

Rapport: Validatie drie verwarmingstechnieken

Gemaakt voor:
Stichting MOED

Gemaakt door:
ISSO Kennisinstituut voor bouw en installatietechniek
A. Schrauwen
D. van der Kooij

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
Samenvatting	3
Begrippenlijst	4
1 Inleiding	5
2 Methode	6
2.1 Verwarmingstechnieken	6
2.2 Validatieprotocol	6
2.2.1 Vooropname	7
2.2.2 Uitgangspunten	7
2.3 Berekeningen	8
2.3.1 Bepaling theoretisch warmteverlies	8
2.3.2 Bepaling werkelijk warmteverlies	9
2.3.3 Bepaling verhouding warmteverlies tussen referentiewoning en testwoningen	9
3 Resultaten	10
3.1 Energieverbruik	10
3.1.1 Theoretisch warmteverlies	10
3.1.2 Werkelijk warmteverlies	11
3.1.3 Verhouding warmteverlies tussen referentiewoning en testwoningen	12
3.1.4 Eindresultaat	12
3.2 Kostenanalyse	16
3.2.1 Investerings- en onderhoudskosten	16
3.2.2 Vaste aansluitingen	17
3.2.3 Kosten van verbruik	17
4 Conclusie	18
4.1 Hypothese	18
4.2 Elektriciteit in de toekomst	18
4.3 Gas in de toekomst	18
4.4 Adviezen	18
5 Aanbevelingen	19

Samenvatting

Door gebruik te maken van meer elektrificatie in woningen worden alternatieve verwarmingstechnieken beter mogelijk. De vraag is of een conventionele verwarmingsketel uit te wisselen is met een elektrisch alternatief, wat eventuele voorwaarden zijn en hoe het energieverbruik eruit ziet.

In het onderzoek wordt gemeten in drie woningen, één met een gasgestookte CV-ketel, één met een CO₂ warmtepomp en één met een luchtverhitter. Deze systemen zijn aangesloten op het bestaande distributienet van de verwarming, hoge temperatuur radiatoren. Twee van de woningen liggen tegen het dak aan en de referentiewoning ligt omsingeld door andere appartementen.

Het onderzoek is in verschillende delen opgesplitst. De woningen zijn doorgemeten tijdens de meetperiode, op de volgende punten:

- Instelparameters
- Binnentemperatuur
- Aanwarmtijd vertrek
- Buitentemperatuur
- Tapwatertemperatuur
- Elektriciteitsgebruik
- Gasverbruik

Op basis van de meetgegevens is er gerekend aan de woningen en verwarmingstechnieken. Het warmteverlies van de twee typen woningen is met een factor omgerekend, zodat alle woningen met elkaar vergeleken kunnen worden. Daarna is het verbruik van de verwarmingstechnieken tegenover elkaar uitgezet.

Kort samengevat leiden de resultaten tot een aantal conclusies. De gasgestookte CV-ketel is in slecht geïsoleerde woningen met hoge temperatuur verwarming te vervangen door elektrische alternatieven zonder de hele woning aan te hoeven pakken. Daarnaast laat het onderzoek zien dat het inregelen van de CV-ketel cruciaal is voor het zuinig en efficiënt werken van de CV-ketel. Verder zijn er adviezen aan de hand van het onderzoek om woningen ook te isoleren en de verwarmingstechniek te verbeteren, naast het vervangen van het verwarmingstoestel. Ook is er waarschijnlijk nog winst te halen uit de elektrische verwarmingstechnieken door het gebruik van bijvoorbeeld zonnepanelen. Als laatste komt uit het onderzoek dat we er met de elektrische verwarmingstechnieken nog niet zijn op gebied van zowel de investering als de verwarmingskosten.

Begrippenlijst

Hoge temperatuur verwarming

Warmwaterverwarmingsinstallatie waarbij de ontwerpaanvoertemperatuur hoger is dan 55 °C.

Lage temperatuur verwarming

Verwarmingssysteem met een gemiddelde temperatuur $\leq 50^{\circ}\text{C}$, bijvoorbeeld door middel van vloerverwarming.

Total cost of ownership

Een benaderingswijze waarbij, naast de stichtingskosten, ook gekeken wordt naar de financiële gevolgen van andere gemaakte keuzes in de ontwerpfase, zoals exploitatie en onderhoudskosten. TCO is stakeholder-gericht; TCO kan ook het totaal aan kosten van verschillende stakeholders inhouden.

Infiltratie

Alle lucht die 'ongecontroleerd' een gebouw binnenkomt (door kieren, spleten, niet afsluitbare openingen).

Transmissiewarmteverlies

Algebraïsche som van de warmtetransporten via de begrenzingsvlakken van een ruimte.

Ventilatiewarmteverlies

Warmteverlies ten gevolge van het verwarmen van de lucht die op enigerwijze in de ruimte komt.

Warmteverlies

Som van het warmteverlies ten gevolge van transmissie, ventilatie en infiltratie in een gebouw of een gedeelte van een gebouw.

1 Inleiding

Met de toenemende verduurzaming van gebouwen en de gebeurtenissen in Groningen omtrent gaswinning is er meer aandacht voor het onderwerp '#vanhetgasaf'.

Echter daarbij wordt de vraag gesteld '#hoedan?'

Om woningen gasloos te maken moeten momenteel hoge kosten gemaakt worden om te isoleren en naar LTV over te stappen. Maar is een conventionele verwarmingsketel ook uit te wisselen voor een elektrisch alternatief zonder al deze aanpassingen? Wat zijn de voorwaarden? Hoe is het energiegebruik? En wordt de woning überhaupt wel warm?

Om deze vragen te kunnen beantwoorden is op initiatief van stichting MOED dit project gestart. De partijen die aan dit project deelnemen zijn:

- Stichting MOED, initiator en coördinator van het project.
- TIWOS, die de proefwoningen ter beschikking heeft gesteld.
- Enexis, die energiegebruiksgegevens ter beschikking stelde.
- Durocan heeft een proefwoning voorzien van een innovatieve CO₂ warmtepomp.
- Tube Inside heeft een proefwoning voorzien van een innovatieve luchtverhitter.
- Helicon en ISSO, die de validatie en metingen van de woningen organiseerde en analyseerde.

