

RAPPORT

Quickscan potentie voor restwarmte Pernis Effluent en Maasvlakte Electrolyser

Fase A & Fase B

Klant: Shell Nederland, Evides Waterbedrijf, InvestNL,
Havenbedrijf Rotterdam

Referentie: BI2538-102-100IBRP003F02

Status: S0/00

Datum: 18 maart 2022

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Quickscan potentie voor restwarmte Pernis Effluent en Maasvlakte Electrolyser

Ondertitel: Quickscan restwarmte inzet
Referentie: BI2538-102-100IBRP003F02
Status: 00/S0
Datum: 18 maart 2022
Projectnaam: Quickscan restwarmte inzet
Projectnummer: BI2538-102-100

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelevoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever. Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	Introductie	1
2	Warmtebron analyse effluent Pernis en Maasvlakte elektrolyzers	5
2.1	Pernis waterzuivering effluent	5
2.1.1	Locatie	5
2.1.2	Warmteaanbod	6
2.2	Maasvlakte elektrolyzers	6
2.2.1	Locatie	6
2.2.2	Warmteaanbod	7
3	Potentiële warmteafnemers	9
3.1	Warmtevraag woonbebouwing	10
3.2	WarmtelinQ	12
3.3	Voorne-Putten	13
3.4	Kassen in het Westland	14
3.5	Tankopslag	15
3.6	Vlaardingen	17
4	Uitwerking van scenario's	18
4.1	Werkingsprincipe van een warmtepomp	18
4.2	Scenario 1: Elektrolyser warmte leveren aan WarmtelinQ	20
4.2.1	Beschrijving van het warmtesysteem	20
4.2.2	Indicatie van kosten	22
4.3	Scenario 2: Elektrolyser warmte leveren aan Voorne-Putten	23
4.3.1	Het warmtesysteem	23
4.3.2	Indicatie van kosten	24
4.4	Scenario 3: Elektrolyser warmte leveren aan kassen Westland	24
4.4.1	Beschrijving van het warmtesysteem	24
4.4.2	Indicatie van kosten	26
4.5	Scenario 4: Pernis warmte (effluent Shell) leveren aan Vlaardingen	26
4.5.1	Beschrijving van het warmtesysteem	27
4.5.2	Indicatie van kosten	28
4.6	Scenario 5: Pernis warmte (effluent Shell) leveren aan WarmtelinQ	28
4.6.1	Beschrijving van het warmtesysteem	29
4.6.2	Indicatie van kosten	30
4.7	Vergelijking van de scenario's	30
5	Multicriteria analyse	34
5.1	Kosten	34

5.2	CO ₂ reductie	35
5.3	Energie efficiëntie	36
5.4	Impact op het milieu	37
5.5	Toekomstbestendigheid	37
5.6	Risico's	38
5.7	Ruimtebeslag	38
5.8	Overzicht	39
6	Inleiding fase B	41
7	Verdieping scenario Vlaardingen	42
7.1	Technische beschrijving scenario	42
7.1.1	Warmtebronnen	43
7.1.2	Warmtenet	44
7.2	Systeem prestaties	46
7.2.1	Energetisch	46
7.2.2	Economisch	46
7.2.3	SDE ++ subsidie Thermische energie uit afvalwater	47
7.2.4	CO ₂ -emissies	48
7.2.5	Technische variaties en alternatieven	49
7.2.6	Sensitiviteitanalyse	50
7.3	Conclusie en Risico's	51
7.4	Vervolgstappen	53
8	Verdieping business case Westland	54
8.1	Technische beschrijving scenario	54
8.2	Systeemprestaties	57
8.2.1	Energetisch	57
8.2.2	Economisch	57
8.2.3	CO ₂ emissies	58
8.2.1	Sensitiviteitsanalyse	59
8.3	Conclusie & risico's	60
8.4	Vervolgstappen	61
9	Knelpunten en Policy ask's	63

Bijlagen

A1	Vlekkenplan Vlaardingen
A2 & A3	Overzicht gehanteerde kentallen (fase A & fase B)
A4 & A5	Eenvoudige weergave bronsystemen - fase B

SAMENVATTING

De inzet van restwarmte uit de industrie staat sterk in de belangstelling. Laagwaardige restwarmte (warmte met een temperatuur van minder dan 100 °C) is vaak niet meer technisch of economisch interessant voor de industrie, maar kan interessant zijn voor de verwarming van de gebouwde omgeving via een warmtenet. Dit kan een belangrijke bijdrage leveren aan de doelstellingen om te verduurzamen en aardgasverbruik te verminderen in de gebouwde omgeving.

Om voor twee specifieke restwarmte stromen een eerste indicatie te hebben van hoe dit doelmatig kan worden ingezet hebben Shell Nederland, Evides Industriewater, Invest NL en Havenbedrijf Rotterdam opdracht gegeven aan HaskoningDHV Nederland – onderdeel van Royal HaskoningDHV (RHDHV) - voor het uitvoeren van een Quicksan. De twee warmtebronnen die in beschouwing genomen worden zijn:

- Het effluent van een waterzuiveringsinstallatie (WZI) van Shell Pernis: een basislast bron die met behulp van een warmtepomp een constante aanvoer van warmte op voldoende temperatuur kan verzorgen.
- Koelwater van de toekomstige elektrolyser(s) op de Maasvlakte. Uitgaande van een productie profiel dat gebaseerd is op wind, is een sterk variërend warmteaanbod te verwachten.

De doelstelling van deze Quicksan is om op hoofdlijnen te onderzoeken of de restwarmte van de eerdergenoemde twee bronnen techno-economische haalbaar is in te zetten en of er belemmeringen zijn die doelmatige benutting van de warmte mogelijk verhinderen. De Quick scan is uitgevoerd in 2 fasen.

Fasering

In **de oriënterende fase (A)** van deze quickscan zijn er combinaties onderzocht van inzet van de warmte uit bovengenoemde warmtebronnen bij:

- Kassen in het Westland;
- Woonbebouwing in de gemeente Voorne Putten;
- Woonbebouwing in de gemeente Vlaardingen;
- Warmteling.

Op basis van de resultaten uit fase A zijn in de **verdiepende fase (B)** de volgende scenario's in meer detail onderzocht:

- Warmtenet in Vlaardingen, op basis van een TEA (Thermische Energie uit Afvalwater) systeem gekoppeld aan het Waterzuiverings-effluent van de Pernis raffinaderij;
- Directe levering van warmte, zonder tussenkomst van een warmtepomp, uit de elektrolyser aan kassen in het Westland.

Scenario's

Levering van warmte uit de waterzuivering van de Pernis raffinaderij aan een deel van de woningen in Vlaardingen zou een interessant alternatief voor de bewoners van Vlaardingen kunnen zijn. Uitgaande van het maximale ACM warmtetarief *en* energieprijzen in 2021 is er geen onrendabele top. Bovendien wordt voldaan aan de eis van de toekomstige warmtewet met betrekking tot CO₂ emissiereductie.

Op dit moment zijn er nog wel grote onzekerheden die verder uitgezocht moeten worden om te bepalen hoe kansrijk een collectieve warmte oplossing hier is:

- Alternatieven voor Vlaardingen: de mogelijke alternatieven die voor Vlaardingen heeft om aardgasvrij te worden.

- Aansluit bereidheid of voltoop percentage: er is nog geen onderzoek gedaan naar de bereidheid van gebouw eigenaren om aan te sluiten op een collectief warmtesysteem
- Aansluitkosten per gebouw: De kosten die per warmte-aansluiting gemaakt moeten worden om aan te sluiten op het bestaande cv-systeem zijn sterk situatie afhankelijk.
- Aardgasvrij richting 2050: Voor het leveren van pieken in de warmtevraag gedurende de winter gebruiken we in deze configuratie nog steeds aardgas. Op termijn zal ook deze beperkte hoeveelheid aardgas uitgefaseerd.
- Discussie industriële restwarmte: Er kan een discussie ontstaan over de lange termijn beschikbaarheid van deze bron.

De directe levering electrolyser warmte aan de kassen in het Westland, met een constante en lage prijs, kan een goede aanvulling zijn op de bestaande WKK's bij kassen. Het concept gaat ervan uit dat bij ruime beschikbaarheid van duurzame energie de electrolyser in de warmtevraag voorziet. De momenten dat er een tekort is aan duurzame opwek kan de WKK worden ingezet, deze concurreert dus niet maar werkt juist aanvullend op duurzame bronnen. Vergeleken met de gasprijzen begin 2021 is een vergelijkbare prijs haalbaar en bij sterke stijgende gasprijzen is er een dempend effect te zien. Ten opzichte van CO₂ emissie vanuit de bestaande WKK's bij kassen is er een reductie te verwachten.

Op dit moment zijn er nog wel grote onzekerheden die verder uitgezocht moeten worden om te bepalen hoe kansrijk deze collectieve warmte oplossing is:

- Variërend warmte aanbod: Grootste uitdaging is dat de warmte alleen beschikbaar is bij een operationele electrolyser en dus afhankelijk van duurzame energie opwek.
- Geen goede match met geothermie: Voor geothermie geldt, net als voor de warmte uit de electrolyser, ook de preferente inzet als basislast en omdat er in het gebied ook veel wordt ingezet op geothermie zal het voor de afnemers een afweging worden tussen deze bronnen.
- Vollooprisico: Ook hier speelt het vollooprisico een rol, wanneer er minder tuinders mee doen blijven de investeringen grotendeels gelijk.
- Aardgasvrij: Inzet van de bestaande WKK's of ketels is voorzien op momenten dat de electrolyser niet operationeel is. Dit betekent dat er een blijvende vraag naar gas is in het gebied.
- CO₂ behoefte tuinbouw: Bij de glastuinbouw is er behoefte aan CO₂ als groeibevorderaar, deze wordt vaak verkregen uit de rookgassen van de WKK's/ketels.
- Temperatuur niveau: De temperatuur van het net is met 60°C lager dan de conventionele warmteafgifte systemen bij de tuinders.

Take-aways en policy ask's

Aan de hand van uitwerking van de twee voorbeeldprojecten zien we in deze in het bijzonder twee knelpunten bij een verder zeer positieve uitkomst van de studie:

Risico op voldoende voltoop kan niet worden afgedekt

In beide voorbeelden valt of staat de businesscase bij voldoende deelname van bewoners. De echte zekerheid hierover wordt pas verkregen wanneer er een concreet voorstel bij de bewoners ligt en contracten gesloten kunnen worden. Dit is een fase ver in de projectontwikkeling waarbij al een vergaand ontwerp van het warmtenet uitgewerkt is. De kosten zijn dan al flink opgelopen.

Oplossingsrichtingen:

1. *Garantiefonds voor projectontwikkelingsfase*, als de fase tot de definitieve contracten met afnemers (deels) via een garantiefonds financieel kan worden afgedekt blijft een aanvaardbaar risico over.

2. *Publiek ontwikkelbedrijf*, een publiek ontwikkelbedrijf kan naast de ontwikkeling ook de gemeente ontlasten. Met een publiek ontwikkelbedrijf worden de financiële risico's per niet per definitie kleiner, er kan wel meer publieke sturing plaatsvinden op het proces en waar er ontwikkeld wordt.
3. *Duidelijkheid over einde aardgasnet in de wijken*. Wanneer duidelijk de relatie van een aardgasvrij ontwikkeling met het einde van een aardgasvoorziening in een wijk wordt gelegd is de urgentie automatisch hoger. Rekening moet worden gehouden met de mogelijke perceptie van de bewoners dat ze in handen van een "monopolist" worden geduwd.

Bij TEA warmte is SDE++ subsidieverlening cruciaal

Het halen van thermische energie uit afvalwater (TEA) heeft relatief hoge kosten per vermeden ton CO₂. TEA heeft hierdoor weinig kans op subsidie. Echter de alternatieven voor CO₂ arme warmte zijn beperkt. Bij afwezigheid van hoge temperatuur restwarmte vallen de overgebleven CO₂ arme opties snel in een late fase van de SDE++ verlening. TEA is een goed voorbeeld hiervan, er is veel subsidie nodig om dit van de grond te krijgen. Het niet ontvangen van een SDE++ subsidie is een showstopper voor de case in Vlaardingen en zou resulteren in een flinke bijdrage per aansluiting (BAK).

Oplossingsrichtingen:

Een goed teken is het voornemen van het ministerie van economische zaken en klimaat¹ om hekjes te plaatsen in de SDE++ vanaf 2023 rond domeinen zoals lage temperatuur warmte. Hierdoor kan een TEA oplossing concurreren met andere lage temperatuur initiatieven:

1. *SDE++ "hekjes" goed ontwerpen*, deze zullen zo ontworpen moeten worden dat het in lijn loopt met de ambities van de warmtetransitie.
2. *Warmtenet subsidie*, in de SDE++ wordt rekening gehouden de kosten voor het transportnetwerk en de WOS. Dit zijn kosten die normaal binnen de scope van een warmtenet zouden vallen. Bij gebrek aan een aparte subsidie voor warmtenetten is een TEA project vaak aangewezen op een hoge SDE++ subsidie aanvraag, terwijl dit lager en in het SDE++ systeem dus kansrijker zou zijn als de bron en het warmtenet ook in subsidieverlening een eigen stimulering zou hebben. Alternatief hiervoor is het stimuleringsinstrument van een totaal warmteproject van bron tot afnemer.

¹Kamerbrief: [Verloop SDE++ 2021, openstelling SDE++ 2022 en voorstel aanpassing SDE++ per 2023 \[2 december 2021\]](#)

Afkortingenlijst

AVR	Afvalverwerking Rijnmond
BAK	Bijdrage aansluitkosten
CAPEX	Capital expenditure
CoP	Coëfficiënt of Performance
E&I	Elektrisch en instrumentatie
EDSN	Energie data services Nederland
EZK	Ministerie van economische zaken en klimaat
GJ	Gigajoule
GW	Gigawatt
HDD	Horizontaal gericht boren
HT	Hoge temperatuur
HTO	Hoge temperatuur opslag
kWh	Kilowatt hour (3600 kJ)
LCOH	Levelized cost of heat
LT	Lage temperatuur
MCA	Multi criteria analyse
MJ	Megajoule
MT	Medium temperatuur
MW	Megawat
MWh	Megawatt hour (3600 MJ)
OPEX	Operational expenditure
PJ	Petajoule
RES	Regionale energie strategie
SDE	Stimulering Duurzame energieproductie
TEA	Thermische energie uit afvalwater
WKC	Warmtekrachtcentrale
WKK	Warmtekrachtkoppeling
WKO	Warmte koudeopslag
WOS	Warmteoverdrachtstation
WSW	Warmtesysteem Westland
WZI	Waterzuiveringsinstallatie

1 Introductie

De inzet van restwarmte uit de industrie staat sterk in de belangstelling. Laagwaardige restwarmte (warmte met een temperatuur die lager is dan typisch 100°C) is vaak niet meer technisch of economisch interessant voor de industrie, maar kan alsnog interessant zijn voor de verwarming van bijvoorbeeld gebouwen (eventueel via een warmtenet). Tegelijkertijd is er een noodzaak om de warmtevoorziening in Nederland (en wereldwijd) te verduurzamen. Zo is in het klimaatakkoord afgesproken dat de warmtebedrijven een gemiddelde CO₂-reductie van 70% ten opzichte van een cv-ketel op aardgas moeten realiseren in de warmtenetten in 2030². In de nog in te voeren nieuwe Warmtewet ('Warmtewet 2.0') wordt dit vertaald naar een CO₂ emissie plafond van 25 kg CO₂ per GJ.

Om een eerste indicatie te hebben van hoe restwarmte potentieel doelmatig kan worden ingezet hebben Shell Nederland, Evides Industriewater, Invest NL en Havenbedrijf Rotterdam opdracht gegeven aan HaskoningDHV Nederland – onderdeel van Royal HaskoningDHV (RHDHV) - voor het uitvoeren van een Quicksan. De twee lage temperatuur (LT) warmtebronnen die in beschouwing genomen worden zijn:

- Het effluent van een waterzuiveringsinstallatie (WZI) van Shell Pernis;
- Koelwater van de toekomstige elektrolyser(s) op de Maasvlakte.

Momenteel wordt het WZI-effluent geloosd in de Maas en gaat deze warmte verloren, voor de restwarmte van de elektrolyzers is nog geen bestemming gekozen.

Doelstelling

De doelstelling van deze Quicksan is om op hoofdlijnen te onderzoeken of de restwarmte van de eerdergenoemde twee bronnen doelmatig kan worden gebruikt. Hiervoor is er gekeken naar de technoeconomische haalbaarheid van warmteafname en de belemmeringen die doelmatige benutting van de warmte mogelijk verhinderen.

Aanpak

De studie is opgebouwd in twee fases. Het eerste gedeelte is **fase A**, dit is de onderzoekende fase waarin de mogelijkheden voor doelmatige inzet van de restwarmte verkend worden. Uitkomst van deze fase is de uitwerking van een aantal scenario's op hoofdlijnen en de selectie van één of twee scenario's die in **fase B** verder zouden kunnen worden uitgediept.

Energieprijzen

Deze Quicksan gaat uit van de energieprijzen die golden eind 2020. Er is bewust gekozen om niet de extreem hoge prijzen van eind 2021 voor gas en elektriciteit te hanteren. Wel is er in de fase B uitgewerkte scenario's een gevoeligheidsanalyse gedaan op de effecten van significant hogere prijzen.

Aanpak fase A

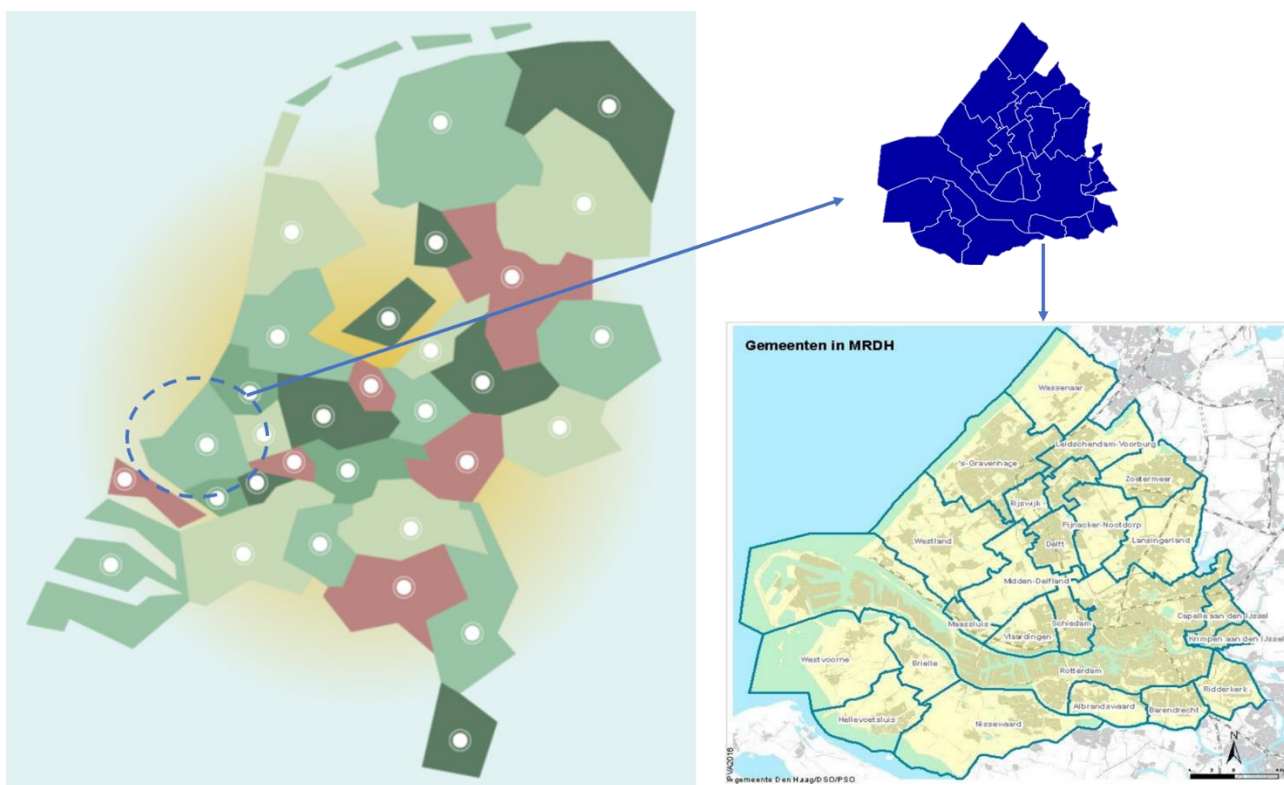
Allereerst zijn in fase A warmtebronnen in kaart gebracht. Het warmteaanbod, de temperatuur en het warmteprofiel zijn onderzocht. Vervolgens is er in de regio gekeken naar potentiële afnemers van de warmte. Voor al deze potentiële afnemers is de geschatte warmtevraag, behoefte aanvoertemperatuur en het bijbehorende warmteprofiel vastgesteld. Daarna zijn er mogelijke warmteafname scenario's opgesteld, hiervoor is er gekeken naar wat voor technieken en infrastructuur er nodig is om leveringszekerheid voor

² <https://www.klimaatakkoord.nl/klimaatakkoord/documenten/publicaties/2019/06/28/klimaatakkoord>

de beoogde afnemers te garanderen. Vervolgens zijn de verschillende scenario's moet elkaar vergeleken op basis van kwalitatieve criteria (Multi criteria analyse).

Fase B is een verdieping van twee scenario's. Hier wordt beschreven hoe de warmtesystemen kunnen worden opgesteld tot de eindgebruikers in plaats van tot een warmteoverdrachtsstation. Daarnaast worden de kentallen waar mogelijk verbeterd en wordt er in meer detail gekeken naar de CO₂-, energie- en economische prestaties van de warmtesystemen. Tevens worden risico's en kansen benoemd en worden er aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek

De analyse richt zich op potentiële afnemers in het RES Rotterdam Den Haag gebied. Warmtelevering buiten dit gebied vanuit de bronnen is door grotere afstand onwaarschijnlijk. In Figuur 1-1 is het onderzoeksgebied weergegeven.



Figuur 1-1, Onderzoekgebied³

³ <https://www.resrotterdamdenhaag.nl/>

Leeswijzer

Fase A	Hoofdstuk 2: Warmtebron analyse effluent Pernis en Maasvlakte elektrolyzers
	Hoofdstuk 3: Warmtebehoefte in regio Rotterdam/Den Haag in kaart brengen
	Hoofdstuk 4: Vastellen van scenario's en uitwerking
	Hoofdstuk 5: Multi-criteria analyse
Fase B	Hoofdstuk 6: Verdieping Vlaardingen business case
	Hoofdstuk 7: Verdieping Westland business case
	Hoofdstuk 8: Conclusies, kansen & risico's en aanbevelingen
	Hoofdstuk 9: Knelpunten en policy ask's

Fase A: Verkennende fase

2 Warmtebron analyse effluent Pernis en Maasvlakte elektrolyzers

In dit hoofdstuk worden de warmtebronnen geanalyseerd. Eerst wordt de locatie van de bron in het onderzoeksgebied aangegeven. De locatie heeft onder andere invloed op de aan te leggen leidingen en benodigde boringen. Vervolgens wordt de jaarlijkse beschikbare warmte berekend. Dit, in combinatie met de warmtevraag, zegt iets over de maximaal af te leveren warmte. Vervolgens wordt de aanlevertemperatuur en het warmteprofiel beschreven.

2.1 Pernis waterzuivering effluent

De eerste warmtebron die in deze Quicksan is meegenomen is de Shell Pernis waterzuiveringsinstallatie (WZI).

2.1.1 Locatie

De locatie van de Pernis WZI is weergegeven in Figuur 2-1. De WZI bevindt zich aan de oostkant van het havengebied in de buurt van een aantal gemeenten: Rotterdam, Schiedam, Vlaardingen, Hoogvliet en Spijkenisse.



Figuur 2-1, Locatie waterzuiveringsinstallatie Shell Pernis

2.1.2 Warmteaanbod

De WZI opereert onder normale omstandigheden continu, met uitzondering van turnarounds, dan kan het zijn dat de WZI wordt stilgelegd. Op deze basis wordt de jaarlijkse bedrijfstijd geschat op 8500 uur. Shell Nederland geeft aan dat het effluent debiet vrij stabiel is gedurende het jaar en fluctueert tussen de 20 en 26 kiloton per dag. De fluctuatie is vooral terug te voeren op de extra verwerking van water ten tijde van (hevige) regen. De temperatuur van het effluent varieert tussen de 30 en 40 °C. Deze temperatuur wordt actief gestuurd ten behoeve van de optimale werking van het bioslib in de WZI. Omdat de warmtevraag in de winter in Nederland een stuk groter is dan in de zomer wordt voor deze Quicksan de aanvoertemperatuur enigszins conservatief aangenomen op 30°C. Door aan te nemen dat het effluent kan worden gekoeld dat 15 °C kan de beschikbare warmte per massastroom worden berekend.

$$\dot{Q} = \Delta T * C_p * \dot{m}$$

Hierbij is ΔT het temperatuurverschil tussen aanvoertemperatuur van het effluent en het uitgekoolde effluent. C_p is de soortelijke warmte van water (4,18 kJ/(K.kg)) en \dot{m} de massastroom per uur.

$$Q = \sum_{t=1}^{8500} \Delta T * C_p * \dot{m}$$

Door te sommeren over de doorlooptijden van de WZI kan het jaarlijkse warmteaanbod worden berekend.

Voor de WZI komt dit op circa 0,5 PJ/jaar, dit is een vermogen van ongeveer 15 MW (op basis van wintercondities).

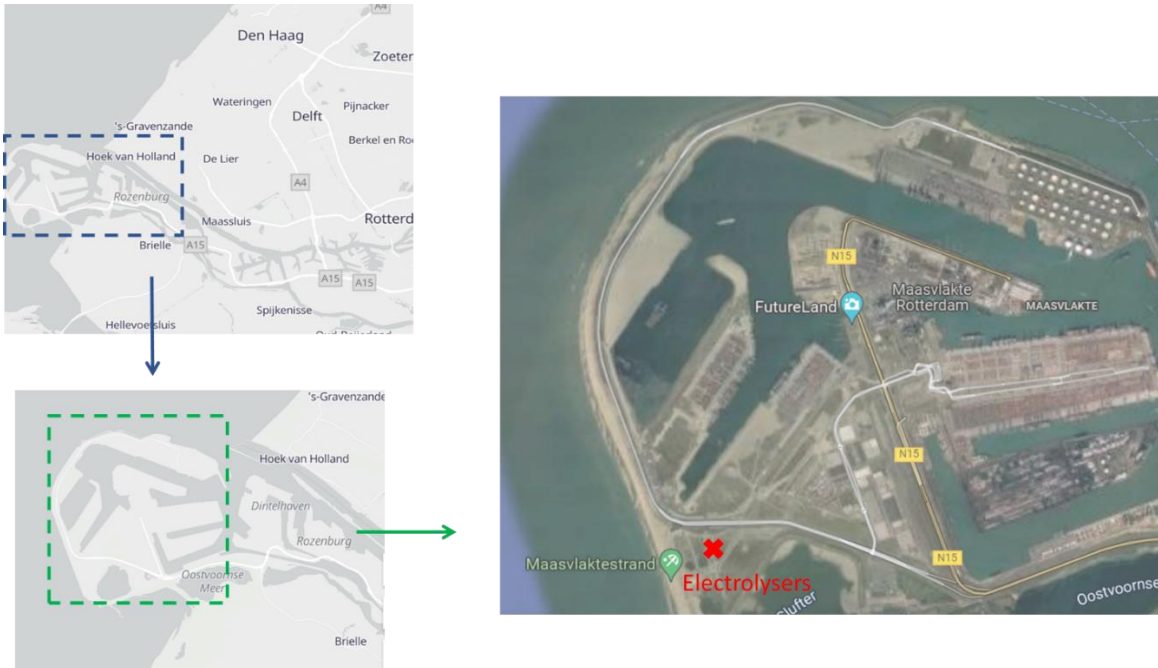
2.2 Maasvlakte elektrolyzers

De tweede warmtebron die in deze Quicksan wordt berokken zijn de toekomstige elektrolyzers. Deze hebben als primaire functie de productie van groene waterstof uit duurzame elektriciteit. Het is echter niet mogelijk om 100% omzetting van elektriciteit naar waterstof (op energiebasis) te realiseren. Circa 30% van de energie wordt omgezet in warmte. De doelmatige benutting van deze warmte is het onderwerp van deze Quicksan.

Op verzoek van de opdrachtgevers wordt in deze Quicksan is uitgegaan van 1 GW aan electrolyser capaciteit, op basis van de vooralsnog te verwachten electrolysecapaciteit.

2.2.1 Locatie

De elektrolyzers zullen op de 2^{de} Maasvlakte worden geïnstalleerd, daar waar grootschalige aanlanding van windenergie is voorzien. De locatie is in Figuur 2-2 weergegeven. De elektrolyzers zullen aan de westkant van het havengebied worden geplaatst.



