In samenwerking met:

RAPPORT | September-2021

# Bijlage

## Technische onderbouwing (Quickscan)

In opdracht van:

Gemeente Schiermonnikoog

**De projectgroep Dursum Eilaun**

Maatschap ProDO

Hanzehogeschool Groningen

**Royal HaskoningDHV**

**HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.**

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

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

| | |
|---|---|
| Titel document: | **Doorrekening opties voor een toekomstig energiesysteem Schiermonnikoog** |
| Status: | **Definitief** |
| Datum: | 15-9-2021\| September-2021 |
| Projectnaam: | Schier Fase 2 |
| Projectnummer: | BH8049 |
| Auteur(s): | Sander Fransen, Nienke Jorna |
| Opgesteld door: | Sander Fransen (RoyalHaskoningDHV) |
| Gecontroleerd door: | Klaas Jan Noorman (ProDO), Marcel Koenis (Hanze Hogeschool), Bastian Knoors (RoyalHaskoningDHV), Bram Veneman (RoyalHaskoningDHV), Dion Glastra (Royal HaskoningDHV), Eilard Hoogerduijn Strating (Royal HaskoningDHV) |
| Datum: | 23 augustus 2021 |

***Disclaimer**: Aan deze rapportage kunnen geen rechten worden ontleend. RHDHV aanvaard geen aansprakelijkheid als gevolg van beslissingen of schade als gevolg van eventuele onjuistheden of verkeerde interpretatie van dit rapport. Dit rapport geeft een eerste indruk en is louter bedoeld om de discussie aan te scherpen. De gebruikte berekeningen zijn een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid. Dit kan resulteren in foutieve interpretatie van de resultaten. In bijlage 1 staan voorstellen om de nauwkeurigheid van de Quickscan verder te detailleren richting een 'bankable businessmodel'.*

*Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd 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 persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V. en dient voor publicatie of anderszins openbaar maken te worden geanonimiseerd.*

# Inhoudsopgave


**1 Samenvatting 1**

**2 Introductie 3**

2.1 Achtergrond 3

2.2 Doelstelling 3

2.3 Leeswijzer 4

**3 Scope & analyse van het onderzoeksgebied 5**

3.1 Introductie 5

3.2 Afbakening van het gebied 5

3.2.1 Gebouwkenmerken 6

3.3 Energievraag 8

3.4 Energiebesparingspotentieel – warmte 9

3.5 Energiebesparingspotentieel – Elektriciteit 11

**4 Warmtesystemen als alternatief voor aardgas 13**

4.1 Introductie 13

4.2 Warmtenet: thermische energie uit zeewater 13

4.3 Individuele warmtepomp per huis 16

4.4 Hernieuwbare gassen 16

4.5 Doorrekening warmtesysteem 19

4.6 Resultaten overzicht 22

4.7 Tussenconclusie warmtesystemen 26

**5 Elektriciteitssystemen als alternatief voor fossiele stroom 29**

5.1 Introductie 29

5.2 Het elektriciteitssysteem 29

5.3 Lokale opwek van elektriciteit 30

5.4 Verschillende organisatie- en financieringsvormen 32

**6 Conclusies 34**

6.1 Conclusies 34

6.2 Aandachtspunten 35

# 1 Samenvatting

In opdracht van de Gemeente Schiermonnikoog is een onderzoek verricht naar de mogelijkheden voor verduurzaming van de energiehuishouding van het eiland. Hiervoor is een Quickscan uitgevoerd waarin de eerste **technische, economische** en **sociale voorkeur** van verschillende 'energie-opties zijn getoetst.

Hieronder zijn de belangrijkste **conclusies** van deze Quickscan samengevat:

- Het grootste aandeel van de energievraag bestaat uit warmte. De zoektocht naar duurzame warmtetechnieken is daarmee de belangrijkste uitdaging;
- Er is een besparingspotentie op de warmtevraag van maximaal 30% op bestaande gebouwen. De grote verscheidenheid aan bebouwing in de gemeente Schiermonnikoog zorgt ervoor dat deze besparing niet overal (doelmatig) haalbaar is. Vooral de monumentale panden vormen een uitdaging.
- Een warmtenet voor heel Schiermonnikoog lijkt technisch en financieel gezien uitdagend en is daarom niet realistisch. De benodigde investering kan op basis van wettelijke warmtetarieven niet zonder meer worden terugverdiend door een exploitant. Indien een collectieve warmteoplossing toch de voorkeur heeft, dan is het meest logische scenario om te werken met één of meerdere mini-warmtenetten. Dit kan als optimalisatie binnen een scenario waarbij voornamelijk individuele warmteoplossingen worden gerealiseerd.
- Ongeveer 15 tot 20% van de warmtevraag van de gebouwde omgeving (exclusief bedrijven) kan in potentie worden vervuld met groengas. Groengas kan moeilijk lokaal geclaimd worden.
- Het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties heeft aangegeven dat hernieuwbare gassen (waaronder ook waterstof) zeker tot 2030 geen significante rol zullen spelen in de verduurzaming van de gebouwde omgeving. Als er dan toch groen gas of waterstof overblijft na 2030, dan zal dit waarschijnlijk alleen in gebouwen worden ingezet waar geen alternatieve verwarming mogelijk is.
- Voor individuele warmtepompen is goede isolatie (tot circa schillabel B) nodig. Realisatie van voldoende isolatie is voor de panden op Schiermonnikoog uitdagend of in sommige gevallen technisch onwenselijk. De bijhorende kosten (op woningniveau) kunnen daarbij oplopen tot enkele tienduizenden euro's. Hiermee lijkt deze oplossing slechts voor een deel van de gebouwen toepasbaar. Daarnaast is de extra elektriciteitstoevoer via de Wadkabel een aandachtspunt.
- Er zijn verschillende mogelijkheden om groene stroom te produceren op het eiland. Hierbij zijn vergunningen van de provincie en de teruglevering via de Wadkabel aandachtspunten. Opslag in het systeem kan als optimalisatie verder worden uitgezocht.

### Duurzame warmte

Er is geen 'one size fits all' warmteoplossing voor Schiermonnikoog. Vanuit de technische inzichten is het aan te raden om vraagreductie als basis te nemen voor de warmtetransitie. Dat betekent dat isolatie en andere energiebesparende maatregelen de eerste stap vormen. De gemeente kan hierin verschillende rollen spelen door inwoners te informeren, adviseren of gezamenlijke isolatie inkoop te organiseren.

In deze studie is ook de mogelijkheid om te verduurzamen met behulp van groengas in beeld gebracht. Ondanks de gevoelige historie rondom dit onderwerp én vanwege nieuwe ontwikkelingen in beschikbare technologie is het aan te raden deze route verder te onderzoeken. Lokaal opgewekt groengas kan zo goed als zeker niet in de volledige warmtevraag voorzien, waardoor er ook andere oplossingen nodig blijven. Waar mogelijk kunnen woningen (individueel) voorzien worden van warmtepompen, maar ook deze oplossing is niet overal goed toepasbaar. Een warmtenet voor het hele eiland bevelen wij niet aan. Indien het collectief organiseren van een warmteoplossing wel interesse houdt, kan als variatie op individuele warmtesystemen per woning worden gekeken naar 'mini warmtenetten' per straat of huizenblok. Dit kan worden meegenomen als optimalisatie in de route waar voornamelijk wordt ingezet op individuele oplossingen (groengas en warmtepompen). Hierbij dient ook de optimalisatie in opslag en het ontlasten van de Wadkabel verder te worden onderzocht.

### Duurzame opwek op het eiland

Voor verschillende typen windturbines en voor zonnepanelen (zon-PV) is berekend hoeveel er nodig is om te voorzien in de huidige elektriciteitsvraag van 20 TJ. In de toekomst zou de elektriciteitsvraag kunnen verdubbelen, wanneer de warmtevraag wordt ingevuld door elektrificatie. De benodigde hoeveelheid zon of wind verdubbelt in dat geval ook.

Afhankelijk van het type windturbine geldt dat voor de productie van windenergie een enkele turbine of slechts een aandeel in een enkele turbine op zee voldoende is om op jaarbasis in de elektriciteitsvraag van Schiermonnikoog te voorzien. Bij zonnepanelen is een zonneveld van ca. 4-5 hectare voldoende. Hoewel bestaand beleid het niet zondermeer toelaat lijkt het technisch mogelijk om een windmolen of zonnepark op het eiland te realiseren. Hiervoor zijn verschillende organisatievormen mogelijk.

Deze energiebronnen zijn in verschillende vormen te organiseren:

1. Achter de meter – bij een afnemer
2. Postcoderoos – dit kent het eiland al voor een zonproject
3. Participatie via ontwikkelaar – via een lokale concessie kan de gemeente hier invloed op uitoefenen. Buiten het eiland is het lastig om via de ontwikkelaar te participeren
4. Inkoop van groene stroom – Als eiland of per afnemer kan er groene stroom met groene certificaten worden ingekocht uit het landelijke net

Als het eiland echt zelf ambities wil tonen in de verduurzaming, lijken optie 1,2 en 3 tot de mogelijkheden te behoren. Door provinciaal beleid is het echter niet direct mogelijk om zelf nieuwe projecten voor lokale elektriciteitsopwekking te realiseren. Dit vraagt om verdere uitwerking.

# 2 Introductie

Deze bijlage bevat de technisch-economische onderbouwing van de eindrapportage van het **project Dursum Eilaun**

Uit het vooronderzoek blijkt dat meer dan 90% van de energie nu wordt geleverd door fossiele bronnen. Als de benodigde energie voor verkeer en vervoer (het veer) buiten beschouwing wordt gelaten, is de belangrijkste energiebron voor de gebouwde omgeving op dit moment aardgas. Hoewel lokale opwek van elektriciteit een belangrijk onderwerp is, blijkt uit de cijfers dat de warmtevraag een grotere energetische opgave is. Warmte speelt daarom een grote rol in de scenario doorrekening.

## 2.1 Achtergrond

In 2020 is de huidige projectgroep begonnen aan het project **'Dursum Eilaun'**. Binnen dit project haalt de gemeente energiespecialisten naar het eiland om samen met inwoners na te denken over de toekomstige energievoorziening op Schiermonnikoog. Het team is onafhankelijk en ondersteunt, adviseert, levert inhoudelijke kennis en ontwikkelt scenario's. Zij kan dat alleen doen op basis van 'het verhaal van Schiermonnikoog', het verhaal van de bewoners. Dat laat zich niet in één keer schrijven. We bekijken verschillende toekomsten. Dat doen we dan met scenario's. De scenario's worden uitgewerkt en vergeleken zodat we de beste keuzes maken om het verhaal te realiseren. Deze studie biedt de technisch-economische onderbouwing van de scenario's (zie eindrapport Dusum Eilaun). Een scenario bestaat uit een logische combinatie van technische opties of onderdelen (bijvoorbeeld warmte pompen in combinatie met een zonnepark) en daarnaast zijn ook voor de scenario's verschillende realisatie paden of routes geïdentificeerd (zie ook het hoofddocument).

## 2.2 Doelstelling

Het doel van deze Quickscan is onderbouwen welke energiescenario's (en onderdelen daarvan) kansrijk zijn voor Schiermonnikoog en voor welke systemen nader onderzoek zinvol is. Het doel van deze Quickscan wordt sluitend samengevat in onderstaande hoofdvraag:

***"Welke energiesystemen voor Schiermonnikoog zijn technisch-economisch en sociaal wenselijk en welke oplossingen bieden voldoende perspectief om verder te onderzoeken?"***

**Geografische scope**: Gemeente Schiermonnikoog (zie hoofdstuk 3)

**Warmtesystemen:** Een (collectief) warmtenet, een individuele oplossing d.m.v. elektrische warmtepompen, een alternatief (duurzaam) gas zoals groengas

**Energiebron(nen):** Wind, zon, wind van zee

Binnen deze studie zijn de volgende combinaties van onderdelen onderzocht:

- ***Besparingspotentieel van warmte en elektriciteit;***
- ***Collectieve warmtevoorziening met bronwarmte uit de zee opgewerkt door een collectieve warmtepomp welke met een warmtenet aansluiting vindt op de gebouwen op Schiermonnikoog;***
- ***De mogelijkheden om lokaal groengas te produceren;***
- ***De mogelijkheden voor een 'all-electric' warmtevoorziening per woning;***
- ***Lokale opwek van duurzame stroom d.m.v. zon- of wind;***
- ***Inkoop van groene stroom;***

*Het tot stand komen van deze bijlage wordt verder toegelicht in* ***het eindrapport Dursum Eilaun.*** In het hoofdrapport wordt ook de 'sociale haalbaarheid' van de opties behandeld.

Deze onderdelen zijn vertaald naar vier concrete scenario's:

1. Energiebesparing en opwek van zonne-energie
2. Maximale besparing en groene stroom van elders
3. Maximale besparing en (lokaal opgewekt) groengas
4. Maximale besparing, opwek van zonne-energie en (lokaal opgewekt) groengas

Binnen en tussen de opties van deze studie zijn nog velerlei combinaties, variaties en optimalisaties denkbaar. De doorrekening van deze systemen moet daarmee ook gezien

worden als eerste indicatie van welke systeem doelmatig kan bijdragen aan het verduurzamen van de energievoorziening.

## 2.3 Leeswijzer

Deze Quickscan kent de volgende opbouw;

- Hoofdstuk 3: Scope en analyse van het studiegebied
- Hoofdstuk 4: Warmtesystemen als alternatief voor aardgas
- Hoofdstuk 5: Elektriciteitssystemen als alternatief voor fossiele stroom
- Hoofdstuk 6: Conclusies

# 3 Scope & analyse van het onderzoeksgebied

## 3.1 Introductie

In dit hoofdstuk is de scope en analyse van het onderzoeksgebied beschreven. Het onderzoeksgebied bestaat uit de geografische afbakening met daarin de gebouwen die zijn meegenomen in de Quickscan. Voor deze gebouwen is een analyse uitgevoerd, waarin de gebouwkenmerken, de energievraag en mogelijke energiebesparingspotentie zijn meegenomen. De energievraag en gebouwkenmerken vormen het startpunt voor verdere analyse en daarbij een antwoord op deelvraag 1 van sectie 2.2.

## 3.2 Afbakening van het gebied

Deze studie richt zich op het eiland Schiermonnikoog. Het gaat hierbij om de volgende CBS-buurten:

- Schiermonnikoog (CBS-buurtcode: BU00880000)
- Verspreide huizen Schiermonnikoog (CBS-buurtcode: BU00880009)

Het eiland kent circa 940 permanente inwoners en 1500 adressen (incl vakantiewoningen).

### 3.2.1 Gebouwkenmerken

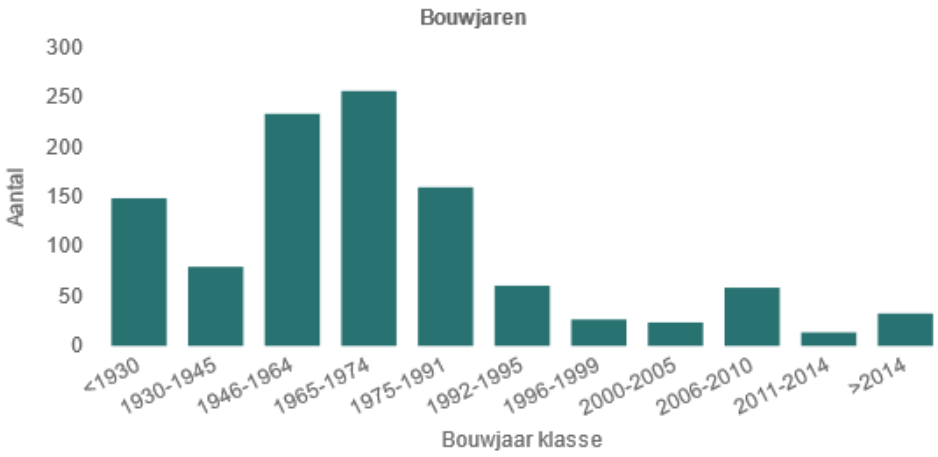
De Quickscan richt zich op de energievraag van de bestaande bouw in de gemeente Schiermonnikoog. Om een beeld te schetsen van de bestaande bebouwing is een analyse gedaan naar de bouwtypologie, bouwjaar en energielabels van de woningen in het onderzoeksgebied.