2 Methode

Het onderzoek is in verschillende delen opgesplitst. De woning moet doorgemeten worden tijdens de testperiode, wat wordt gedaan op basis van het validatieprotocol, en daarna moet er berekend worden hoe de verwarmingstechnieken in de periode gepresteerd hebben ten opzichte van elkaar.

2.1 Verwarmingstechnieken

In het onderzoek worden drie verwarmingstechnieken gebruikt. De drie verwarmingstechnieken worden allemaal aangesloten op het bestaande distributiesysteem, wat bestaat uit hoge temperatuur radiatoren.

CV-ketel

De klassieke CV-ketel die warm tapwater en ruimteverwarming opwekt door middel van gasverbranding.

Hoog temperatuur CO₂ warmtepomp

De hoge temperatuur CO₂ warmtepomp is een lucht-water warmtepomp die in hoge temperatuur ruimteverwarming voorziet. Naast de warmtepomp is er nog een boiler nodig voor het warm tapwater. De warmtepomp warmt het water in het distributiesysteem op door warmte te onttrekken aan de buitenlucht en deze in het distributiesysteem te stoppen.

Luchtverhitter

De luchtverhitter is een verwarmingssysteem wat door middel van hete lucht het bestaande distributiesysteem voorziet van warmte. Naast de luchtverhitter is er nog een boiler nodig voor het warm tapwater.

2.2 Validatieprotocol

Het validatieprotocol heeft als doel om te komen tot een eenduidige en objectieve validatie van twee innovatieve technieken waarmee door aardgas gestookte toestellen kunnen worden vervangen dan wel aangepast.

Door de twee innovatieve technieken te vergelijken met een conventionele woning wordt inzicht gegeven hoe de innovatieve techniek scoort ten opzichte van de conventionele techniek.

Het protocol dicteert dat er op de volgende punten gemeten moet worden om tot een gedegen resultaat te komen:

- Instelparameters
- Service
- Binnentemperatuur
- Aanwarmtijd vertrek
- Buitentemperatuur
- Tapwatertemperatuur
- Elektriciteitsgebruik
- Gasverbruik
- Kosten

Het meetprotocol is voor de gasgestookte CV-ketel in twee periodes opgedeeld, elk twee weken. In de eerste meetperiode, voortaan genaamd meetperiode 1, is het uitgangspunt een bewoner die overdag tussen 08:30 uur en 16:00 uur niet aanwezig is in zijn/haar woning. Tussen 16:00 uur en 08:30 uur is hij/zij wel aanwezig. De instellingen van de gewenste ruimtetemperaturen zijn daarom als volgt:

- De ruimten in de woning moeten in de ochtendperiode om 07:00 uur op een temperatuurniveau zijn van 21°C om 08:30 uur gaat de bewoner aan het werk en vanaf dat tijdstip mag de verwarmingstemperatuur zakken tot minimaal 15°C.
- Om 16:00 uur komt de bewoner weer thuis en moeten de verschillende ruimten in de woning weer op een temperatuurniveau zijn van 21°C.
- De bewoner gaat om 22:30 uur naar bed en vanaf dat moment mag het temperatuurniveau in de woning zakken tot 15°C.

In de laatste twee weken is de streef binnentemperatuur dag en nacht 21°C voor zowel de CV-ketel als de alternatieve verwarmingstechnieken. In de rest van het onderzoek noemen we dit: meetperiode 2. Alternatieve verwarmingssystemen worden in de regel nooit overgedimensioneerd, zoals bij een CV-ketel wel wordt gedaan. Dit leidt er toe dat deze alternatieve systemen eigenlijk altijd continue verwarmen, of met een minimale nachtverlaging.

Omdat de woningen leeg staan, is er geen sprake van het bereiden van voedsel en gebruik van elektrische apparatuur (drogers, televisies, waterkokers etc.). Deze woonactiviteiten staan los van de werking van de verwarmingssystemen en hoeven daarom ook niet te worden gemeten.

2.2.1 Vooropname

Voordat begonnen wordt met de metingen wordt er een vooropname gedaan. De volgende elementen worden gecontroleerd, gedocumenteerd en ingesteld:

- Meterstanden elektra- en gasmeters;
- Instelstanden van radiatorventielen;
- Toestand woning (met foto's);
- Stand van zaken (nieuw aangebrachte) installatie (met foto's);
- Inprogrammeren van thermostaat t.b.v. metingen.

2.2.2 Uitgangspunten

Om objectief te kunnen vergelijken wordt er uitgegaan van drie gelijke woningen met een vergelijkbare: externe warmtelast, interne warmtevraag, isolatie en warmteafgiftesysteem (leidingnet, type en grootte radiatoren). Verder wordt er uitgegaan van een vergelijkbaar tapwaterinstallatie waarbij lengte en diameter van leidingen van de verwarmingsunit naar de tappunten overeenkomen. Er is echter een verschil tussen de referentiewoning en de twee woningen met de alternatieve verwarmingstechnieken. De referentiewoning is namelijk een C-label woning, de twee woningen met alternatieve verwarmingstechnieken zijn woningen met een E-label. Om de woningen te kunnen vergelijken wordt het warmteverlies van de woningen omgerekend.

2.3 Berekeningen

De drie verschillende verwarmingstechnieken moeten met elkaar vergeleken worden, wat op techniek zelf niet mogelijk is omdat de technieken allemaal op een andere manier verwarmen. Twee van de drie technieken verwarmen met behulp van elektriciteit en de derde techniek (referentiewoning) wordt verwarmd met gas. Omdat niet bekend is wat de precieze efficiëntie is van de gasgestookte CV-ketel tijdens gebruik is het lastig om op basis van de technieken alleen de vergelijking te maken.

Naast de technieken zijn de energie-labels van de woningen bekend. Het energie-label geeft een indicatie van het energieverbruik van een woning, maar geeft hier geen precies getal voor omdat deze labels voor de hele woningmarkt gelden. Daarnaast geldt het energie-label zowel voor bouw- als installatietechniek. Er kan dus niet objectief naar alleen het gebouw gekeken worden.

