

# Luijendijk-Zuid aardgasvrij

## Aardgasvrije verwarming woningen Luijendijk-Zuid

DWA

# Luijendijk-Zuid aardgasvrij

## Kenmerken

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Projectnummer** | 19621 | **Datum** | 27-1-2022 |
| **Auteur** | Rianne Raat | **Co-lezer** | Hans van der Heide |
| **Onderwerp** | Luijendijk-Zuid aardgasvrij | | |
| **Kenmerk** | 19621HHEI2921422 | **Status** | Definitief |
| **Opdrachtgever** | Gemeente Landsmeer<br>Simone van Zuilichem<br>Postbus 1<br>1120 AA LANDSMEER | **Uitgevoerd door** | DWA B.V.<br>Harderwijkerweg 7<br>2803 PW GOUDA<br>Postbus 2073<br>2800 BE GOUDA<br>088 – 163 53 00 |

Op al onze diensten en mededelingen is DNR 2011 van toepassing.
DNR 2011 is gepubliceerd op onze website onder www.dwa.nl/dnr.Op al onze diensten en mededelingen is DNR 2011 van toepassing.
DNR 2011 is gepubliceerd op onze website onder www.dwa.nl/dnr.

# Inhoudsopgave


| | | |
|---|---|---|
| **1** | **Waarom Luijendijk-Zuid aardgasvrij?** | **5** |
| **2** | **De wijk in beeld** | **6** |
| **2.1** | **Woningtypen en eigendomsverhouding** | **6** |
| **2.2** | **Referentiewoningen** | **7** |
| **2.3** | **Energiegebruik** | **8** |
| **3** | **Alternatieven voor aardgas** | **9** |
| **3.1** | **Hoogtemperatuur** | **9** |
| **3.2** | **Laagtemperatuur** | **12** |
| **3.3** | **All-electric** | **13** |
| **3.4** | **Hernieuwbare gassen** | **14** |
| **3.5** | **Uit te werken warmteconcepten** | **16** |
| **4** | **Duurzame warmtevoorziening Luijendijk-Zuid** | **17** |
| **4.1** | **Technische en energetische haalbaarheid** | **17** |
| 4.1.1 | Praktische aandachtspunten en inpasbaarheid | 17 |
| 4.1.2 | Overige aandachtspunten | 18 |
| **4.2** | **Energiegebruik** | **19** |
| **4.3** | **Investeringen en exploitatielasten bewoners** | **20** |
| 4.3.1 | Investeringen | 21 |
| 4.3.2 | Total Cost of Ownership (TCO) | 22 |
| **4.4** | **Rentabiliteit warmtenet** | **23** |
| **4.5** | **Naar een volledig hernieuwbare energievoorziening** | **23** |
| **4.6** | **Vrijstaande woningen en 2-onder-1-kap woningen** | **24** |
| ***5*** | **Beoordeling warmteconcepten** | **25** |
| **5.1** | **Afwegingskader** | **25** |
| **5.2** | **Conclusie** | **27** |
| **6** | **Financiering en exploitatie** | **28** |
| **6.1** | **Hybride warmtepomp of individuele lucht- of bodemwarmtepomp** | **28** |
| **6.2** | **TEO in combinatie met warmteopslag en individuele warmtepompen** | **28** |
| 6.2.1 | Outsourcing | 28 |

6.2.2 Gecombineerd contract voor realisatie en instandhouding 29
6.2.3 Eigen beheer 29

**7 Advies 30**

**7.1 Advies 30**
**7.2 Vervolgstappen 30**

**Bijlage 1 - Factsheet rijwoning tarieven 2021 31**

**Bijlage 2 - Factsheet rijwoning gemiddelde tarieven 32**

**Bijlage 3 - Factsheet appartement tarieven 2021 33**

**Bijlage 4 - Factsheet appartement gemiddelde tarieven 34**

# 1 Waarom Luijendijk-Zuid aardgasvrij?

Miljoenen huishoudens in Nederland maken momenteel dagelijks gebruik van aardgas om de woning warm te houden, te douchen en te koken en er zijn eigenlijk geen één-op-één-alternatieven voorhanden die deze functies kunnen overnemen.

De Nederlandse overheid heeft de doelstelling geformuleerd om in 2050 de $CO_2$-uitstoot te reduceren naar nul. Dit betekent dat ook de energievoorziening volledig duurzaam moet zijn en er geen gebruik meer gemaakt wordt van aardgas.

De ambitie voor een aardgasvrije samenleving volgt uit de afspraken van het Akkoord van Parijs (2015), de Energieagenda van de overheid (2016) en het landelijk gesloten Klimaatakkoord (2019).

Gemeenten hebben de regie in de transitie naar een aardgasvrije samenleving. In de Transitievisie Warmte, die door elke gemeente wordt opgesteld, wordt hier richting aan gegeven. In de Transitievisie Warmte van de gemeente Landsmeer zijn drie wijken aangewezen waar gestart wordt met de warmtetransitie. Een van deze wijken is de relatief jonge wijk Luijendijk-Zuid. De woningen zijn gebouwd in 2015 en allemaal goed geïsoleerd.

In deze wijk is de stap naar aardgasvrij relatief eenvoudig te maken, doordat geen extra isolatiemaatregelen getroffen hoeven te worden. Wel moet de ketel vervangen worden door een alternatief en eventueel het afgiftesysteem aangepast worden. De gemeente wil juist in deze wijk starten, omdat in andere wijken veel woningen nog geïsoleerd moeten worden om de stap te kunnen zetten naar aardgasvrij. Hiervoor lopen allerlei acties, maar het is nog maar een kleine groep die daadwerkelijk maatregelen hebben getroffen.

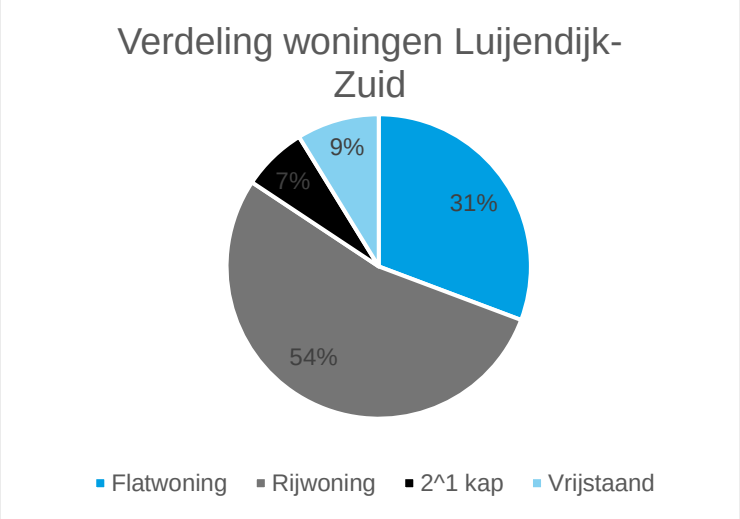
Om keuzes te kunnen maken ten aanzien van de te realiseren aardgasvrije warmtevoorziening is dit onderzoek uitgevoerd om de verschillende mogelijkheden in beeld te brengen en inzicht te geven in technische, financiële en organisatorische consequenties.

# 2 De wijk in beeld

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de woningtypen, energiegebruik en specifieke aandachtspunten in Luijendijk-Zuid, die van belang zijn voor het uit te voeren onderzoek.

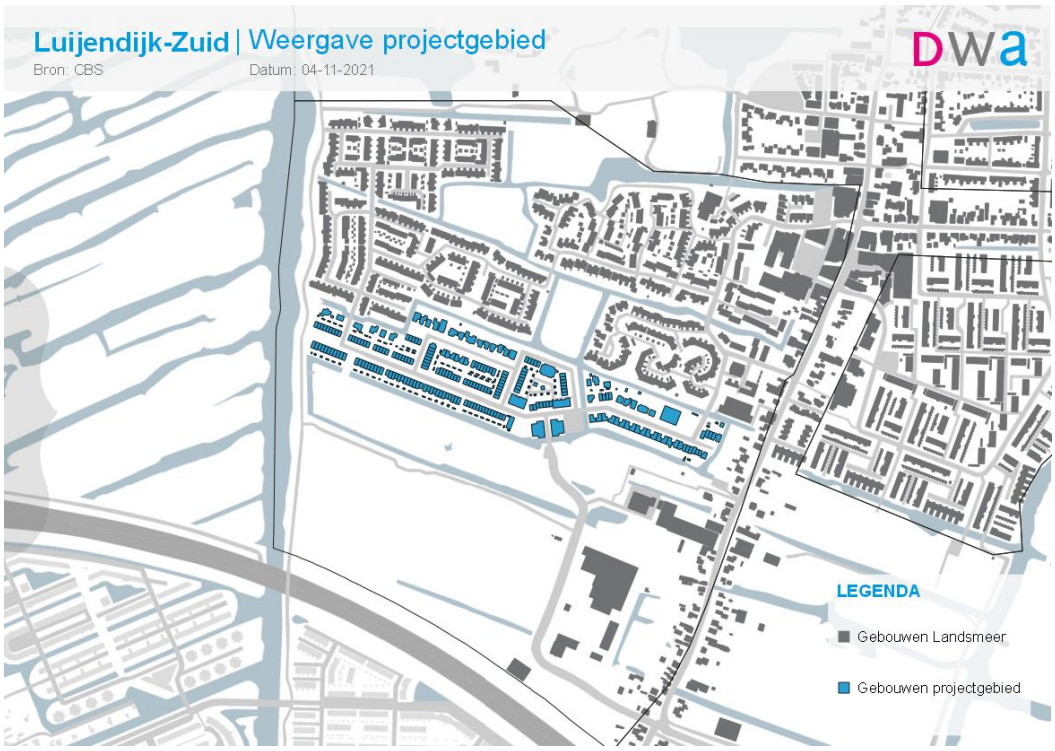
## 2.1 Woningtypen en eigendomsverhouding

In de wijk staan 331 woningen. Het grootste deel van de wijk bestaat uit rijwoningen, met 54% zoals te zien in Figuur 2-1. Daarnaast bestaat 31% van de woningvoorraad uit appartementen. Deze woningen zijn gebouwd vanaf 2012. Dit betekent dat de woningen goed geïsoleerd zijn. Het is onduidelijk wat de verdeling huur- en




Figuur 2-1 Verdeling woningen Luijendijk-Zuid

koopwoningen is. Figuur 2-2 laat zien om welk gebied het gaat.




Figuur 2-2 Weergave projectgebied

## 2.2 Referentiewoningen

Om een beter beeld van de wijk te krijgen zijn twee referentiewoningen gedefinieerd, die een representatief beeld van de wijk vormen, zoals weergegeven in Figuur 2-3. Deze woningen worden gebruikt voor het doorrekenen van de verschillende warmteconcepten. Er is gekozen voor zowel een rijwoning, als een appartement, omdat deze samen 85% van de woningvoorraad maken. Het overige deel bestaat uit vrijstaande en 2-onder-1 kapwoningen. Omdat dit slechts enkele woningen betreft (minder dan 30) is het niet mogelijk een representatief beeld van de kosten te geven, mede omdat er veel verschil in de woningen zit. In hoofdstuk 4 geven we een globaal advies voor deze woningen, om hiermee bewoners handelingsperspectief te geven.



Figuur 2-3 Referentiewoningen

## 2.3 Energiegebruik

Om in beeld te krijgen wat de opgave is voor de wijk, is het belangrijk om te weten wat de totale warmtevraag van de wijk is. De totale warmtevraag is berekend op basis van gebruiksgegevens die Liander openbaar maakt, in combinatie met woningoppervlaktes van het Kadaster. De openbare gasgebruiken zijn gemiddelden per minimaal 10 huishouden, en daarmee niet te herleiden naar individuele woningen.

Uit deze berekening blijkt dat de warmtevraag voor de woningen 9.998 GJ per jaar is. Deze warmte wordt gebruikt voor zowel ruimteverwarming als de bereiding van warmtapwater. In Tabel 2-1 is een verdeling per woningtype weergegeven.

Tabel 2-1 Verdeling gasgebruik per woningtype

| | Gemiddeld oppervlak | Geschat gasgebruik |
|---|---|---|
| Appartement | 72 $m^2$ | 528 $m^3$ |
| Rijwoning | 132 $m^2$ | 962 $m^3$ |
| 2-onder-1-kap woning | 143 $m^2$ | 1.045 $m^3$ |
| Vrijstaande woning | 191 $m^2$ | 1.395 $m^3$ |

# 3 Alternatieven voor aardgas

De huidige aardgasgestookte cv-ketel levert warmte op hoogtemperatuur (70-90°C). Voor dat aardgas zoeken we een alternatief. Hierbij geldt: hoe beter de woning is geïsoleerd, op des te lagere temperatuur kan deze verwarmd worden.

De volgende twee temperatuurniveaus worden onderscheiden:

1 hoogtemperatuurwarmtebronnen: geothermie, restwarmte, doorgaans 70-90°C;
2 laagtemperatuurwarmtebronnen: grondwater, lucht, thermische energie uit afvalwater, oppervlaktewater, doorgaans tot 40°C.

Naast bovenstaande temperatuurniveaus wordt vaak nog gesproken over middentemperatuur (40-70°C). In onderstaande beschrijving van concepten wordt hier niet specifiek onderscheid in gemaakt, omdat dit in de praktijk vaak een variant van de beschreven technieken is (bijvoorbeeld geothermie met een wat minder diepe bron).

De woningen in Luijendijk-Zuid zijn relatief nieuw en goed geïsoleerd. Extra isoleren van deze woningen is daarom niet nodig cq. zinvol. Onderstaand worden de mogelijke concepten voor een aardgasvrije warmteopwekking beschreven, onderverdeeld naar hoog- en laagtemperatuur en hernieuwbare gassen.

## 3.1 Hoogtemperatuur

Voor Luijendijk-Zuid zijn de volgende hoogtemperatuuroplossingen denkbaar.

### A Collectieve wko en warmtepomp in combinatie met collectieve HT-warmtepomp

Deze variant bestaat uit een duurzame energievoorziening met warmte-koudeopslag (wko), waarbij de warmte uit de wko wordt opgewaardeerd door een hoogtemperatuurwarmtepomp op te stellen. Dit is een warmtepomp die, met een lager rendement, hogere temperaturen kan behalen. Hierdoor kunnen de isolatiemaatregelen worden beperkt. De ontwikkeling van hoogtemperatuurwarmtepompen voor individuele woningen staan echter nog wel in de kinderschoenen en er zijn nog geen langdurige meetgegevens beschikbaar waaruit blijkt dat deze warmtepomp daadwerkelijk de opgegeven temperatuur haalt met een goed rendement. Hoogtemperatuurwarmtepompen met grotere vermogens worden al meer toegepast (bijvoorbeeld in de industrie) en ook toepasbaar voor meerdere woningen (centrale warmtepomp). Dat is het principe van dit concept: een centrale warmte-koudeopslag in combinatie met een centrale warmtepomp. Deze warmtepomp verwarmt het water uit de wko tot circa 70°C, waarna het gedistribueerd wordt naar de woningen. In de woningen wordt dit gebruikt voor directe verwarming en warmtapwater. Hoewel 70°C lager is dan de huidige aanvoertemperatuur (90°C), is dit voldoende om goed te kunnen functioneren in combinatie met het huidige afgiftesysteem. Dit systeem ziet er het zelfde uit als in concept B, alleen vervalt het oppervlaktewater als warmtebron.

