



# Businesscase Hengstdal all electric

Totale kosten en opbrengsten voor  
de stakeholders



*Committed to the Environment*

# Businesscase Hengstdal all electric

## Totale kosten en opbrengsten voor de stakeholders

Dit rapport is geschreven door:  
Katja Kruit, Stefanie van de Water en Benno Schepers

Delft, CE Delft, maart 2019

Publicatienummer: 19.3K87.049

Opdrachtgever: Gemeente Nijmegen

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Benno Schepers (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

### CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



# Inhoud

|   |   |    |
|---|---|----|
|   | Inleiding                               | 3  |
| 1 | Wijkomschrijving                        | 4  |
| 2 | Woningcategorieën                       | 6  |
|   | 2.1 Rijwoningen gebouwd vóór 1920       | 6  |
|   | 2.2 Rijwoningen uit de jaren '30        | 7  |
|   | 2.3 Naoorlogse rijwoningen              | 8  |
|   | 2.4 Maisonnettewoning jaren '30         | 8  |
|   | 2.5 Appartement jaren '50               | 9  |
| 3 | Aanpassingen voor all electric          | 11 |
|   | 3.1 Installaties                        | 11 |
|   | 3.2 Isolatie                            | 12 |
|   | 3.3 Infrastructuur                      | 12 |
| 4 | Businesscase en onrendabele top         | 15 |
|   | 4.1 Belangrijkste inputwaarden          | 15 |
|   | 4.2 Uitkomst businesscase               | 15 |
|   | 4.3 Gevoeligheidsanalyse                | 16 |
| 5 | Referenties                             | 17 |
| A | Toelichting berekeningen                | 18 |
| B | Input experts en stakeholders           | 24 |
|   | B.1 Woningcorporaties                   | 24 |
|   | B.2 BDH                                 | 24 |
|   | B.3 Bewonersgroep Aardgasvrij Hengstdal | 30 |
|   | B.4 Loket Duurzaam Wonen                | 32 |
|   | B.5 Netbeheerder (Liander)              | 34 |

# Inleiding

De gemeente Nijmegen heeft de ambitie om in 2045 aardgasvrij te zijn. Om dat te bereiken werkt de gemeente Nijmegen samen met woningcorporaties, de netbeheerder, warmte-bedrijven en bewoners om bestaande woonwijken van het gas af te krijgen. De wijk Hengstdal is, samen met Bottendaal en Zwanenveld, één van de eerste wijken die aardgasvrij wordt.

De gemeente Nijmegen heeft CE Delft gevraagd een businesscase op te stellen voor een all electric-oplossing voor vijf woningtypen en de infrastructuur in Hengstdal.

In dit rapport zijn de investeringen en de maandlasten berekend voor een elektrische warmtepomp en de nodige woningaanpassingen. Dit is gedaan voor vijf veel voorkomende woningtypen in Hengstdal: een rijwoning gebouwd vóór 1920; een rijwoning uit de jaren '30; een bovenwoning (maisonnette) uit de jaren '30, een naoorlogse rijwoning en een appartement uit de jaren '50. Daarnaast zijn de kosten en baten voor de netbeheerder berekend.

In Hoofdstuk 2 is de keuze voor woningtypen toegelicht. In Hoofdstuk 3 is uitgelegd welke aanpassingen nodig zijn. Tot slot wordt in Hoofdstuk 4 de berekening toegelicht.

In de praktijk kunnen de kosten afwijken van wat we hier hebben berekend. De kosten hangen af van de specifieke situatie, zoals de grootte van de woning, of er ruimte is voor het opstellen van de warmtepomp, het werkelijke energieverbruik en de isolatiemaatregelen die mogelijk zijn in de woning. Met deze berekeningen proberen wij toch inzicht te geven in welke veranderingen nodig zijn voor de transitie naar aardgasvrij verwarmen en wat voor kosten dit met zich meebrengt.

# 1 Wijkomschrijving

De wijk Hengstdal bestaat ruwweg de woningen tussen de Postweg en de Berg en Dalseweg/Tooropstraat. Daarnaast behoort een deel van de woningen ten noorden van de berg en Dalseweg, gebouwd na 2000, ook tot de wijk Hengstdal. Hengstdal is een zeer gemêleerde wijk en in de wijk staan veel oude woningen. De meeste woningen stammen uit 1900-1965, tussen 1990 en 2010 zijn ook woningen gebouwd rondom de kazerne en ten noorden van de Berg en Dalseweg. Een groot deel van de wijk is beschermd stadsgezicht.

Figuur 1 - Bouwperiode van de gebouwen in de buurt Hengstdal



Bron: BAG.

Een klein deel van de wijk (Limos) is aangesloten op een stadsverwarming. Dit betreft de kazerne, gerenoveerd in 2005 en de omliggende woningen en appartementen die in die tijd zijn gebouwd (Molenveldlaan en Wachterslaan). De woningen in de Limos-wijk zijn voor deze businesscase buiten beschouwing gelaten.

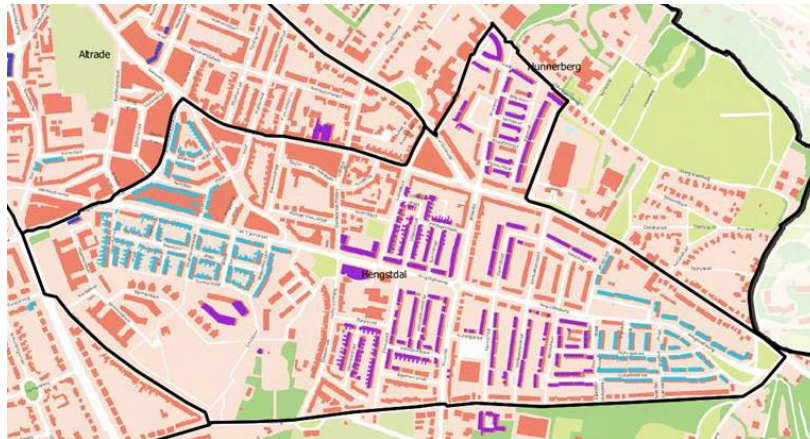
## Resultaten warmteanalyse 2016

In de warmteanalyse die CE Delft in 2016 heeft gedaan voor de gemeente Nijmegen heeft een warmtenet voor Hengstdal als buurt gemiddeld de laagste kosten in de gehele keten (productie, transport, besparing, gebruik). Echter, er is onvoldoende restwarmte beschikbaar om alle wijken in Nijmegen waarvoor dit het goedkoopst zou zijn, van warmte te voorzien. Voor Hengstdal heeft de gemeente toen geconcludeerd dat de buurt te ver ligt van het bestaande warmtenet om erop aan te sluiten. Na restwarmte is groengas de goedkoopste warmtevoorziening, maar ook daarvan is naar verwachting onvoldoende beschikbaar. Daarom is all electric voor Hengstdal uit deze analyse gekomen als de goedkoopste optie, ook al is deze voor de veelal oudere woningen echter relatief duur en ingrijpend.

## Corporatiebezit

Hengstdal heeft relatief veel corporatiebezit (55%). Dat is in handen van woningcorporatie De Gemeenschap en Standvast Wonen.

Figuur 2 - Woningbestand woningbouwcorporaties





## 2 Woningcategorieën

Voor vijf woningcategorieën zijn de kosten om van het gas af te gaan berekend. De gekozen typen woningen moeten representatief zijn voor de wijk Hengstdal. Wij hebben daarom in overleg met bewoners en de gemeente Nijmegen gekozen voor de volgende vijf categorieën:

- **Rijwoningen gebouwd vóór 1920:**  
In de wijk Hengstdal staan veel woningen die gebouwd zijn voor 1920. Dit type woning vindt men op verschillende plaatsen in de wijk, onder andere in de Paulus Potterstraat, de Postdwarweg, Berganiusstraat en de Dommer van Poldersveldweg. Rondom de Sweelinckstraat zijn corporatiewoningen van dit type.
- **Rijwoningen uit de jaren '30:**  
In de wijk Hengstdal staan ook veel woningen uit de jaren '30. Deze woningen zijn onder andere gebouwd aan de Cederstraat, Acaciastraat, Paulus Potterstraat, Tooropstraat en Broerdijk. Dit zijn zowel particuliere woningen als corporatiewoningen (bijvoorbeeld rond de Pijnboomstraat en Amandelboomstraat).
- **Naoorlogse rijwoningen:**  
In de wijk Hengstdal staan ook naoorlogse woningen. Onder andere aan de Postweg en de Ahornstraat staan rijwoningen die gebouwd zijn eind jaren '40/begin jaren '50. Daarnaast zijn enkele woningen tijdens de oorlog gebouwd, begin jaren '40. Dit zijn in de meeste gevallen rijwoningen.
- **Bovenwoning (maisonnette) uit de jaren '30:**  
Aan de Hengstdalseweg, Broerdijk en Daalseweg staan boven- en benedenwoningen gebouwd tussen 1929 en 1934. De bovenste woning (maisonnettevoning) heeft meestal twee woonlagen, een schuin dak en een dakkapel. Dit zijn veelal corporatiewoningen.
- **Appartement uit de jaren '50;**  
Aan en rondom de Cipresstraat, Olijfwilgstraat en Lijsterbesstraat staan appartementencomplexen uit de jaren '51-53. Dit zijn ook veelal corporatiewoningen.

### 2.1 Rijwoningen gebouwd vóór 1920

In de wijk Hengstdal staan veel woningen die gebouwd zijn vóór 1920. Deze woningen hebben geen spouwmuur, zijn vaak beschermd stadsgezicht en hebben een laag energielabel. Woningeigenaren hebben soms dakisolatie aangebracht en enkelglas geheel of gedeeltelijk laten vervangen door dubbelglas.

Figuur 3 - Woningen Paulus Potterstraat



In praktijk zal de grootte van deze woningen, het isolatieniveau en overige kenmerken verschillen. Om een kosteninschatting te kunnen maken, is het echter noodzakelijk bepaalde eigenschappen vast te leggen. In de kosteninschatting gaan wij daarom van de volgende kenmerken uit.

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <i>Type:</i>                | Tussenwoning   |
| <i>Bouwjaar:</i>            | Vóór 1920  |
| <i>Woonoppervlak:</i>       | 100 m <sup>2</sup>   |
| <i>Huidig energielabel:</i> | G (op basis van RVO-woningcategorieën)   |
| <i>Relevante kenmerken:</i> | Enkelsteens (geen spouw), beschermd stadsgezicht, geen toegankelijke kruipruimte |
| <i>Overige kenmerken:</i>   | Enkelglas, kleine bovenverdieping, geen ruime tuin                               |

## 2.2 Rijwoningen uit de jaren '30

In de wijk Hengstdal staan veel woningen uit de jaren '30. Deze woningen zijn onder andere gebouwd aan de Cederstraat, Acaciastraat, Paulus Potterstraat, Tooropstraat en Broerdijk. Dit zijn zowel rijwoningen, appartementen, boven en benedenwoningen met een woonoppervlakte veelal rond de 100 m<sup>2</sup>.

Figuur 4 - Woningen aan de Acaciastraat



In praktijk verschilt de grootte van deze woningen, het isolatieniveau en overige kenmerken. Om een kosteninschatting te kunnen maken, is het echter noodzakelijk bepaalde eigenschappen vast te leggen. In de kosteninschatting gaan wij van de volgende kenmerken uit.

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <i>Type:</i>                | Tussenwoning  |
| <i>Bouwjaar:</i>            | Jaren '30   |
| <i>Woonoppervlak:</i>       | 100 m <sup>2</sup>  |
| <i>Huidig energielabel:</i> | G (op basis van RVO-voorbeeldwoningen)  |
| <i>Relevante kenmerken:</i> | Kleine spouw, toegankelijke kruipruimte, relatief ruime voortuin <sup>1</sup> |
| <i>Overig:</i>              | Voornamelijk enkelglas  |

<sup>1</sup> Dit is relevant vanwege de keuze voor een warmtepomp. Wij nemen aan dat de tuin voldoende ruim is voor een bodemwarmtepomp.



## 2.3 Naoorlogse rijwoningen

In de wijk Hengstdal staan ook naoorlogse woningen. Onder andere aan de Postweg en de Ahornstraat staan rijwoningen die gebouwd zijn eind jaren '40 en begin jaren 50. Daarnaast zijn enkele woningen tijdens de oorlog gebouwd, begin jaren 40. De woningoppervlakte varieert tussen de 70 m<sup>2</sup> en de 135 m<sup>2</sup>.

