

Kloosterveen Duurzaam Warm

Eindrapportage werkzaamheden 2021

Gemeente Assen

29 december 2021

Project	Kloosterveen Duurzaam Warm
Opdrachtgever	Gemeente Assen
Document	Eindrapportage werkzaamheden 2021
Status	Definitief
Datum	29 december 2021
Referentie	128707/21-019.980
Projectcode	128707
Projectleider	ir. A.H.J. van Kuijk
Projectdirecteur	K.A. Haans MSc
Auteur(s)	J.M. Beltman MSc, C.G.J. Hügel MSc
Gecontroleerd door	ir. A.H.J. van Kuijk
Goedgekeurd door	ir. A.H.J. van Kuijk
Paraaf	

Adres

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Leeuwenbrug 8
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.
© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	**INLEIDING**	**5**
2	**DE STAPPEN EN HUN RESULTATEN**	**7**
2.1	Stap 1 - Quick scan	7
2.2	Stap 2 - Vaststellen scenario's	7
2.3	Stap 3 - Kentallen en uitgangspunten vaststellen	8
2.4	Stap 4 - Uitwerking	9
2.5	Stap 5 - Rapporteren en presenteren	11
3	**AANDACHTSPUNTEN**	**12**
3.1	Woningschouwen	12
3.2	Betrouwbaarheid van de kosteninschatting	12
3.3	Gevoeligheid van ontwikkeling energieprijzen	13
3.4	Inpassing convectoren met ventilator	13
3.5	Inpassing van warmtepomp in de woning	13
3.6	Hartafstand van vloerverwarming	14
3.7	Beschouwingen inzake CO_2-uitstoot	14
3.8	Aanpassingen aan berekeningen na presentatie 13 december 2021	15
	Laatste pagina	15
	Bijlage(n)	**Aantal pagina's**
I	Uitgangspuntennotitie	12
II	Presentatie met resultaten van het onderzoek	51

1

INLEIDING

In de Transitievisie Warmte voor Assen is de wijk Kloosterveen aangewezen als een startwijk met als voorkeursalternatief all-electric. Bewoners vragen zich af of all-electric wel echt de beste oplossing is, of er meer opties zijn en wat de kosten zijn die met de verschillende alternatieven gemoeid zijn. De gemeente Assen heeft in nauwe samenwerking met actieve bewoners Witteveen+Bos opdracht gegeven om in 2021 een eerste verdiepingsslag uit te voeren voor Kloosterveen, zodat er beslisinformatie wordt gegenereerd die gebruikt kan worden bij het opstellen van een wijkuitvoeringsplan voor de wijk.

De werkzaamheden hebben bestaan uit de volgende vijf stappen:
1 quick scan en verdiepingsslag Kloosterveen;
2 vaststellen van scenario's;
3 vaststellen van kentallen en uitgangspunten;
4 uitwerking;
5 rapporteren en presenteren.

Deze onderdelen en de resultaten ervan worden in de volgende hoofdstukken nader toegelicht.

Uitgangspunten voor de werkzaamheden (Gemeente Assen)
Op 18 maart heeft de gemeenteraad de Transitievisie Warmte vastgesteld. Hierin staat hoe gemeente Assen samen met haar inwoners ervoor wil gaan zorgen dat in 2050 alle huizen in Assen aardgasvrij zijn. De gemeente wil beginnen in de wijken De Lariks en in Kloosterveen. Er is een addendum vastgesteld voor de wijk Kloosterveen, dat samen met bewoners opgesteld is. Dit addendum vormt een aanvulling op de Transitievisie Warmte en heeft dezelfde status als de Transitievisie Warmte. Voor dit onderzoek zijn de punten uit het addendum leidend[1]. Het addendum is te vinden op. In de Transitievisie Warmte is all-electric genoemd als voorkeursalternatief voor aardgas voor de wijk. Of dit daadwerkelijk het juiste alternatief is voor Kloosterveen zal per buurt en per type woning bepaald moeten worden. De verdere technische uitwerking zal de gemeente samen met inwoners doen in de verdiepingsfase. Vervolgens wordt op basis hiervan een wijkuitvoeringsplan opgesteld. Dit onderzoek is pas de eerste stap van de verdiepingsfase. Conclusies worden niet getrokken. Belangrijk uitgangspunt voor dit onderzoek uit het addendum is: *De gemeente doet samen met bewoners een verdiepend onderzoek naar voor de wijk toepasbare alternatieven, waarbij ook andere opties dan all-electric worden onderzocht. Als blijkt dat er geen haalbare en betaalbare alternatieven voor 2030 in beeld zijn zullen alternatieven die tussen 2030 en 2050 mogelijk wel haalbaar en betaalbaar zijn worden onderzocht.*
Overige uitgangspunten:
- bewoners worden via een begeleidingsgroep betrokken in het proces. De gemeente zorgt dat de bewoners die zich hiervoor aangemeld hebben een uitnodiging ontvangen;
- de gemeente heeft geen invloed op de resultaten;
- op de avonden met de bewoners worden resultaten getoond en keuzes gemaakt.