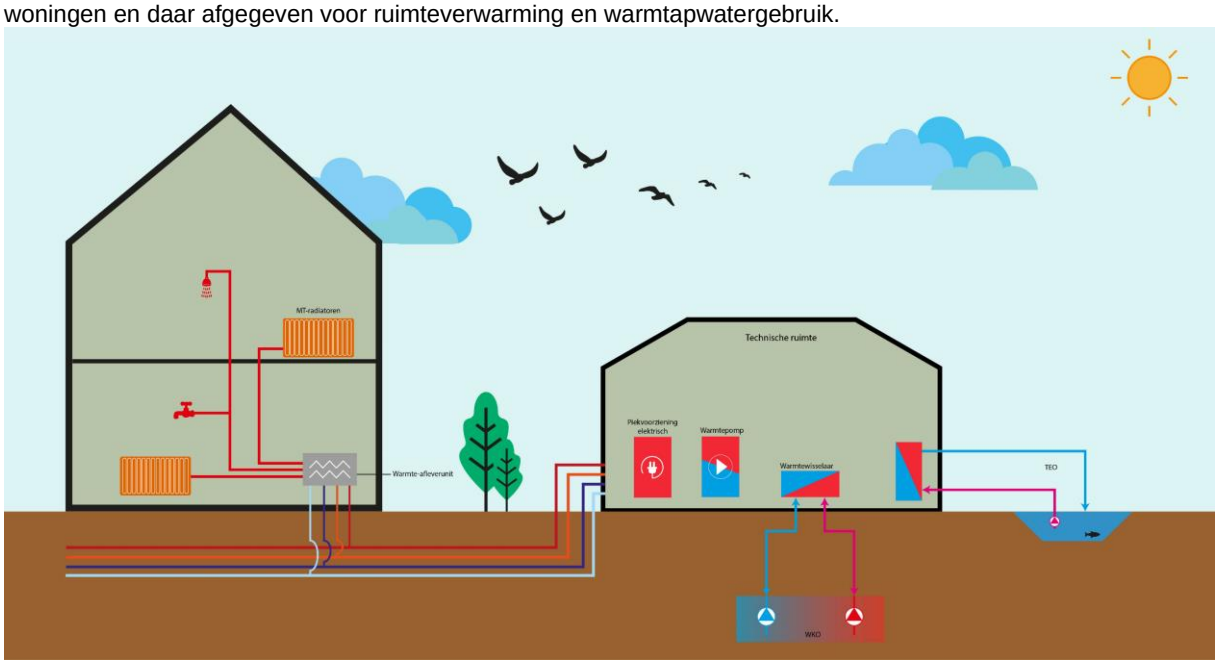
Belangrijk aandachtspunt bij dit concept is het thermisch in balans zijn van de wko. Omdat woningen meer warmte vragen dan koude, moet er aanvullend warmte onttrokken worden uit een andere bron. Hierbij kan gedacht worden aan de benutting van warmte uit oppervlaktewater (aquathermie) of riool (riothermie), of de toepassing van pvt-panelen. Dit zijn panelen die energie uit de zon omzetten in zowel elektriciteit als warm water. Vooral in de zomer kan hiermee veel warm water worden geproduceerd. Dit warme water kan vervolgens in de wko worden gepompt, zodat hier ’s winters weer woningen mee kunnen worden verwarmd.

Lessons learned

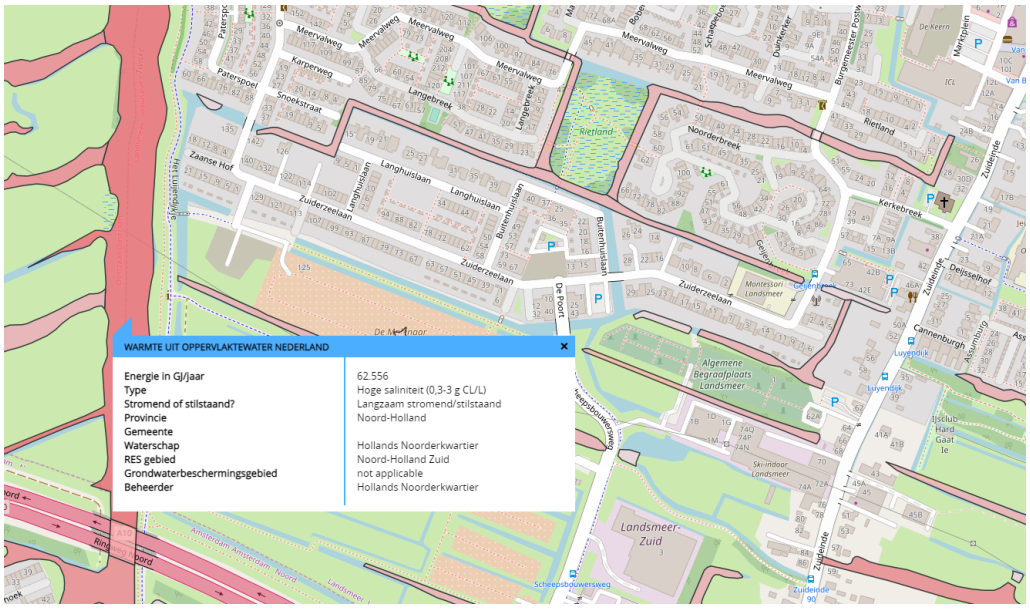
Voor de collectieve wko met een hoogtemperatuurwarmtepomp of een individuele warmtepomp geldt dat regeneratie van de bron het grootste aandachtspunt is. Dit zou met zowel riothermie als zonthermie kunnen. Voor zonthermie is een aandachtspunt waar de zonthermische panelen worden geplaatst. Wanneer deze op daken worden geplaatst, moet het dak hier wel op berekend zijn. Het aantal gerealiseerde woningbouwprojecten met dit concept is nog erg beperkt, wel vindt er veel onderzoek naar plaats.

### B Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) met warmteopslag en HT-warmtepomp

Dit concept is een variant op concept A. Bij dit concept wordt warmte onttrokken uit oppervlaktewater (in dit geval het Twiske, zie Figuur 3-1) en in de zomer in de opslag geïnjecteerd. In de winter wordt deze warmte onttrokken en door de HT-warmtepomp opgewaardeerd naar circa 70˚C. Via het warmtenet wordt dit gedistribueerd naar de woningen en daar afgegeven voor ruimteverwarming en warmtapwatergebruik.




Voor toepassing van dit concept is het belangrijk dat er voldoende warmte beschikbaar is, die gewonnen kan worden uit het Twiske. Door Stowa is de potentie van aquathermie in beeld gebracht. Uit deze potentiekaarten blijkt dat 62.556 GJ aan warmte kan worden onttrokken uit het Twiske. Uit de uitgevoerde energieberekeningen blijkt dat er 16.000 GJ geïnjecteerd moet worden in de warmteopslag voor het verwarmen van de woningen. Uit het Twiske lijkt dus voldoende warmte te kunnen worden onttrokken.



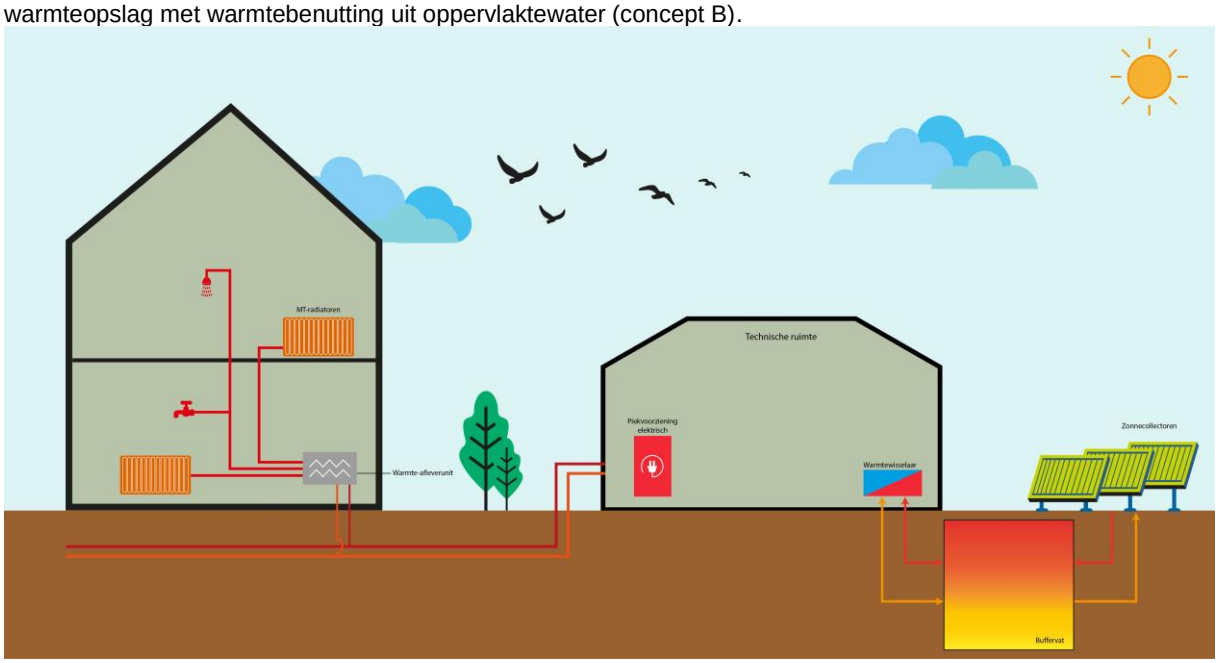
Figuur 3-1 Potentiekaart het Twiske, bron: Syntraal

Lessons learned

Het gebruik van oppervlaktewater voor verwarming van woningen en gebouwen is een relatief nieuwe techniek. Inmiddels zijn circa 50 projecten gerealiseerd en is een groot aantal projecten in voorbereiding of in de onderzoeksfase.

## C Zonthermie

De energie van de zon kan gebruikt worden voor de opwekking van elektriciteit of van warmte. De opwekking van warmte uit zonne-energie wordt zonthermie genoemd. Dit kan op woningniveau door middel van een zonnecollector en boilervat en op grotere schaal door middel van een collectorveld. Zonthermie levert met name warmte in de zomer, terwijl voor ruimteverwarming de meeste warmte in de winter nodig is. Dit betekent dat het alleen nuttig toepasbaar is voor ruimteverwarming in combinatie met een andere techniek, bijvoorbeeld warmteopslag met warmtebenutting uit oppervlaktewater (concept B).

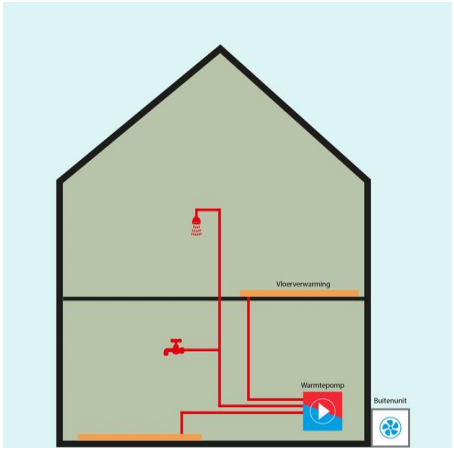



Lessons learned

In Almere voorziet een groot zonnepark (7.000 m$^2$) 2.700 woningen van warmtapwater en warmte voor ruimteverwarming. Afhankelijk van hoe nat de bodem is, dient de isolatie van het warmtenet hierop aangepast te

worden. Wanneer zonthermie wordt toegepast voor regeneratie van de wko, kan het zonnepark kleiner worden gedimensioneerd.

### D Individuele hoogtemperatuurwarmtepomp




Als variant op concept A en B kan er ook per woning een hoogtemperatuurwarmtepomp worden geplaatst. Deze kan gevoed worden met water uit een wko of bodembron, maar ook met de buitenlucht als bron. Het voordeel van deze warmtepomp is dat de woning minder goed geïsoleerd hoeft te worden dan bij een laagtemperatuuroplossing. Aandachtspunt is wel dat het elektriciteitsnet hierop moet worden aangepast. Daarnaast is de COP van een hoogtemperatuurwarmtepomp doorgaans lager dan die van een laagtemperatuurwarmtepomp wat hogere elektriciteitskosten tot gevolg heeft. Het concept werkt als onderstaande afbeelding, alleen is de vloerverwarming niet noodzakeliljk. De huidige radiatoren volstaan

Lessons learned

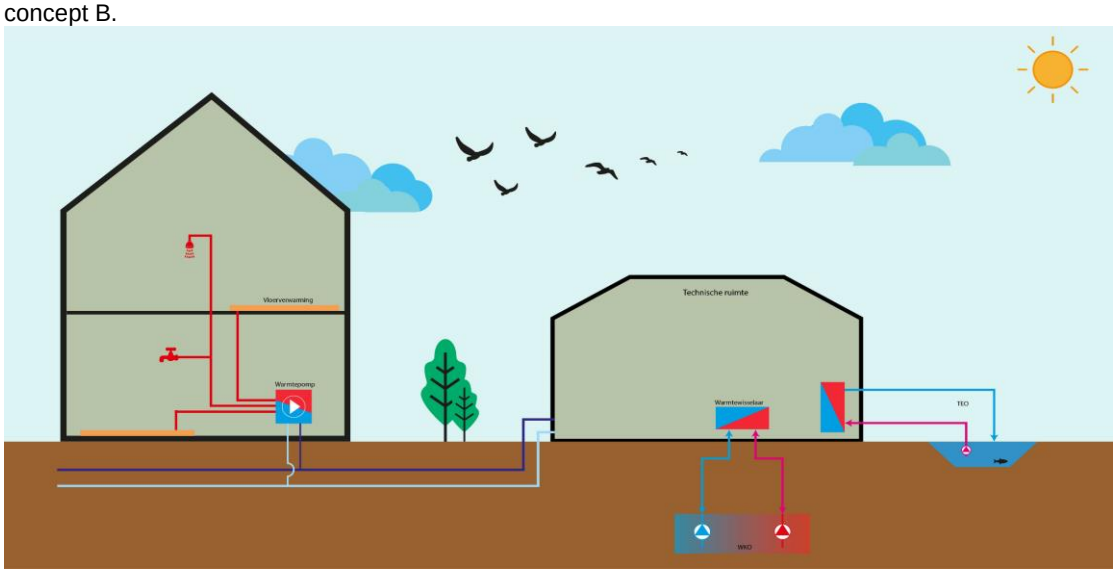
De individuele hoogtemperatuurwarmtepomp is een relatief nieuwe warmtepomp die in staat is om hoogtemperatuurwarmte te bereiden. Vergaande isolatie voor een comfortabel binnenklimaat is niet noodzakelijk, maar voor lagere energielasten is het wel gewenst om de woning te isoleren. De hoogtemperatuurwarmtepomp wordt onder andere toegepast bij monumenten waar het niet mogelijk is om laagtemperatuurverwarming te realiseren.