Een andere optie is om het gebouw te simuleren. Een energieverliesberekening van de woningen, in combinatie met de binnentemperatuur, buitentemperatuur en het energieverbruik. Op deze manier kan het energieverbruik van de woningen vergeleken worden met elkaar en met het energieverlies van de woningen. Het is dus mogelijk om zowel de appartementen, de op de tussenverdieping gelegen en die grenzend aan het dak, met elkaar te vergelijken zowel als de verwarmingstechnieken.

Met de beschikbare gegevens is de laatste methode het meest geschikt om de drie verwarmingstechnieken goed met elkaar te kunnen vergelijken. Deze methode is daarom uitgekozen en wordt verder uitgelegd in dit hoofdstuk.

2.3.1 Bepaling theoretisch warmteverlies

De warmteverliesberekening van de appartementen wordt uitgevoerd volgens ISSO publicatie 51. Daarbij wordt gerekend met de volgende verliesposten:

- Specifiek warmteverlies van het gebouw naar de buitenlucht
- Specifiek warmteverlies naar aangrenzende onverwarmde ruimte(n)
- Warmteverlies door buitenluchttoetreding

Hierbij is het specifiek warmteverlies naar aangrenzende verwarmde ruimten buiten beschouwing gelaten omdat er te weinig bekend is over het stookgedrag van de burens. Voor dit type woning wordt hier met 15°C gerekend als binnentemperatuur, wat in de meetsituatie waarschijnlijk hoger ligt.

De berekening is gemaakt op basis van de gegevens van de EI-index. In deze documenten zijn bouwkundige gegevens van de appartementen gegeven. Hierbij zijn aannames gedaan voor het infiltratiedebiet van de woningen.

Voor het infiltratiedebiet is uitgegaan van het jaartal van het gebouw en het totale oppervlak van de voor- en achtergevels van de appartementen. De appartementen hebben een betonnen dak, hier vindt dus geen extra infiltratie plaatsvindt.

Uit deze berekening volgt het warmteverlies van het appartement in W/K, te zien in 'Berekeningen [Straatnaam + huisnummer].xlsx'.

2.3.2 Bepaling werkelijk warmteverlies

Met het warmteverlies uit paragraaf 2.2.1, de buitentemperatuur van meetstation Gilze-Rijen en de gemeten binnentemperatuur wordt vervolgens per dag het werkelijk warmteverlies bepaald. Dit is te vinden in 'Berekeningen [Straatnaam + huisnummer].xlsx', in het tabblad 'Warmteverlies en verbruik'.

Per dag is berekend wat de gemiddelde binnen- en buitentemperatuur is en vervolgens wat het gemiddelde temperatuurverschil is. Het gemiddelde temperatuurverschil en het warmteverlies, berekend in de vorige paragraaf, samen vormen het gemiddelde warmteverlies per uur van het appartement.

2.3.3 Bepaling verhouding warmteverlies tussen referentiewoning en testwoningen

De warmteverliezen van de drie appartementen zijn tegenover elkaar uitgezet. De verschillen in de warmteverliezen tussen de drie appartementen bepaalt de factor waarmee het appartement met de gasgestookte CV-ketel moet worden gecorrigeerd om te kunnen vergelijken met een appartement met een dak grenzend aan de buitenlucht. Dit betekent dat wanneer het energieverbruik van de CV-ketel wordt vermenigvuldigd met deze factor, dat het energieverbruik van de referentiewoning ongeveer gelijk moet zijn aan een CV-ketel in een appartement met een dak grenzend aan de buitenlucht. Voor de berekening, zie 'Factoren energieverlies.xlsx'.

3 Resultaten

3.1 Energieverbruik

De resultaten van het de metingen en berekeningen worden in dit hoofdstuk getoond. Er wordt puur naar het energieverbruik van de verschillende technieken gekeken en hoe deze zich tot elkaar verhouden.

3.1.1 Theoretisch warmteverlies

Uit de berekeningen voor het theoretisch warmteverlies per appartement, te vinden in 'Berekeningen [Straatnaam + huisnummer].xlsx', volgen de waardes zoals weergegeven in tabel 3.1.

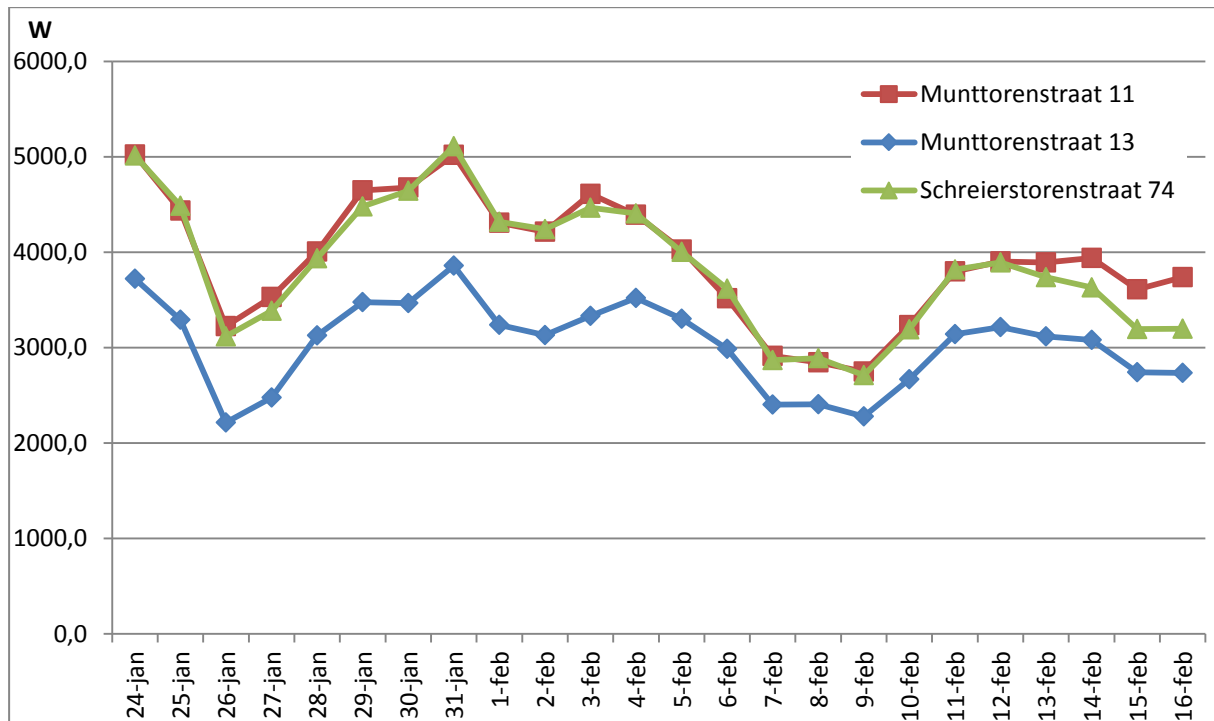
Tabel 3.1 Theoretisch warmteverlies van de appartementen

