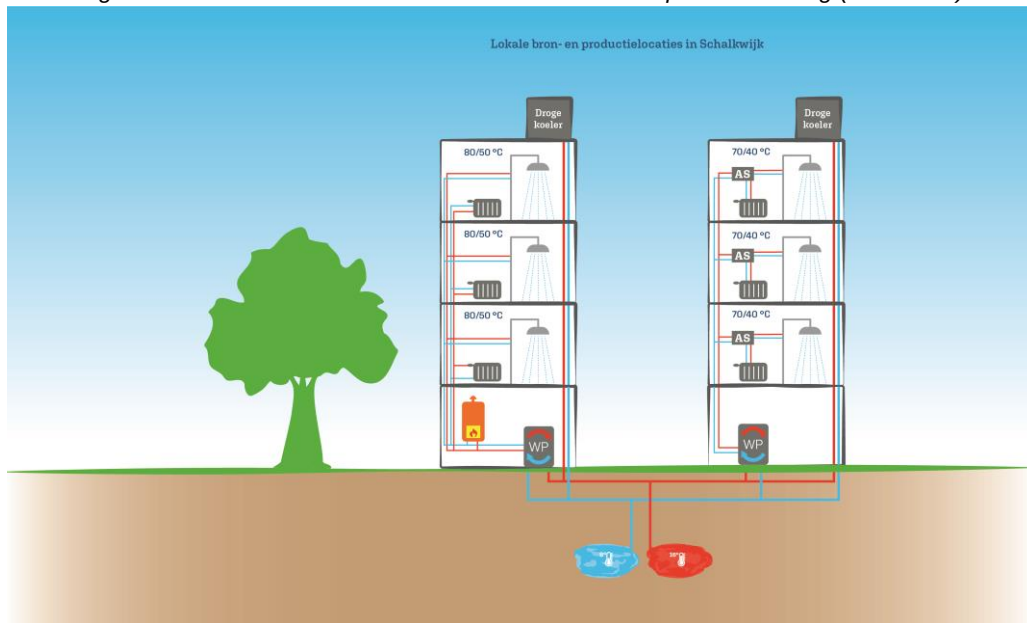
Deze variant is gedefinieerd als “ZLT-bronnet met WKO als bron en warmtepomp per gebouw of cluster van enkele gebouwen”.

Deze variant bevat meerdere lokale productielocaties, elk met een warmtepompinstallatie gevoed door enkele WKO-bronnen. Op de decentrale productielocaties wordt warmte opgewaardeerd naar een temperatuur van maximaal 75°C. Regeneratie van de WKO-bronnen gebeurt bijvoorbeeld met droge koelers.

Elke lokale warmteproductielocatie is aangesloten op een afzonderlijk kleinschalig warmtenet dat warmte levert per complex of cluster van complexen. Voor dit onderzoek is aangenomen dat elke lokale warmteproductielocatie circa 350 woningen bedient, ofwel 10 gemiddelde complexen in Schalkwijk. In totaal zijn er dan 15 warmtenetten nodig om de circa 5.200 woningen in Schalkwijk van warmte te kunnen voorzien.

Rekening houdende met verliezen en temperatuursprongen zal de warmte op ca. 70°C in de woningen kunnen worden geleverd. In de gebouwen wordt de warmte afgegeven aan individuele afleversets of een collectief afleverstation. Vanaf daar wordt de warmte voor zowel ruimteverwarming als warm tapwater verder gedistribueerd in de woningen. Eventueel kan per gebouw (tijdelijk) een piekkellet worden geplaatst om het temperatuurtraject voor ruimteverwarming te verhogen van 70/40°C naar 80/50°C. Met deze variant is de levering van koeling vanuit de WKO-bronnen eventueel mogelijk door (een gedeelte van) de complexen direct aan te sluiten op de WKO-bronnen. Ook hiervoor geldt dan wel dat bestaande radiatoren vervangen zullen moeten worden door ventilatorconvectoren of vloerverwarming/-koeling.

Figuur 7 - Lokaal warmtenet o.b.v. WKO en decentrale piekvoorziening (variant 3A)



4 Uitwerking per beoordelingscriterium

4.1.1 Realiteitszin en uitvoerbaarheid

Beschikbaarheid bron

Voor de warmteoplossingen die gebruik maken van restwarmte uit het datacentrum van Cyrus One (variant 1A en 2A), is bronzekerheid een belangrijk aandachtspunt. Een eerdere intentieovereenkomst voor een haalbaarheidsonderzoek, en de voorwaarde van de Dutch Datacenter Association (DDA), dat restwarmte uit datacentra beschikbaar moet worden gesteld, geven aan dat restwarmte een kansrijke bron kan zijn voor Schalkwijk. Echter zijn er nog geen concrete afspraken gemaakt ten aanzien van warmtelevering. De voortgang van gesprekken en het maken van afspraken op dit vlak, is cruciaal om beschikbaarheid van restwarmte als warmtebron te kunnen garanderen. Om deze reden wordt deze variant gezien als kwetsbaar als het gaat om beschikbaarheid van de bron op korte termijn.

De variant met geothermie (variant 1B) is met betrekking tot de beschikbaarheid van de bron ook een risico. De omgeving van Schalkwijk heeft potentie volgens het SCAN-onderzoek, uitgevoerd door TNO en EBN. Echter zal nader onderzoek moeten plaatsvinden om te onderzoeken of geothermie werkelijk haalbaar is, mede omdat diepe geothermie nog niet veel is toegepast in Nederland. Bij succesvolle resultaten zal geothermie op zijn vroegst in 2028-2030 een optie zijn. Daarmee komt de bron te laat beschikbaar om op korte termijn te starten met de uitrol van een warmtenet.

De varianten met WKO-bronnen (varianten 1C, 2B en 3A) hebben de hoogste bronzekerheid. WKO als bron is een veelvuldig bewezen techniek, de bodempotentie in Schalkwijk is goed en er zijn geen restricties of verbodsgebieden. Dit blijkt ook uit de WKO-installaties die eerder zijn gerealiseerd in de nabije omgeving van Schalkwijk. Ten aanzien van de regeneratievoorziening, die in de varianten 1C en 2B met thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) wordt voorzien, is voldoende potentie beschikbaar in omliggende wateren. TEO als regeneratievoorziening is nog niet op grote schaal toegepast waardoor de mate van uitvoerbaarheid nog wel enigszins onzeker is. Eventueel kan ook, al dan niet in combinatie met TEO, gebruik worden gemaakt van droge koelers of zonnecollectoren voor de regeneratie van WKO-bronnen. Al met al zijn er in de decentrale en lokale route veel verschillende bronnen beschikbaar (water, lucht, zon-thermisch, bodem, etc.), terwijl er in de centrale variant, naast de nu genoemde varianten, op dit moment geen alternatieve bronnen beschikbaar zijn die grootschalig kunnen worden ingezet.

Technische inpassing

De varianten met restwarmte als bron (variant 1A en variant 2A) zijn goed technisch inpasbaar. Vanuit het datacentrum kan ruim voldoende warmtevermogen worden ontkoppeld. Door de geplande uitbreidingen van het datacentrum zal het beschikbare vermogen de komende jaren alleen maar toenemen. De warmteoplossing met geothermie als bron (variant 1B) is op het gebied van technische inpassing nog relatief onzeker. Enerzijds lijkt het erop dat er voldoende vermogen beschikbaar is in de bodem, maar er zal nog wel moeten blijken of er geen thermische interferentie tussen bronnen plaatsvindt aan de hand van 3D-seismisch onderzoek. Daarnaast zal er ook een proefboring moeten worden gedaan, onder meer ten aanzien van de doorlaatbaarheid van de bodem.

Voor de varianten met WKO-bronnen (variant 1C, 2B en 3A) hangt het aantal benodigde WKO-doubletten af van de bodemcapaciteit in Schalkwijk. Tabel 2 toont het aantal benodigde WKO-doubletten per variant, uitgaande van een maximaal debiet van 100 m³/uur². Het aantal benodigde WKO-doubletten is relatief beperkt gezien de omvang van de wijk, waardoor er op dit vlak ook geen belemmeringen worden verwacht.

Tabel 2 - Benodigd aantal WKO-bronnen varianten

	Centrale variant 1C (5.200 woningen)	Decentrale variant 2B (1.300 woningen)	Lokale variant 3A (350 woningen)
Aantal opweklocaties	1	4	15
Aantal doubletten per opweklocatie	10	2	1

² Aanname op basis van referentieprojecten omgeving Schalkwijk

Voor de varianten waarin WKO-bronnen geregenereerd worden met TEO (variant 1C en 2B), is het van belang dat er voldoende warmte kan worden onttrokken uit het oppervlaktewater. De regeneratiebehoefte (onbalans) bedraagt afhankelijk van de variant, in totaal ca. 80.000 – 120.000 GJ/jaar. Een eerste scan heeft uitgewezen dat er verschillende locaties in en rondom Schalkwijk potentie hebben voor TEO. Deze locaties zijn de ringvaart, het Spaarne, de Meerwijckplas, de Molenplas en de Schouwbroekplas. Op basis van deze eerste scan bleek dat er ruim voldoende energetische potentie te zijn voor warmtewinning uit deze wateren. Inmiddels heeft het Hoogheemraadschap Rijnland informatie verstrekt over het passerend debiet bij het gemaal poelpolder-noord bij de RWZI. Hiermee kan een betere inschatting worden gemaakt van de potentie van aquathermie ter hoogte van de RWZI. Het opgegeven debiet bedraagt, afhankelijk van de inzet van gemalen maximaal 6 m³/s. In de zomer, wanneer regeneratie plaatsvindt, is dit debiet lager. Hoe droger de zomer, hoe minder de gemalen worden ingezet. In een niet zo droge zomer, bedraagt het passerend debiet 1-2 m³. Uitgaande van 1.600 vollasturen bedraagt de potentie uit TEO ter hoogte van de RWZI bij 1 m³/s ca. 120.000 GJ/jaar. Dit is voldoende voor de eerste 5.200 woningen. Met name voor de centrale route met TEO (variant 1C) is dit interessant, omdat productielocatie en regeneratielocatie bij elkaar liggen. Voor de decentrale variant (variant 2B) ligt het waarschijnlijk meer voor de hand om een aantal andere in- en uitnamepunten te hanteren. Bij het aansluiten van meer dan 5.200 woningen, zullen er ook meerdere in- en uitnamepunten moeten worden gerealiseerd. De verwachting is dat de eerder genoemde mogelijke TEO-locaties gezamenlijk meer dan genoeg warmte kunnen leveren voor heel Schalkwijk (ca. 12.000 woningen). Zoals eerder benoemd kan eventueel ook, al dan niet in combinatie met TEO, gebruik worden gemaakt van alternatieve regeneratievoorzieningen zoals droge koelers of zonnecollectoren. Dit zorgt voor een iets hoger elektriciteitsverbruik en CO₂-uitstoot, maar lagere investeringskosten.