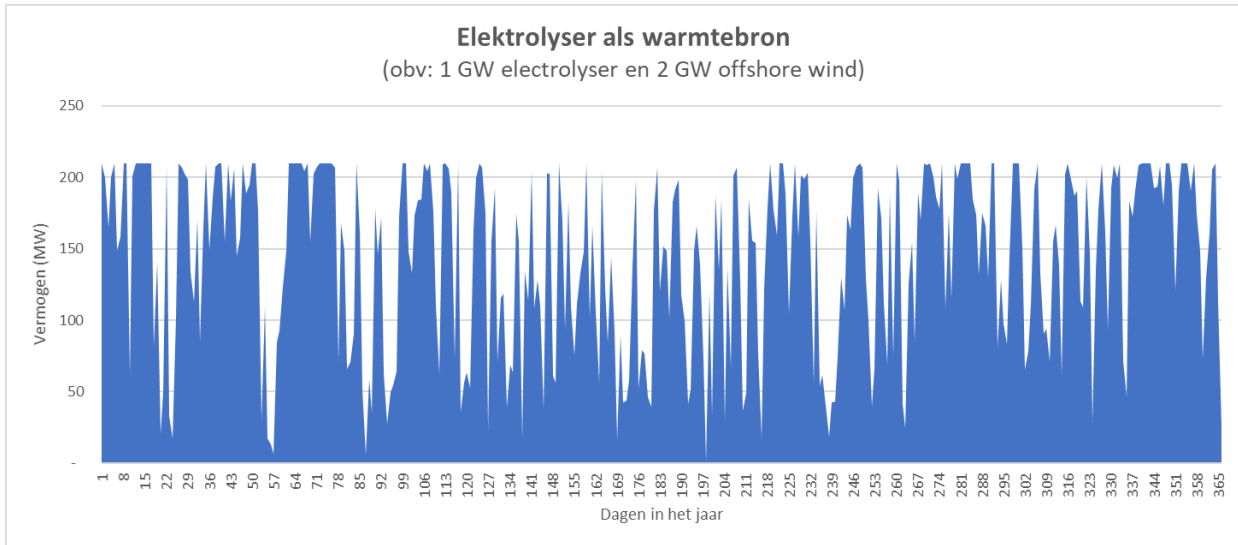
Figuur 2-2, Locatie toekomstige elektrolysers

2.2.2 Warmteaanbod

Shell Nederland heeft het voornemen een waterstoffabriek met een capaciteit van circa 200 MW te bouwen op de 2^{de} Maasvlakte. Daarbij komt restwarmte vrij met een temperatuurniveau van 65-70 °C. De verwachtingen zijn dat er meer elektrolysers worden gebouwd op de 2^{de} Maasvlakte met een totale capaciteit van 1 GW. Op verzoek van de opdrachtgevers wordt in deze Quickscan gerekend met het totale beoogde elektrolyser vermogen van 1 GW, daarbij wordt een gangbare efficiëntie van 70% aangenomen. Hierdoor is het beschikbare warmtevermogen circa 300 MW. Tenslotte is aangenomen dat slechts 70% van deze warmte effectief kan worden gebruikt voor nuttige uitkoppeling, als gevolg van o.a. opstart en afschakelen, temperatuurniveaus, etc. Een exact getal is hiervoor niet beschikbaar, daarom deze aanname. Dientengevolge is het netto te leveren warmte vermogen 210 MW.

Voor deze Quickscan nemen we aan dat de 1 GW elektrolysers worden aangesloten op een 2 GW windmolenpark op zee. Om de opbrengst van een 2 GW windmolenpark te simuleren is data gebruikt van bestaande windmolenparken op de Noordzee⁴. Het dagelijkse gemiddelde van het warmteprofiel voor een 1 GW elektrolyser is weergegeven in Figuur 4.

⁴ <https://transparency.entsoe.eu/>



Figuur 2-3, Warmteprofiel Maasvlakte elektrolyser

Uit de figuur valt af te lezen dat de wekelijkse schommelingen in het warmteaanbod optreden. Daarnaast is ook een seizoentrend waarneembaar. In de winter en herfst is het electrolyser warmteaanbod hoger dan in de zomer, dit is gunstig gezien de warmtevraag ook hoger is in de winter en herfst

Op basis van dit profiel, dat is gebaseerd op de warmte opbrengst van een 1 GW electrolyser gekoppeld aan een 2 GW windpark, is het aantal vollasturen van de electrolyser geraamd op circa 6.000 uur (utilisatie 69%), waarbij is aangenomen dat er geen (additionele) zonne-energie wordt ingezet. Dit laatste zal naar verwachting weinig effect hebben op de business case voor de afzet van restwarmte, aangezien de productie van restwarmte in de zomer zal afnemen en in de zomer is de warmtevraag laag.

Om leveringszekerheid van 210 MW te kunnen garanderen zal deze warmtebron in de praktijk veelal gecombineerd moeten worden met een flexibele bron of warmteopslag.

3 Potentiële warmteafnemers

In dit hoofdstuk worden de potentiële warmteafnemers in het gebied in kaart gebracht. Eerst wordt er gekeken naar de locatie van de afnemers en vervolgens wordt hun warmtevraag geanalyseerd. Ook wordt er gekeken naar welke warmtebron de meeste potentie heeft voor de beoogde afnemer. In Figuur 3-1 zijn de geïdentificeerde potentiële warmteafnemers in het gebied weergegeven. Deze afnemers zijn in samenspraak met de opdrachtgevers geselecteerd.



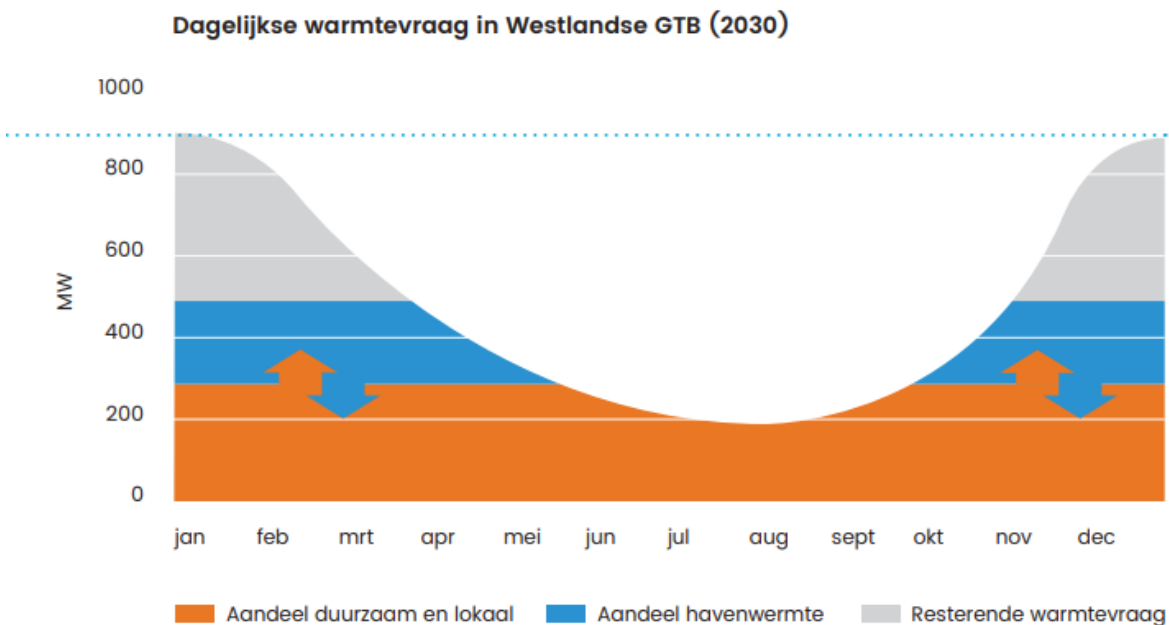
Figuur 3-1, Potentiële warmteafnemers

- | | | | |
|----------|---------------------------------|----------|------------------------|
| 1 | Het inkooppunt van WarmtelinQ | 3 | Kassen in het Westland |
| 2 | De gemeentes op Voorne-Putten | 4 | Vlaarding |
| 5 | Tankterminals Rotterdamse haven | | |

Voordat de potentiële warmteafnemers worden besproken, wordt uitgelegd wat de typische warmtevraag in Nederlandse woonbebouwing is. Om de verschillen tussen de afnemers te belichten is het noodzakelijk om eerst de warmtevraag in de woonbebouwing uit te lichten.

3.1 Warmtevraag woonbebouwing

Als inschatting voor alle scenario's is er in dit stadium van de Quicksan aangenomen dat deze de EDSN-profielen volgt⁵. Dit zijn profielen die netbeheerders gebruiken om huishoudelijk verbruik in te schatten. Ook voor de kassen wordt gebruik gemaakt van dit profiel. Aangezien het profiel van kassen afhankelijk is van de teelt en in meer gedetailleerde vorm verschilt van huishoudens zal dit in een eventuele vervolgfase in meer detail moeten worden uitgezocht, zover mogelijk. In Figuur 3-2 is een vereenvoudigd warmteprofiel voor de glastuinbouw van Westland weergegeven, deze komt met betrekking tot de seizoen trend redelijk goed overeen met warmtevraag van de woonbebouwing (Figuur 3-3).

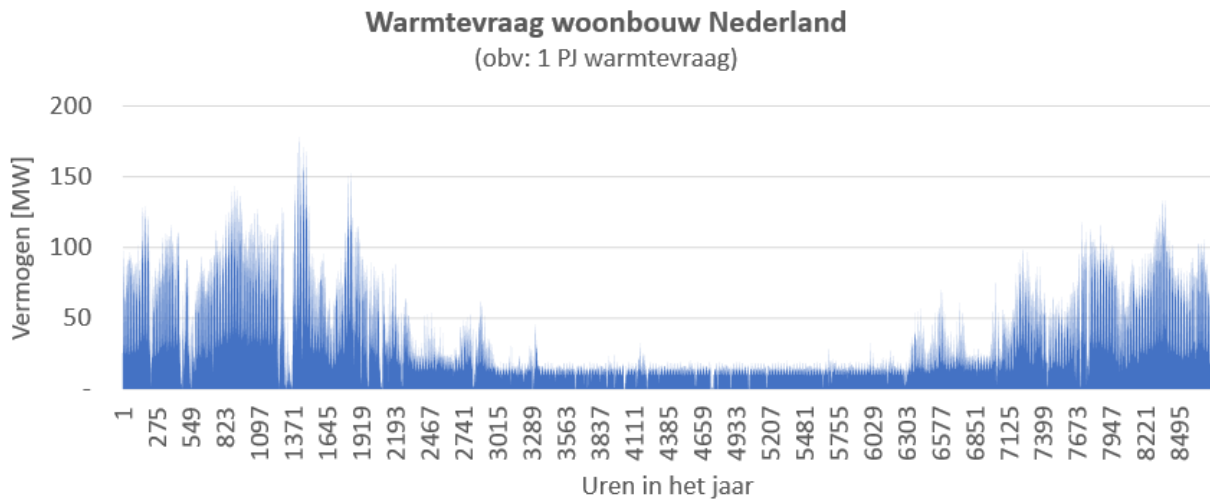


Figuur 3-2, Dagelijkse warmtevraag in Westlandse GTB (2023)⁶

Het warmtevraagprofiel voor een arbitraire vraag van 1 PJ/jr is weergegeven in Figuur 3-3. Typisch voor het profiel, waarbij gebruik is gemaakt van het genoemde EDSN-profiel, is dat dit een piek in de winter kent en het minimaal is in de zomer. De vraag in de winter is gemiddeld vijf keer hoger dan in de zomer. Dit is de oorzaak dat er veelal verschillende warmtebronnen nodig zullen zijn.

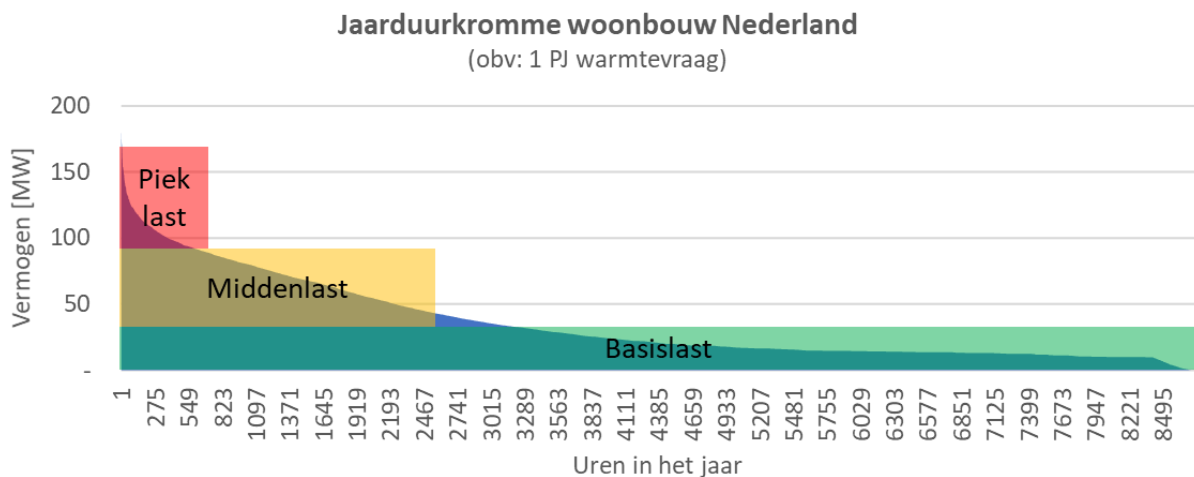
⁵ <https://www.nedu.nl/documenten/verbruiksprofielen/>

⁶ https://www.etp-westland.nl/inhoud/uploads/2019/04/WarmteSysteem-Westland_Evelien-Brederode.pdf



Figuur 3-3, Warmtevraag woonbouw (per uur)

Door alle warmtevraagpunten te rangschikken op volgorde van hoge naar lage warmtevraag ontstaat de jaarduurkromme. De jaarduurkromme voor de bovenstaande figuur is weergegeven in Figuur 3-4. In onderstaande jaarduurkromme is de tijd niet meer chronologisch gegeven (1^e uur op 1 januari en laatste uur op 31 december) maar is de warmtevraag gerangschikt op basis van uren met een bepaalde warmtevraag.

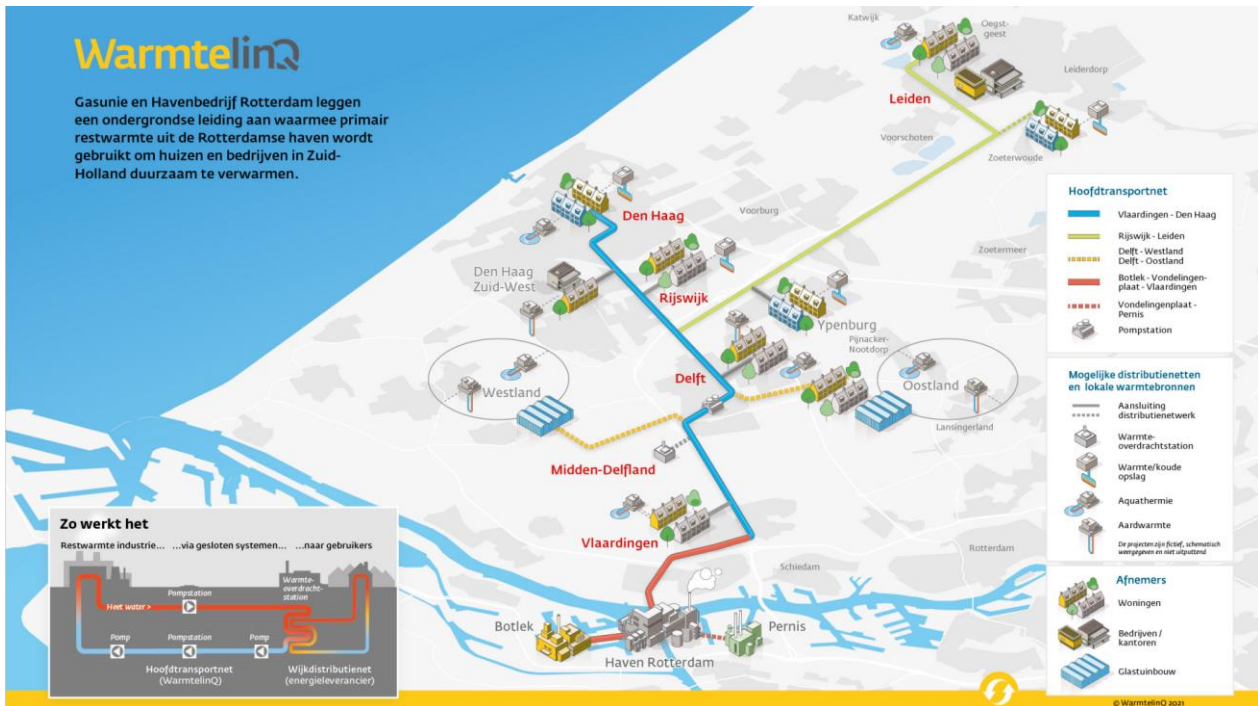


Figuur 3-4, Jaarduurkromme woonbouw (per uur)

Een jaarduurkromme voor de woonbouwomgeving is onder te verdelen in drie gebieden. Basislast, middenlast en pieklast. Basislast wordt circa 8000 uur per jaar gevraagd en is in totaal circa 50% van de totale warmtevraag. Middenlast wordt voor ongeveer 2500 uur per jaar gevraagd en levert 40% van de warmte en pieklast is circa 250 uur per jaar en is circa 10% van de warmtevraag.

3.2 WarmtelinQ

De eerste beoogde afnemer van de warmte is WarmtelinQ. WarmtelinQ is een warmteleiding die vanuit de Rotterdamse haven warmte moet gaan transporteren naar de huizen en bedrijven in Zuid-Holland. Gasunie en Havenbedrijf Rotterdam hebben op tijd van schrijven van deze rapportage de financiële investeringsbeslissing genomen voor de leiding, de leiding zelf moet nog gebouwd worden. Zie Figuur 3-5 voor een weergave van de leiding.



Figuur 3-5, WarmtelinQ ⁷

Feitelijk is WarmtelinQ zelf niet de afnemer van de warmte, maar het transportnetwerk waarover de warmte wordt getransporteerd. De warmtevraag hangt af van hoeveel huishoudens en bedrijven op WarmtelinQ worden aangesloten. In de eerste fase is het doel van WarmtelinQ om 130.000 huishoudens aan te sluiten met een leiding capaciteit van 250 MW⁸. Mochten de kassen in het Westland ook aangesloten worden op WarmtelinQ dan kan de warmtevraag significant stijgen. De totale warmtevraag van deze kassen per jaar wordt geraamd op 17,2 PJ.⁹

Voor deze Quickscan is er aangenomen dat de warmtevraag van WarmtelinQ 6,8 PJ zal zijn in 2030. Dit is de warmtevraag als er gedurende 7500 uur per jaar 250 MW warmte wordt gevraagd door de afnemers van WarmtelinQ.

De beoogde aanvoertemperatuur voor WarmtelinQ is 110°C en de retourtemperatuur 60°C. Voor beide bronnen geldt dat de warmte dus moet worden opgewaardeerd alvorens warmte kan worden geleverd (Shell WZI warmte is gebaseerd op 30°C, Maasvlakte elektrolyzers op circa 65°C).

⁷ <https://www.warmtelinq.nl/>

⁸ [Veelgestelde vragen > WarmtelinQ](#)

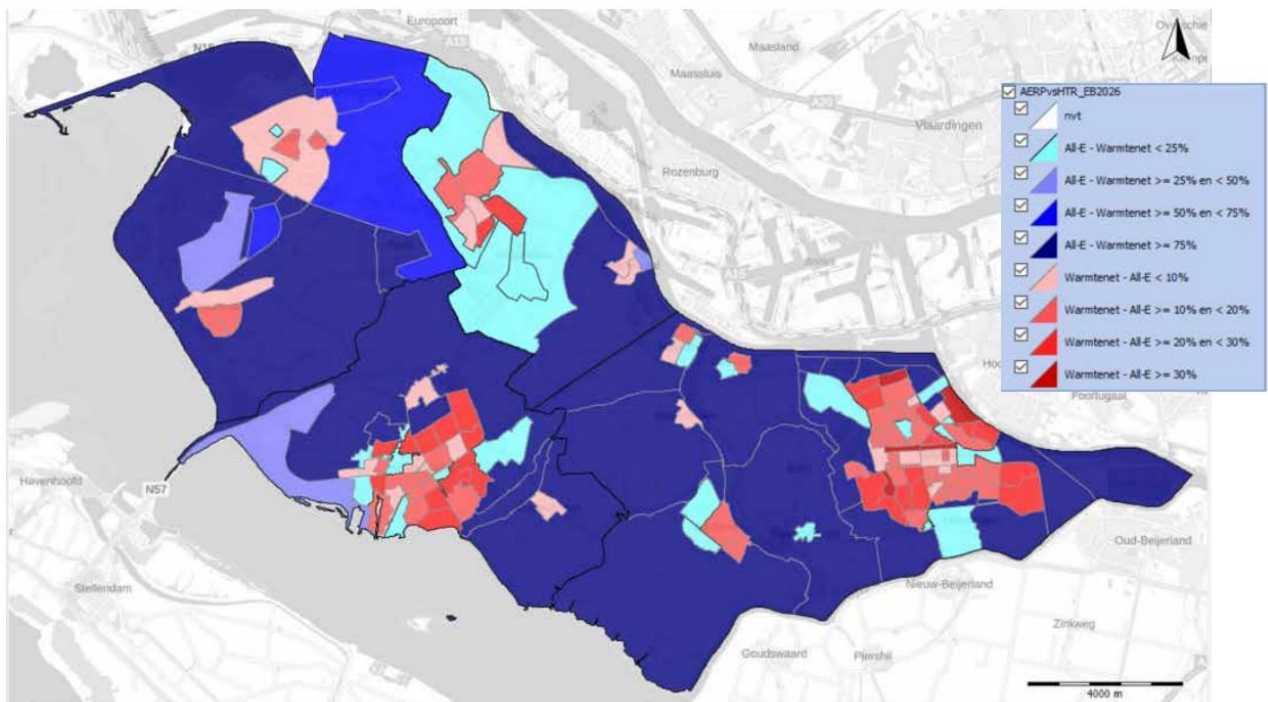
⁹ https://www.etp-westland.nl/inhoud/uploads/2019/04/WarmteSysteem-Westland_Evelien-Brederode.pdf

Daarnaast is het warmtevraagprofiel van de beoogde afnemer belangrijk. Het warmteaanbod van de WZI is vlak en continu en kan niet worden aangepast op de afnemer. Het warmteaanbod van de elektrolyzers volgt voornamelijk het profiel van windsnelheid op zee. Warmteling volgt het profiel van woonbebouwing.

Om te voorzien in de warmtevraag zijn er dus verschillende warmtebronnen nodig, zodat de dalen in warmtelevering (bijvoorbeeld bij windstilte) of pieken in de warmte vraag (winterperiode als de vraag groter is dan wat de WZI kan leveren) kunnen worden opgevangen. De WZI en elektrolyzers zijn geen bronnen die flexibel ingezet kunnen worden, hierdoor is het onverstandig om deze als piekvoorziening in te zetten. Bij voorkeur worden deze bronnen (WZI en Elektrolyzers) ingezet in de basislast, maar hiervoor moet de warmtevraag in verhouding groot zijn ten opzichte van het (inflexibele) aanbod, om deze bronnen zo veel mogelijk van hun warmte te laten leveren zodat de kosten per GJ te minimaliseren. Zie hiervoor ook figuur 8 in de vorige paragraaf.

3.3 Voorne-Putten

De tweede potentiële afnemer zijn de gemeentes in het gebied Voorne-Putten. Deze gemeentes hebben nog geen warmtenet, daarnaast bevinden ze zich dicht bij de elektrolyzers waardoor lange (en dus relatief dure) leidingen aanleggen in het havengebied niet nodig is. Om de warmtevraag in het gebied te analyseren is er gekeken naar de transitievisie warmte voor Voorne-Putten ¹⁰. Hierin staat een WAT-kaart van het gebied, zie Figuur 3-6.



Figuur 3-6, WAT-kaart Voorne-Putten (Warmtetransitievisie Voorne-Putten)

In de figuur zijn de rode gebieden aangemerkt als geschikt voor een collectief warmtesysteem en blauwe gebieden meer geschikt voor een individueel warmtesysteem, naar mate de kleur donkerder is (blauw of rood) is de desbetreffende optie interessanter. In de warmte transitievisie Voorne-Putten wordt verder aangemerkt dat de totale warmtevraag – na besparende maatregelen – 3,26 PJ/jaar wordt geschat, het percentage woningen waarvoor een collectieve warmtevoorziening wordt aanbevolen is 62%.

¹⁰ <https://www.duurzaamwestvoorne.nl/assets/files/20200323-warmtetransitievisie-voorne-putten-def.pdf>

In deze Quickscan wordt dan ook een collectieve warmtevraag van Voorne-Putten van 2 PJ/jaar aangenomen.

Het warmteprofiel volgt 'de badkuip' (vergelijkbaar met Figuur 3-3) en de aanvoer- en retourtemperatuur zijn aangenomen als 80°C en 50°C, respectievelijk. Opgemerkt wordt dat de aanvoertemperatuur iets hoger is dan de uiteindelijk vereiste temperatuur van circa 70 °C op het afleverpunt, dit om leidingverliezen te compenseren en om voldoende temperatuurverschil te hebben voor warmte overdracht.

Door de huizen beter te isoleren zou de aanvoertemperatuur mogelijk kunnen dalen, echter moet er wel rekening worden gehouden met een minimum van circa 70°C om voldoende temperatuurverschil te hebben voor het maken van warm tapwater. De circa 70°C is nodig om legionellabesmettingen te voorkomen, alhoewel hiervoor ook alternatieven bestaan.

3.4 Kassen in het Westland

NB: Onderstaande beschrijving betreft, net als de andere scenario's, een hypothetisch scenario om de mogelijkheden van levering van industriële restwarmte aan kassen te onderzoeken.

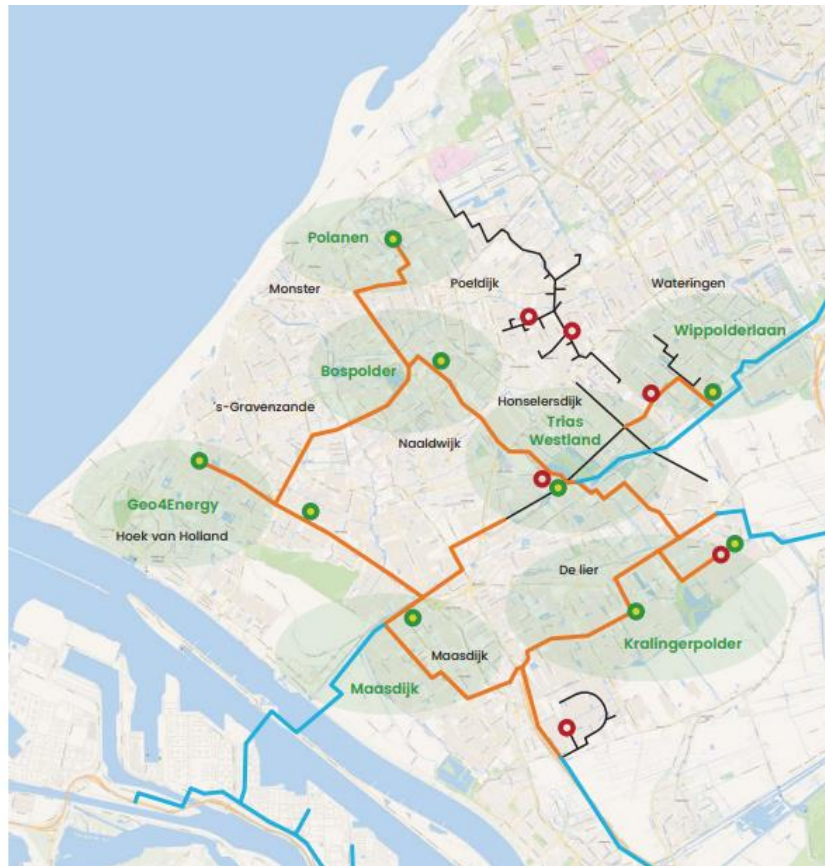
De derde beoogde afnemers zijn de kassen in het Westland. Volgens de haalbaarheidsstudie WarmteSysteem Westland (WSW)¹¹ wordt de warmtevraag voor de kassen in 2023 op 17,2 PJ/jaar geraamd. Omdat het gebied potentie heeft voor geothermie onderzoekt WSW de mogelijkheid voor het opzetten van een collectiefwarmtesysteem met als basisbron geothermie. In Figuur 3-7 worden de ontwikkelingen van het net en de geothermiebronnen weergegeven.