De bouwtypologie, bouwjaar en energielabels vormen de belangrijkste parameters voor de Quickscan. Het bouwjaar en het energielabel geven een goede inschatting van de isolatiekwaliteit van een woning. Daarnaast is de aflevertemperatuur hier direct van belang, woningen met een recent bouwjaar kunnen worden verwarmd met lagere temperaturen dan oudere woningen. Een duurzaam verwarmingssysteem heeft bij voorkeur een zo laag mogelijke temperatuur, om warmteverliezen te beperken. Daarnaast is de gebouwtypologie een graadmeter voor de indeling van een gebied. Vrijstaande woningen vragen een hogere investering in warmte-infrastructuur dan tussenwoningen. In Hoofdstuk **Error! Reference source not found.** is een analyse gedaan voor de benodigde warmte-infrastructuur.

In Figuur 1 is de verdeling in gebouw typologieën weergegeven. Het relatief grote aandeel utiliteitsbouw kan worden verklaard omdat vakantiewoningen hier ook onder vallen. Het overgrote deel van de woningen is vrijstaand of 2 onder 1 kap. Dit maakt de haalbaarheid van een collectief warmtesysteem moeilijker door de relatief grotere onderlinge afstand tussen de woningen. Het aandeel appartementengebouwen gering. Een groot deel van de appartementen valt onder utiliteiten (hotels en appartementen voor de verhuur).

In Figuur 2 is de verdeling in bouwjaren weergegeven voor het onderzoeksgebied. Een groot deel van de bebouwing is gerealiseerd in de periode 1945 – 1990. Deze bouwperiode heeft een relatief slechte isolatiegraad en maakt overwegend gebruik van traditionele hoge(re) temperatuur verwarmingssystemen. In een klein aandeel van deze woningen zal later isolatie zijn aangebracht. Ook valt het aantal gebouwen met een bouwjaar van voor 1930 op. Hieronder vallen de kenmerkende monumentale panden die op het eiland staan. Een lijst met monumentale panden is eerder gepubliceerd bij de 'nul-schets'. De monumentale status van deze panden is een belangrijk aandachtspunt omdat niet elke maatregel kan worden toegepast. Hierdoor kan isoleren (reduceren van de warmtevraag) of het plaatsen van zonnepanelen (zelf stroom opwekken) uitdagend of zelfs onmogelijk zijn.

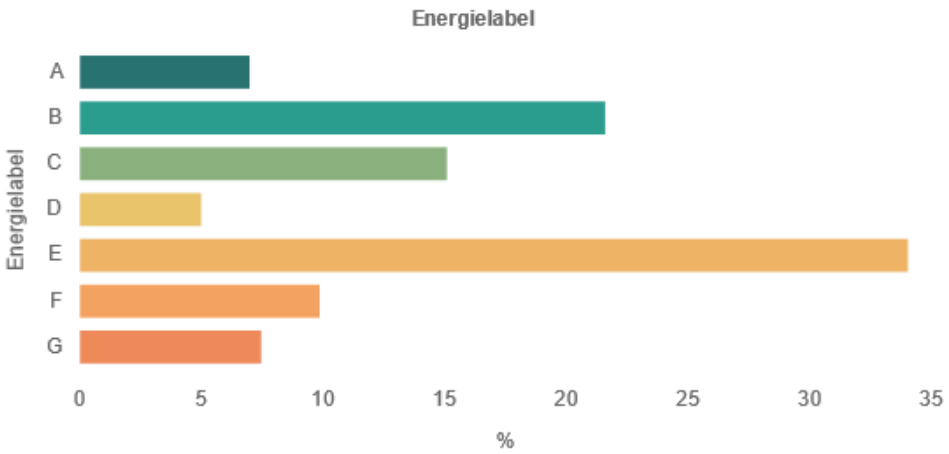
*Figuur 1: Gebouwtypologie. Vakantiewoningen vallen onder 'utiliteitsbouw' volgens de BAG.*




*Figuur 2: Bouwjaren*

In figuur 3 is de verdeling in energielabels weergegeven, deze verdeling correspondeert enigszins met de verdeling in bouwjaren. Een grote verscheidenheid in energielabels is aanwezig, een midden/hoge aanvoertemperatuur zal nodig zijn om alle woningen in het gebied te kunnen verwarmen.

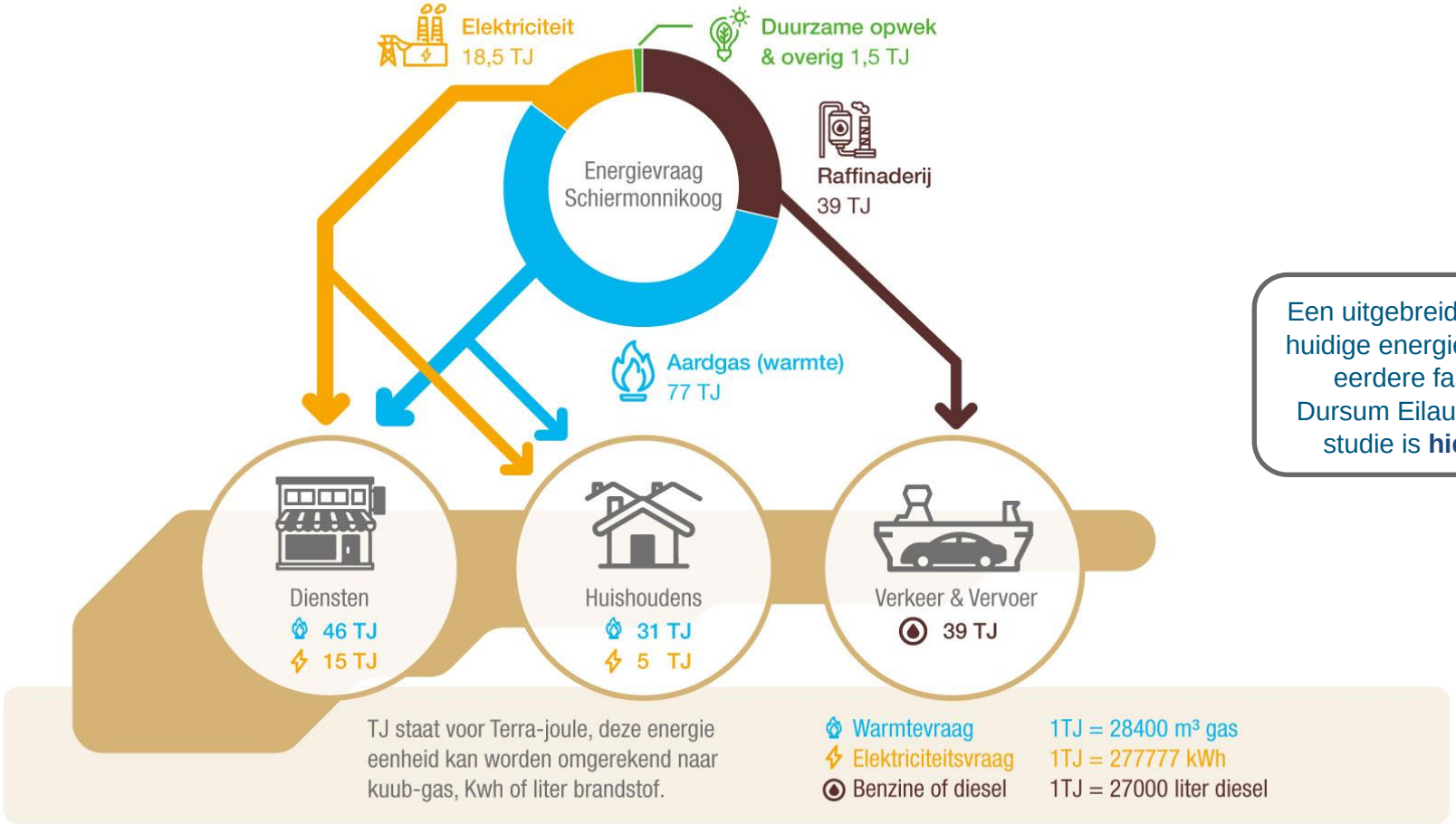
Het aantal en type gebouwen op het eiland bepaalt samen met het aantal mensen grotendeels de energievraag van alle inwoners en de bezoekers. In de eerdere publicatie ‘nulschets’ is deze energievraag overzichtelijk in kaart gebracht. In de volgende paragraaf staat een samenvatting van de ‘nulschets’.




*Figuur 3: Energielabels*

## 3.3 Energievraag

De energievraag van Schiermonnikoog is in een eerdere studie in kaart gebracht (figuur 4). Schiermonnikoog krijgt nu bijna al haar energie van de vaste wal. Aardgas en elektriciteit via leidingen en kabels, motorbrandstoffen via tankwagens. Ongeveer 7% van de elektriciteit die het eiland gebruikt wordt lokaal opgewekt met zonnepanelen. Meer dan 90% van het energiegebruik komt uit fossiele energiebronnen. De woningen aan de ds. Hasper- en Martha Karststraat hebben geen gasaansluiting. In die woningen produceren warmtepompen en zonnepanelen energie en warmte. In de figuur wordt het energiegebruik in de belangrijkste sectoren weergegeven. Ongeveer een kwart van het energiegebruik vindt plaats bij huishoudens. Het energiegebruik hangt sterk af van de grootte en het type woning en het gedrag van de bewoner.




*Figuur 4: Visualisatie huidig finaal energiegebruik*

Een uitgebreide analyse van het huidige energieverbruik is in een eerdere fase van project Dursum Eilaun gemaakt. Deze studie is **hier<<** te vinden.

## 3.4 Energiebesparingspotentieel – warmte

Er is veel mogelijk qua energiebesparing in het gebouwenbestand op Schiermonnikoog. De inzet van energiebesparende maatregelen (zoals verbetering van isolatie, HR++ of driedubbelglas (triple glas) en kierdichting) kan de warmtevraag sterk verlagen. De percentuele verlaging van de warmtevraag is per gebouw en bouwjaarcategorie erg verschillend door de verschillende uitgangsposities en reeds toegepaste maatregelen. Op basis van gebouw-kenmerken is het besparingspotentieel voor verschillende bouwjaren geanalyseerd.

In tabel 1 is het energiebesparingspotentieel weergegeven voor verschillende bouwjaren/woningtypes op Schiermonnikoog. In deze tabel zijn per bouwjaarcategorie gangbare isolatiemaatregelen benoemd. Dikgedrukte maatregelen zijn zowel technisch als economisch haalbaar. Deze leiden tot de geschatte warmtebesparing en kosten in de tabel. De maatregelen, besparingspercentage en kosten in deze tabel zijn geijkt op landelijke gemiddelden. Samenvattend lijkt het energiebesparingspotentieel voor woningen die gebouwd zijn tussen 1965 en 1992 het grootst. Dit komt omdat er tijdens de bouw geen of sterk verouderde isolerende maatregelen zijn toegepast. Voor woningen gebouwd voor 1965 geldt dat deze in de praktijk vaak technisch moeilijk te isoleren zijn. Woningen gebouwd na 1992 zijn al tijdens de bouw geïsoleerd, hier geldt dat het financieel onaantrekkelijk is om aanvullend te isoleren omdat het besparingspotentieel laag is.

Een kanttekening: wanneer we het over woningen hebben is Schiermonnikoog niet alleen letterlijk, maar ook figuurlijk een eiland. De huizen op Schiermonnikoog hebben vaker grotere dakoppervlaktes, kleinere gevels, meer glas en vrijstaande woningen in de kernen nemen bijna het volledige bouwperceel in beslag. Door de zandgronden waarop woningen gebouwd zijn, is vloerisolatie waarschijnlijk alleen aan de bovenkant mogelijk. Om hier recht aan te doen, hebben wij gekozen om sommige maatregelen anders te laten scoren dan we normaal zouden doen.

Uit de analyse schatten wij dat er op Schiermonnikoog tussen de 15% en de 20% van de totale warmtevraag bespaard worden door het isoleren van woningen met gangbare maatregelen. In de grote groep woningen met bouwjaren tussen de 1965 en 1992 is een betekenisvolle warmtevraag vermindering te realiseren via de isolatiemaatregelen genoemd in de tabel. Door het toepassen van zeer ingrijpende isolerende maatregelen kan dit percentage verder verhoogd worden.

In deze analyse is niet meegenomen welke duurzame maatregelen bewoners reeds zelfstandig hebben toegepast op hun woning. Verder is voor monumenten of gebouwen in een beschermd dorpsgezicht een andere benadering nodig waardoor de inschatting van warmtebesparing in de realiteit waarschijnlijk lager zal uitvallen.

De maximale warmtebesparing is gebaseerd op gemiddelde besparingen van woningtypologieën per bouwjaarcategorie(*). Kosten zijn indicatief o.b.v. landelijke gemiddelden, exclusief BTW en zonder afwerking. Wel is er getracht rekening te houden met vervoer van materiaal naar het eiland (**).

| Bouwjaar | Toepassing | Max besparing* % | Kosten per woning ** (Kosten voor de dikgedrukte maatregelen) |
|---|---|---|---|
| <1930 - 1945 | **HR++ Glas, Kierdichting, Isolerende deuren**<br>Gevel binnen, Dak binnen | 10 % | €10.000 – €15.000 |
| 1946-1964 | **HR++ Glas, Kierdichting, Dak binnen, Isolerende deuren**<br>Spouwmuur, Vloer Bovenkant | 10-20 % | €20.000 – €30.000 |
| 1965-1974 | **Spouwmuur, Vloer bovenkant, Dak binnenkant, Deurisolatie, Kierdichting, Glas HR++**<br>Dak buitenkant, Binnenmuur, Buitengevel | 25-30 % | €30.000 – €40.000 |
| 1975-1982 | **Spouwmuur, Vloer boven, Dak binnenkant Deur isolatie, Kierdichting, Glas HR++**<br>Dak buitenkant, Binnenmuur, Buitengevel | 25-30 % | €30.000 – €40.000 |
| 1983-1992 | **Spouwmuur, Vloer bovenkant, Dak binnenkant Isolerende Deuren, Glas HR++**<br>Kierdichting<br>Dak buitenkant<br>Binnenmuur<br>Buitengevel | 25-30 % | €25.000 – €35.000 |
| 1993-2005 | **Triple glas** | 10 % | €15.000 – €20.000 |
| >2006 | Triple glas | - | - |

*Tabel 1: Besparingspotentieel en kosten warmte, alleen de dikgedrukte maatregelen worden aanbevolen op basis van effectiviteit*