## 3.2 Laagtemperatuur

Op laagtemperatuur zijn de volgende oplossingsrichtingen denkbaar.

### E Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) met warmteopslag in combinatie met individuele warmtepompen

Deze variant is grotendeels vergelijkbaar met concept B. In plaats van een collectieve HT-warmtepomp wordt er gebruik gemaakt van individuele warmtepompen per woning op laagtemperatuur. Groot voordeel ten opzichte van concept B is dat er daardoor minder warmteverliezen zijn. Aangezien de woningen al goed geïsoleerd zijn, is dit concept financieel en energetisch interessanter dan concept B. Dit concept heeft dan ook de voorkeur boven concept B.



### F Riothermie



In het afvalwater van huishoudens is nog veel warmte aanwezig. Denk aan douchewater, vaatwasser en wasmachine. Dit afvalwater wordt afgevoerd door de riolering. Door middel van een warmtewisselaar kan deze warmte teruggewonnen worden (zie foto). Belangrijke aandachtspunten bij toepassing van dit concept zijn:

- de temperatuur van het rioolwater fluctueert sterk (een forse regenbui bijvoorbeeld heeft al een sterke temperatuurdaling tot gevolg);
- gedurende slechts enkele maanden in de zomer is de temperatuur boven de 20˚C. Dit betekent dat er in korte tijd veel warmte gewonnen moet worden en gebufferd;
- rioolbuizen worden zo snel mogelijk leeggepompt om overstromen te voorkomen. Hierdoor kan minder warmte teruggewonnen worden, dan bij langzamer stromend water.

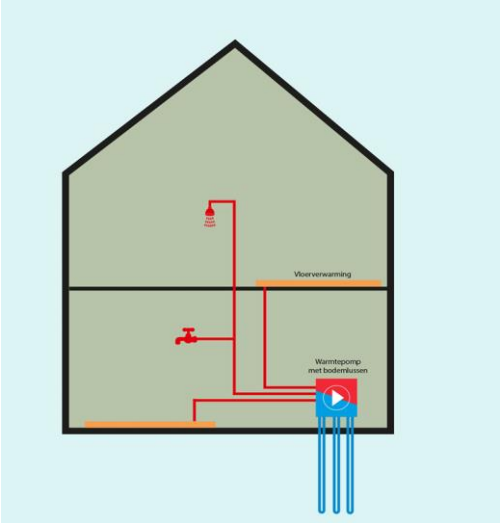
De techniek ziet er het zelfde uit als concept E, alleen wordt de TEO-bron vervangen door de rioolwaterzuiveringsinstallatie.

Voor de verwarming van de woningen is het gebruik van riothermie als enige warmtebron vanwege bovenstaande aandachtspunten niet aan te bevelen. Wel is het toepasbaar in combinatie met warmteopslag, waarbij de teruggewonnen warmte uit rioolwater in de zomer in de warme bron wordt gepompt en in de winter gebruikt kan worden voor verwarming. Dit concept is daarmee vergelijkbaar met concepten A, B en E waarbij in plaats van oppervlaktewater, rioolwater als extra warmtebron wordt ingezet.

## 3.3 All-electric

### G Individueel warmtepompsysteem per woning met bodem als bron

In dit concept worden de woningen voorzien van een individueel warmtepompsysteem. Door het aanbrengen van bodemwarmtewisselaars in de bodem wordt er warmte onttrokken uit de bodem en door middel van de warmtepomp afgegeven aan de woning.



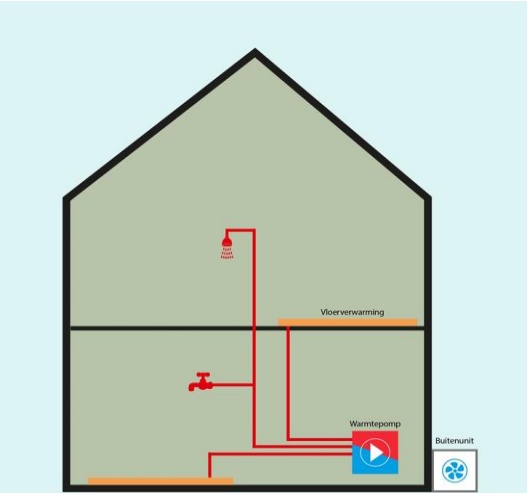

Belangrijk aandachtspunt bij dit concept is het ruimtebeslag en de interferentie tussen de bodemwarmtewisselaars. Vanwege onderlinge beïnvloeding van de bodemcollectoren hebben deze een minimale onderlinge afstand nodig van circa 7-8 meter.

Warmtepompsystemen kunnen ook in collectieve vorm worden uitgevoerd (bijvoorbeeld op straat- of blokniveau). Echter, dit heeft geen energetisch voordeel en de kosten worden verhoogd doordat er een warmtenet moet worden aangelegd. Bij een individuele oplossing moet rekening worden gehouden met een boilervat die in de woningen moet worden geplaatst. Hier is waarschijnlijk voldoende ruimte voor.

### H Individueel warmtepompsysteem per woning met lucht als bron

Net als in het bovengenoemde concept worden in dit concept de woningen voorzien van een individueel warmtepompsysteem. In plaats van de onttrekking van warmte uit de bodem wordt de warmte onttrokken uit de buitenlucht en door middel van de warmtepomp afgegeven aan de woning. Aandachtspunt bij dit concept is de geluidsproductie door de buitenunit van de warmtepomp. Ook moet er voor dit concept een laagtemperatuurafgiftesysteem worden aangelegd. In dit onderzoek is uitgegaan van vloerverwarming.

De luchtwarmtepomp is op de markt ook beschikbaar in hybride variant, waarbij het toestel bestaat uit een aardgas-ketel in combinatie met een kleine warmtepomp. Voor warmtapwater en bij een hoge ruimteverwarmingsvraag komt de ketel in. Voor het overige deel wordt de warmtepomp gebruikt.



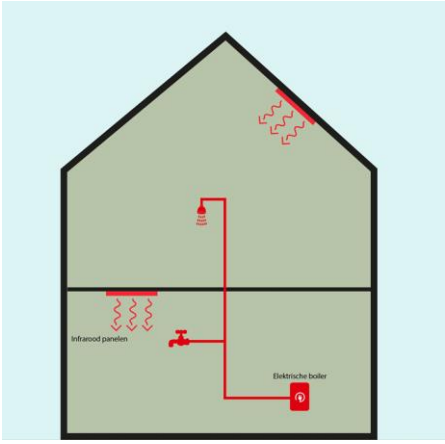

Warmtepompsystemen kunnen ook in collectieve vorm worden uitgevoerd (bijvoorbeeld op straat- of blokniveau). Echter dit heeft geen energetisch voordeel en de kosten worden verhoogd doordat er een warmtenet moet worden aangelegd. Bij een individuele oplossing moet rekening worden gehouden met een boilervat die in de woningen moet worden geplaatst. Hier is zeer waarschijnlijk voldoende ruimte voor.

Lessons learned (concept G en H)

De warmtepomp is inmiddels een beproefd concept in veel projecten. Toch zijn warmtepompen regelmatig negatief in het nieuws. Meestal ligt het probleem niet zozeer bij de warmtepomp, maar meer aan de installateur of de bewoner. Een installateur die een verkeerd soort warmtepomp voor ruimteverwarming wil inzetten. Andere klachten over een warmtepomp komen van mensen die graag een duurzaam huis (met warmtepomp) willen maar niet voldoende tot geen energiebesparende maatregelen hebben getroffen. In deze gevallen is de woning simpelweg nog niet klaar voor een warmtepomp. Goede voorlichting over de installatie is daarom belangrijk.

### I Elektrisch verwarmen

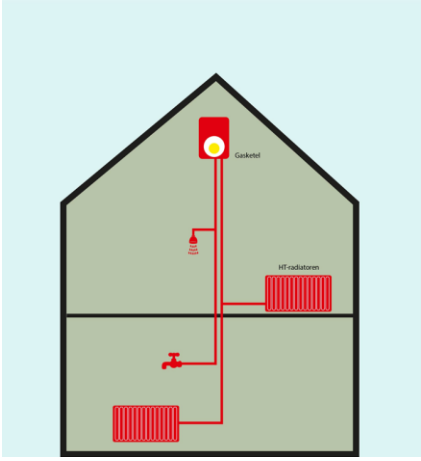
In plaats van een warmtepomp is het ook mogelijk om infraroodpanelen toe te passen voor verwarming. Bij dit concept worden elektrische stralingspanelen in de woning aangebracht voor ruimteverwarming. Voor de bereiding van warmtapwater wordt een elektrische boiler toegepast. Belangrijke aandachtspunten bij dit concept zijn het relatief hoge elektriciteitsgebruik en het comfort. Infraroodverwarming levert met name (stralings)warmte in de directe omgeving, waardoor de temperatuur in andere delen van het vertrek (en de wanden) lager zal zijn (stralingsasymmetrie). Dit kan leiden tot comfortklachten.




## 3.4 Hernieuwbare gassen

### J Groen gas/biogas

Levering van groen gas aan de wijk is mogelijk indien dit in de directe omgeving wordt opgewekt door bijvoorbeeld een vergistingsinstallatie. Hierbij wordt het geproduceerde biogas opgewerkt naar groen gas (aardgaskwaliteit) en ingevoerd op het aardgasnet. Praktisch betekent dit dat de woningen in Luijendijk-Zuid aangesloten blijven op het gasnet. Voor de opwekking van warmte kan een (conventionele) ketel of een hybride warmtepomp worden toegepast.



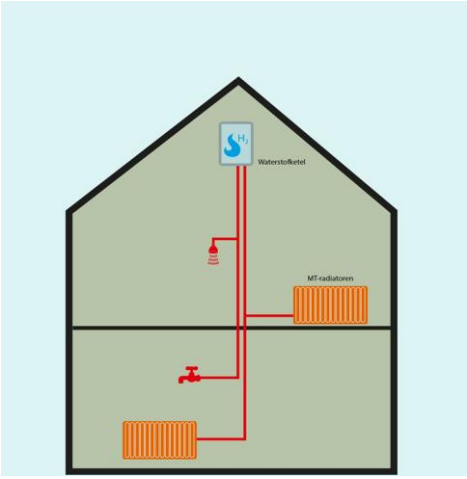

Voorwaarde voor de realisatie van dit concept is de aanwezigheid van

een biomassacentrale in de directe omgeving die biogas/groen gas produceert. Dit is niet het geval en om die reden wordt dit concept niet kansrijk geacht.

## K Waterstof of ammoniak als alternatief voor aardgas

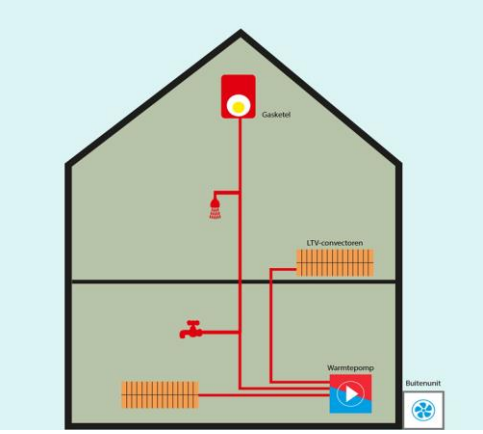
Op dit moment vindt er veel onderzoek plaats naar de mogelijkheden om de bestaande gasinfrastructuur te behouden door gebruik van *waterstof.* Het is mogelijk om waterstof bij te mengen in het aardgasnet. Op dit moment is dit toegestaan tot maximaal 0,1%. Uit testen blijkt dat bijmenging tot 20% technisch zonder problemen kan. De verwachting is dat dit verder opgeschroefd kan worden.

Waterstof staat momenteel volop in de belangstelling als oplossing voor de energietransitie. Dit maakt dat veel partijen momenteel onderzoek uitvoeren naar de (on)mogelijkheden van toepassing van waterstof met het doel beter in beeld te krijgen welke rol er is weggelegd voor waterstof in de energietransitie. Recentelijk heeft KIWA bijvoorbeeld na onderzoek vastgesteld dat het bestaande aardgasleidingnet naar verwachting geschikt kan worden gemaakt voor transport van waterstof.




Belangrijk om te beseffen is dat waterstof geen energiebron is, maar een energiedrager. Dit betekent dat het geproduceerd moet worden uit elektriciteit. Elektriciteit wordt op dit moment voor het grootste deel nog opgewekt uit aardgas. Om aardgasvrij te worden, moet dus overgeschakeld worden naar duurzame alternatieven als wind en zon. Met deze duurzame elektriciteit kan dan waterstof worden geproduceerd: groene waterstof[1].

Een *hybride warmtepomp* of ketel kan gebruikt worden voor de omzetting van waterstof in warmte. Een hybride warmtepomp is vergelijkbaar met een conventionele luchtwarmtepomp gecombineerd met een ketel. De warmtepomp voorziet voor het grootste deel in de warmtevraag. De geïntegreerde ketel voorziet in de pieken. Hiermee is het gas (of waterstof)gebruik dan ook laag.




Voor de opwekking van deze elektriciteit zijn echter veel windturbines of andere vormen van duurzame opwekking van elektriciteit nodig, die simpelweg niet allemaal in Nederland passen en op korte termijn ook niet beschikbaar zullen zijn[2]. Voor de nabije toekomst is waterstof daarom nog geen duurzame oplossing voor Beek en omgeving. Bovendien is de verwachting dat waterstof als warmtebron meer urgent is voor de transportsector en industrie dan voor de

[1] In de berekeningen wordt gerekend met elektrolyseproductie van waterstof. Dit is op dit moment de meest gebruikte vorm van waterstofproductie. Waterstof kan ook worden geproduceerd met hitte (thermolyse) en middels een algenbioreactor. Deze laatste twee productiemethodes worden weinig gebruikt.