Figuur 5 - Woningen aan de Postweg



In praktijk verschilt de grootte van deze woningen, het isolatieniveau en overige kenmerken dus. Om een kosteninschatting te kunnen maken, is het echter noodzakelijk bepaalde eigenschappen vast te leggen. In de kosteninschatting gaan wij van de volgende kenmerken uit.

|                      |   |
|----------------------|---|
| Type:                | Tussenwoning  |
| Bouwjaar:            | Tussen 1940 en 1960   |
| Woonoppervlak:       | 135 m <sup>2</sup>  |
| Huidig energielabel: | F   |
| Relevante kenmerken: | Ruimere spouw, toegankelijke kruipruimte, relatief ruime voor- of achtertuin <sup>2</sup> |
| Overige kenmerken:   | Voornamelijk enkelglas  |

## 2.4 Maisonnettewoning jaren '30

Aan de Hengstdalseweg, Broerdijk en Daalseweg staan boven- en benedenwoningen gebouwd tussen 1929 en 1934. Omdat de bovenwoning geen toegang heeft tot de tuin om een warmtepomp te plaatsen, is ervoor gekozen om dit type uit te werken in de business-case. De buitenunit van de warmtepomp zou aan de achterzijde van de gevel of op de dakopbouw kunnen worden geplaatst.

De bovenste woning (maisonnettewoning) heeft meestal twee woonlagen. Er zijn veel corporatiewoningen, maar ook particuliere woningen van dit type. De woningoppervlakte varieert tussen de 90 m<sup>2</sup> en de 130 m<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Dit is relevant vanwege de keuze voor een warmtepomp. Wij nemen aan dat de tuin voldoende ruim is voor een bodemwarmtepomp.

Figuur 6 - Woningen aan de Hengstdalseweg



Bron: Google Street View.

In praktijk verschilt de grootte van deze woningen, het isolatieniveau en overige kenmerken dus. Om een kosteninschatting te kunnen maken, is het echter noodzakelijk bepaalde eigenschappen vast te leggen. In de kosteninschatting gaan wij van de volgende kenmerken uit.

|                      |  |
|----------------------|--|
| Type:                | Maisonnettewoning  |
| Bouwjaar:            | Tussen 1929 en 1934  |
| Woonoppervlak:       | 100 m <sup>2</sup>   |
| Huidig energielabel: | G (op basis van RVO-voorbeeldwoningen)                           |
| Relevante kenmerken: | Ruimere spouw, geen kruipruimte, geen tuin, schuin dak, dakkapel |
| Overig:              | Voornamelijk enkelglas   |

## 2.5 Appartement jaren '50

Aan en rondom de Cipresstraat, Olijfwilgstraat en Lijsterbesstraat staan appartementencomplexen uit de jaren '51-53. Dit zijn ook veelal corporatiewoningen. Dit zijn kleine appartementen; de woningoppervlakte varieert tussen de 50 m<sup>2</sup> en de 60 m<sup>2</sup>.

Figuur 7 - Appartementen aan de Cipresstraat



Bron: Google Street View.

In praktijk verschilt de grootte van deze woningen, het isolatieniveau en overige kenmerken dus. Om een kosteninschatting te kunnen maken, is het echter noodzakelijk bepaalde eigenschappen vast te leggen. In de kosteninschatting gaan wij van de volgende kenmerken uit.

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <i>Type:</i>                | RVO-type Portiekwoning                              |
| <i>Bouwjaar:</i>            | Tussen 1951 en 1953                                 |
| <i>Woonoppervlak:</i>       | 55 m <sup>2</sup>                                   |
| <i>Huidig energielabel:</i> | E (op basis van RVO-voorbeeldwoningen)              |
| <i>Relevante kenmerken:</i> | Ruimere spouw, toegankelijke kruipruimte, geen tuin |
| <i>Overig:</i>              | Voornamelijk enkelglas                              |

## 3 Aanpassingen voor all electric

In deze businesscase worden de kosten voor een volledig elektrische (all electric) warmtevoorziening berekend. Het is nodig een aantal aanpassingen aan de woning te doen om de woning gasloos te maken. In dit hoofdstuk zijn de technieken uitgelegd en de benodigde aanpassingen beschreven.

In Bijlage A zijn de woningkenmerken, aanpassingen en kosten in detail toegelicht. In Bijlage B zijn de aanvullingen en opmerkingen opgenomen die de geraadpleegde stakeholders en experts hebben ingebracht en hoe deze zijn verwerkt in de berekeningen.

### 3.1 Installaties

Nederlandse huishoudens gebruiken gas om hun woning te verwarmen en om te koken. Om elektrisch te verwarmen en koken moeten naast de installatie van een warmtepomp en inductiekookplaat ook de radiatoren vervangen worden en de aansluitingen voor elektriciteit en gas aangepast worden:

- *Installeren warmtepomp en eventueel elektrische boiler*  
Om een woning elektrisch te verwarmen is in de berekeningen uitgegaan van een warmtepomp, omdat dit de meest energiezuinige optie is. Alternatieven zijn elektrische weerstandsverwarming of infraroodpanelen. Een warmtepomp produceert warm water met behulp van elektriciteit en omgevingswarmte uit bijvoorbeeld de lucht (lucht-warmtepomp) of de grond (bodemwarmtepomp). Een bodemwarmtepomp kan alleen toegepast worden als het perceel van de woning voldoende groot is. Daarom is in de berekeningen uitgegaan van een luchtwarmtepomp. Een warmtepomp heeft ongeveer het formaat van een koelkast en maakt geluid. Daarom is de opstelling van de warmtepomp een aandachtspunt. De warmtepomp kan voor warm tapwater zorgen (combiwarmtepomp), maar hiervoor kan ook een elektrische boiler geïnstalleerd worden. In de berekening wordt uitgegaan van een combiwarmtepomp.
- *Vervangen radiatoren*  
Wanneer een warmtepomp geïnstalleerd wordt, moeten ook de radiatoren vervangen worden. Een warmtepomp verwarmt water meestal tussen de 35°C en 55°C. De aanvoertemperatuur van een HR-ketel is hoger dan 60°C. De huidige radiatoren zijn niet geschikt, omdat het oppervlakte te klein is om bij een temperatuur tussen 35°C en 55°C voldoende warmte af te geven. Daarom moeten de huidige radiatoren vervangen worden door radiatoren met een groter afgifteoppervlak.
- *Elektrisch koken*  
Om elektrisch te koken is in de berekeningen uitgegaan van een inductiekookplaat. Er zijn verschillende alternatieven om elektrisch te koken: inductie, elektrisch, keramisch en halogeen. Een elektrische kookplaat is in de aanschaf goedkoper dan een inductiekookplaat, maar een inductiekookplaat is energiezuiniger. Daarnaast koelt een inductiekookplaat sneller af na gebruik: dat is veiliger. Naast de installatie van de kookplaat, moet mogelijk ook een extra groep in de meterkast gemaakt worden. Bewoners moeten mogelijk een nieuwe pannenset aanschaffen, als hun huidige pannenset niet geschikt is voor inductie.
- *Vergroten elektriciteitsaansluiting*  
De warmtepomp zorgt voor een groter elektriciteitsverbruik op bepaalde momenten van de dag. Daarom moet de elektriciteitsaansluiting voldoende capaciteit hebben (drie fasen, 3 x 25 A). In de meeste woningen is dit al het geval. In een klein deel van de



woningen is nog een 1 fase-aansluiting aanwezig. Daar moet de netbeheerder een 3 fase-aansluiting aanbrengen.

- *Verwijderen gasaansluiting*

De gasaansluiting moet verwijderd worden. Dit doet de regionale netbeheerder.

## 3.2 Isolatie

Voor een comfortabel binnenklimaat is het noodzakelijk de woning te isoleren tot ten minste label B. Het vermogen van de warmtepomp, in combinatie met de lage temperatuur radiatoren, is namelijk lager dan dat van een gasgestookte CV-installatie. Daarnaast wordt het energieverbruik hiermee verder teruggebracht en daalt daardoor de energierekening.

Daarvoor zijn de volgende opties:

- *Vloerisolatie*

Als de woning een begaanbare kruipruimte heeft, kan de vloer van de begane grond aan de onderzijde geïsoleerd worden. Oudere woningen hebben niet altijd een begaanbare kruipruimte. Dan moet de vloer aan de bovenzijde geïsoleerd worden. Dit is veel ingrijpender. Deuren moeten ingekort worden, het aanrecht en eventueel het toilet verhoogd en de vloer moet opnieuw gelegd worden.

- *Gevelisolatie*

Indien de woning een voldoende brede spouw heeft, dan zou de spouw gevuld worden met isolatiemateriaal. Indien de woning geen spouw heeft kan de gevel aan de binnen- of buitenzijde geïsoleerd worden. Indien de woning een karakteristieke uitstraling heeft, of beschermd stadsgezicht is, heeft het de voorkeur de gevel aan de binnenzijde te isoleren. Daarmee verliest de woning ruimte, maar de karakteristieke uitstraling van de woning blijft behouden.

- *Glasisolatie*

Om glasoppervlakken te isoleren zijn er verschillende opties. Enkel- of dubbelglas kan vervangen worden door HR++ dubbelglas of zelfs triple (driedubbel) glas. Voor monumenten en woningen die onderdeel zijn van beschermd stadsgezicht, zijn deze opties niet zondermeer toegestaan en zijn monumentenglas of voorzetramen een alternatief.

- *Dakisolatie*

Schuine daken worden veelal aan de binnenzijde geïsoleerd. Voor platte daken zijn er drie methoden om te isoleren: koud plat dak, warm plat dak en omgekeerd plat dak. Welke van deze drie opties het meest geschikt is, verschilt per woning.

Het energiegebruik na isolatie is ingeschat op basis van praktijkgegevens van Liander. Als er verder geïsoleerd zou worden (tot label A) zouden de investeringskosten hoger zijn, maar zou er ook meer bespaard worden op de energierekening.

## 3.3 Infrastructuur

Om de infrastructuur aan te passen aan een all electric-situatie is een aantal ingrepen nodig:

- *Amovering of vervanging en afschrijving gasnet*

Voor een all electric-oplossing moet het gasnet worden verwijderd (amovering). Er wordt van uitgegaan dat dit in één keer gebeurt. Voor de gasreferentie is aangenomen dat de gasaansluitingen en het gehele gasnet in Hengstdal in één keer vervangen wordt. De status van het gasnet varieert erg in Hengstdal. Een deel van het gasnet is aangelegd vóór 1975 en moet worden vervangen bij werkzaamheden in de ondergrond (grondroeringsgevoelige leidingen). In een deel van Hengstdal is het gasnet daartegen relatief nieuw. De vervroegde afschrijving wordt niet meegenomen.



- *Verzwarend LS-net*  
Het laagspanningsnet moet worden verzwakt om de extra capaciteitsvraag van warmtepompen aan te kunnen. De benodigde verzwakking is berekend op basis van een extra benodigde capaciteit van 2 kW per woning (inclusief gelijktijdigheid).
- *Verzwarend middenspanningsruimte (MSR)*  
Als de gehele buurt all electric wordt, moet waarschijnlijk ook de middenspanningsruimte worden verzwakt. Dit kan zowel binnen de buurt zijn als daarbuiten, afhankelijk van de configuratie van het net. In de businesscase is dit niet additioneel meegenomen omdat hier geen algemene kentallen voor zijn.
- *Verzwarend middenspanningsringen (MS-leidingen)*  
Bij extra belasting van de middenspanningsruimte is het ook mogelijk dat de middenspanningsringen (MS-leidingen) moeten worden verzwakt. Dit is zeer afhankelijk van het ontwerp van het net en de belasting in de buurt en de omringende buurten. Daarom is dit hier niet meegenomen in de businesscase.
- *Verzwarend onderstations (MS → HS)*  
Net als de MS-leidingen zullen ook mogelijk de onderstations moeten worden verzwakt. Dit is hier niet meegenomen.

## Vergelijking met kosteninschatting Liander

Liander heeft zelf ook een kosteninschatting gemaakt met behulp van hun eigen rekentool. De resultaten worden vergeleken in Tabel 1. Er zijn enkele verschillen tussen de berekening van Liander en de hier gemaakte berekening. In de rekentool van Liander worden werkelijke kabellengtes en belastingen van transformatorstations meegenomen. In hun berekening is daarnaast uitgegaan van een extra benodigde capaciteit van 1,5 kW per woning. In deze businesscase is dat 2 kW. Ten slotte rekent Liander enkel met de kosten van de leidingen die daadwerkelijk moeten worden vervangen.