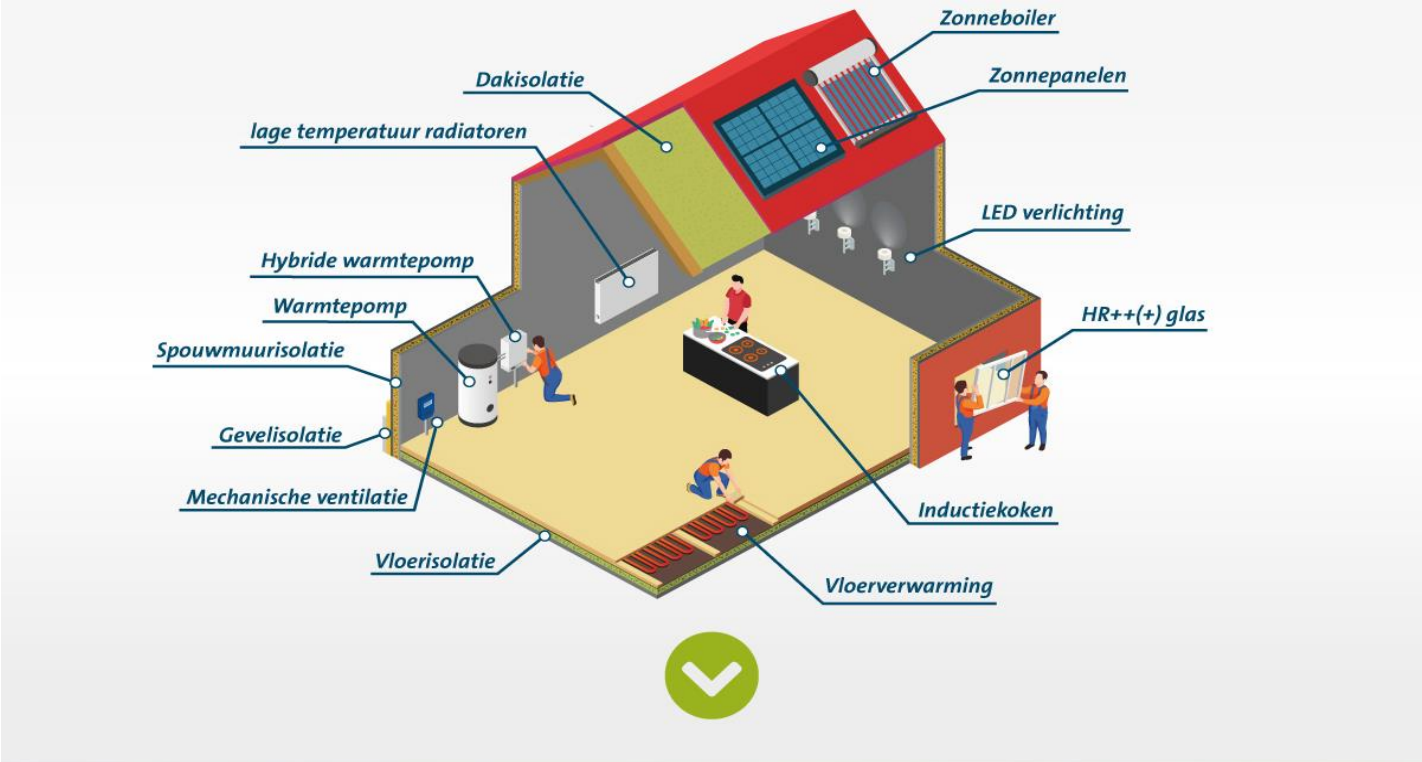
## 3.5 Energiebesparingspotentieel – Elektriciteit

Het besparingspotentieel voor elektriciteit is minder afhankelijk van de gebouwkenmerken. Er kan bespaard worden op elektriciteitsverbruik door huishoudelijke apparaten te vervangen door apparaten met hogere energielabels en door gedrag aan te passen.

Aan besparen in het algemeen zit een grens. Allereerst zit er een technische limiet aan het verbeteren van de efficiëntie, die naar verwachting bij de meeste apparatuur bereikt zal worden na 2030. Daarnaast zien we dat aan de ene kant energielabels van apparatuur zijn gehalveerd in de afgelopen tien jaar, maar aan de andere kant is het elektriciteitsgebruik op Schiermonnikoog niet afgenomen. Dit is te verklaren door een toename van luxe. We gebruiken onze huishoudelijke apparaten intensiever. Te denken valt aan grotere smartphones, snellere laptops en grotere TV's. Daarop aansluitend zien we dat bewoners van geïsoleerde woningen na isolatie de verwarming hoger draaien, waardoor ook deze warmtebesparing niet optimaal benut wordt.

In totaal wordt er een daling verwacht van 7-14% in het elektriciteitsverbruik door strengere eisen aan energielabels van apparaten en doordat het bezit van grotere apparaten steeds minder snel toeneemt (KEV, 2021). Daartegenover staat dat de elektriciteitsvraag zal toenemen doordat we van fossiele bronnen afstappen. We gaan elektrisch koken (5-8% toename elektriciteitsvraag), elektrische auto's aanschaffen en misschien onze woningen elektrisch verwarmen. Verkeer en vervoer zijn buiten beschouwing van deze studie gelaten, en het is aannemelijk dat op Schiermonnikoog een relatief maar een klein aandeel elektriciteit zal gaan naar elektrisch rijden vanwege de verkeersluwte. Toename van elektriciteitsvraag in plaats van aardgas voor verwarming is wel meegenomen (zie hoofdstuk 4).

Onafhankelijk van de warmte- of elektriciteitsbron kan er altijd een aantal maatregelen worden genomen op woningniveau om energie te besparen. Dit noemen we 'geen spijt maatregelen' (no-regret maatregelen). Een generiek overzicht hiervan staat op de volgende pagina.



## GEEN SPIJT MAATREGELEN

| voor 1940 & monument* | 1940 - 1975 | 1975 - 1992 | 1992 - 2000 | na 2000 |
|---|---|---|---|---|
| HR++(+) glas<br>Dakisolatie<br>Spouwmuur isolatie (indien mogelijk)<br>Vloer- of bodemisolatie<br>Kierdichting<br>Zonnepanelen<br>Inductie-koken<br>LED verlichting | HR++(+) glas<br>Dakisolatie<br>Spouwmuur isolatie<br>Vloer- of bodemisolatie<br>Zonnepanelen<br>Inductie-koken<br>LED verlichting | HR++(+) glas<br>Dakisolatie<br>Na-isoleren spouw<br>Vloerisolatie<br>Vloerverwarming/lage temperatuur radiatoren<br>Zonnepanelen<br>Inductie-koken<br>LED verlichting | Onderzoek warmte-verlies & na-isoleren<br>HR++(+) glas<br>Vloerverwarming/lage temperatuur radiatoren<br>Zonnepanelen<br>Inductie-koken<br>LED verlichting<br>Hybride warmtepomp | HR+++ glas<br>Vloerverwarming/lage temperatuur radiatoren<br>Zonnepanelen<br>Inductie-koken<br>LED verlichting<br>Hybride warmtepomp |

# 4 Warmtesystemen als alternatief voor aardgas

## 4.1 Introductie

In dit hoofdstuk wordt een aantal duurzame warmte alternatieven voor aardgas beschreven. In deze studie zijn drie alternatieve warmtesystemen beoordeeld:

1. Een warmtenet op basis van thermische energie uit zeewater
2. Een warmtepomp per woning
3. Groengas

Deze systemen omvatten de belangrijkste 'smaken' van aardgasvrije systemen:

1. Een collectieve oplossing, een warmtenet met een bron
2. Een individuele oplossing per woning
3. Een gasnet behouden voor gebruik van een duurzaam gas

Binnen en tussen deze hoofdrichtingen zijn nog velerlei combinaties, variaties en optimalisaties denkbaar. De doorrekening van deze systemen moet daarmee ook gezien worden als eerste indicatie van welke systeem doelmatig kan bijdragen aan het verduurzamen van de warmtevoorziening. Binnen de beoordeling van de systemen zullen we daarom ook uitdrukkingen gebruiken als kansarm of kansrijk. Wel toetsen we of de systemen logischerwijs kunnen voldoen aan huidige wet- en regelgeving.

Dit hoofdstuk begint met een introductie van de warmteconcepten waarna een technisch-economische analyse en vergelijking volgt.

## 4.2 Warmtenet: thermische energie uit zeewater

### Introductie en warmtebronnen

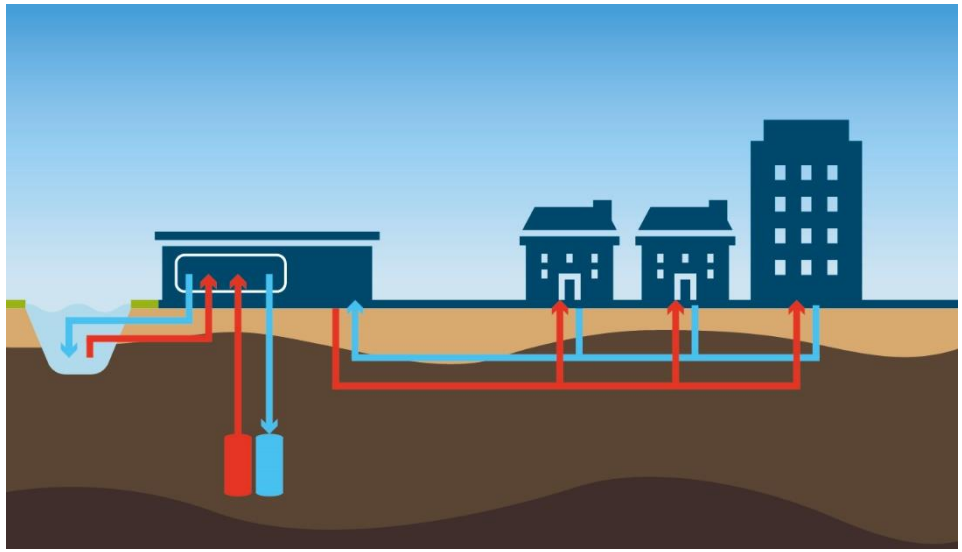
Een warmtenet is een systeem van leidingen, pompen en warmtewisselaars waarmee warm water naar elke woning wordt getransporteerd. Je kunt dit zien als een CV op grote schaal. Een warmtenet heeft een warmtebron nodig. Er bestaan verschillende soorten warmtebronnen die een collectief warmtenet kunnen voeden. Op basis van een eerste analyse (zie tabel 2) is er voor Schiermonnikoog voor gekozen om als uitgangspunt een eerdere business case met als bron zeewater te gebruiken. Een beoordeling van de mogelijke bronnen staat in tabel 1. De bronnen-analyse laat zien dat andere bronnen ofwel niet beschikbaar zijn, onlogisch zijn om te gebruiken of dat TEZ een goede indicatie kan geven voor een systeem op basis van een andere bron. Ongeacht de warmtebron is de basis van een collectief warmtesysteem een warmtenet.

| Soort bron | Beoordeling Schiermonnikoog |
|---|---|
| Restwarmte | Niet (voldoende) beschikbaar op het eiland |
| Aardwarmte (geothermie) | Warmtevraag te laag, hoge investering vraagt hoge warmtevraag |
| Zonthermie | Systeemconfiguratie vergelijkbaar met Thermische Energie uit Zeewater (TEZ) met een zonneboiler als collectieve bron. Seizoensopslag als extra systeemcomponent nodig. Zonthermie kan in sommige gevallen een aanvullende warmtebron zijn, of worden gezien als duurdere vervanging van de warmte uit zeewater. |
| Thermische energie uit afvalwater | Systeem vergelijkbaar met TEZ waarbij de temperatuur van het afvalwater i.p.v. zeewater wordt gebruikt. TEZ doorrekening kan als voorbeeld dienen. |
| Centrale (elektrische) warmtepomp | In de TEZ configuratie is ook een warmtepomp toegepast. Zonder TEZ zal een groter aandeel van de warmte door de warmtepomp geleverd worden, deze kent naar waarschijnlijkheid zonder TEZ een lagere efficiëntie en daardoor hoger elektriciteitsverbruik. |
| Biomassa | Onderwerp van publiek debat. Biomassa vergisting wel meegenomen als optie. Waarschijnlijk te weinig houtige biomassa lokaal beschikbaar. |
| (duurzame) gasketel Groengas/biogas/waterstof | Als piek/back-up wordt er conventioneel nog een gasketel meegenomen bij de installatie van een warmtenet. Gegeven de warmteverliezen in het net (15 – 30%) is het onlogisch om een net volledig gasgestookt te laten functioneren. Het gas kan dan energetisch gezien beter direct in de woning worden gebruikt om netverliezen te voorkomen. |

*Tabel 2: Bronneninventarisatie Schiermonnikoog*

## Thermische energie uit zeewater

Thermische energie uit zeewater (TEZ) is een warmtebron die gebruikt maakt van aanwezig oppervlaktewater in de omgeving. Dat oppervlaktewater is in dit geval het water van de Noordzee of de Waddenzee. Het oppervlaktewater fungeert als bron van een warmtepomp. Hiervoor moet warmte uitgewisseld worden aan de bronzijde van de warmtepomp. Verschillende configuraties zijn hiervoor mogelijk, de warmte kan uit het oppervlaktewaterlichaam worden onttrokken door middel van een warmtewisselaar in het water waarin een apart circuit is verbonden met een warmtepomp. Daarnaast kan het water opgepompt worden en door een warmtewisselaar in een warmtestation gepompt waarna het op een andere plek terug wordt geloosd in het oppervlaktewater. De watertemperatuur is voldoende om jaarrond warmte uit te onttrekken.



*Figuur 5: Systeemconcept aquathermie, vanwege de temperaturen van het zeewater lijkt de getekende warmte koude opslag in de bodem niet benodigd. Dit moet verder worden onderzocht.*

## Schetsontwerp van het warmtenet

Op basis van de kaart van Schiermonnikoog is een eerste schets voor een collectief systeem gemaakt. Bij de all electric- en groengas scenario's vinden alle aanpassingen op óf aan de woning plaats en is er geen warmtenet nodig.

Het beoogde systeem bestaat uit 1) een aquathermische bron (de Waddenzee bij de jachthaven), 2) een elektrische warmtepomp, 3) een leidingnetwerk en 4) back-up gasketels. Het leidingnetwerk bestaat uit een transportnetwerk, een distributienetwerk aansluitleidingen en verdeelstations. Royal HaskoningDHV heeft een netwerk met deze onderdelen doorgerekend om een inschatting van vermogens, het mogelijke tracé en dimensionering te krijgen. Aan de hand van deze dimensionering is de business case doorgerekend (hfst. 4.5).

Bij de technische lay-out worden de volgende onderdelen meegenomen waarmee wij deze studie vormgeven:

- Hoofdtransportleiding (transportnet, vaak niet van toepassing): 5600 m.
- Distributienet: 1800m
- Aansluitleidingen: 1700m
- Onderstations: 5 (x 3 MW)
- 1x aquathermie-warmtewisselaar
- 1x centrale warmtepomp
- 1x centrale piek/back-up gasketels

Dit resulteert in een eerste schets op basis van het stratennetwerk. Bij verder onderzoek naar dit warmtenet zal een preciezer ontwerp en dimensionering van het net nodig zijn. Deze detaillering omvat onderzoek ter plaatse naar obstakels in de ondergrond en de meest logische route van het net. Ook is in deze studie nog niet gecompenseerd voor extra zoutbestendige onderdelen en/of speciale dimensionering van het TEZ systeem op het wad. Naar de technische en ecologische impact moet verder onderzoek worden verricht. Voor het netwerk is er uitgegaan van (de kosten voor de aanleg van) een distributienetwerk en aansluitleidingen (tot aan de meterkast).
Via een warmtewisselaar en een warmtepomp zal de warmte uit het zeewater onttrokken en opgewerkt worden. Daarnaast wordt er voor de pieklast in de winter ook nog een gasketel ingezet, om voldoende warmte te genereren tegen beperkte extra kosten. Dit gehele systeem zal ervoor zorgen dat alle aangesloten gebouwen in hun warmte- en (eventueel) koudevraag worden voorzien. De koudevraag is omwille van een eerlijke vergelijking niet in de berekeningen (t.b.v.) kosten meegenomen. Immers, niet elk warmtesysteem kan ook koude leveren.

Het schetsontwerp van het warmtenet is schematisch weergegeven in figuur 6 op de volgend pagina en is een indicatie van hoe het er mogelijk uit kan komen te zien.

*Figuur 6: Schetsontwerp warmtenet Schiermonnikoog*

## 4.3 Individuele warmtepomp per huis

‘All electric’ en hybride verwarmen zijn zogenaamde individuele oplossingen. Dat wil zegen dat de oplossing per gebouw gerealiseerd wordt zonder dat daarvoor een collectieve organisatie (lees warmtenet) nodig is.

**All electric**

Bij het ‘all elecric’ systeem wordt de volledige warmtevraag ingevuld met een elektrische warmtepomp. Dit behoeft ruimte in de woning, en een deel van het systeem wordt aan de buitenkant van de woning geplaatst. De gas-aansluiting kan worden verwijderd. Met deze techniek wordt grofweg 1 deel elektriciteit omgezet in 3 delen warmte (deze efficiëntie wordt ook wel coëfficiënt of performance of COP genoemd).