[2] Voor de toepassing van warmtepompen is ook elektriciteit nodig. De omzetting naar bruikbare warmte is echter veel efficiënter (rendement van circa 300% versus 75% (https://www.wattisduurzaam.nl)), waardoor er minder elektriciteit nodig is.

woningbouw. Dit is omdat waterstof bij verbranding een hoge verbrandingstemperatuur heeft en de industrie dit hard nodig heeft. Woningen kunnen relatief makkelijk op een midden- of laagtemperatuur werken.

Waterstof en/of ammoniak kunnen mogelijk (ook) uitgroeien tot een medium voor de opslag van elektriciteit. Door toepassing van zonne-energie en windenergie wordt duurzame elektriciteit opgewekt. Op dit moment wordt het elektriciteitsnet nog als buffer gebruikt als vraag en aanbod niet met elkaar in balans zijn. Door de toename van het aantal zonnepanelen en windturbines neemt de noodzaak echter toe om andere vormen van buffering toe te gaan passen (bijvoorbeeld buurtaccu's). Ammoniak of waterstof kan hiervoor als medium worden toegepast. Hierbij wordt de geproduceerde zonne- of windenergie gebruikt om water elektrochemisch te splitsen tot waterstof. De geproduceerde waterstof kan opgeslagen worden of gebruikt worden om met stikstof uit de lucht te reageren tot ammoniak, die in vloeibare vorm wordt opgeslagen. Wanneer extra energie nodig is, kan de ammoniak verstookt worden in een energiecentrale, als vervanging voor aardgas.

## 3.5 Uit te werken warmteconcepten

Zoals in de vorige paragraaf al aangegeven, zijn de woningen in Luijendijk-Zuid goed geïsoleerd. Dit betekent dat deze woningen niet extra geisoleerd hoeven te worden en daardoor met relatief beperkte investeringen verwarmd kunnen worden met laag temperatuur technieken. Aangezien hoog temperatuur warmte schaars is, is het advies om deze woningen te voorzien van laag temperatuurtechnieken en de hoog temperatuurtechnieken in te zetten bij oudere woningen. Om die reden zal de individuele warmtepomp, zowel de warmtepomp met lucht als met bodem als bron, worden uitgewerkt. Aangezien het Twiske op beperkte afstand ligt, en dit een laag temperatuur bron is, onderzoeken we ook de toepassing van deze warmtebron.

Tot slot wordt de toepassing van waterstof verder uitgewerkt, omdat hiervoor veel belangstelling bestaat en daarom relevant is voor de vergelijking. In deze uitwerking worden zowel de waterstofketel als de hybride warmtepomp op waterstof meegenomen.

In de volgende hoofdstukken worden de volgende concepten doorgerekend.

Warmtenet op zeer lage temperatuur (ZLT) met TEO (uit het Twiske) in combinatie met warmtepomp (concept E uit paragraaf 3.2).

1. Individueel warmtepompsysteem met bodem als bron (concept G uit paragraaf 3.3).
2. Individueel warmtepompsysteem met lucht als bron (concept H uit paragraaf 3.3).
3. Waterstof als alternatief voor aardgas in een waterstofketel (concept K uit paragraaf 3.4).
4. Waterstof als alternatief voor aardgas in een hybride warmtepomp met waterstofketel (concept K uit paragraaf 3.4).

# 4 Duurzame warmtevoorziening Luijendijk-Zuid

In dit hoofdstuk worden de geselecteerde concepten verder uitgewerkt. Deze uitwerking bestaat uit het inzichtelijk maken van de praktische inpasbaarheid, en daarmee ook overlast in de wijk en woning, de maandelijkse energielasten, de benodigde investeringen en de TCO (Total Cost of Ownership). De TCO laat zien wat de totale kosten zijn over 15 jaar. Deze totale kosten bestaan uit:  investeringen, maandelijkse lasten, vastrecht en onderhoudskosten.

## 4.1 Technische en energetische haalbaarheid

In deze paragraaf wordt ingegaan op de technische en energetische haalbaarheid.

### 4.1.1 Praktische aandachtspunten en inpasbaarheid

Per concept is er een aantal aandachtspunten te benoemen ten aanzien van de implementatie en/of beschikbaarheid. In Tabel 4-1 zijn de aandachtspunten per concept weergegeven. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de impact op de openbare ruimte en de impact in de woning.

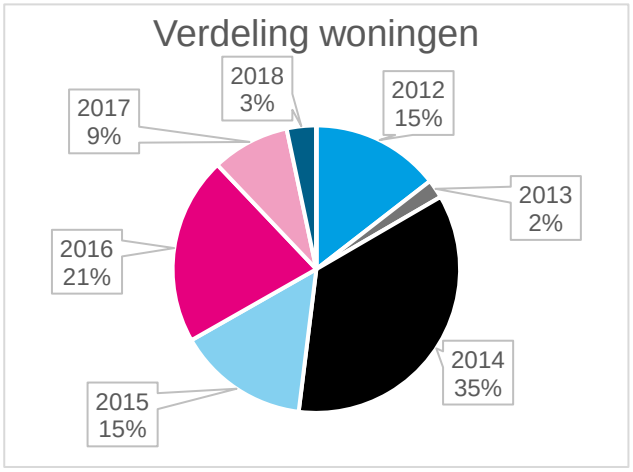
Tabel 4-1 Aandachtspunten per concept

| Concept | Impact openbare ruimte | Impact woning |
|---|---|---|
| Individuele cv-ketel | Niet. Aangezien dit systeem al wordt gebruikt, hoeven er in de nabije toekomst geen aanpassingen aan de infrastructuur plaats te vinden, wel kan het zijn dat het gasnet op sommige plekken moet worden vernieuwd. | Zeer beperkt. De ketel moet mogelijk vervangen worden door een nieuwe. |
| A. ZLT-warmtenet met TEO, warmteopslag en individuele wp | Ruimtebeslag voor warmte-opslag.<br>De straat moet open gemaakt worden en opnieuw worden aangelegd om de distributieleidingen in de grond aan te kunnen leggen. In Figuur 4-5 is een mogelijk tracé weergegeven. | Aanbrengen laagtemperatuurafgiftesysteem in de woning indien nog niet aanwezig.<br><br>De ketel moet worden vervangen door een warmtepomp. In plaats van een ketel op de bovenverdieping wordt er een warmtepomp op de begane grond geplaatst. Mogelijk moet ook de elektriciteitsaansluiting van de woning worden verzwaard. |
| B. Individuele bodemwarmtepomp | Mogelijke verzwaring van het elektriciteitsnet waardoor trottoirs moeten worden opengehaald en opnieuw worden aangelegd. Het is niet zeker of dit alleen geldt voor de trafokasten of ook voor het distributienet in de wijk. Er moeten wel extra trafokasten en regelkasten worden geplaatst.<br><br>Aanbrengen van lussen in de bodem. | Aanbrengen laagtemperatuurafgiftesysteem in de woning indien nog niet aanwezig.<br><br>De ketel moet vervangen worden door een warmtepomp. In plaats van een ketel op de bovenverdieping wordt er een warmtepomp op de begane grond geplaatst. Mogelijk moet ook de elektriciteitsaansluiting van de woning worden verzwaard. |

| Concept | Impact openbare ruimte | Impact woning |
|---|---|---|
| C. Individuele lucht-waterwarmtepomp | Mogelijke verzwaring van het elektriciteitsnet waardoor trottoirs moeten worden opengehaald en opnieuw worden aangelegd. Het is niet zeker of dit alleen geldt voor de trafokasten of ook voor het distributienet in de wijk. Er moeten wel extra trafokasten en regelkasten worden geplaatst. | Aanbrengen laagtemperatuurafgiftesysteem in de woning indien nog niet aanwezig.<br><br>De ketel moet vervangen worden door een warmtepomp. In plaats van een ketel op de bovenverdieping wordt er een warmtepomp op de begane grond geplaatst. Mogelijk moet ook de elektriciteitsaansluiting van de woning worden verzwaard. |
| D. Waterstofketel | Mogelijke verbetering van het gasnet. | Ketel vervangen door een waterstofketel. |
| E. Hybride lucht-waterwarmtepomp met waterstof | Mogelijke verzwaring van het elektriciteitsnet waardoor trottoirs moeten worden opengehaald en opnieuw worden aangelegd. Het is niet zeker of dit alleen geldt voor de trafokasten of ook voor het distributienet in de wijk. Er moeten wel extra trafokasten en regelkasten worden geplaatst. Mogelijk dat ook het gasnet op sommige plekken moet worden vernieuwd. | Naast de huidige ketel wordt een (kleine) warmtepomp geplaatst. Mogelijk moet hiervoor de elektriciteitsaansluiting van de woning worden verzwaard. |

### 4.1.2 Overige aandachtspunten

Uitgangspunt van de wijk Luijendijk-Zuid aardgasvrij maken is duurzaamheid. Het is daarom belangrijk om vooral duurzame keuzes te maken, en niet alleen zo snel mogelijk aardgasvrij te willen zijn. Vooral voor Luijendijk-Zuid is dit een aandachtspunt. De woningen in de wijk zijn gebouwd na 2012, het gros zelfs na 2014 zoals te zien in Figuur 4-1. Dit betekent dat de cv-ketels in deze woningen slechts zeven tot tien jaar oud zijn. De gemiddelde levensduur van een ketel is minimaal vijftien jaar. Dat betekent dat deze ketels nog vijf tot acht jaar mee kunnen. Vanuit duurzaamheidsoogpunt scoort het handhaven van ketels beter dan deze vervangen voor aardgasvrije alternatieven.




Figuur 4-1 Verdeling woningen

De mogelijkheid tot een aardgasvrije wijk hangt ook samen met de capaciteit van het elektriciteitsnet. Behalve de waterstof concepten gaat het elektriciteitsgebruik fors toenemen. Liander geeft aan dat er nog ruimte is op het elektriciteitsnet, dus er kunnen woningen overstappen op all-electric concepten. Dit betekent niet dat de hele wijk in één keer van het aardgas af kan. In overleg met Liander moet gekeken worden naar de mogelijkheden.

## 4.2 Energiegebruik

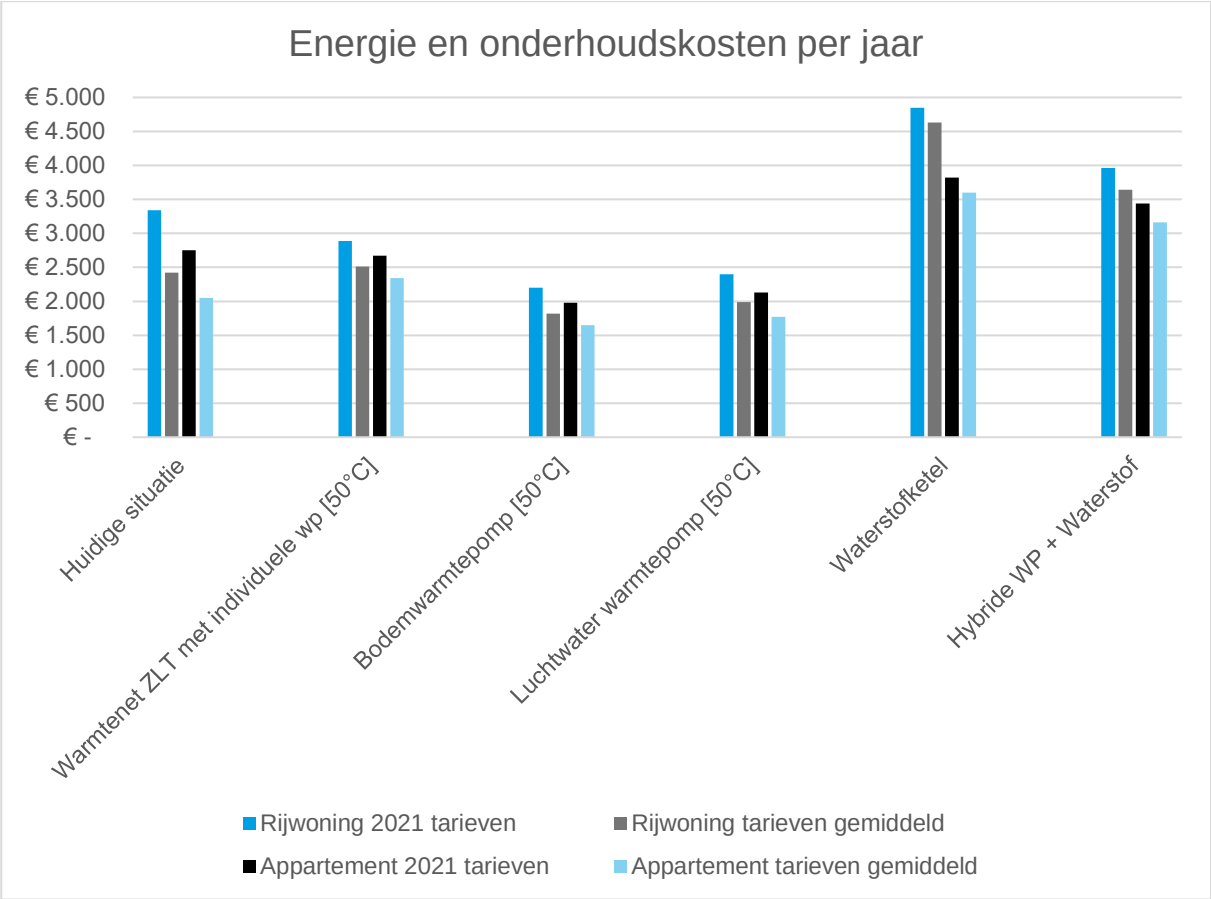
Ieder concept brengt een ander energiegebruik met zich mee. In Tabel 4-2 en Tabel 4-3 is het energiegebruik per concept weergegeven. Daarnaast zijn de energielasten weergegeven. Aangezien de energieprijzen op een heel hoog niveau zijn, hebben we zowel de energielasten weergegeven op basis van de huidige tarieven (2021) als bij gemiddelde stijging van voorgaande jaren (gemiddeld).