¹¹ https://www.etp-westland.nl/inhoud/uploads/2019/04/WarmteSysteem-Westland_Evelien-Brederode.pdf

Hoe komen we daar?

Versnellingsplan
geothermie
en stapsgewijze
vorming WSW

-  Havenwarmte
-  Nieuw netwerk
-  Nieuwe geothermie bron
-  Warmte coöperatie
-  Bestaand netwerk
-  Bestaande geothermie bron



Figuur 3-7, Collectief warmtesysteem Westland (WSW)

De auteurs geven aan dat het warmteaanbod vanuit het havengebied wordt geschat op 3,9 PJ/jaar en 3,4 PJ/jaar voor 2023 en 2030. De verwachte levering van aardwarmte zijn voor dezelfde periodes 8,7 PJ/jaar en 8,3 PJ/jaar, respectievelijk.

Direct leveren aan de kassen in het Westland heeft potentieel enkele voordelen ten opzichte van de vorige twee afnemers. Allereerst is de warmtevraag groter, hierdoor zou de restwarmte meer in de basis- en middenlast kunnen voorzien waardoor de vullasturen van het systeem hoger zijn en de prijs per GJ daalt. Daarnaast kan de aanvoertemperatuur mogelijk lager zijn dan 70°C. Hierdoor is het wellicht mogelijk dat de warmte van de elektrolyzers, zonder opwaardering door middel van warmtepompen, direct geleverd kan worden aan de kassen. Dit verlaagt significant de investeringskosten voor het warmtesysteem. Wel moet er rekening worden gehouden met het aanbod van geothermie, deze techniek wordt meestal ook als basislast ingezet.

Voor deze Quickscan wordt de warmtevraag vanuit restwarmte aangenomen op 3,4 PJ/jaar, waarmee aangesloten wordt op bovengenoemde veronderstelde warmtelevering uit het havengebied.

3.5 Tankopslag

In het Botlek gebied zijn een aantal tankterminals (inrichtingen voor de bulkopslag van vloeibare chemicaliën, olieproducten, biobrandstoffen e.d. in tanks). Een deel van deze tanks is voorzien van verwarming, o.a. om stollen van producten te voorkomen en / of de producten verpompaar te houden.

In een recent door DNV uitgevoerd onderzoek (in opdracht van de gemeente Rotterdam) ¹² is naar voren gekomen dat er circa 6,5 miljoen m³ opslagcapaciteit voorhanden is in het Botlek gebied. De daarbij behorende warmtebehoefte wordt geraamd op circa 320.000 MWh oftewel circa 1 PJ per jaar. Het vereiste temperatuurniveau varieert tussen grofweg 20 en 95°C. De behoefte aan warmte kan sterk variëren, deze is afhankelijk van de lengte van de opslag, type product, noodzaak tot verpompen en andere aspecten.

De warmtebehoefte wordt momenteel veelal gedekt door lagedruk stoomketels (aardgas) en in zeer beperkte mate door elektrische verwarming. Bezien vanuit optimale warmte overdracht en dus een klein benodigd warmtewisselend oppervlak is stoomverwarming een logische keuze: door de constante hoge condensatie temperatuur is de warmte overdracht, in vergelijking met bijvoorbeeld warm water, veel beter.

Gelet op de overall warmtevraag en de bijbehorende temperaturen bij de tankterminals, heeft de afzet van laagwaardige restwarmte, in combinatie met warmtepompen en eventueel damprecompressie, in beginsel potentie.

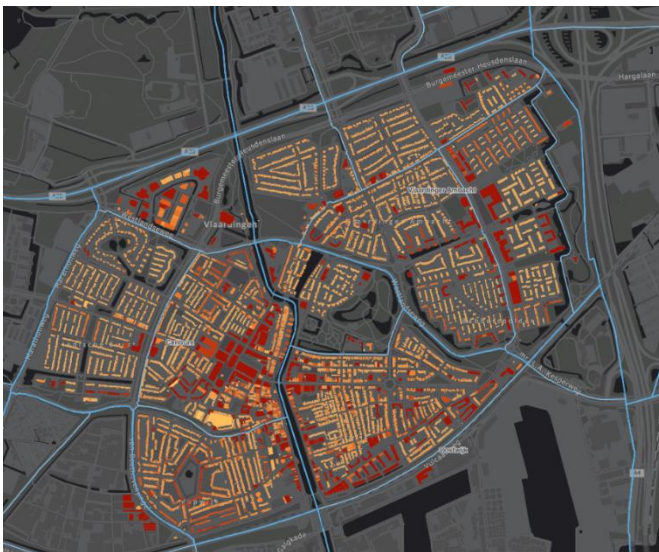
Door het ontbreken van warmtevraagprofielen in combinatie met de naar verwachting sterk variërende temperaturen, is het binnen de scope van deze Quicksan niet mogelijk om de inzet van restwarmte op techno-economische op afdoende wijze te evalueren. In overleg met de opdrachtgevers is op deze optie dan ook niet verder ingegaan.

¹² *Ontwikkeling warmte en stoomvraag tankopslag Botlek – rapportage DNV d.d. 30 juni 2021*

3.6 Vlaardingen

Als vierde scenario in deze Quicksan is – in overleg met de opdrachtgevers- besloten om een gedeelte van gemeente Vlaardingen aan te nemen als afnemers. Vlaardingen lijkt een geschikte afnemer voor de restwarmte van de Pernis WZI omdat het hemelsbreed dichtbij is, omdat de warmtevraag in dezelfde orde van grootte ligt als het aanbod, de afname gecentreerd is en omdat de temperatuur relatief weinig hoeft te worden opgewaardeerd. Een warmtenet voor woonbebouwing zou al kunnen opereren op een midden temperatuur van 70 graden in het distributie net. Voor het transportnet en daarmee de maximale warmtepomp temperatuur gaan we uit van een aanvoertemperatuur van 80°C.

In de Quicksan is aangenomen dat alleen de dichtbebouwde wijken aangesloten zullen worden op een warmtenet. In Figuur 3-8 is de warmtevraag weergegeven. Deze warmtevraag is opgesteld aan de hand van de SETuP2.0 tool (een door RHDHV ontwikkelde GIS gebaseerde tool waarmee eenvoudig op hoofdlijnen een warmtenet kan worden geschetst) en bedraagt circa 0,5 PJ/jaar. De warmtevraag (en dus het gebied) is zo gekozen dat de Pernis WZI op jaarbasis circa 70% van de warmtevraag kan voorzien. Dit ligt in lijn met de afspraak in het klimaatakkoord voor de verduurzaming van de warmtenetten en dit komt ten gunste van de business case (ten opzichte van volledige verwarming van een kleinere warmtevraag).



Figuur 3-8, Warmtevraag dichtbebouwde wijken van Vlaardingen

Aantal gebouwen	9.640
Totale berekende warmtevraag	700.535 GJ/jaar

4 Uitwerking van scenario's

In dit hoofdstuk worden de scenario's verder beschreven. Met een scenario wordt in deze studie bedoeld: "een energiesysteem waardoor de afnemer restwarmte van de bronnen kan gebruiken en leveringszekerheid wordt gegarandeerd".

De uitzondering hierop is het scenario voor WarmtelinQ, dit komt doordat de warmtevraag van WarmtelinQ zal veranderen naarmate het systeem uitbreidt. Daarnaast is het in het geval van WarmtelinQ economisch verstandiger om de piekwarmtevoorziening dicht bij de afnemers te plaatsen en niet direct nabij de electrolyser. Deze piekvoorziening ligt derhalve buiten de scope van deze Quicksan. Bij de scenario's WarmtelinQ wordt uitgegaan van de levering van een constante basislast.

De scenario's gaan uit van warmtebronnen zoals deze zijn opgegeven door de opdrachtgevers. De bijbehorende warmteafnemers zijn in samenspraak met de opdrachtgevers geselecteerd op basis van hun (verwachte) warmtevraag en locatie. Vervolgens zijn scenario's als geheel eveneens in overleg met de opdrachtgevers opgesteld.

Elk scenario begint bij één van de twee bronnen: de Pernis waterzuiveringsinstallatie (WZI) en de 2^{de} Maasvlakte elektrolyzers. De productie van waterstof uit de elektrolyzers – en daarmee de warmteproductie - zal de productie van windenergie (wind op zee) volgen. Hierdoor is deze bron niet te sturen. De warmtevraag is ook niet of nauwelijks te sturen en volgt bovendien een ander profiel. De warmte uit de WZI van Pernis is constant gedurende het jaar en is niet in staat om in de warmtevraagpieken te voorzien. Hierdoor is er behoefte aan additionele warmtebronnen- en/of opslagvoorzieningen. Uiteraard is het doel van deze studie om de warmtevoorziening in de regio te verduurzamen, maar aardgas is alsnog als piekvoorziening meegenomen in de studie.

Voor elk scenario is het formaat van de flexibele bron en/of energieopslag aangepast zodat voor elk uur in het jaar de warmtevraag kan worden gegarandeerd. Vervolgens zijn voor de energiesystemen een aantal belangrijke prestatie-indicatoren onderzocht; onder andere:

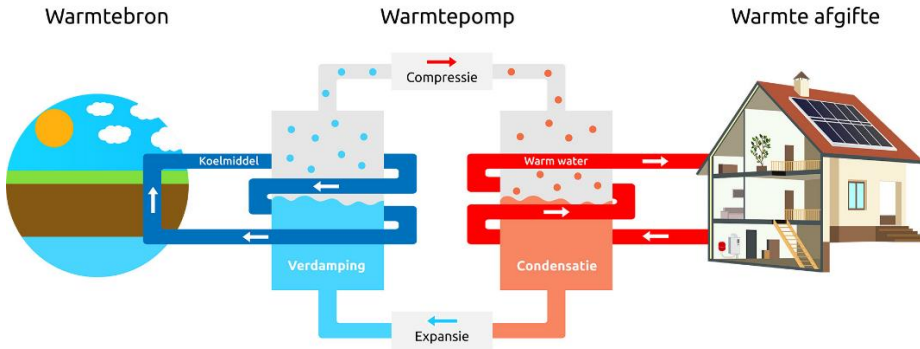
- De levelized cost of heat (LCOH);
- Het CO₂ besparingspotentieel (ten opzichte van aardgas);
- Het gas-/elektraverbruik.

Deze prestatie indicatoren zijn als input gebruikt voor een multi-criteria analyse. Daarnaast zijn er een aantal (extra) kwalitatieve criteria meegenomen. Op basis van deze analyse kunnen de opdrachtgevers aangeven welke scenario's zij eventueel verder uitgewerkt zouden willen zien in fase B van deze studie.

Alvorens de resultaten worden besproken worden eerste de scenario's in meer detail uitgelegd. Omdat in veel van de scenario's warmtepompen worden gebruikt en omdat het werkprincipe van een warmtepomp niet intuïtief is wordt deze eerst toegelicht in paragraaf 4.1.

4.1 Werkingsprincipe van een warmtepomp

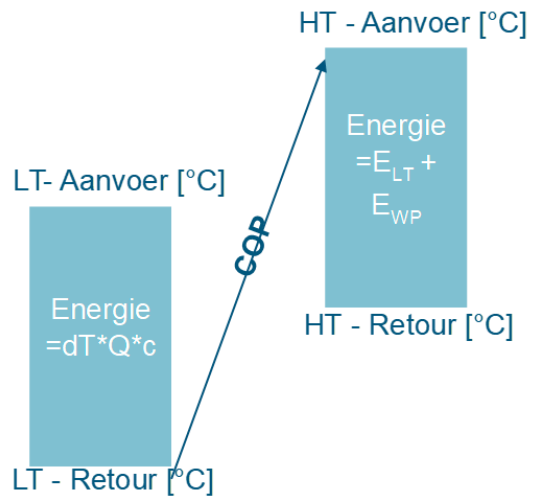
Een warmtepomp is een apparaat dat veelal bestaat uit een compressor en warmtewisselaars. Dit apparaat kan warmte van een energiebron met lage temperatuur transporteren naar een afnemer die een hogere temperatuur vereist. Inzet van dit apparaat is in veel van de scenario's nodig omdat de gewenste aanvoertemperatuur hoger is dan de aanvoertemperatuur van de bron. In Figuur 4-1 is het werkprincipe van een warmtepomp weergegeven, uitgaande van bijvoorbeeld water als bron en een huis als afnemer.



Figuur 4-1, Werkprincipe van een warmtepomp ¹³

De warmtepomp cyclus begint bij de warmtebron. Deze bron verdampt het koelmiddel van de warmtepomp tot een gas. Vervolgens wordt het koelmiddel (nu gasvormig) gecomprimeerd tot hogedruk gas. Door de compressie is de temperatuur van het gas toegenomen en kan het warmte afstaan aan de woning. Hierdoor condenseert het gas en wordt er hogedruk vloeistof gevormd. Vervolgens wordt de druk verlaagd in een expansieventiel en kan de cyclus weer opnieuw beginnen. Als koelmiddel worden er stoffen gebruikt die bij lage temperatuur verdampen, hierdoor kan de warmtebron relatief laag van temperatuur te zijn.

Een belangrijke maatstaaf voor de prestatie van een warmtepomp is de coëfficiënt of performance (CoP). De CoP geeft aan hoeveel elektrische energie in de compressor moet worden gestopt ten opzichte van de thermische energie die wordt geleverd. Zie Figuur 4-2 voor illustratie van de COP.



Figuur 4-2, Coëfficiënt of Performance warmtepomp

¹³ <https://duurzaamheidsvergelijker.nl/warmtepomp/hoe-werkt-een-warmtepomp>

4.2 Scenario 1: Elektrolyser warmte leveren aan WarmtelinQ

Zoals aangegeven moet voor een scenario de leveringszekerheid worden gegarandeerd door de restwarmtebron, een piekbron en / of warmteopslag. Dit is in het geval van WarmtelinQ niet anders, echter wordt WarmtelinQ naar verwachting ontwikkeld om alleen de basis-/middenlast van de afnemers te voorzien. In de praktijk zal de piek-energie lokaal worden aangeboden, dit reduceert de kosten voor WarmtelinQ. In deze Quicksan is er voor gekozen om de warmte aan WarmtelinQ aan te bieden als basislast van 250 MW (warmtecapaciteit van WarmtelinQ), de piekvoorziening en opslag vallen op dit moment in deze Quicksan buiten de scope van dit scenario. De elektrolyzers volgen het wind profiel, hierdoor dient er een regelbare bron ingezet te worden die de (warmte-) gaten in het profiel van de elektrolyzers kan afdekken.

4.2.1 Beschrijving van het warmtesysteem

Om de warmte op te waarden van 60°C (uitkoppeling elektrolyzers LT-retour) naar 110°C (HT- aanvoer) wordt een warmtepomp worden gebruikt met een COP van 4,7. Om in een quickscan als deze een redelijke schatting te maken van een CoP wordt als eerste benadering veelal uitgegaan van circa 60 - 70% van het zogenaamde Carnot efficiency (dat is de theoretisch maximaal haalbare CoP).

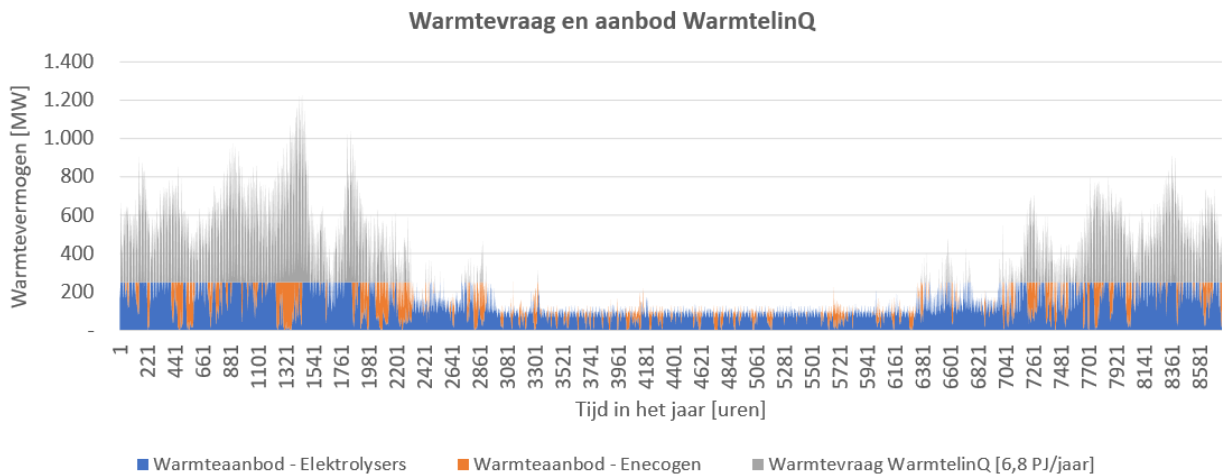
In dit geval betekent dat voor elke 4,7 thermische eenheden die wordt toegevoegd aan de warmtestroom, één elektrische eenheid wordt gebruikt in de compressor.

Uitgaande van bovengenoemde CoP en het doel om 250 MW aan WarmtelinQ te leveren, zal door het gebruik van warmtepompen het te leveren vermogen van de elektrolyzers worden verhoogd van 197 MW (warmte uit de electrolyser) naar 250 MW (incl. de elektrische energie van de warmtepomp).

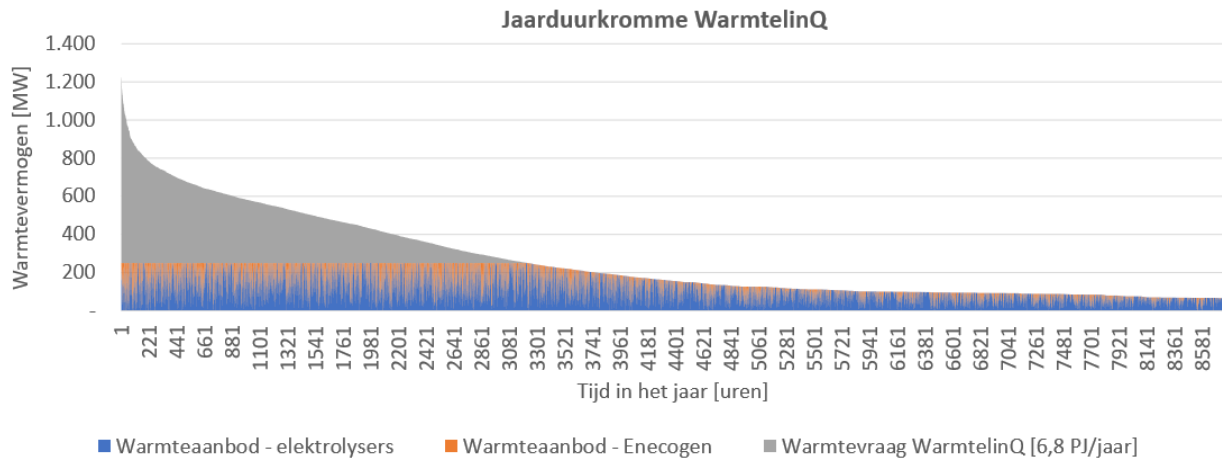
Om een basislast te kunnen garanderen moet er dus een regelbare bron worden toegevoegd van 250 MW. Hiervoor is uitgegaan van een (fictieve) koppeling met Enecogen. Enecogen is een Stoom-en Gascentrale (STEG) gelegen in Europoort. De profielen van de elektrolyser restwarmte en de Enecogen warmte vullen elkaar naar verwachting goed aan, aangezien de elektrolyser warmte beschikbaar heeft als het waait en er ruim aanbod aan elektriciteit is. Enecogen gebruikt aardgas voor het produceren van elektriciteit en zal daarom pas produceren op het moment dat er een gebrek is aan elektriciteit is.

In de huidige staat kan er geen restwarmte worden afgetapt van Enecogen, echter als de Enecogen centrale zou worden omgebouwd, zou er lagedruk stoom uit de stoomturbine van Enecogen kunnen worden gebruikt voor de productie van warm water. Dan wordt het een WKC-installatie die uit aardgas elektriciteit opwekt en de warmte kan exporteren, waarmee de energie uit het aardgas efficiënter benut kan worden. Het aftappen van restwarmte zorgt wel voor enige elektriciteitsderving, aangezien het lagedruk deel van de stoomcyclus niet ingezet kan worden voor elektriciteitsproductie. Echter in energetisch opzicht (MWh E ten opzichte van MWh warmte) is deze derving beperkt.

In Figuur 4-3 en Figuur 4-4 zijn respectievelijk de warmtevraag- en aanbod van WarmtelinQ en de jaarduurkromme weergegeven. In het blauw en in het oranje zijn het warmteaanbod van de elektrolyzers zichtbaar en is de inzet van de warmte van Enecogen inzichtelijk gemaakt.



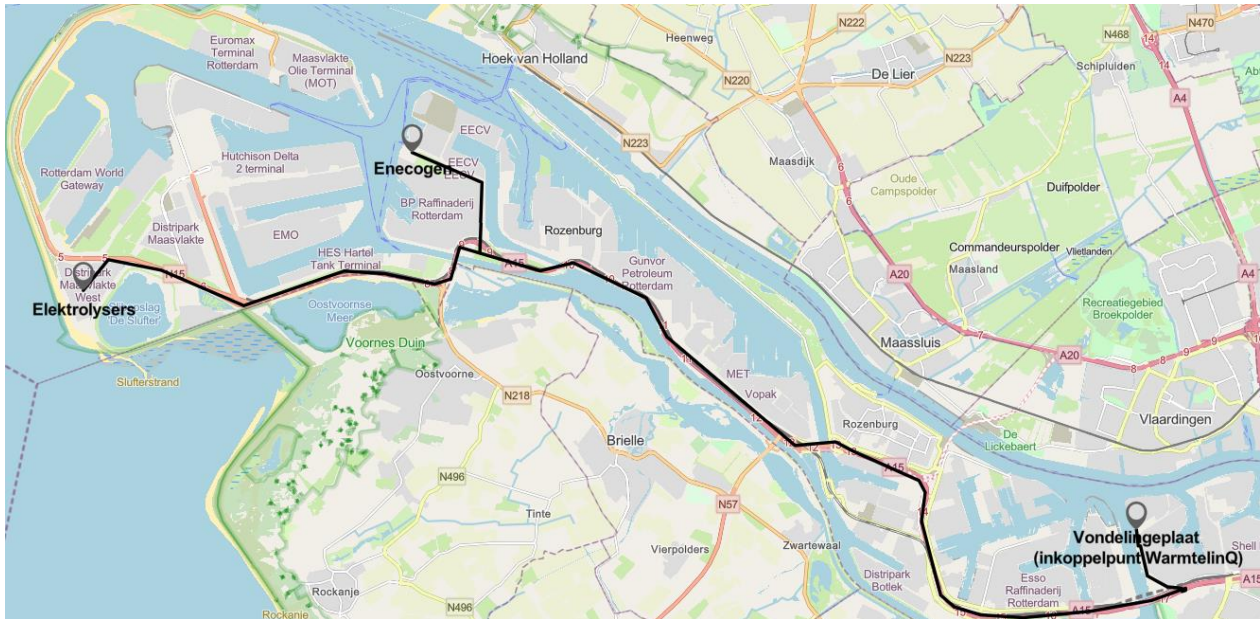
Figuur 4-3, Warmteprofiel WarmtelinQ



Figuur 4-4, Jaarduurkromme WarmtelinQ

Het is binnen de scope van een Quick scan niet haalbaar om een volledige business case voor warmte uitkoppeling vanuit de STEG van Enecogen uit te werken. Voor het importeren van de restwarmte van Enecogen wordt er voor de Quicksan dan ook met een aangenomen tarief van 5 €/GJ gerekend om de elektra derving en investeringskosten van Enecogen te dekken. Uitgangspunt voor deze aanname is een prijs die lager is dan de prijs van warmte uit aardgas (circa 7 €/GJ).

Om de warmte van de elektrolyzers in WarmtelinQ te krijgen moet er een warmtetransportleiding worden aangelegd. Eén van de mogelijke warmteleveranciers van WarmtelinQ is afvalverwerker Rotterdam (AVR). Het is aannemelijk dat er een waterleiding vanaf AVR naar de Vondelplaat wordt gelegd, hierdoor zou mogelijk dit stuk leiding worden gebruikt voor de restwarmte van de elektrolyzers. Voor de Quicksan is aangenomen dat de warmte wordt geleverd ter hoogte van de locatie AVR. Hiervoor is circa 22,6 kilometer aan leiding nodig (in beide richtingen) en moeten er drie boringen plaatsvinden.



Figuur 4-5, Leidingen voor warmtelevering elektrolyzers aan WarmtelinQ

4.2.2 Indicatie van kosten

De kosteninschatting voor dit scenario is onderverdeeld in CAPEX en OPEX kosten. Aspecten die zijn meegenomen voor de CAPEX-kosteninschatting zijn:

- Aanschaf van warmtepompen:
 - SDE-subsidie.
- Aanleggen van transportleidingen:
 - Benodigde boringen.
- Ontwikkelkosten.

Voor OPEX-kosteninschattingen zijn de volgende aspecten meegenomen:

- Kosten voor aansluiten gas/elektra;
- Kosten voor inkopen van externe warmte;
- Kosten voor inkopen van elektriciteit;
- Netbeheerkosten;
- Onderhouds-en beheerkosten van warmtepompen;
- Operationele kosten voor het transportnet;
- Energiebelastingen.

Voor alle scenario's zijn de kentallen opgenomen in Appendix A1.

4.3.2 Indicatie van kosten

De kosteninschatting voor dit scenario is onderverdeeld in CAPEX en OPEX kosten.

Aspecten die zijn meegenomen voor de CAPEX-kosteninschatting zijn:

- Aanschaf van warmtepompen:
 - SDE-subsidie.
- Aanleggen van transportleidingen:
 - Benodigde boringen.
- Aanleggen van de HTO's;
- Ontwikkelkosten.

Voor OPEX-kosteninschattingen zijn de volgende aspecten meegenomen:

- Kosten voor aansluiten gas/elektra;
- Kosten voor inkopen van externe warmte;
- Kosten voor inkopen van elektriciteit;
- Netbeheerkosten;
- Onderhouds- en beheerkosten van warmtepompen;
- Operationele kosten voor het transportnet;
- Energiebelastingen.

Voor alle scenario's zijn de kentallen opgenomen in Appendix A1.

4.4 Scenario 3: Elektrolyser warmte leveren aan kassen Westland

Het derde scenario is het leveren van warmte aan de kassen in het Westland. Zoals eerder aangeduid is dit scenario, net als de andere, een hypothetisch scenario.

4.4.1 Beschrijving van het warmtesysteem

Dit scenario is om twee redenen interessant. Allereerst is de vraag naar warmte in het Westland groot (17.2 PJ/jaar in 2030) (zie studie WSW¹⁴), hierdoor kunnen de elektrolyzers warmte leveren in de basis- en middenlast.

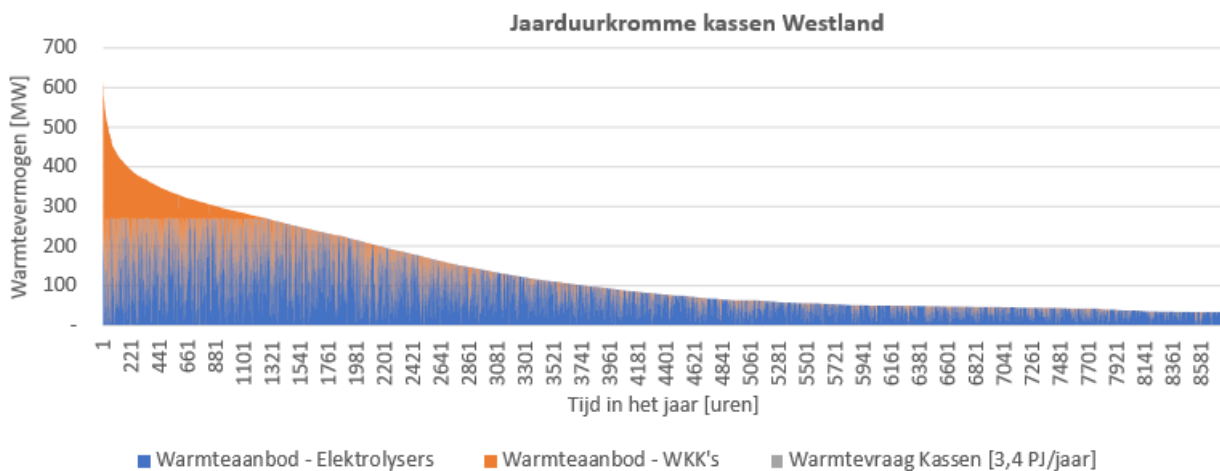
Daarnaast is het wellicht mogelijk om kassen om te bouwen, zodat deze water op lagere temperatuur kunnen inzetten voor verwarming. Hierdoor is het gebruik van warmtepompen niet nodig, hetgeen de investering van het project verlaagt.