Om een gebouw met een warmtepomp te kunnen verwarmen, moet de woning voldoende geïsoleerd zijn. Het streefniveau daarbij is schillabel B. Daarnaast moeten de radiatoren (afgiftesystemen) in veel gevallen worden vervangen door varianten die voldoende warmte afgeven op een lagere temperatuur (zoals vloerverwarming). Anders dan bij een hybride systeem is de elektriciteitsvraag vaak zo hoog dat als de hele buurt overstapt het elektriciteitsnet verzwaard dient te worden. Kosten hiervoor zijn niet meegenomen in de berekeningen.

**Hybride**

Een combinatie van systemen wordt een hybride warmtesysteem genoemd. Dit zou ook het combineren van een of meerdere hoofdoplossingen kunnen zijn. De warmtebron van een warmtenet is vaak ook een hybride systeem. Een hybride warmteoplossing per woning bestaat uit het plaatsen van een warmtepomp naast de (bestaande) gasketel. Deze optie is niet als los scenario beoordeeld, maar de impact hiervan kan wel uit de hoofdscenario’s worden herleid. Voor een hybride warmtepomp is het benodigde isolatieniveau iets lager, tot ongeveer schillabel D.

## 4.4 Hernieuwbare gassen

Hernieuwbare gassen zijn klimaatvriendelijke varianten op aardgas. Waterstof staat nu sterk in de belangstelling als potentieel duurzaam gas van de toekomst. Vooralsnog is het meest kansrijke hernieuwbare gas echter groen gas, een tot aardgaskwaliteit opgewerkte vorm van biogas. Biogas en groengas zijn, net als aardgas, methaanhoudende gassen die geschikt zijn voor verbranding. Biogas wordt geproduceerd door biomassa te vergisten.

### Waterstof

Netbeheerders hebben laten onderzoeken of het huidige gasnetwerk geschikt is voor het transport van waterstof. Dat is, mits er een aantal maatregelen worden genomen, het geval. Waterstof kan een alternatief zijn voor aardgas in wijken waar elektrische warmtepompen of een warmtenet geen oplossing zijn. Waterstof is op dit moment nog niet in voldoende mate beschikbaar om te gebruiken om woningen te verwarmen. Het is zelfs de vraag of er wel voldoende waterstof komt om te verbranden in woningen. De projecten die nu uitgevoerd worden zitten in de pilot-fase. Meer informatie over waterstof staat in het kader op de volgende pagina.

### Biogas

Om een duurzame warmtevoorziening te krijgen, kan het gebruik van aardgas vervangen worden door duurzame gassen. Biogas wordt gemaakt middels een vergistingsproces of vergassingsproces. Biogas heeft een andere verbrandingswaarde dan aardgas; wanneer het wordt opgewaardeerd naar ‘Gronings aardgas’-kwaliteit wordt het groen gas genoemd.

### Groengas

Om een duurzame warmtevoorziening te krijgen, wordt het aardgas vervangen door duurzaam gas. Groen gas wordt gemaakt door biogas op te waarderen tot vergelijkbare verbrandingseigenschappen als ‘Gronings aardgas’. Het kan daardoor op dezelfde manier gebruikt worden als aardgas. De potentie voor lokale groengasproductie op Schiermonnikoog is berekend op 300.000-350.000 $m^3$/ jaar. Dit is ongeveer 15% van de huidige aardgasvraag van het eiland. Dit is berekend op basis van de energetische inhoud van lokale biomassastromen, zonder daaraan een concrete conversie techniek (vergisten, vergassen etc.) te koppelen.

Meer informatie over biogas en groengas in de context van Schiermonnikoog staat op de volgende pagina. Voor de verwerking van biomassa kunnen ook andere routes gekozen worden. Een globaal overzicht hiervan staat op pagina 20.

## Meer informatie over waterstof

Waterstof is een energiedrager. Daarmee wordt bedoeld dat er energie zit in waterstof. Waterstof moet worden gemaakt want het komt van nature niet in een bruikbare (zuivere) vorm voor. Het is dan ook geen energiebron zoals bijvoorbeeld aardgas, de zon of de wind. Om waterstof te verkrijgen is energie nodig. Afhankelijk van de productiemethode kan grijze, blauwe of groene waterstof worden gemaakt. Grijze waterstof wordt gemaakt met fossiele brandstoffen. In het productieproces voor grijze waterstof wordt aardgas gekraakt. In dit proces splitst de aardgasmolecuul ($CH_4$) in waterstof ($H_2$) én $CO_2$. De $CO_2$ wordt uitgestoten in de atmosfeer. Wanneer bij deze productiemethode de $CO_2$ wordt afgevangen en opgeslagen (CCS), dan wordt gesproken over blauwe waterstof. De afvang van $CO_2$ kost extra energie. Groene waterstof wordt vooral geproduceerd door middel van elektrolyse. In dit proces wordt water ($H_2O$) door middel van elektriciteit omgezet in waterstof ($H_2$) en zuurstof ($O_2$) . Elektrolyse heeft momenteel een rendement van 65 tot 95%. Door duurzaam opgewekte stroom te gebruiken voor de productie van groene waterstof is deze methode compleet $CO_2$ vrij.
In een scenario waarbij veel windparken in de Noordzee worden gerealiseerd, zal in 2050 naar schatting hooguit 20% van de Nederlandse huishoudens van groene waterstof kunnen worden voorzien, omdat ook andere sectoren groene waterstof zullen gaan gebruiken. Er is dus landelijk onvoldoende duurzame waterstof beschikbaar om op de langere termijn geheel op duurzame waterstof over te schakelen (CE Delft, 2020).

Experts geven vaak aan dat het ‘zonde’ is om waterstof te gebruiken voor de relatief lage temperatuur die nodig is voor verwarming. Er wordt daarom vaak benoemd dat de waterstof die beschikbaar is of beschikbaar komt, eerst moet worden ingezet in de industrie, chemie en de mobiliteitssector en daarna pas in de gebouwde omgeving. Ook de Rijksoverheid stuurt hier op aan: in een brief aan gemeenten (van 12 januari 2021) heeft het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties aangegeven dat waterstof (en groen gas) zeker tot 2030 geen significante rol zal spelen in de verduurzaming van de gebouwde omgeving. Als er dan toch waterstof overblijft na 2030, dan zal dit waarschijnlijk alleen in gebouwen worden ingezet waar geen alternatieve verwarming mogelijk is.

Op lokale schaal wordt – bijvoorbeeld door energiecoöperaties – steeds vaker gedacht aan het realiseren van een waterstofinstallatie om zo de gebouwde omgeving te voorzien van waterstof. Deze lokale initiatieven kunnen inspiratie putten of misschien zelfs meeliften met onderzoeken in de ‘Greendeal H2-wijken’. Uit de onderzoeken blijkt dat voor de praktische uitrol van waterstof nog veel geregeld moet worden. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de prijsstelling van waterstof, eigendom van waterstof en andere financiële en juridische (markt)ordeningsvraagstukken. Hierop wachten past niet bij de ambitie van gemeente Schiermonnikoog om nu stappen te zetten.

## Groengas en Schiermonnikoog

Groengas wordt opgewekt met een vergistings- of vergassingsinstallatie. In 2017 zijn plannen om op het eiland een vergistingsinstallatie te realiseren vastgelopen.

Zonder oog te verliezen voor de gevoelige historie van het onderwerp hebben we voor deze studie op hoofdlijnen wel de energetische potentie van de lokale biomassa geschat, zonder dat hierbij hele concrete keuzes worden gemaakt voor de vergistingstechniek. Voortschrijdende ontwikkeling maakt het mogelijk om biogasproductie mogelijk zonder aanvoer van substraten van het vaste land te laten plaatsvinden. Te denken valt bijvoorbeeld aan hoge druk vergisting of bepaalde vormen van vergassing. De daadwerkelijke toepasbare techniek behoeft verder onderzoek.

Gezien de diepgang van dit onderzoek zijn enkel hoog-over aannames gedaan met afgeronde getallen. De precieze potentie moet verder worden onderzocht en hangt ook samen met de mogelijke techniek. Binnen de potentieberekening is meegenomen uit eerder onderzoek:

- Natuurgras
- Reststromen veehouderij (anders dan mest)
- Overig/Eco-frit e.d. (restaurant afval)

De totale potentie van deze stromen wordt geschat op ca. 150.000 m3 groengas/jaar. Daarnaast kan ook nog de dierlijke mest gebruikt worden. Op basis van 400 koeien heeft dit potentie van 150.000m3 – 190.000 m3 groengas/jaar uit mest.

Totaal komt daarmee op circa 300 – 350.000 m3 groengas/jaar. Dit is ongeveer 15% van de huidige gasvraag van het eiland.

## Biomassa en Schiermonnikoog

Er zijn verschillende (alternatieve) verwerkingsroutes voor (lokale) biomassa mogelijk. De tabel hieronder geeft een globaal overzicht met daarbij enkele actieve bedrijven.

| | Verwerkingsoptie | Voorbeeld | Maatschappelijk makkelijker geaccepteerd | Maatschappelijk moeilijker geaccepteerd | | Passend op Schier? |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Natuurgras / natuurhooi | Persen, vergisten sap en vezels nuttig toepassen, bijvoorbeeld:<br>• composteren tot veenvervanger voor potgrond<br>• productie plaatmateriaal | • Initiatief E-Kwadraat, HoSt, D4, https://www.d4.nl/d4-blogs/mono-bermgrasvergistingstest<br>• Noble Environmental Technologies | X<br>X | | Demo<br>Commercieel | In principe wel<br>Lijkt te groot voor het eiland, alleen mogelijk wanneer iemand op vaste land een fabriek neerzet |
| | Hooiverbranding | Verbrandingsinstallatie met warmtenet in Malchin (D) | | X | Commercieel | Ja, maar warmtenet nodig |
| Overig/Eco-frit e.d. | Vergisten met evt. nacompostering,<br>• warmte uit compostering voor warmtelevering,<br>• CO2 uit biogas levering aan CO2-gebruikers | ARN energie en grondstoffen | | | Commercieel | Ja, maar warmtenet nodig voor het uitkoppelen van warmte |
| GFT van bewoners | Combi vergisten/compostering, evt met proceswarmte uit compostering voor | Vergisting/compostering Meerlanden (Rijsenhout) of Bio Power Alphen (a/d Rijn) van Indaver | | | Commercieel | Ja |
| Melkveemest | Vergisten op bedrijf (maximale biogasproductie en maximale vermijding methaanemissies) | Zie Groengas | X | | | Ja |
| | Mestverwerking zoals bij Groot Zevert / Groene Mineralen Fabriek:<br>• Vergisting<br>• Terugwinning fosfor als kunstmest<br>• Terugwinning stikstof als kunstmest<br>• Productie fosforarm vezelmateriaal – evt toepasbaar als vervanger veen in potgrond | Installatie bij Beltrum (Achterhoek) | X | | | Ja |

*Tabel 3: Overzicht mogelijkheden biomassa verwerking*

## 4.5 Doorrekening warmtesysteem

Na het uitwerken van de warmtevraag en de schetsen van het systeem zijn alle kosten geraamd op basis van kentallen. Deze kosten en de te verwachten opbrengsten, maar ook de $CO_2$ -uitstoot, worden doorgerekend in een business case. De volgende onderdelen van de business case zullen in deze paragraaf nader worden toegelicht:

- $CO_2$-berekeningen;
- Financiële analyse:
  - Kosten;
  - Opbrengsten;
  - Levelized Cost of Heat (LCOH)
  - Business case van het TEZ warmtenet systeem in vergelijking met kosten voor een systeem gebaseerd op groengas of individuele warmtepompen

**Toelichting $CO_2$-berekeningen**

De $CO_2$-reductieberekeningen geven een inschatting van de $CO_2$-reductie van het onderzochte systeem ten opzichte van de huidige warmtelevering met aardgasgestookte ketels.

Uit de doorrekening blijkt dat zowel het warmtenetscenario als het scenario met individuele warmtepompen tot een significante $CO_2$-emissie reductie kunnen leiden. Deze uitstoot wordt toegelicht in tabel 6.

Om gedurende het hele jaar voldoende warmte te genereren, is naast de bron en de WKO ook externe energie nodig. Dit kan in de vorm van een elektrische warmtepomp en/of een back-up (gas)ketel. Aquathermie werkt al met een warmtepomp. Ook bij individuele warmtepompen worden er elektrische warmtepompen gebruikt. Een extra elektriciteitsvraag resulteert ook in een **extra 'opgave' voor de opwek van duurzame elektriciteit** en mogelijk ook voor verzwaring van het elektriciteitsnet.

Er zijn in de business case geen kosten voor de verzwaring van het laagspanningselektriciteitsnet meegenomen. Voor de collectieve opties is alleen een verzwaring van het middenspanningsnet voorzien, deze kosten zijn echter ook niet meegenomen. Op basis van deze eerste inzichten zou de lokale netbeheerder gevraagd kunnen worden wat er nodig is om te voldoen aan de extra elektra-vraag. Het is discutabel welk deel van de kosten van de netverzwaring aan het warmtesysteem moet worden toegerekend. Met de komst van elektrische auto's en meer (huishoudelijke) zonnepanelen zal ook voor deze ontwikkelingen netverzwaring nodig zijn. Alle kosten hiervoor toeschrijven aan het warmtesysteem kan daarom een vertekend beeld geven.

| Warmteoplossing | Toelichting $CO_2$-reductie |
|---|---|
| Aquathermie | Voornamelijk afhankelijk van de stroombron. Berekening is nu op basis van de te verwachten elektriciteitsmix in 2030 (PBL). Er is ook voor ca. 5% van de warmte nog gas-nodig van een piek/back-up ketel. |
| All-electric | Voornamelijk afhankelijk van de stroombron. Berekening is nu op basis van de te verwachten elektriciteitsmix in 2030 (PBL). |
| Groengas | Biogas is een gasvormig mengsel hoofdzakelijk bestaande uit methaan (CH4) en koolstofdioxide ($CO_2$). Het methaangehalte van biogas ligt rond de 55-65%. Bij de verbranding van één $Nm^3$ biogas komt ongeveer 1,97 kg $CO_2$. Echter, de $CO_2$ uitstoot bij de verbranding van biogas wordt aangemerkt als kort cyclisch. Hierdoor wordt soms ook een emissiefactor van 0 kg $CO_2/Nm^3$ aan biogas toegekend. |

*Tabel 4: Toelichting op $CO_2$-reductie*

**Toelichting financiële analyse**

Een warmtenet wordt gekenmerkt door een flinke investering 'aan de voorkant', aangezien er eerst infrastructuur moet worden aangelegd. Dit betekent een flinke kostenpost vooraf, gevolgd door een langjarige betrekkelijk stabiele kasstroom. Alle kosten zijn berekend voor een (concessie) periode van 30 jaar.

Een individuele woningaanpassing wordt gekenmerkt door eenmalige hoge kosten door de gebouweigenaar voor renovatie en het installeren van een nieuw warmtesysteem. Voordeel van een hybride systeem is dat er weinig tot geen woningaanpassingen nodig zijn. Voor de groengas optie is de specifieke business case voor de productie van het gas niet opgesteld. In het kader 'groengas' staat hoe deze optie is doorgerekend.

### Toelichting op de meegenomen kosten

De kosten voor het systeem bestaan uit:

- Kapitaalsinvestering;
- Afschrijvingskosten;
- Financieringskosten;
- Operationele kosten.

De kapitaalsinvestering in de bron bestaat met name uit de investering in civiele werken, pompen, warmtewisselaar(s) en warmtepompen. Hierin kan de tweedeling gemaakt worden voor kosten voor de bron en investeringen in het warmtenetwerk (waar mogelijk ook andere bronnen op kunnen worden aangesloten). Hierbij moet rekening worden gehouden met technische en ruimtelijke risico's.

De gemeente kan een bijdrage leveren aan de investering, middels een investeringssubsidie. Hierdoor heeft de eigenaar lagere afschrijvingen en lagere financieringskosten. Voor deze studie is er de aanname gedaan dat er gebruik wordt gemaakt van de RVO-subsidieregeling (SDE ++), en een ISDE voor de individuele warmtepompen. Er zijn geen aanvullende investeringssubsidies of aansluitbijdrages meegenomen.