Een ander belangrijk aspect is de technische inpassing van warmteoplossingen in het bestaande elektriciteitsnet. Schalkwijk bevindt zich in een geel gebied op de landelijke capaciteitskaart voor afname. Dat betekent dat transportschaarste dreigt, maar nog niet in de buurt komt van structurele congestie. Over het algemeen geldt: hoe decentrale of lokaler de warmteoplossing is, hoe meer aanpassingen er in bovengenoemde netcomponenten moeten worden gemaakt en hoe lastiger de inpassing is. De varianten uit de centrale oplossing hoeven alleen verbonden te worden met het onderstation via een nieuwe kabel. Ook de decentrale varianten moeten op middenspanning worden gevoed, maar het leggen van vier nieuwe kabels brengt hoge kosten met zich mee. Het ligt daarom voor de hand om, samen met de netbeheerder, te onderzoeken of (en welke) bestaande middenspanningsringen kunnen worden benut. Wellicht heeft dit implicaties voor de positionering van decentrale productielocaties in de wijk. In het geval van de lokale route wordt waarschijnlijk aangesloten op het laagspanningsnet. Buiten de eerder genoemde aandachtspunten geldt hier ook dat het transformatorhuisje in de wijk voldoende capaciteit moet hebben. De lokale route brengt dan ook de hoogste risico's met zich mee op gebied van inpassing in het elektriciteitsnet. Om nader inzichtelijk te krijgen of er per variant voldoende capaciteit is en welke consequenties dit heeft voor het ontwerp, kan een quickscan worden aangevraagd bij Liander. De doorlooptijd hiervan bedraagt enkele weken (ca. 2-4).

Ruimtelijke inpassing

De warmteoplossingen uit de centrale route zijn goed ruimtelijk inpasbaar. De huidige RWZI-locatie, gelegen buiten de wijk, biedt voldoende ruimte voor een grote warmteproductielocatie. Aangezien ruimte binnen de wijk beperkt beschikbaar is, vormt de ruimtelijke inpassing van warmteproductielocaties met name in de decentrale en lokale route een aandachtspunt. In de decentrale (4 tot 5 productielocaties) en lokale routes (minimaal 15 productielocaties) moet rekening worden gehouden met een oppervlak van ca. 200 m² per productielocatie. Welke locaties hiervoor geschikt zijn, zal moeten blijken uit nader onderzoek. Aangezien ruimte in openbaar gebied beperkt beschikbaar is, kan eventueel worden onderzocht of het terrein van woningcorporaties kan worden benut. Indien dit onvoldoende resultaat oplevert, kan eventueel ook gedacht worden aan het creëren van ondergrondse productielocaties, weliswaar tegen aanzienlijk hogere kosten.

In de varianten met WKO-bronnen (variant 1C, 2B en 3A) is het ook van belang dat bronnen op voldoende afstand van elkaar worden geplaatst. Dit is met name voor de centrale variant met WKO (variant 1C) een uitdaging, maar uit een eerste ruimtelijke verkenning lijkt het dat er voldoende ruimte is op de RWZI-locatie voor het benodigde aantal WKO-bronnen. Bij verdere opschaling van het aantal aansluitingen binnen Schalkwijk of aanpalende wijken, zal er naar verwachting echter onvoldoende ruimte over zijn voor extra WKO-bronnen en zal er gezocht moeten worden naar een nieuwe locatie. Dit onderdeel verdient bovendien

nadere afstemming met het Waterschap, mede gezien de wens om het persgemaal op deze locatie te behouden.

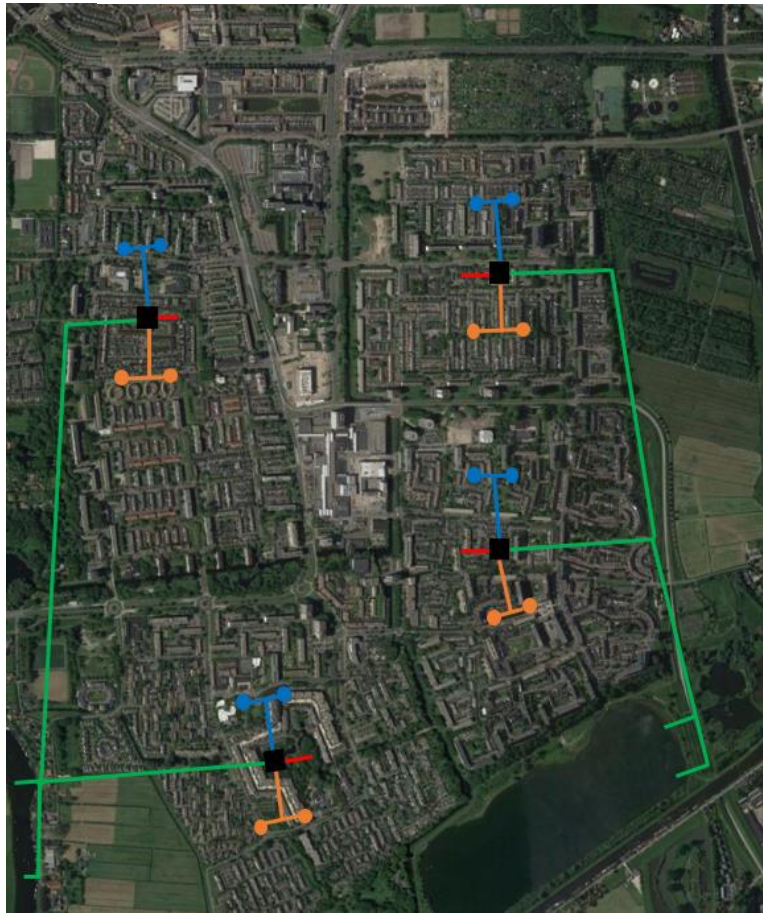
TEO lijkt ruimtelijk goed inpasbaar, zowel in de centrale route (variant 1C) als de decentrale route (variant 2B). Bij de centrale route ligt een TEO-installatie die gebruikt maakt van oppervlaktewater uit de ringvaart ter hoogte van de RWZI het meest voor de hand. Als alternatief (bijvoorbeeld als toch blijkt dat hier gedurende een te lange periode van het jaar niet voldoende debiet passeert) kan ook worden uitgeweken naar andere delen van de ringvaart. Bij de decentrale route is het logischer om meerdere TEO-locaties te creëren in de buurt van de decentrale productielocaties, om zo leidingafstanden te beperken. Mogelijke locaties zijn bijvoorbeeld het Spaarne, de Ringvaart en/of de Meerwijkplas.

Figuur 8 en 9 geven meer inzicht in de mogelijke technische en ruimtelijke inpassing van varianten 1C respectievelijk 2B.

Figuur 8 - Indicatie ruimtelijke inpassing variant 1C



Figuur 9 - Indicatie ruimtelijke inpassing variant 2B



Organisatorische complexiteit

Vanuit organisatorisch oogpunt zijn de varianten met restwarmte afkomstig uit het datacentrum van Cyrus One, het meest complex. Naast dat er nog geen concrete afspraken met Cyrus One zijn over het daadwerkelijke gebruik van de restwarmte, dient er een lange (ZLT) warmteleiding aangelegd te worden die de gemeentegrenzen met Haarlemmermeer overschrijdt. Dit heeft tot gevolg dat onder andere voor het vergunningentraject afstemming moet plaatsvinden met meerdere partijen (in ieder geval de gemeente Haarlemmermeer, maar mogelijk ook met de provincie Noord-Holland, de Rijksoverheid, ProRail, NUTS-partijen en/of private grondeigenaren voor zover er provinciale wegen, rijkswegen, spoorwegen, NUTS-infrastructuur en/of private gronden worden doorkruist).

Doordat een dergelijke gemeentegrensoverschrijdende warmteleiding ontbreekt bij de andere varianten, is de organisatorische complexiteit hier lager hoewel er wel degelijk aandachtspunten zijn bij de verschillende bronnen en varianten. Zo is het een vereiste om bij de decentrale variant met WKO-bronnen een bodemenergieplan op te stellen, mede in verband met het in de toekomst aansluiten van overige bestaande woningen en nieuwbouwwoningen binnen Schalkwijk. Bij de varianten met WKO en TEO is tevens afstemming vereist met het Hoogheemraadschap van Rijnland. Alle varianten met WKO verdienen daarnaast afstemming met de provincie Noord-Holland in het kader van de benodigde Waterwetvergunning. Bij alle varianten geldt bovendien dat er een vergunning vereist is voor de aanleg van warmteleidingen in de grond, waarbij de kans op belemmeringen logischerwijs toeneemt bij meer leidinglengte.

Bij de variant met geothermie dient er afstemming plaats te vinden met de Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) in het kader van de vereiste mijnbouwvergunning. Bij deze variant geldt daarnaast dat de investering voor de ontwikkeling van een geothermiebron dermate hoog is dat er synthese nodig is tussen de aanleg van een warmtenet en de ontwikkeling van de bron. De garantie van afname geldt als randvoorwaarde voordat er gestart zal worden met de ontwikkeling van de bron wat een de organisatorische complexiteit verhoogt.

4.1.2 Schaalbaarheid

De schaalbaarheid van een warmteoplossing is gedefinieerd als de mate waarin een warmteoplossing toegepast kan worden bij meerdere woningen (woningen in particulier eigendom en VvE's) in Schalkwijk of daarbuiten (buiten de 5.200 woningen op de aansluitlijst) en daarmee de warmtetransitie binnen de gemeente kan versnellen.

De lokale route is op dit vlak het minst schaalbaar want er wordt geen warmtenetwerk aangelegd waar andere woningen in de toekomst op aan kunnen sluiten. Daarnaast is de kans aanwezig dat binnen deze route de technisch meer uitdagende woningen of woningclusters vanuit financieel oogpunt minder snel zullen worden meegenomen in het aardgasvrij maken van de wijk.

De centrale route en de decentrale route zijn beiden schaalbaar maar op een andere wijze. Voor beide routes geldt dat het belangrijk is om in een vroeg stadium particuliere eigenaren en VvE's te betrekken in de plannen. De centrale route is relatief goed schaalbaar richting andere type bebouwing binnen Schalkwijk en in de toekomst mogelijk ook in wijken die grenzen aan Schalkwijk door het warmtenet uit te breiden. Bij de decentrale route is schaalbaarheid te bereiken door na een succesvolle eerste aansluiting van een cluster woningen binnen Schalkwijk, de warmteoplossing te kopiëren binnen Schalkwijk en/of naar vergelijkbare clusters in andere wijken binnen de gemeente.