De kosten voor het vernieuwen van het LS-net vallen in de berekening van Liander een stuk lager uit. Dit zou verklaard kunnen worden door de bovengenoemde verschillen in de berekening. In het algemeen kan gesteld worden dat de verschillen tussen de berekende waarden en de waarden uit de tool van Liander een bandbreedte aangeven in de kosten voor de infrastructuur.

Tabel 1 - Kosten voor infrastructuur in deze businesscase en in de tool van Liander

| Situatie      | Kostenpost   | Businesscase<br>(miljoen €) | Liander<br>(miljoen €)                                    |
|---------------|--|-----------------------------|---|
| Gasreferentie | Vervangen gasaansluiting                             | 1,7                         | Geen onderdeel van berekening                             |
|               | Vervangen van oude leidingen                         | 4,4                         | 4 (lange termijn)   |
|               | Vervangen van risicoleidingen                        | -                           | 0,6 (korte termijn)                                       |
|               | <b>Totaal</b>  | <b>6,1</b>                  | <b>4,6</b>  |
| All electric  | Verwijderen gasaansluitingen                         | 1,3                         | Geen onderdeel van berekening                             |
|               | Verwijderen gasnet                                   | 2,6                         | 1,2   |
|               | Vervangingskosten overbelaste MSRs (in de wijk zelf) | -                           | 1,3   |
|               | Kosten te vernieuwen LS-net                          | 7,0                         | 1,3   |
|               | Kosten verzwaken MS-ringen                           | -                           | Zelfde orde grootte als LS-net en MSR (ca. € 2,5 miljoen) |
|               | <b>Totaal</b>  | <b>10,9</b>                 | <b>3,8 + kosten MS-ringen</b>                             |



## Overige opmerkingen

In de huidige situatie dekken de tarieven gemiddeld genomen de kosten van de net-beheerders. De inkomsten en uitgaven zijn nu gebaseerd op een volledig gebruikt net. Wat kan gaan gebeuren in Hengstdal maar ook elders in het kader van de warmtetransitie is dat woningen een voor een van het gasnet afgaan en geen inkomsten meer genereren. De kosten voor het beheer van het netwerk nemen niet verhoudingsgewijs af. Hierdoor ontstaat een kostenpost die ergens terecht moet komen. In de huidige tariefstructuur komen de lasten bij de overgebleven aansluitingen maar dit is op lange termijn niet houdbaar. Dit is vooral een punt om in het achterhoofd te houden, het is nog lastig om dit door te rekenen.



## 4 Businesscase en onrendabele top

### 4.1 Belangrijkste inputwaarden

In de businesscase worden de kosten en inkomsten van een all electric-oplossing vergeleken met de referentiesituatie op aardgas. Voor de vergelijkbaarheid wordt ervan uitgegaan dat alle werkzaamheden in hetzelfde jaar (2020) plaatsvinden. In de gasreferentie betekent dit dat het gasnet vernieuwd wordt en de ketel wordt vervangen. In de all electric-situatie betekent dit dat het elektriciteitsnet verzwakt wordt en het gasnet verwijderd, en dat de woningen worden geïsoleerd en de warmtepompen geplaatst.

Naast de totale investeringskosten wordt de netto contante waarde (NCW) berekend. Als deze negatief is, is er sprake van een onrendabele top. De businesscase voor woningen is in principe gemaakt voor een eigenaar/bewoner. Bij corporatiebezit zouden de investeringskosten door de woningcorporatie gemaakt moeten worden. De investeringskosten en netto contante waarde zijn berekend per woning en daarnaast voor de infrastructuur in de buurt.

De belangrijkste inputvariabelen voor het bepalen van de onrendabele top zijn gegeven in Tabel 2. De energiekosten zijn geïnterpoleerd uit de Nationale Energieverkenning (ECN, 2017).

Tabel 2 - Belangrijkste inputvariabelen bij het berekenen van de onrendabele top

| Inputvariabele                        | Waarde  |
|---------------------------------------|---------|
| Discontovoet                          | 6%      |
| Looptijd businesscase                 | 30 jaar |
| Levensduur woninginstallatie          | 15 jaar |
| Levensduur isolatie en afgiftesysteem | 30 jaar |

### 4.2 Uitkomst businesscase

De onrendabele top is het deel van de totale kosten die gemaakt worden door de verschillende partijen, dat niet kan worden terugverdiend. In Tabel 3 is de onrendabele top gegeven van de businesscase van de verschillende partijen voor een looptijd van 30 jaar.

Tabel 3 - Investeringskosten en netto contante waarde per woning of voor de infrastructuur (looptijd 30 jaar)

| Woningen/<br>infrastructuur | Categorie                                    | Investeringskosten<br>'all electric' | Netto contante<br>waarde<br>(negatief bedrag is<br>onrendabele top) |
|-----------------------------|--|--------------------------------------|---|
| Woningen                    | Rijwoning jaren '20 (beschermd stadsgezicht) | € 44.917                             | € -41.096   |
|                             | Rijwoning jaren '30                          | € 37.027                             | € -33.652   |
|                             | Rijwoning naoorlogs                          | € 42.598                             | € -39.132   |
|                             | Maisonnetwoning jaren '30                    | € 34.847                             | € -33.011   |
|                             | Appartement jaren '50                        | € 28.608                             | € -26.240   |
| Infrastructuur              | Infrastructuur gehele buurt                  | € 10.945.696                         | € 8.373.133   |
|                             | Infrastructuur gemiddeld per woning          | € 3.179                              | € 2.432   |

## 4.3 Gevoeligheidsanalyse

### Vloerverwarming in plaats van LT-radiatoren

LT-radiatoren nemen extra ruimte in huis in beslag. Indien dit niet gewenst is, kan in plaats daarvan vloerverwarming worden geplaatst. Dit is wel duurder en ingrijpender. Omdat de vloer iets hoger komt te liggen, moeten ook mogelijk deuren worden ingekort en dorpels worden verhoogd. De meerkosten van vloerverwarming ten opzichte van LT-radiatoren zijn circa € 6.000.

### Rendement warmtepomp

Voor het rendement van de warmtepomp is hier 400% gehanteerd (SCOP = 4). Indien een lager rendement van 350% wordt behaald, is de onrendabele top circa € 700-€ 900 per woning hoger.

### Van 1 fase naar 3 fasen elektriciteitsaansluiting

In de businesscase is rekening gehouden met het verzwaren van de elektriciteitsaansluiting van 1 fase naar 3 fasen. Het verzwaren naar een 3 fasen-aansluiting geeft eenmalige kosten van € 281 en een verhoging van het vastrecht van € 150 per jaar. Echter, in 85% van de woningen in Hengstdal is al een 3 fasen elektriciteitsaansluiting. Daar zijn geen meerkosten ten opzichte van de huidige situatie.

## 5 Referenties

- ACM, 2017. *Besluit maximumprijs levering warmte 2018*. [Online]  
Available at: <https://www.acm.nl/nl/publicaties/besluit-maximumprijs-levering-warmte-2018>  
[Geopend 2019].
- Belastingdienst, lopend. *Tabellen tarieven milieubelastingen*. [Online]  
Available at:  
[https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/overige\\_belastingen/belastingen\\_op\\_milieugrondslag/tarieven\\_milieubelastingen/tabellen\\_tarieven\\_milieubelastingen?projectid=6750bae7-383b-4c97-bc7a-802790bd1110](https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/overige_belastingen/belastingen_op_milieugrondslag/tarieven_milieubelastingen/tabellen_tarieven_milieubelastingen?projectid=6750bae7-383b-4c97-bc7a-802790bd1110)  
[Geopend 2019].
- CBS Statline, 2019. *Energieverbruik particuliere woningen; woningtype, wijken en buurten, 2016*. [Online]  
Available at: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83800NED/table?dl=16999>  
[Geopend 2019].
- ECN, 2017. *Nationale Energieverkenning 2017*, Petten: sn
- Liander, 2018. *Tarieven 2018 voor consumenten*. [Online]  
Available at: <https://www.liander.nl/consument/aansluitingen/tarieven2018>  
[Geopend 2019].
- RVO, 2010. *Voorbeeldwoningen 2011 : EPA detailgegevens per woningtype, subtype en bouwperiode*. [Online]  
Available at:  
<https://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/Voorbeeldwoningen%202011%20-%20EPA%20detailgegevens%20site%20-%209%20dec%202010.pdf>  
[Geopend 2019].
- RVO, 2016. *Investeringskosten energiebesparende maatregelen*. [Online]  
Available at: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernehmen/gebouwen/technieken-beheer-en-innovatie/investeringskosten-energiebesparende-maatregelen>  
[Geopend 2019].
- W/E adviseurs, 2011. *Rekenmodel OEI 3.0 : Modelbeschrijving*. [Online]  
Available at: [https://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/OEI%20-%20modelbeschrijving%20mei'11\\_0.pdf](https://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/OEI%20-%20modelbeschrijving%20mei'11_0.pdf)  
[Geopend 2019].



# A Toelichting berekeningen

In deze bijlage zijn de aannamen voor de berekeningen toegelicht.

## Opzet businesscase

Het doel van de businesscase is om inzicht te geven in de extra kosten van all electric ten opzichte van gas. Daarvoor zijn de investeringen en kasstromen van zowel de all electric-situatie met energielabel B en de gassituatie met het huidige energielabel ingeschat. De kasstromen van de gasreferentie zijn van de kasstromen van de all electric-situatie afgehaald. Vervolgens is de netto contante waarde berekend. De looptijd van de businesscase is 30 jaar (tot 2050).

## Oppervlakten woning

Voor de wijk Hengstdal zijn vijf woningcategorieën gekozen. Om de kosten voor isolatie in te schatten, moet een benadering gemaakt worden van het oppervlak van de begane grondvloer, het dak, de gevel en ramen. Daarvoor zijn de oppervlakten van RVO voorbeeldwoningen geschaald naar het woonoppervlak.

Tabel 4 - Oppervlakten woningen

| Woningcategorie (Hengstdal) | Rijwoning jaren '20 (beschermde stadsgesicht) | Rijwoning jaren '30 | Rijwoning naoorlogs | Maisonnette-woning jaren '30 | Appartement jaren '50   |
|-----------------------------|---|---------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------|
| Woningcategorie RVO         | Rijwoning t/m 1945                            | Rijwoning t/m 1945  | Rijwoning 1946-1964 | Portiekwoning t/m 1945       | Portiekwoning 1946-1964 |
| Woonoppervlak               | 100   | 100                 | 135                 | 100                          | 55                      |
| Begane grondvloer           | 53,9  | 53,9                | 72,9                | 0*                           | 12,0                    |
| Plat dak                    | 17,4  | 17,4                | 0,0                 | 0                            | 16,2                    |
| Hellend dak                 | 54,8  | 54,8                | 88,9                | 54,8**                       | 0,0                     |
| Gesloten geveloppervlak     | 65,1  | 65,1                | 97,0                | 56,1                         | 35,6                    |
| Oppervlak enkelglas         | 6,8   | 6,8                 | 10,1                | 9,5                          | 2,4                     |
| Oppervlak dubbelglas        | 14,5  | 14,5                | 24,2                | 13,6                         | 12,3                    |

\* Dit is een bovenwoning.

\*\* Bij de maisonnette bovenwoning is uitgegaan van een schuin dak in plaats van een plat dak.

## Energiegebruik woningen

Om de kosten voor de levering van energie te berekenen, moet een inschatting gemaakt worden van het energieverbruik, in de huidige situatie en als de woning geïsoleerd is tot label B. Voor de huidige situatie is uitgegaan van het gemiddelde energieverbruik voor een tussenwoning en appartement in de wijk Hengstdal (bron: CBS Statline).

Tabel 5 - Energiegebruik woningen

| Woningtype   | Gasverbruik (m <sup>3</sup> /jaar) |
|--------------|------------------------------------|
| Appartement  | 1010                               |
| Tussenwoning | 1290                               |

Om het gemiddelde energieverbruik bij label B te bepalen, is uitgegaan van besparingspercentages tussen verschillende labelstappen.

Tabel 6 - Besparingspercentages voor verschillende labelstappen

| Woningcategorie                                 | Energielabel<br>huidig (o.b.v.<br>RVO voorbeeld-<br>woningen) | Besparings-<br>percentage<br>label B | Gasverbruik huidig<br>(m <sup>3</sup> /jaar) | Gasverbruik label B<br>(m <sup>3</sup> /jaar) |
|---|---|--------------------------------------|--|---|
| Rijwoning jaren '20<br>(beschermd stadsgezicht) | G   | 32%                                  | 1.290  | 877   |
| Rijwoning jaren '30                             | G   | 32%                                  | 1.290  | 877   |
| Rijwoning naoorlogs                             | F   | 29%                                  | 1.290  | 916   |
| Maisonnetwoning jaren '30                       | G   | 32%                                  | 1.010  | 687   |
| Appartement jaren '50                           | E   | 24%                                  | 1.010  | 768   |

Om het gasverbruik bij label B om te rekenen naar een elektriciteitsverbruik bij inzet van een warmtepomp is uitgegaan van een COP van 4 en een efficiëntie van de CV-ketel van 80,8%.