Financieringskosten (rentes) spelen bij dit systeem ook een belangrijke rol. De financieringskosten kunnen lager uitpakken dan is aangenomen voor deze studie als de gemeente garant staat en daarmee het risico voor de financier minimaliseert.

De operationele kosten zijn meegenomen in de OPEX en bestaan met name uit beheer, onderhoudskosten (preventief en correctief onderhoud, monitoring, administratie) en de elektriciteitskosten van het gebruik van de warmtepompen en reguliere pompen. De aannames die zijn gedaan voor het bepalen van de kosten zijn terug te vinden in bijlagen 1 en 4.

### Toelichting op de meegenomen opbrengsten

#### Groengas

Reductie van het aardgasverbruik kan worden gerealiseerd door gebruik van groengas. Groengas wordt doormiddel van verschillende technische processen opgewerkt naar aardgaskwaliteit. Op deze opwek- en opwerkingstechnieken kan SDE subsidie worden verkregen die tot doel heeft de onrendabele top te subsidiëren. Hierdoor concurreert groengas qua prijs met aardgas. Door middel van certificaten kan het groengas door de keten van producent naar afnemer boekhoudkundig vastgelegd worden. Zo wordt de fysieke handel gescheiden van de oorsprong van het gas. De waarde van groen-gas certificaten wordt bepaald door de waarde die deze certificaten vertegenwoordigen voor de afnemer om bijvoorbeeld een duurzaam beleid na te streven. De GVO waarde van groen gas schatten wij nu op 15 cent/kuub. In de praktijk kan een consument tegen lage meerkosten groengas kopen. In de doorrekening van groengas gaan wij uit van de aardgasprijs plus deze premie. Dit staat los van de business case van de vergister/vergasser die niet beoordeeld is. Mogelijk is vervolgonderzoek hiernaar gewenst.

De opbrengsten bestaan uit twee soorten inkomsten:

- Afname van de warmte;
- Subsidies en fiscale stimuleringsregelingen.

De opbrengsten uit de afname van de warmte door de gebruikers is afhankelijk van het aantal aansluitingen (binnen de scope), de energieprijzen(/belastingen) en het energieverbruik per aansluiting. De mate waarin voldoende warmte wordt verkocht is een belangrijke succesfactor. Hoe hoger de warmtevraag, hoe meer inkomsten. Hier worden vooraf aannames over gedaan, die in de praktijk anders kunnen uitpakken. Zo is van tevoren niet geheel zeker hoeveel gebouweigenaren een aansluiting willen hebben (ook wel het vollooprisico genoemd) en hoeveel energie ze in de toekomst zullen afnemen (ook wel het afnamerisico genoemd).

[1] *Groen gas is niet per definitie een lokale bron, maar kan overal worden geproduceerd. Transport vindt meestal plaats via het huidige aardgasnet, middels certificering en soms via een apart leidingnet. Het is beperkt beschikbaar voor de gebouwde omgeving, gezien de (verwachte) vraag naar groen gas groter is dan het (verwachte) aanbod. Op dit moment kan men er daarom niet vanuit gaan dat er voldoende groengas beschikbaar komt voor deze locatie. Lokaal geproduceerde groengas dat getransporteerd wordt via het aardgasnet kan immers niet exclusief voor de eigen gemeente worden ingezet.*

Het risico op lage warmtevraag en afnemingszekerheid beoordelen wij, als hoger dan gemiddeld. In sommige gebieden zijn er huurwoningen waardoor het makkelijker kan zijn om afspraken over het systeem te maken. Het aantal koopwoningen is hier echter groot, waardoor de kans op draagvlak moeilijker kan zijn. Huurwoningen in coöperatie bezit zijn vaak al goed geïsoleerd vanwege strengere wet- en regelgeving. Voor particuliere (ver)huurwoningen geldt dit echter niet. Omdat een deel van de koop (eigen)woningen nog niet geïsoleerd is, kan worden verwacht dat de warmtevraag de komende jaren daalt voor het particulier bezit. Alleen bij de individuele warmtepompen is deze isolatie en de daarbij horende investering meegenomen in de berekeningen, omdat het voor een warmtepomp noodzakelijk is om een goede schil isolatie te hebben. Voor het warmtenet is in eerste instantie geen isolatie meegerekend. Bij het (warmte) afname risico kan de gemeente ook een rol spelen, middels een exploitatiesubsidie. Bij een exploitatiesubsidie neemt de gemeente een deel van het exploitatierisico over. Afgesproken wordt dan dat exploitatietekorten door achterblijvende vraag gedeeltelijk worden gecompenseerd.

Niet zelden hebben nieuwe warmteoplossingen een onrendabele top die overheden kunnen compenseren met verschillende soorten subsidies en fiscale voordelen. Dit wordt dan gezien ‘als de prijs van het beleid’ richting een duurzamere samenleving. Hier zal de gemeente zelf een afweging in moeten maken. Er is in de berekeningen geen gemeentelijke of andere subsidie meegenomen anders dan de SDE++ subsidie.

**Kostenresultaten en toelichting**

In feite kent het installeren van warmtepompen door bewoners per huis geen business case met een warmteleverancier. Als woningeigenaar installeer je zelf de warmtebron: een warmtepomp. Ook moet je als huiseigenaar in tegenstelling tot een collectief warmtenet zelf zorgdragen voor het onderhoud en overige exploitatie van de warmtepomp. Bij een warmtenet met huur van een afleverset neemt de warmteleverancier al deze werkzaamheden en bijhorende kosten voor haar rekening. Deze worden door de huiseigenaar betaald in de warmte- en leveringstarieven. De all-electric en hybride referentie kan daarom het beste met de andere twee andere warmteopties worden vergeleken op de kostprijs van de warmte (LCOH, €/GJ).

**Investeringen- DEVEX en CAPEX**

De ontwikkelkosten (development expenditure: DEVEX) zijn de investeringen die worden gedaan voordat een warmtenet wordt aangelegd. Deze kosten omvatten onder andere haalbaarheidsstudies en conditionerende onderzoeken. Deze geldt alleen voor aquathermie (TEZ). Bij individuele warmtepompen is er geen collectief warmtenet nodig.

De investering op woningniveau (Investering-woning) wordt met name bepaald door de investeringen die op of aan de woning moeten worden gedaan in de scenario’s. Voor de collectieve opties zijn dit een warmtewisselaar en het verwijderen van gasaansluiting. Bij het individueel all-electric scenario is ook isolatie meegenomen. Voor een individuele woningeigenaar kan dit een grote investering zijn.

In het geval van individuele warmtepompen komen de investeringen vaak voor rekening van de woningeigenaar, Deze kosten vallen onder de kostenpost CAPEX-woning. Voor warmtepompen is hierbij wel rekening gehouden met de ISDE subsidie, die kan worden aangevraagd door de woningeigenaar.

**OPEX**

De operationele kosten verschillen tussen de warmteopties. Dit is vooral afhankelijk van de hoeveelheid stroom en gas die worden gebruikt. Gezien de gestaffelde stroomprijzen levert een hoger verbruik op één locatie, zoals bij het aquathermie-systeem op basis van TEZ met een centrale warmtepomp, een aanzienlijk voordeel op. Dit wordt versterkt door belastingen en subsidies die ook afhankelijk zijn van de hoeveelheid stroom die verbruikt wordt.

Belangrijk: bij de OPEX zijn ook de warmteverliezen van het net meegenomen, omdat er per GJ geleverde warmte ook een aanzienlijk deel (ca. 20%) verloren gaat. De operationele kosten worden samen met de jaarlijkse vaste kosten (vastrecht) vertaald naar de jaarlijkse kosten op gebouwniveau (zie ook volgende paragrafen).

## 4.6 Resultaten overzicht

| Scenario | Kosten: investering | | Kosten: jaarlijks | Impact omgeving | | Duurzaamheid | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pand | Project ontwikkelaar | Pand | Pand | Publieke ruimte | $CO_2$- emissie reductie | Extra Elektra verbruik | Gas verbruik |
| Individuele warmtepomp | €€€ €0 – 50.000 | €/€€ €445.000 | €€ €2000 – 2200 | - - - Isolatie, binnen-unit en buiten unit | - Aanpassing stroomnet Buiten-units evt. geluid | 90% | Hoog | 0 |
| Groen Gas | € Zelfde als huidig | €€ €1.000.000– 4.000.000 | € €1800 - 2300 | + Geen aanpassing vereist | - Vergister in het landschap | 45% | 0 | Gas van elders nodig |
| Warmtenet Aquathermie | €/€€ aansluitbijdrage | €€€ €30-40 miljoen | €€€ €2500 – 2700 Boven wettelijk tarief, subsidie nodig | +/- Afleverset (en evt. isolatie) | - - Aanleg warmtenet | 65% | Hoog | Klein deel gas (pieklast) |

*Tabel 5: overzicht warmteopties*

Legenda
- Positief effect / geen technisch bezwaar
- Aandachtspunt
- Negatief effect / technisch bezwaar

## Toelichting op de tabel

### Individuele warmtepomp

Voor een groot deel van de oudere woningen moet er veel in en aan de woning worden aangepast om de woning geschikt te maken voor een elektrische warmtepomp. De investeringen in isolatie en de warmtepomp zelf, en daarmee de impact op de woning kunnen zo groot worden dat deze optie op deze punten zeer negatief scoort. Deze optie is wel volledig gasloos.

### Groengas

In de woning hoeft weinig tot niets worden aangepast. Er is echter onvoldoende lokale biomassa beschikbaar om voldoende groengas te produceren om in de gasvraag van alle gebouwen te voorzien. Er is daarom nog gas van elders nodig. De jaarlijkse kosten op woningniveau zijn vergelijkbaar met de kosten voor een conventioneel aardgassysteem. Dit komt omdat groengasproductie gesubsidieerd wordt (SDE-subsidie), deze subsidie heeft als doel om duurzame energiebronnen competitief te maken met fossiele energiebronnen. In de energiemarkt wordt er nog wel een kleine premie betaald voor groengas doormiddel van groene-certificaten van oorsprong.

### Aquathermie

Voor een aquathermiesysteem moet een nieuwe infrastructuur worden aangelegd. De kosten hiervoor kunnen niet via de wettelijke maximale warmtetarieven worden terugverdiend. Er ontstaat daarmee een tekort in de business case. Hoewel er verschillende mogelijkheden zijn om dit tekort te verkleinen, lijkt een warmtenet onder huidige marktomstandigheden en een realistisch subsidiebedrag niet rendabel.

### $CO_2$ reductie

Voor de $CO_2$ reductie is als referentie een HR-gasketel gebruikt. Aangezien niet elke woning op dit moment een HR-gasketel heeft kan de reductie in de praktijk anders uitvallen. De aannames voor CO2 uitstoot voor het warmtenet, de warmtepompen en groengas staan op pagina 18 in tabel 4. De gebruikte emissie-kentallen komen van de www.co2emissiefactoren.nl, een initiatief van Rijkdienst voor ondernemend Nederland.

## Resultaten Levelized cost of heat (LCOH)

De LCOH is de kostprijs van de warmte. Hierbij worden alle investeringen en exploitatiekosten voor een warmtesysteem gedurende een vaste exploitatieperiode bij elkaar opgeteld en gedeeld door de totale warmteafzet gedurende diezelfde periode. Voor deze studie is er gerekend met de gebruikelijke exploitatie duur van een warmtenet: 30 jaar. Bovenstaande uitleg kan worden samengevat in de definitie van LCOH:

$$LCOH = \frac{Investeringskosten\ warmtesysteem\ en\ isolatie + exploitatie\ kosten}{Alle\ GJ's\ warmte\ nodig\ over\ 30\ jaar}$$

Met andere woorden, de LCOH kan worden beschouwd als de prijs per eenheid warmte (in dit geval per GJ) voor een bepaald warmtesysteem. De LCOH wordt berekend vanuit het standpunt van de warmteleverancier. In de praktijk worden er naast een flexibel tarief per afgenomen hoeveelheid energie ook nog een vast bedrag gerekend. Voor gas is dit het vastrecht, bij een warmtenet zijn dit onder andere het (wettelijk vastgestelde) meettarief en de huur van een afleverset. Deze kosten worden in de gebruikerskosten in de volgende paragraaf wel meegerekend.

**De kostprijs voor de warmte is één van de parameters waarop de warmteopties met elkaar te vergelijken zijn,** omdat het een gestandaardiseerde prijs betreft**.** Hier valt meteen op dat de belastingen en subsidies in belangrijke mate dit getal bepalen. Zoals eerdergenoemd komt dit door de staffelprijzen van elektriciteit, maar ook door de subsidie op aquathermie.

In dit geval blijkt de groengas LCOH in beide gevallen de laagste. Let wel, de groengas business case an sich is niet beoordeeld, er is gerekend met de prijs voor groengras plus opslag voor groene certificaten van oorsprong. De LCOH zonder belastingen en subsidies is zo laag omdat de vergister in zijn business case ook SDE ++ kan verkrijgen. Hiermee wordt ervoor gezorgd dat de LCOH competitief wordt met die van aardgas, waarna er aan de consumentenkant weer ‘gas-belasting’ wordt geheven.

Voor aardgassystemen is dit bedrag ongeveer gelijk aan de vastgestelde warmte-tarieven door het ACM: € 21,- per GJ.

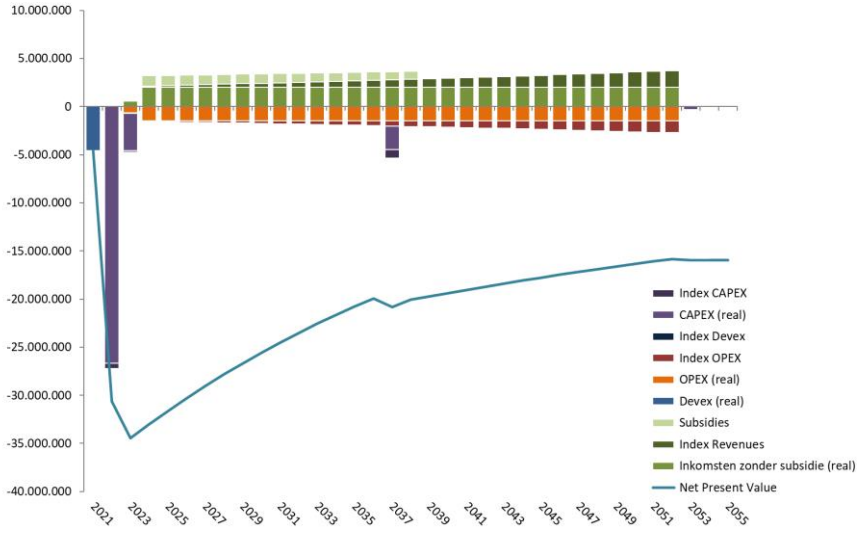
| | Optie 1 Groengas | Optie 2 Warmtenet | Optie 3 All-electric (inc. isolatie) |
|---|---|---|---|
| LCOH incl. subsidie en belastingen | €23,50 / GJ | €33 / GJ | €33 / GJ |
| LCOH excl. subsidie en belastingen | € 9,50 | € 35 | €24 |

*Tabel 6: LCOH*

De berekende LCOH voor een warmtenet en een all-electric systeem liggen hoger dan de ACM tarieven. Voor een all-electric systeem geldt hier geen beperkende wetgeving voor, daarnaast zal dit systeem en daarmee de LCOH per woning sterk verschillen. Voor een warmtenet geldt dat de maximale warmtetarieven van het ACM gelden. Het benodigde warmtetarief is hier hoger. Dit betekent dat dit warmtetarief niet gevraagd mag worden aan de afnemers, en dat de benodigde GJ-prijs naar beneden moet. Dit kan door ergens anders in de business case een investeringsbijdrage te rekenen, bijvoorbeeld als bijdrage aansluitkosten (BAK) of als investeringssubsidie. Vanwege het 'waterbed-effect' geldt voor een BAK ook een maximum wettelijk tarief (circa € 4000 per woning). De onrendabele top per gebouw (ORT), ofwel de benodigde BAK is berekend op circa € 17.000 per gebouw voor het warmtenet. Slechts een deel hiervan kan dus vanuit de BAK gefinancierd worden.