In Figuur 3-7 is een overzicht gegeven van de warmtecoöperaties in het Westland. Deze coöperaties zijn o.a. opgericht om onderzoek te doen naar het geothermie potentiaal in de regio en om kassen hier door middel van warmtenetten op aan te sluiten. Dit warmtenet zal werken op een temperatuur van 80°C. Deze temperatuur is echter ongunstig voor beide bronnen (elektrolyser en geothermie) omdat de warmte eerst moet worden opgewaardeerd, hiervoor zal er moeten worden geïnvesteerd in warmtepompen. Voor dit scenario is er dan ook aangenomen dat in een gedeelte van het gebied leidingen worden aangelegd die 60°C transport mogelijk maken. In het specifiek is voor deze Quickscan aangenomen dat warmtecoöperatie *Geo4energie* openstaat om restwarmte van circa 60°C uit het havengebied te ontvangen. De totale warmtevraag is 3,4 PJ/jaar en is overgenomen uit de studie van Warmtesysteem

¹⁴ https://www.etp-westland.nl/inhoud/uploads/2019/04/WarmteSysteem-Westland_Evelien-Brederode.pdf

Westland. De restwarmte wordt aangevuld met warmte uit de bestaande WKK's bij de tuinders. Deze WKK's vervullen een trippelrol, ze voorzien de kassen van warmte en CO₂ (voor de groei van planten) en genereren elektriciteit.

Om een warmtesysteem samen te stellen is buiten de totale warmtevraag ook een warmteprofiel nodig. Bij gebrek aan een warmteprofiel voor kassen is in deze Quickscan het profiel voor de woonbebouwing overgenomen¹⁵, aangezien dat beide afnemers een vergelijkbare seizoenstrend volgen. De jaarduurkromme voor de kassen is weergegeven in Figuur 4-7. De piekvraag is 613 MW. De totale warmtevraag die door elektrolyzers kan worden geleverd is 76%, de overige 24% zal met bestaande WKK's bij de kassen moeten worden geleverd. Het aardgas dat moet worden ingekocht is meegenomen in de kostenbepaling, de CAPEX voor de WKK's uiteraard niet.



Figuur 4-7, Jaarduurkromme kassen Westland (gebaseerd op 3,4 PJ/jr)

NB: Warmtevraag in grijs niet zichtbaar door dat optel som Electrolyzers en WKK's gelijk is aan de warmte vraag

Om bron en afnemer met elkaar te verbinden moet er een warmteleiding worden aangelegd. Voor de Quickscan is aangenomen dat 'leiding over west'¹⁶ de gekozen route hiervoor is. Deze is weergegeven in Figuur 4-8. Omdat de leiding het Calandkanaal en de Nieuwe Waterweg moet onderkruisen zal dit een kostbare leiding worden. In deze Quickscan wordt er aangenomen dat de totale kosten van de boringen circ 20 miljoen euro zal bedragen. Dit bedrag komt uit een eerdere studie die beschikbaar is gesteld door de opdrachtgever.

¹⁵ <https://www.nedu.nl/documenten/verbruiksprofielen/>

¹⁶ <https://warmopweg.nl/wp-content/uploads/2015/10/Resultaten-verkennend-onderzoek-warmterotonde-cluster-west.pdf>



Figuur 4-8, Leiding van elektrolyser naar Geo4energy

4.4.2 Indicatie van kosten

De kosteninschatting voor dit scenario is onderverdeeld in CAPEX en OPEX kosten. Aspecten die zijn meegenomen voor de CAPEX-kosteninschatting zijn:

- Aanleggen van transportleidingen:
 - Benodigde boringen.
- Ontwikkelkosten.

Voor OPEX-kosteninschattingen zijn de volgende aspecten meegenomen:

- Kosten voor aansluiten gas;
- Kosten voor inkopen van externe warmte;
- Kosten voor inkopen van elektriciteit;
- Netbeheerkosten;
- Operationele kosten voor het transportnet;
- Energiebelastingen.

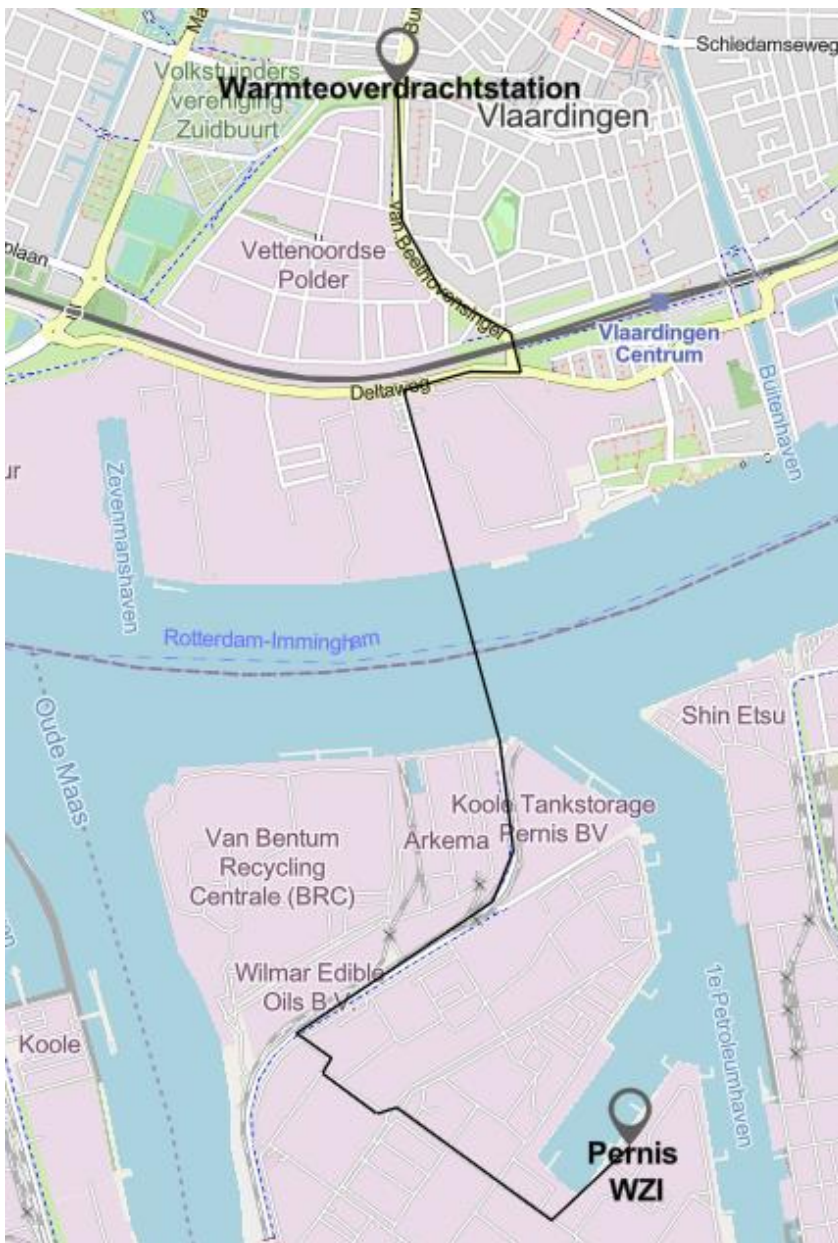
Voor alle scenario's zijn de kentallen opgenomen in Appendix A1.

4.5 Scenario 4: Pernis warmte (effluent Shell) leveren aan Vlaardingen

In deze paragraaf wordt de levering van warmte van de Pernis WZI aan centrum wijken van Vlaardingen beschreven. De warmte wordt bij een fictief WOS afgeleverd, vanuit hier wordt het met het distributienet naar de eindgebruikers vervoerd. Dit gedeelte valt buiten de scope van het scenario.

4.5.1 Beschrijving van het warmtesysteem

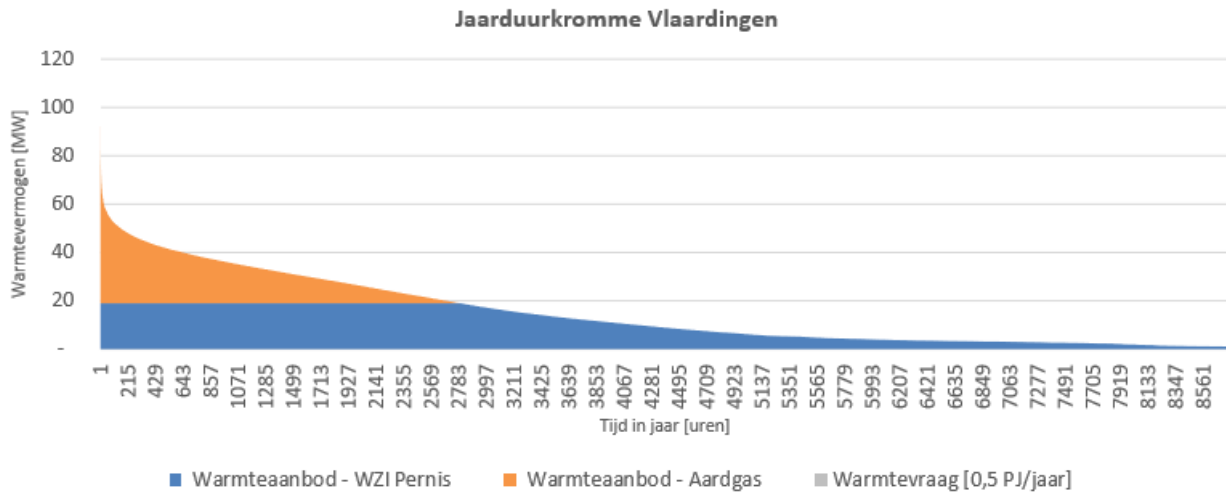
Vlaardingen is, in samenspraak met de opdrachtgevers, gekozen als potentiële afnemer van de restwarmte van de Pernis WZI. Dit komt doordat de bron en gebruiker dicht bij elkaar liggen, omdat Vlaardingen relatief dicht bebouwd is en de jaarlijkse afname en productie van gelijke orde grootte zijn.



Figuur 4-9, Leiding van Pernis WZI naar Vlaardingen WOS

De warmtevraag (i.e. de omvang van het netwerk en aantal aangesloten woningen) is zo gekozen dat de Pernis WZI op jaar- basis in 70% van de warmtevraag kan voorzien. Dit ligt in lijn met de afspraak in het klimaatakkoord voor de verduurzaming van de warmtenetten en dit komt ten gunste van de business case (ten opzichte van volledige verwarming van een kleinere warmtevraag). De overige warmtevraag (30%) wordt in dit scenario wordt geleverd met aardgas.

Alvorens de warmte geleverd kan worden aan het Warmteoverdrachtstation (WOS) moet de temperatuur worden opge- waardeerd. Voor dit scenario worden warmtepompen gebruikt die de LT-aanvoertemperatuur van 30°C opwaarden naar een HT-aanvoertemperatuur van 80°C met een COP van 4,1.



Figuur 4-10, Jaarduurkromme Vlaardingen (gebaseerd op 0,5 PJ/jr)

Een mogelijke route voor de transportleiding tussen de WZI en de Vlaardingen WOS is weergegeven in Figuur 4-9. Voor de boring onder de Nieuw Maas zijn de kosten geraamd op 6 miljoen euro.

4.5.2 Indicatie van kosten

De kosteninschatting voor dit scenario is onderverdeeld in CAPEX en OPEX kosten. Aspecten die zijn meegenomen voor de CAPEX-kosteninschatting zijn:

- Aanleggen van transportleidingen:
 - Benodigde boringen.
- Aanschaf van warmtepompen:
 - SDE-subsidie.
- Ontwikkelkosten.

Voor OPEX-kosteninschattingen zijn de volgende aspecten meegenomen:

- Kosten voor aansluiten gas;
- Kosten voor inkopen van elektriciteit;
- Netbeheerkosten;
- Onderhouds-en beheerkosten van warmtepompen;
- Operationele kosten voor het transportnet;
- Energiebelastingen.

Voor alle scenario's zijn de kentallen opgenomen in Appendix A1.

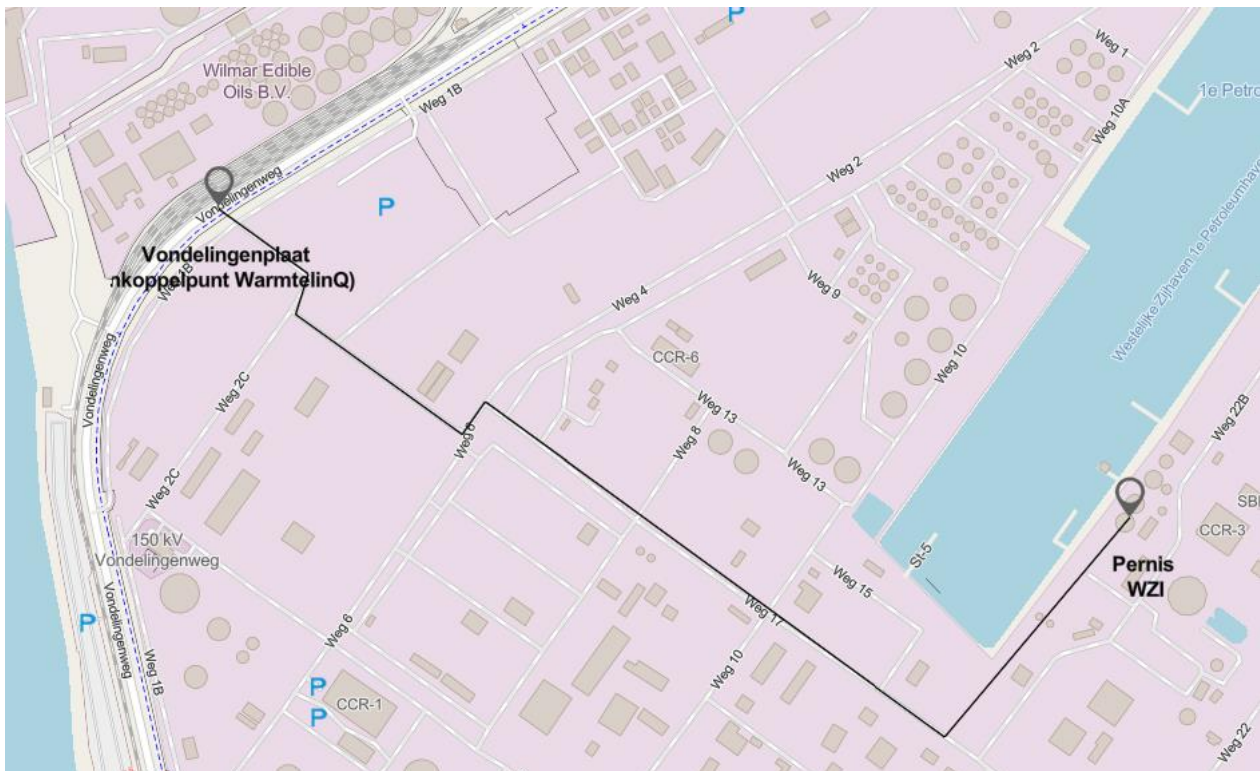
4.6 Scenario 5: Pernis warmte (effluent Shell) leveren aan WarmtelinQ

Het laatste scenario dat in deze Quickscan wordt behandeld is warmtelevering vanaf de Pernis waterzuiveringsinstallatie (WZI) aan WarmtelinQ.

4.6.1 Beschrijving van het warmtesysteem

Het leveren van de WZI aan WarmtelinQ heeft voor- en nadelen. Eén voordeel is dat de WZI continu levert en daarom WarmtelinQ van een basislast kan voorzien, zonder dat het profiel door een flexibele bron hoeft te worden aangevuld. Het nadeel van deze bron is de lage temperatuur. De LT-aanvoer is in de winter 30°C en de LT-retour is 15°C. De benodigde HT-aanvoer is 110°C. Dit grote temperatuurverschil veroorzaakt een lage COP van de warmtepomp en als gevolg een hoger elektriciteitsverbruik. Voor dit scenario is een warmtepomp met een COP van 3.3 aangenomen.

Een ander voordeel van dit scenario is de relatief korte leiding die moet worden aangelegd. Voor WarmtelinQ is een warmte inkoppelstation bij Vondelingenplaat voorzien, dit is dicht bij de WZI, zie Figuur 4-11.



Figuur 4-11, Leiding van Pernis WZI naar WarmtelinQ

4.6.2 Indicatie van kosten

De kosteninschatting voor dit scenario is onderverdeeld in CAPEX en OPEX kosten.

Aspecten die zijn meegenomen voor de CAPEX-kosteninschatting zijn:

- Aanleggen van transportleidingen:
 - Benodigde boringen.
- Aanschaf van warmtepompen:
 - SDE-subsidie.
- Ontwikkelkosten.

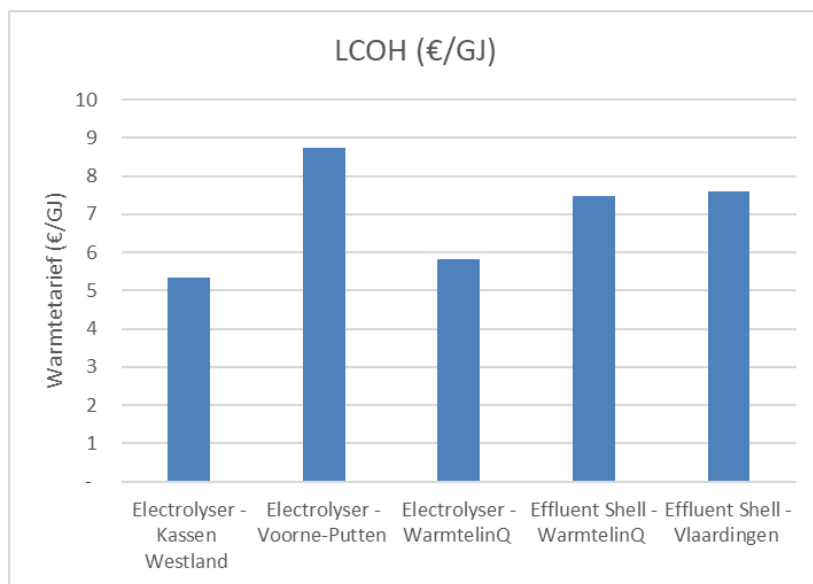
Voor OPEX-kosteninschattingen zijn de volgende aspecten meegenomen:

- Kosten voor inkopen van elektriciteit;
- Netbeheerkosten;
- Onderhouds-en beheerkosten van warmtepompen;
- Operationele kosten voor het transport;
- Energiebelastingen.

Voor alle scenario's zijn de kentallen opgenomen in Appendix A1.

4.7 Vergelijking van de scenario's

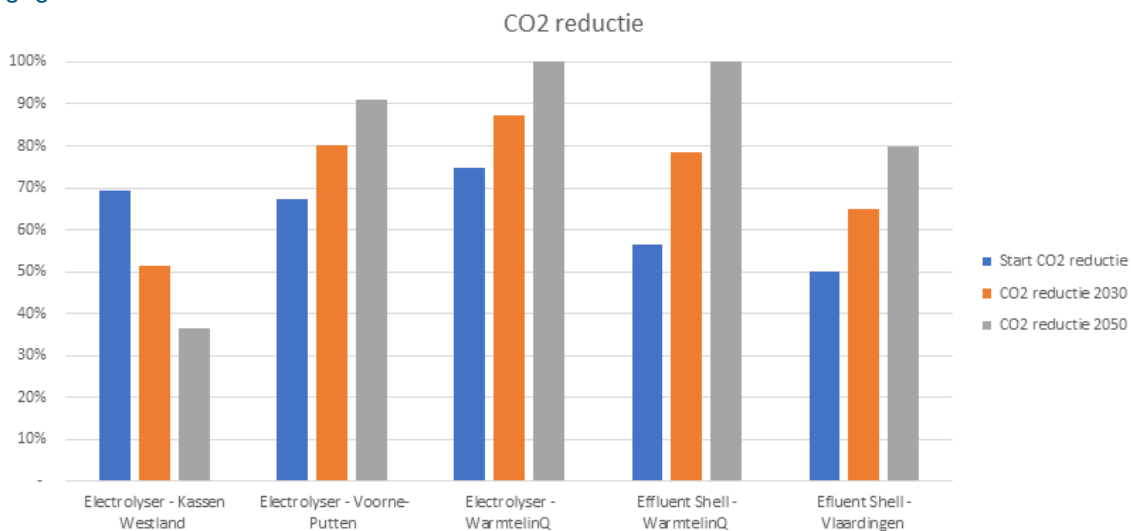
In deze paragraaf worden de scenario's met elkaar vergeleken. De eerste vergelijking vindt plaats op basis van de Levelized Cost of Heat (LCOH). De LCOH beschrijft de kosten voor het produceren van één energie-eenheid. In Figuur 4-12 is een inschatting van de LCOH voor de scenario's weergegeven in €/GJ. Deze inschatting is gemaakt aan de hand van kentallen (inclusief beperkte benchmarking van de prijs van warmtepompen aan marktprijzen) in het business-case model, aan de hand van FAST-methodiek. Deze getallen staan vermeld in Appendix A1. Daarnaast is voor geen van de scenario's warmtelevering tot in het huis meegenomen. In plaats daarvan is er uitgegaan van de levering aan (fictieve) warmteoverdracht stations (WOS's).



Figuur 4-12, Indicatie van Levelized cost of Heat voor de scenario's

Uit de analyse van het business-case model volgt dat de LCOH's van de scenario's orde van grootte vergelijkbaar zijn met de LCOH van aardgas (11 €/GJ, (1 t/m 10 TJ), 8 €/GJ (100, t/m 1000 TJ),¹⁷), hierdoor worden er op voorhand geen scenario's uitgesloten. Hierbij wordt nogmaals vermeld dat de warmte niet tot de eindgebruikers is geleverd, maar tot een fictief WOS (of in het geval van WarmtelinQ tot het inkooppunt). De LCOH voor levering tot in de woning zal dan ook hoger zijn, maar om de LCOH onderling enigszins te kunnen vergelijken (o.a. vanwege de opzet van WarmtelinQ) is gekozen voor levering tot aan een WOS.

Met name leveren van warmte vanaf de elektrolyzers naar de kassen en WarmtelinQ lijkt in deze eerste economische analyse hoopgevend. Een ander aspect van de scenario's is de reductie in CO₂ die de scenario's ten opzichte van aardgas bewerkstelligen. In Figuur 4-13 is een indicatie van de CO₂-reductie weergegeven.



Figuur 4-13, Indicatie CO₂ reductie voor de scenario's

Het is duidelijk dat alle scenario's, maar in mindere mate het scenario Kassen Westland, leiden tot een reductie in CO₂ emissies ten opzichte van aardgas verwarming.

Hierbij is het volgende belangrijk: voor de berekening van de CO₂ emissies van met name de WKK-achtige warmtebronnen (WKK-gasmotoren bij tuinders en de Enecogen STEG) is aangesloten bij het 'rapport Harmelink'¹⁸:

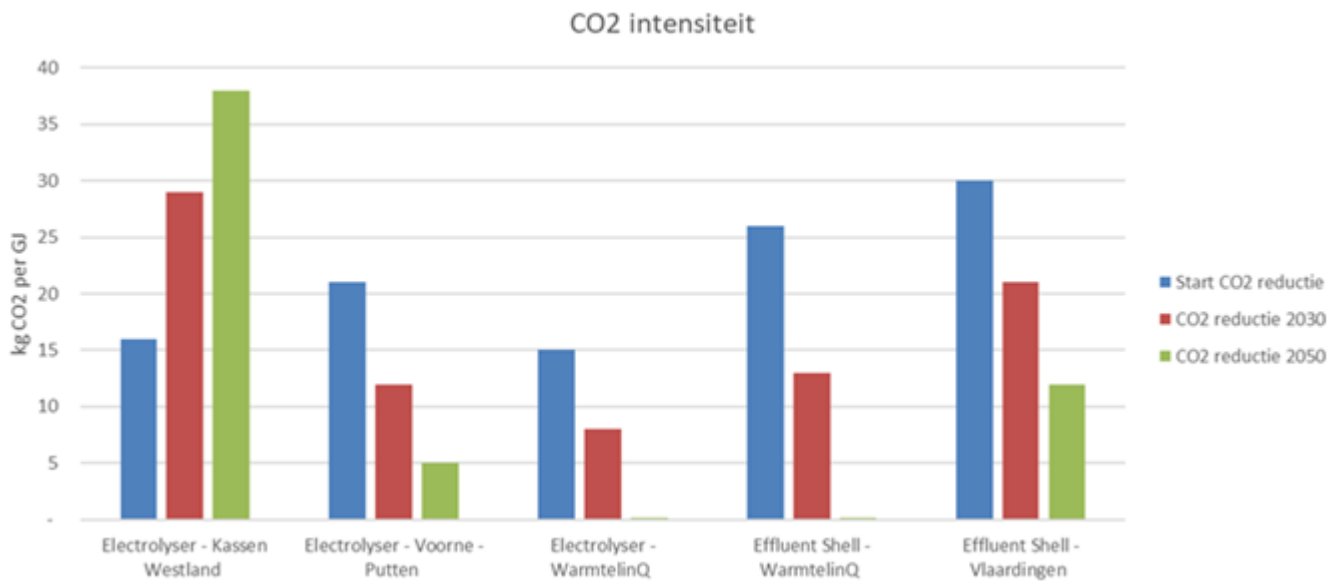
- Voor de WKK-gasmotoren is aangenomen dat dit WKK's zijn die geen electriciteitsderving kennen bij levering van warmte (hoofdstuk 7.4 van het 'Rapport Harmelink'). Als gevolg van de te verwachten verduurzaming van het elektriciteitsnet wordt conform de rekenregels steeds meer CO₂ 'toegerekend' aan de warmte;
- Voor Enecogen (STEG) wordt na aanpassing verondersteld dat dit een WKK is die electriciteitsderving kent bij levering van warmte (hoofdstuk 7.5 van het 'Rapport Harmelink'). Als gevolg van de te verwachten verduurzaming van het elektriciteitsnet wordt conform de rekenregels steeds minder CO₂ 'toegerekend' aan de warmte.

Als gevolg van bovenstaande is er bij het scenario Kassen Westland een groeiende CO₂ emissie en daalt de CO₂ emissie juist erg hard bij het scenario Electrolyser WarmtelinQ. Dit zijn dus 'boekhoudkundige' effecten. Het is uiteraard de vraag in hoeverre een warmtenet voor kassen op dezelfde manier zal worden beoordeeld als een 'collectieve warmtevoorziening'.

¹⁷<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/00372/table?ts=1645543026677>

¹⁸ <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/02/Rapport-Duurzaamheid-warmtelevering-februari-2020.pdf>

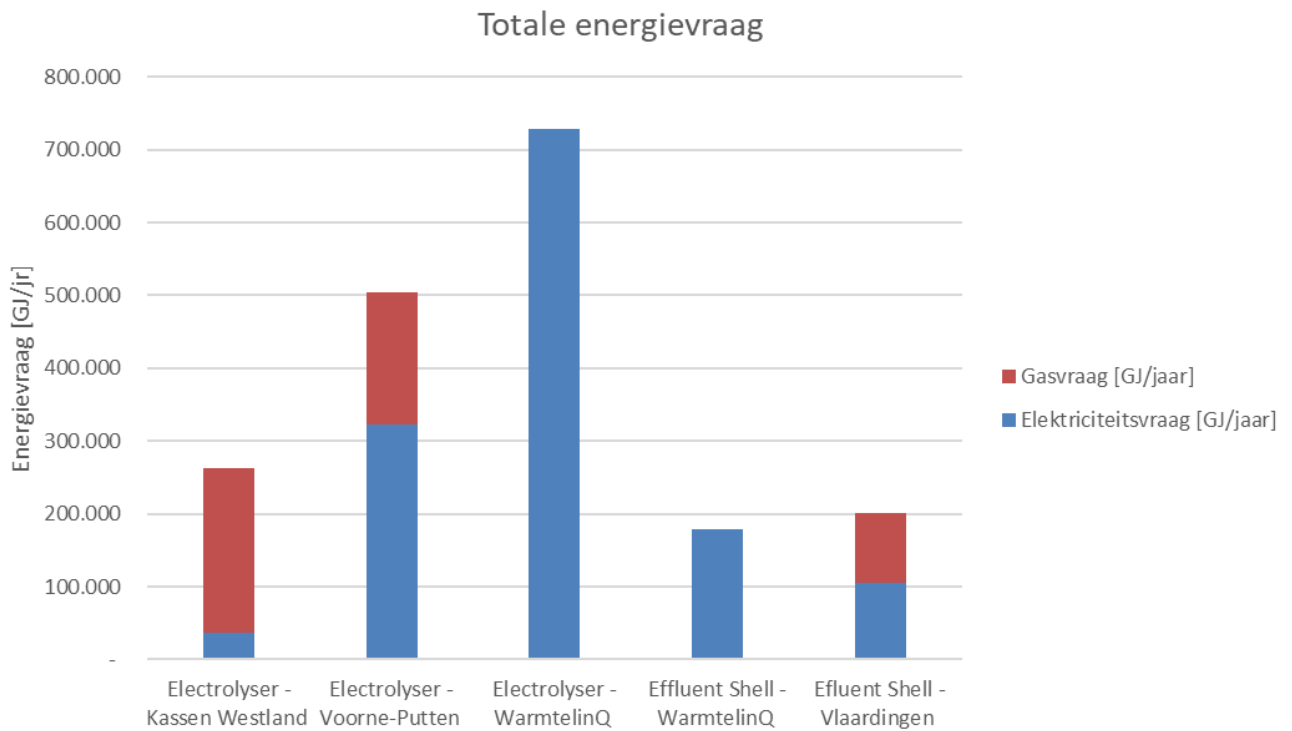
Het is verder ook belangrijk om te vermelden dat de procentuele afname in CO₂ is genomen ten opzichte van de warmtevraag. Het is dus zo dat voor beide WarmtelinQ scenario's in de warmtevraag in 2050 volledig CO₂ vrij wordt voorzien. Echter is de warmtevraag voor WarmtelinQ in het scenario met de elektrolyzers gesteld op 6,8 PJ/jr waarvan alleen de eerste 250 MW worden gegarandeerd. In het scenario met de WZI is de warmtevraag een stuk lager. Hierdoor is de absolute CO₂-reductie van het scenario met de elektrolyzers groter en zou de opwek van de overige warmtestroom nog steeds CO₂ kunnen emitteren. In Figuur 4-14 is de CO₂ intensiteit voor de warmte weergegeven. Een belangrijke achterliggende aanname is de CO₂ voor elektriciteit. Het is aangenomen dat de CO₂ intensiteit in 2023 104 kg CO₂ per GJ bedraagt en afneemt naar 39 kg CO₂ per GJ in 2030 en CO₂-loos in 2050¹⁹.