	Munttorenstraat 13 (referentiewoning)	Munttorenstraat 11	Schreierstorenstraat 74	Eenheid
Specifiek warmteverlies van het gebouw naar de buitenlucht	100,9	125,0	125,0	W/K
Specifiek warmteverlies naar aangrenzende onverwarmde ruimte(n)	42,6	42,6	42,6	W/K
Warmteverlies door buitenluchtttoetreding	47,2	47,2	47,2	W/K
Totaal warmteverlies	190,8	214,8	214,8	W/K

Dit is het theoretisch warmteverlies wat elk appartement verliest op basis van de bouwfysische gegevens, de gegevens van de gevels, ramen en het dak.

3.1.2 Werkelijk warmteverlies

Uit de berekeningen voor het werkelijk warmteverlies per appartement, te vinden in 'Berekeningen [Straatnaam + huisnummer].xlsx', volgen de waardes weergegeven in Afb 3.1. Dit zijn de gemiddelde warmteverliezen van de appartementen per uur van die dag van de meetperiode. Deze waardes zijn gebaseerd op het theoretisch warmteverlies en het temperatuurverschil tussen binnen en buiten.



Afb. 3.1 Werkelijk warmteverlies van de appartementen

3.1.3 Verhouding warmteverlies tussen referentiewoning en testwoningen

De warmteverliezen van de drie appartementen zijn tegenover elkaar uitgezet in 'Factoren energieverlies.xlsx'. De verschillen tussen de drie appartementen bepalen de factor waarmee het appartement met de gasgestookte CV-ketel moet worden gecorrigeerd om gelijk te staan aan een appartement met een dak grenzend aan de buitenlucht. Deze factor komt uit op 1,28, dit betekent dat wanneer het energieverbruik van de CV-ketel wordt vermenigvuldigd met 1,28, deze ongeveer gelijk moet zijn aan een CV-ketel in een appartement met een dak grenzend aan de buitenlucht.

Om de gasgestookte CV ketel en de elektrisch gedreven warmtepomp en luchtverhitter te kunnen vergelijken, is in alle berekeningen het gas naar kWh energie omgerekend. Uit 1 m³ gas komt ongeveer 9.3 kWh energie in een gemiddelde CV-ketel.

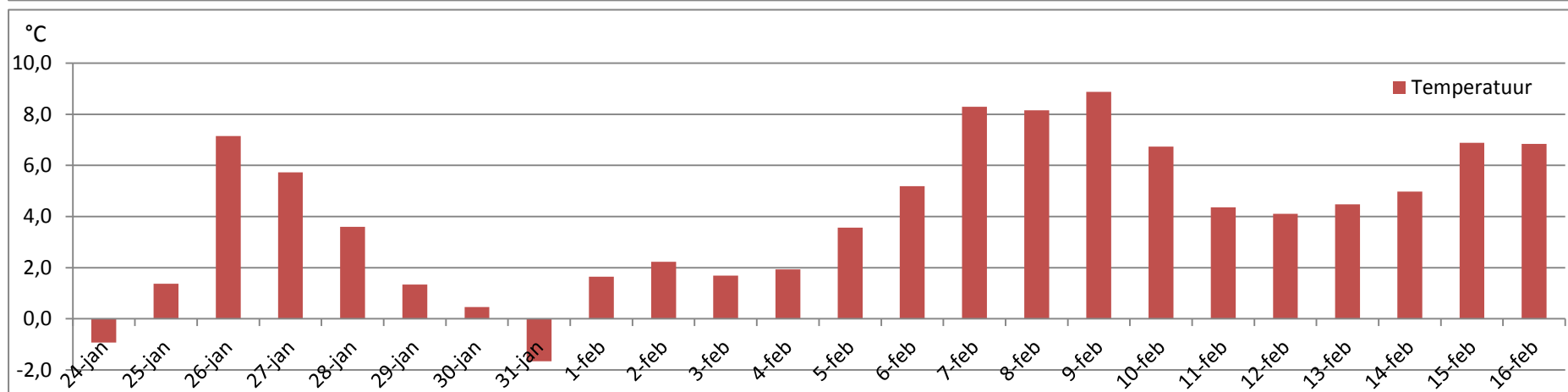
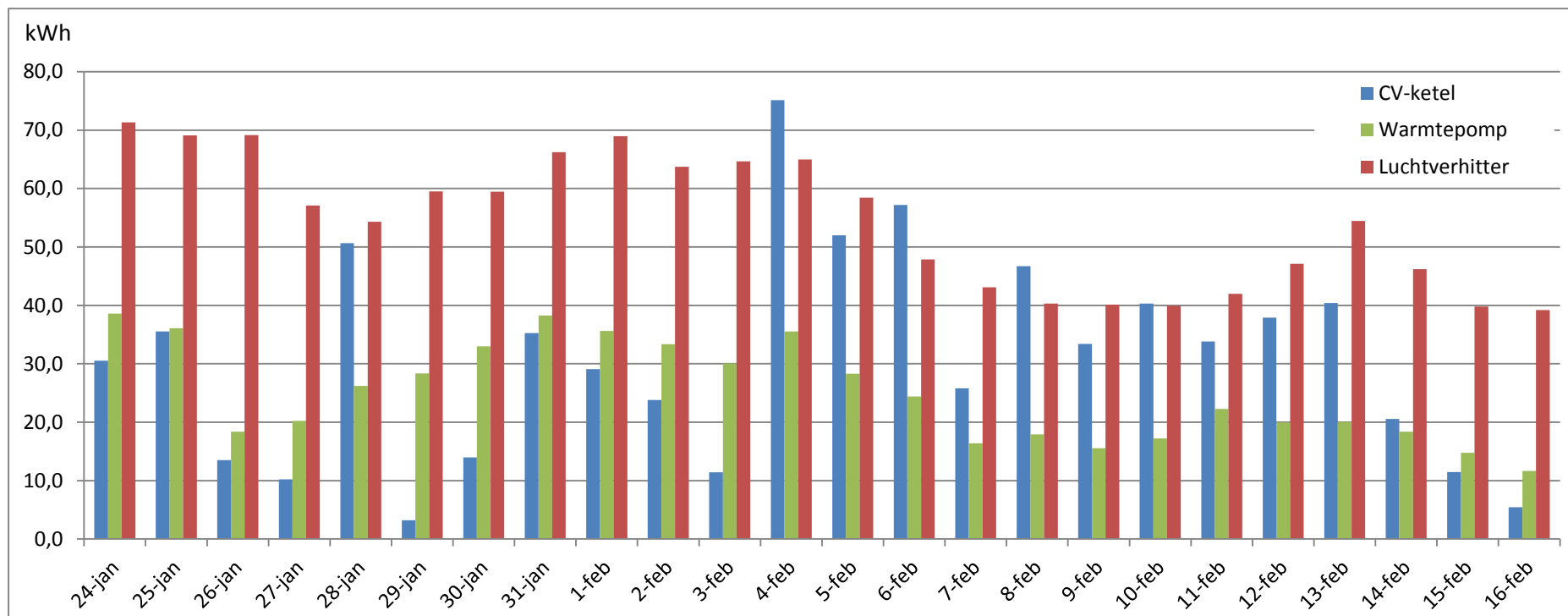
3.1.4 Eindresultaat