Om de decentrale route ook schaalbaar te maken naar andere type bebouwing binnen Schalkwijk, geldt de randvoorwaarde dat er zorgvuldig moet worden nagedacht over de wijze waarop de wijk wordt opgedeeld in clusters. Er bestaat namelijk een risico dat er 'selectief zal worden gewinkeld': er wordt gestart met woningen die qua type bouw (bij voorkeur gestapeld/hoge bouwdichtheid), eigenaarschap (bij voorkeur woningcorporatie) en mate van isolatie (bij voorkeur goed geïsoleerd) zeer laagdrempelig zijn en de technisch meer uitdagende woningen (particulier eigendom, grondgebonden woningen en lage mate van isolatie) worden uitgesteld. Het vooraf strategisch clusteren van de gehele wijk (inclusief woningen in particulier eigendom en VvE's) in tranches met ongeveer dezelfde volloopsnelheid en ongeveer een gelijke mix van meer en minder uitdagende woningen, kan dit gedrag voorkomen. Dit betekent dat het kan voorkomen dat de clusters onderling verschillen qua omvang. Voor de woningen die lastig in te passen zijn in één van de clusters zal er wellicht een extra cluster toegevoegd moeten worden. Tegelijkertijd kunnen er ook kansen zijn, voor bijvoorbeeld een centraal gelegen VvE met gestapelde woningbouw, om meteen aan te sluiten bij één van de clusters. Voor de gebieden binnen Schalkwijk die een zeer lage bouwdichtheid hebben, bijvoorbeeld aan de rand van de wijk, is het wellicht verstandiger te kiezen voor een andere (lokale of individuele) all-electric warmteoplossing. Zoals eerder benoemd, vragen deze kansen en risico's een zorgvuldige afweging vooraf en een goede coördinatie en sturing door de projectpartners.

4.1.3 Flexibiliteit en toekomstbestendigheid

De flexibiliteit en toekomstbestendigheid van een warmteoplossing is gedefinieerd als de mate waarin er mogelijkheden zijn voor inpassing van alternatieve warmtebronnen enerzijds en de gevoeligheid van de oplossing voor wijzingen in aan te sluiten woningaantallen en volloopsnelheid anderzijds.

Voor de centrale route worden momenteel drie perspectievolle warmtebronnen gezien; restwarmte uit het datacentrum Cyrus One, geothermie en WKO in combinatie met TEO. Voor de optie van restwarmte uit het datacentrum Cyrus One is bekend dat het beoogde contract voor levering van de restwarmte na maximaal 15 jaar zal eindigen. Mogelijk kan het contract tegen die tijd verlengd worden maar uit de praktijk blijkt dat de technologische ontwikkeling van datacenters erg snel gaat waardoor de energie-efficiënte snel stijgt en er na 15 jaar mogelijk minder restwarmte beschikbaar zal zijn. In dat geval zal er na die tijd gezocht moeten worden naar een alternatieve duurzame warmtebron. Alhoewel de eerste onderzoeken uitwijzen dat geothermie potentie heeft als warmtebron, is ook bekend dat de realisatie van geothermiebronnen (nog) relatief veel technische onzekerheden en financiële risico's met zich mee brengen. Of geothermie na 15 jaar een realistisch alternatief is voor de restwarmte, is dan ook nog verre van zeker. De optie WKO in combinatie met TEO lijkt op dit moment technisch en ruimtelijk gezien haalbaar, al verdient het verder

onderzoek om de daadwerkelijke potentie en risico's van TEO als mogelijke alternatieve warmtebron nu en na 15 jaar nader in de kaart te brengen.

Bovendien geldt dat de warmteoplossingen restwarmte uit het datacentrum Cyrus One en geothermie één warmtebron hebben, waardoor deze op lange termijn relatief kwetsbaar zijn voor onvoorziene omstandigheden zoals veranderende wetgeving of economische en (geo-)politieke instabiliteit. Mocht het voorkomen dat blijkt dat de warmtebron (tussentijds) niet (meer) beschikbaar zal zijn dan is er op korte termijn geen alternatieve bron beschikbaar zijn. De optie WKO in combinatie met TEO kan daarentegen modulair opgebouwd worden, waardoor deze minder kwetsbaar is voor onvoorziene omstandigheden.

Indien gekeken wordt naar de gevoeligheid van de oplossing voor wijzingen in aan te sluiten woningaantallen en volloopsnelheid, kan gesteld worden dat de centrale route het minst flexibel is. Zowel de warmtebron als het overgrote deel van het distributienet (backbone) zal in één keer gerealiseerd moeten worden, wat een hoge voorinvestering vraagt die enkel met een groot aantal aansluitingen en een hoge aansluitsnelheid (deels) terugverdiend kan worden. De centrale route is hiermee uitermate gevoelig voor wijzingen in aan te sluiten woningaantallen en volloopsnelheid.

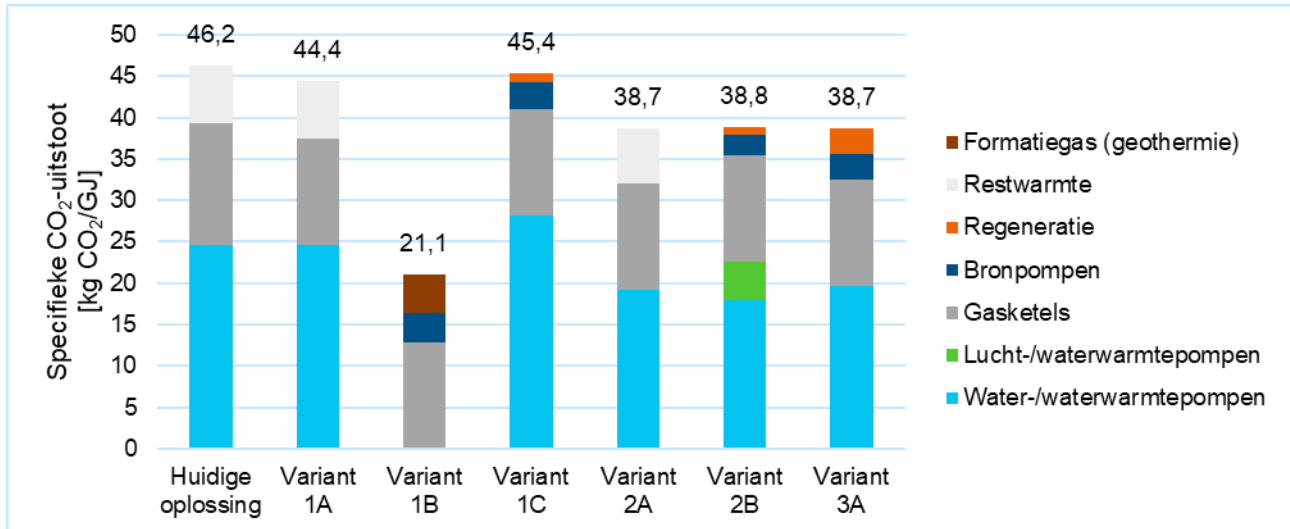
De decentrale en lokale route hebben als voordeel dat ze flexibeler zijn ten aanzien van zowel de inpassing van alternatieve warmtebronnen als minder gevoelig zijn voor wijzingen in aan te sluiten woningaantallen en volloopsnelheid. Zo zijn in beide routes, naast WKO in combinatie met lucht en TEO, ook andere warmtebronnen en technieken voor handen die kunnen worden toegepast. Dit geeft in tegenstelling tot de centrale route de mogelijkheid om afhankelijk van de specifieke context te kiezen voor andere warmtebronnen. Door de kleinere schaal zal de voorinvestering bovendien lager zijn, waardoor deze routes ook aanzienlijk minder gevoelig zijn voor wijzingen in aan te sluiten woningaantallen en volloopsnelheid. Dit geldt met name voor de lokale route. Door de kleine schaal per gebouw of per cluster van gebouwen is deze veruit het meest flexibel.

Tot slot hebben de recente geopolitieke ontwikkelingen in Oost-Europa en de Nederlandse afhankelijkheid van buitenlands aardgas een grote impact op de wijze waarop er momenteel naar de energietransitie wordt gekeken in de maatschappij. Het belang en de urgentie om woningen binnen korte tijd aardgasvrij te maken was al hoog maar is nu nog dringender geworden. In dit licht geldt dat elke route waarmee snel met de uitvoering en aansluiting gestart kan worden een belangrijke bijdrage levert aan de totale opgave. Zoals gezegd, draagt de kleinere schaal van de decentrale en lokale routes bij aan de flexibiliteit en geldt daarom dat er bij deze routes naar verwachting sneller gestart en aangesloten kan worden ten opzichte van de centrale route.

4.1.4 Duurzaamheid

De duurzaamheid van een warmteoplossing wordt weergegeven in kg CO₂/GJ geleverde warmte (woningzijde). Uit de CO₂-berekeningen (zie ook bijlage 2) blijkt dat de centrale route met geothermie met afstand de laagste CO₂-uitstoot heeft van alle varianten. Dit komt vooral doordat er in deze variant weinig elektriciteit benodigd is en bijvoorbeeld warmtepompen niet nodig zijn. De overige warmteoplossingen uit de centrale route hebben juist een relatief hoge CO₂-uitstoot. De warmteoplossingen uit de decentrale en lokale route liggen qua duurzaamheid dichtbij elkaar en hebben een lagere CO₂-uitstoot dan de centrale varianten met warmtepompen. Dit wordt met name veroorzaakt door de verschillen in distributierendement en productietemperatuur van de warmtepompen. Waar in de centrale route vanuit de warmtepompen een productietemperatuur van 90°C benodigd is om een temperatuurtraject van 70/40°C in de woningen te kunnen leveren, zal dat bij de decentrale variant en lokale variant 80°C respectievelijk 75°C zijn.

Figuur 10 - Specifieke CO₂-uitstoot per warmteoplossing



De CO₂-emissiefactor voor elektriciteit heeft grote invloed op de berekeningen. Er is uitgegaan van een CO₂-emissiefactor van elektriciteit van 0,34 ton/MWh, conform de CO₂-memo van Equans (d.d. 2 september 2021). Deze CO₂-emissiefactor komt overeen met de projectie die ECN (TNO) voor 2020 heeft gemaakt. Onderstaande tabel geeft weer hoe de uitkomsten veranderen bij verschillende (toekomstige) CO₂-emissiefactoren voor elektriciteit. Hierin valt vooral op dat geothermie dichterbij andere varianten komt te liggen, naarmate de CO₂-emissiefactor van elektriciteit daalt.