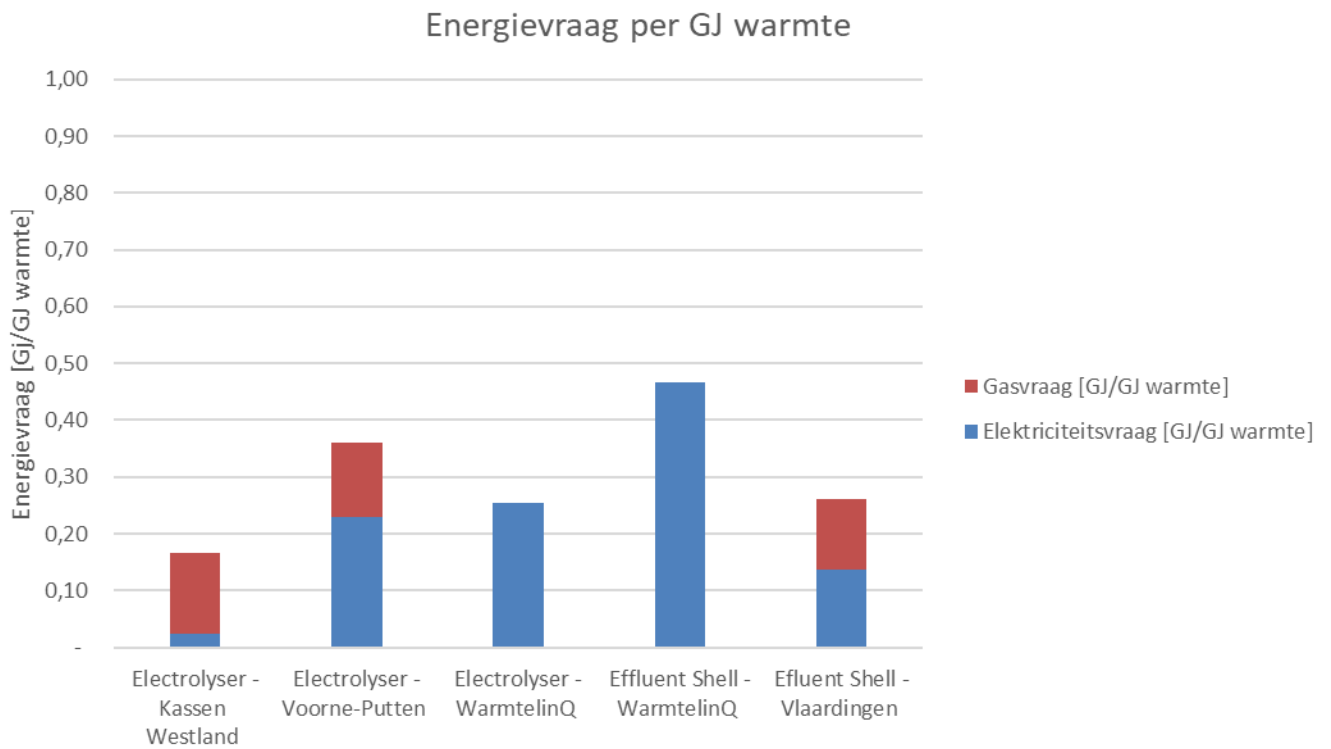
Figuur 4-14, CO₂ intensiteit van warmte

In de navolgende figuren zijn de totale energievraag (Figuur 4-15) en de energievraag per geleverde warmte eenheid (Figuur 4-16) weergegeven. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat voor de warmtelinq scenario's er geen backup /piek is meegenomen en voor de levering van 'Enecogen' warmte er geen gas wordt gerekend – maar dit als restwarmte wordt gezien.

¹⁹ <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-klimaat-en-energieverkenning2020-3995.pdf>



Figuur 4-15, Energievraag



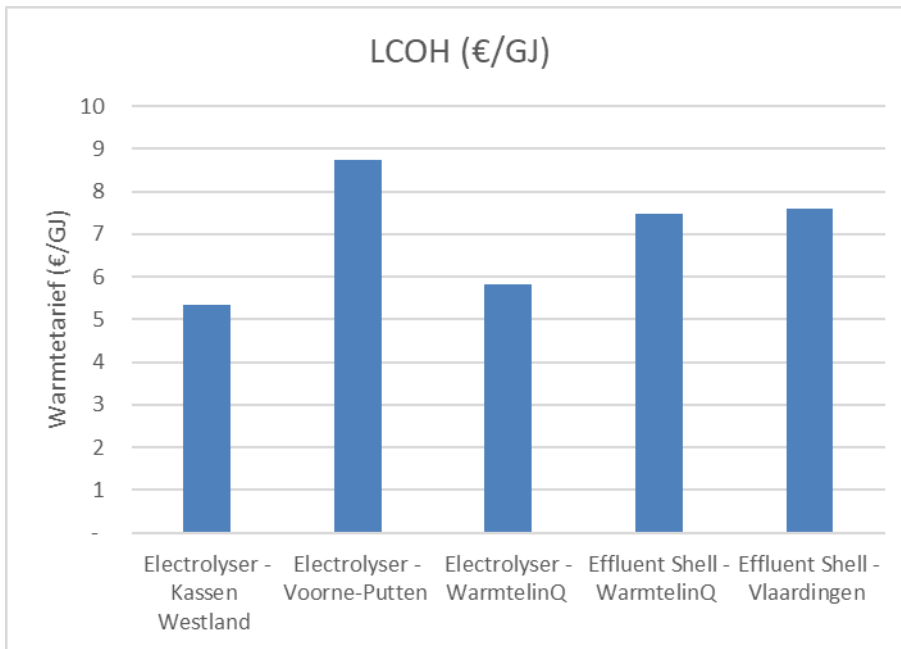
Figuur 4-16, Energievraag per GJ warmte

5 Multicriteria analyse

In dit hoofdstuk worden de criteria beschreven waarop de scenario's worden beoordeeld. De criteria zullen op kwalitatieve manier worden beschreven, soms met onderbouwing van kengetallen. De uitwerking van deze Multi Criteria Analyse (MCA) is gedaan in een interactieve sessie met de opdrachtgevers. Er is gekozen voor een eenvoudige MCA zonder weegfactoren.

5.1 Kosten

Het eerste criterium waarop elk scenario wordt beoordeeld zijn de kosten. Specifiek gaat het om de Levelized Cost of Heat (LCOH) voor elk scenario. De LCOH zijn de totale kosten in euro's per geleverde GJ. De scenario's worden met elkaar en met de huidige aardgasprijs vergeleken. De resultaten staan weergegeven in (zelfde figuur als Figuur 4-12).



Figuur 5-1, Indicatie van LCOH van scenario's

Dit figuur geeft een beeld van de kosten, maar is op zichzelf niet doorslaggevend voor de potentie van een scenario. Aspecten die ook meegenomen moeten worden voor de financiële haalbaarheid van elk scenario zijn:

- **De prijs die de eindgebruiker nu betaalt voor warmte**
Glastuinbouwers betalen bijvoorbeeld minder voor aardgas dan particulieren;
- **Hoeveel investeringen die nog gedaan moeten worden om de warmte bij de eindgebruiker te krijgen**
De scenario's zijn uitgewerkt tot aan de warmteoverdrachtstations (WOS). Het aanleggen van distributienetten, aansluitingen en het warmteverlies in deze leidingen is niet meegenomen.
- **De onzekerheid van gas- en elektriciteitsprijzen**
De gas- en elektriciteitsprijs ontwikkelingen zijn niet zeker. Sommige scenario's behoeven meer elektriciteit, terwijl andere meer van gas afhankelijk zijn.

Op basis van de indicatie van de LCOH lijkt voor beide bronnen leveren aan **WarmtelinQ** vanuit financieel oogpunt gunstig. Daarbij moet wel opgemerkt worden dat het transportnet, WarmtelinQ zelf, niet in de kosten is meegenomen. Of dit scenario interessant is zal afhangen van het vermogen en beschikbaarheid van alternatieve bronnen voor dit net. Wanneer er ook restwarmte beschikbaar is waar bijvoorbeeld geen warmtepomp voor nodig is zal dat financieel de voorkeur hebben. En dat geldt helemaal voor een stabiele basislast bron die geen extra voorziening nodig heeft.

Scenario **Vlaardingen** is het scenario met een gemiddelde LCOH, maar omdat het om een klein gebied gaat zijn er in vergelijking tot andere scenario's minder verdere leidingen nodig. Het meest kostbare aspect is de boring onder de Nieuwe Maas.

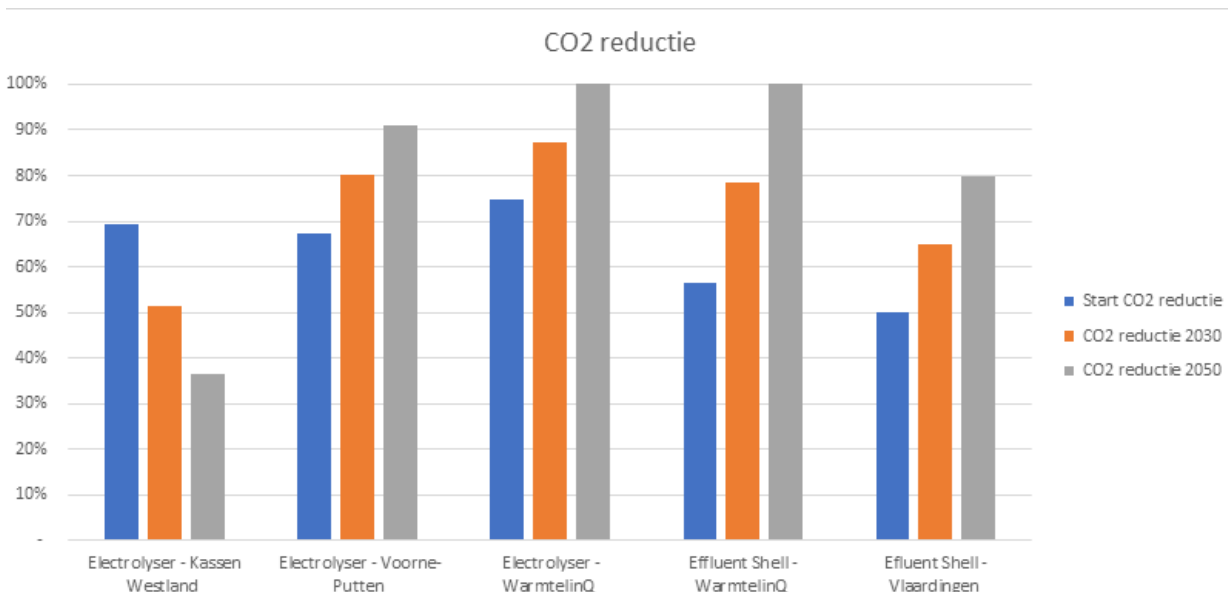
Scenario **Voorne-Putten** heeft de hoogste LCOH, dit komt doordat de gebruikers van de energie ver bij elkaar vandaan liggen. Hierdoor moet er veel meer geïnvesteerd worden in transportnetten, dit resulteert in hogere investeringskosten.

Scenario **Westland** zou interessant kunnen zijn, echter moet het concurreren met de lokale geothermiebronnen, zullen de kassen gereed worden gemaakt voor de lagere temperatuur warmte en is de marge op de warmteprijs lager.

Kosten	Elektrolyser – Kassen Westland	Elektrolyser – Voorne-Putten	Elektrolyser – WarmtelinQ	Effluent Shell – WarmtelinQ	Effluent Shell - Vlaardingen
Beoordeling	+	-	+	+	+

5.2 CO₂ reductie

Het tweede criteria is CO₂-reductie. In Figuur 5-2 is de uitstoot CO₂ in kg per GJ warmte voor alle scenario's in drie tijdschalen weergegeven (zelfde figuur als Figuur 4-14).



Figuur 5-2, Indicatie van CO₂-reductie voor de scenario's

Deze figuur geeft op zichzelf geen compleet beeld van hoe scenario's presteren op basis van CO₂-reductie.

Rekenregels

Ten gevolge van het toepassen van 'rekenregels' wordt meer CO₂ toegekend aan warmte uit een WKK die geen electriciteitsderving kent (de gasmotoren bij de tuinders) en minder CO₂ in geval van een WKK die wel electriciteitsderving kent (Enecogen met een aftap op de turbine). De totale hoeveelheid CO₂ uit een WKK verandert uiteraard niet, zolang nog aardgas wordt verbrand.

Absolute CO₂-reductie is anders dan CO₂ intensiteit

Omdat de elektrolyzers meer warmte leveren dan de WZI, kunnen ze meer aardgas verwarming vervangen. Hierdoor zou het kunnen zijn dat elektrolyse warmte per GJ meer uitstoot heeft, maar absoluut meer CO₂ vermijdt.

Andere aardgas alternatieven die voor de afnemer beschikbaar zijn

Figuur 5-2 geeft een beeld van de CO₂ intensiteit van de verschillende oplossingen, maar om een beter beeld te krijgen van de CO₂-reductie moeten de scenario's vergeleken worden met de alternatieven die beschikbaar zijn. De kassen in het Westland kunnen mogelijk op geothermie bronnen worden aangesloten, hierdoor is er een lage CO₂ warmtebron beschikbaar en heeft de restwarmte mogelijk minder verduurzamingspotentiaal dan als het elders wordt ingezet.

Voor scenario **Westland** is de CO₂-reductie ten opzichte van aardgas significant, echter is er veel geothermie potentie in de omgeving en zullen veel kassen hierop worden aangesloten. Hoeveel CO₂ uitstoot er effectief wordt vermeden hangt af of geothermie voor de beoogde kassen een goed alternatief biedt. Daarnaast zullen de tuinders op zoek moeten naar alternatieve CO₂ bronnen voor hun kassen.

Scenario's **Voorne-Putten** en **Vlaardingen** zullen waarschijnlijk leiden tot veel CO₂-reductie ten opzichte van de alternatieve beschikbare scenario's. Groene waterstof is voor woonbouw niet grootschalig beschikbaar en het plaatsen van particuliere warmtepompen moet ook nog op grote schaal van de grond komen.

Voor de **WarmtelinQ** scenario's hangt de hoeveelheid vermeden CO₂ af van de alternatieve warmte leveranciers. Veelal zijn dit afvalverwerkers die hun warmte opwekken door het verbranden van afval, hier komt CO₂ bij vrij dat moet worden toegerekend aan de warmte, zover het niet-biogene deel van het afval is betroffen.

CO ₂ -reductie	Elektrolyser – Kassen Westland	Elektrolyser – Voorne-Putten	Elektrolyser – WarmtelinQ	Effluent Shell – WarmtelinQ	Effluent Shell - Vlaardingen
Beoordeling	-	+	+	+	+

5.3 Energie efficiëntie

Een scenario zonder warmtepomp heeft geen grote elektra behoefte en gaat zo efficiënter met de beschikbare (groene) elektriciteit om, dit geldt met name voor het scenario Kassen Westland. Als er wel een warmtepomp nodig is zal een scenario met een hoge CoP, zoals elektrolyser – Voorne-Putten, hoger scoren.

Energie efficiëntie	Elektrolyser – Kassen Westland	Elektrolyser – Voorne-Putten	Elektrolyser – WarmtelinQ	Effluent Shell – WarmtelinQ	Effluent Shell - Vlaardingen
Beoordeling	++	+	0	--	-

5.4 Impact op het milieu

Alle scenario's hebben in meer of mindere mate impact op het milieu:

- Geluid als gevolg van de installaties (pompen, etc.);
- Eventueel lucht emissies indien er ketels voorzien zijn;
- Water emissies;
- Bodemrisico's;
- Etc.

Op dit moment kan nog niet duidelijk worden vastgesteld hoe de scenario's zich onderling zullen verhouden om het gebied van milieu impact. Daarom is ervoor gekozen deze onderling als neutraal aan te duiden. Veelal zal nader onderzoek nodig, zeker op het moment dat een vergunningaanvraag aan de orde komt.

Impact op ecologie	Elektrolyser – Kassen Westland	Elektrolyser – Voorne-Putten	Elektrolyser – WarmtelinQ	Effluent Shell – WarmtelinQ	Effluent Shell - Vlaardingen
Beoordeling	0	0	0	0	0

5.5 Toekomstbestendigheid

Warmtenetten worden aangelegd voor de toekomst en gaan zeker langer dan 30 jaar mee. De veranderende situatie door de energietransitie zal ervoor zorgen dat bepaalde restwarmtebronnen niet of minder beschikbaar zijn.

Momenteel is het gebruikelijk om aardgas gebaseerde warmtebronnen (veelal gasketels) als piek- en backupvoorziening in een warmtenet te gebruiken, dit komt doordat het een relatief goedkope (lage CAPEX), stuurbare bron is met relatief lage CO₂-emissies. De (toekomstige) Wet Collectieve Warmtevoorziening schrijft voor dat de CO₂-emissies in 2030 moeten dalen tot 25 kg CO₂ in 2030 en tot 0 kg CO₂ in 2050. Om deze doelstellingen te halen zal aardgas een steeds kleinere rol als piek/backup voorziening moeten innemen en uiteindelijk vervangen moeten worden een andere duurzame bron. Voor de scenario's betekent dit dat de toekomstbestendigheid afhangt van de mogelijkheid om over te stappen op een duurzame piekbron (biogas/waterstof/warmtepompen etc.)

Enecogen is als flexibele bron aangenomen om de elektrolyser warmte aan te vullen. Deze draait momenteel op gas en zal naar verwachting moeten verduurzamen. Wanneer we in de toekomst flexibele elektriciteit via een CO₂-emissie vrij gas zoals waterstof gaan produceren is deze restwarmte nog steeds beschikbaar. Maar wanneer andere opslag technieken zoals batterijen en CAES deze functie invullen zal een centrale zoals de Enecogen niet veel productie uren kennen.

Ook de WKK die voor de tuinders is aangenomen als flexibele bron is niet toekomst vast. Ook hier zou een switch naar een waterstof brandstofcel mogelijk zijn maar dit is zeer onzeker.

Shell Pernis wordt door de opdrachtgevers als een 'state of the art' raffinaderij omschreven en zal naar verwachting een transitie doormaken van raffinage van fossiele brandstoffen naar de productie van meer duurzame brandstoffen. De opdrachtgevers verwachten dat de WZI in alle fases van de transitie nodig blijft en dat hierdoor de warmtelevering gewaarborgd blijft.

Toekomst- bestendigheid	Elektrolyser – Kassen Westland	Elektrolyser – Voorne-Putten	Elektrolyser – WarmtelinQ	Effluent Shell – WarmtelinQ	Effluent Shell - Vlaardingen
Beoordeling	-	+	0	0	0

5.6 Risico's

We combineren een aantal risico's die bij de verschillende scenario's geïdentificeerd zijn:

- **Volloop risico**, vooral van toepassing op particulieren afnemers waar individueel afspraken mee moeten worden gemaakt. Bij veel woningcorporatie bezit, zoals in Vlaardingen (~30%) is dit risico kleiner.
- **Capaciteit WarmtelinQ**, wanneer voor alle capaciteit van WarmtelinQ al bronnen beschikbaar zijn is het de vraag of er ruimte is voor een nieuwe bron.
- **Complexe boring naar Westland**, de benodigde boring voor de leiding naar het Westland is erg complex aangezien dit via een primaire kering in de nieuwe waterweg loopt. Wanneer dit niet mogelijk blijkt kunnen alternatieven nog veel duurder uitvallen.

Risico's	Elektrolyser – Kassen Westland	Elektrolyser – Voorne-Putten	Elektrolyser – WarmtelinQ	Effluent Shell – WarmtelinQ	Effluent Shell - Vlaardingen
Beoordeling	0	-	0	0	+

5.7 Ruimtebeslag

Voor de warmtepompen zal voldoende ruimte bij de bron aanwezig moeten zijn. Gezien het vermogen van de elektrolyser is vooral op deze locatie veel ruimte nodig. Op de Shell locatie is minder ruimte nodig (minder warmte pomp vermogen) maar zal de beschikbare ruimte wellicht weer lastiger te vinden zijn. Positieve uitzondering hierop is het scenario 'Kassen Westland', aangezien hiervoor geen warmtepompen nodig zijn.

Ruimtebeslag	Elektrolyser – Kassen Westland	Elektrolyser – Voorne-Putten	Elektrolyser – WarmtelinQ	Effluent Shell – WarmtelinQ	Effluent Shell - Vlaardingen
Beoordeling	0	-	-	-	-

5.8 Overzicht

Hieronder is een tabel weergegeven met een overzicht van de scenario's.

Beoordeling	Elektrolyser – Kassen Westland	Elektrolyser – Voorne-Putten	Elektrolyser – WarmtelinQ	Effluent Shell – WarmtelinQ	Effluent Shell - Vlaardingen
Kosten	+	-	+	+	+
CO ₂ -reductie	-	+	+	+	+
Energie efficiëntie	++	+	0	--	-
Impact op ecologie	0	0	0	0	0
Toekomstbestendigheid	-	+	0	0	0
Risico's	0	-	0	0	+
Ruimtebeslag	0	-	-	-	-

Voor deze studie is het uitgangspunt dat er in fase B voor twee scenario's een verdiepingsslag wordt uitgewerkt. In overleg met de opdrachtgevers is op basis van deze MCA en de verwachtingen van nieuwe inzichten door de verdiepende studie besloten om voor de volgende scenario's hiervoor te selecteren:

- Scenario Warmtelevering aan de kassen in het Westland;
- Scenario Warmtenet in Vlaardingen.

Belangrijk gegeven is de wens om één scenario met elektrolyzers als bron en één met watereffluent als bron te kiezen.

De WarmtelinQ scenario's zijn niet gekozen omdat het verdiepen van deze scenario's beperkt nieuwe informatie oplevert: de warmte wordt bij het inkoppelstation overgedragen en wordt daarna onderdeel van een transportnet. Bij de andere scenario's wordt de warmte afgeleverd aan een WOS in een te verwarmen gebied. In de verdiepende fase kan er een distributienet worden gesimuleerd. Daarnaast is de warmtevraag van WarmtelinQ en zijn de mogelijke andere warmteaanbieders onduidelijk, een verdiepende stap gaat hier waarschijnlijk niet veel verduidelijking brengen.

Het Voorne-Putten scenario wordt ook niet verder onderzocht, dit omdat er een groot volloop risico aanwezig is. Bij het leveren van warmte aan Voorne-Putten zal dit in de praktijk een grote organisatorische uitdaging meebrengen en veel onzekerheid opleveren.

Scenario's 'Warmtelevering aan de kassen in het Westland' en 'Warmtenet in Vlaardingen' geven inzicht in een business case voor het leveren van restwarmte aan woningen en kassen. De inzichten uit het onderzoek kunnen worden gebruikt om eventuele meer generieke belemmeringen voor restwarmte toepassingen inzichtelijk te maken. Er zijn grootschalige plannen in het Westland om de energievoorziening van kassen te veranderen. Bovendien lijkt het mogelijk om de inzet van warmtepompen te vermijden, hetgeen dit scenario interessant maakt voor verder onderzoek.

Fase B: Verdiepende fase

6 Inleiding fase B

Zoals te lezen in de voorgaande paragrafen is er voor fase B gekozen voor de volgende scenario's:

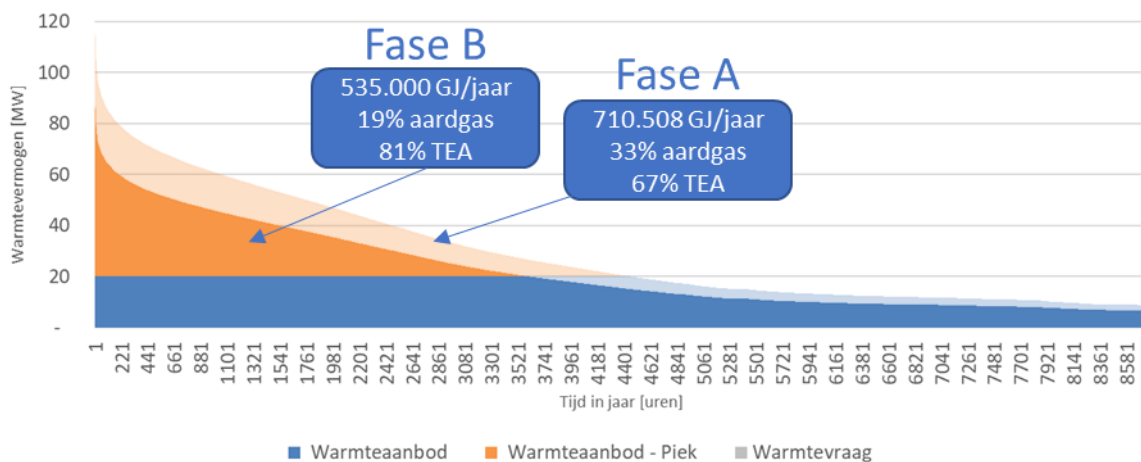
- Warmtenet in Vlaardingen, op basis van een TEA systeem gekoppeld aan het effluent van de Pernis raffinaderij;
- Directe levering van warmte uit de electrolyser aan kassen in het Westland.

In de navolgende hoofdstukken zullen deze scenario's in meer detail worden uitgewerkt en worden ook de levering van de warmte tot aan de gebruiker meegenomen. Belangrijke overweging hierbij is het mogelijk maken van een vergelijking van de kosten voor warmte met o.a. het ACM tarief voor warmte (scenario 'Warmtenet Vlaardingen') danwel de kosten van inzet van warmte op basis van alleen aardgas inzet (scenario warmte 'Electrolyser naar Westland'). Dit is alleen mogelijk als ook de kosten voor het distribueren en afleveren van de warmte worden meegenomen.

7 Verdieping scenario Vlaardingen

In dit hoofdstuk wordt de business case voor het warmtesysteem in Vlaardingen in meer detail uitgewerkt

De warmteafname is daarbij herzien, zodat het warmtenet voldoet aan de CO₂ norm voor 2030, die naar verwachting opgelegd zal worden door het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) in de nieuwe warmtewet. Uit de CO₂ analyse van het net bleek dat het met een warmtevraag van 710.508 GJ/jaar (67% restwarmte uit de TEA installatie + 33% aardgas, volloop 70%) niet voldeed aan deze CO₂ norm. Hierop is de warmtevraag in deze fase B verlaagd naar 535.000 GJ/jaar (81% restwarmte + 19% aardgas, 70% volloop). Dit kleinere warmtenet haalt een groter gedeelte van de energie uit het TEA systeem waardoor de CO₂-emissies per GJ dalen, zie ook onderstaande figuur en tabel ter verduidelijking.



Figuur 7-1, Jaarduurkrommes voor herziene warmtevraag

Tabel 7-1: Overzicht fase A en fase B warmte bron inzet

	Warmtevraag (fase B)
TEA vermogen	15,1 MWth
Warmtepompen vermogen	4,9 MWth
Gaspiekvermogen	40 MWth (+20 MW backup)
Totale warmtevraag – 70% volloop	374.500 GJ/jaar
Warmteaanbod TEA	283.982 (20% elektrisch, 61% TEA)
Warmteaanbod piek	90.518 (19% aardgas)

Eerst wordt er een technische beschrijving van het scenario gegeven. Vervolgens worden de systeemprestaties beschreven en daarna worden de risico's van de business case belicht en tenslotte wordt het systeem geëvalueerd.