Als de gasgestookte CV-ketel is gecorrigeerd met de factor dan kunnen de drie verwarmingstechnieken met elkaar vergeleken worden. Dit wordt gedaan in de Excel file 'Kolom grafiek.xlsx'. Hier wordt het energieverbruik van de drie technieken naast elkaar gezet. De in de tabel lichtgroen gearceerde gegevens zijn gebruikt in de grafiek. De lichtoranje gegevens zijn weggelaten omdat niet alle technieken op die dagen gemeten zijn. Zie Tabel 3. voor de vergelijkingstabel van de drie technieken.

Tabel 3.2 Verbruik per verwarmingstechniek over de meetperiode

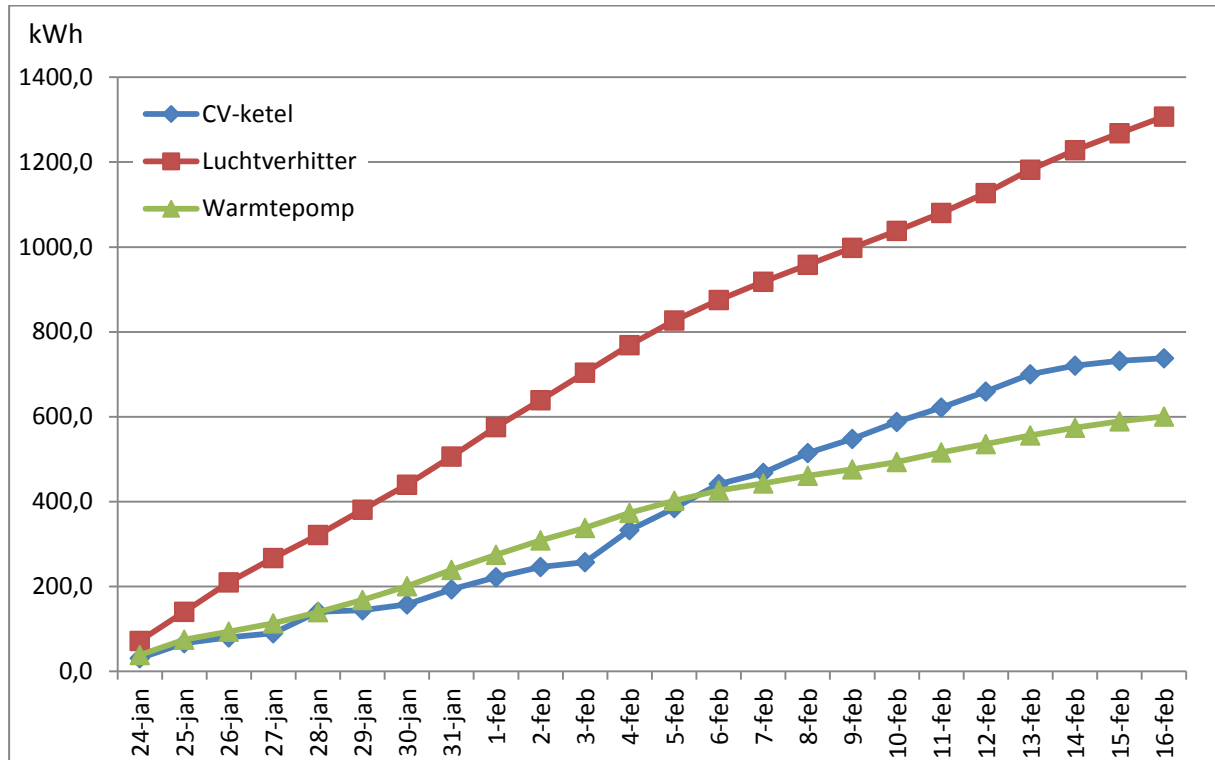
	CV-ketel Munttorenstraat 13 (referentiewoning)	Luchtverhitter Munttorenstraat 11	Warmtepomp Schreierstorenstraat 74	Eenheid
Meetperiode 1: CV-ketel met nachtverlaging	257,3	703,6	338,1	kWh
Meetperiode 2: CV-ketel zonder nachtverlaging	480,3	603,6	262,5	kWh
Totaal:	744,1	1437,6	693,4	kWh

Zie Afb. 3.2 voor een visuele representatie van de bovenstaande waarden, weergegeven per dag. Ter aanvulling voor de vergelijking is in Afb. 3.3 de gemiddelde buitentemperatuur weergegeven per dag.