## Cashflowberekening warmtenet

Figuur 7 geeft een overzicht van de totale cashflow van het aquathermie warmtesysteem. De groene balken geven de jaarlijkse inkomsten weer. De balken onder de X-as geven de kosten weer, deze bestaan in eerste instantie uit ontwikkelkosten en investeringen. Bij gebruik name van het systeem worden er kosten gemaakt voor inkoop van energie, onderhoud e.d. De blauwe lijn geeft de netto-contante waarde van het systeem door de tijd (kosten + opbrengsten).

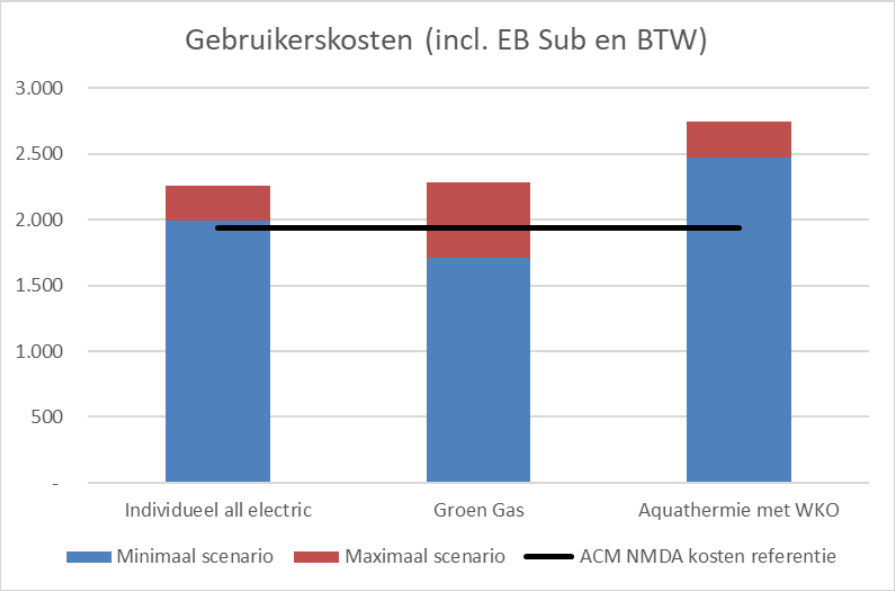



*Figuur 7: Cashflowberekeningen warmtenet*

Doel bij een financieel rendabel project is om de netto-contante waarde na de looptijd van het project uit te laten komen op minimaal € 0. De cashflow is berekend volgens de 'netto-contante-waarde methode', hierbij zijn de financieringskosten opgenomen in de NCW berekening. De NCW-berekening laat een tekort zien van circa € 20 miljoen na 30 jaar.

## Kostprijs warmte (eindgebruiker)

Binnen de LCOH per GJ worden de vaste (jaarlijkse) lasten niet meegerekend. Bij de eindgebruiker worden jaarlijks ook het vastrecht, meettarief en de huur van een afleverset in rekening gebracht. Figuur 8 geeft de jaarlijkse gebruikerskosten (exclusief 21% btw) weer. De gebruikerskosten zijn gebaseerd op een gemiddelde warmtevraag per gebouw in het studiegebied, deze is lager dan voor de all-electric optie vanwege de betere isolatie. In de praktijk zullen grootverbruikers relatief meer gebruiken en goed geïsoleerde huizen relatief minder. Op basis van de gebruikerskosten krijgt groengas de voorkeur. Er is echter onvoldoende groengas op het eiland beschikbaar, en de business case van de vergister moet nog los beoordeeld worden. De zwarte lijn is de aardgasreferentie. De gebruikerskosten voor Aquathermie zoals gepresenteerd in deze grafiek zijn wettelijk niet toegestaan. Er is gerekend met de LCOH uit de vorige paragraaf terwijl dit de maximale ACM-tarieven overstijgt.




*Figuur 8: Gebruikerskosten*

In de gebruikerskosten is een gevoeligheidsanalyse meegekomen (minimaal en maximaal scenario), deze gevoeligheidsanalyse wordt verder toegelicht op pagina 39.

## 4.7 Tussenconclusie warmtesystemen

### All-electric

Op basis van de Quickscan naar warmtesystemen kan geconcludeerd worden dat een all-electric systeem voor Schiermonnikoog (individuele warmtepompen) een kansrijke oplossing is om verder te onderzoeken:

- Een aanzienlijk deel van het woningbestand moet worden geïsoleerd om voor all-electric verwarmen geschikt te maken. Los van de warmte oplossing levert dit sowieso al een energiebesparing op;
- Een deel van de (monumentale) panden is zeer moeilijk op voldoende niveau te isoleren. Dit is technisch uitdagend (of zelfs onwenselijk) en brengt hoge kosten met zich mee;
- De extra elektriciteitsvraag kan zorgen voor capaciteitsproblemen in de Wadkabel;
- De $CO_2$ emissiereductie (op termijn) van deze oplossing is hoog.

### Warmtenet

Op basis van de Quickscan naar warmtesystemen kan het volgende geconcludeerd worden over een warmtenet voor Schiermonnikoog:

Een warmtenet voor Schiermonnikoog lijkt technisch en financieel gezien uitdagend. De benodigde investering kan op basis van wettelijke warmtetarieven niet zondermeer worden terugverdiend door een exploitant van een warmtenet. Om de business case haalbaar te maken zal een aantal parameters gunstig moeten uitvallen. Aanpassingen die de business case gunstig kunnen beïnvloeden omvatten onder meer:

- De kosten van kapitaal. Door een lening tegen gunstige voorwaarden of een partij die met lagere rendementen (nu 6,75%) een net wil realiseren te werken kunnen de kosten omlaag worden gebracht. Zonder aanpassing van andere parameters is een maximale rente van 0,35% op kapitaal nodig voor een NCW van 0 na 30 jaar. Dit lijkt onrealistisch.
- Er kan geschoven worden met de kosten. Er is geen aansluitbijdrage (BAK) gerekend in deze studie. Een deel van de kosten kan worden verplaatst van de LCOH naar de aansluitbijdrage. Zonder andere parameters aan te passen is er een onrendabele top (ORT) van circa € 17.000 per gebouw.
- Optimalisatie van het warmtenet en het uitsluiten van een deel van de gebouwen zou de business case nog kunnen verbeteren.

Naast opties om de business case te verbeteren zijn er voor deze studie ook al een paar (te) positieve aannames gedaan:

- In de kostenkentallen is nog geen rekening gehouden met vervoer van componenten naar het eiland en extra zoutbestendige onderdelen. Dit zou voor extra kosten kunnen zorgen.
- In de business case is nu gerekend met een vollooppercentage van 100%, dit lijkt nodig voor een rendabele business case. Het is de vraag of elke woning zal participeren. Het verlagen van het vollooppercentage zorgt ervoor dat vrijwel dezelfde kosten over minder woningen verdeeld moeten worden.
- Er is gerekend met SDE ++ subsidie op Aquathermie. Deze subsidie is niet gegarandeerd.
- Ook dit systeem kent een hoge elektriciteitsvraag. Systeemoptimalisatie met een warmtebuffer lijkt nodig om de Wadkabel te ontlasten. Deze warmtebuffer zal de business case voor het warmtenet verslechteren.

Een gevoeligheidsanalyse op de belangrijkste parameters van de business case staat in de bijlage.

Over de technische inpassing van TEZ in het algemeen is nog weinig bekend omdat er nationaal maar weinig projecten zijn. Over de technische inpassing in de slijkrijke Waddenzee en over de ecologische aspecten wordt daarom in deze studie geen concrete uitspraak gedaan. Naast TEZ zijn er niet veel warmtebronnen om een collectief net te voeden. Zonthermische panelen met een seizoenbuffering of een volledig elektrisch warmtenet zouden nog tot de mogelijkheden kunnen behoren. Zonder de volledige doorrekening lijkt een zonthermisch net een hogere investering te kennen, mede vanwege benodigde seizoensopslag. Een volledig elektrisch net kent daarnaast een hele hoge elektriciteitsvraag. Er lijken daarbij ook niet snel grote systeemvoordelen te ontstaan tegenover de optie om woningen individueel elektrisch (met een warmtepomp) te verwarmen. Indien een collectief systeem toch de voorkeur verdient kan een hybride-variant van (een) ‘mini-warmtenet(ten)’ een interessante mogelijkheid zijn. Alliander heeft een systeemconcept ontwikkeld voor kleine warmtenetten onder de naam buurtwarmte. Dit kan worden gezien als (optimalisatie) variant binnen een hoofdroute waar de focus ligt op individuele systemen.

## Hernieuwbare gassen

Voor groengas kan uit deze Quickscan het volgende geconcludeerd worden:

- De lokale groengas potentie voor Schiermonnikoog is berekend op 300-350.000 m3/ jaar. Dit is ongeveer 15% van de huidige aardgasvraag van het eiland;
- Groengas wordt ingevoerd in het nationale aardgasnet. De business case van de vergister staat daarmee los van groengas levering aan huishoudens. De business case voor de vergister is in deze studie niet beoordeeld;
- Hernieuwbare gassen, waaronder naast groengas ook waterstof, zullen (ook in de toekomst) beperkt beschikbaar zijn, wat de inzet van groenegassen voor woning verwarming kansarm maakt. Voor de gebouwde omgeving zijn er veel andere warmteopties waar die voor andere sectoren beperkter zijn. Er wordt daarom vaak benoemd dat de hernieuwbare gassen die beschikbaar zijn of beschikbaar komen, eerst moeten worden ingezet in de industrie, chemie en de mobiliteitssector en daarna pas in de gebouwde omgeving. Zo is de verwachting dat ook waterstof voor 2030 geen rol zal spelen in de verwarming van woningen, en na 2030 slechts beperkt.

## Aandachtspunten

Het afwegen van de kansen en risico's tussen verschillende systemen is grotendeels (ook) een maatschappelijke kwestie. Een aantal belangrijke afwegingen en vragen die de gemeente hierbij in gedachten kan houden:

- Elke warmteoptie vergt een bepaalde organisatie. Mede daarom is een belangrijk aandachtspunt hierbij wie de investeringen gaat doen. Moet de investering grotendeels van de woningeigenaren en corporaties komen, van een warmteleverancier of van een externe partij?
- Kan, wil en mag (aanvraag ACM) de gemeente zelf een collectieve warmteoptie realiseren? Dit kan voordeel opleveren voor de business case omdat er geen of lagere winst voor een exploitant hoeft te worden gerekend.
- Hoe staan de afnemers in de gemeente tegenover een warmtetechniek? Wat is de bereidheid van overige relevante stakeholders als gemeente, waterschap en betrokken bedrijven? Een enthousiaste groep stakeholders voor een optie kan de haalbaarheid positief beïnvloeden, maar ook zeer negatief als er geen breed draagvlak lijkt te bestaan. Dit wordt naast het technische-spoor ook onderzocht in het project Dursum Eilaun.
- De gemeente zou met financiering kunnen sturen. Zo kan de gemeente een rentevrije lening verstrekken voor aanschaf van een individuele warmtepomp of het onrendabele deel van de business case van een collectieve oplossing financieren. Hiervoor kan de gemeente ook een PAW-subsidie aanvraag doen bij het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK).
- Het landelijk beleid heeft ook invloed op de business case. Zo wordt een centrale warmtepomp momenteel goedkoper 'gemaakt' door SDE-subsidie. Met individuele oplossingen betaal je hogere energiebelasting vanwege het staffelsysteem voor elektriciteitsbelasting.

Deze Quickscan geeft een eerste indicatie van de haalbaarheid van een collectief warmtenet op basis van een aquathermie-warmte. Veel van de in deze Quickscan genoemde onzekerheden en risico's zijn in het algemeen van toepassing op het implementeren van nieuwe collectieve warmtesystemen. Conclusies worden daarom uitgedrukt in termen als "kansrijk", "haalbaar', 'uitdagend' etc. Door gebruik te maken van lokale kennis, expert-kennis en andere specifieke lokale informatie is deze Quickscan echter wel een significante verdiepingsslag op de al bestaande algemene rekenmodellen. In dit vroegtijdige stadium geldt echter voor de berekeningen wel een grote onzekerheid. Van een aantal aannames die in deze Quickscan zijn gedaan, is bekend dat ze significante impact kunnen hebben op de business case. Op verkeerde aannames kan worden gemitigeerd door nader onderzoek te doen en vervolgstappen te nemen. Een overzicht van deze aannames staat in bijlage 1. Verdere aandachtspunten zijn:

- Naast de optie thermische energie uit zeewater lijkt er slechts een beperkt aantal kansrijke alternatieve collectieve warmtebronnen voorhanden;
- Zeer waarschijnlijk is een opslagsysteem benodigd voor meer beschikbaarheid van warmte of elektriciteit gedurende het jaar. Hiervoor zijn veel verschillende mogelijkheden benoemd die verder onderzocht dienen te worden als er een hoofdrichting gekozen is.
- Misschien is er voor de duurzame warmte-oplossing een zekere mate van netverzwaring nodig, mocht het huidige elektriciteitsnet een hogere vraag niet aan kunnen. Dit moet verder onderzocht worden. De kosten voor deze mogelijke netverzwaring zijn niet meegenomen. Ook hiervoor kan er een opslagsysteem worden meegenomen in de systeemanalyse.
- De kosten voor kapitaal zijn van grote invloed. In deze studie is gerekend met 3% rente voor collectieve opties en inbreng van 40% eigen geld. Voor de individuele aanpassing zal een andere verhouding logischer zijn (2% rente waarbij alles geleend wordt). Mogelijk kan gemeente en/of een investeringsfonds leningen tegen lagere kosten verstrekken.

- Bij de individuele oplossingen is gerekend met gemiddelde woningen. Deze getallen zijn daarmee zeker niet representatief voor elke woning.
- Voor isolatie is 20% premie voor het bootvervoer meegenomen, bij de andere systeemcomponenten is geen specifieke premie voor het eiland meegerekend.

# 5 Elektriciteitssystemen als alternatief voor fossiele stroom

## 5.1 Introductie

Naast warmte (nu veelal aardgas) is er ook elektriciteit nodig op het eiland. In dit hoofdstuk worden de mogelijke duurzame elektriciteitssystemen beschreven. Er zijn drie alternatieve systemen beoordeeld:

1. **Lokale opwek van windenergie**
2. **Lokale opwek van zonnestroom**
3. **Inkoop van groene stroom**

Deze systemen omvatten de belangrijkste keuzerichtingen binnen duurzame stroomopwek. Daarnaast zijn er ook nog tal van innovatieve opwekmethodes in ontwikkeling zoals stroomopwek via vliegers of speciale getijden turbines. Deze zijn vooralsnog op basis van de wens alleen concreet beschikbare technieken in deze verkenning mee te nemen buiten beschouwing gelaten. Deze innovatieve systemen kunnen wellicht op termijn deel uitmaken van de hernieuwbare elektriciteitsvoorziening op Schiermonnikoog. Op korte termijn zullen ze echter geen significante bijdrage leveren.

Binnen en tussen deze hoofdrichtingen zijn nog velerlei combinaties, variaties en optimalisaties denkbaar. De doorrekening van deze systemen moet daarmee ook gezien worden als eerste indicatie van welk systeem doelmatig kan bijdragen aan het verduurzamen van de elektriciteitsvoorziening. Binnen de beoordeling van de systemen zullen we daarom ook uitdrukkingen gebruiken als kansarm of kansrijk.

De focus in deze studie ligt op de opwek van hernieuwbare energie. In het kader ‘de Wadkabel en opslagsystemen’ wordt ook stilgestaan bij balanceren van de energievraag. Verdere uitwerking hiervan kan echter pas plaatsvinden nadat er een hoofdrichting is gekozen. Dit kan ook worden gezien als het optimaliseren van een van de hoofdrichtingen.