Tabel 3 - CO₂-uitstoot warmteoplossingen bij verschillende CO₂-emissiefactoren

Bron	Equans/KEV 2017	KEV 2021	KEV 2021
Jaar	2020	2025	2030
CO ₂ -emissiefactor [kg CO ₂ /kWh _e]	0,34	0,21	0,09
Huidige oplossing	46,2	34,2	23,0
Variant 1A	44,4	32,3	21,2
Variant 1B	21,1	19,8	18,5
Variant 1C	45,4	32,9	21,4
Variant 2A	38,7	28,8	19,7
Variant 2B	38,8	28,9	19,7
Variant 3A	38,7	28,8	19,7

4.1.5 Betaalbaarheid

De betaalbaarheid van een warmteoplossing is gedefinieerd als de onrendabele top in euro's. Om de onrendabele top te kunnen berekenen is een financiële analyse uitgevoerd, waarbij de businesscase op hoofdlijnen is doorgerekend voor de verschillende varianten. De integrale businesscase van de huidige oplossing is hierbij als uitgangspunt gebruikt.

Om informatie te verkrijgen over de businesscase van de huidige oplossing, heeft op 18 februari 2022 een gesprek met Rutger Nelis plaatsgevonden. Hieruit bleek dat er, buiten de businesscase in het ECW-model zoals aangeleverd door de begeleidingscommissie, een zeer uitgebreide integrale businesscase van de huidige oplossing bestaat. Ondanks zijn omvang is er toch voor gekozen om deze uitgebreide businesscase als vertrekpunt te nemen voor de financiële analyse, om zo een goede onderlinge vergelijking tussen warmteoplossingen te kunnen maken. Het ECW-model bleek hier niet voor geschikt, onder meer vanwege het ontbreken van gedetailleerde invoermogelijkheden met betrekking tot verschillende kosten- en opbrengstenposten.

In de financiële analyse is de onrendabele top berekend bij een vereist projectrendement van 4% en 8%, zoals ook is gedaan in de businesscase van de huidige oplossing. Daarnaast is het totale projectrendement (IRR) berekend en is een indicatie gegeven van de investeringskosten per woning.

In de berekeningen is ervoor gekozen om de overeengekomen BAK en warmtetarieven voor alle varianten hetzelfde te houden als in de businesscase van de huidige oplossing³. Hiervoor is gekozen om de financiële resultaten per variant vergelijkbaar te houden. In de praktijk is het goed denkbaar dat de BAK en warmtetarieven nog zullen wijzigen, aangezien dit direct raakt aan de betaalbaarheid van huurders en woningcorporaties nu en in de toekomst. Hoe de onrendabele top uiteindelijk wordt gedekt en wat voor invloed dit eventueel heeft op de BAK en/of warmtetarieven, is een keuze van de projectpartners en zou onderdeel moeten zijn van de nadere uitwerking. Dit valt verder buiten de scope van dit onderzoek. Naast de BAK en warmtetarieven, zijn in de financiële analyse ook alle overige uitgangspunten zoveel mogelijk gelijk gehouden aan de businesscase van de huidige oplossing. Om tot een financieel resultaat per variant te komen, zijn wijzigingen doorgevoerd in de businesscase (vooral in de kostenraming) op basis van ervarings- en kengetallen uit vergelijkbare projecten. Dit betekent wel dat de resultaten een eerste inschatting betreffen. Voor een nauwkeuriger beeld is nadere uitwerking noodzakelijk.

Aangezien er in de businesscase van de huidige oplossing een SDE++ subsidie is meegenomen, is deze ook meegenomen in alle warmteoplossingen met restwarmte vanuit het datacentrum van Cyrus One als bron (1A en 1C). Voor de overige varianten is geen SDE++ subsidie meegenomen, terwijl deze mogelijk de businesscase nog wel kan verbeteren. Voor de volledigheid worden de resultaten uit de financiële analyse zowel met als zonder SDE++ subsidie weergegeven.

Tabel 4 - Investeringskosten, projectrendement (IRR) en onrendabele top (incl. SDE++ huidige oplossing, variant 1A en 2A)

Route	Variant	Bruto investering (per woning)	IRR	Onrendabele top (bij IRR 4%)	Onrendabele top (bij IRR 8%)
Centraal	Huidige oplossing	€ -12.300	2,4%	€ -8.100.000	€ -18.000.000
	Variant 1A	€ -12.000	3,3%	€ -3.600.000	€ -15.000.000
	Variant 1B	€ -11.700	4,2%	€ 900.000	€ -13.000.000
	Variant 1C	€ -11.300	1,5%	€ -9.500.000	€ -16.000.000
Decentraal	Variant 2A	€ -13.500	3,3%	€ -2.600.000	€ -12.000.000
	Variant 2B	€ -12.000	4,0%	€ 200.000	€ -11.000.000
Lokaal	Variant 3A	€ -11.800	5,1%	€ 4.500.000	€ -7.000.000

Tabel 5 - Investeringskosten, projectrendement (IRR) en onrendabele top (excl. SDE++ huidige oplossing, variant 1A en 2A)

Route	Variant	Bruto investering (per woning)	IRR	Onrendabele top (bij IRR 4%)	Onrendabele top (bij IRR 8%)
Centraal	Huidige oplossing	€ -12.300	1,4%	€ -13.500.000	€ -21.000.000
	Variant 1A	€ -12.000	2,2%	€ -9.000.000	€ -18.000.000
	Variant 1B	€ -11.700	4,2%	€ 900.000	€ -13.000.000
	Variant 1C	€ -11.300	1,5%	€ -9.500.000	€ -16.000.000
Decentraal	Variant 2A	€ -13.500	1,0%	€ -10.800.000	€ -17.000.000
	Variant 2B	€ -12.000	4,0%	€ 200.000	€ -11.000.000
Lokaal	Variant 3A	€ -11.800	5,1%	€ 4.500.000	€ -7.000.000

Uit de resultaten blijkt dat de onrendabele top over het algemeen hoger is in de centrale varianten dan in de decentrale en lokale varianten. Dit wordt met name veroorzaakt doordat er in decentrale en lokale varianten minder leidingwerk is, er minder verliezen zijn en installaties daardoor kleiner kunnen worden gedimensioneerd. Een uitzondering hierop vormt geothermie, die een gunstig projectrendement heeft vergeleken met de andere centrale warmteoplossingen. Bovendien blijkt uit de resultaten dat een gasketel op gebouwniveau in plaats van op de centrale productielocatie, een gunstige financiële impact heeft. De investeringskosten per woning liggen bij alle varianten in dezelfde orde van grootte.

³ Conform de memo 'Tarieven warmtenet Schalkwijk v6' (d.d. 14 oktober 2021)

5 Beschouwing per stakeholder

Naast de uitwerking van de verschillende routes langs de gedefinieerde afwegingscriteria, is er een beschouwing gehouden van de mogelijk veranderende rol van de bestaande projectpartners: gemeente Haarlem, de woningcorporaties, Firan en Equans. Elke projectpartner heeft een eigen perspectief en zal hoge weegfactoren hanteren bij de onderwerpen die voor hem relevant zijn en lage weegfactoren voor onderwerpen die voor hem minder relevant zijn. Een keuze voor een route heeft daardoor verschillende consequenties voor de rol per projectpartner.

5.1 Gemeente

De gemeente Haarlem heeft de wettelijke taak om de stad aardgasvrij te maken en werkt daarom aan aardgasvrije wijken en de opschaling daarvan. De gemeente voert om die reden de regie in de energietransitie en moet binnen die rol sturen en toezien op een efficiënte en effectieve uitvoeren van alle initiatieven binnen de warmtetransitie, met inbegrip van de ontwikkeling van warmtenetten. Bij een keuze voor de centrale route heeft de gemeente een belangrijke rol in het ondersteunen en faciliteren van de woningcorporaties die te maken krijgen met een vereiste hoge aansluitsnelheid van de woningen. Door de voorgenomen participatie in het warmtenetwerkbedrijf HWN, waarin zowel de gemeente als Firan (in samenwerking met de provincie Noord-Holland) participeren, neemt de gemeente binnen de centrale route bovendien een actieve rol in voor de totstandkoming van het warmtenet. In hoeverre de gemeente deze actieve rol wil blijven spelen bij de decentrale route, is een afweging die de gemeente zelf moet maken.

Bij de decentrale en lokale route krijgt de gemeente in ieder geval een nadrukkelijker regierol op het gebied van ruimtelijke ordening. Gezien de beperkte ruimte die beschikbaar is binnen de wijk vraagt zowel de ondergrondse als bovengrondse inpassing van voorzieningen coördinatie en regie. Daarnaast vraagt de decentrale route een zorgvuldige clustering van gebouwen die in samenspraak met de woningcorporaties en andere woningeigenaren in Schalkwijk moet plaatsvinden, zodat voorkomen wordt dat er selectief gewinkeld wordt waardoor de meer technisch uitdagende woningen overgeslagen worden en niet meegenomen worden in de warmtetransitie.

5.2 Woningcorporaties

Elan Wonen, Pré Wonen en Ymere beschikken over het aan te sluiten vastgoed in Schalkwijk. Binnen de centrale route hebben de woningcorporaties de rol van afnemer van warmte. Hiervoor is het de taak om in verband met de hoge vereiste volloopsnelheid de verantwoordelijkheid dragen voor het snel geschikt maken van de woningen om aangesloten te kunnen worden op het warmtenet. Daarmee wordt een beroep gedaan op de vaardigheid van de woningcorporatie om in relatief korte tijd voldoende financiële middelen en technische mensen te mobiliseren, zowel binnen de organisatie als in de markt.

Binnen de decentrale en lokale route kan deze druk op korte termijn iets afnemen, doordat er meer vrijheid is in de (strategische) keuzes die gemaakt worden over welke woningen als eerste aardgasvrij gemaakt kunnen worden. Zoals gezegd, is het echter wel zaak dat voorkomen wordt dat er selectief gewinkeld wordt. Om op korte termijn voldoende schaal te kunnen realiseren, zal er ook in deze routes een beroep worden gedaan om in relatief korte tijd voldoende financiële middelen en technische mensen te mobiliseren. Indien Firan (al dan niet samen met de gemeente Haarlem) en/of EQUANS bij deze routes geen rol als warmteproducent en -leverancier voor zich zien, zullen de woningcorporaties bovendien actiever de regie moeten pakken om uiteindelijk aardgasvrij te worden.