[1] https://www.assen.nl/sites/default/files/Addendum-Kloosterveen.pdf.

Overleggen met bewoners

Er heeft in de loop van het project driemaal overleg plaatsgevonden met de begeleidingsgroep van bewoners:

- 2 november 2021 (live in Kloosterveen): resultaten quick scan en discussie over aanpassingen aan de woning en kansrijke energiesystemen;
- 16 november 2021 (online): kennissessie;
- 13 december 2021 (online): presentatie resultaten.

2

DE STAPPEN EN HUN RESULTATEN

2.1 Stap 1 - Quick scan

De woningen in Kloosterveen zijn geanalyseerd op hun warmtevraag, spreiding, afgiftesystemen, isolatiegraad en overige woningkenmerken. Op basis hiervan is een indeling gemaakt om te komen tot een selecte groep representatieve woningen.

Tevens is in deze fase een overzicht gemaakt van kosten kentallen om de huizen gereed te maken voor lage temperatuur (LT) of midden temperatuur (MT) -verwarming. Dit betreft met name isolatie en de aanleg van vloerverwarming (aansluitkosten komen in Stap 3 aan de orde). De bron van de kosten kentallen is in het overzicht worden vermeld.

Ook is in deze fase een overzicht gemaakt van realistisch mogelijke warmtetechnieken en bronnen in Kloosterveen. In deze fase vindt een eerste beoordeling plaats van beschikbaarheid, financiële haalbaarheid, en wenselijkheid, ter ondersteuning van de werkzaamheden in Stap 2.

Belangrijkste bevindingen
- zeer groot deel van de woningen is Label A of B en potentieel geschikt voor LT-verwarming;
- afgifte van LT-verwarming is aandachtspunt, evenals ventilatie;
- collectieve systemen zijn in Kloosterveen niet kansrijk (bevestiging van conclusie uit de Transitievisie Warmte van Assen);
- er zijn diverse individuele systemen mogelijk (meer dan alleen all electric).

De resultaten van de quick scan zijn op 2 november 2021 aan de begeleidingsgroep gepresenteerd. De belangrijkste punten ervan komen terug in de eindpresentatie van het onderzoek, zie bijlage II.

2.2 Stap 2 - Vaststellen scenario's

Tijdens de meeting op 2 november 2021 is gezamenlijk vastgesteld welke scenario's worden onderzocht. De mogelijke technieken zijn daar op een rij gezet en een inschatting werd gemaakt hoe kansrijk elke techniek is. Hierbij zijn in eerste termijn de volgende technieken geselecteerd om nader te onderzoeken:
- cv aardgas;
- hybride lucht-water warmtepomp aardgas;
- hybride lucht-water warmtepomp met waterstof;
- volledig elektrische lucht-water warmtepomp;
- volledig elektrische water/water warmtepomp met bodemlus;
- LT-warmtenet.

Vervolgens is in overleg met de begeleidingsgroep een selectie gemaakt, waarbij is besloten om het LT-warmtenet niet verder te onderzoeken en wel de 'cv waterstof', en de 'lucht-lucht warmtepomp'. De definitieve selectie is derhalve:
- cv aardgas;
- hybride lucht-water warmtepomp aardgas;
- hybride lucht-lucht warmtepomp aardgas;
- cv waterstof;
- hybride lucht-water warmtepomp met waterstof;
- volledig elektrische lucht-water warmtepomp;
- volledig elektrische water/water warmtepomp met bodemlus.

Selectie woningen

Er is een selectie gemaakt van de vier woningen die in deze eerste fase van de verdiepingsslag worden geschouwd. Hierbij is gekozen op basis van representativiteit voor een bepaald deel van de wijk en op basis van medewerking door de betreffende bewoners. Er is gekozen voor twee woningen van voor 2006 en twee van na 2006, om de volgende redenen:
- in 2006 heeft een belangrijke wijziging in het bouwbesluit plaatsgevonden, wat met name de isolatie-eisen betreft;
- ongeveer de helft van de woningen in de wijk is gebouwd voor 2006, de andere helft van na 2006.