## 5.2 Het elektriciteitssysteem

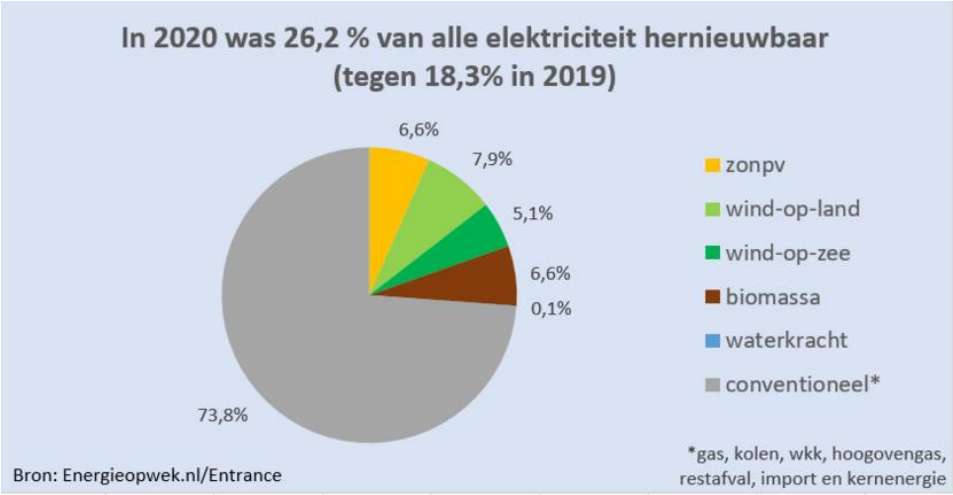
Sinds het vrijgeven van de Nederlandse energiemarkt in 2004, zijn de energiebedrijven gesplitst in leveranciers en netbeheerders. Vattenfall en Essent zijn in Nederland voorbeelden van energieleveranciers. Schiermonnikoog is via de wadkabel verbonden met het vaste land. Alliander is hiervoor de lokale netbeheerder. Daarnaast worden de bekende hoogspanningskabels door een derde partij beheerd: TenneT.

Energieleveranciers, netbeheerders en TenneT werken nauw samen, elk vanuit een eigen rol, om te zorgen dat het Nederlandse elektriciteitsnetwerk goed functioneert. Bij dit project is Alliander daarom ook aangehaakt.

De energieleverancier levert energie (elektriciteit, warmte, koude en gas). De leverancier koopt de energie in bij producenten en verkoopt deze energie aan de eindgebruiker: bedrijven en consumenten. Sommige leveranciers zijn ook producent van energie.

Langzamerhand bestaat de landelijke elektriciteitsmix steeds meer uit hernieuwbare energie. Nationaal doel: in 2030 is 70% van de geproduceerde elektriciteit hernieuwbaar. Ook particulieren kunnen tegenwoordig door middel van zonnepanelen of windturbines zelf energie opwekken of zelfs energie terug leveren aan het net. Het stroomnet moet deze extra elektriciteitsstromen wel kunnen vervoeren. Mede daarom heeft Alliander ook een rol in het project Dursum Eilaun. Ook het elektrificeren van de warmtevraag middels warmtepompen zoals omschreven in het vorige hoofdstuk zorgt voor een hogere elektriciteitsvraag die wel moet kunnen worden aangevoerd.

**Op dit moment is de elektriciteitsvraag van het eiland circa 20 TJ (zie pagina 6). In het geval van het warmtenet of de all-electric optie zal dit ongeveer verdubbelen.**




*Figuur 9: Elektriciteitsmix 2020*

## 5.3 Lokale opwek van elektriciteit

Voor verschillende soorten windturbines en voor zonnepanelen is berekend hoeveel er nodig zijn om te voorzien in de huidige elektriciteitsvraag van 20 TJ, zie figuur 10. In de toekomst zou de elektriciteitsvraag kunnen verdubbelen, wanneer de warmtevraag wordt ingevuld door elektrificatie. De benodigde hoeveelheid zon of wind verdubbelt dan ook.

Schiermonnikoog is een zeer geschikte locatie voor windturbines op land, doordat de windsnelheden vergelijkbaar zijn met de windsnelheden op zee. Hierdoor kan dezelfde windturbine op Schiermonnikoog meer elektriciteit opwekken dan een windturbine in het binnenland.

Een kostenindicatie is gegeven. In de praktijk zijn de kosten sterk afhankelijk van de omvang en locatie van de windturbine en/of zonnepark. Zo is het duurder om één windturbine te plaatsen, doordat de project- en aansluitkosten in verhouding hoger liggen, dan wanneer er meerdere turbines worden aangesloten. Daarnaast zijn er nog steeds prijsdalingen door technologische ontwikkelingen.

Naast de kosten spelen ook landschappelijke inpassing en regelgeving een belangrijke rol. Zo kan er een voorkeur zijn voor zonneparken of kleinere windturbines, ondanks de hogere kosten.

Als laatste speelt ook de beschikbare netcapaciteit een rol in de keuze voor lokale opwek. Hierover staat meer in het kader ‘Meer over de netbeheerder en de Wadkabel’.

| Land 3 MW | Land 1 MW | Land 10 kW EAZ | Zee 11 MW | Zonnepaneel 380W |
|---|---|---|---|---|
| Rotor: 130 m<br>Tiphoogte: 200 m<br>Aantal: 0,5<br>Kosten per turbine:<br>€ 3.5 miljoen<br>(SDE++ 2021) | Rotor: 60 m<br>Tiphoogte: 100 m<br>Aantal: 1,5<br>Kosten per turbine:<br>€ 1-2 miljoen | Rotor: 13,2 m<br>Tiphoogte: 21 m<br>Aantal: 120<br>Kosten 100 molens:<br>€ 8-10 miljoen<br>(EAZ wind) | Rotor: 200 m<br>Aantal: 0,1<br>Kosten per turbine:<br>€ 16 miljoen<br>(Costs of offshore wind 2018, PBL Hollandse kust Zuid) | 2600 panelen per HA<br>1 MW per HA<br>Totaal aantal HA: 3,75 – 5<br>Kosten: € 600.000 / hectare<br>(SDE++ 2021) |

*Figuur 10: Benodigde opwek om 20TJ elektriciteit te leveren (huidige vraag van het eiland). Bij het elektrificeren van de warmtevraag zal de elektriciteitsvraag ongeveer verdubbelen.*

### Beleid

Los van technische mogelijkheden hanteert de provincie Fryslân strikt beleid ten aanzien van zonneparken en windturbines. Het is zeer de vraag of de provincie de realisatie van lokale duurzame opwek op Schiermonnikoog zonder meer zal vergunnen. In het bod van Fryslân voor de Regionale Energie Strategie (RES), gaat de provincie uit van de huidige gerealiseerde en vergunde opweklocaties en geen nieuwe locatie.

## 5.4 Verschillende organisatie- en financieringsvormen

De in de vorige paragraaf beschreven technieken kunnen op verschillende manieren georganiseerd en daarmee ook gefinancierd worden. Hierin zijn een paar hoofdlijnen te onderscheiden:

**1. Achter de meter**

Woningeigenaren of grondbezitters kunnen zelf achter hun energiemeter energie gaan opwekken. De gemeente zou dit kunnen stimuleren. Landelijk is hierop de salderingsregeling nog van toepassing.

**2. Postcoderoos**

Via de postcoderoos-regeling kan door alle bewoners binnen een postcoderoosgebied gezamenlijk worden geïnvesteerd in duurzame energieopwekking. Deze regeling wordt al toegepast op Schiermonnikoog. De Sintrale wil meerdere daken op Schiermonnikoog transformeren tot zonnedaken. Eilanders (bewoners) kunnen met gebruik van de PostCodeRoos regeling deelnemen in één van de zonnedaken. Deelnemen gebeurt door het kopen van zonparticipaties. Een zonparticipatie komt overeen met één zonnepaneel.

**3. Participatie via ontwikkelaar**

Een derde morgelijkheid is het (laten) ontwikkelen van een hernieuwbare elektriciteitsbron door een ontwikkelaar (bijvoorbeeld De Sintrale van Energie van Ons). Hierbij kan ook worden gestuurd op lokaal eigendom of het terug laten komen van baten aan lokale doelen. Hiervoor kan de gemeente concessie voorwaarden scheppen. Voor het creëren van lokale inbreng zijn meerdere vormen mogelijk:

- Fondsvorming
- Individuele inkoop van obligaties met rente
- Korting op energierekening
- Coöperatieve deelname

Het doel van lokale inbreng is vaak ook het lokaal laten terugkomen van (een deel) van de winst van een project. Aangezien er discussie kan ontstaan over welke winstverdeling rechtvaardig is zijn hiervoor richtlijnen opgesteld. De NWEA gedragscode geeft richtlijnen voor bedragen die kunnen worden gekoppeld aan lokaal eigenaarschap: €0,4-0,5/MWh opgewekt (ca. 5-10% van omzet)

Teruggerekend voor Schiermonnikoog zou dit als de volledige stroomvoorziening met windenergie wordt voorzien(20-40 TJ) = 2200 – 5500 euro/jaar voor het eiland betekenen, of bij 1 molen van 1,6 MW 180 – 220 euro/jaar voor het eiland.

**4. Participeren in externe opwek of inkoop van groene stroom**

Tijdens de bijeenkomsten is ook het ‘meedoen’ in een offshore windmolen ter sprake gekomen. Participatiemogelijkheden zullen ook in dat geval bij de concessieverlening moeten worden afgesproken, of afhangen van medewerking’ van de exploitant. In het eindrapport Dursum Eilaun gaan we hier nader op in.

Inkoop van groene stroom of het afsluiten van speciale inkoopovereenkomsten met garanties/afspraken is een mogelijkheid. Groene stroom (vaak met een toeslag) kan worden verkregen bij de meeste consumentenenergieleveranciers. Soms ook met een garantie dat deze stroom in Nederland is opgewekt. Vedergaande afspraken binnen ‘power purchase agreements’ worden voornamelijk gesloten tussen bronhouders en een programmaverantwoordelijke of energieleverancier. Om de geproduceerde stroom te kunnen verkopen in de markt moet een overeenkomst gesloten worden met een zogeheten programmaverantwoordelijke of een energieleverancier. Bij de grotere productie installaties (>0,5 MW opgesteld vermogen) is het gebruikelijk om de overeenkomst aan te gaan met de programmaverantwoordelijke. Bij kleinere installaties (<0,5MW) wordt de overeenkomst vaak aangegaan met de energieleverancier. Een programma-verantwoordelijke is verantwoordelijk voor het indienen van energie en transport-programma’s bij TenneT.

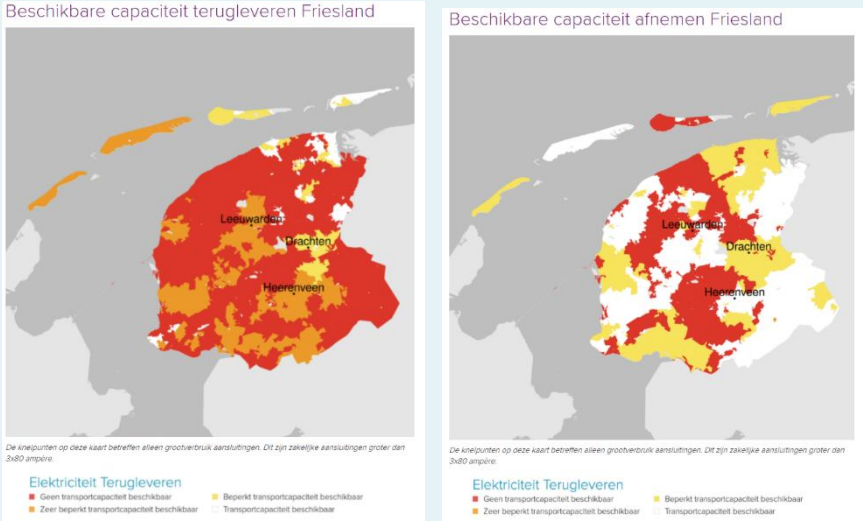
### Meer informatie over participatie?

In het Klimaatakkoord is afgesproken dat er wordt gestreefd naar 50% lokaal eigendom van de productie van wind- en zonne-energie op land in 2030 en dat hierbij in een gebied door de partijen gelijkwaardig wordt samengewerkt in de ontwikkeling, bouw en exploitatie bij hernieuwbare opwekking. Het nationaal programma RES werkt aan een leeromgeving met als onderwerp participatie. Voor uitgebreide informatie over het onderwerp participatie, en voorbeeld contracten kan de website https://www.energieparticipatie.nl/ geraadpleegd worden.

## Meer informatie over de netbeheerder en de Wadkabel

Liander is de regionale netbeheerder op Schiermonnikoog. Liander zorgt ervoor dat de elektriciteit van het onderstation via het laagspanningsnet het gebouw binnenkomt. Dit doen ze door het elektriciteitsnet aan te leggen en te onderhouden, en door het verzorgen van de aansluiting voor grootverbruik elektriciteit op het netwerk.
Liander staat onder toezicht van de overheid. Anders dan een energieleverancier is er geen vrije keuze voor de netbeheerder; deze is regio-gebonden. Liander staat positief tegenover de energietransitie. Maar de overgang naar een duurzame energievoorziening brengt ook flinke uitdagingen met zich mee. Door nauw samen te werken met onder meer gemeenten, provincies en klanten kunnen plannen, mogelijkheden en verwachtingen op elkaar worden afgestemd.
Door de versnelling van de energietransitie ontstaan knelpunten in het stroomnet. De benodigde uitbreiding van het net zal jaren tijd in beslag nemen. Liander ziet de noodzaak van het onderzoeken en implementeren van slimme oplossingen. Innoveren is een absolute voorwaarde om de energietransitie te faciliteren. En om de energievoorziening voor iedereen bereikbaar, betrouwbaar en betaalbaar te houden.

**De Wadkabel**
Er lijkt ruimte te zijn voor extra aanleveren (tot een capaciteit van 2MW) en terugleveren van elektriciteit. Dit is echter wel een belangrijk aandachtspunt. Netverzwaring voor Schiermonnikoog is extra complex vanwege de ligging van de kabel in de Waddenzee.




*Figuur 11: Overzicht knelpunten elektriciteitsnet Liander 22 juli 2021*

## Optimalisatie van het energiesysteem – opslag en buffering

Om balans in het energiesysteem te behouden en om te voorkomen dat de Wadkabel verzwaard dient te worden, zijn er verschillende opslagmethodes van zowel elektriciteit of warmte op het eiland te bedenken. Deze opslag kan worden gezien als systeemoptimalisatie als er een systeem keuze op hoofdlijnen gemaakt is. Te denken valt aan bijvoorbeeld een Vadium redox-flow (elektrische) batterij met een capaciteit van 10 MW en een opslag volume van 40 MWh, investering ca. 6Mljn (reken op hoofdlijnen 1 MLJn/MWh voor kleinere systemen). Dit is voldoende voor ongeveer 3 dagen stroomlevering. Ook kan de koppeling met warmteopslag gemaakt worden in PCM's,, basalt, boilervaten of pitstorage. Ook kan er bij een overschot aan lokale stroom worden gekozen om deze om te zetten in waterstof. Zie hiervoor het vorige hoofdstuk.

# 6 Conclusies

## 6.1 Conclusies

In de introductie is de volgende hoofdvraag gesteld:

***"Welke energiesystemen voor Schiermonnikoog zijn technisch-economisch en sociaal wenselijk en welke oplossingen bieden voldoende perspectief om verder te onderzoeken?"***

We geven voor de warmtevoorziening en de elektriciteitsvoorziening afzonderlijk antwoord op deze vraag. In het algemeen kan op basis van de analyses in de voorgaande secties kan geconcludeerd worden dat voor de verduurzaming van de warmtevraag op het eiland geen *one size fits all*-oplossing is.