5.3 Firan en EQUANS

Firan verzorgt, als onderdeel van het warmtenetwerkbedrijf HWN, binnen de centrale route de aanleg van het warmtenet (zowel de transportleidingen als de wijkdistributienetten) en gedeeltelijk rol van warmteproducent. EQUANS vervult eveneens de gedeeltelijk rol van warmteproducent en is

warmteleverancier. Hiervoor is door de gemeente concessie verleend. In hoeverre Firan een eventuele rol wil en mag spelen, en in hoeverre EQUANS binnen de contractuele voorwaarden van de concessie een eventuele rol wil en mag spelen, in de decentrale of lokale route, zal in onderlinge samenspraak moeten worden afgewogen en afgestemd.

Bijlage 1 – Resultaten inventarisatiefase

Zie aparte notitie.

Bijlage 2 – Onderbouwing CO2-berekening

Parameter	Eenheid	Waarde	Bron
Algemeen			
Aantal woningen	[-]	5200	Aansluitlijst (afgerond)
Aantal woningen per complex	[-]	35	Aansluitlijst (afgerond)
Aantal woningen per opwekker centrale route	[-]	5200	Aansluitlijst (afgerond)
Aantal woningen per opwekker decentrale route	[-]	1300	Aanname
Aantal woningen per opwekker lokale route	[-]	350	Aanname
Calorische bovenwaarde aardgas	[MJ/Nm ³]	35,17	Algemeen kengetal
Primaire energiefactor elektriciteit	[MJ _p /MJ _f]	1,45	CO ₂ -memo Equans
Primaire energiefactor restwarmte	[MJ _p /MJ _f]	0,10	CO ₂ -memo Equans
CO ₂ -emissiefactor elektriciteit	[ton/MWh]	0,34	CO ₂ -memo Equans
CO ₂ -emissiefactor aardgas	[kg/GJ]	50,8	CO ₂ -memo Equans
CO ₂ -emissiefactor restwarmte	[ton/MWh]	0,034	CO ₂ -memo Equans
CO ₂ -emissie geothermie (uit formatiegas)	[kg/GJ]	4,8	TNO (gemiddelde)
Warmtevraag en vermogens			
Gelijktijdigheidsfactor f, (n (26-40)) (gasketels)	[-]	0,85	ISSO 7
Gelijktijdigheidsfactor f, (n (>205)) (warmtenet)	[-]	0,55	ISSO 7
Gemiddeld verwarmingsvermogen per woning (RV+TW)	[kW]	7,7	Berekend o.b.v. CO ₂ -memo
Warmtevraag ruimteverwarming + warm tapwater	[GJ]	30	Projectgroep
Reductie warmtevraag per jaar	[%]	0,75%	Projectgroep
Debiet WKO-bron	[m ³ /h]	100	Schatting (veilige kant)
Vermogen per WKO-doublet	[kW]	582	Schatting
Centrale route			
Aandeel preferent vermogen (β _{pref})	[%]	32%	CO ₂ -memo Equans
Aandeel niet-preferent vermogen	[%]	68%	CO ₂ -memo Equans
Energiefractie preferent vermogen (F _{pref})	[%]	82%	CO ₂ -memo Equans
Energiefractie niet-preferent vermogen (F _{pref})	[%]	18%	CO ₂ -memo Equans
Decentrale en lokale route			
Aandeel preferent vermogen (β _{pref})	[%]	40%	Referentieprojecten
Aandeel niet-preferent vermogen	[%]	60%	Referentieprojecten
Energiefractie preferent vermogen (F _{pref})	[%]	80%	Referentieprojecten
Energiefractie niet-preferent vermogen	[%]	20%	Referentieprojecten
Warmteverliezen, rendementen, COP's			
Distributierendement centrale opwek	[%]	83%	Technische uitgangspunten
Distributierendement decentrale opwek	[%]	90%	Schatting
Distributierendement lokale opwek	[%]	95%	Schatting
COP water-/waterwarmtepomp 24-90 °C (variant 1A)	[-]	3,3	Equans
COP water-/waterwarmtepomp 16-90 °C (variant 1C)	[-]	2,9	Correctie 1A o.b.v. carnotfactor
COP water-/waterwarmtepomp 24-80 °C (variant 2A)	[-]	3,8	Correctie 1A o.b.v. carnotfactor
COP water-/waterwarmtepomp 16-80 °C (variant 2B)	[-]	3,3	Correctie 1A o.b.v. carnotfactor
COP water-/waterwarmtepomp 16-75 °C (variant 3A)	[-]	3,5	Correctie 1A o.b.v. carnotfactor
COP lucht-/waterwarmtepomp 70 °C (variant 2B)	[-]	2,5	Correctie 1A o.b.v. carnotfactor
SCOP water-/waterwarmtepomp 24-80 °C (variant 1A)	[-]	3,8	CO ₂ -memo Equans
SCOP water-/waterwarmtepomp 16-80 °C (variant 1C)	[-]	3,3	Correctie 1A o.b.v. carnotfactor
SCOP water-/waterwarmtepomp 24-70 °C (variant 2A)	[-]	4,5	Correctie 1A o.b.v. carnotfactor
SCOP water-/waterwarmtepomp 16-70 °C (variant 2B)	[-]	3,8	Correctie 1A o.b.v. carnotfactor
SCOP water-/waterwarmtepomp 16-65 °C (variant 3A)	[-]	4,1	Correctie 1A o.b.v. carnotfactor
SCOP lucht-/waterwarmtepomp (variant 2B)	[-]	3,8	Schatting
SCOP bronpompen	[-]	20	Referentieprojecten
SCOP TEO	[-]	60	Referentieprojecten
SCOP droge koeler	[-]	20	Referentieprojecten

Parameter	Eenheid	Huidig	Centraal			Decentraal		Lokaal
			1A	1B	1C	2A	2B	3A
Algemeen								
Aantal woningen per preferente opwekker (water/water warmtepomp)	[-]	5.200	5.200	5.200	5.200	1.300	1.300	350
Aantal woningen per niet-preferente opwekker (luchtwarmtepomp)	[-]	5.200	5.200	5.200	5.200	1.300	1.300	350
Aantal woningen per niet-preferente opwekker (gasketel)	[-]	5.200	35	35	35	35	35	35
Gelijktijdigheidsfactor preferent vermogen (water/water warmtepomp)	[-]	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Gelijktijdigheidsfactor niet-preferent vermogen (luchtwarmtepomp)	[-]	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Gelijktijdigheidsfactor niet-preferent vermogen (gasketel)	[-]	0,55	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Distributierendement preferente opwekker (water/water warmtepomp)	[-]	0,83	0,83	0,83	0,83	0,90	0,90	0,95
Distributierendement niet-preferente opwekker (luchtwarmtepomp)	[-]	0,83	0,83	0,83	0,83	0,90	0,90	0,95
Distributierendement niet-preferente opwekker (gasketel)	[-]	0,83	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Vermogensfractie preferente opwekker (water/water warmtepomp)	[-]	0,32	0,32	0,32	0,32	0,40	0,28	0,40
Vermogensfractie niet-preferente opwekker (luchtwarmtepomp)	[-]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,00
Vermogensfractie niet-preferente opwekker (gasketel)	[-]	0,68	0,68	0,68	0,68	0,60	0,60	0,60
Energiefractie preferente opwekker (water/water warmtepomp)	[-]	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,65	0,82
Energiefractie niet-preferente opwekker (luchtwarmtepomp)	[-]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00
Energiefractie niet-preferente opwekker (gasketel)	[-]	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Gemiddeld verwarmingsvermogen per woning (RV+TW)	[kW _{th}]	7,72	7,72	7,72	7,72	7,72	7,72	7,72
COP preferente opwekker (water/water warmtepomp)	[-]	3,3	3,3	1,0	2,9	3,8	3,3	3,5
COP niet-preferente opwekker (lucht/water warmtepomp)	[-]	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,5	2,5
SCOP preferente opwekker (water/water warmtepomp)	[-]	3,8	3,8	1,0	3,3	4,5	3,8	4,1
SCOP niet-preferente opwekker (lucht/water warmtepomp)	[-]	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,8	1,0
Opwekrendement niet-preferente opwekker (gasketel)	[-]	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Gevraagd vermogen								
Opwek preferent vermogen (water/water warmtepomp) - per opweklocatie	[kW _{th}]	8.517	8.517	8.517	8.517	2.455	1.718	626
Opwek preferent vermogen (water/water warmtepomp) - aantal opweklocaties	[kW _{th}]	1	1	1	1	4	4	15
Opwek preferent vermogen (water/water warmtepomp) - totaal	[kW _{th}]	8.517	8.517	8.517	8.517	9.818	6.873	9.302

Opwek niet-preferent vermogen (lucht/water warmtepomp) - per opweklocatie	[kW _{th}]	0	0	0	0	0	2.577	0
Opwek niet-preferent vermogen (lucht/water warmtepomp) - aantal opweklocaties	[kW _{th}]	1	1	1	1	4	4	15
Opwek niet-preferent vermogen (lucht/water warmtepomp) - totaal	[kW _{th}]	0	0	0	0	0	10.309	0
Opwek niet-preferent vermogen (gasketel) - per opweklocatie	[kW _{th}]	18.099	164	164	164	145	145	145
Opwek niet-preferent vermogen (gasketel) - aantal opweklocaties	[kW _{th}]	1	149	149	149	149	149	149
Opwek niet-preferent vermogen (gasketel) - totaal	[kW _{th}]	18.099	24.438	24.438	24.438	21.563	21.563	21.563
Opwek vermogen - totaal	[kW _{th}]	26.616	32.955	32.955	32.955	31.381	38.745	30.865
Bronvermogen warmtepomp	[kW _{th}]	5.936	5.936	0	5.623	7.222	4.796	6.673
Warmtevraag en -productie								
Warmtevraag	[GJ/jaar]	156.000	156.000	156.000	156.000	156.000	156.000	156.000
Te produceren warmte	[GJ/jaar]	187.952	183.678	183.678	183.678	171.691	171.691	164.211
-Waarvan preferent (water/water warmtepomp) of geothermie	[GJ/jaar]	154.120	154.120	154.120	154.120	142.133	112.667	134.653
-Waarvan niet-preferent ((lucht/water warmtepomp))	[GJ/jaar]	0	0	0	0	0	29.467	0
-Waarvan niet-preferent (gasketel)	[GJ/jaar]	33.831	29.558	29.558	29.558	29.558	29.558	29.558
Energieverbruik								
Energievraag elektriciteit preferente opwek (water/water warmtepomp)	[GJ/jaar]	40.750	40.750	0	46.571	31.769	29.563	32.534
Energievraag elektriciteit niet-preferente opwek ((lucht/water warmtepomp))	[GJ/jaar]	0	0	0	0	0	7.754	0
Energievraag aardgas niet-preferente opwek (gasketel)	[GJ/jaar]	45.108	39.411	39.411	39.411	39.411	39.411	39.411
Energievraag hernieuwbaar (bronnen geothermie/WKO)	[GJ/jaar]	0	0	116.589	107.550	0	83.104	102.118
Energievraag restwarmte	[GJ/jaar]	113.371	113.371	0	0	110.364	0	0
Energievraag elektriciteit pompenergie bronnen	[GJ/jaar]	0	0	5.829	5.377	0	4.155	5.106
Energievraag elektriciteit regeneratievoorziening	[GJ/jaar]	0	0	0	1.792	0	1.385	5.106
Primaire energiebehoefte preferente opwek (water/water warmtepomp)	[GJ/jaar]	59.087	59.087	0	67.528	46.066	42.866	47.175
Primaire energiebehoefte niet-preferente opwek (lucht/water warmtepomp)	[GJ/jaar]	0	0	0	0	0	11.244	0
Primaire energiebehoefte niet-preferente opwek (gasketel)	[GJ/jaar]	45.108	39.411	39.411	39.411	39.411	39.411	39.411
Primaire energiebehoefte pompenergie geothermie/WKO	[GJ/jaar]	0	0	8.453	7.797	0	6.025	7.404
Primaire energiebehoefte regeneratievoorziening	[GJ/jaar]	0	0	0	2.599	0	2.008	7.404
Primaire energiebehoefte restwarmte	[GJ/jaar]	11.337	11.337	0	0	11.036	0	0
Totale primaire energiebehoefte	[GJ/jaar]	115.532	109.834	47.863	117.335	96.512	101.554	101.393
Primaire energiefactor warmtenet (f_{Pdel})	[MJ_p/MJ_f]	0,74	0,70	0,31	0,75	0,62	0,65	0,65
Aandeel hernieuwbaar + restwarmte (f_{Pren})	[-]	0,50	0,51	0,71	0,48	0,53	0,45	0,50