7.1 Technische beschrijving scenario

In deze sectie wordt het warmtesysteem technisch beschreven. Allereerst wordt worden de warmtebronnen beschreven en daarna het warmtenet.

7.1.1 Warmtebronnen

De primaire bron voor de warmte is de installatie voor Thermische Energie uit Afvalwater (TEA), die voorzien is op de Pernis raffinaderij van Shell, waarbij door middel van een warmtepomp (CoP van circa 4,1) warmte uit het effluent van de waterzuivering wordt overgedragen.

Dit systeem bestaat in hoofdlijnen uit:

- Een combinatie van filters en warmtewisselaars om het effluent van circa 30 naar circa 15 °C af te koelen en de warmte over te dragen;
- Een aantal warmtepompen die de warmte uit het effluent opwaarderen naar circa 80°C, waarbij opgemerkt wordt dat de aanvoertemperatuur vanaf de warmtepomp iets hoger is dan de uiteindelijk vereiste temperatuur van circa 70 °C in het distributie net, dit om leidingverliezen te compenseren en om voldoende temperatuurverschil te hebben voor warmteoverdracht;
- Pompen voor het verpompen van het warmte water naar het warmtenet;
- Een aantal gasgestookte ketels om ook in de pieken voldoende warmte te kunnen leveren.

In bijlage A2 is een vlekkenplan opgenomen van de volledige installatie. De investering (CAPEX) voor de bronnen is weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 7-2: Overzicht CAPEX Warmtebronnen Vlaardingen scenario

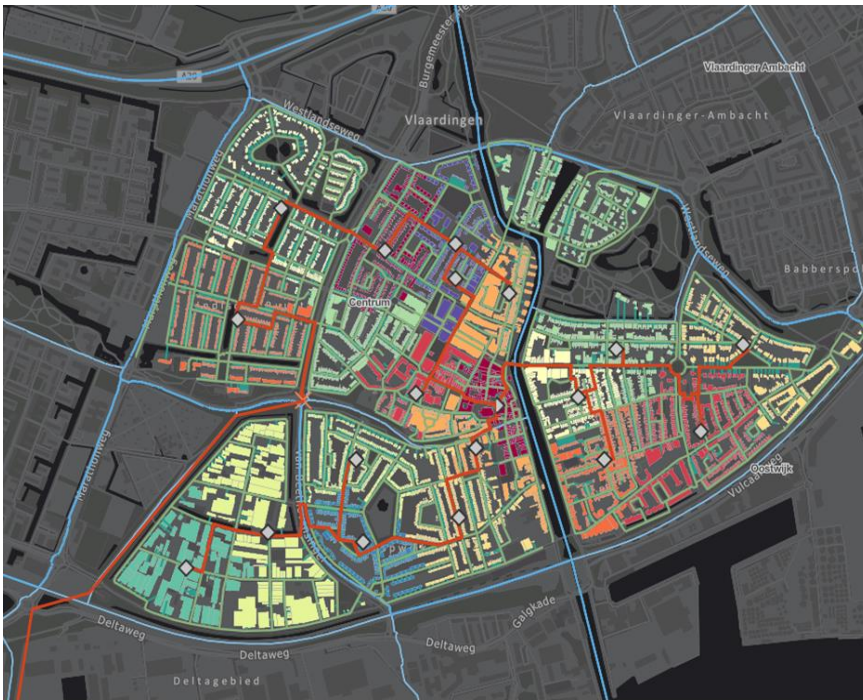
Component	Aantal	CAPEX per eenheid [€]	Overige kosten [€]	CAPEX totaal (incl. installatiekosten) [€]
Warmtepompen	11	425.000	2.325.000	7.000.000
Gasketels	4	325.000	1.500.000	2.850.000
TEA installatie	1	4.000.000		4.000.000
Leidingwerk (aanneem)	150 meter	1.200 /meter	180.000	360.000
Pompen (naar netwerk)	11	22.500	247.500	495.000
E & I	10% van proces			1.494.500
Projectkosten	10% van proces			1.494.500
Onvoorzien	10% van totaal			1.793.400
Ontwikkelkosten	15% van CAPEX			2.925.000
			TOTAAL	22.425.000

Voor het bepalen van de kosten voor apparatuur als warmtepompen, gasketels, de TEA installatie, pompen, is gebruik gemaakt van data afkomstig van andere interne projecten en van budget aanbiedingen van leveranciers voor dergelijke projecten. Overige kosten betreffen installatie, - engineering- en dergelijke kosten.

In bijlage A4 is een schematische weergave van de broninstallatie gegeven.

7.1.2 Warmtenet

Het scenario is verder uitgewerkt tot de levering van warmte aan de individuele woningen in plaats van aan één warmteoverdrachtstation. In Figuur 7-2 is een overzicht weergegeven van de gebouwen in Vlaardingen met een aantal WOS'en. Naar deze WOS'en loopt de transportleiding (aangegeven in rood) en van de WOS'en aflopen de distributieleidingen (aangegeven in groen), deze gaan vervolgens over in aansluitleidingen voor de individuele woningen. De aanvoertemperatuur bij aan de huizen is circa 70°C, de temperatuur op in het transportnet is 80°C. Hierbij is wederom gebruik gemaakt van de door RHDHV ontwikkelde SETuP tool.



Figuur 7-2, Warmtenet Vlaardingen

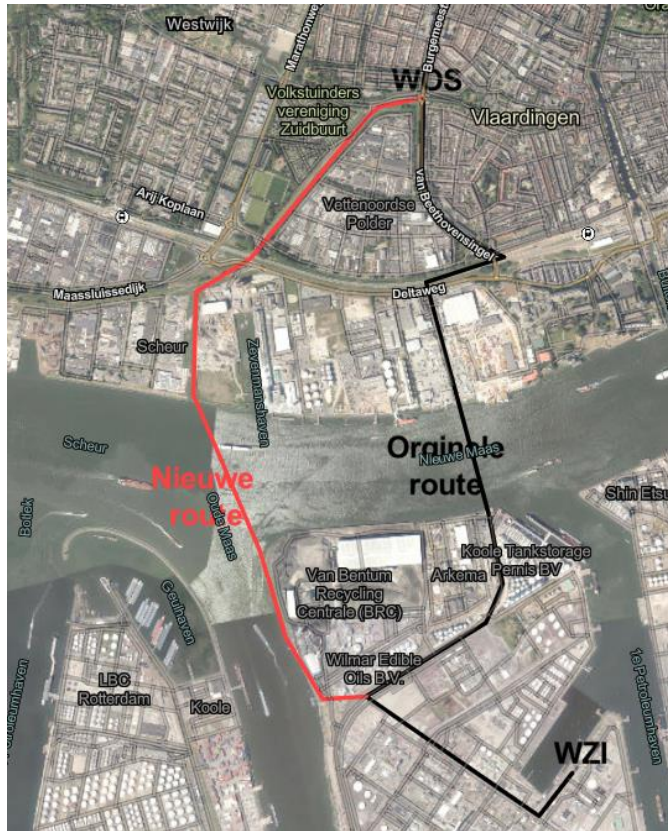
De totale lengte van transportleidingen, distributieleidingen en aansluitleidingen zijn respectievelijk op 11 km, 61 km en 46 km.

De kosten voor de boring hangen af van verschillende parameters. Hieronder wordt kort ingegaan op de boorroute, de boortechniek en de leiding diameter.

De locatie en route van de boring aangepast ten opzichte van fase A ('originele route') In Figuur 7-3 zijn de routes weergegeven.

In fase A was de kortste route tussen de WZI en het WOS gekozen. In fase B is een andere route geselecteerd. Deze nieuwe route is 200 meter langer dan de eerdere route, maar volgt de route van WarmtelinQ. De route in fase B had als 'aanlandingspunt' in Vlaardingen een lastig realiseerbare locatie, aangezien deze in een industrieterrein zou zijn gelegen (waarbij o.a. de funderingen een uitdaging zouden vormen). De route in fase B landt aan op een grasstrook.

Voor deze studie is aangenomen dat *horizontaal gericht boren* (HDD) een geschikte boortechniek is voor deze boring. Dit is een veel toegepaste boortechniek die in beginsel tot 2 km lengte en tot 1 meter diameter toepasbaar zou moeten zijn. De nieuwe boring heeft een lengte van circa 1,2 km en een diameter van circa 300 mm.



Figuur 7-3, originele- en nieuwe route van boring

De kosten van de boring worden geschat op 10 miljoen euro, op basis van een interne ruwe inschatting.

In onderstaande tabel is een samenvatting opgenomen van de CAPEX voor het warmtenet, verwezen wordt naar bijlage A3 voor een waarin een overzicht van gehanteerde kentallen is gegeven.

Tabel 7-3: CAPEX warmtenet Vlaardingen

Component	Aantal	CAPEX per eenheid [€]	CAPEX totaal (incl. installatiekosten) [€]
Transportleiding	11 km	1.200.000 €/km	13.200.000
Overdrachtsstations	19	132.500 €/unit	2.518.000
Distributieleiding	61 km	700.000 €/km	42.700.000
Aansluitleiding	32 km	400.000 €/km	12.880.000
Boring	1	10.000.000 €	10.000.000
Afleverset installeren	4411	3500 €/#	15.440.000
Ontwikkelkosten	15% van CAPEX		14.510.000
		TOTAAL	111.250.000

7.2 Systeem prestaties

In het voorgaande hoofdstuk is het een technische beschrijving van het warmtesysteem gegeven. In dit hoofdstuk zijn de energetische-, economische- en CO₂-emissies presentaties van het systeem beschreven. Daarnaast zijn risico's voor de business case van het warmtesysteem beschreven en tenslotte is een inschatting van de risico's kwantiteit weergegeven in de vorm van prijs sensitiviteitsanalyses.

7.2.1 Energetisch

Allereerst worden de energetische prestaties van het systeem belicht. Specifiek wordt er gekeken naar het totale energieverbruik (elektriciteit en gasverbruik) per jaar en wordt het energieverbruik per energie-eenheid warmte beschreven.

Het energieverbruik per jaar:

- Elektriciteit: 25.474.100 kWh/jaar (91.706 GJ/jaar) 0,24 GJ elektriciteit per GJ warmte;
- Aardgas 2.809.321 m³/jaar (88.900 GJ/jaar) 0,21 GJ aardgas per GJ Warmte

Het 'restant' van de warmte is afkomstig uit het effluent van de WZI.

Een hoge elektriciteitsvraag heeft drie effecten, duurzame energie die wordt gebruikt kan niet elders worden gebruikt, mogelijk moet het elektriciteitsnet worden verzwakt en de economische prestaties van de business case worden steeds onzekerder en hangen in grotere mate af van de elektriciteitsprijs.

7.2.2 Economisch

De tweede parameter is de economische haalbaarheid van de business case. Hiervoor wordt de *levelized cost of heat* (LCOH) opnieuw bepaald op basis van de aanpassingen en aanvullingen die eerder zijn beschreven in sectie 7.1 – voornamelijk:

- Verlaagde warmtevraag;
- CAPEX aanpassingen;
- Meenemen van aanpassingen in de woningen (o.a. de afleversets);
- Meenemen van de inkomsten uit het vastrecht, meettarief, afleverset verhuur en subsidie.

Voor Vlaardingen komt de LCOH op 18 €/GJ (excl. BTW). De LCOH is opgebouwd uit de onderdelen in de navolgende tabel.

Tabel 7-4: Levelized Cost of Heat Scenario Vlaardingen (afgerond op 50ct)

Uitgaven	Bedrag [€/GJ] – excl BTW	Percentage [%]
Bronstelsel (CAPEX + OPEX)	6,5	21
Energiekosten	7	23
Boring	1,5	5
Warmtenet (CAPEX + OPEX)	11,5	37
Aanpassingen afnemers (excl. gereedmaken 60°C)	2	6
Ontwikkelkosten	2,5	8
Inkomsten (excl. warmteverkoop)	Bedrag [€/GJ]	Percentage [%]
Vastrecht, meettarief, huur afleverset	-6,5	-21
BAK	-	-
TEA SDE++	-6,5	-21
TOTAAL	18	

De OPEX omvatten voornamelijk energie- en onderhoudskosten (45% en 28%). Daarna en belastingen (15%) en netbeheerkosten (12%).

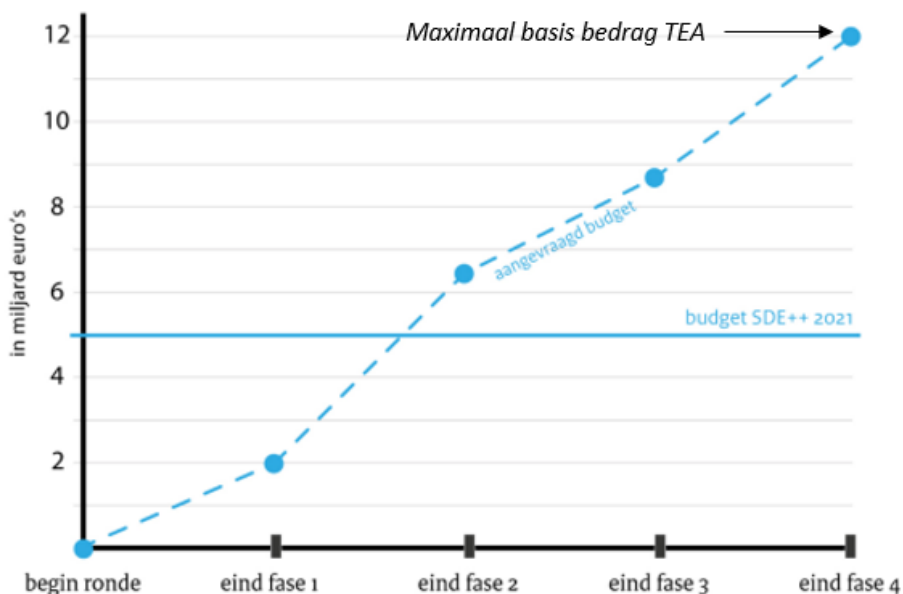
De CAPEX-kosten zijn voornamelijk de investeringen in het warmtenet (65%), opzetten van het bronsysteem (inclusief boring) (22%) en ontwikkelkosten (13%).

De LCOH kan vergeleken worden met het *niet-hoger dan anders* tarief van de Autoriteit Consument & Markt (ACM). Het ACM bepaalt jaarlijks een maximaal tarief die exploitanten van een warmtenet aan hun afnemers mogen rekenen. Dit bedrag bestaat om eventuele negatieve monopolistische effecten van een warmtenet op de warmteprijs tegen te gaan en de burger te beschermen.

Voor 2021 was het ACM-tarief vastgesteld op 25,51 €/GJ (incl. BTW). Als de LCOH lager ligt dan het ACM-tarief dan zou de investering zichzelf theoretisch moeten kunnen terugbetalen en is de business case mogelijk interessant. Ook voor zaken als vastrecht, meettarief en afleversets kent de ACM maximale bedragen, maar het genoemde tarief van 25,51 €/GJ (incl. BTW) is de 'kale' prijs voor een GJ warmte.

7.2.3 SDE ++ subsidie Thermische energie uit afvalwater

De SDE++ subsidie heeft een grote impact op de kosten en daarmee de haalbaarheid van deze optie. Voor de analyse is uitgegaan van het maximale basisbedrag waarvoor een subsidie aanvraag mogelijk is, een aanvraag zou dan aan het einde van fase 4 terecht komen. Het risico hierbij is dat de aanvraag buiten het budget van de SDE++ valt en daarmee niet verleend wordt. In Figuur 7-4 zijn de aanvragen en het budget over de verschillende fases weergegeven, al in fase 2 was het volledige budget vergeven. Dat betekent dat een TEA project in fase 4 zeker geen kans had gemaakt op subsidie.



Figuur 7-4 Verloop aanvragen SDE++ 2021 per fase, bron: kamerbrief 2 december 2021

Ook de eerdere subsidieronde in de SDE++ van 2020 was overschreven en is niet tot fase 4 gekomen.

Wijzigingen SDE++ komende jaren

Of dit ook betekent dat een TEA project in de toekomst geen kans maakt is geen uitgemaakte zaak. Er zijn twee veranderingen in de SDE++ die hier invloed op zullen hebben.

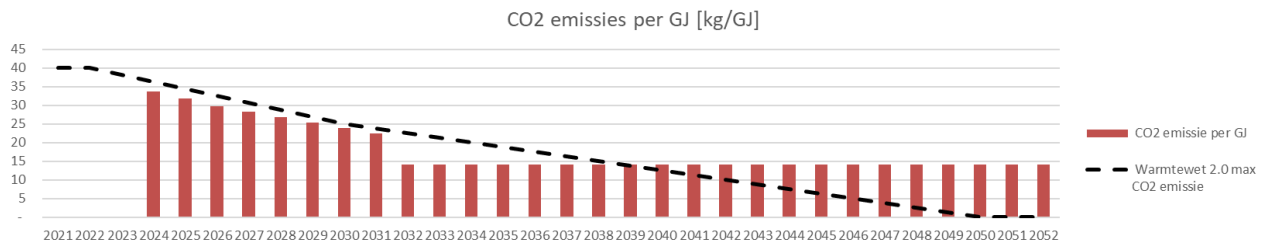
1. In 2022 wordt het budget van deze subsidie opgehoogd met 3 miljard²⁰. Hiermee is de kans groter dat aanvragen in een latere fase aan bod komen.
2. Vanaf 2023 is het voorstel om te werken met hekjes in de SDE++²¹, de voorkeur is met deze hekjes een minimale subsidie aan een domein toe te kennen, een domein kan dan bijvoorbeeld Lage temperatuur warmte zijn. Binnen dit domein zijn de subsidie behoefte veel meer vergelijkbaar en zal ook een TEA aanvraag kans kunnen maken.

7.2.4 CO₂-emissies

In de nieuwe (nog van kracht te worden) warmtewet heeft het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) een CO₂-emissie norm gesteld voor collectieve warmtevoorzieningen. Deze norm stelt dat warmtenetten maximaal 40 ton CO₂ per GJ-warmte mogen uitstoten in 2022 en dat dit geleidelijk wordt afgebouwd naar 25 ton CO₂ per GJ-warmte in 2030 en 0 ton CO₂ per GJ-warmte in 2050. Eén van de vereisten van het warmtesysteem is dat het in ieder geval tot 2030 voldoet aan de CO₂ norm. Na die tijd zal er een CO₂ armer alternatief moeten worden gevonden voor die aardgas piekkel en zal op den duur de elektriciteit ook duurzaam opgewekt moeten worden. In deze Quickscan beperken wij ons echter tot één warmtesysteem dat aan de norm van 2030 moet voldoen.

In Figuur 7-5 zijn de jaarlijkse scope 1 & scope 2 emissies gezamenlijk weergegeven tussen 2024 en 2052. De scope 1 emissies bestaan uit aardgas dat gebruikt wordt voor de piekvoorziening en de scope 2 emissies bestaan enkel uit elektriciteit voor de (warmte)pompen. De CO₂ emissie ten gevolge van het elektriciteitsgebruik is gebaseerd op de ramingen uit de RVO Klimaat en Energieverkenning 2020.

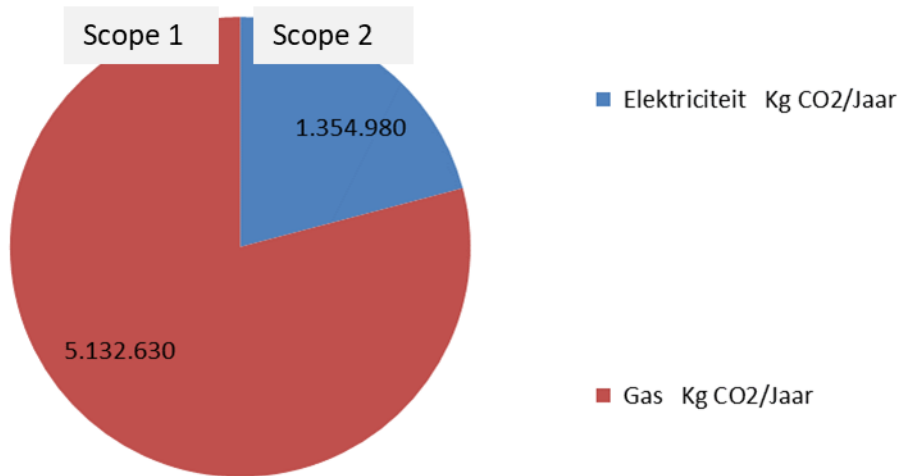
Volledigheidshalve is een gemiddelde van de scope 1 en 2 emissies weergegeven in Figuur 7-6.



Figuur 7-5, CO₂ emissietijdlijn

²⁰ Verloop SDE++ 2021, openstelling SDE++ 2022 en voorstel aanpassing SDE++ per 2023 [kamerbrief 2 december 2021]

²¹ Verloop SDE++ 2021, openstelling SDE++ 2022 en voorstel aanpassing SDE++ per 2023 [kamerbrief 2 december 2021]



Figuur 7-6, gemiddelde jaarlijkse scope 1 & scope 2 emissies

Veruit de meeste emissies van het warmtesysteem komen voort uit het gebruik van aardgas. Wel blijven deze emissies tot circa 2038 onder de CO₂ grens die is voorgesteld in de toekomstige 'Warmtewet 2.0'.

De CO₂-emissies kunnen op drie manieren worden verlaagd. De omvang van het warmtenet kan worden verkleind, het vermogen van de warmtepompen kan worden vergroot of het aardgas kan worden vervangen door een andere piekbron (e-boiler, hernieuwbare gassen). Deze opties werken echter allemaal LCOH verhogend. Het blijkt dat tot 2038 het warmtesysteem voldoet aan het CO₂ emissielimiet per GJ-warmte. Hierna zal het aardgas moeten worden vervangen.

7.2.5 Technische variaties en alternatieven

Isoleren van de woningen

Het is aannemelijk dat de inwoners van Vlaardingen hun huizen gaan isoleren om hun warmtevraag te verminderen. Zeker de hoge en onzekere gasprijzen zorgen voor een prikkel tot isoleren. Vanuit het oogpunt van aardgasgebruik en dus beperking van de CO₂ emissies is dit uiteraard een gunstige ontwikkeling, echter kan het voor de exploitant van een warmtenet juist negatief uitpakken. Het kan zijn dat door de verminderde afname de leiding diameters te groot worden gedimensioneerd. Daarnaast wordt een te ontwikkelen gebied mede geselecteerd op de beoogde warmteafname, als het blijkt dat de warmteafname te laag is ingeschat dan zal er minder warmte worden afgenomen van de bron.

Het verlagen van de aanvoertemperatuur van een netwerk (en het daarmee verhogen van de CoP van de warmtepompen) zal in de praktijk niet mogelijk zijn door het isoleren. De minimale aanvoertemperatuur wordt namelijk bepaald door de slechtst geïsoleerde huizen in het warmtesysteem. Het is onwaarschijnlijk dat alle inwoners hun huizen in dezelfde mate gaan isoleren. In deze studie worden de effecten van isolatie op de business case niet meegenomen. Wel is er een schatting gemaakt van de warmtevraag als de inwoners van Vlaardingen de voor de hand liggende isolatie maatregelen treffen. Voor veel huizen zullen maatregelen als het isoleren van de spouw of binnenmuur, isoleren van de kruipruimte, plaatsen van HR++ glas en kierdichting gunstig blijken. Als deze maatregelen worden toegepast zal de warmtevraag ongeveer 15% dalen.

Alternatieve locatie van de warmtebronnen.

Bij de beschrijving van het warmtenet (en de bepaling van de diameter van de boring) is impliciet aangenomen dat de piekvoorziening in Vlaardingen wordt geplaatst. Financieel gezien heeft dit de voorkeur ten opzichte van een piekvoorziening bij Pernis omdat de leiding diameter (van de boring) hierdoor beperkt blijft.

Het is denkbaar dat de piekvoorziening niet aan de noordkant van de Nieuwe Maas geplaatst kan worden. Daarnaast is het ook denkbaar om een systeem te maken waarbij de TEA aan de noordkant van de Nieuwe Maas wordt geplaatst. Hierdoor hoeft er maar één leiding in de boring van Pernis naar Vlaardingen (het effluent wordt dan aan de noordzijde geloosd).

De drie mogelijke situaties zijn dus de volgende:

- 1) TEA bij Pernis, Piek bij Vlaardingen;
- 2) TEA en piek bij Pernis (aangenomen: +100% boorkosten + 25% transportleidingkosten);
- 3) TEA en piek bij Vlaardingen (aangenomen: -50% boorkosten).

Het effect van de alternatieve bron locaties op de CAPEX van het warmtesysteem is in het model meegenomen en de resultaten zijn gedeeld in de volgende sectie.

7.2.6 Sensitiviteitanalyse

De eerste sensitiviteitsanalyse heeft betrekking op de boringkosten. In deze analyse wordt ervan uitgegaan dat het effluent eerst naar de overkant van de Maas wordt getransporteerd voordat het de warmte afstaat en geloosd wordt in de Maas. Hierdoor hoeft er maar geboord te worden voor één leiding, wat de boorkosten verminderd. In deze analyse worden de boorkosten aangenomen met 50% te zijn verminderd.

In de tweede sensitiviteitsanalyse is ervan uitgegaan dat de gaspiekvoorziening niet in Vlaardingen geplaatst kan worden. Hier is in deze analyse de voorziening bij Pernis geplaatst, waardoor de diameter van de transportleidingen van 300 mm naar 500 mm toeneemt. Hierdoor wordt aangenomen dat de boorkosten met 100% toenemen en de transportleidingkosten met 25%.

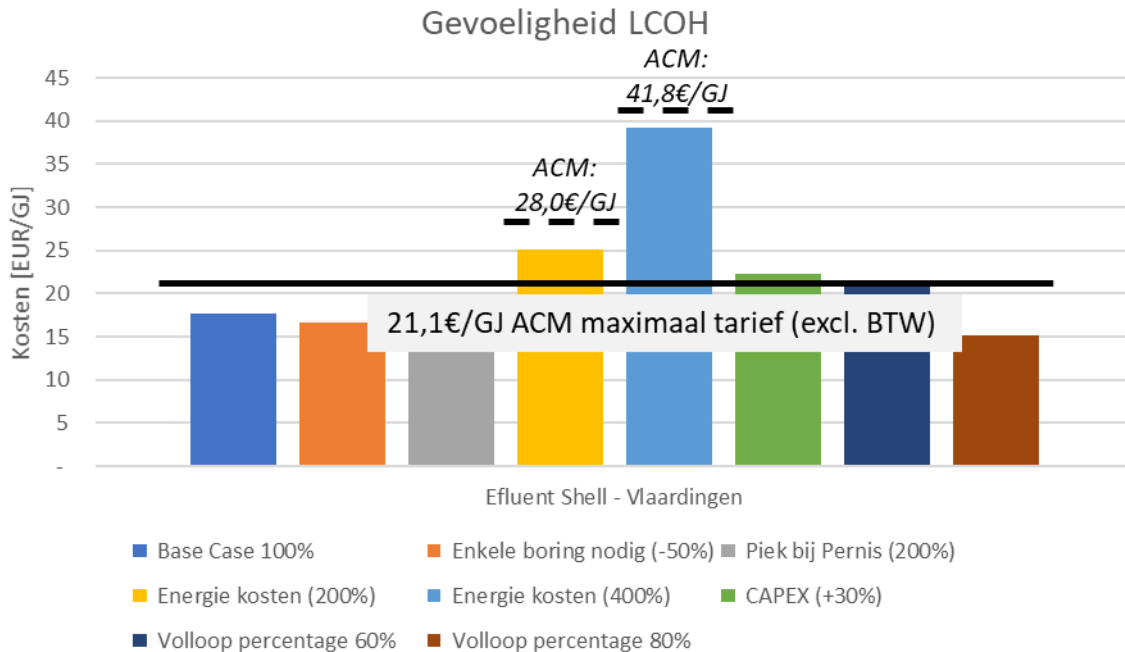
In de derde sensitiviteitsanalyse wordt een 200% en 400% verhoging van de energieprijzen meegenomen. Dit is naar aanleiding van de recente extreme prijsverhoging van de van de gas- en elektraprijzen van 2021 – 2022. De ACM maximale tarieven correleren met de aardgasprijzen, voor de energie inflatie scenario's zijn de verhoogde ACM-tarieven weergegeven. Deze zijn berekend met de tool van ACM²²

Bij de daaropvolgende analyses is respectievelijk:

- CAPEX met 30% verhoogd. De CAPEX wordt gedomineerd door de boring en het warmtenet en deze twee kennen de grootste onzekerheid. Zodra een meer gedetailleerde studie naar o.a. de (on)mogelijkheden voor de boring en er meer bekend is met betrekking tot de beperkingen bij het aanleggen van het netwerk in de gebouwde omgeving, kan met meer zekerheid een uitspraak gedaan worden over de daadwerkelijke kosten.
- Vollooppercentage op 60% en op 80% gezet.

De resultaten van deze sensitiviteitsanalyse is te zien in Figuur 7-7.