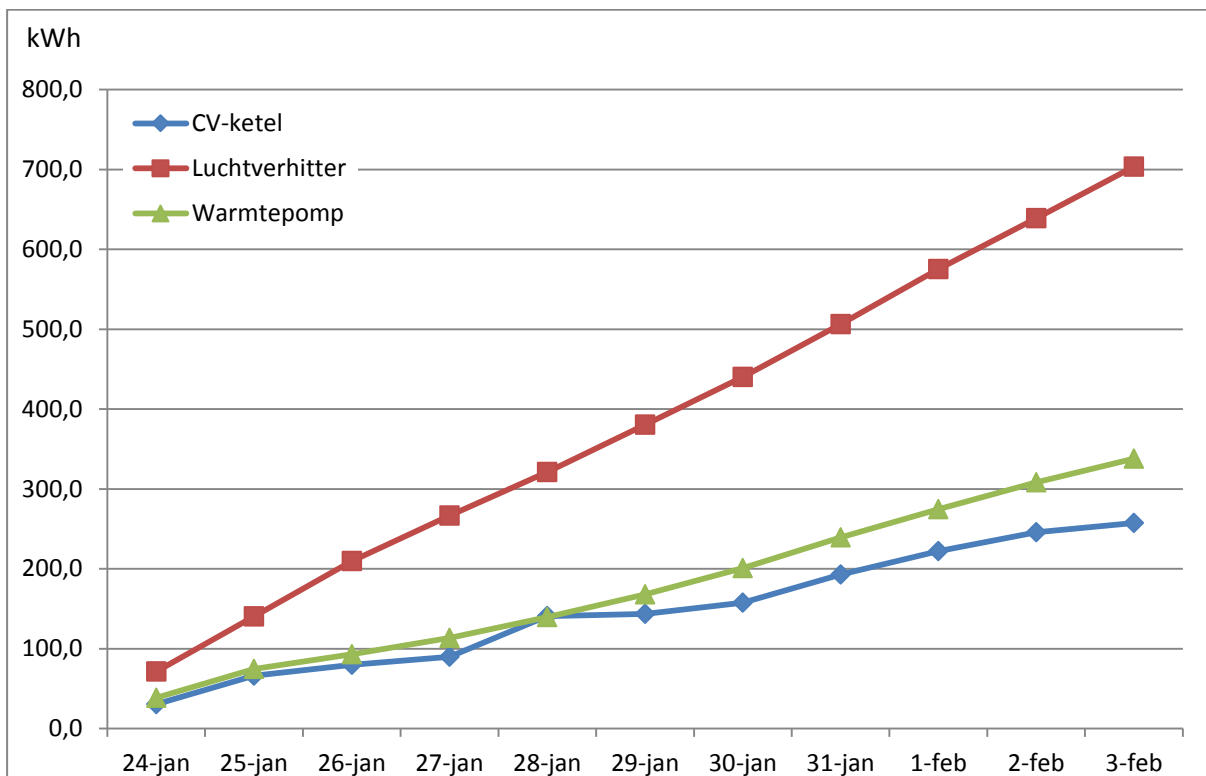
Afb. 3.3 Gemiddelde buitentemperatuur per dag over de meetperiode

Om beter inzicht te krijgen in de gegevens zijn deze ook cumulatief weergegeven in afbeeldingen 3.4, 3.5 en 3.6. Afb. 3.4 toont het cumulatief energieverbruik over de gehele meetperiode. Van 3 naar 4 februari is een duidelijke knik te zien in de meetwaarden van de CV-ketel. Dit komt omdat de CV-ketel die dag van nachtverlagingstand overgeschakeld in continustand. In de meetperiode 1 is de ingestelde temperatuur in de nacht lager dan die overdag. In meetperiode 2 is de hele dag dezelfde ingestelde temperatuur gebruikt.