## Maatregelen per woningcategorie

Om de woningen te isoleren en elektrisch te verwarmen moeten per type woning verschillende maatregelen genomen worden. Voor deze maatregelen is uitgegaan van de maatregelen uit de woningtool Innoforte voor Noord-Holland. Voor een aantal maatregelen is hier vanaf geweken. Voor de rijwoning uit de jaren '20 is uitgegaan van vloerisolatie op de houten vloer omdat deze woningen veelal geen kruipruimte hebben. Daarnaast zijn de woningen aan de binnenzijde geïsoleerd en is monumentenglas toegepast vanwege het beschermde stadsgezicht. Voor de maisonnetwoning wordt specifiek uitgegaan van een bovenwoning. Vloerisolatie is daarom buiten beschouwing gelaten. De maisonnette heeft een schuin dak. Bij de appartementen uit de jaren '50 in Hengstdal is uitgegaan van blokverwarming. Daarom zal een collectieve warmtepomp geïnstalleerd worden.

Tabel 7 - Maatregelen per woningcategorie

|                         | Rijwoning jaren '20<br>(beschermd<br>stadsgezicht)                       | Rijwoning<br>jaren '30  | Rijwoning<br>naoorlogs  | Maisonnette-<br>woning jaren '30<br>(bovenwoning)                              | Appartement<br>jaren '50  |
|-------------------------|--|---|---|--|---|
| Woningtype<br>Innoforte | Rijwoning t/m 1945   | Rijwoning t/m<br>1945   | Rijwoning 1946-<br>1964   | Portiekwoning t/m<br>1945  | Portiekwoning<br>1946-1964  |
| Vloer                   | Vloerisolatie op<br>houten vloer**                                       | Onderzijde van de<br>begane grond<br>vloer: 10 cm<br>minerale wol       | Onderzijde begane<br>grond vloer: 10 cm<br>minerale wol                   | -  | Onderzijde van de<br>begane grond<br>vloer: 10 cm<br>minerale wol 481                             |
| Dak                     | Binnenzijde van het<br>dak; 10 cm minerale<br>wol afwerking<br>gipsplaat | Binnenzijde van<br>het dak; 10cm<br>minerale wol<br>afwerking gipsplaat | Binnenzijde van<br>het dak; 10 cm<br>minerale wol;<br>afwerking gipsplaat | Binnenzijde van<br>het dak; 10 cm<br>minerale wol;<br>afwerking<br>gipsplaat** | Isolatie buitenzijde<br>plat dak met 8 cm<br>PIR hardschuim-<br>platen met nieuwe<br>dakbedekking |
| Gevel                   | Gevelisolatie<br>binnenzijde**   | Spouwmuurisolatie:<br>5 cm EPS-parels                                   | Spouwmuurisolatie:<br>5 cm EPS-parels                                     | Spouwmuurisolatie:<br>5 cm EPS parels  | Spouwmuurisolatie:<br>5 cm EPS parels   |



|                         | Rijwoning jaren '20<br>(beschermd<br>stadsgezicht) | Rijwoning<br>jaren '30                        | Rijwoning<br>naoorlogs                       | Maisonnette-<br>woning jaren '30<br>(bovenwoning) | Appartement<br>jaren '50                            |
|-------------------------|--|---|--|---|---|
| Woningtype<br>Innoforte | Rijwoning t/m 1945                                 | Rijwoning t/m<br>1945                         | Rijwoning 1946-<br>1964                      | Portiekwoning t/m<br>1945                         | Portiekwoning<br>1946-1964                          |
| Glas                    | Monumentenglas**                                   | Nieuw HR++-glas in<br>bestaande kozijnen      | Nieuw HR++-glas in<br>bestaande kozijnen     | Nieuw HR ++-glas<br>in bestaande<br>kozijnen      | Nieuw HR ++-glas<br>in bestaande<br>kozijnen        |
| Warmte                  | WP lucht +<br>elektrische element<br>tapwater      | WP lucht +<br>elektrische<br>element tapwater | WP lucht +<br>elektrisch element<br>tapwater | WP lucht +<br>elektrisch element<br>tapwater**    | Collectieve<br>warmtepomp warm<br>water + E element |
|                         | LT-radiatoren R                                    | LT-radiatoren R                               | LT-radiatoren R                              | LT-radiatoren R                                   | LT-radiatoren R                                     |
|                         |  |   |  |   | Warmtepomp<br>warmwater +<br>boiler                 |
| Ventilatie              | Mechanisch afvoer                                  | Mechanisch afvoer                             | Mechanisch afvoer                            | Mechanisch afvoer                                 | Mechanisch afvoer                                   |
| Douche                  | Geen terugwinning                                  | Geen terugwinning                             | Geen terugwinning                            | Geen terugwinning                                 | Geen terugwinning                                   |
| Keuken                  | Elektrisch koken                                   | Elektrisch koken                              | Elektrisch koken                             | Elektrisch koken                                  | Elektrisch koken                                    |
| Elektra                 | Extra groep voor<br>koken                          | Extra groep voor<br>koken                     | Extra groep voor<br>koken                    | Extra groep voor<br>koken                         | Extra groep voor<br>koken                           |

\*\* Afwijkend van maatregelen uit woningtool Innoforte.

## Kosten aansluiting

Aansluittarieven worden in rekening gebracht door de netbeheerder. Deze tarieven zijn vast. Voor de jaren 2020 en verder zijn de periodieke kosten geïndexeerd met de gemiddelde consumentenprijsindex over de afgelopen 10 jaar.

Tabel 8 - Tarieven aansluiting

| Aansluiting elektriciteit en gas (p.p. 2019 incl. BTW)                                      | Eenheid       | Waarde     | Bron                   |
|---|---------------|------------|------------------------|
| Verwijderen gasaansluiting laagbouw   | €             | 687        | Liander, tarieven 2019 |
| Verwijderen gasaansluiting hoogbouw   | €             | 366        | Liander, tarieven 2019 |
| Periodieke kosten gasaansluiting  | €/jaar        | 191        | Liander, tarieven 2019 |
| Verzwaren elektriciteitsaansluiting 1 fase naar 3 fasen                                     | €             | 281        | Liander, tarieven 2019 |
| Jaarlijkse kosten elektriciteitsaansluiting 1 fase t/m 1 x 10A bemeten                      | €/jaar        | 102        | Liander, tarieven 2019 |
| Jaarlijkse kosten elektriciteitsaansluiting 1 fase > 1 x 10A en 3 fasen t/m 3 x 25A bemeten | €/jaar        | 252        | Liander, tarieven 2019 |
| <i>Additionele kosten verzwaarde elektriciteitsaansluiting</i>                              | <i>€/jaar</i> | <i>150</i> | <i>Berekend</i>        |

## Kosten isolatie

Voor het bepalen van de kosten voor isolatie is de EPA-maatregelenlijst<sup>3</sup> gebruikt (RVO, 2016). Deze kosten zijn gecorrigeerd naar prijspeil 2019 met een gemiddelde consumenten-prijsindex<sup>4</sup>. Daarnaast is BTW berekend: laag tarief (9%) voor de manuren benodigd voor het aanbrengen van de isolatie en hoog tarief (21%) voor de overige kosten.

Tabel 9 - Kentallen isolatie

| Kentallen isolatie (p.p. 2019 incl. BTW)  | Eenheid          | Waarde |   |
|---|------------------|--------|---|
| Vloerisolatie (houten vloer): 10 cm minerale wol onderzijde begane grondvloer     | €/m <sup>2</sup> | 42     | EPA-maatregel 002a<br>Vloerisolatie: minerale wol 100 mm aan onderzijde houten vloer  |
| Vloerisolatie (stenen vloer): 10 cm minerale wol onderzijde begane grondvloer     | €/m <sup>2</sup> | 25     | EPA-maatregel 002b<br>Vloerisolatie: minerale wol 100 mm aan onderzijde steenachtige vloer  |
| Dakisolatie (schuin dak): 10 cm minerale wol binnenzijde dak, afwerking gipsplaat | €/m <sup>2</sup> | 100    | Aangepast n.a.v. inbreng Loket Duurzaam Wonen Nijmegen. (RVO, EPA maatregelenlijst kosten € 55).  |
| Dakisolatie (plat dak): 8 cm PIR-platen, vervangen dakbedekking                   | €/m <sup>2</sup> | 212    | EPA-maatregel 007c<br>Dakisolatie: PIR platen 80 mm - vervangen dakbedekking APP  |
| Gevelisolatie (eengezinswoning): 5 cm EPS-parels spouwmuur                        | €/m <sup>2</sup> | 18     | 009b<br>Spouwisolatie: 50 mm EPS-parels   |
| Gevelisolatie (meer-gezinswoning): 5 cm EPS-parels spouwmuur                      | €/m <sup>2</sup> | 11     | 009b Spouwisolatie<br>50 mm EPS-parels  |
| Glasisolatie: Monumentenglas  | €/m <sup>2</sup> | 250    | <a href="https://houhetwarm.nl/isolatie/monumenten/monumentenglas-heeft-een-hoge-isolatiewaarde/">https://houhetwarm.nl/isolatie/monumenten/monumentenglas-heeft-een-hoge-isolatiewaarde/</a> |
| Glasisolatie (eengezinswoning): HR++-glas in bestaande kozijnen                   | €/m <sup>2</sup> | 152    | EPA-maatregel 019b<br>Isolatieglas gasgevuld (U = 1,2) (i.p.v. standaard isolatieglas)  |
| Glasisolatie (meer-gezinswoning): HR++-glas in bestaande kozijnen                 | €/m <sup>2</sup> | 178    | EPA-maatregel 019b<br>Isolatieglas gasgevuld (U = 1,2) (i.p.v. standaard isolatieglas)  |

<sup>3</sup> Daarbij is uitgegaan van de kosten voor een eengezinswoning van gemiddelde grootte, voor een op zichzelf staand vervangmoment voor één woning (niet-projectmatig).

<sup>4</sup> Voor de indexering van isolatiekosten is de gemiddelde jaarlijkse toename van de consumentenprijsindex in de afgelopen tien jaar gekozen (bron: CBS).

## Kosten installaties en onderhoud

Voor de kosten van diverse installaties is voor gas uitgegaan van de kosten zoals gebruikt in de berekening van maximumtarieven voor warmte door de ACM. Voor de warmtepomp en radiatoren is de bron van de kosten de woningtool van Innoforte. Deze kosten zijn gecorrigeerd naar prijspeil 2019 met een gemiddelde consumentenprijsindex<sup>5</sup>.

Tabel 10 - Kosten installaties

| Installaties (p.p. 2019 incl. BTW)            | Eenheid | Waarde | Levens-duur | Bron                                |
|---|---------|--------|-------------|-------------------------------------|
| CV-ketel (incl. BTW)                          | €/won   | 2.413  | 15          | ACM, besluit maximprijs warmte 2019 |
| WP lucht + elektrische element tapwater       | €/won   | 12.750 | 15          | Advies BDH (excl. subsidie)         |
| Verwijderen CV-ketel en rookgasafvoer         | €/won   | 500    | -           | Advies BDH                          |
| Collectieve warmtepomp warm water + E element | €/won   | 6.140  | 15          | Innoforte woningtool Noord-Holland  |
| Warmtepomp warmwater + boiler                 | €/won   | 3.894  | 15          | Innoforte woningtool Noord-Holland  |
| LT-radiatoren                                 | €/won   | 6.140  | 30          | Innoforte woningtool Noord-Holland  |
| Mechanisch afvoer                             | €/won   | 1.842  | 30          | Innoforte woningtool Noord-Holland  |
| Elektrisch koken                              | €/won   | 618    | 30          | Innoforte woningtool Noord-Holland  |
| Extra groep voor koken                        | €/won   | 307    | 30          | Innoforte woningtool Noord-Holland  |

Voor de onderhoudskosten zijn dezelfde bronnen gebruikt. De onderhoudskosten zijn geïndexeerd met de gemiddelde consumentenprijsindex over de afgelopen 10 jaar.