²² <https://www.acm.nl/sites/default/files/documents/berekening-leverings-en-huurtarieven-warmte-2021.xlsx>



Figuur 7-7, Gevoeligheid LCOH

Het is duidelijk te zien dat de recente prijsverhoging bij de inkoop van energie een significante impact zullen hebben, evenals een verhoging van de CAPEX (waaraan middels een percentage ook het jaarlijkse onderhoud is gekoppeld). Verder is de impact van het vollooppercentage te zien – in positieve en negatieve zin.

7.3 Conclusie en Risico's

Dit scenario zou een interessant alternatief voor de bewoners van Vlaardingen zijn. Uitgaande van het maximale warmte tarief in 2021, 21,10 €/GJ (excl. BTW), is er geen onrendabele top-

Op dit moment zijn er nog wel grote onzekerheden die verder uitgezocht moeten worden om te bepalen hoe kansrijk een collectieve warmte oplossing hier is. Hieronder een opsomming van de belangrijkste:

Volloop percentage, voldoende interesse in de wijk

In de businesscase zijn we ervan uitgegaan dat 70% van de eigenaren zal aansluiten op het warmtenet. Aangezien de meeste investeringen onafhankelijk zijn van het aantal aangesloten gebouwen is de businesscase erg gevoelig voor dit percentage. Wordt dit minder dan stijgen de kosten voor de overgebleven huizen hard, maar als het meer blijkt te zijn dalen de kosten per aansluiting ook flink. Met veel individuele eigenaren is het een erg lastig percentage om grip op te krijgen, maar het starten van bewoners sessies om de ideeën te delen kan wel een beeld geven van de bereidheid om aan te sluiten in de wijk. Daarnaast kan met woningbouwcoöperaties gesproken worden over het aansluiten van hun bezit wat al direct een belangrijke massa geeft voor het warmtenet.

Omdat het volloop percentage moeilijk te beïnvloeden is door een warmtebedrijf vormt dit een belangrijk financieringsrisico.

Alternatieven voor Vlaardingen

In deze analyse hebben we niet gekeken naar de alternatieven die voor Vlaardingen heeft om aardgasvrij te worden. Een dergelijke analyse is belangrijk om te zien of de optie vanuit Pernis financiële voordelen biedt boven het aansluiten op het hoge-temperatuur warmtenet van Eneco of zelfs een individuele oplossing.

Aansluitkosten per gebouw

De kosten die per warmte-aansluiting gemaakt moeten worden om aan te sluiten op het bestaande cv-systeem zijn sterk situatie afhankelijk. We gaan in de businesscase uit van een gemiddeld bedrag van € 3.500 per aansluiting. Dit kan sterk oplopen wanneer de bestaande CV ketel op een lastig bereikbare plek is opgesteld. Maar het kan ook meevallen wanneer flats al met een collectief “blokverwarming” systeem zijn uitgerust.

Aardgasvrij richting 2050

Voor het leveren van pieken in de warmtevraag gedurende de winter gebruiken we in deze configuratie nog steeds aardgas. Op termijn zal ook deze beperkte hoeveelheid aardgas uitgefaseerd moeten worden, als vervanging kan gedacht worden aan opslag, E-boilers of een duurzaam gas bijvoorbeeld groengas of waterstof.

Discussie industriële restwarmte

De gebruikte restwarmte is een gevolg van raffinage activiteiten op Pernis. Er kan een discussie ontstaan over de lange termijn beschikbaarheid van deze bron. En of de warmtebehoefte het fossiele raffinageproces niet langer dan nodig in stand houdt. De uitkoppeling van deze restwarmte zal goed moeten passen in de roadmap van de Pernis locatie naar een fossielvrij energiesysteem in 2050. Een andere optie is om duidelijke alternatieven te identificeren op het moment dat de huidige restwarmte niet meer beschikbaar is.

Isolatie

Hoewel isolatie een zeer positief effect heeft op energieverbruik en totale kosten is het voor de businesscase van een warmtenet een risico. Een groot deel van de kosten wordt namelijk terugverdiend via het warmtetarief. Op het moment dat er minder warmte wordt afgenomen dalen de inkomsten harder dan de kostenreductie op de inkoop van gas en elektra.

NB: de effecten van isolatie zijn als het ware te zien als vergelijkbaar met het vollooprisico: de afzet van warmte is minder groot dan eerder aangenomen.

Energieprijzen

Zoals in de onzekerheidsanalyse goed te zien is hebben de energieprijzen een grote invloed op de totale kosten. Maar aangezien energieprijzen een vergelijkbare invloed hebben op alternatieve verwarmingsopties valt dit risico goed af te dekken via de warmtetarieven, hetgeen ook gebeurt in de ACM tarieven.

Desalniettemin hebben recente prijsstijgingen bij warmtenetten tot enige discussie geleid: de perceptie bij klanten van een warmtenet is dat de prijsstijgingen van aardgas niet veel invloed zo mogen hebben op de prijs van hun warmte.

Technische risico's / CAPEX

In deze Quickscan maken we gebruik van ramingen en kentallen, zonder in detail in te gaan op de specifieke aspecten van de locaties, woonbebouwing en dergelijke. Is de aanleg van een warmtenet in een drukke woonwijk mogelijk, etc. Dit brengt een bepaalde onzekerheid in technische uitvoerbaarheid en in de kostenramingen met zich mee. De huidige snelle inflatie op diverse materialen komt daar nog bovenop.

7.4 Vervolgstappen

Voor de uiteindelijke realisatie van een collectief warmtesysteem zal nog een complexe route moeten worden afgelegd. Het hele systeem kent veel stakeholders en de hele keten zal het eens moeten worden over het gewenste aardgasvrije systeem. Om dit scenario een stap verder te krijgen zal er met de lokale partijen een gezamenlijk onderzoek gestart moeten worden. Vooral het betrekken van de gemeente, woningbouwcorporaties en eventuele lokale energiecoöperaties is cruciaal. Dit proces zal in moeten haken op de warmtetransitievisie.

1. **Individuele en gezamenlijke belangen inventariseren**
In deze fase wordt met de belangrijkste stakeholders gekeken naar de wensen per partij en kunnen gezamenlijke wensen en eisen worden vastgesteld. Onderdeel hiervan kan een alternatieven studie zijn waarin de aardgasvrije oplossingen voor de wijken in Vlaardingen worden vergeleken. Om de opties voor de organisatie open te houden en geen warmtebedrijven op voorhand uit te sluiten of te bevoordelen is het verstandig om in deze fase nog zonder warmtebedrijf uit te voeren.
2. **Wanneer er in de eerste stap voldoende aanleiding blijkt om verder te gaan zullen de afzonderlijke partijen hun rol in de warmtelevering moeten bepalen.**
 - a. De gemeente zal de gewenste rol moeten kiezen die ze in willen nemen om hun belangen in de warmteontwikkeling te waarborgen. Opties voor een gemeente zijn bijvoorbeeld de deelname in een warmtebedrijf of het in de markt zetten van een warmteconcessie om een externe partij te selecteren voor de aanleg.
 - b. De bron ontwikkelaar, zal in, eventueel in samenwerking met de eigenaar van de waterstromen, moeten bepalen onder welke leveringsvoorwaarde het effluent kan worden aangeleverd. Dit gaat over jaarlijkse verschillen in levering zoals zomer en winter debieten en temperaturen, maar ook de langetermijn beschikbaarheid van het effluent.
 - c. Ook de woningbouw coöperatie kan haar rol bepalen in een warmtesysteem en voor het eigendom analyseren welke synergiën met bijvoorbeeld renovatie er mogelijk zijn.
 - d. In dit stadium is het ook belangrijk om de overige eigenaren te betrekken, hun deelname is essentieel voor de ontwikkeling. Via bewoners bijeenkomsten en enquêtes kan de interesse gepeild worden en kunnen eigenaren meedenken over de gewenste oplossing.
3. **Als de rollen duidelijk zijn en het scenario nog steeds de voorkeur heeft zal deze verder gedetailleerd moeten worden om het eventueel benodigde subsidiebedrag te bepalen. En het vervolg proces te bepalen om bijvoorbeeld via een aanbesteding de warmteconcessie in de markt te zetten.**

8 Verdieping business case Westland

De primaire bron voor de warmte is de electrolyser op de 2^e Maasvlakte. De restwarmte wordt door middel van een set pompen rechtstreeks geleverd, via distributienetwerk, aan de tuinders in het Westland. Er wordt geen opwaardering van de warmte door middel van een warmtepomp voorzien. Piek en backup wordt voorzien door middel van al aanwezige WKK's bij de tuinders.

Eerst wordt er een technische beschrijving van het scenario gegeven. Vervolgens worden de systeemprestaties beschreven en daarna worden de risico's van de business case belicht en tenslotte wordt het systeem geëvalueerd.

8.1 Technische beschrijving scenario

In fase A was aangegeven dat het gebied waarin de warmtecoöperatie Geo4energie is gelegen mogelijk geschikt zou zijn voor het afnemen van de restwarmte van de elektrolyzers. Dit gebied was geselecteerd als potentiële warmteafnemer omdat de kassen dicht bij de warmtebron liggen en omdat het qua omvang overeen leek te komen met het warmteaanbod. (76% van warmte van elektrolyzers + 24% van WKK's).

In deze verdiepende fase is er eerst een iets nauwkeurigere inschatting gemaakt van de warmtevraag in het Westland. In onderstaande figuur is de geprognostiseerde warmtevraag van de kassen in het Westland voor 2018 weergegeven ²³. Deze is onderverdeeld in vier secties.



Het gebied van de Warmtecoöperatie Geo4energie bevindt zich aan de oostkant van gebied 1. Het beoogde warmteafname gebied is ten opzichte van de coöperatie iets groter ingeschat zodat de jaarlijkse warmtevraag in de buurt komt van de 3,4 PJ/jaar. Het gebied waarvoor de leidingafstanden zijn ingeschat is geel gearceerd.

Figuur 8-1, Warmtevraag Westland

In Figuur 8-2 is het warmtenet van het Westland geschetst. Dit warmtenet bestaat alleen uit transport en hoofdleidingen en dus geen apart distributienet, aangezien de geschatte warmteafname per kas groot is. In totaal wordt de lengte van de transportleidingen ingeschat op 20 km en de hoofdleiding lengte op 50 km. In Figuur 8-2 zijn de leidingen schematisch weergegeven. De transportleiding gaat, zonder WOS, over in hoofdleidingen na de onderkruising van de nieuwe waterweg.

²³ https://www.glastuinbouwnederland.nl/content/glastuinbouwnederland/docs/themas/Energie/Haalbaarheidsstudie_Warmtewisselaar.pdf



Figuur 8-2, warmtenet afzet restwarmte elektrolyzers

Op basis van een piek warmtevraag van 210 MW van de elektrolyzers moet de transportleiding worden gedimensioneerd op circa 1.000 mm in diameter. Dit – in combinatie met de boorlengte van ruim 2 km – zorgt voor enige twijfel over de technische haalbaarheid van de boring. Om zeker te zijn van de haalbaarheid van de boring zal een separate studie moeten worden uitgevoerd, die geen onderdeel is van deze Quickscan. De kans op een techno-economische ‘haalbare’ leiding kan bijvoorbeeld worden vergroot door het maximale warmtevermogen vanaf de elektrolyzers te beperken danwel door twee kleinere leidingen te boren. Deze opties zijn niet verder uitgewerkt.

De CAPEX die meegenomen is in de economische analyse is weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 8-1: CAPEX Scenario Westland

Component	Aantal	CAPEX per eenheid	Overige kosten [€]	CAPEX totaal (incl. installatiekosten) [€]
Transportleiding	20 km	2.000.000 €/km	-	40.000.000
Distributieleiding	50 km	1.200.000 €/km	-	60.000.000
Boring	1	40.000.000 €/km	-	40.000.000
Pompen, warmtewisselaars, leidingen	circa 20x pomp en warmtewisselaar	1.600.000	1.600.000	3.200.000
Installatie afleverset	173 kassen	100.000 €/kas	-	17.300.000
E & I, projectkosten en onvoorzien			-	600.000
Ontwikkelkosten	15% van CAPEX	23.940.000 €	-	23.900.000
			TOTAAL	185.000.000

Een vlekkenplan van de bronnen (elektrolyzers + WKK's) is niet verder uitgewerkt. Er is aangenomen dat de koelinstallatie van de elektrolyzers, van waaruit de warmte wordt afgenomen, integraal onderdeel is van het ontwerp van de elektrolyzers zelf. De extra pompen en warmtewisselaars kunnen dan worden opgenomen in dit ontwerp.

Voor het bepalen van de kosten voor apparatuur als pompen en warmtewisselaars is gebruik gemaakt van data afkomstig van andere interne projecten en van budget aanbiedingen van leveranciers voor dergelijke projecten. Overige kosten betreffen installatie, - engineering- en dergelijke kosten. Voor de boring is uitgegaan van de kosten uit een eerdere studie, die beschikbaar is gesteld door de opdrachtgevers - in fase B is na interne review aanzienlijk hogere kosten aangenomen. De kosten voor de afleversets zijn gebaseerd op een grove raming, hiervoor zijn geen verdere gegevens beschikbaar. De bestaande WKK's zijn uiteraard al geïnstalleerd bij de glastuinbouwers.

In bijlage A4 is een overzicht gegeven van gehanteerde overige kentallen en in bijlage A5 is een schematische weergave van de broninstallatie gegeven.

8.2 Systeemprestaties

De energetische-, economische-, en CO₂-emissie prestaties van de elektrolyzers restwarmte business case voor de tuinders in Vlaardingen worden in dit hoofdstuk beschreven.

8.2.1 Energetisch

De energetische prestaties van het systeem worden aan de hand van twee parameters bepaald. Het totale energieverbruik (elektriciteit en aardgas) en het verbruik per geleverde eenheid warmte aan de kassen.

Het totale elektriciteitsverbruik bij deze business case:

- Elektriciteit: 11.038.661 kWh/jaar (39.739 GJ/jaar) 0,02 GJ elektriciteit per GJ-warmte;
- Aardgas 25.720.141 m³/jaar (814. GJ/jaar) 0,34 GJ aardgas per GJ-warmte.

Het elektriciteitsverbruik voor deze business case is relatief laag, dit komt omdat er geen warmtepompen worden gebruikt voor de opwaardering van de elektrolyser warmte. Elektriciteit is nodig om de pompen te gebruiken die het water door het warmtenet verpompen. Het aardgasverbruik ligt een stuk hoger. Dit komt doordat een relatief groot gedeelte (34%) van de warmtevraag wordt geleverd door aardgas te verbruiken in de WKK's. Hiermee ligt dit scenario net boven de 'Warmtewet 2.0 grens' van 70% CO₂ reductie ten opzichte van aardgas in warmtenetten in 2030. Deze wet is echter niet van toepassing op telers in de glastuinbouw.

Op den duur zal er een alternatief voor de WKK's moeten worden gevonden om de CO₂ uitstoot voor de kaswarmte verder te beperken. Deze warmte kan niet van de 1 GW elektrolyzers afkomen, omdat deze warmte al volledig gebruikt wordt door de kassen.

Het energieverbruik per GJ warmte geleverd aan de kassen is 0,01 GJ elektriciteit en 0,34 GJ aardgas.

8.2.2 Economisch

In deze sectie wordt de economische prestatie van de business case beschreven. Voor kassen geldt het *niet meer dan anders* tarief van de Autoriteit Consument en Markt (ACM) niet. Tuinders betalen minder voor hun energie dan woningbezitters die aangesloten zijn bij een warmtenet. Om toch inzichtelijk te krijgen hoe de business case economisch presteert wordt daarom de *levelized cost of heat* (LCOH) vergeleken met de inkoopprijs voor aardgas (0,22 €/m³ ofwel 6,95 €/GJ). De LCOH van het systeem is ongeveer 7 €/GJ en is hiermee vergelijkbaar met de aardgasprijs. Een opsplitsing van de LCOH is in onderstaande tabel weergegeven. NB: Het model houdt geen rekening met een eventuele vrijstelling van de energiebelasting.

Tabel 8-2: LCOH Electrolyser Westland (afgerond op 25ct)

Uitgaven	Bedrag [€/GJ]	Percentage [%]
Bronstelsysteem	0,5	7
Boring	0,75	10
Warmtenet	2,5	34
Energiebelastingen	0,25	3
Energie inkopen	2,5	34
Aanpassingen afnemers (excl. gereed maken voor 60°C)	0,25	3
Ontwikkelkosten	0,5	7
Inkomsten (excl. warmteverkoop)	Bedrag [€/GJ]	Percentage [%]
Vastrecht	-	0
BAK	-	0
Restwarmte SDE++	-0,25	-3
TOTAAL	7	

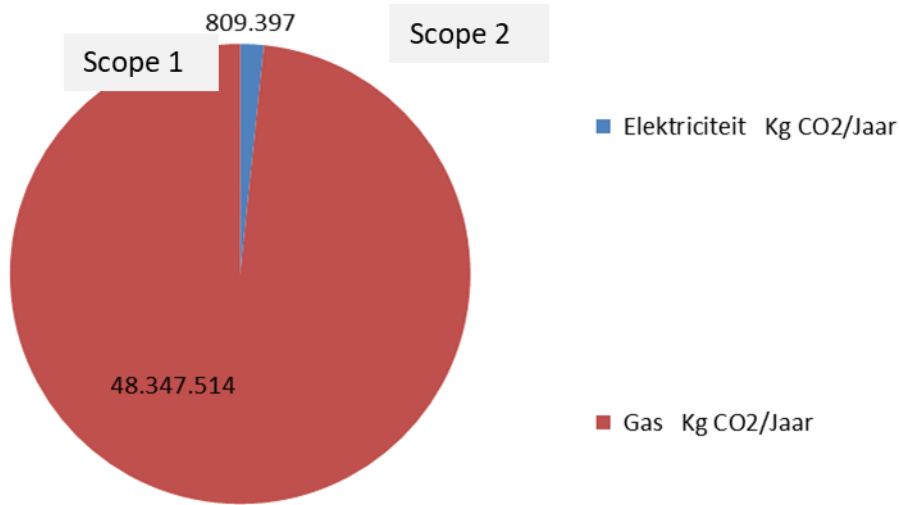
De kosten voor een GJ warmte zijn CAPEX en OPEX intensief. De voornaamste kosten zijn de aanleg van het warmtenet en de boring en de inkoop van aardgas. Er is vooralsnog uitgegaan van de afwezigheid van een vastrecht.

8.2.3 CO₂ emissies

Tenslotte maakt de Quicksan inzichtelijk wat de CO₂ emissies per jaar en per GJ warmte zijn. Het wetsvoorstel 'Warmtewet2.0' zal niet van toepassing zijn op glastuinbouwers, deze is daarom niet meegenomen in Figuur 8-4.

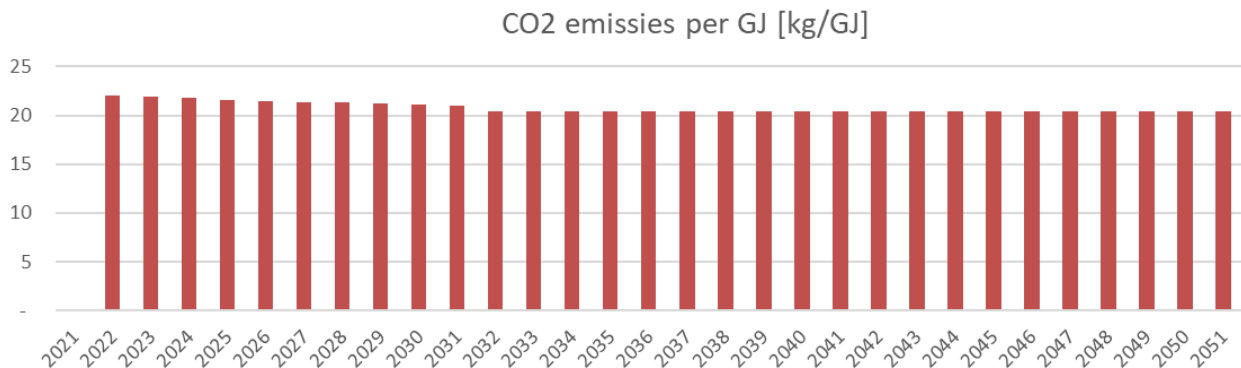
NB: Aangezien de warmtewet niet van toepassing is op de glastuinbouwbedrijven, is in vergelijking met fase A afgestapt van de CO₂ emissie berekening conform het 'rapport Harmelink', waarbij boekhoudkundig in de loop van de jaren steeds meer CO₂ toegerekend wordt aan de warmte. Er is in fase B gekozen voor een CO₂ emissie die identiek is aan die van gasketels.

In Figuur 8-4 zijn de gemiddelde jaarlijkse scope 1 & scope 2 emissies weergegeven. Zoals verwacht zijn de meeste emissies afkomstig van aardgas. In de praktijk zullen waarschijnlijk nog meer emissies scope 1 emissies zijn, omdat de pompen in het warmtenet direct met windenergie kunnen worden aangedreven.



Figuur 8-3, gemiddelde jaarlijkse scope 1 & scope 2 emissies

Hoe de CO₂-emissies in de loop van de tijd veranderen is maar zeer beperkt afhankelijk van de mate waarin de elektriciteit voor de pompen verduurzaamt. De snelheid waarmee glastuinbouwers hun WKK's vervangen door een duurzamere optie is bepalend.



Figuur 8-4, CO₂ emissies per GJ warmte

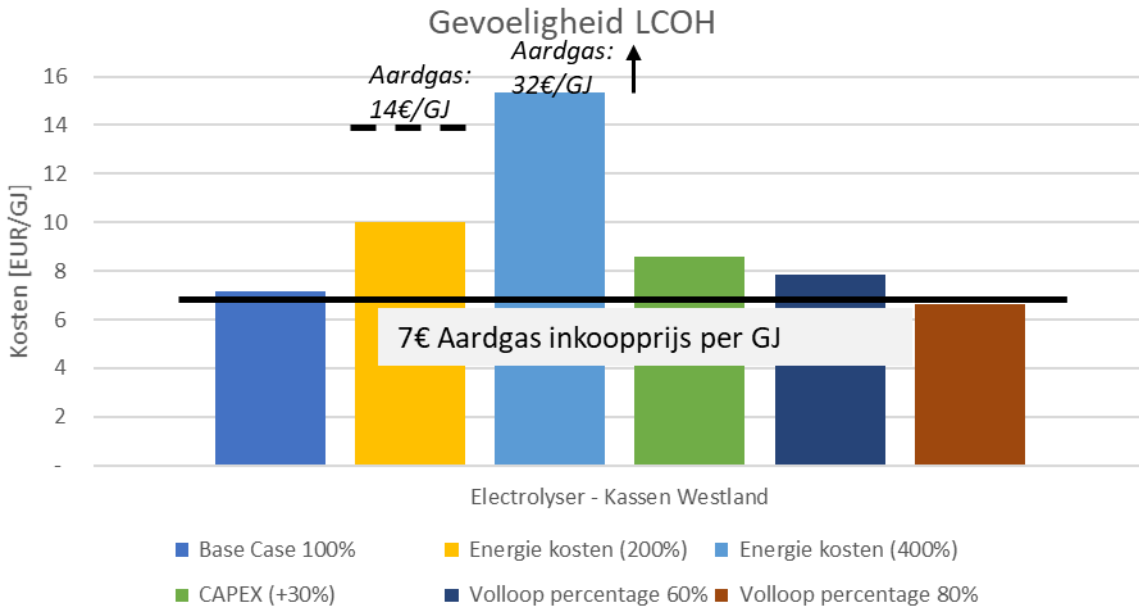
8.2.1 Sensitiviteitsanalyse

Ook voor de warmtelevering aan het Westland is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarvan de resultaten te zien zijn in figuur 41. Hierbij is analogie met het scenario voor Vlaardingen in beschouwing genomen:

- Verhoging energieprijzen met 200 en 400% hetgeen een verhoging van de totale kosten met zich meebrengt maar een sterke demping laat zien ten opzichte van de aardgasprijzen. De kosten van electrolyser warmte wordt namelijk niet beïnvloed door de energieprijzen. De stijging in de warmteprijs valt toe te rekenen aan de aanvullende warmte die via de WKK of piekketel moet worden geproduceerd. Deze bronnen hebben een één-op-één afhankelijkheid met de aardgasprijs.
- Een verhoging van de CAPEX met 30%, hetgeen maar een beperkte invloed heeft. De CAPEX wordt gedomineerd door de boring en het warmtenet en deze twee kennen de grootste onzekerheid. Zodra een meer gedetailleerde studie naar o.a. de (on)mogelijkheden voor de boring en er meer bekend is

met betrekking tot de beperkingen bij het aanleggen van het netwerk in de gebouwde omgeving, kan met meer zekerheid een uitspraak gedaan worden over de daadwerkelijke kosten.

- Het vollooperpercentage van 60 en 80% hetgeen ook maar een relatief klein effect heeft.



Figuur 8-5: Gevoeligheidsanalyse LCOH

8.3 Conclusie & risico's

De electrolyser warmte met constante en lage prijs, kan een goede aanvulling zijn op de bestaande WKK's, om in de warmtebehoefte van het Westland te voorzien. Vergeleken met de gasprijzen begin 2021 zijn de kosten voor electrolyser warmte ongeveer gelijk, maar in vergelijking met de huidige en verwachte gasprijzen voor de komende jaren is electrolyser warmte veel goedkoper. Hieronder een opsomming van de belangrijkste risico's.

Variërend warmte aanbod

Grootste uitdaging is dat de warmte alleen beschikbaar is bij een operationele electrolyser en dus afhankelijk van duurzame energie opwek. Hierdoor is de zeer flexibele inzet van een WKK of gasketel op de overige momenten noodzakelijk. De combinatie met de WKK is op zich interessant aangezien de momenten met weinig of geen duurzame energie opwek typisch wel een hogere stroomprijs zullen hebben, en dus interessant voor elektra productie via de WKK. Het alternatief voor deze stroomproductie zal toch nog lang fossiel gebaseerd zijn. Een andere optie om de variatie in aanbod te mitigeren is wellicht de inzet van HT-warmteopslag. Dit is niet verder onderzocht.

Geen goede match met geothermie

De kosten voor deze bron zitten voornamelijk in de investeringen rond het warmtenet. De marginale kosten, die kosten afhankelijk zijn van de leveringsomvang zoals pompenergie of gas, zijn zeer laag. Hierdoor kan het net alleen renderen als alle beschikbare warmte wordt afgenomen, en zal deze bron dus als eerste moeten worden aangesproken in een eventuele Merit order. Aangezien voor geothermie hetzelfde geldt is het gevolg dat deze bronnen direct met elkaar concurreren en lastig als aanvullend kunnen worden ingezet. Omdat er in het gebied ook veel wordt ingezet op geothermie zal het voor de afnemers een afweging worden tussen deze bronnen.

Vollooprisico

Ook hier speelt het vollooprisico een rol, wanneer er minder tuinders mee doen blijven de investeringen grotendeels gelijk. Waardoor de warmte per GJ duurder zal worden. Omdat het aantal aansluitingen beperkt is (173) kan er in deze situatie voor gekozen worden om alle contracten vooraf af te sluiten. Het volloop risico is daarmee makkelijker te beheersen tov de gebouwde omgeving waar het aantal aansluitingen vaak veel groter is.

Aardgasvrij

In dit scenario worden WKK's of ketels ingezet op momenten dat de electrolyser niet operationeel is. Dit betekent dat er een blijvende vraag naar gas is in het gebied. Hoe dit gas richting 2050 vervangen gaat worden door een duurzaam alternatief blijft dan de vraag. Er kan gedacht worden aan vervanging met een duurzaam gas zoals groengas of waterstof. Een elektrisch alternatief ligt minder voor de hand omdat de elektra prijzen op deze momenten hoog zullen liggen (Namelijk de reden dat de electrolyser niet draait) Bij verdere uitwerking zal er naar aardgasvrije alternatieven als aanvulling en piek gekeken moeten worden.

CO₂ behoefte tuinbouw

Bij de glastuinbouw is er behoefte aan CO₂ als groeibevorderaar, deze wordt vaak verkregen uit de rookgassen van de WKK's/ketels. Bij inzet van duurzame warmte zal een tuinder separaat kosten hiervoor moeten (aanvoer vloeibaar CO₂).

Temperatuur niveau

De temperatuur van het net is met 60°C lager dan de conventionele warmteafgifte systemen bij de tuinders. Technisch is het goed mogelijk om de kassen met deze temperatuur te verwarmen, maar kosten voor deze aanpassing zullen per tuinder sterk verschillen. Ook zullen tuinders met oudere kassen minder geneigd zijn om deze aanpassingen door te voeren.

8.4 Vervolgstappen

Voor de uiteindelijke realisatie van een collectief warmtesysteem zal nog een complexe route moeten worden afgelegd. Het hele systeem kent veel stakeholders en de hele keten zal het eens moeten worden over het gewenste aardgasvrije systeem. Om dit scenario een stap verder te krijgen zal er met de lokale tuinders een gezamenlijk onderzoek gestart moeten worden.