Tabel 4-2 Overzicht energiegebruiken rijwoning

| Rijwoning | Huidige situatie | ZLT-warmtenet met TEO en individuele wp [50°C] | Bodem warmtepomp [50°C] | Lucht-water warmtepomp [50°C] | Waterstofketel | Hybride wp + waterstof |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $m^3$ aardgas | 1.160 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kg waterstof | 0 | 0 | 0 | 0 | 330 | 170 |
| kWh elektriciteit | 3.130 | 5.720 | 5.720 | 6.340 | 3.300 | 4.690 |
| Energiekosten tarieven gemiddeld | € 1.700,- | € 1.300,- | € 1.300,- | € 1.500,- | € 3.500,- | € 2.500,- |
| Energiekosten tarieven 2021 | € 2.400,- | € 1.600,- | € 1.600,- | € 1.700,- | € 3.600,- | € 2.700,- |

Tabel 4-3 Overzicht energiegebruiken appartement

| Appartement | Huidige situatie | ZLT-warmtenet met TEO en individuele wp [50°C] | Bodem warmtepomp [50°C] | Lucht-water warmtepomp [50°C] | Waterstofketel | Hybride wp + waterstof |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $m^3$ aardgas | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kg waterstof | 0 | 0 | 0 | 0 | 220 | 140 |
| kWh elektriciteit | 3.130 | 5.080 | 5.080 | 5.530 | 3.300 | 4.060 |
| Energiekosten tarieven gemiddeld | € 1.400,- | € 1.200,- | € 1.200,- | € 1.300,- | € 2.600,- | € 2.100,- |
| Energiekosten tarieven 2021 | € 1.900,- | € 1.400,- | € 1.400,- | € 1.500,- | € 2.700,- | € 2.300,- |



Figuur 4-2 Energie- en onderhoudskosten per jaar

Bovenstaande tabellen en Figuur 4-2 laten zien dat voor de aardgasvrije alternatieven met warmtepomp de energielasten lager zijn dan voor de huidige situatie. Toepassing van waterstof leidt op dit moment nog wel tot substantieel hogere energielasten.

## 4.3 Investeringen en exploitatielasten bewoners

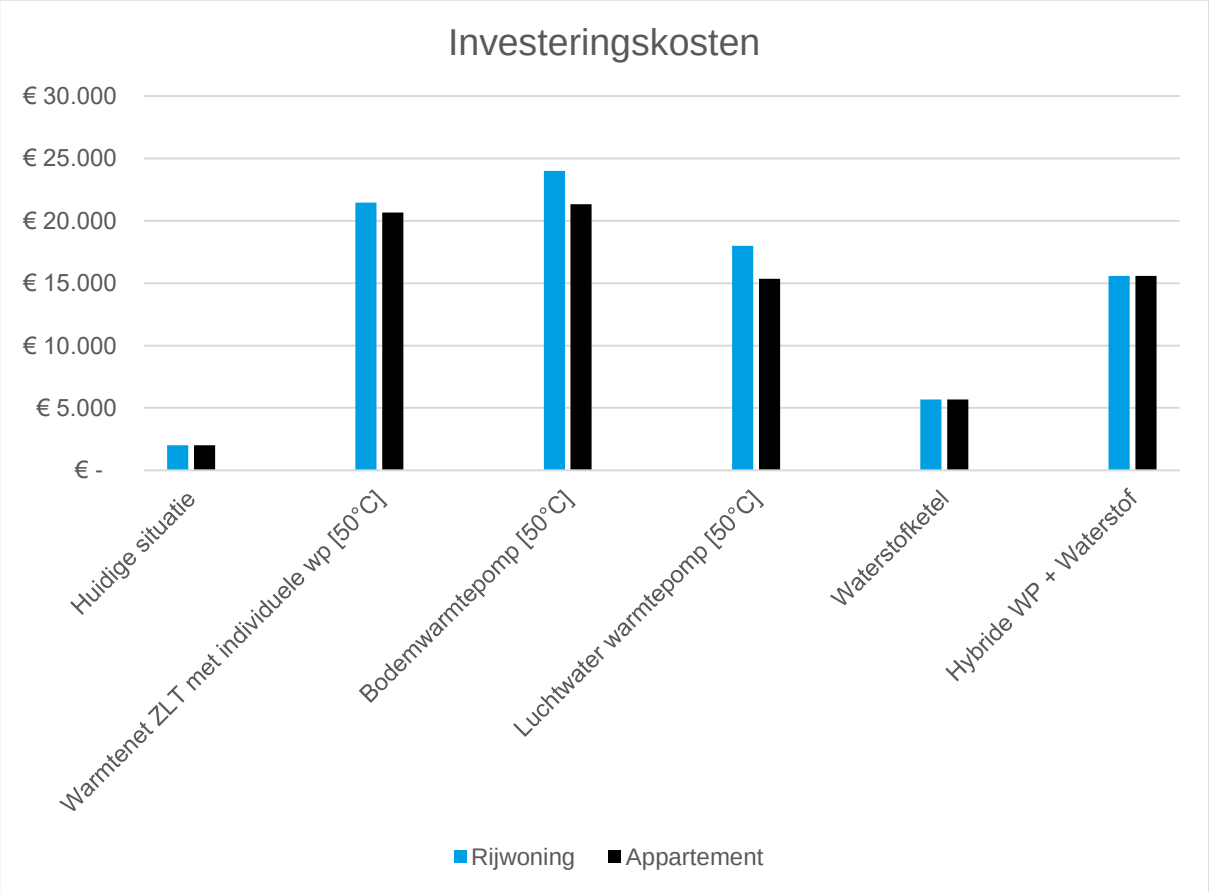
Van de verschillende warmteconcepten zijn de investeringen in beeld gebracht en zijn op basis daarvan de totale kosten (TCO) voor de bewoners over een looptijd van dertig jaar, inclusief herinvesteringen in beeld gebracht. Uitgebreidere factsheets zijn weergegeven in Bijlage 1 -. In de tabellen en grafieken op de volgende pagina is dit weergegeven.

### 4.3.1 Investeringen

In Tabel 4-4 en Figuur 4-3 zijn de investeringen weergegeven voor de verschillende concepten. Voor het warmtenet is hierbij uitgegaan van een bijdrage aansluitkosten (BAK) voor de bewoners van € 5.000,- (zie verder paragraaf 4.4). Verder is voor het concept met bodemwarmtepomp uitgegaan van seriematige plaatsing, er wordt dan in korte tijd voor meerdere woningen bronnen geboord. Wordt dit niet seriematig gedaan, maar voor woning individueel, dan is de investering voor de bodemwarmtepomp 50% hoger. Daarnaast is bij alle concepten, met uitzondering van de waterstofketel, uitgegaan van de mogelijkheid tot koelen in de woning. Voor de 50°C concepten is het belangrijk dat het afgiftesysteem, wanneer dit nog niet geschikt is, wordt aangepast naar een LT-systeem.

Tabel 4-4 Investeringen aardgasvrije concepten

| | Huidige situatie | ZLT- warmtenet met TEO en individuele wp [50°C] | Bodem warmtepomp [50°C] | Lucht-water warmtepomp [50°C] | Waterstofketel | Hybride wp + waterstof |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Appartement | € 2.000,- | € 20.700,- | € 23.900,- | € 15.300,- | € 6.000,- | € 15.600,- |
| Rijwoning | € 2.000,- | € 21.500,- | € 21.300,- | € 18.000,- | € 6.000,- | € 15.600,- |



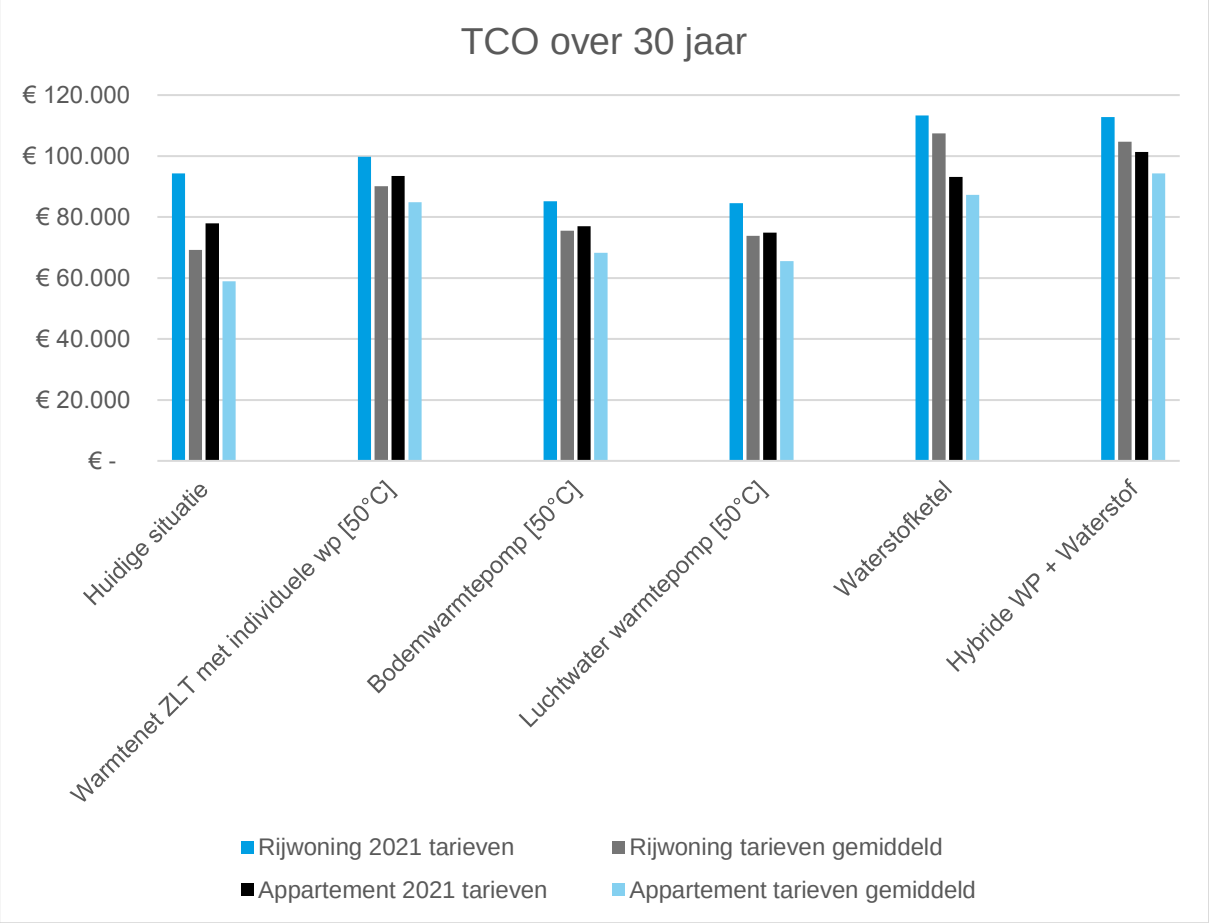

Figuur 4-3 Investeringen aardgasvrije warmteconcepten

### 4.3.2 Total Cost of Ownership (TCO)

In Tabel 4-5 en Figuur 4-4 zijn de totale kosten voor de bewoner over een looptijd van vijftien jaar weergegeven. Deze kosten bestaan uit de investeringen, herinvesteringen, energielasten en onderhoudskosten.

Tabel 4-5 TCO aardgasvrije warmteconcepten

| Inclusief subsidies | Huidige situatie | ZLT-warmtenet met TEO en individuele wp [50°C] | Bodem warmtepomp [50°C] | Lucht-water warmtepomp [50°C] | Waterstofketel | Hybride wp + waterstof |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Appartement tarieven 2021 | € 78.000,- | € 93.500,- | € 76.000,- | € 75.000,- | € 93.000,- | € 101.000,- |
| Appartement tarieven 2020 | € 59.000,- | € 85.000,- | € 67.000,- | € 65.500,- | € 87.000,- | € 94.000,- |
| Rijwoning tarieven 2021 | € 94.000,- | € 100.000,- | € 84.000,- | € 84.500,- | € 113.000,- | € 113.000,- |
| Rijwoning tarieven 2020 | € 69.000,- | € 90.000,- | € 74.000,- | € 74.000,- | € 107.500,- | € 105.000,- |



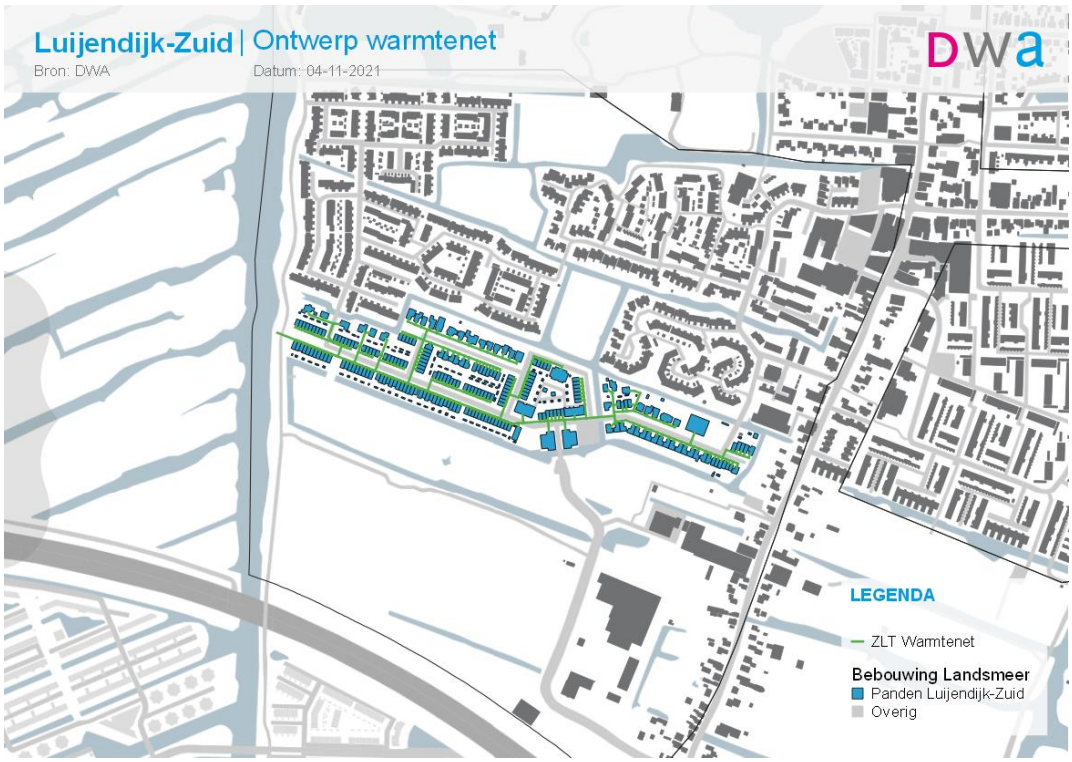

Figuur 4-4 TCO aardgasvrije warmteconcepten

Tabel 4-5 en Figuur 4-4 laten zien dat de TCO voor de individuele warmtepompen (lucht- en bodemwarmtepomp) vergelijkbaar zijn met de huidige situatie. Bij de huidige hoge energieprijzen is de TCO van deze concepten zelfs lager dan voor de huidige situatie (cv-ketel).

## 4.4 Rentabiliteit warmtenet

In paragraaf 4.3 zijn de investeringen en totale kosten in beeld gebracht voor de bewoner. Voor het warmtenet met TEO is hierbij ervan uitgegaan dat de investering en exploitatie van het warmtenet niet door de bewoners zelf wordt gedaan maar door een derde partij. Deze derde partij neemt de investeringen voor haar rekening en ontvangt opbrengsten uit de verkoop van warmte aan de bewoners en een eenmalige bijdrage aansluitkosten (BAK). Voor de verschillende exploitatievormen wordt verder verwezen naar hoofdstuk 6.