Tabel 11 - Kosten onderhoud

| Onderhoud (p.p. 2019 incl. BTW)               | Eenheid | Waarde | Bron                                |
|---|---------|--------|-------------------------------------|
| Onderhoud CV-ketel (incl. BTW)                | €/jaar  | 147    | ACM, besluit maximprijs warmte 2019 |
| WP lucht + elektrische element tapwater       | €/jaar  | 279    | Innoforte woningtool Noord-Holland  |
| Collectieve warmtepomp warm water + E element | €/jaar  | 184    | Innoforte woningtool Noord-Holland  |
| Warmtepomp warmwater + boiler                 | €/jaar  | 39     | Innoforte woningtool Noord-Holland  |
| LT-radiatoren                                 | €/jaar  | 0      | Aanname geen onderhoudskosten       |
| Mechanisch afvoer                             | €/jaar  | 55     | Innoforte woningtool Noord-Holland  |
| Elektrisch koken                              | €/jaar  | 0      | Aanname geen onderhoudskosten       |
| Extra groep voor koken                        | €/jaar  | 0      | Aanname geen onderhoudskosten       |

## Leveringskosten energie

Tarieven voor gas, elektriciteit en warmte verschillen. Per energiedrager zijn de tarieven toegelicht. De vaste kosten die u voor elektriciteit en gas jaarlijkse aan uw energie-leverancier betaalt zijn niet meegenomen in de berekeningen. Het vastrecht is namelijk niet afhankelijk van verbruik en in alle situatie (gas, all electric) hetzelfde.

<sup>5</sup> Voor de indexering van isolatiekosten is de gemiddelde jaarlijkse toename van de consumentenprijsindex in de afgelopen tien jaar gekozen (bron: CBS).

Tabel 12 - Leveringskosten elektriciteit

| Omschrijving                  | Bedrag (p.p. 2018, incl. BTW) | Toelichting   |
|-------------------------------|-------------------------------|---|
| Variabel tarief (per kWh)     | € 0,091 per kWh               | Vesta-model PBL.  |
| Opslag Duurzame Energie (ODE) | € 0,0046 per kWh              | De Belastingdienst publiceert de tarieven voor de ODE op haar site. Het tarief voor elektriciteit (eerste schijf) is in 2018 € 0,0132. Er is gerekend met een toename (bron Vesta-model PBL).   |
| Energiebelasting              | € 0,10458 per kWh             | De Belastingdienst publiceert de tarieven voor de energiebelasting op haar site. Het tarief voor elektriciteit (eerste schijf) is in 2018 € 0,10458. De energiebelasting zal naar verwachting afnemen tot € 0,098 in 2019, € 0,078 in 2020 en € 0,042 in 2030 (bron: concept Klimaatakkoord). |

Tabel 13 - Leveringskosten gas

| Omschrijving                          | Bedrag (p.p. 2018, incl. BTW) | Toelichting  |
|---------------------------------------|-------------------------------|--|
| Variabel tarief (per m <sup>3</sup> ) | € 0,2608                      | Vesta-model PBL.   |
| Opslag Duurzame Energie (ODE)         | € 0,0285 per m <sup>3</sup>   | De Belastingdienst publiceert de tarieven voor de ODE op haar site. Het tarief voor elektriciteit (eerste schijf) is in 2018 € 0,0285. Er is gerekend met een toename (bron Vesta-model PBL).  |
| Energiebelasting                      | € 0,26001 per m <sup>3</sup>  | De Belastingdienst publiceert de tarieven voor de energiebelasting op haar site. Het tarief voor gas (eerste schijf) is in 2018 € 0,26001. De energiebelasting zal naar verwachting toenemen tot € 0,29 in 2019, € 0,315 in 2020 en € 0,46 in 2030 (bron: concept Klimaatakkoord). |

## B Input experts en stakeholders

Om de businesscase aan te laten sluiten bij de realiteit, hebben we de gehanteerde aannames en parameters laten reviewen door relevante experts en stakeholders.

| Stakeholder                            | Geraadpleegd  |
|--|---|
| Woningcorporaties                      | De Gemeenschap (Paul van Roosmalen)<br>Standvast Wonen (Jeanette Tan) |
| Netbeheerder                           | Liander (Stef Aerts)  |
| Marktpartijen (warmtepompen, isolatie) | BDH (Peter Wagener)   |
| Bewonersgroep                          | Aardgasvrij Hengstdal (Peter Daanen)                                  |
| Loket Duurzaam Wonen                   | Jos van der Lint  |

### B.1 Woningcorporaties

De Gemeenschap en Standvast Wonen zijn gevraagd eventuele aanvullende informatie door te geven. De volgende bronnen zijn ontvangen:

- Deep Dive (De Twee snoeken).
- Plan van aanpak uitrol warmtenet Hengstdal Nijmegen voor Standvast Wonen (Atrienis).

Deze informatie is voor kennisgeving aangenomen.

Daarnaast zijn de vijf gekozen woningtypen voorgelegd aan Paul van Roosmalen (De Gemeenschap) voor akkoord.

### B.2 BDH

Vraag en antwoord door Peter Wagener, BDH

#### 1. Feedback op algemene aannames:

##### 1a. Combiwarmtepomp lucht

| Categorie | Toelichting  |
|-----------|--|
| Kosten    | <ul style="list-style-type: none"><li>– Levering en installatie van een lucht/water warmtepomp met tapwater voorziening in een bestaande woning kost ca. € 12.500.</li><li>Verwarmingscapaciteit ca. 8 kW<sub>th</sub>.</li><li>Tapwater voorraadbuffer 180 liter.</li><li>(Voldoende voor een gezin met vier mensen)</li><li>Inbegrepen zijn zgn. klein materiaal voor standaardinstallatie (binnendeel en buitendeel zo dicht mogelijk bij elkaar geïnstalleerd) en één bedrade ruimte-thermostaat.</li><li>Niet inbegrepen zijn aanpassingen aan het afgifte systeem, maar als er sterk wordt na geïsoleerd, zal de afgiftetemperatuur van de huidige radiatoren al dalen tot ca. 50 graden. Dit zou in de praktijk afdoende voor een goed functioneren van de installatie moeten zijn. Eventueel kan nog strategisch worden gekozen om enkel in de woonkamer convectoren te plaatsen. Onthoud dat die 55°C in principe zich voordoet bij minus 10°C buitentemperatuur. Dus een flink deel van het verwarmingsseizoen zal de aanvoertemperatuur lager liggen.</li></ul> |



|  |   |
|--|---|
|  | <p>Kosten voor convectoren zouden dan hooguit richting € 500-€ 700 per woning, inclusief aanleg, beslaan.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kosten slopen bestaande CV-ketel inclusief rookgasafvoer en afvoeren ca. € 500.</li> <li>– Kosten plaatsing buitendeel niet direct naast de woning maar op afstand van de woning. Dit vraagt het ingraven van een geïsoleerde mantelbuis voor aanvoer en retour. Bij monoblock uitvoering zijn dit watervoerende leidingen en bij een split type warmtepomp uitvoering koudemiddel voerende leidingen. Bij monoblock is de maximale afstand tussen binnendeel en buitendeel ca. 10 meter, bij een split type warmtepomp max. ca. 25 meter) en bekabeling voor elektrische voeding en regeling naar het buitendeel. Meerkosten <i>geschat</i> € 950.</li> <li>– Instructie werking en gebruik van warmtepomp en ruimtethermostaat, hoe installatie eventueel bij te vullen, etc. € 250.</li> <li>– Dit onderdeel wordt soms inclusief in de transactie voor de warmtepomp gezien, maar wordt veelal niet gedaan, maar is van belang voor een goed gebruik van de warmtepomp en een tevreden gebruiker.</li> </ul> |
| Afschrijftermijn/<br>levensduur                          | <p>Technische levensduur van 15 jaar is realistisch, waarbij er van uit mag worden gegaan dat het onderhoud en reparatie regime dat wordt aangehouden een spreiding kan geven tussen 12 en 18 jaar. Onder onderhoud kan ook worden verstaan de periodieke inspectie die borgt dat de warmtepomp optimaal functioneert en presteert, want daar ligt een directe relatie met de levensduur.</p> <p>Met name onnodig veel start/stop gedrag (pendelen) van de warmtepomp door onjuiste inpassing in de installatie of fouten in de instellingen kunnen de technische levensduur maar ook de prestaties van de warmtepomp nadelig beïnvloeden. Geavanceerde warmtepompen bieden de mogelijkheid tot 'remote management, inspectie en troubleshooting'.</p>  |
| SPF  | <p>Realistische SPF-waardes hangen samen met de daadwerkelijk haalbare afgiftetemperatuur in de woning, én het gebruikersgedrag.</p> <p>De door CE Delft geschetste SPF van 4,5 (ruimteverwarming + warm tapwater bereiding) is haalbaar uitgaande van een gemiddeld tapwatergebruik van vier personen én een goed gebruik van de eigenschappen van warmtepompen voor ruimteverwarming. Dus vertrouwd zijn met het langzaam aanpassen aan de gewenste ruimtetemperatuur, en als de boiler voor warm tapwater leeg is, kost het tijd deze weer op te laden.</p> <p>Door gebruikersgedrag (met name gekozen ruimtetemperatuurniveau en intensiteit tapwatervraag) kan de SPF in twee identieke woningen een factor 1,5-2 verschillen. Een realistische gemiddelde SPF voor een gemengde wijk wordt <i>geschat</i> op 4.</p>   |
| Onderhoudskosten   | <p>Op niveau CV-ketel of daaronder, waarbij kwaliteit van zowel warmtepomp als de installatiekwaliteit hier een rol spelen.</p>   |
| Benodigde<br>verzekering<br>elektriciteit<br>aansluiting | <p>Geen.</p> <p>Een woning met een lucht/water warmtepomp, waarbij een warmtepomp om economische maar ook technische redenen met een elektrische bijverwarming van 1-2 kW is voorzien, is nog steeds in 3 x 25A in te passen inclusief elektrisch koken. Elektrische auto laden kan ook nog steeds met 3 x 25 ampère, maar niet tegelijkertijd.</p> <p>Met de eerdergenoemde 3 x 35A aansluiting is men t.o.v. 3 x 25A bij Liander € 697/jaar meer aan vastrechtkosten kwijt, die verzekering dus altijd vermijden, de gebruiker betaalt veel hogere jaarlasten. En van enige business case voor een warmtepomp is geen sprake meer.</p>  |