1. Haalbaarheidsstudie uitvoeren

De (georganiseerde) tuinders in het gebied zullen gezamenlijk moeten kijken naar de mogelijke alternatieven voor een aardgasvrije warmtevoorziening in het gebied. Hierin kan deze oplossing worden afgewogen tegenover alternatieven zoals geothermie, maar het huidige aardgas scenario wat voor deze ondernemers een belangrijke benchmark zal blijven i.v.m. de concurrentiepositie. Het betrekken van de mogelijkheid voor de verwarming van woningen kan hierbij ook meegenomen worden.

2. Wanneer er in de eerste stap voldoende aanleiding blijkt om verder te gaan zullen de afzonderlijke partijen hun rol in de warmtelevering moeten bepalen.

- a. De tuinders zullen de gewenste rol moeten kiezen die ze in willen nemen om hun belangen in de warmteontwikkeling te waarborgen. Opties zijn bijvoorbeeld de deelname in een warmtebedrijf of het in de markt zetten van het warmtesysteem om een externe partij te selecteren voor de aanleg. Ook zullen ze ten behoeve van een meer gedetailleerde businesscase de kosten en mogelijkheden voor aanpassingen van het afgifte systeem in beeld moeten brengen.
- b. De bron ontwikkelaar, zal in samenwerking met de eigenaar van de diverse electrolyzers moeten bepalen onder welke leveringsvoorwaarde de restwarmte kan worden aangeleverd. Dit gaat over de variaties in vermogen, op en afregel snelheden en temperaturen. Daarnaast zal de mogelijke contractduur bepaald moeten worden.

3. Als de rollen duidelijk zijn en het scenario nog steeds de voorkeur heeft zal deze verder gedetailleerd moeten worden. Aan de hand van de uitkomsten kan de interesse onder de tuinders worden gepeild via een intentieverklaring. Zo kan toegewerkt worden naar contracten per tuinder waarna het systeem aangelegd kan worden.

9 Knelpunten en Policy ask's

Aan de hand van uitwerking van de twee voorbeeldprojecten zien we in deze in het bijzonder twee knelpunten bij een verder zeer positieve uitkomst van de studie. Deze behandelen we hieronder kort:

Risico op voldoende voltoop kan niet worden afgedekt

In beide voorbeelden valt of staat de businesscase bij voldoende deelname van bewoners. De echte zekerheid hierover wordt pas verkregen wanneer er een concreet voorstel bij de bewoners ligt en contracten gesloten kunnen worden. Dit is een fase ver in de projectontwikkeling waarbij al een vergaand ontwerp van het warmtenet uitgewerkt is. De kosten zijn dan al flink opgelopen. Een dergelijk volloopriscico speelt met name bij bestaande bouw.

Oplossingsrichtingen:

1. **Garantiefonds voor projectontwikkelingsfase**, als de fase tot de definitieve contracten met afnemers (deels) via een garantiefonds financieel kan worden afgedekt blijft een aanvaardbaar risico over. Bij uitkomsten beter dan verwacht zou er ook weer geld het fonds in kunnen stromen.
2. **Publiek ontwikkelbedrijf**, een publiek ontwikkelbedrijf kan naast de ontwikkeling ook de gemeente ontlasten. De ontwikkeling is in publieke handen waardoor onafhankelijke keuzes gemaakt kunnen worden. In een later stadium van de ontwikkeling kan alsnog gekozen worden om, bijvoorbeeld via een aanbesteding, de ontwikkeling aan een warmtebedrijf te verkopen. Met een publiek ontwikkelbedrijf worden de financiële risico's per niet per definitie kleiner, er kan wel meer publieke sturing plaatsvinden op het proces en waar er ontwikkeld wordt.
3. **Duidelijkheid over einde aardgasnet in de wijken**, aangezien we in 2050 allemaal van het gas af moeten zijn zullen er elk jaar wijken zijn waar de gasvoorziening gestaakt wordt. Wanneer duidelijk de relatie van een aardgasvrij ontwikkeling met het einde van een aardgasvoorziening in een wijk wordt gelegd is de urgentie automatisch hoger. Deze maatregel kan in een wijk ook zeer negatieve gevolgen hebben als het idee ontstaat dat er geen keuze is en de bewoners de perceptie hebben dat ze in handen van een "monopolist" worden geduwd. Een gedegen participatieproces, met invloed op de gang van zaken, is dan ook cruciaal.

Aanvullend: Het 'Inspiratiepaper Volloopriscico' gaat verder in op dit volloopriscico en de mogelijkheden tot (deels) beheersing van dit risico. ²⁴

Bij TEA warmte is SDE++ subsidieverlening cruciaal

Het halen van thermische energie uit afvalwater (TEA) heeft vergeleken met andere opties van hernieuwbare energie zoals zonnepanelen en windenergie relatief hoge kosten per vermeden ton CO₂. Deze kosten zijn leidend voor het verkrijgen van deze subsidie, en TEA heeft hierdoor weinig kans op subsidie. Echter de alternatieven voor CO₂ vrije warmte zijn beperkt, zeker na de uitsluiting van houtige biomassa in de SDE en lastige acceptatie van overige biomassa vormen. Als er geen hoge temperatuur restwarmte beschikbaar is vallen de overgebleven opties snel in een late fase van de SDE++ verlening. TEA is een goed voorbeeld hiervan, er is veel subsidie nodig om dit van de grond te krijgen. Het niet ontvangen van een SDE++ subsidie is een showstopper voor de case in Vlaardingen en zou resulteren in een flinke bijdrage per aansluiting (BAK).

Oplossingsrichtingen:

Een goed teken is het voornemen van het ministerie van economische zaken en klimaat²⁵ om hekjes te plaatsen in de SDE++ vanaf 2023 rond domeinen zoals lage temperatuur warmte. Hierdoor kan een TEA oplossing concurreren met andere lage temperatuur initiatieven.

²⁴ <https://warmteiscool.nl/wp-content/uploads/2021/03/Inspiratie-paper-Volloopriscico.pdf>

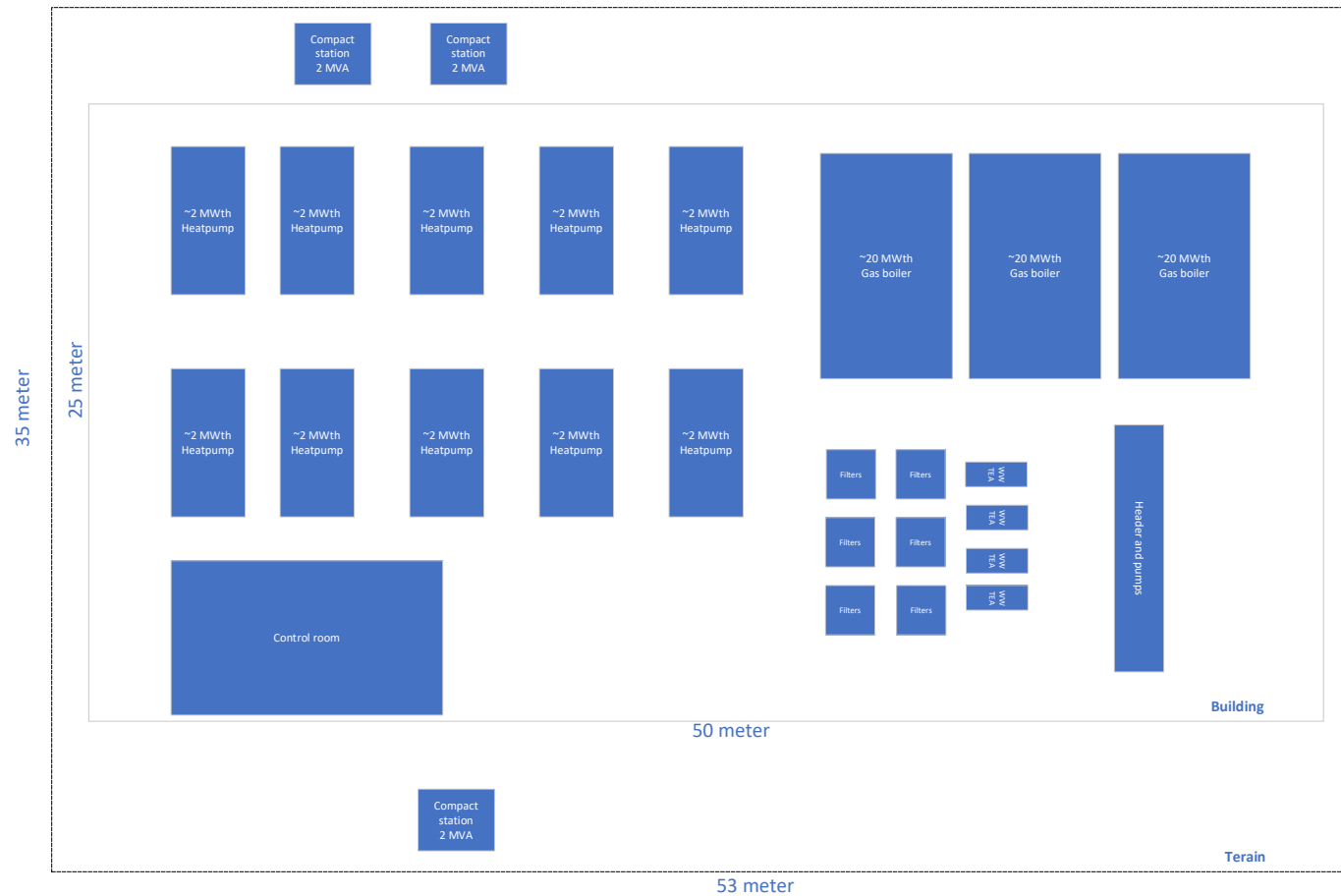
²⁵ Kamerbrief: Verloop SDE++ 2021, openstelling SDE++ 2022 en voorstel aanpassing SDE++ per 2023 [2 december 2021]

1. **SDE++ “hekjes” goed ontwerpen**, deze zullen zo ontworpen moeten worden dat het in lijn loopt met de ambities van de warmtetransitie. Voor een groot deel van Nederland is een vorm van lage temperatuur warmte de enige realistische oplossing om aardgasvrij te worden. Dit gegeven zal in het subsidie ontwerp moeten terugkomen.
2. **Warmtenet subsidie**, in de SDE++ wordt rekening gehouden de kosten voor het transportnetwerk en de WOS. Dit zijn kosten die normaal binnen de scope van een warmtenet zouden vallen. Bij gebrek aan een aparte subsidie voor warmtenetten is een TEA project vaak aangewezen op een hoge SDE++ subsidie aanvraag, terwijl dit lager en in het SDE++ systeem dus kansrijker zou zijn als de bron en het warmtenet ook in subsidieverlening een eigen stimulering zou hebben. Alternatief hiervoor is het stimuleringsinstrument van een totaal warmteproject van bron tot afnemer.

Bijlage

A1 Vlekkenplan Vlaardingen

A1 Vleckenplan Vlaardingen



TEA: 20 MW + 40 MW piek
+ 20 MW backup

Total: 1855 m²

Bijlage

A2 & A3 Kentallen voor bepaling van LCOH-scenario's

Algemeen:

De kentallen voor met name investeringen in deze bijlagen A2 en A3 zijn gebaseerd op de verzamelde gegevens uit verschillende interne projecten. Daarnaast is ook gebruik gemaakt van publiekelijk toegankelijke informatie waaronder de SDE++ publicaties.

A2. Kentallen voor bepaling van LCOH-scenario's fase A

	Kental	Electrolyser - Kassen Westland	Electrolyser - Voorne-Putten	Electrolyser - WarmtelinQ	Effluent WZI - WarmtelinQ	Effluent WZI - Vlaardingen	Eenheid
	Warmtevraag	3,4	2	6,8	0,5	0,7	[PJ/jr]
Technische eigenschappen warmtenet	Transportleiding	22	44	23	1	5,5	[km]
	Kosten transportleiding	2	1,5	1,5	1,5	2	[EUR/m]
	HT aanvoer	60	80	110	110	80	[°C]
	LT retour	40	50	60	60	50	[°C]
	Verlies transportleiding	27	36	48	48	36	[W/m ²]
Opgestelde bronnen	Vermogen warmtepompen	-	150	270	19	19	[MW]
	Vermogen restwarmte	210	-	270	-	-	[MW]
	Vermogen gasketel	586	231	-	-	81	[MW]
Verdeling vermogens (%)	% warmtepompen (E + LT)	-	91	75	100	82	[%]
	% via open WKO	-	18	-	-	-	[%]
	Inkoop externe warmte	-	-	25	-	-	[%]
	Gasketel	34	9	-	-	18	[%]
	Restwarmte	66	78	59	-	-	[%]

Projectgerelateerd



	Kental	Electrolyser - Kassen Westland	Electrolyser - Voorne-Putten	Electrolyser - WarmtelinQ	Effluent WZI - WarmtelinQ	Effluent WZI - Vlaardingen	Eenheid
	Aquathermie	-	-	-	70	62	[%]
	Warmtepomp (elektrisch deel)		13	16	30	20	[%]
Warmtepomp	LT aanvoer	-	60	60	30	30	[°C]
	LT retour	-	40	40	15	15	[°C]
	HT aanvoer	-	80	110	110	80	[°C]
	HT retour	-	50	60	60	50	[°C]
	COP-warmtepomp	-	7	4,7	3,3	4,1	[-]
Opslag	Aangesloten open WKO- bronnen	-	66	-	-	-	[-]
Overige kosten	Boringen	20	-	6	2	5	[M EUR]
	Elektra aansluiting(en)	-	0,5	2	0,4	0,4	[M EUR]
	Gas aansluiting(en)	-	25	-	-	25	[K EUR]
Externe warmte	Inkoopprijs externe warmte	-	5	5	-	-	[EUR/GJ]
Proceskosten	Ontwikkelkosten als percentage CAPEX	15	15	15	15	15	[%]
Warmtepomp	Investing	-	750	350	650	675	[EUR/MW]
	Herinvestering	-	300	300	300	300	[EUR/MW]
	Kosten verwijdering	-	-	-	-	-	-
	Onderhoudskosten	-	2	2	2	2	[%]
Gasketel	Investing	60	60	-	-	60	[EUR/MW]

Projectgerelateerd



	Kental	Electrolyser - Kassen Westland	Electrolyser - Voorne-Putten	Electrolyser - WarmtelinQ	Effluent WZI - WarmtelinQ	Effluent WZI - Vlaardingen	Eenheid
Open WKO-bronnen	Onderhoudskosten	90	90	-	-	90	[%]
	Investering	-	250	-	-	-	[EUR/#]
	Kosten verwijdering	-	50	-	-	-	[EUR/#]
	COP	-	15	-	-	-	-
Aquathermie	Onderhoudskosten	-	2	-	-	-	[%]
	Investering	-	-	-	214.286	214.286	[EUR/MW]
	COP	-	-	-	60	60	-
	Onderhoudskosten	-	-	-	2	2	[%]
Restwarmte aansluiting	Investering	100	100	-	-	100	[EUR/MW]
	COP	100	100	-	-	100	-
	Onderhoudskosten	2	2	-	-	2	[%]
Warmtenet	COP	100	100	100	100	100	[-]
Inkooprijzen	Inkooprijds elektra	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	[EUR/kWh]
	Inkooprijds gas	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	[EUR/m3]
Netbeheerkosten	Klein verbruik aansluiting (3x25)	228	228	228	228	228	[EUR/jaar]
	Aansluit en vastrechttaarif tot 160 KVA	592	592	592	592	592	[EUR/jaar]
	Aansluit en vastrechttaarif tot 1 MVA	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	[EUR/jaar]

Projectgerelateerd



	Kental	Electrolyser - Kassen Westland	Electrolyser - Voorne-Putten	Electrolyser - WarmtelinQ	Effluent WZI - WarmtelinQ	Effluent WZI - Vlaardingen	Eenheid
	Aansluit en vastrechtstarief tot 2 MVA	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	[EUR/jaar]
	Aansluit en vastrechtstarief tot 5 MVA	9.888	9.888	9.888	9.888	9.888	[EUR/jaar]
	Aansluit en vastrechtstarief tot 10 MVA	11.232	11.232	11.232	11.232	11.232	[EUR/jaar]
	KW tarief kleinverbruik aansluiting	-	-	-	-	-	[EUR/kW/jaar]
	KW tarief tot 2 MVA	36	36	36	36	36	[EUR/kW/jaar]
	kW tarief tot 10 MVA	54	54	54	54	54	[EUR/kW/jaar]
	Capaciteitstarief gas	22	22	22	22	22	[EUR/Nm3/h/jaar]
	Vastrecht gas kleinverbruiker	168	168	168	168	168	[EUR/jaar]
	EB elektra tot trede 1	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	[EUR/kWh]
	EB elektra tot trede 2	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093	[EUR/kWh]
	EB elektra tot trede 3	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	[EUR/kWh]
	EB elektra tot trede 4	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	[EUR/kWh]
	EB elektra tot trede 1 eind kWh	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	[kWh]

Projectgerelateerd



	Kental	Electrolyser - Kassen Westland	Electrolyser - Voorne-Putten	Electrolyser - WarmtelinQ	Effluent WZI - WarmtelinQ	Effluent WZI - Vlaardingen	Eenheid
	EB elektra tot trede 2 eind kWh	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	[kWh]
	EB elektra tot trede 3 eind kWh	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000	[kWh]
	Gas energiebelasting trede 1	0,434	0,434	0,434	0,434	0,434	[EUR/m3]
	Gas energiebelasting trede 2	0,089	0,089	0,089	0,089	0,089	[EUR/m3]
	Gas energiebelasting trede 3	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	[EUR/m3]
	Gas energiebelasting trede 4	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	[EUR/m3]
	Gas energiebelasting trede 1 eind m3	170.000	170.000	170.000	170.000	170.000	[m3]
	Gas energiebelasting trede 2 eind m3	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	[m3]
	Gas energiebelasting trede 3 eind m3	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000	10.000.000	[m3]
Warmtepomp SDE	Basisbedrag	-	0,04	0,04	0,04	0,04	[EUR/kWh]
	Correctiebedrag	-	0,02	0,02	0,02	0,02	EUR/kWh]
	Maximale vollasturen	-	6.000	6.000	6.000	6.000	[Uren/jaar]
	Aantal subsidie jaren	-	15	15	15	15	[Jaar]
	GJ > m3 gas	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	[GJ/m3]

Projectgerelateerd

	Kental	Electrolyser - Kassen Westland	Electrolyser - Voorne-Putten	Electrolyser - WarmtelinQ	Effluent WZI - WarmtelinQ	Effluent WZI - Vlaardingen	Eenheid
Omrekenwaarden (energetisch)	m3 gas > GJ	31,60	31,60	31,60	31,60	31,60	[m3/GJ]
	GJ > kWh	277,78	277,78	277,78	277,78	277,78	[kWh/GJ]
	kWh > GJ	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	[GJ/kWh]
	Biomassa > GJ	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	[GJ/ton]
	GJ > Biomassa	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	[ton/GJ]
Onderhoudskosten- en beheerkosten	Warmtenet	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	[%]
	Afleverzet	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	[%]
	Geothermie	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	[%]
	Biomassa	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	[%]
	Warmtepomp	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	[%]
	Gasketel	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	[%]
	Open WKO-bronnen	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	[%]
	Gesloten WKO-bronnen	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	[%]
	Aquathermie	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	[%]
	Drycoolers	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	[%]
	Restwarmte aansluiting	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	[%]
	Warmtenet	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	[%]
	Opex vaste kosten	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	[%]
	Verzekeringen	-	-	-	-	-	-
Beheerkosten	-	-	-	-	-	-	

Projectgerelateerd



	Kental	Electrolyser - Kassen Westland	Electrolyser - Voorne-Putten	Electrolyser - WarmtelinQ	Effluent WZI - WarmtelinQ	Effluent WZI - Vlaardingen	Eenheid
CO ₂ emissies	Aardgas	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	Kg CO ₂ /m ³
	Uitstoot externe warmte	0	0	0	0	0	Kg CO ₂ /kWh
	Verkoopprijs warmte (ex. BTW)	21,08	21,08	21,08	21,08	21,08	[EUR/GJ]
NPV/WACC	Equity rate	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	[%]
	Debt rate	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	[%]
	Leverage (Debt to Capital)	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	[%]

A3. Kentallen voor bepaling van LCOH-scenario's fase B

	Kental	Electrolyser - Kassen Westland	Effluent WZI - Vlaardingen	Eenheid
	Warmtevraag	3,4	0,54	[PJ/jr]
	Volloop	70	70	[%]
Technische eigenschappen warmtenet	Technische eigenschappen warmtenet	Zie tabel 7.3	Zie tabel 8.1	
	HT aanvoer	60	80	[°C]
	LT retour	40	50	[°C]
	Verlies transportleiding	1	12	[%]
Warmtenet	COP	100	100	[-]
Opgestelde bronnen	Vermogen warmtepompen	-	20	[MW]
	Vermogen restwarmte	210	-	[MW]
	Vermogen gasketel	586	60	[MW]
Verdeling vermogens (%)	% warmtepompen (E + LT)	-	81	[%]
	% via open WKO	-	-	[%]
	Inkoop externe warmte	-	-	[%]
	Gasketel	34	19	[%]
	Restwarmte	66	-	[%]
	Aquathermie	-	61	[%]
	Warmtepomp (elektrisch deel)		20	[%]
Warmtepomp	LT aanvoer	-	30	[°C]
	LT retour	-	15	[°C]
	HT aanvoer	-	80	[°C]

Projectgerelateerd



	Kental	Electrolyser - Kassen Westland	Effluent WZI - Vlaardingen	Eenheid
	HT retour	-	50	[°C]
	COP-warmtepomp	-	4,1	[-]
Opslag	Aangesloten open WKO-bronnen	-	-	[-]
Boring	-	Zie tabel 7.3	Zie tabel 8.1	
Overige kosten	Elektra aansluiting(en)	-	0,5	[M EUR]
	Gas aansluiting(en)	-	25	[K EUR]
Externe warmte	Inkooprijs externe warmte	-	-	[EUR/GJ]
Proceskosten	Ontwikkelkosten als percentage CAPEX	15	15	[%]
Bron installatie	-	Zie tabel 7.3	Zie tabel 8.1	
Inkooprijzen	Inkooprijs elektra	0,05	0,05	[EUR/kWh]
	Inkooprijs gas	0,22	0,22	[EUR/m3]
Netbeheerkosten	Klein verbruik aansluiting (3x25)	228	228	[EUR/jaar]
Warmtenet	Aansluit en vastrechtstarief tot 160 KVA	592	592	[EUR/jaar]
Inkooprijzen	Aansluit en vastrechtstarief tot 1 MVA	1.016	1.016	[EUR/jaar]
	Aansluit en vastrechtstarief tot 2 MVA	1.533	1.533	[EUR/jaar]
Netbeheerkosten	Aansluit en vastrechtstarief tot 5 MVA	9.888	9.888	[EUR/jaar]
	Aansluit en vastrechtstarief tot 10 MVA	11.232	11.232	[EUR/jaar]
	KW tarief kleinverbruik aansluiting	-	-	[EUR/kW/jaar]
	KW tarief tot 2 MVA	36	36	[EUR/kW/jaar]
	kW tarief tot 10 MVA	54	54	[EUR/kW/jaar]

Projectgerelateerd

	Kental	Electrolyser - Kassen Westland	Effluent WZI - Vlaardingen	Eenheid
	Capaciteitstarief gas	22	22	[EUR/Nm3/h/jaar]
	Vastrecht gas kleinverbruiker	168	168	[EUR/jaar]
	EB elektra tot trede 1	0,124	0,124	[EUR/kWh]
	EB elektra tot trede 2	0,093	0,093	[EUR/kWh]
	EB elektra tot trede 3	0,036	0,036	[EUR/kWh]
	EB elektra tot trede 4	0,001	0,001	[EUR/kWh]
	EB elektra tot trede 1 eind kWh	10.000	10.000	[kWh]
	EB elektra tot trede 2 eind kWh	50.000	50.000	[kWh]
	EB elektra tot trede 3 eind kWh	10.000.000	10.000.000	[kWh]
	Gas energiebelasting trede 1	0,434	0,434	[EUR/m3]
	Gas energiebelasting trede 2	0,089	0,089	[EUR/m3]
	Gas energiebelasting trede 3	0,047	0,047	[EUR/m3]
	Gas energiebelasting trede 4	0,036	0,036	[EUR/m3]
	Gas energiebelasting trede 1 eind m3	170.000	170.000	[m3]
	Gas energiebelasting trede 2 eind m3	1.000.000	1.000.000	[m3]
	Gas energiebelasting trede 3 eind m3	10.000.000	10.000.000	[m3]
TEA SDE	Basisbedrag	-	0,07	[EUR/kWh]
	Correctiebedrag	-	0,01	EUR/kWh]

Projectgerelateerd

	Kental	Electrolyser - Kassen Westland	Effluent WZI - Vlaardingen	Eenheid
	Maximale vollasturen	-	6.000	[Uren/jaar]
	Aantal subsidie jaren	-	15	[Jaar]
Restwarmte SDE	Basisbedrag	0,018	-	[EUR/kWh]
	Correctiebedrag	0,013	-	EUR/kWh]
	Maximale vollasturen	6.000	-	[Uren/jaar]
	Aantal subsidie jaren	15	-	[Jaar]
Omrekenwaarden (energetisch)	GJ > m3 gas	0,03	0,03	[GJ/m3]
	m3 gas > GJ	31,60	31,60	[m3/GJ]
	GJ > kWh	277,78	277,78	[kWh/GJ]
	kWh > GJ	0,0036	0,0036	[GJ/kWh]
	GJ > Biomassa	0,11	0,11	[ton/GJ]
Onderhoudskosten- en beheerkosten	Warmtenet	1,0	1,0	[%]
	Afleverzet	1,0	1,0	[%]
	Geothermie	2,0	2,0	[%]
	Biomassa	2,0	2,0	[%]
	Warmtepomp	2,0	2,0	[%]
	Gasketel	2,0	2,0	[%]
	Open WKO-bronnen	2,0	2,0	[%]
	Gesloten WKO-bronnen	2,0	2,0	[%]
	Aquathermie	2,0	2,0	[%]
	Drycoolers	2,0	2,0	[%]
	Restwarmte aansluiting	2,0	2,0	[%]

Projectgerelateerd

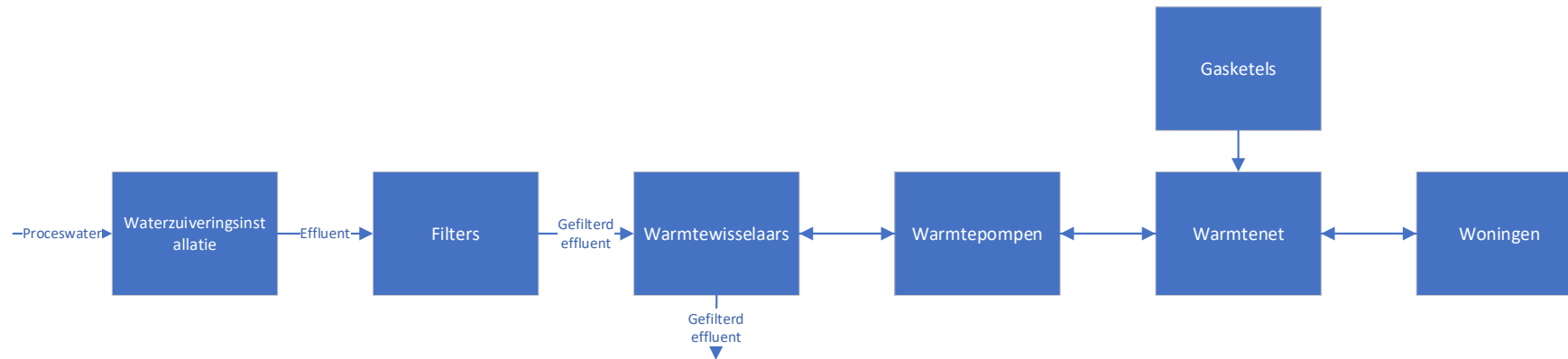


	Kental	Electrolyser - Kassen Westland	Effluent WZI - Vlaardingen	Eenheid
	Warmtenet	1,0	1,0	[%]
	Opex vaste kosten	2,0	2,0	[%]
	Verzekeringen	-	-	-
	Beheerkosten	-	-	-
CO ₂ emissies	Aardgas	1,89	1,89	Kg CO ₂ /m ³
	Uitstoot externe warmte	0	0	Kg CO ₂ /kWh
NPV/WACC	Verkoopprijs warmte (ex. BTW)	21,08	21,08	[EUR/GJ]
	Equity rate	6,75	6,75	[%]
	Debt rate	3,00	3,00	[%]
	Leverage (Debt to Capital)	60,00	60,00	[%]

Bijlage

A4 Schematische weergave van warmteconcept naar Vlaardingen

A4 Schematische weergave van warmteconcept naar Vlaardingen



Bijlage

A5 Schematische weergave van warmteconcept naar Westland

A5 Schematische weergave van warmteconcept naar Westland