Om de investeringen in het warmtenet te bepalen, is een mogelijk leidingtracé voor het warmtenet getekend. Deze is weergegeven in Figuur 4-5. Daarnaast is het debiet van de warmte-koudeopslag berekend en de capaciteit van de overige componenten. Op basis daarvan is de totale investering geraamd op indicatief € 9.600.000,-.



Figuur 4-5 Ontwerp warmtenet

De exploitant van het warmtenet verdient deze investering terug door de BAK en het jaarlijks vastrecht dat bewoners moeten betalen. Uit de exploitatieberekening blijkt dat er rendabele exploitatie mogelijk is bij een BAK van € 5.000,-. Dat is hoger dan de maximale te vragen BAK van € 4.031,44. Dit betekent dat er aanvullend financiering (subsidie) nodig is voor rendabele exploitatie.

## 4.5 Naar een volledig hernieuwbare energievoorziening

Om een volledig hernieuwbare warmtevoorziening te realiseren, moet de benodigde elektriciteit die nodig is voor de warmtepompen uit hernieuwbare bron worden opgewekt. In Tabel 4-6 is aangegeven hoeveel zonnepanelen nodig zijn om de benodigde elektriciteit op te wekken, c.q. te compenseren.

Tabel 4-6 Benodigde pv voor energieneutraliteit

| m² zonnepanelen | Huidige situatie | ZLT-warmtenet met TEO en individuele wp [50°C] | Bodem warmtepomp [50°C] | Lucht-water warmtepomp [50°C] | Hybride wp + waterstof | Waterstofketel |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Appartement | 58 | 27 | 27 | 29 | 46 | 56 |
| Rijwoning | 76 | 30 | 30 | 33 | 55 | 75 |
| Hele wijk | 23.513 | 9.787 | 9.787 | 10.782 | 17.413 | 23.123 |

## 4.6 Vrijstaande woningen en 2-onder-1-kap woningen

De in de vorige paragrafen in beeld gebrachte kosten zijn relevant voor bewoners van appartementen en rijwoningen. Zoals eerder gezegd is het lastiger om betrouwbare getallen te noemen voor vrijstaande woningen en 2-onder-1-kap woningen vanwege de beperkte aantallen en variëteit in de woningen. De getallen in de vorige paragrafen laten een duidelijke verhouding zien tussen appartementen en rijwoningen. Zowel in de investeringen, als ook in de jaarlijkse lasten en de benodigde hoeveelheden pv-panelen om tot een energie neutrale woning te komen. Voor vrijstaande woningen en 2-onder-1-kap woningen geldt dat de onderlinge verhouding van de technieken gelijk is aan die van de appartementen en rijwoningen. Wel is het zo dat zowel de investeringen als de maandelijkse lasten hoger zullen liggen. Belangrijk aandachtspunt is dat, net als bij de appartementen als de rijwoningen, de woningen voorzien zijn of worden van een laagtemperatuur-afgiftesysteem zoals convectoren of vloerverwarming.

De energielasten, bij het gebruik van een warmtepomp ligt zo'n € 250 tot € 450 hoger per jaar dan bij de rijwoningen en appartementen. Dit zijn de jaarlijkse lasten voor zowel het ZLT-net, de bodem-water- en lucht-waterwarmtepomp. Investering die gedaan moet voor luchtwaterwarmtepompen is zo'n € 2.000 tot € 6.000 hoger. Voor bodemwarmte is de investering € 6.000 tot € 10.000 hoger. De investering in waterstof ketels zal zo'n € 1.000 tot € 3.000 duurder zijn, waarbij de kosten van het energiegebruik € 500 tot € 1.000 hoger worden.

# 5 Beoordeling warmteconcepten

## 5.1 Afwegingskader

Om de warmteconcepten objectief te kunnen beoordelen, is een afwegingskader gedefinieerd. Dit afwegingskader bestaat uit relevante criteria waarop de concepten met elkaar worden vergeleken ten opzichte van de huidige situatie. Deze criteria zijn opgedeeld in de volgende aspecten.

- Financieel: hoogte van investeringen, jaarlijkse lasten en TCO.
- Milieueffecten: $CO_2$-emissie, geluid en veiligheid.
- Praktische aspecten: woningaanpassingen, ruimtebeslag en overlast op straat door werkzaamheden.
- Afhankelijk en organisatie: benodigde deelname en flexibiliteit.

De criteria zijn relevant omdat deze de impact van de concepten op verschillende manieren laten zien. De impact op zowel de portemonnee van de bewoner, als ook op het milieu en de openbare ruimte. Als laatste kijken we naar afhankelijkheid van de bewoner.

In Tabel 5-1 is de beoordeling op deze criteria weergegeven. De genoemde financiële getallen gelden voor appartementen en rijwoningen.

Tabel 5-1 Beoordeling concepten

| | Huidige situatie | ZLT-warmtenet met TEO en individuele wp [50°C] | Bodem warmtepomp [50°C] | Lucht-water warmtepomp [50°C] | Hybride wp + waterstof | Waterstof-ketel |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Financieel | | | | | | |
| Integrale kosten (TCO) 15 jaar | € 59.000 - € € 94.000 | € 85.000 - € 100.000 | € 67.000 - € 84.000 | € 65.500 - € 84.500 | € 87.000 - € 113.000 | € 94.000 - € 113.000 |
| Investering in de woning | € 2.000 | € 20.700 - € 21.500 | € 21.300 - € 23.900 | € 15.300 - € 18.000 | € 15.600 | € 6.000 |
| - Warmtevoorziening | | € 15.300 - € 16.100 | € 15.900 - € 18.500 | € 9.900 - € 12.600 | € 10.200 | € 3.400 |
| - Woningaanpassing | | € 7.300 | € 7.300 | € 7.300 | € 7.300 | € 2.600 |
| - ISDE Subsidie | | -€ 1.900 | -€ 1.900 | -€ 1.900 | -€ 1.900 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Jaarlijkse kosten per woning gemiddelde tarieven | € 1.400 - € 1.700 | € 1.200 - € 1.300 | € 1.200 - € 1.300 | € 1.300 - € 1.500 | € 2.600 - € 3.500 | € 2.100 - € 2.500 |
| Jaarlijkse kosten per woning tarieven 2021 | € 1.900 - € 2.400 | € 1.400 - € 1.600 | € 1.400 - € 1.600 | € 1.500 - € 1.700 | € 2.700 - € 3.600 | € 2.300 - € 2.700 |
| Milieueffecten | | | | | | |
| $CO_2$-emissie per jaar | 3.760 kg | 2.930 kg | 2.930 kg | 3.230 kg | 2.570 kg | 2.030 kg |
| Geluidsoverlast woningen | Niet | Beperkt | Beperkt | Beperkt | niet | niet |
| Veiligheid | Gas in huis | | | | Gas in huis | Gas in huis |
| **Energie neutrale wijk met pv-paneel aantallen** | **23.500** | **9.800** | **9.800** | **10.800** | **17.400** | **23.100** |
| Praktische aspecten | | | | | | |
| Aanpassing aan woning | | Aanpassingen noodzakelijk | Aanpassingen noodzakelijk | Aanpassingen noodzakelijk | beperkt | Niet |
| Extra ruimtebeslag in de woning | | Niet | Groot | Groot | Beperkt | Niet |
| Overlast in de straat | | Groot | Groot | Gemiddeld | Laag | Laag |
| Ruimteslag energiecentrale stad | | Groot | Niet | Niet | Groot | Groot |
| Afhankelijkheid en organisatie | | | | | | |
| Deelname nodig hele buurt | | Groot | Niet | Niet | Groot | Groot |
| Externe exploitant warmtelevering | | Groot | Niet | Niet | Groot | Groot |
| Flexibiliteit tijdstip individuele keuze | | Niet | Groot | Groot | Beperkt | Beperkt |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ‘Lokale’ warmtebron | Groot | Beperkt | Beperkt | Niet | Niet |
| Aardgasvrij binnen 10 jaar | Mogelijk | Mogelijk | Mogelijk | Niet | Niet |

## 5.2 Conclusie

Tabel 5-1 laat zien dat de warmtepomp concepten het beste scoren, en het warmtenet de meeste nadelen. Wanneer puur gekeken wordt naar $CO_2$-emissie is de keuze voor een waterstofketel de beste. De energielasten en totale kosten over dertig jaar zijn het laagst voor de bewoner wanneer gekozen wordt voor een individuele warmtepomp, hoewel deze ook voor de meeste overlast in de woning zorgen. Aandachtspunt bij de waterstofconcepten en warmtenet is dat deelname van een groot deel van de buurt noodzakelijk is. Bij de waterstofconcepten lijkt het niet haalbaar om energieneutraal te worden op de woning zelf. Bij het warmtenet en de individuele warmtepomp concepten lijkt dit wel haalbaar.

# 6 Financiering en exploitatie

Dit hoofdstuk beschrijft de organisatorische mogelijkheden voor aanleg en exploitatie (inclusief beheer en onderhoud) van de (collectieve) energievoorziening. De organisatie en exploitatie hiervan zijn (deels) afhankelijk van het te kiezen warmteconcept. Daarom worden per warmteconcept de mogelijkheden beschreven.

## 6.1 Hybride warmtepomp of individuele lucht- of bodemwarmtepomp

Het gebruik van een warmtepomp per woning is vergelijkbaar met de huidige situatie met een gasgestookte ketel per woning. Net als bij een ketel kan de bewoner (of woningcorporatie) de warmtepomp zelf aanschaffen en het onderhoud regelen door middel van een onderhoudscontract bij een installateur. Een voordeel van deze variant is dat de bewoner direct voordeel heeft van de lagere energiekosten. Het risico van energieprijsstijging of tegenvallend onderhoud zijn echter ook voor de bewoner.

Het alternatief is de warmtepomp te huren of te leasen. Net als bij een leaseauto wordt dan betaald voor het gebruik van de warmtepomp. Gedurende de exploitatietermijn wordt een vergoeding betaald voor het gebruik waarmee de lessor de investering en onderhoudskosten terugverdient.

## 6.2 TEO in combinatie met warmteopslag en individuele warmtepompen

De realisatie en exploitatie van een centrale energievoorziening (zoals warmte uit oppervlaktewater in combinatie met warmteopslag) wordt vaak uitbesteed aan een derde partij (outsourcing), omdat het in eigen beheer realiseren en exploiteren complex is vanwege het verdeeld eigendom van alle inwoners. In de afgelopen jaren zijn er echter ook verschillende projecten uitgevoerd waarbij de realisatie en exploitatie van het collectieve energiesysteem in eigen beheer wordt gedaan. Een steeds meer opkomende vorm is het afsluiten van een gecombineerd contract voor realisatie en instandhouding waarbij de verantwoordelijkheid voor realisatie en exploitatie gedeeltelijk wordt weggelegd. Onderstaand wordt ingegaan op deze drie varianten.

### 6.2.1 Outsourcing

Bij outsourcing worden de realisatie en exploitatie uitbesteed aan een derde partij. De investering in de aanleg van de energievoorziening en de exploitatie hiervan komen dan voor rekening van deze partij. De kosten voor de gebruiker zijn dan de aansluitbijdrage, een vastrecht per jaar en een variabel tarief voor de afgenomen hoeveelheid warmte. Qua contractduur dient een keuze gemaakt te worden. Gangbaar bij volledige outsourcing is een contractduur van dertig jaar of langer.

**Voordelen**

- Alle investeringen en risico's van het project liggen bij een derde partij. Na het aanbesteden is duidelijk wat de kosten zijn. Deze worden dan via de aansluitbijdrage, een vastrecht per jaar, doorgerekend aan de gebouweigenaar. Alle risico's nadien zijn voor de exploitant van het systeem.
- Het aantal betrokken partijen is beperkt (een exploitant en één of meerdere warmteleveranciers) en daarmee een minder complexe organisatie dan bij meerdere partijen.

**Nadelen**

- Het feit dat alle risico's bij een derde worden neergelegd, moet worden betaald.
- Langlopende contracten met de exploitant.

- Geen/beperkte sturing op de kosten voor de gebruiker en de duurzaamheid van de warmtebron.

### 6.2.2 Gecombineerd contract voor realisatie en instandhouding

Een variant op volledige outsourcing is om zelf eigenaar te blijven van het energiesysteem, maar de realisatie en exploitatie uit te besteden. De eigenaren profiteren van de revenuen van het energiesysteem, maar dragen zelf ook meer risico's dan bij outsourcing. Aanbesteding aan de markt vindt pas plaats nadat de projectscope voldoende helder is en er zoveel mogelijk projectrisico's zijn afgedekt. Zodoende wordt een scherpe marktprijs verkregen.

Aanbesteding vindt plaats aan de hand van de UAV-GC. Dit is een contractvorm waarbij marktpartijen worden gevraagd een prijs in te dienen voor zowel de aanleg en realisatie van het project alsook voor de meerjarige instandhouding. Door voor een gecombineerd contract te kiezen, krijgt de te selecteren marktpartij in een nader vast te stellen vorm de verantwoordelijkheid voor het correct functioneren van de installaties. De marktpartij zal zich van meet af aan betrokken voelen bij de exploitatieperiode. Wanneer bij de realisatie slecht werk wordt geleverd, komt dit als een boemerang terug in de vorm van storingsmeldingen en/of boetebedragen. De marktpartij moet daarnaast ook voldoende vrijheid krijgen om optimalisaties door te voeren. Eventueel kunnen ook beheertaken, zoals facturatie van energiekosten, klantencontact et cetera aan de te selecteren marktpartij worden uitbesteed.

### 6.2.3 Eigen beheer

Het alternatief voor outsourcing is het in eigen beheer (gemeente en/of ontwikkelaar) aanleggen en beheren van de installatie. In deze variant wordt de installatie door de exploitant volledig ontwikkeld. Voor de exploitatie (beheer en onderhoud, facturatie, storingsafhandeling, contractvorming en diversen) kunnen vervolgens derden worden ingeschakeld die werken onder verantwoordelijkheid van de exploitant.

**Voordelen**

- Sturing op de kosten voor de gebruiker.

**Nadelen**

- Het eventuele energieprijsrisico ligt bij de gebruiker (bij inwonerparticipatie).
- Voor de aansturing van het onderhoud en beheer van een warmtepompinstallatie is een ter zake kundige partij nodig. Deze draagt zorg voor het onderhoud en beheer, de energie-inkoop, monitoring en facturatie. Dit is mogelijk door het aanstellen/inhuren van een 'installatiemanager'.