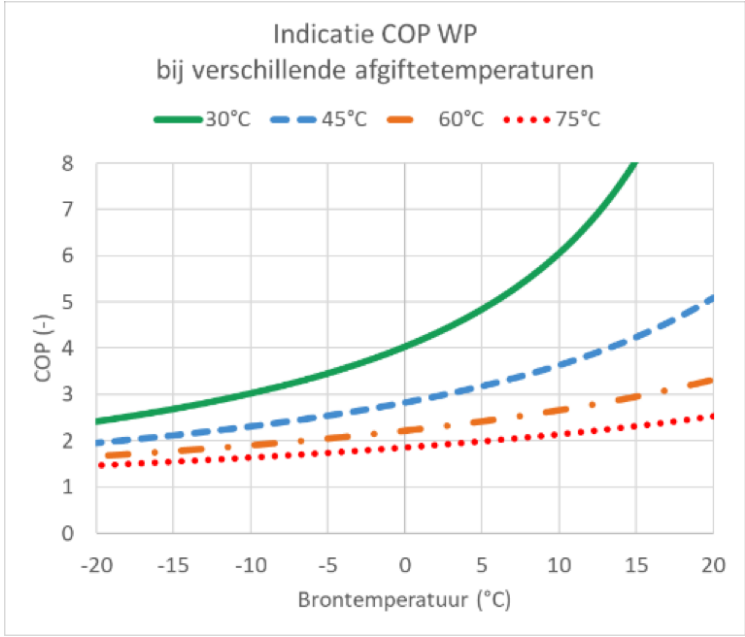


### 1b. Combiwarmtepomp bodem (incl. bodemwarmtewisselaar)

| Categorie                                      | Toelichting  |
|--|--|
| Kosten   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Levering en installatie van een water/water of brine/water warmtepomp inclusief bodembron met tapwater voorziening in een bestaande woning kost ca. € 19.500. Verwarmingscapaciteit ca. 6 kW<sub>th</sub>. Tapwater voorraadbuffer minimaal 200 liter. (Voldoende voor een gezin met vier mensen) Inbegrepen zijn zgn. klein materiaal voor installatie en één bedrade ruimte-thermostaat. Niet inbegrepen zijn aanpassingen aan het afgiftesysteem. Overigens is 55/35°C relatief hoog voor een bodemgebonden warmtepomp, kijk goed naar de warmtevraag en de daadwerkelijk haalbare aanvoertemperatuur.</li> <li>– Individuele bodemwarmtepompen in bestaande bouw worden bijna niet toegepast. Door de grootte van de boorinstallatie en omringende apparatuur is het in de meeste bestaande bouw niet mogelijk om in de voor/achtertuin te komen.</li> <li>– Kosten slopen en afvoeren bestaande CV-ketel inclusief rookgasafvoer ca. € 500.</li> <li>– Instructie werking en gebruik van warmtepomp en ruimtethermostaat, hoe installatie eventueel bij te vullen, etc. € 250.</li> <li>– Dit onderdeel wordt soms inclusief in de transactie voor de warmtepomp gezien, maar wordt veelal niet gedaan, maar is van belang voor een goed gebruik van de warmtepomp en een tevreden gebruiker.</li> </ul> |
| Afschrijftermijn/ levensduur                   | <p>Technische levensduur van minimaal 15 jaar is realistisch, waarbij er van uit mag worden gegaan dat het onderhoud en reparatie regime dat wordt aangehouden een spreiding kan geven tussen 15 en 20 jaar.</p> <p>Technisch gezien is een grondgebonden warmtepomp een apparaat dat daadwerkelijk veel overeen heeft met een koelkast, en is mits vakkundig geïnstalleerd en goed ingeregeld, zeer onderhoudsarm en zeer betrouwbaar.</p> <p>Een vakkundig aangebrachte bodembron met gesloten lus, daar mag van worden uitgegaan dat deze minimaal 2 maal de technische levensduur van het warmtepomp apparaat beslaat. Reken op een levensduur van minimaal 40 jaar.</p>   |
| Onderhoud                                      | <p>Onder onderhoud kan veelal worden verstaan periodieke inspectie die borgt dat de warmtepomp optimaal functioneert en presteert, want daar ligt een directe relatie met de levensduur.</p> <p>Met name onnodig veel start/stop-gedrag (pendelen) van de warmtepomp door onjuiste inpassing in de installatie of fouten in de instellingen kunnen de technische levensduur maar ook de prestaties van de warmtepomp nadelig beïnvloeden. Geavanceerde warmtepompen bieden de mogelijkheid tot 'remote management, inspectie en troubleshooting'.</p>  |
| SPF  | <p>Realistische SPF-waarden hangen samen met de daadwerkelijk benodigde afgifte-temperatuur in de woning en het gebruikersgedrag.</p> <p>De door CE Delft geschetste SPF van 4,5 (Ruimteverwarming + warm tapwater bereiding) is haalbaar uitgaande van een gemiddeld tapwatergebruik én een goed gebruik van de eigenschappen van warmtepompen voor ruimteverwarming. Dus vertrouwd zijn met het langzaam aanpassen aan de gewenste ruimtetemperatuur, en als de boiler voor warm tapwater leeg is, kost het tijd deze weer op te laden.</p>  |
| Onderhoudskosten                               | Op niveau CV-ketel of daaronder, waarbij kwaliteit van zowel warmtepomp als de installatiekwaliteit hier een rol spelen.   |
| Benodigde verzwaring elektriciteit aansluiting | <p>Geen.</p> <p>Een woning met een grondgebonden warmtepomp, waarbij een warmtepomp om economische maar ook technische redenen met een elektrische bijverwarming van 1-2 kW is voorzien, nog steeds in 3 x 25A in te passen inclusief elektrisch koken. Elektrische auto laden kan ook nog steeds met 3 x 25 ampère, maar niet tegelijkertijd.</p> <p>Met de eerdergenoemde 3 x 35A aansluiting is men t.o.v. 3 x 25A bij Liander € 697/jaar</p>   |

|  |  |
|--|--|
|  | meer aan vastrechtkosten kwijt, <i>die verzwaring dus altijd vermijden</i> , de gebruiker betaalt veel hogere jaarlasten. En van enige businesscase voor een warmtepomp is geen sprake meer. |
|--|--|

## 2. Gevoeligheid van verschillende parameters

|          |   |
|----------|---|
| Kosten   | <p>Als de gemeente (eventueel in combinatie met de woningcorporatie, en bijvoorbeeld een eventueel aanwezige energie coöperatie) zorgt voor een zorgvuldig gespecificeerd en goed begeleid aanbestedingstraject (ga voor kwaliteit, niet voor de laagste prijs), en het installatiebedrijf de installaties efficiënt in batches kan uitvoeren, dan kan men door de schaalgrootte economisch voordeel creëren.</p> <p>Om bodembronnen te mogen aanleggen dient men als bedrijf volgens BRL 6000-21 te zijn gecertificeerd. Dit is een gelimiteerde groep bedrijven (circa 12-14 boorbedrijven) die door de enorme groei van grondgebonden warmtepompen in de nieuwbouw al flink bezet is. Door vraag en aanbod hebben de kosten van bodembronnen de afgelopen 12 maanden een stijging van 30-40% laten zien.</p> |
| SCOP     | <p>De SCOP is direct gerelateerd aan de temperatuur in het afgiftesysteem in een woning, zie de volgende figuur.</p>  <p>De mate waarin men dus daadwerkelijk de voorziene aanvoertemperatuur behaalt, bepaalt de jaarprestatie (SCOP) van de warmtepomp. En die aanvoertemperatuur wordt bepaald door de afmetingen van het afgiftesysteem. Een systeem met een groter 'verwarmend oppervlak' (VO) kan met een lagere temperatuur functioneren (zoals vloerverwarming met een max. aanvoer van ca. 35°C of convectoren), dan een systeem met een kleiner oppervlak (zoals ouderwetse dunne radiatoren in een oude woning waar je je handen aan brandt).</p>   |
| Vermogen | <p>Ten eerste:</p> <p>Een CV-ketel wordt qua capaciteit (vermogen in kW) gedimensioneerd op warm tapwater productie omdat het piek vermogen voor de vraag naar ruimteverwarming altijd daaronder ligt. Een warmtepomp daarentegen wordt vanwege investeringskosten, levensduur en efficiency gedimensioneerd op ruimteverwarming, waarbij warm</p>  |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>tapwater met behulp van een buffervat of wel een boiler wordt ingevuld.</p> <p>De daadwerkelijke afgiftetemperatuur in het verwarmingssysteem bepaalt de efficiency van het apparaat, maar zegt niets over de jaarlijkse warmtevraag. Die hangt samen met tot welke temperatuur men de kubieke meters inhoud van de woning wil verwarmen. En deze relateert direct aan de piekvraag in energie die men nodig heeft om die temperatuur op de koudste dag van het jaar in te kunnen vullen. Op basis van het aardgasgebruik en graaddagen kan men het benodigde piekvermogen bepalen voor de warmtepomp.</p> <p>De hoeveelheid elektriciteit welke men jaarlijks gebruikt met een all electric warmtepomp kan men redelijk ramen met de volgende benadering:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ga uit van een woning met de CV-ketel als opwekker voor warm tapwater en ruimteverwarming, er zijn geen aanvullende warmtebronnen aanwezig in de woning, zoals een gevelkachel o.i.d.</li> <li>– Neem het gemiddelde jaarlijkse gasgebruik 'A' en verminder dat met ca. 300 m<sup>3</sup> voor warm tapwater en koken.</li> <li>– Vermenigvuldig dit getal ('A' minus 300 m<sup>3</sup>) met 0,85 (Voor 85% rendement van de gemiddelde CV-ketel in Nederland).</li> <li>– Dit resterende aantal m<sup>3</sup> aardgas ('A' minus 300 m<sup>3</sup> x 0,85) representeert de jaarlijkse vraag naar energie in de woning.</li> <li>– Dit aantal m<sup>3</sup> aardgas x 10 (aardgas bevat ca. 10 kW aan energie per m<sup>3</sup>) geeft het aantal kWh/jaar aan warmte dat men moet invullen.</li> <li>– Dit getal aan kWh aan warmte gedeeld door de SCOP van de warmtepomp geeft de benodigde elektrische energie voor ruimteverwarming voor de warmtepomp.</li> <li>– De eerdergenoemde 300 m<sup>3</sup> aardgas is ca. 3.000 kWh warmte, welke gedeeld moet worden door de SCOP voor warm tapwater.</li> </ul> <p>Het vermogen dat nodig is voor ruimteverwarming kan uit de vollasturen worden afgeschat: een label B woningen zal ca. 1.600 vollasturen verwarming hebben. Het benodigde vermogen is dan dus: [Warmtevraag in kWh/jaar] / [1.600 vollastuur]</p> <p>Een rekenvoorbeeld:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verbruik aardgas (na isolatie tot label B): 1.500 m<sup>3</sup></li> <li>▪ Verbruik aardgas voor CV: 1.500 - 300 = 1.200 m<sup>3</sup></li> <li>▪ Warmtevraag: 1.200*10*85% = 10.200 kWh per jaar</li> <li>▪ Benodigd vermogen: 6.4 kW <i>thermische output warmtepomp.</i></li> <li>▪ <i>Dit is de gemiddelde thermische output. Als je rekening houdt met pieken (koude winterdagen) zal de gewenste maximale thermische output iets hoger zijn. In dit voorbeeld is een warmtepomp met een thermisch vermogen van 8 à 8,5 kW dan realistisch.</i></li> </ul> <p>De gestelde 13,5 kW is dus waarschijnlijk aan de hoge kant in dit geval.</p> <p><i>Hoezeer zijn deze afhankelijk van:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Type afgiftesysteem: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lagetemperatuur radiatoren (T=55-35°C) overal in het huis, versus vloerverwarming beneden in de woonkamer.</li> <li>• Of: Lagetemperatuur radiatoren boven, versus LT-radiatoren of radiatorventilatoren?</li> </ul> </li> </ul> <p>Sterk afhankelijk, zie boven.</p> <p>Welk type afgiftesysteem men neemt hangt van de mate waarin men in de woning aanpassingen kan én wil doen.</p> |
|--|--|

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Tapwatersysteem               | <p>Warmtepomp + booster voor tapwater of tapwater geheel elektrisch?</p> <p>Geheel elektrisch vraagt om of een zware elektrische aansluiting (ca. 22 kW) als men een doorstroomapparaat kiest, of men kiest voor een elektrische boiler. In het laatste geval raden we aan dan die boiler te voeden met warmte uit de warmtepomp, en niet voor geheel elektrisch te gaan. Voor dat laatste kan dat de warmtepomp zijn die ook de vraag voor ruimteverwarming invult, of indien men de ruimteverwarming d.m.v. een laag temperatuur net invult, met een booster warmtepomp.</p> <p>Let op: Bij een booster warmtepomp heeft men altijd ook ruimte in de woning nodig voor een buffervat.</p> |
| Grootte van de woning:        | <p>kleine woning versus een grote woning?</p> <p>Simpel, de capaciteit van de warmtepomp in kW heeft een directe relatie met het BVO in de woning. Des te groter de woning des te groter de benodigde capaciteit in kW voor ruimteverwarming, en dus des te groter de warmtepomp. En afhankelijk van het ontwerp van de installatie, kan deze ook deels worden beïnvloed door de gewenste tapwater capaciteit. Als men bijvoorbeeld de boiler gemiddeld sneller opgeladen wil hebben, kiest men vaak een iets grotere warmtepomp, of een iets groter elektrisch bijverwarming element.</p>  |
| Isolatieniveau van de woning? | <p>Welke invloed heeft welke type isolatie op de mogelijkheden van verduurzaming.</p> <p>Ten eerste:</p> <p>Hiervoor zou ik kijken op <a href="#">Milieucentraal: isoleren en besparen</a> om alle relevante info te vinden over isoleren.</p> <p>Ten tweede:</p> <p>Een warmtepomp is een apparaat dat goed is in een <i>constante flow</i> van energie leveren van liefst een <i>zo laag mogelijke temperatuur</i> naar een woning, dus isolatie is cruciaal voor een optimaal rendement.</p> <p>Zie voor meer info bijgaande poster 'Keuzehulp Duurzaam Verwarmen' die wij samen met Techniek Nederland, Enpuls en de Gemeente Utrecht hebben gemaakt, die ik graag zal toelichten.</p>  |

*Een aantal opmerkingen hoewel niet direct economisch van aard, die in deze context wel relevant zijn:*

1. Belangrijk te rekenen vanuit de kosten die je sowieso maakt voor het vervangen van een CV-ketel als je voor de installatie uitgaat van het vervangingsmoment.
2. Voor de eigenaar is het relevant dat als je voor einde technische levensduur de ketel verwijdt (omdat het gasnet verdwijnt), men zich afvraagt wie vergoedt dan de verloren restwaarde (sunk costs) van de eigenaar van de apparatuur, zowel woning-corporatie als particuliere eigenaar.
3. Alle bovengenoemde bedragen in Euro's zijn exclusief nog te ontvangen ISDE-subsidie, maar INCLUSIEF BTW. Dus prijzen voor de eindgebruiker, de consument.
4. Er is een trend zichtbaar dat in de bestaande bouw voor de bepaling van de capaciteit van de warmtepomp niet langer gewerkt wordt op basis van een transmissieberekening, maar dat men uitgaat van het daadwerkelijke historische energiegebruik in combinatie met het type woning en gebruik door de bewoner.  
Dat geeft een accurater beeld van wat er daadwerkelijk aan capaciteit moet worden geïnstalleerd in de woning.
5. Terminologie:  
SPF is tegenwoordig Seasonal Coefficient Of Performance (SCOP), zowel in Nederland als daarbuiten.
6. Hoewel ik niet weet of het de bedoeling is om per woning een individuele warmtepomp te installeren, of men ook naar andere mogelijkheden kijkt, het volgende. Als men van een en hetzelfde type lucht water warmtepomp de buitendelen in een rij woningen allemaal op dezelfde plaats installeert, en deze gaan allemaal gelijktijdig in bedrijf,

dan kán geluid een issue worden. Het is niet gezegd, maar de stilste lucht/water wp hebben de grootste buitendelen (vragen dus de meeste ruimte) en zijn het duurst. De kans is groot dat er apparaten worden gekozen die qua SCOP prima zijn, maar qua geluid hoger uitkomen.