CO₂-emissie								
CO ₂ -emissie elektriciteit preferente opwek (water/water warmtepomp)	[ton/jaar]	3849	3849	0	4398	3000	2792	3073
CO ₂ -emissie elektriciteit preferente opwek ((lucht/water warmtepomp)	[ton/jaar]	0	0	0	0	0	732	0
CO ₂ -emissie aardgas niet-preferente opwek (gasketel)	[ton/jaar]	2292	2002	2002	2002	2002	2002	2002
CO ₂ -emissie pompenergie geothermie/WKO	[ton/jaar]	0	0	551	508	0	392	482
CO ₂ -emissie regeneratievoorziening	[ton/jaar]	0	0	0	169	0	131	482
CO ₂ -emissie restwarmte	[ton/jaar]	1071	1071	0	0	1042	0	0
CO ₂ -emissie geothermie (uit verbranding van formatiegas)	[ton/jaar]	0	0	740	0	0	0	0
CO ₂ -emissie totaal	[ton/jaar]	7211	6921	3292	7078	6045	6050	6039
Specifieke CO₂-uitstoot (K_{CO2})	[kg CO₂/GJ]	46,2	44,4	21,1	45,4	38,7	38,8	38,7

Bijlage 3 – Uitgangspunten financiële analyse

In deze bijlage volgt allereerst een kostenraming per variant. Vervolgens wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste wijzigingen die, ten opzichte van de integrale business-case van de huidige oplossing, per variant zijn doorgevoerd. Als laatste worden de gebruikte kengetallen weergegeven in een tabel.

Kostenraming per variant

Huidige oplossing

	Investering (prijspeil 2021)	Jaar van investering	Investering (geïndexeerd met 1,8% / jaar)	Afschrijving- stermijn
Bron en opwek				
Ontwikkelingskosten	-€ 820.000	2021	-€ 820.000	15
Elektriciteitsaansluiting	-€ 750.000	2022 en 2029	-€ 844.744	30
Transportleiding	-€ 5.934.000	2022	-€ 6.040.812	15
Warmte-uitkoppeling	-€ 1.883.500	2022	-€ 1.917.403	15
Voorinvestering in voorziening warmtepompen	-€ 1.127.700	2022	-€ 1.147.999	15
Warmtepompen	-€ 3.383.100	2022, 2024 en 2028	-€ 3.615.395	15
Warmteproductiegebouw	-€ 2.200.000	2022	-€ 2.239.600	30
Warmtenet				
Ontwikkelingskosten	-€ 1.000.000	2021	-€ 1.000.000	15
Operations system	-€ 300.000	2021	-€ 300.000	15
Aftakkingen	-€ 14.094.086	2022, 2023, 2024, 2027, 2028 en 2034	-€ 14.732.643	30
Aansluitleiding + in pandige kosten	-€ 24.323.240	2022 t/m 2041	-€ 27.293.548	30
Transportnet	-€ 8.016.914	2022 en 2023	-€ 8.177.306	30
Nieuwe afleversets	nvt	2038 t/m 2057	-€ 6.251.328	15
Transportpompen/expansievaten/waterbehandeling	-€ 1.340.000	2022	-€ 1.364.120	30
Piekvoorziening				
Ontwikkelingskosten	-€ 250.000	2021	-€ 250.000	15
Groen gasketels (gebouwniveau)	-€ 1.837.500	2022, 2023, 2025 en 2028	-€ 794.297	15
Nieuwe groen gasketels (gebouwniveau)	nvt	2038, 2039, 2041 en 2044	-€ 317.007	15
Collectieve gasaansluiting (gebouwniveau)	-€ 240.000	2022	-€ 37.367	30
Totaal				
Totaal (bruto)	-€ 68.112.540		-€ 79.574.641	
BAK	€ 35.808.000	2022 t/m 2041	€ 40.769.039	30
Totaal (netto)	-€ 32.304.540		-€ 38.805.602	
Bruto per woningequivalent	-€ 12.304			

Variant 1A

	Investering (prijspeil 2021)	Jaar van investering	Investering (geïndexeerd met 1,8% / jaar)	Afschrijving- stermijn
Bron en opwek				
Ontwikkelingskosten	-€ 820.000	2021	-€ 820.000	15
Elektriciteitsaansluiting	-€ 750.000	2022 en 2029	-€ 844.744	30
Transportleiding	-€ 5.934.000	2022	-€ 6.040.812	15
Warmte-uitkoppeling	-€ 1.883.500	2022	-€ 1.917.403	15
Voorinvestering in voorziening warmtepompen	-€ 1.127.700	2022	-€ 1.147.999	15
Warmtepompen	-€ 3.383.100	2022, 2024 en 2028	-€ 3.615.395	15
Warmteproductiegebouw	-€ 2.200.000	2022	-€ 2.239.600	30
Warmtenet				
Ontwikkelingskosten	-€ 1.000.000	2021	-€ 1.000.000	15
Operations system	-€ 300.000	2021	-€ 300.000	15
Aftakkingen	-€ 14.094.086	2022, 2023, 2024, 2027, 2028 en 2034	-€ 14.732.643	30
Aansluitleiding + in pandige kosten	-€ 24.323.240	2022 t/m 2041	-€ 27.293.548	30
Transportnet	-€ 8.016.914	2022 en 2023	-€ 8.177.306	30
Nieuwe afleversets	nvt	2038 t/m 2057	-€ 6.251.328	15
Transportpompen/expansievaten/waterbehandeling	-€ 1.340.000	2022	-€ 1.364.120	30
Piekvoorziening				
Ontwikkelingskosten	-€ 250.000	2021	-€ 250.000	15
Groen gasketels (gebouwniveau)	-€ 745.591	2022, 2023, 2025 en 2028	-€ 794.297	15
Nieuwe groen gasketels (gebouwniveau)	nvt	2038, 2039, 2041 en 2044	-€ 317.007	15
Collectieve gasaansluiting (gebouwniveau)	-€ 35.076	2022, 2023, 2025 en 2028	-€ 37.367	30
Totaal				
Totaal (bruto)	-€ 66.203.207		-€ 77.143.570	
BAK	€ 35.808.000	2022 t/m 2041	€ 40.769.039	30
Totaal (netto)	-€ 30.395.207		-€ 36.374.531	
Bruto per woningequivalent	-€ 11.959			

Variant 1B

	Investerings (prijspeil 2021)	Jaar van investering	Investerings (geïndexeerd met 1,8% / jaar)	Afschrijving- stermijn
Bron en opwek				
Ontwikkelingskosten	-€ 820.000	2021	-€ 820.000	15
Elektriciteitsaansluiting	-€ 150.000	2022	-€ 152.700	30
Transportleiding	€ 0	2022	€ 0	15
Geothermiebron	-€ 7.675.920	2022	-€ 7.814.087	30
Geothermie installaties	-€ 5.117.280	2022	-€ 5.209.391	15
Herinvestering geothermie installaties	nvt	2037	-€ 2.772.116	15
Warmteproductiegebouw	-€ 2.200.000	2022	-€ 2.239.600	30
Warmtenet				
Ontwikkelingskosten	-€ 1.000.000	2021	-€ 1.000.000	15
Operations system	-€ 300.000	2021	-€ 300.000	15
Aftakkingen	-€ 14.094.086	2022, 2023, 2024, 2027, 2028 en 2034	-€ 14.732.643	30
Aansluitleiding + in pandige kosten	-€ 24.323.240	2022 t/m 2041	-€ 27.293.548	30
Transportnet	-€ 8.016.914	2022 en 2023	-€ 8.177.306	30
Nieuwe afleversets	nvt	2038 t/m 2057	-€ 6.251.328	15
Transportpompen/expansievaten/waterbehandeling	-€ 1.340.000	2022	-€ 1.364.120	30
Piekvoorziening				
Ontwikkelingskosten	-€ 250.000	2021	-€ 250.000	15
Groen gasketels (gebouwniveau)	€ 745.591	2022, 2023, 2025 en 2028	€ 794.297	15
Nieuwe groen gasketels (gebouwniveau)	nvt	2038, 2039, 2041 en 2044	€ 317.007	15
Collectieve gasaansluiting (gebouwniveau)	-€ 35.076	2022, 2023, 2025 en 2028	-€ 37.367	30
Totaal				
Totaal (bruto)	-€ 64.576.925		-€ 77.302.902	
BAK	€ 35.808.000	2022 t/m 2041	€ 40.769.039	30
Totaal (netto)	-€ 28.768.925		-€ 36.533.863	
Bruto per woningequivalent	-€ 11.665			