### 0.1.1 Resume

Samenvattend kan geconcludeerd worden dat bij toepassing van individuele warmtepompen er voor de bewoners niets hoeft te veranderen ten aanzien van de eigendomsverhouding. Bij realisatie van TEO met WKO en warmtepompen zal er een organisatievorm opgezet moeten worden voor realisatie en exploitatie van de energievoorziening. De meest voorkomende vorm is daarbij outsourcing. In dat geval zal door de gemeente een aanbesteding voorbereidt moeten worden en de realisatie en exploitatie vervolgens aanbesteedt moeten worden. Om tot deze aanbesteding te komen, zal verdere uitwerking van het concept in een voorlopige ontwerp nodig zijn. Gezien de omvang van de wijk, zoals eerder al aangegeven, is realisatie van dit concept niet het meest voor de hand liggend en wordt geadviseerd in te zetten op de realisatie van individuele warmtepompen.

# 7 Advies

Op basis van de resultaten uit de voorgaande hoofdstukken wordt in dit hoofdstuk geadviseerd welk warmteconcept het meest kansrijk wordt geacht voor Luijendijk-Zuid. Uitgangspunt hierbij is dat deze concepten beheersbaar, betrouwbaar en betaalbaar zijn. Dat wil zeggen, betrouwbare technieken die op de korte en lange termijn leveringszekerheid bieden. Beheersbaar, er is voldoende kennis en kunde om de techniek te ontwikkelen. Betaalbaar, de warmteoplossing is betaalbaar voor alle betrokkenen.

## 7.1 Advies

Uit hoofdstuk 5 blijkt dat overall gezien de individuele oplossingen zoals de water-water en lucht-waterwarmtepomp het beste scoren. Deze zijn qua investering duurder dan de waterstofconcepten, maar wel bewezen technieken en marktrijp. In Nederland zijn er al veel projecten gerealiseerd met warmtepompen waarmee veel kennis en ervaring is opgedaan. Daarnaast geeft dit de bewoner meer keuzevrijheid in energieleveranciers en zijn de jaarlijkse lasten het laagst.

Aandachtspunt bij de luchtwarmtepomp is dat de buitenunit beperkt geluid maakt. Bij de bodemwarmtepomp zullen er in de tuin bodemlussen in de grond geboord moeten worden. Dit betekent dat de tuin hierna deels opnieuw ingericht moet worden. Wat betreft $CO_2$-emissie scoren de warmtepomp concepten minder goed, de technieken gebruiken meer stroom dan de huidige aardgasketel en andere concepten. Wel is het eenvoudiger om de benodigde energie te compenseren met pv-panelen.

Wat betreft maandelijkse lasten scoort het ZLT-net met individuele warmtepompen ook goed. Wel geeft dit concept overlast in de wijk omdat straten  moeten worden opengebroken voor aanleg van het warmtenet . Een ander aandachtspunt is dat de bewoner, wanneer eenmaal aangesloten op het warmtenet geen keuzevrijheid heeft in warmteleverancier. Om het concept rendabel te kunnen exploiteren, moet bijna de volledige wijk aansluiten op het warmtenet. Dit geeft een grote organisatorische uitdaging.

Geadviseerd wordt om op natuurlijke momenten de huidige ketel te vervangen door een warmtepomp. Dat wil zeggen, op het moment dat de oude ketel kapot. De huidige ketels hebben een levensduur van vijftien tot twintig jaar. Dit betekent dat pas over enkele jaren de vervanging gefaseerd zal plaatsvinden. Door echter hier nu al over te communiceren met de bewoners hebben zij duidelijkheid over de alternatieven en wat er nodig is om aardgasvrij te worden. Bewoners kunnen bijvoorbeeld hun afgiftesysteem al aanpassen naar laagtemperatuur. Bovendien geeft deze fasering de netbeheerder de gelegenheid om het elektriciteitsnet te verzwaren. Op dit moment is er namelijk wel ruimte op het elektriciteitsnet voor een aantal woningen die gebruik maken van een warmtepomp. Wanneer de hele wijk in 1 keer overstapt wordt de belasting op het net te groot, wat problemen kan geven.

## 7.2 Vervolgstappen

Om te komen tot daadwerkelijke realisatie van een aardgasvrij Luijendijk-Zuid zien wij voor de korte termijn de volgende stappen voor ons.

- Organiseren van een bewonersbijeenkomst om de resultaten van het onderzoek te presenteren en in gesprek te gaan met hen over de realisatie hiervan.
- Afstemming met netbeheerder Liander over de verzwaring van het elektriciteitsnet.
- Begeleiding van de bewoners bij de overstap op een warmtepomp door het bieden van praktische voorlichting en ondersteuning bij het beoordelen van offertes.

# Bijlage 1 - Factsheet rijwoning tarieven 2021

## Factsheet: Rijwoning Luijendijk-Zuid

| | |
|---|---|
| Type woning | Rijwoning tarieven 2021 |
| Bouwperiode | 2012 - 2020 |
| Bouwlagen | 3 |
| Aantal woningen | 1 |
| Gemiddelde oppervlakte per woning | 125 m2 |
| Isolatiegraad | Goed |

**Alle bedragen zijn inclusief btw**





De bovenstaande afbeeldingen zijn ter illustratie

Bouwkundig

| Bouwkundige concepten | Huidige situatie | Warmtenet ZLT met individuele wp [50°C] | Waterstofketel | Hybride WP + Waterstof | Luchtwater warmtepomp [50°C] | Bodem warmtepomp [50°C] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Isolatiemaatregelen | Geen | Geen | Geen | Geen | Vergaande maatregelen | Vergaande maatregelen |

Installatieconcepten

| Installatieconcepten | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Verwarmingssysteem: ruimteverwarming | Individuele gasketel | ZLT warmtenet met individuele warmtepomp | Individuele waterstofketel | Hybride luchtwarmtepomp | Individueel luchtwarmtepomp | Individueel bodemwarmtepomp |
| Verwarmingssysteem: warm tapwater | Individuele gasketel | ZLT warmtenet met individuele warmtepomp | Individuele waterstofketel | Individuele waterstofketel | Individueel luchtwarmtepomp | Individueel bodemwarmtepomp |
| Warmte-afgiftessyteem | Radiatoren | Convectoren | Aangepaste radiatoren | Convectoren | Convectoren | Convectoren |
| Ventilatie | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging |
| Koken | Gaskookplaat | Inductiekookplaat | Inductiekookplaat | Inductiekookplaat | Inductiekookplaat | Inductiekookplaat |

Perspectief bewoner / eigenaar

| Investeringen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bijdrage Aansluitkosten (BAK) | € 0 | € 6.660 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Verwarmingssysteem | € 2.000 | € 9.440 | € 3.080 | € 10.230 | € 12.640 | € 18.630 |
| Aanpassing warmte-afgiftesysteem | € 0 | € 5.000 | € 350 | € 5.000 | € 5.000 | € 5.000 |
| Aanpassen ventilatiesysteem | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Elektrisch koken | € 0 | € 2.260 | € 2.260 | € 2.260 | € 2.260 | € 2.260 |
| **Subtotaal** | **€ 2.000** | **€ 23.360** | **€ 5.690** | **€ 17.490** | **€ 19.900** | **€ 25.890** |
| ISDE-subsidie (warmtepomp) | € 0 | -€ 1.900 | € 0 | -€ 1.900 | -€ 1.900 | -€ 1.900 |
| **Totale investering** | **€ 2.000** | **€ 21.460** | **€ 5.690** | **€ 15.590** | **€ 18.000** | **€ 23.990** |

| Jaarlijks energieverbruik | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Vraag warmte [GJ] | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Verbruik aardgas [m3] | 1.160 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Externe warmtelevering [GJ] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Benodigde waterstof [kg] | 0 | 0 | 330 | 170 | 0 | 0 |
| Verbruik elektriciteit voor warmte [kWh] | 0 | 2.420 | 0 | 1.390 | 3.040 | 2.420 |
| Verbruik elektriciteit overig [kWh] | 3.130 | 3.300 | 3.300 | 3.300 | 3.300 | 3.300 |
| CO2-uitstoot bij electriciteitsmix 2025 [kg] | 3.760 | 2.930 | 2.030 | 2.570 | 3.230 | 2.930 |
| CO2-reductie t.o.v. huidige situatie [%] | 0% | 22% | 46% | 32% | 14% | 22% |

| Jaarlasten | Huidige situatie | Warmtenet ZLT met individuele wp [50°C] | Waterstofketel | Hybride WP + Waterstof | Luchtwater warmtepomp [50°C] | Bodemwarmtepomp [50°C] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inkoop aardgas (variabel deel) | € 1.890 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Inkoop aardgas (vast deel) | € 250 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Inkoop waterstof (variabel deel) | € 0 | € 0 | € 3.270 | € 1.680 | € 0 | € 0 |
| Inkoop waterstof (vast deel) | € 0 | € 0 | € 250 | € 250 | € 0 | € 0 |
| Inkoop warmte (variabel deel) | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Inkoop warmte (vast deel) | € 0 | € 690 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Inkoop elektriciteit (variabel deel) | € 1.190 | € 2.050 | € 1.240 | € 1.710 | € 2.250 | € 2.050 |
| Inkoop elektriciteit (vast deel + teruggave energiebelasting) | -€ 130 | -€ 130 | -€ 130 | -€ 130 | -€ 130 | -€ 130 |
| Onderhoud en beheer installaties | € 140 | € 280 | € 220 | € 450 | € 280 | € 280 |
| **Totale jaarlasten** | **€ 3.340** | **€ 2.890** | **€ 4.850** | **€ 3.960** | **€ 2.400** | **€ 2.200** |

| Total Cost of Ownership 30 jaar | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Aandeel investeringen, exclusief subsidies | € 2.000 | € 23.360 | € 5.690 | € 17.490 | € 19.900 | € 25.890 |
| Aandeel herinvesteringen na 15 jaar | € 1.720 | € 3.670 | € 2.660 | € 5.440 | € 4.320 | € 4.320 |
| Aandeel energie-, beheer-, onderhoudskosten | € 90.540 | € 74.640 | € 104.960 | € 91.750 | € 62.190 | € 56.840 |
| **TCO exclusief subsidies** | **€ 94.260** | **€ 101.670** | **€ 113.310** | **€ 114.680** | **€ 86.410** | **€ 87.050** |
| **TCO inclusief subsidies** | **€ 94.260** | **€ 99.770** | **€ 113.310** | **€ 112.780** | **€ 84.510** | **€ 85.150** |
| Verschil met huidige situatie | € 0 | -€ 5.510 | -€ 19.050 | -€ 18.520 | € 9.750 | € 9.110 |

Opmerkingen: de kosten voor tuinherstel zijn niet meegenomen in deze studie. Gezien de leeftijd van het gebouw is asbest een beperkt risico, de verwijdering hiervan is niet meegenomen in het onderzoek.

# Bijlage 2 - Factsheet rijwoning gemiddelde tarieven

## Factsheet: Rijwoning Luijendijk-Zuid

| | |
|---|---|
| Type woning | Rijwoning gemiddelde tarieven |
| Bouwperiode | 2012 - 2020 |
| Bouwlagen | 3 |
| Aantal woningen | 1 |
| Gemiddelde oppervlakte per woning | 125 m2 |
| Isolatiegraad | Goed |

**Alle bedragen zijn inclusief btw**





De bovenstaande afbeeldingen zijn ter illustratie

Bouwkundig

| Bouwkundige concepten | Huidige situatie | Warmtenet ZLT met individuele wp [50°C] | Waterstofketel | Hybride WP + Waterstof | Luchtwater warmtepomp [50°C] | Bodem warmtepomp [50°C] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Isolatiemaatregelen | Geen | Geen | Geen | Geen | Vergaande maatregelen | Vergaande maatregelen |

Installatieconcepten

| Installatieconcepten | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Verwarmingssysteem: ruimteverwarming | Individuele gasketel | ZLT warmtenet met individuele warmtepomp | Individuele waterstofketel | Hybride luchtwarmtepomp | Individueel luchtwarmtepomp | Individueel bodemwarmtepomp |
| Verwarmingssysteem: warm tapwater | Individuele gasketel | ZLT warmtenet met individuele warmtepomp | Individuele waterstofketel | Individuele waterstofketel | Individueel luchtwarmtepomp | Individueel bodemwarmtepomp |
| Warmte-afgiftessyteem | Radiatoren | Convectoren | Aangepaste radiatoren | Convectoren | Convectoren | Convectoren |
| Ventilatie | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging |
| Koken | Gaskookplaat | Inductiekookplaat | Inductiekookplaat | Inductiekookplaat | Inductiekookplaat | Inductiekookplaat |
| **Investeringen** | | | | | | |
| Bijdrage Aansluitkosten (BAK) | € 0 | € 6.660 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Verwarmingssysteem | € 2.000 | € 9.440 | € 3.080 | € 10.230 | € 12.640 | € 18.630 |
| Aanpassing warmte-afgiftesysteem | € 0 | € 5.000 | € 350 | € 5.000 | € 5.000 | € 5.000 |
| Aanpassen ventilatiesysteem | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Elektrisch koken | € 0 | € 2.260 | € 2.260 | € 2.260 | € 2.260 | € 2.260 |
| **Subtotaal** | **€ 2.000** | **€ 23.360** | **€ 5.690** | **€ 17.490** | **€ 19.900** | **€ 25.890** |
| ISDE-subsidie (warmtepomp) | € 0 | -€ 1.900 | € 0 | -€ 1.900 | -€ 1.900 | -€ 1.900 |
| **Totale investering** | **€ 2.000** | **€ 21.460** | **€ 5.690** | **€ 15.590** | **€ 18.000** | **€ 23.990** |
| **Jaarlijks energieverbruik** | | | | | | |
| Vraag warmte [GJ] | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Verbruik aardgas [m3] | 1.160 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Externe warmtelevering [GJ] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Benodigde waterstof [kg] | 0 | 0 | 330 | 170 | 0 | 0 |
| Verbruik elektriciteit voor warme [kWh] | 0 | 2.420 | 0 | 1.390 | 3.040 | 2.420 |
| Verbruik elektriciteit overig [kWh] | 3.130 | 3.300 | 3.300 | 3.300 | 3.300 | 3.300 |
| CO2-uitstoot bij electriciteitsmix 2025 [kg] | 3.760 | 2.930 | 2.030 | 2.570 | 3.230 | 2.930 |
| CO2-reductie t.o.v. huidige situatie [%] | 0% | 22% | 46% | 32% | 14% | 22% |

Perspectief bewoner / eigenaar

| Jaarlasten | Huidige situatie | Warmtenet ZLT met individuele wp [50°C] | Waterstofketel | Hybride WP + Waterstof | Luchtwater warmtepomp [50°C] | Bodemwarmtepomp [50°C] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inkoop aardgas (variabel deel) | € 1.190 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Inkoop aardgas (vast deel) | € 250 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Inkoop waterstof (variabel deel) | € 0 | € 0 | € 3.270 | € 1.680 | € 0 | € 0 |
| Inkoop waterstof (vast deel) | € 0 | € 0 | € 250 | € 250 | € 0 | € 0 |
| Inkoop warmte (variabel deel) | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Inkoop warmte (vast deel) | € 0 | € 690 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Inkoop elektriciteit (variabel deel) | € 970 | € 1.670 | € 1.020 | € 1.390 | € 1.840 | € 1.670 |
| Inkoop elektriciteit (vast deel + teruggave energiebelasting) | -€ 130 | -€ 130 | -€ 130 | -€ 130 | -€ 130 | -€ 130 |
| Onderhoud en beheer installaties | € 140 | € 280 | € 220 | € 450 | € 280 | € 280 |
| **Totale jaarlasten** | **€ 2.420** | **€ 2.510** | **€ 4.630** | **€ 3.640** | **€ 1.990** | **€ 1.820** |
| **Total Cost of Ownership 30 jaar** | | | | | | |
| Aandeel investeringen, exclusief subsidies | € 2.000 | € 23.360 | € 5.690 | € 17.490 | € 19.900 | € 25.890 |
| Aandeel herinvesteringen na 15 jaar | € 1.720 | € 3.670 | € 2.660 | € 5.440 | € 4.320 | € 4.320 |
| Aandeel energie-, beheer-, onderhoudskosten | € 65.460 | € 64.980 | € 99.090 | € 83.700 | € 51.550 | € 47.180 |
| **TCO exclusief subsidies** | **€ 69.180** | **€ 92.010** | **€ 107.440** | **€ 106.630** | **€ 75.770** | **€ 77.390** |
| **TCO inclusief subsidies** | **€ 69.180** | **€ 90.110** | **€ 107.440** | **€ 104.730** | **€ 73.870** | **€ 75.490** |
| Verschil met huidige situatie | € 0 | -€ 20.930 | -€ 38.260 | -€ 35.550 | -€ 4.690 | -€ 6.310 |

Opmerkingen: de kosten voor tuinherstel zijn niet meegenomen in deze studie. Gezien de leeftijd van het gebouw is asbest een beperkt risico, de verwijdering hiervan is niet meegenomen in het onderzoek.