En bijvoorbeeld 10 l/w buitendelen op een rij, met allemaal dezelfde geluidsproductie, kan zomaar een verhoging van 3-4 dB t.o.v. de waardes van de individuele apparaten. Een alternatief is een lucht/water of water/water warmtepomp per rij, of blok. Daar voorziet één warmtepompinstallatie (of een groep gecascadeerde warmtepompen), bijvoorbeeld op de kop van de straat, een rij woningen van warmte via een warmteleiding ('micro warmtenet'). Deze warmteleiding zou bovenlangs kunnen lopen via de zolders waar de bestaande CV-ketels dan door een afleverset (eventueel in combinatie met een buffervat voor tapwater) kunnen worden vervangen. Iets dat economisch ook een interessante richting kan zijn om te verkennen.

### B.3 Bewonersgroep Aardgasvrij Hengstdal

De input van Peter Daanen en hoe deze is verwerkt, is hieronder opgenomen.

#### A) Huidig en nieuw verbruik

Ik vind het geschatte huidige gasverbruik en de elektra per jaar nogal afwijken van de normaal gehanteerde gemiddelden (Milieu Centraal). Woningtype 1: gas nu - 3.272 m<sup>3</sup>/jaar (gemiddeld 1.470), elektra nu - 877 kWh/jr (gem. 3.000 kWh).

**Reactie CE Delft:** Dit is inderdaad erg hoog. Dit is op basis van RVO-voorbeeldwoningen. In plaats daarvan zullen we het aardgasverbruik van dit type woning in Hengstdal uit CBS-gegevens halen. De elektra is alleen de hulpenergie/verlichting.

Voorts hanteer je na isolatie van label F naar B een besparing van 67% op het gasgebruik. Theoretisch is dit echter maar 45% (in de praktijk blijkt het zelfs maar 25-30%).

Dit zou betekenen dat het gasgebruik daalt naar 1.800 m<sup>3</sup> (i.p.v. 1.084 m<sup>3</sup>).

**Reactie CE Delft:** Dit is ook weer gebaseerd op RVO-voorbeeldwoningen. We zullen dit baseren op de praktijkgegevens (onderzoek van TU Delft en Alliander), die zijn inderdaad veel lager.

Dit heeft weer tot gevolg dat bij een warmtepomp met een SCOP van 4 per jaar 3.915 kWh nodig heeft voor de warmtevoorziening (i.p.v. 1.902 kWh), volgens: 1.800 m<sup>3</sup> (gas) x 8,7 (omrekenfactor energie gas naar elektra): 4 (SCOP). De 877 kWh/jr 'normaal' elektriciteitsgebruik zal daarbij ook toenemen omdat men op inductie gaat koken. Beiden hebben aanzienlijke invloed op de jaarlijkse gebruikskosten. Een zelfde redenering gaat m.i. ook op voor de andere woningtypes.

**Reactie CE Delft:** Zie boven.

#### B) Vervangen radiatoren

Het vervangen van de bestaande radiatoren door LT-radiatoren, zonder dat er vloerverwarming wordt toegepast, zal er voor zorgen (bij een besparing van 45%) dat het radiatoroppervlak ongeveer 4x zo groot moet worden. Deze huizen bieden daar geen plaats voor. LT-verwarming zonder vloerverwarming zal dan ook niet het gewenste comfort realiseren.

**Reactie CE Delft:** We zullen in de businesscases aangeven wat de meerkosten van vloerverwarming zijn.

### C) Vloerisolatie woning type 1

De keuze is: Vloerisolatie op bestaande vloer.

Dit soort vloerisolatie van enige betekenis heeft een dikte van minimaal 30 mm. Dit kan betekenen dat dorpels moeten worden opgehoogd en deuren moeten worden ingekort.

Een extra kostenpost. Bij ook nog toepassen van vloerverwarming zal dit een nog grotere rol spelen.

**Reactie CE Delft:** *Het ophogen van de dorpels en inkorten van de deuren kost volgens de RVO EPA-maatregelenlijst circa € 125 voor de binnendeuren. Dit is onderdeel van de kosten van vloerisolatie. Bij de buitendeur is dit zeer situatieafhankelijk en hier hebben we geen gemiddelde kosteninschatting van kunnen maken.*

### D) Enkelglas voorzetzamen bij woning type 1

Ik betwijfel of hiermee een isolatieniveau gelijk aan label B haalbaar is.

**Reactie CE Delft:** *Er is nu voor monumentenglas gekozen.*

### E) Bodemwarmtepomp bij woningtype 2 en 3

Een bodemwarmtepomp zal een betere SCOP en een stabielere warmteverzorging realiseren dan een luchtwarmtepomp. Voor de aanleg van een boring voor een verticale bodemsonde is echter een toegankelijk stuk grond van flinke afmetingen vereist. De achtertuinen van deze huizen zijn niet of moeilijk bereikbaar, bezet door schuren, terrassen of ingericht met perken, planten en struiken. Veel tuinen zijn door de heuvelachtige omstandigheden niet vlak en in terrasvorm aangelegd. De voortuinen zijn doorgaans klein en/of afgebakend met muurtjes of hekwerken.

**Reactie CE Delft:** *Deze feedback is ook verkregen van BDH. Er is nu een luchtwarmtepomp toegepast.*

Je gaat ervan uit de woningen te isoleren tot label B. Daarbij kies je voor LT-radiatoren en een warmtepomp (ik neem aan tevens een LT-systeem). Ik vrees dat dat geen gelukkig huwelijk zal zijn. Voor een LT-oplossing zal de isolatiegraad beduidend beter moeten zijn en er ontstaat een beduidend ander kostenplaatje. Of heb je daar een andere visie op?

**Reactie CE Delft:** *Het beeld dat wij krijgen is dat label B met LT-verwarming wel kan.*

Daarbij is het, in geval van een LT-oplossing, noodzakelijk de ventilatie aan te passen. Dat wordt dan een mechanische WTW-ventilatie. Tevens dient een evt. afzuigkap vervangen te worden door een recyclekap of een WTW-systeem. Die (aanzienlijke) kosten dienen ook meegenomen te worden in een businesscase, of heb je die kosten ergens in verwerkt?

**Reactie CE Delft:** *Overal is mechanische ventilatie toegevoegd.*

Je spreekt over een combiwarmtepomp. Bedoel je daar een hybride warmtepomp mee

(<https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/energiezuinig-verwarmen-en-warm-water/warmtepomp-combi-en-hybridewarmtepomp/>)?

Hybride heeft namelijk in Hengstdal geen toekomst, omdat per 2030 het gasnet vervalt.

Daarbij laat je in de berekeningen terecht de gasaansluiting vervallen.

Een warmtepomp zou in deze situatie dan ook volledig elektrisch moeten werken, met meer verbruik en een hogere pieklast in koude periodes dan bij een combi/hybride.

Dat heeft weer invloed op de aansluiting, het vastrecht en de verbruikskosten, of heb je dat al meegenomen?

**Reactie CE Delft:** *Een combiwarmtepomp is een all electric warmtepomp die ook warm tapwater maakt.*



Verder heb ik geen post aangetroffen m.b.t. tot de productie/opslag van warm water. Een LT warmtepomp levert op zich geen water van > 60 graden Celsius (legionella-eis). Er zou hiervoor een extra (elektrische) warmtebron bij moeten worden gerealiseerd. Dat is ook weer een kostenpost en heeft tevens invloed op de kosten van elektra. Hoe zie je dat?

**Reactie CE Delft:** Zie boven.

## B.4 Loket Duurzaam Wonen

### Feedback Jos van der Lint:

Het isoleren van onder de woonvloer met minerale wol is voor een diverse interpretatie vatbaar: isoleren met mineraalwollen dekens of met een pasta op basis van bv. glaswol. Sinds enige tijd is daar weer een variant bij in de vorm van Icnene, een soort water-gedragen PUR, waar ik zelf bedenkingen bij heb. Bedoel je meer de traditionele manier met dekens onder de vloer?

**Reactie CE Delft:** *het gaat om minerale wol 100 mm, halfharde platen aan onderzijde vloer. het uitgangspunt dat de kruipruimte goed bereikbaar is. Minerale wol is steenwol en glaswol (zie <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/isolatiematerialen-vergeleken/> en <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/isoleren-en-besparen/vloerisolatie/>).*

Het is een moeilijke opgave om representatieve prijzen aan te geven. Loket Duurzaam Wonen Plus geeft in principe alleen globale prijzen en verwijst voor prijsstellingen naar het aanvragen van offertes. Die richtprijzen hebben jullie natuurlijk zelf ook wel, maar het is dus moeilijk om ze te koppelen aan bouwjaren (woningtypen), er zijn heel wat factoren van invloed. Ik heb deze vraag ondertussen ook uitgezet naar diverse aannemers, isolatie-bedrijven en glasbedrijven. Als ik al een antwoord krijg is het vaag (natuurlijk) en worden er toch specifieke kenmerken gevraagd, maatwerk dus en geen algemene prijsindicatie. Ook voor apparaten is het moeilijk een prijs te geven. Ik zou daar echt werk van moeten maken, maar die tijd heb ik in de afgelopen weken niet gevonden.

| Woning-categorie | Type isolatie                                      | Type     | Toelichting isolatie JvdL | Kosten per m <sup>2</sup> | Bedrag RVO EPA maatregelenlijst en opmerking CE Delft |
|------------------|--|----------|---------------------------|---------------------------|---|
| Type 1           | Vloerisolatie op houten vloer                      | RC = 3.0 |                           |                           | € 60  |
| Type 2           | Vloerisolatie onderzijde houten vloer minerale wol | 100 mm   | Kruipruimte isolatie      | € 20 tot € 40             | € 42  |
| Type 3           | Vloerisolatie onderzijde stenen vloer minerale wol | 100 mm   | Vloerisolatie             | € 30                      | € 25  |
| Type 1           | Gevelisolatie binnenzijde                          | 100 mm   | Gevelisolatie             | € 15 tot € 130            | € 89  |
| Type 2           | Spouwmuurisolatie EPS-korrels                      |          |                           |                           |   |
| Type 3           | Spouwmuurisolatie EPS-korrels                      |          |                           |                           |   |
| Type 1           | Dakisolatie binnenzijde schuin dak                 | 100 mm   | Dakisolatie               | € 65 tot € 120            | € 55. Bedrag is verhoogd naar €100.                   |

| Woning-categorie | Type isolatie                         | Type   | Toelichting isolatie JvdL  | Kosten per m <sub>2</sub> | Bedrag RVO EPA maatregelenlijst en opmerking CE Delft |
|------------------|---------------------------------------|--------|--|---------------------------|---|
| Type 2           | Dakisolatie binnen-zijde schuin dak   | 100 mm |  |                           |   |
| Type 3           | Dakisolatie binnen-zijde schuin dak   | 100 mm |  |                           |   |
| Type 1           | Voorzetraam enkel-glas                |        | Draai-kiepraam HR++ of Tripleglas; vaste kozijnen, vlakke kozijnen, gladde profielen zonder kleur of met houtnerfstructuur op aanvraag. Bedragen zijn dan incl. demontage, montage, enz. | € 630-€ 700               | Monumentenglas € 250.                                 |
| Type 2           | Driedubbelglas incl. vervangen kozijn | HR+++  |  |                           | € 150-€ 175   |
| Type 3           | Driedubbelglas incl. vervangen kozijn | HR+++  |  |                           | € 150-€ 175   |
|                  |                                       |        | Isolatieglas   | € 65 - € 120              |   |

#### Opmerking richtprijzen:

Het nadeel van deze prijzen is dat je een aantal zaken niet weet:

- Hoe diep is de kruipruimte en is deze bereikbaar?
- Bij de voorzetwand is de vraag hoe dik moeten er ook voorzetkozijnen komen hoe groot en draaiende delen? Ik houd meestal een voorzetwand aan van 150 mm met inteelt folie/installatie-zone van 21 mm, met daarop 18 mm underlayment en gipsplaat gestuukt.