Variant 1C

	Investering (prijspeil 2021)	Jaar van investering	Investering (geïndexeerd met 1,8% / jaar)	Afschrijving- stermijn
Bron en opwek				
Ontwikkelingskosten	-€ 820.000	2021	-€ 820.000	15
Elektriciteitsaansluiting	-€ 750.000	2022 en 2029	-€ 844.744	30
WKO	-€ 2.341.818	2022	-€ 2.383.971	30
Herinvestering WKO	-€ 702.545	2037	-€ 934.628	15
Warmtepompen	-€ 4.510.800	2022, 2024 en 2028	-€ 4.820.526	15
Herinvestering warmtepompen	nvt	2037, 2039 en 2043	-€ 2.519.829	15
TEO	-€ 2.849.000	2022	-€ 2.900.282	30
Herinvestering TEO	nvt	2037	-€ 758.031	15
Warmteproductiegebouw	-€ 2.200.000	2022	-€ 2.239.600	30
Warmtenet				
Ontwikkelingskosten	-€ 1.000.000	2021	-€ 1.000.000	15
Operations system	-€ 300.000	2021	-€ 300.000	15
Aftakkingen	-€ 14.094.086	2022, 2023, 2024, 2027, 2028 en 2034	-€ 14.732.643	30
Aansluitleiding + in pandige kosten	-€ 24.323.240	2022 t/m 2041	-€ 27.293.548	30
Transportnet	-€ 8.016.914	2022 en 2023	-€ 8.177.306	30
Nieuwe afleversets	nvt	2038 t/m 2057	-€ 6.251.328	15
Transportpompen/expansievaten/waterbehandeling	-€ 1.340.000	2022	-€ 1.364.120	30
Piekvoorziening				
Ontwikkelingskosten	-€ 250.000	2021	-€ 250.000	15
Groen gasketels (gebouwniveau)	€ 745.591	2022, 2023, 2025 en 2028	€ 794.297	15
Nieuwe groen gasketels (gebouwniveau)	nvt	2038, 2039, 2041 en 2044	€ 317.007	15
Collectieve gasaansluiting (gebouwniveau)	-€ 35.076	2022, 2023, 2025 en 2028	-€ 37.367	30
Totaal				
Totaal (bruto)	-€ 62.787.889		-€ 76.516.619	
BAK	€ 35.808.000	2022 t/m 2041	€ 40.769.039	30
Totaal (netto)	-€ 26.979.889		-€ 35.747.580	
Bruto per woningequivalent	-€ 11.342			

Variant 2A

	Investerings (prijspeil 2021)	Jaar van investering	Investerings (geïndexeerd met 1,8% / jaar)	Afschrijving- stermijn
Bron en opwek				
Ontwikkelingskosten	-€ 205.000	2021	-€ 205.000	15
Elektriciteitsaansluitingen	-€ 150.000	2022	-€ 152.700	30
Transportleiding	-€ 3.708.750	2022	-€ 3.775.508	15
Warmte-uitkoppeling	-€ 470.875	2022	-€ 479.351	15
Warmtepompen	-€ 1.318.335	2022	-€ 1.342.065	15
Herinvestering warmtepompen	nvt	2037	€ 0	15
Warmteproductiegebouw	-€ 550.000	2022	-€ 559.900	30
Warmtenet				
Ontwikkelingskosten	-€ 250.000	2021	-€ 250.000	15
Operations system	-€ 75.000	2021	-€ 75.000	15
Aftakkingen	-€ 3.523.522	2022 & 2023	-€ 3.619.227	30
Aansluitleiding + inpandige kosten	-€ 6.080.810	2022 & 2023	-€ 6.245.977	30
Transportnet	-€ 2.004.229	2022 & 2023	-€ 2.058.667	30
Nieuwe afleversets	nvt	2037 & 2038	-€ 1.632.477	15
Transportpompen/expansievaten/waterbehandeling	-€ 335.000	2022	-€ 341.030	30
Piekvoorziening				
Ontwikkelingskosten	-€ 62.500	2021	-€ 62.500	15
Groen gasketels (gebouwniveau)	-€ 175.452	2022 & 2023	-€ 180.217	15
Nieuwe groen gasketels (gebouwniveau)	nvt	2037 & 2038	-€ 282.614	15
Collectieve gasaansluiting (gebouwniveau)	-€ 8.769	2022	-€ 8.927	30
Totaal				
Totaal (bruto)	-€ 18.918.241		-€ 21.271.160	
BAK	€ 9.049.500	2022 & 2023	€ 9.295.335	30
Totaal (netto)	-€ 9.868.741		-€ 11.975.826	
Bruto per woningequivalent	-€ 13.542			

Variant 2B

	Investering (prijspeil 2021)	Jaar van investering	Investering (geïndexeerd met 1,8% / jaar)	Afschrijving- stermijn
Bron en opwek				
Ontwikkelingskosten	-€ 205.000	2021	-€ 205.000	15
Elektriciteitsaansluitingen	-€ 150.000	2022	-€ 152.700	30
WKO	-€ 479.600	2022	-€ 488.233	30
Herinvestering WKO	nvt	2037	-€ 191.410	15
Bodemwarmtepompen	-€ 922.566	2022	-€ 939.172	15
Herinvestering Bodemwarmtepompen	nvt	2037	-€ 490.933	15
TEO	-€ 634.822	2022	-€ 646.249	30
Herinvestering TEO	nvt	2037	-€ 168.907	15
Luchtwarmtepompen	-€ 1.383.849	2022	-€ 1.408.758	15
Herinvestering luchtwarmtepompen	nvt	2037	-€ 736.399	15
Warmteproductiegebouw	-€ 550.000	2022	-€ 559.900	30
Warmtenet				
Ontwikkelingskosten	-€ 250.000	2021	-€ 250.000	15
Operations system	-€ 75.000	2021	-€ 75.000	15
Aftakkingen	-€ 3.523.522	2022 & 2023	-€ 3.619.227	30
Aansluitleiding + in pandige kosten	-€ 6.080.810	2022 & 2023	-€ 6.245.977	30
Transportnet	-€ 2.004.229	2022 & 2023	-€ 2.058.667	30
Nieuwe afleversets	nvt	2037 & 2038	-€ 1.632.477	15
Transportpompen/expansievaten/waterbehandeling	-€ 335.000	2022	-€ 341.030	30
Piekvoorziening				
Ontwikkelingskosten	-€ 62.500	2021	-€ 62.500	15
Groen gasketels (gebouwniveau)	-€ 175.452	2022 & 2023	-€ 180.217	15
Nieuwe groen gasketels (gebouwniveau)	nvt	2037 & 2038	-€ 70.654	15
Collectieve gasaansluiting (gebouwniveau)	-€ 8.769	2022	-€ 8.927	30
Totaal				
Totaal (bruto)	-€ 16.841.118		-€ 20.532.337	
BAK	€ 9.049.500	2022 & 2023	€ 9.295.335	30
Totaal (netto)	-€ 7.791.618		-€ 11.237.002	
Bruto per woningequivalent	-€ 12.055			

Variant 3A

	Investerings (prijspeil 2021)	Jaar van investering	Investerings (geïndexeerd met 1,8% / jaar)	Afschrijving- stermijn
Bron en opwek				
Ontwikkelingskosten	-€ 55.192	2021	-€ 55.192	15
Elektriciteitsaansluitingen	-€ 37.500	2022	-€ 38.175	30
WKO	-€ 179.600	2022	-€ 182.833	30
Herinvestering WKO	nvt	2037	-€ 71.679	15
Bodemwarmtepompen	-€ 336.162	2022	-€ 342.213	15
Herinvestering Bodemwarmtepompen	nvt	2037	-€ 178.885	15
Droge koelers	-€ 303.359	2022	-€ 308.819	30
Herinvestering droge koelers	nvt	2037	-€ 80.714	15
Warmteproductiegebouw	-€ 148.077	2022	-€ 150.742	30
Warmtenet				
Ontwikkelingskosten	-€ 67.308	2021	-€ 67.308	15
Operations system	-€ 20.192	2021	-€ 20.192	15
Aftakkingen	-€ 948.640	2022	-€ 965.716	30
Aansluitleiding + in pandige kosten	-€ 1.637.141	2022	-€ 1.666.610	30
Transportnet	-€ 539.600	2022	-€ 549.313	30
Nieuwe afleversets	nvt	2037	-€ 435.593	15
Transportpompen/expansievaten/waterbehandeling	-€ 90.192	2022	-€ 91.816	30
Piekvoorziening				
Ontwikkelingskosten	-€ 16.827	2021	-€ 16.827	15
Groen gasketels (gebouwniveau)	-€ 46.787	2022	-€ 47.629	15
Nieuwe groen gasketels (gebouwniveau)	nvt	2037	-€ 18.673	15
Collectieve gasaansluiting (gebouwniveau)	-€ 2.361	2022	-€ 2.403	30
Totaal				
Totaal (bruto)	-€ 4.428.939		-€ 5.291.332	
BAK	€ 2.428.500	2022 & 2023	€ 2.472.213	30
Totaal (netto)	-€ 2.000.439		-€ 2.819.119	
Bruto per woningequivalent	-€ 11.811			

Wijzigingen per variant ten opzichte van businesscase huidige oplossing

Variant 1A

- Gasketels (piekvoorziening) op gebouwniveau (woningen met energielabel <C), leidend tot veranderingen in:
 - Investeringskosten gasketels;
 - Staffels energiebelasting en ODE;
 - Onderhoudskostenpercentage gasketels;
 - Collectieve gasaansluiting gebouwniveau;
 - Warmteverliezen.

Variant 1B

- Warmtebron gewijzigd naar geothermie:
 - Kleinere elektriciteitsaansluiting en lagere kosten;
 - ZLT-leiding (incl. bijbehorende kosten en restwaarde) vervalt;
 - Warmtepompen en bijbehorende kosten vervallen;
 - Geothermiebron en -installaties: investering, herinvestering en onderhoud
 - Elektriciteitsverbruik: bronpompen i.p.v. warmtepompen en transportpompen ZLT-leiding;
 - Geen inkoop duurzame warmte na 15 jaar.
- Gasketels (piekvoorziening) op gebouwniveau (woningen met energielabel <C), leidend tot veranderingen in:
 - Investeringskosten gasketels;
 - Staffels energiebelasting en ODE;
 - Onderhoudskostenpercentage;
 - Collectieve gasaansluiting gebouwniveau;
 - Warmteverliezen.
- Geen SDE++-subsidie meegenomen.

Variant 1C

- Warmtebron gewijzigd naar warmtepomp o.b.v. WKO + TEO:
 - ZLT-leiding (incl. bijbehorende kosten en restwaarde) vervalt;
 - WKO: investering, herinvestering en onderhoud;
 - TEO: investering, herinvestering en onderhoud;
 - Elektriciteitsverbruik: bronpompen, warmtepompen en TEO i.p.v. warmtepompen en transportpompen ZLT-leiding;
 - Geen inkoop duurzame warmte na 15 jaar.
- Gasketels (piekvoorziening) op gebouwniveau (woningen met energielabel <C), leidend tot veranderingen in:
 - Investeringskosten gasketels;
 - Staffels energiebelasting en ODE;
 - Onderhoudskostenpercentage;
 - Collectieve gasaansluiting gebouwniveau;
 - Warmteverliezen.
- Geen SDE++-subsidie meegenomen.