### Welke alternatieve warmtevoorziening is kansrijk?

Vanuit de technische en economische inzichten is het aan te raden isoleren als basis te nemen voor de warmtetransitie. Dit zal voor een groot deel van de gebouwen een *no regret*-optie zijn. De gemeente kan hier verschillende rollen in spelen. Bijvoorbeeld door inwoners te informeren, adviseren of gezamenlijke inkoop van isolatiemaatregelen te organiseren.

Drie mogelijke scenario's zijn bekeken. Hieronder geven we een kort overzicht van de scenario's en de bijbehorende conclusies.

1. **Een warmtenet voor het gehele eiland**. Dit bevelen wij op basis van technische en economische redenen niet aan. Indien het collectief organiseren van een warmteoplossing wel interesse houdt kan als variatie op individuele warmtesystemen per woning worden gekeken naar 'mini warmtenetten' per straat op huizenblok. Dit kan worden meegenomen als optimalisatie in de route waar voornamelijk wordt ingezet op individuele oplossingen (groengas en warmtepompen).

2. **Individuele warmtepmpen per woning.** Waar mogelijk kunnen woningen (individueel) voorzien worden van warmtepompen. Daarvoor is het van belang dat de isolatie van de woning adequaat is (richtniveau schillabel B). Verder is het van belang dat deze oplossing niet overal goed toepasbaar is. Vooral voor de monumentale panden op het eiland is deze oplossing niet altijd wenselijk.

3. **Aardgas vervangen door hernieuwbaar gas.** Voor een gedeelte van de warmtevraag kan het aardgas worden vervangen door een hernieuwbaar gas. Daarbij is groengas het meest logische alternatief. Het is echter zo dat lokaal geproduceerd groengas niet in de volledige warmtevraag van Schiermonnikoog kan voorzien. Dit scenario is daarom alleen realistisch wanneer het in samenhang met andere opties wordt toegepast. Daarbij wordt groengas ingezet voor alleen die gebouwen die niet geschikt gemaakt kunnen worden voor warmtepompen. Een andere mogelijkheid is het voorzien in de pieklast van een (kleinschalig) warmtenet.

### Welke technieken als alternatief voor grijze elektriciteit via het stroomnet zijn kansrijk?

Hieronder geven we aan welke duurzame technieken het meest kansrijk zijn om de huidige (vooral met grijze elektriciteit ingevulde) elektriciteitsvraag van Schiermonnikoog te vervangen.

#### Duurzame opwek op het eiland

Voor verschillende soorten windturbines en voor zonnepanelen is berekend hoeveel er nodig zijn om te voorzien in de huidige elektriciteitsvraag van 20 TJ. Als alle warmte ook via elektriciteit geleverd wordt (bijvoorbeeld via warmtepompen) verdubbelt de elektriciteitsvraag van het eiland. De benodigde hoeveelheid zon of wind verdubbeld dan ook.

Voor windturbines geldt dat een enkele turbine (of slechts een aandeel in een enkele windturbine op zee) voldoende is om op jaarbasis in de elektriciteitsvraag van Schiermonnikoog te voorzien. Om datzelfde te doen met zonnepanelen (zon-PV) is een zonneveld van 4 à 5 hectare grootte benodigd.

Deze energiebronnen zijn in verschillende vormen te organiseren:

1. **Achter de meter** – bij een afnemer

2. **Postcoderoos –** dit kent het eiland al voor een zonproject

3. **Participatie via ontwikkelaar** – via een lokale concessie kan de gemeente hier invloed op uitoefenen. Buiten het eiland is het lastig om via de ontwikkelaar te participeren

4. **Inkoop van groene stroom** – Als eiland of per afnemer kan er groene stroom met groene certificaten worden ingekocht uit het landelijke net

Als het eiland zelf ambities wil tonen in de verduurzaming lijken optie 1,2 en 3 tot de mogelijkheden te behoren. Let wel, er is op dit moment beperkend beleid vanuit de provincie om nog meer lokale opwek in Friesland mogelijk te maken.

## 6.2 Aandachtspunten

Deze studie geeft een eerste indicatie van de haalbaarheid van verschillende energietechnieken. Veel van de in deze bijlage genoemde onzekerheden en risico's zijn in het algemeen van toepassing op het implementeren van nieuwe energiesystemen. Conclusies worden daarom uitgedrukt in termen als "relatief laag", "kansrijk", 'uitdagend' en dergelijke. Door gebruik te maken van lokale kennis, expert-kennis en andere specifieke lokale informatie is deze studie echter wel een significante verdiepingsslag op de al bekende algemene rekenmodellen. In dit stadium geldt echter voor de berekeningen wel een grote onzekerheid. Van een aantal aannames die in deze studie zijn gedaan, is bekend dat ze significante impact kunnen hebben op de business case. Op verkeerde aannames kan worden gemitigeerd door nader onderzoek te doen en vervolgstappen te nemen. Een overzicht van deze aannames staat in bijlage 1. Een paar concrete aandachtspunten zijn:

- Hoewel deze studie specifiek is toegespitst op Schiermonnikoog, is in deze studie veelal gebruik gemaakt van algemene kentallen op landelijk niveau. Deze moeten bij verdere uitwerking verdiept worden, des te meer omdat Schiermonnikoog in vele opzichten afwijkt van de rest van Nederland. De berekende kostengetallen kennen nog een hoge onzekerheid, maar geven wel een goede indicatie van de kosten en factoren die de kosten beïnvloeden.
- Veel van de in deze studie onderzochte technieken moeten worden vergund door de provincie. Op dit moment lijkt dat niet voor elke techniek vanzelfsprekend. De provincie kent voor verschillende technieken, waaronder windturbines, beperkend beleid.
- Misschien is er voor de technieken een zekere mate van netverzwaring nodig, mocht het huidige elektriciteitsnet een hogere vraag niet aan kunnen. Dit moet verder onderzocht worden. De kosten voor deze mogelijke netverzwaring zijn niet meegenomen.
- De business case voor vergisters/vergassers, zonnepanelen en windturbines staat (vaak) los van de contracten met afnemers van de energie. De business cases van een vergister, zonnepark en windmolen zijn in deze studie niet beoordeeld. Dit vraag een verdiepingsslag.
- Om grote investeringen te doen moet er vaak geld geleend worden. De kosten voor kapitaal (rente op geleend geleed) zijn van grote invloed. In doorrekening van warmtetechnieken van deze studie is gerekend met 3% rente voor collectieve opties waarbij er vanuit gegaan is dat 60% van het geld geleend moet worden. Voor de individuele aanpassing zal een andere verhouding logischer zijn (2% rente en debt/equity 100%).
- Veel van de aangedragen aanvullingen bestaan uit optimalisaties met opslag en toevoegen van netbalans. Wij raden aan eerst een hoofdroute te kiezen en daarbij opslag eventueel aan toevoegen als optimalisatie van de hoofdroute.

# Bijlage 1: Voorwaarden en aannames Quickscan

## Voorwaarden en aannames Quickscan

Deze Quickscan is gebaseerd op desk-research en informatie die is aangeleverd door de gemeente Schiermonnikoog. Het betreft een momentopname en heeft een beperkt detailniveau. Deze bijlage omschrijft de belangrijkste uitgangspunten van deze studie, die de resultaten significant kunnen beïnvloeden. Dit geeft een beeld van de belangrijkste parameters, die in een vervolg gedetailleerder uitgewerkt kunnen worden.

Naast het verder verdiepen van het beoogde systeem, is het ook aan te raden om de haalbaarheid van andere alternatieven (warmteoplossingen) te onderzoeken en te vergelijken met het beoogde systeem. Het steeds gedetailleerder uitwerken van enkele strategieën is in lijn met de handreiking lokale analyse van het expertise centrum warmte (ECW). Ook de rekenmethodes zijn overeenkomstig met de templates van het ECW, maar gedetailleerder en specifieker uitgevoerd. Er zijn veel kengetallen en datasets gemoeid met de technisch-economische analyse in de Quickscan. We verdelen deze data in drie categorieën op basis van de impact op de resultaten van de analyse en de mate waarin de generieke data past bij de lokale situatie (zie Figuur 8). Enkele concrete getallen staan in bijlage 3.

- Te verrijken data (zie- linksboven): data die grote impact hebben op de resultaten én waar op landelijk niveau weinig informatie over beschikbaar is.
- Optioneel te verrijken data (zie **Error! Reference source not found.**– linksonder): data die of een kleine impact hebben op de resultaten van de analyse, of al van redelijke kwaliteit zijn, kunnen worden verrijkt. Maar dit heeft geen prioriteit. Als er reden is om aan te nemen dat de lokale situatie sterk afwijkt van het gebruikte uitgangspunt, kan verrijken van dit datatype een verbetering van de resultaten opleveren.
- Landelijk gevalideerde data (zie– rechtsboven): data die zijn afgestemd met verschillende stakeholders en geen verrijking behoeven.
- Rekenregels (zie **Error! Reference source not found.**– rechtsonder): er zijn enkele rekenregels en definities vastgesteld waar bij analyses rekening mee gehouden

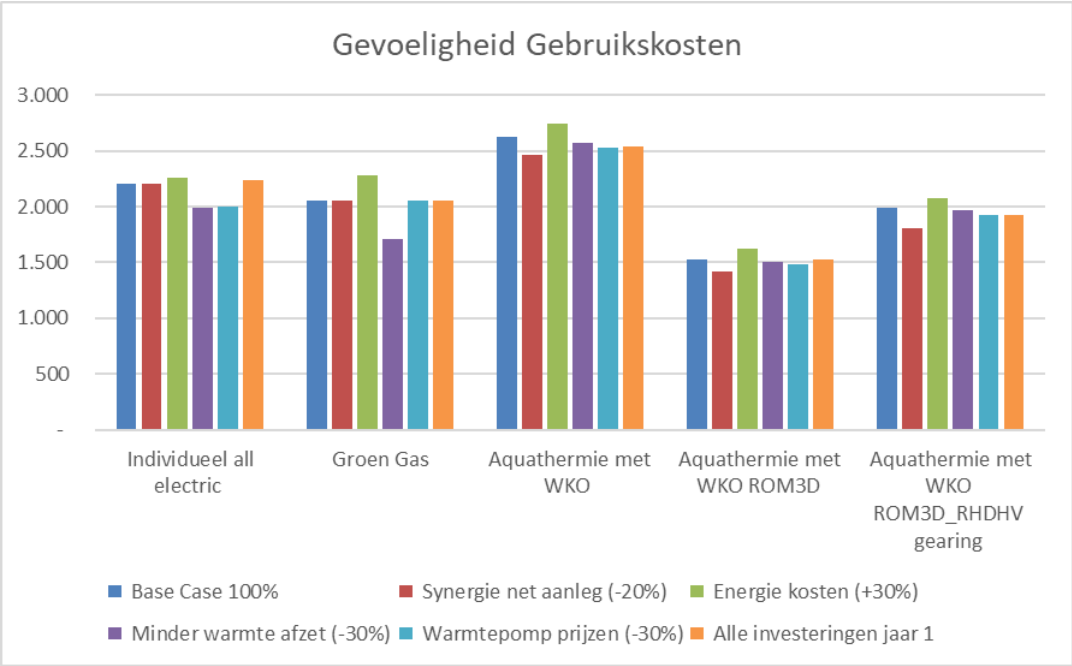
| | Specifiek voor de lokale situatie | Generieke data en aannames |
|---|---|---|
| Grote impact analyse | **Warmtebronnen**<br>▪ Uitgangspunt in studie: desk studie (RHDHV) voor warmtepotentie.<br>▪ Advies voor verrijking: metingen op locatie.<br><br>**Investering infrastructuur**<br>▪ Uitgangspunt in studie: Schets van leidingnet voor bepalen aantal meters (transportnet, distributienet en aansluitnet), kosten op basis van kentallen.<br>▪ Advies voor verrijking: daadwerkelijke dimensionering bepalen op basis van fysieke eigenschappen ruimte (incl. obstakels, omleidingen) + fasering van aanleg. | **Investeringskosten woningen**<br>▪ Uitgangspunt in studie: Kosten-kentallen van PBL, verwachte schillabelsprongen van VESTA.<br>**Warmtevraag**<br>▪ Uitgangspunt in studie: RHDHV model (op basis van bouwjaar, oppervlakte, energielabel, functie) + controle daadwerkelijk energieverbruik volgens CBS 2018.<br>**Kosten en opbrengsten**<br>▪ Uitgangspunt in studie: Er wordt in dit project gebruik gemaakt van SDE ++ subsidie. Kosten-kentallen bronnen van VESTA, SDE++.<br>▪ Advies voor verrijking: Kosten calculeren o.b.v. voorlopig ontwerp en preciezere dimensionering infrastructuur.<br>**Vollooprisico / deelname aan collectieve oplossing**<br>▪ Uitgangspunt in studie: 80% deelname.<br>▪ Advies voor verrijking: invullen a.d.h.v. draagvlak onderzoek |
| Kleine impact analyse | **Momentopname gebouwde omgeving**<br>▪ Uitgangspunt in studie: warmtevraag is gecorrigeerd voor leegstand, sloop- en nieuwbouwplannen (van woningen en/of utiliteit). | **Rekenregels en algemene aannames/uitgangspunten:**<br>▪ Energieprijzen uit 2019<br>▪ Energiebelastingen uit 2019<br>▪ Rentevoet van 2%<br>▪ Warmteverliezen (23%)<br>▪ O&M kosten (percentage van OPEX) |

# Bijlage 2: Gevoeligheidsanalyse

## Gevoeligheidsanalyse

De business case omvat nog veel onzekerheden. Om de invloed van (een deel) van de onzekerheden op de business case te bepalen doen we een gevoeligheidsanalyse. In deze gevoeligheidsanalyse zijn standaard opgenomen:

- Synergie in de aanleg van het net (20% goedkoper). Bijvoorbeeld omdat het net tegelijkertijd met andere werkzaamheden kan worden gelegd of omdat de kosten meevallen.
- Hogere energiekosten (30% hoger). Bijvoorbeeld door fluctuatie in stroom- en gasprijzen.
- Minder warmte afzet (30% lager). Bijvoorbeeld door lagere volloop of betere isolatie van gebouwen. Hieraan valt ook af te leiden wat een eventueel hogere warmtevraag doet.
- Goedkopere warmtepompen (30% lager). Bijvoorbeeld door innovatie.




*Figuur 12: Gevoeligheidsanalyse gebruikerskosten*

# Bijlage 3: Kentallen

## Kentallen financiële analyse warmtesysteem

| Onderdeel | Beschrijving | Investering | Schalingsfactor | Referentievermogen | Herinvestering | Kosten verwijdering |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Bronnen HT** | | **EUR/MW** | **X** | MW | **EUR/MW** | **EUR/MW** |
| | Warmtepomp | € 900.000 | 1,00 | 0,5 | € 300.000 | € 0 |
| **Opslag** | | **EUR/#** | **X** | # | **EUR/#** | **EUR/#** |
| | Open WKO-bronnen | € 300.000 | 1,00 | 0,82 | € 0 | € 0 |
| **Bronnen LT/Regeneratie** | | **EUR/MW** | **X** | MW | **EUR/MW** | **EUR/MW** |
| | Aquathermie | € 214.286 | 1,00 | 0,82 | € 0 | € 0 |
| **Warmtenet** | | | | | | |
| | Transportnet | | | | | |
| | Distributienet | | | | | |
| | Aansluitleidingen | | | | | |
| **Onderhoud & Beheer** | | | | | | |
| | OPEX vaste kosten | 2% | % van CAPEX | | | |
| | Verzekeringen | 0% | % van CAPEX | | | |
| | Beheerkosten | 7% | % van Revenu | | | |
| | Communicatie | 2% | % van Revenu | | | |
| **Energie Inkoop** | | | | | | |
| | Inkoopprijs elektra | € 0,05 | EUR/kWh | | | |
| | Inkoopprijs gas | € 0,25 | EUR/$m^3$ | | | |
| **SDE** | | | | | | |
| | | Basisbedrag | Correctiebedrag | Maximale vollasturen | Aantal subsidiejaren | |
| | TEO | € 0,035 | € 3.500 | 2.600 | 15 | |