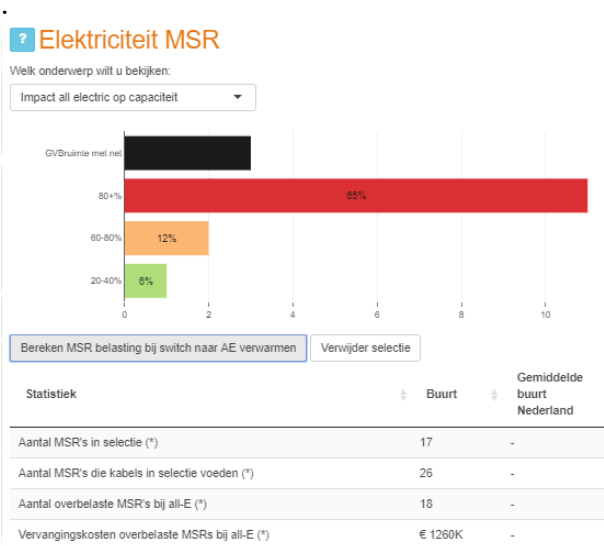
Kortom, het is niet handig om voor een bestaande situatie richtprijzen te noemen; ze zijn meestal niet goed op maat en wekken verwachtingen. Je kunt wel wat zeggen aan de hand van een tekening en een planopzet voorbeeld. Daarbij moet je ook weten of het isoleren op de ene plaats geen vochtprobleem op de andere veroorzaakt. Het uitgangspunt is; isoleren, verwarmen en ventileren, luchtdicht en damp-open, enfin nog een hele toer.

B.5 Netbeheerder (Liander)

Elektriciteitsnetwerk



Figuur: Situatie van overbelast elektriciteitsnetwerk door all electric, de kleuren zijn gerelateerd aan de kleuren in onderstaande staafdiagrammen. Bolletjes zijn middenspanningsruimtes (MSR) lijnen zijn laagspanningskabels (LS-kabels).

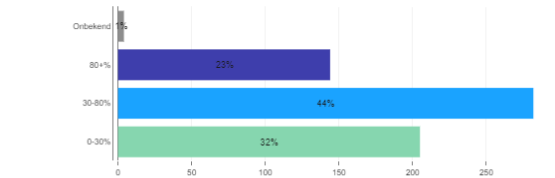


## ? Elektriciteit LS-net

☒ Toon LS-hoofdleidingen

Welk onderwerp wilt u bekijken:

Impact all electric op capaciteit



Bereken LS belasting bij switch naar AE verwarmen

Vervijder selectie

| Statistiek                                    | Buurt    | Gemiddelde buurt Nederland |
|---|----------|----------------------------|
| Totale lengte LS-net                          | 32.58 km | -                          |
| Totale lengte 150AL, 95AL, 95CU, 70CU, 50CU   | 21.64 km | -                          |
| Totaal extra verbruik bij all-E (*)           | 4300 kVA | -                          |
| Totale lengte te vernieuwen net bij all-E (*) | 12.13 km | -                          |
| Kosten te vernieuwen net bij all-E (*)        | € 1317K  | -                          |

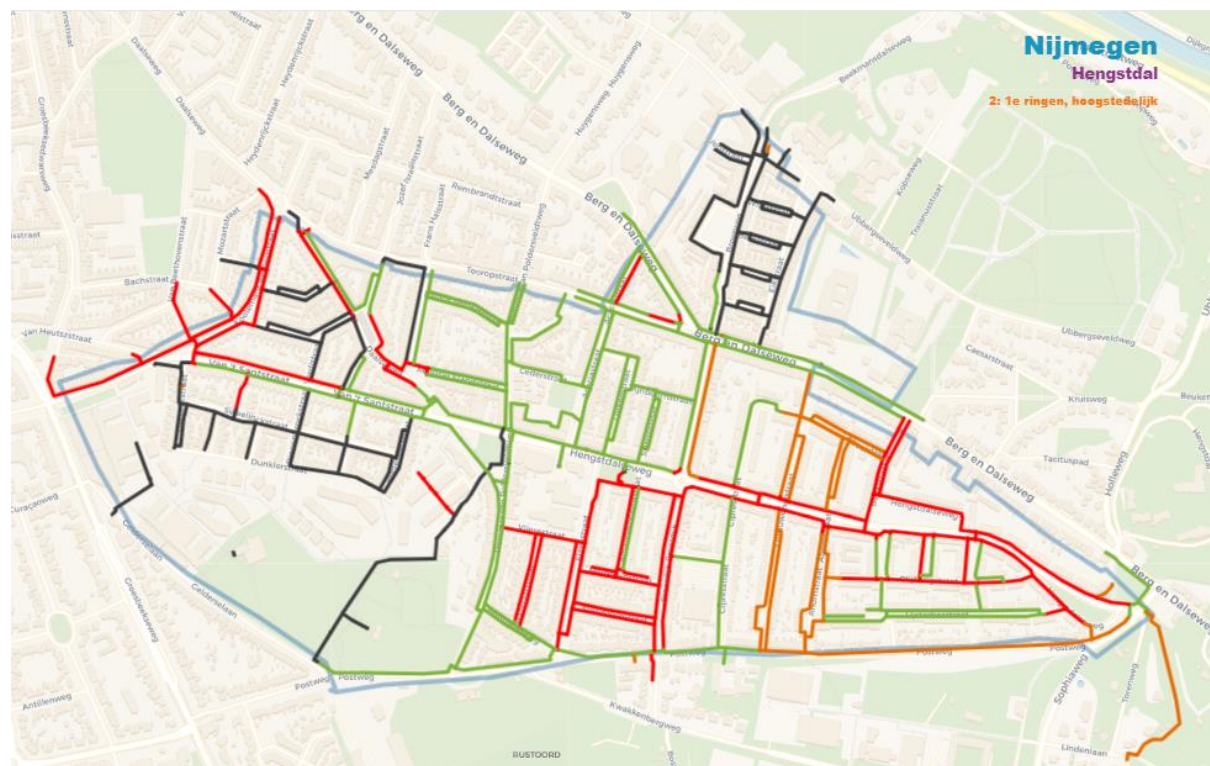
### Vervangingskosten overbelaste MSR (middenspanningsruimtes).

- Het aantal middenspanningsruimtes dat meer dan 80% belast is, nadat de woningen over zijn gegaan op all electric. Doordat er ruimtes buiten de selectie het gebied voeden kan het zijn dat er meer ruimtes verzwaard moeten worden dan dat er aanwezig zijn in de selectie.
- De kosten die gemoeid gaan met het vervangen van de overbelaste middenspanningsruimtes zijn een **inschatting** van de kosten. De aanname is dat deze vervangen wordt voor de benodigde capaciteit inclusief wat kabel vervangingen. De impact op het middenspanning-netwerk is niet meegenomen.

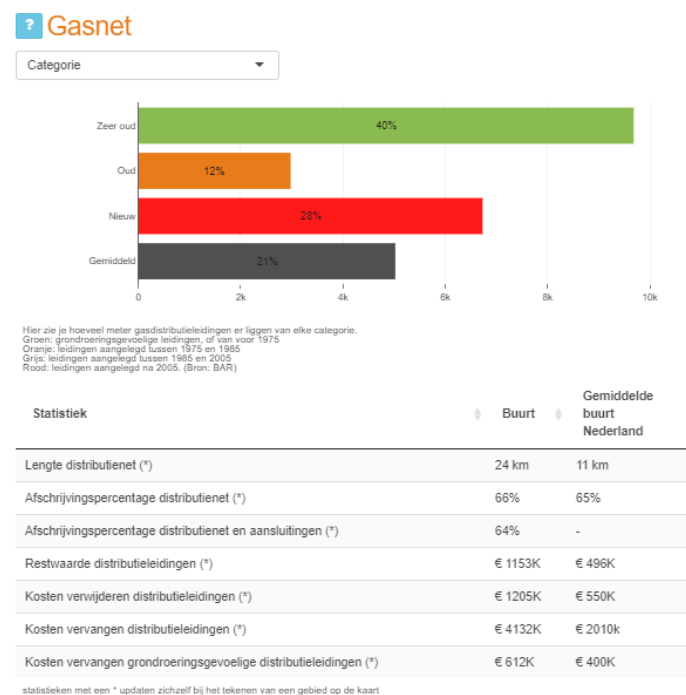
### Kosten te vernieuwen net bij all Electric

- De lengte voor het te vervangen netwerk is een inschatting van de te vervangen kabels. Alle overbelastte kabels en alle lage-capaciteit kavelen dienen vervangen te worden voor nieuwe aluminium kabels. De lengte van kabels wordt vermenigvuldigd met de gemiddelde kostprijs voor vervangen van een kabel, dit levert een **inschatting** van de kosten op.

## Gasnetwerk



Figuur: Situatie van het gasnetwerk, de kleuren zijn gerelateerd aan de kleuren in onderstaande staafdiagram.



De kosten van verwijderen van de distributie leidingen is lengte vermenigvuldigd met de gemiddelde kostprijs voor het verwijderen van een leiding.

## E-Aansluitingen

In het gebied zijn ongeveer 3.700 adressen/aansluitingen aanwezig. Voor het all electric verwarmen van een woning dient er een 3 fasen-aansluiting aanwezig te zijn. Een aansluiting van een woning bestaat uit een kabel van het LS-netwerk naar de woning, de aansluitkabel. De aansluitkabel wordt in de meterkast aangesloten, daar wordt met 1 of 3 fasen aangesloten op de meter en de groepenkast.

De meeste woningen zullen een 3 fasen-aansluitkabel hebben, maar ongeveer 15% van de woningen heeft daadwerkelijk 3 fasen aangesloten op de meter/groepen kast. De tarieven van Liander stellen twee verschillende tarieven voor het aanpassen van de aansluiting.

### Verzwaren excl. aansluitkabel en kast

| Soort verzwaring   | Tarief incl. btw |
|--|------------------|
| 1-fase: u heeft 1x10A - u wilt 1x35A   | € 208,95         |
| 1-fase: u heeft 1x20A/1x25A - u wilt 1x35A   | € 208,95         |
| 3-fase: u heeft 3x25A - u wilt 3x35A (of zwaarder t/m 3x80A)                               | € 208,95         |
| 1-fase naar 3-fase: u heeft 1x10A/1x20A/1x25A/1x35A - u wilt 3x25A (of zwaarder t/m 3x80A) | € 280,78         |

Als voor de verzwaring een nieuwe aansluiting nodig is, moeten we ook de aansluitkabel verzwaren zodat het aangevraagde vermogen getransporteerd kan worden over de aansluitkabel. In dat geval hanteren wij het [tarief voor een nieuwe aansluiting](#).

### Vaste aansluiting

Voor een nieuwe vaste elektriciteitsaansluiting gelden de volgende eenmalige tarieven:

| Capaciteit van de aansluiting | Tarief incl. btw |
|-------------------------------|------------------|
| 1-fase: 1x10A <sup>1</sup>    | € 778,64         |
| 3-fase: 3x25A                 | € 778,64         |

## Gasaansluitingen

Naast het verwijderen van de distributienetten dienen voor alle aansluitingen de aansluitleidingen verwijderd te worden incl. aansluitkast en meter. Liander.nl geeft de tarieven.

| ▼ Aansluiting verwijderen  |                  |
|--|------------------|
| De werkzaamheden van Liander bestaan uit het weghalen van de meter, de aansluitkast en de leiding in de grond. |                  |
| Soort verwijdering   | Tarief incl. btw |
| Regulier verwijderen t/m G25 laagbouw (uitvoering na 10 werkdagen)   | € 687,00         |
| Regulier verwijderen t/m G25 hoogbouw (uitvoering na 10 werkdagen)   | € 366,12         |