# Bijlage 3 - Factsheet appartement tarieven 2021

## Factsheet: appartement Luijendijk-Zuid

| | |
|---|---|
| Type woning | Appartement tarieven 2021 |
| Bouwperiode | 2012 - 2020 |
| Bouwlagen | 3 |
| Aantal woningen | 1 |
| Gemiddelde oppervlakte per woning | 70 m2 |
| Isolatiegraad | Goed |

**Alle bedragen zijn inclusief btw**





De bovenstaande afbeeldingen zijn ter illustratie

### Bouwkundig

| Bouwkundige concepten | Huidige situatie | Warmtenet ZLT met individuele wp [50°C] | Waterstofketel | Hybride WP + Waterstof | Luchtwater warmtepomp [50°C] | Bodemwarmtepomp [50°C] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Isolatiemaatregelen | Geen | Geen | Geen | Geen | Vergaande maatregelen | Vergaande maatregelen |

### Installatieconcepten

| Installatieconcepten | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Verwarmingssysteem: ruimteverwarming | Individuele gasketel | ZLT warmtenet met individuele warmtepomp | Individuele waterstofketel | Hybride luchtwarmtepomp | Individueel luchtwarmtepomp | Individueel bodemwarmtepomp |
| Verwarmingssysteem: warm tapwater | Individuele gasketel | ZLT warmtenet met individuele warmtepomp | Individuele waterstofketel | Individuele waterstofketel | Individueel luchtwarmtepomp | Individueel bodemwarmtepomp |
| Warmte-afgiftessyteem | Radiatoren | Convectoren | Aangepaste radiatoren | Convectoren | Convectoren | Convectoren |
| Ventilatie | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging |
| Koken | Gaskookplaat | Inductiekookplaat | Inductiekookplaat | Inductiekookplaat | Inductiekookplaat | Inductiekookplaat |

### Perspectief bewoner / eigenaar

| Investeringen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bijdrage Aansluitkosten (BAK) | € 0 | € 6.660 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Verwarmingssysteem | € 2.000 | € 8.650 | € 3.080 | € 10.230 | € 9.980 | € 15.970 |
| Aanpassing warmte-afgiftesysteem | € 0 | € 5.000 | € 350 | € 5.000 | € 5.000 | € 5.000 |
| Aanpassen ventilatiesysteem | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Elektrisch koken | € 0 | € 2.260 | € 2.260 | € 2.260 | € 2.260 | € 2.260 |
| **Subtotaal** | **€ 2.000** | **€ 22.570** | **€ 5.690** | **€ 17.490** | **€ 17.240** | **€ 23.230** |
| ISDE-subsidie (warmtepomp) | € 0 | -€ 1.900 | € 0 | -€ 1.900 | -€ 1.900 | -€ 1.900 |
| **Totale investering** | **€ 2.000** | **€ 20.670** | **€ 5.690** | **€ 15.590** | **€ 15.340** | **€ 21.330** |
| **Jaarlijks energieverbruik** | | | | | | |
| Vraag warmte [GJ] | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 |
| Verbruik aardgas [m3] | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Externe warmtelevering [GJ] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Benodigde waterstof [kg] | 0 | 0 | 220 | 140 | 0 | 0 |
| Verbruik elektriciteit voor warmte [kWh] | 0 | 1.780 | 0 | 760 | 2.230 | 1.780 |
| Verbruik elektriciteit overig [kWh] | 3.130 | 3.300 | 3.300 | 3.300 | 3.300 | 3.300 |
| CO2-uitstoot bij electriciteitsmix 2025 [kg] | 3.120 | 2.630 | 1.950 | 2.250 | 2.840 | 2.630 |
| CO2-reductie t.o.v. huidige situatie [%] | 0% | 16% | 38% | 28% | 9% | 16% |

| Jaarlasten | Huidige situatie | Warmtenet ZLT met individuele wp [50°C] | Waterstofketel | Hybride WP + Waterstof | Luchtwater warmtepomp [50°C] | Bodemwarmtepomp [50°C] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inkoop aardgas (variabel deel) | € 1.300 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Inkoop aardgas (vast deel) | € 250 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Inkoop waterstof (variabel deel) | € 0 | € 0 | € 2.240 | € 1.370 | € 0 | € 0 |
| Inkoop waterstof (vast deel) | € 0 | € 0 | € 250 | € 250 | € 0 | € 0 |
| Inkoop warmte (variabel deel) | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Inkoop warmte (vast deel) | € 0 | € 690 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Inkoop elektriciteit (variabel deel) | € 1.190 | € 1.830 | € 1.240 | € 1.500 | € 1.980 | € 1.830 |
| Inkoop elektriciteit (vast deel + teruggave energiebelasting) | -€ 130 | -€ 130 | -€ 130 | -€ 130 | -€ 130 | -€ 130 |
| Onderhoud en beheer installaties | € 140 | € 280 | € 220 | € 450 | € 280 | € 280 |
| **Totale jaarlasten** | **€ 2.750** | **€ 2.670** | **€ 3.820** | **€ 3.440** | **€ 2.130** | **€ 1.980** |
| **Total Cost of Ownership 30 jaar** | | | | | | |
| Aandeel investeringen, exclusief subsidies | € 2.000 | € 22.570 | € 5.690 | € 17.490 | € 17.240 | € 23.230 |
| Aandeel herinvesteringen na 15 jaar | € 1.720 | € 3.670 | € 2.660 | € 5.440 | € 4.320 | € 4.320 |
| Aandeel energie-, beheer-, onderhoudskosten | € 74.160 | € 69.120 | € 84.820 | € 80.300 | € 55.220 | € 51.320 |
| **TCO exclusief subsidies** | **€ 77.880** | **€ 95.360** | **€ 93.170** | **€ 103.230** | **€ 76.780** | **€ 78.870** |
| **TCO inclusief subsidies** | **€ 77.880** | **€ 93.460** | **€ 93.170** | **€ 101.330** | **€ 74.880** | **€ 76.970** |
| Verschil met huidige situatie | € 0 | -€ 15.580 | -€ 15.290 | -€ 23.450 | € 3.000 | € 910 |

Opmerkingen: de kosten voor tuinherstel zijn niet meegenomen in deze studie. Gezien de leeftijd van het gebouw is asbest een beperkt risico, de verwijdering hiervan is niet meegenomen in het onderzoek.

# Bijlage 4 - Factsheet appartement gemiddelde tarieven

## Factsheet: Appartement Luijendijk-Zuid

| | |
|---|---|
| Type woning | Appartement gemiddelde tarieven |
| Bouwperiode | 2012 - 2020 |
| Bouwlagen | 3 |
| Aantal woningen | 1 |
| Gemiddelde oppervlakte per woning | 70 m2 |
| Isolatiegraad | Goed |

**Alle bedragen zijn inclusief btw**





De bovenstaande afbeeldingen zijn ter illustratie

Bouwkundig

| Bouwkundige concepten | Huidige situatie | Warmtenet ZLT met individuele wp [50°C] | Waterstofketel | Hybride WP + Waterstof | Luchtwater warmtepomp [50°C] | Bodemwarmtepomp [50°C] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Isolatiemaatregelen | Geen | Geen | Geen | Geen | Vergaande maatregelen | Vergaande maatregelen |

Installatieconcepten

| Installatieconcepten | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Verwarmingssysteem: ruimteverwarming | Individuele gasketel | ZLT warmtenet met individuele warmtepomp | Individuele waterstofketel | Hybride luchtwarmtepomp | Individueel luchtwarmtepomp | Individueel bodemwarmtepomp |
| Verwarmingssysteem: warm tapwater | Individuele gasketel | ZLT warmtenet met individuele warmtepomp | Individuele waterstofketel | Individuele waterstofketel | Individueel luchtwarmtepomp | Individueel bodemwarmtepomp |
| Warmte-afgiftessyteem | Radiatoren | Convectoren | Aangepaste radiatoren | Convectoren | Convectoren | Convectoren |
| Ventilatie | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging | Mechanische afzuiging |
| Koken | Gaskookplaat | Inductiekookplaat | Inductiekookplaat | Inductiekookplaat | Inductiekookplaat | Inductiekookplaat |
| **Investeringen** | | | | | | |
| Bijdrage Aansluitkosten (BAK) | € 0 | € 6.660 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Verwarmingssysteem | € 2.000 | € 8.650 | € 3.080 | € 10.230 | € 9.980 | € 15.970 |
| Aanpassing warmte-afgiftesysteem | € 0 | € 5.000 | € 350 | € 5.000 | € 5.000 | € 5.000 |
| Aanpassen ventilatiesysteem | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Elektrisch koken | € 0 | € 2.260 | € 2.260 | € 2.260 | € 2.260 | € 2.260 |
| **Subtotaal** | **€ 2.000** | **€ 22.570** | **€ 5.690** | **€ 17.490** | **€ 17.240** | **€ 23.230** |
| ISDE-subsidie (warmtepomp) | € 0 | -€ 1.900 | € 0 | -€ 1.900 | -€ 1.900 | -€ 1.900 |
| **Totale investering** | **€ 2.000** | **€ 20.670** | **€ 5.690** | **€ 15.590** | **€ 15.340** | **€ 21.330** |
| **Jaarlijks energieverbruik** | | | | | | |
| Vraag warmte [GJ] | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 |
| Verbruik aardgas [m3] | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Externe warmtelevering [GJ] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Benodigde waterstof [kg] | 0 | 0 | 220 | 140 | 0 | 0 |
| Verbruik elektriciteit voor warmte [kWh] | 0 | 1.780 | 0 | 760 | 2.230 | 1.780 |
| Verbruik elektriciteit overig [kWh] | 3.130 | 3.300 | 3.300 | 3.300 | 3.300 | 3.300 |
| CO2-uitstoot bij electriciteitsmix 2025 [kg] | 3.120 | 2.630 | 1.950 | 2.250 | 2.840 | 2.630 |
| CO2-reductie t.o.v. huidige situatie [%] | 0% | 16% | 38% | 28% | 9% | 16% |

Perspectief bewoner / eigenaar

| Jaarlasten | Huidige situatie | Warmtenet ZLT met individuele wp [50°C] | Waterstofketel | Hybride WP + Waterstof | Luchtwater warmtepomp [50°C] | Bodemwarmtepomp [50°C] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Inkoop aardgas (variabel deel) | € 820 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Inkoop aardgas (vast deel) | € 250 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Inkoop waterstof (variabel deel) | € 0 | € 0 | € 2.240 | € 1.370 | € 0 | € 0 |
| Inkoop waterstof (vast deel) | € 0 | € 0 | € 250 | € 250 | € 0 | € 0 |
| Inkoop warmte (variabel deel) | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Inkoop warmte (vast deel) | € 0 | € 690 | € 0 | € 0 | € 0 | € 0 |
| Inkoop elektriciteit (variabel deel) | € 970 | € 1.500 | € 1.020 | € 1.220 | € 1.620 | € 1.500 |
| Inkoop elektriciteit (vast deel + teruggave energiebelasting) | -€ 130 | -€ 130 | -€ 130 | -€ 130 | -€ 130 | -€ 130 |
| Onderhoud en beheer installaties | € 140 | € 280 | € 220 | € 450 | € 280 | € 280 |
| **Totale jaarlasten** | **€ 2.050** | **€ 2.340** | **€ 3.600** | **€ 3.160** | **€ 1.770** | **€ 1.650** |
| **Total Cost of Ownership 30 jaar** | | | | | | |
| Aandeel investeringen, exclusief subsidies | € 2.000 | € 22.570 | € 5.690 | € 17.490 | € 17.240 | € 23.230 |
| Aandeel herinvesteringen na 15 jaar | € 1.720 | € 3.670 | € 2.660 | € 5.440 | € 4.320 | € 4.320 |
| Aandeel energie-, beheer-, onderhoudskosten | € 55.150 | € 60.470 | € 78.940 | € 73.240 | € 45.850 | € 42.660 |
| **TCO exclusief subsidies** | **€ 58.870** | **€ 86.710** | **€ 87.290** | **€ 96.170** | **€ 67.410** | **€ 70.210** |
| **TCO inclusief subsidies** | **€ 58.870** | **€ 84.810** | **€ 87.290** | **€ 94.270** | **€ 65.510** | **€ 68.310** |
| Verschil met huidige situatie | € 0 | -€ 25.940 | -€ 28.420 | -€ 35.400 | -€ 6.640 | -€ 9.440 |

Opmerkingen: de kosten voor tuinherstel zijn niet meegenomen in deze studie. Gezien de leeftijd van het gebouw is asbest een beperkt risico, de verwijdering hiervan is niet meegenomen in het onderzoek.