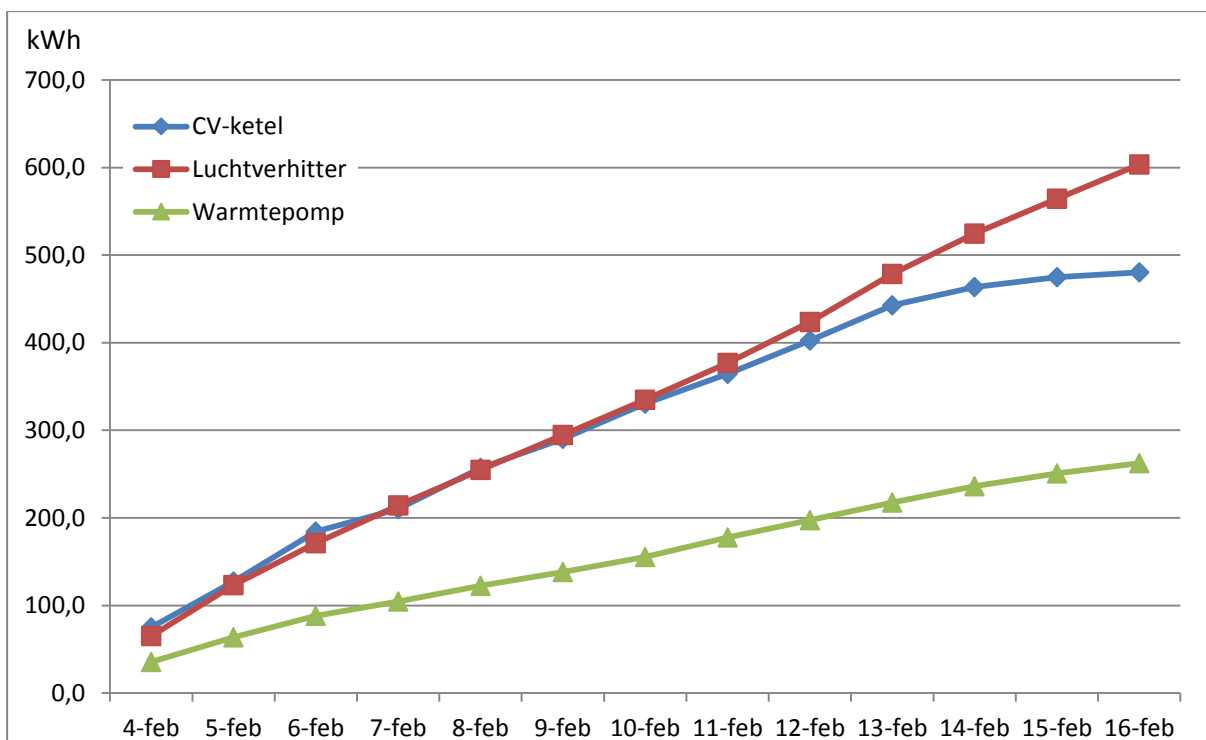


Afb. 3.4 Cumulatief verbruik van de drie verwarmingstechnieken over de hele meetperiode

Afbeeldingen 3.5 en 3.6 tonen het cumulatief energieverbruik van de verschillende verwarmingstechnieken, gesplitst in de periode waar de CV-ketel in nachtverlagingstand heeft gestaan en in de periode waar de CV-ketel continu heeft gedraaid. Afb. 3.5 toont meetperiode 1, waar de CV-ketel in nachtverlagingstand heeft gestaan, en Afb. 3.6 toont meetperiode 2 met de CV-ketel in continustand.



Afb. 3.5 Cumulatief verbruik over de meetperiode met de CV-ketel in nachtverlagingsstand



Afb. 3.6 Cumulatief verbruik over de meetperiode met de CV-ketel zonder nachtverlagingsstand

3.2 Kostenanalyse

Met het energieverbruik in beeld kan gekeken worden naar de kosten van de verschillende verwarmingstechnieken. Omdat de meting maar een maand heeft plaatsgevonden kan niet bepaald worden wat de totale total cost of ownership per apparaat is. Om het voor een heel jaar te bepalen moeten veel aannames gedaan worden, wat een verkeerd beeld van de realiteit kan geven. Er wordt daarom een splitsing gemaakt tussen de totale levensduur van de apparaten, 15 jaar, en de meetperiode. De investerings- en onderhoudskosten en de vaste aansluitingen zijn over de totale levensduur, de kosten van verbruik is alleen over de meetperiode.

3.2.1 Investerings- en onderhoudskosten

Als eerste de investerings- en onderhoudskosten over de totale levensduur van de apparaten. In tabel 3.3 is te zien wat elk apparaat kost en wat de onderhoudskosten zijn. Hierbij zijn de investeringskosten als eenmalig weergegeven en de onderhoudskosten per 2 jaar. Bij de Munttorenstraat 11 zijn twee bedragen genoemd, de bovenste prijs is van de luchtverhitter en de onderste prijs is die van de benodigde boiler voor warm tapwater. Bij deze kostenberekening is aangenomen dat de restwaarde van alle apparaten na 15 jaar €0,0 is. Samengevoegd zijn dit de totale kosten voor de levensduur van de apparaten.

Tabel 3.3 Investerings- en onderhoudskosten drie verwarmingstechnieken

	CV-ketel Munttorenstraat 13 (referentiewoning)	Luchtverhitter Munttorenstraat 11	Warmtepomp Schreierstorenstraat 74
Investeringskosten:	€1450	€1180 €1450*	€8500**
Onderhoudskosten per 2 jaar:	€300	€17	€45
Totaal na 15 jaar:	€3400	€2758	€9175
* Kosten van de boiler, benodigd naast de luchtverhitter			
** Kosten van de warmtepomp inclusief boiler			

3.2.2 Vaste aansluitingen

Bij het installeren van de alternatieve verwarmingstechnieken komt de gasaansluiting te vervallen. Een vaste gasaansluiting, op basis van gegevens van Enexis, kost een vast bedrag per jaar en om deze te verwijderen moet betaald worden. Een vaste gasaansluiting kost op jaarbasis €170.6, deze kosten zouden komen te vervallen. De vaste kosten voor de elektriciteitsaansluiting kost €230.3, de aansluiting blijft hetzelfde en deze kosten zullen dus blijven.

Om de gasaansluiting te verwijderen, op basis van de gegevens van Enexis, moet voor hoogbouw €202 worden betaald, in laagbouw €733. In de testcase gaat het om hoogbouw en zou er dus €202 betaald moeten worden om de gasaansluiting te verwijderen.

Tabel 3.4 Kosten vaste aansluitingen over een periode van 15 jaar van de testcase

	CV-ketel Munttorenstraat 13 (referentiewoning)	Luchtverhitter Munttorenstraat 11	Warmtepomp Schreierstorenstraat 74
Enmalige kosten verwijderen gasaansluiting	€0.0	€202	€202
Jaarlijkse kosten gasaansluiting	€170.6	€0.0	€0.0
Jaarlijkse kosten elektriciteitsaansluiting	€230.3	€230.3	€230.3
Totale kosten over een periode van 15 jaar	€6013.5	€3656.5	€3656.5

Over de totale levensduur van de apparaten zouden de elektrische varianten, de luchtverhitter en Durocan, in totaal €2357 minder kwijt zijn aan aansluitkosten in het geval van deze testcase.

3.2.3 Kosten van verbruik

Om de gasgestookte CV ketel en de elektrisch gedreven warmtepomp en luchtverhitter te kunnen vergelijken, is in alle berekeningen het gas naar kWh energie omgerekend. Echter de kosten van een kWh gas en een kWh elektriciteit zijn niet hetzelfde. Dit wordt daarom omgerekend. Uit 1 m³ gas komt ongeveer 9.3 kWh energie in een gemiddelde CV-ketel.