Variant 2A

- Doorrekening business-case per cluster. Bepaalde posten van de business-case zijn naar verhouding (25%, ca. vier clusters) van de centrale route bepaald:
 - Aantal individuele en collectieve aansluitingen;
 - Ontwikkelingskosten;
 - Warmteproductiegebouwen;
 - Alle posten van warmtenet (na opweklocatie t/m gebouw);
 - SDE+-subsidie;
 - Vennootschapsbelasting;
 - Inkomsten: levering, vastrecht, meetdienst en verhuur afleversets.
- Centrale bron- en productielocatie gewijzigd naar decentrale bron- en productielocaties:
 - Investeringskosten ZLT-leiding (aanneem 2,5x huidige oplossing bij totaal van vier clusters)
 - Elektriciteitsaansluiting;
 - Warmtepompen: investering en herinvestering;
 - Warmteverliezen.
- Gasketels (piekvoorziening) op gebouwniveau (woningen met energielabel <C), leidend tot veranderingen in:
 - Investeringskosten gasketels;
 - Staffels energiebelasting en ODE;
 - Onderhoudskostenpercentage;
 - Collectieve gasaansluiting gebouwniveau.
 - Warmteverliezen.

Variant 2B

- Doorrekening business-case per cluster. Bepaalde posten van de business-case zijn naar verhouding (25%, ca. vier clusters) van de centrale route bepaald:
 - Aantal individuele en collectieve aansluitingen;
 - Ontwikkelingskosten;
 - Warmteproductiegebouwen;
 - Alle posten van warmtenet (na opweklocatie t/m gebouw);
 - Vennootschapsbelasting;
 - Inkomsten: levering, vastrecht, meetdienst en verhuur afleversets.
- Wijziging naar decentrale bron- en productielocaties met warmtepompen o.b.v. WKO en lucht en TEO voor regeneratie van WKO-bronnen:
 - ZLT-leiding (incl. bijbehorende kosten en restwaarde) vervalt;
 - Elektriciteitsaansluiting;
 - WKO: investering, herinvestering en onderhoud;
 - Bodemwarmtepompen: investering, herinvestering en onderhoud;
 - Luchtwarmtepompen: investering, herinvestering en onderhoud;
 - TEO: investering, herinvestering en onderhoud;
 - Elektriciteitsverbruik: bronpompen, warmtepompen en TEO i.p.v. warmtepompen en transportpompen ZLT-leiding;
 - Warmteverliezen;
 - Geen inkoop duurzame warmte na 15 jaar.
- Gasketels (piekvoorziening) op gebouwniveau (woningen met energielabel <C), leidend tot veranderingen in:
 - Investeringskosten gasketels;
 - Staffels energiebelasting en ODE;
 - Onderhoudskostenpercentage;
 - Collectieve gasaansluiting gebouwniveau.
 - Warmteverliezen.
- Geen SDE+-subsidie meegenomen.

Variant 3A

- Doorrekening business-case per cluster. Bepaalde posten van de business-case zijn naar verhouding (6,7%, ca. vijftien clusters) van de centrale route bepaald:
 - Aantal individuele en collectieve aansluitingen;
 - Ontwikkelingskosten;
 - Warmteproductiegebouwen;
 - Alle posten van warmtenet (na opweklocatie t/m gebouw);
 - Vennootschapsbelasting;
 - Inkomsten: levering, vastrecht, meetdienst en verhuur afleversets.
- Wijziging naar lokale bron- en productielocaties met warmtepompen o.b.v. WKO en droge koelers voor regeneratie van WKO-bronnen:
 - ZLT-leiding (incl. bijbehorende kosten en restwaarde) vervalt;
 - Elektriciteitsaansluiting;
 - WKO: investering, herinvestering en onderhoud;
 - Bodemwarmtepompen: investering, herinvestering en onderhoud;
 - Droge koelers: investering, herinvestering en onderhoud;
 - Elektriciteitsverbruik: bronpompen, warmtepompen en droge koelers i.p.v. warmtepompen en transportpompen ZLT-leiding;
 - Warmteverliezen;
 - Geen inkoop duurzame warmte na 15 jaar.
- Gasketels (piekvoorziening) op gebouwniveau (woningen met energielabel <C), leidend tot veranderingen in:
 - Investeringskosten gasketels;
 - Staffels energiebelasting en ODE;
 - Onderhoudskostenpercentage;
 - Collectieve gasaansluiting gebouwniveau.
 - Warmteverliezen.
- Geen SDE++-subsidie meegenomen.

Kengetallen financiële analyse

Parameter	Eenheid	Waarde	Bron
Woningen en aansluitingen			
Gem. aantal woningen per complex	[-]	35	Aansluitlijst
Aantal individuele aansluitingen	[-]	4108	BuCa
Aantal collectieve aansluitingen	[-]	1428	BuCa
Aandeel woningen Energielabel <C	[% van alle woningen]	0,34	Aansluitlijst
Aandeel Energielabel <C indiv.	[% van individuele aansluitingen]	0,14	Aansluitlijst
Aandeel Energielabel <C coll.	[% van collectieve aansluitingen]	60%	Aansluitlijst
Warmtevraag en distributie			
Warmtevraag	[GJ/woning]	30	Aansluitlijst
Reductie warmtevraag per jaar	[%]	0,75%	Aansluitlijst
Distributierendement centraal	[%]	0,83	Technische uitgangspunten
Distributierendement decentraal	[%]	0,90	Schatting
Distributierendement lokaal	[%]	0,95	Schatting
Investeringskosten			
Gasketels (op gebouwniveau)	[€/kW _{th}]	90	Referentieprojecten
WKO	[€/kW _{th}]	400	Referentieprojecten
Warmtepompen	[€/kW _{th}]	537	BuCa
TEO	[€/kW _{th}]	220	Vesta MAIS
Droge koelers	[€/kW _{th}]	110	Referentieprojecten
Geothermie	[€/kW _{th}]	1523	Vesta MAIS
- waarvan bron	[€/kW _{th}]	914	Aanname 60%
- waarvan WTB	[€/kW _{th}]	609	Aanname 40%
Herinvesteringskosten (na 15 jaar)			
Gasketels (op gebouwniveau)	[% van investering]	30%	BuCa
WKO	[% van investering]	30%	Referentieprojecten
Warmtepompen	[% van investering]	40%	Referentieprojecten
TEO	[% van investering]	20%	Referentieprojecten
Droge koelers	[% van investering]	20%	Referentieprojecten
Geothermie (WTB)	[% van investering]	40%	Referentieprojecten
Afschrijftermijnen			
Gasketels (op gebouwniveau)	[jaar]	15	Referentieprojecten
WKO	[jaar]	30	Referentieprojecten
Warmtepompen	[jaar]	15	Referentieprojecten
TEO	[jaar]	30	Referentieprojecten
Droge koelers	[jaar]	30	Referentieprojecten
Geothermie (bron)	[jaar]	30	Referentieprojecten
Geothermie (WTB)	[jaar]	15	Referentieprojecten
Onderhoudskosten			
Gasketels (op gebouwniveau)	[% van investering/jaar]	3,0%	Huidige oplossing + 1%
WKO	[% van investering/jaar]	2,0%	Referentieprojecten
Warmtepompen	[% van investering/jaar]	3,6%	BuCa
TEO	[% van investering/jaar]	6,0%	Referentieprojecten

Droge koelers	[% van investering/jaar]	3,0%	Referentieprojecten
Opwekkingsrendement/SCOP			
Gasketels (op gebouwniveau)	[-]	0,94	BuCa
TEO	[-]	60	Referentieprojecten
Droge koelers	[-]	20	Referentieprojecten
Bronpompen geothermie	[-]	23	Vesta MAIS
Bronpompen WKO	[-]	20	Referentieprojecten
Warmtepompen variant 1A	[-]	3,8	Technische uitgangspunten
Warmtepompen variant 1C	[-]	3,3	Correctie 1A o.b.v. carnotfactor
Warmtepompen variant 2A	[-]	4,5	Correctie 1A o.b.v. carnotfactor
Warmtepompen variant 2B	[-]	3,8	Correctie 1A o.b.v. carnotfactor
Warmtepompen variant 3A	[-]	4,1	Correctie 1A o.b.v. carnotfactor
Thermisch vermogen per cluster (centraal = 1 cluster, decentraal = ca. 4 clusters, lokaal = ca. 15 clusters)			
Gasketels (op gebouwniveau)	[kW _{th} /gebouw]	145	CO ₂ -berekening
Warmtepompen variant 1A	[kW _{th} /cluster]	8400	Technische uitgangspunten
Warmtepompen variant 1C	[kW _{th} /cluster]	8400	Technische uitgangspunten
Warmtepompen variant 2A	[kW _{th} /cluster]	2455	CO ₂ -berekening
Warmtepompen variant 2B	[kW _{th} /cluster]	4295	CO ₂ -berekening
- waarvan lucht	[kW _{th} /cluster]	2577	CO ₂ -berekening
- waarvan bodem	[kW _{th} /cluster]	1718	CO ₂ -berekening
Warmtepompen variant 3A	[kW _{th} /cluster]	626	CO ₂ -berekening
WKO variant 1C	[kW _{th} /cluster]	5855	CO ₂ -berekening
WKO variant 2B	[kW _{th} /cluster]	2886	CO ₂ -berekening
WKO variant 3A	[kW _{th} /cluster]	449	CO ₂ -berekening
TEO variant 1C	[kW _{th} /cluster]	12950	CO ₂ -berekening
TEO variant 2B	[kW _{th} /cluster]	1199	CO ₂ -berekening
Droge koelers variant 3A	[kW _{th} /cluster]	2758	CO ₂ -berekening
Geothermie 1B	[kW _{th} /cluster]	8400	Technische uitgangspunten
Elektrisch vermogen per cluster (centraal = 1 cluster, decentraal = ca. 4 clusters, lokaal = ca. 15 clusters)			
Centraal	[kW _e /cluster]	7000	Technische uitgangspunten
Decentraal	[kW _e /cluster]	1400	Correctie 20% centraal o.b.v. WP
Lokaal	[kW _e /cluster]	350	Correctie 5% centraal o.b.v. WP



Merosch

Merosch B.V.
Eendrachtsweg 3
2411 VL Bodegraven

T 0172 - 65 12 64
E info@merosch.nl
I merosch.nl

KVK 27311612
BTW NL8224.23.066.B01
IBAN NL80 TRIO 0197 8235 99

Zet koers naar morgen!