De gasprijs per 1 m³ is begin 2019 ongeveer €0.79, omgerekend naar kWh komt dat ongeveer op €0.0849 uit. De prijs voor 1 kWh elektriciteit is ongeveer €0.23. Voor de gemeten periode zouden de stookkosten voor de verwarmingstechnieken dan uitkomen zoals weergegeven in tabel 3.5.

Tabel 3.5 Stookkosten over de meetperiode

	CV-ketel Munttorenstraat 13 (referentiewoning)	Luchtverhitter Munttorenstraat 11	Warmtepomp Schreierstorenstraat 74
Meetperiode 1: CV-ketel met nachtverlaging	€23,7	€161,8	€77,8
Meetperiode 2: CV-ketel zonder nachtverlaging	€44,2	€138,8	€60,4
Totaal:	€67,9	€300,6	€138,1

4 Conclusie

Er zijn uit dit onderzoek meerdere conclusies te trekken. Deze zijn opgesplitst in de hypothese, elektriciteit in de toekomst en gas in de toekomst.

4.1 Hypothese

Wat het onderzoek laat zien is dat beide alternatieve elektrische verwarmingstechnieken de woning warm kunnen houden. Dit betekent dat de gasgestookte CV-ketel dus vervangen kan worden door een elektrisch alternatief, ook al is de woning niet energiezuinig uitgevoerd, en het verwarmingsafgiftesysteem blijft zoals het is. De elektrische varianten functioneren dus goed in een slecht geïsoleerde woning met hoge temperatuur verwarming.

De hoge temperatuur CO₂ warmtepomp verbruikt ongeveer evenveel energie als de CV-ketel met nachtverlaging, te zien in afbeelding Afb. 3.5. Wanneer de CV-ketel geen nachtverlaging heeft, dan verbruikt de warmtepomp zelfs veel minder energie. Hierdoor is de warmtepomp een goed alternatief is voor een gasloze toekomst.

4.2 Elektriciteit in de toekomst

Wat niet is meegenomen is dat bij gebruik van elektrische verwarming ook zonnepanelen in combinatie met elektrische energieopslag op het verwarmingssysteem aangesloten kunnen worden. Dit verhoogt de (kosten)efficiëntie van zowel de energieopwekker als de elektrische verwarming. Zonnepanelen met een gasgestookte CV-ketel op gas leveren al de opgewekte stroom terug aan de energieleverancier. De energieleverancier geeft vervolgens korting op de energierekening van de gebruiker. Verhoudingsgewijs is de teruggeleverde elektriciteit alleen niet evenveel waard als de elektriciteit die ingekocht wordt. Wanneer de elektriciteit wordt opgewekt en direct gebruikt voor elektrische verwarming, dan wordt de stap met de energieleverancier omzeild en kan een grotere besparing worden behaald die niet mogelijk is met een gasgestookt systeem. Omdat het opwekken van energie en het gebruik van energie vaak niet gelijktijdig is biedt tussentijdse energieopslag een mogelijke oplossing.

Kostentechnisch zijn de elektrische verwarmingstechnieken er nog niet. De investeringskosten van de apparaten en de prijs per kWh energie liggen voor de elektrische systemen hoger. Op het gebied van de prijs per kWh wordt nu wel actie ondernomen, het is dus mogelijk dat in de toekomst een gunstigere verhouding ontstaat tussen de gas en elektra prijs per kWh.

4.3 Gas in de toekomst

Voor de gasgestookte CV-ketel laat het onderzoek zien dat het inregelen van de CV-installatie en het toepassen van bijvoorbeeld een modulerende klokthermostaat cruciaal zijn voor het zuinig en efficiënt werken van de CV-ketel. In meetperiode 1, waar nachtverlaging is toegepast voor de CV-ketel, is te zien dat het systeem een aanzienlijk lager energieverbruik zien dan in meetperiode 2, waar geen nachtverlaging is toegepast. Dit is goed terug te zien in afbeeldingen 3.5 en 3.6.

4.4 Adviezen

In het onderzoek is gebruik gemaakt van slecht geïsoleerde woningen. Een goed geïsoleerde schil voorkomt warmteverlies. Een slecht geïsoleerd huis heeft veel meer energie nodig om op temperatuur te blijven. Dit zorgt voor een hoog energieverbruik en hogere investeringskosten in de warmteopwekker, omdat die groter moet zijn om aan de grotere energiebehoefte van de woning te voldoen. Het advies is dan ook om altijd te isoleren.

5 Aanbevelingen

De testen zijn uitgevoerd in woningen die nagenoeg niet zijn geïsoleerd. Om een beter beeld te krijgen van de werking van alternatieve technieken zouden deze tests ook kunnen worden uitgevoerd in beter geïsoleerde woningen. Hierdoor wordt een beter beeld verkregen van het energiegebruik van deze technieken.

Ook is met de toenemende elektrificatie van woningen waarschijnlijk een zwaarder elektrische infrastructuur benodigd. Als er naast elektrisch verwarmen ook elektrisch gekookt wordt en een auto elektrisch wordt opgeladen heeft dit mogelijk gevolgen voor de bestaande elektrische infra. Middels een vervolgonderzoek zou hier aandacht aan gegeven kunnen worden.

Als laatste is lokale duurzame energieopwekking (zoals zonnepanelen) en energieopslag niet meegenomen in de beschouwing. We verwachten met deze middelen de bestaande elektrische infra te ontlasten en energieverbruikskosten te verlagen, om hiermee geen hoge maatschappelijke investeringen te krijgen. Het onderling koppelen van de individuele energiesystemen per woning (opwekking, verbruik en opslag) en managen van deze energiestromen zal in een vervolgproject meegenomen kunnen worden, dat wij samenvatten onder de naam AWESOME hetgeen betekent: Andere Warmte en Elektriciteit door Slim Opslaan en Managen van Energie.