Daarnaast is gekeken naar het woningtype. Er worden vijf types onderscheiden, rijwoning, hoekwoning, twee-onder-een-kap, vrijstaand en appartement. Voor de warmtevoorziening is het belangrijk onderscheid te maken tussen deze types, omdat ze zich anders gedragen qua warmteverlies. Dit betreft met name het aantal vrijstaande muren: vrijstaande woningen hebben de meeste, appartementen de minste. Grofweg zijn twee-onder-een kap en hoekwoningen op dit punt hetzelfde. Kloosterveen kent weinig appartementen.

Het meest relevant in Kloosterveen zijn rijwoningen, twee-onder-een-kap en vrijstaande woningen. Op basis van deze analyse en de beschikbaarheid van te schouwen woningen uit de verschillende leeftijdscategorieën zijn de volgende thans te schouwen woningen geselecteerd:
- rijwoning voor 2006;
- twee-onder-een-kap voor 2006;
- vrijstaande woning na 2006;
- twee-onder-een-kap na 2006.

De geselecteerde woningen komen allemaal uit een ander gebied binnen Kloosterveen en met een andere seriebouw.

Vanuit privacyoverwegingen worden de schouwen geanonimiseerd gerapporteerd.

2.3 Stap 3 - Kentallen en uitgangspunten vaststellen

Ten aanzien van de kosten kentallen gaat het om:
- kosten om huizen geschikt te maken voor LT- of MT-verwarming (wat met name isolatie en de aanleg van vloerverwarming betreft), waar in Stap 1 op is ingaan;
- kosten om geselecteerde kansrijke oplossingen te installeren (inclusief aansluitkosten), waar Stap 3 op is gericht.

Bijlage I presenteert een notitie met uitgangspunten en kentallen voor de gekozen scenario's en voorbeeldwoningen. In deze notitie staat een overzicht van de gehanteerde systeemkenmerken, kosten, energietarieven, indexaties, rendementen en overige uitgangspunten met bronvermelding.

Bepaling warmtepomp scenario

Voor het alternatief warmtepomp kunnen drie opties worden onderscheiden, zoals staan vermeld in afbeelding 2.1. Deze zijn met elkaar vergeleken op basis van investering, comfort, mogelijkheid tot koeling en energiekosten.

Afbeelding 2.1 Opties voor toepassen warmtepomp (bodem/lucht)

Opties	Maatregelen aan installaties	Investering	Comfort	Koeling	Energiekosten
Optie 1	1. HT warmtepomp 2. Radiatoren behouden	++	+/-	-	-
Optie 2	1. LT warmtepomp 2. LT convectoren plaatsen 3. Mechanische ventilatie	+	+/-	++	+
Optie 3	1. LT warmtepomp 2. LT Vloerverwarming en LT convectoren plaatsen 3. Balansventilatie met WTW plaatsen	--	+	+	++

Bij optie 1 wordt alleen de cv vervangen door een HT-warmtepomp, die vervolgens op 60-70 °C kan verwarmen, waardoor de huidige radiatoren geschikt blijven. Op deze manier blijven de investeringskosten laag en het comfortniveau ongeveer gelijk. Koeling is waarschijnlijk niet goed mogelijk met dit systeem en door het grotere temperatuurverschil werkt deze warmtepomp minder efficiënt. Hierdoor zal het elektriciteitsverbruik en dus de energiekosten hoog zijn.

Optie 2 (bestaande uit een LT warmtepomp, LT convectoren en gestuurde mechanische ventilatie) komt als meest gunstige van de drie opties naar voren. De investeringskosten zijn relatief laag, omdat alleen de radiatoren vervangen hoeven te worden en er verder geen grote verbouwing nodig is. Het comfortniveau blijft ongeveer gelijk als in de huidige situatie, als de convectoren genoeg vermogen hebben. De convectoren zijn ook zeer geschikt voor koeling, zelfs meer geschikt dan vloerverwarming. De energiekosten zijn relatief laag, alleen in optie 3 met vloerverwarming en ventilatie met WTW is nog iets efficiënter en daarom zuiniger.

Bij optie 3 wordt er in de woning vloerverwarming en balansventilatie met warmteterugwinning (WTW) aangelegd. Het aanleggen van vloerverwarming is een ingrijpende maatregel, die een grote verbouwing en investering nodig heeft. Ook verandert de luchtcirculatie mogelijk, waardoor er aanpassingen nodig kunnen zijn aan de ventilatie. Als het huis toch verbouwd wordt of in het geval van nieuwbouw, wordt er wel vaak gekozen voor vloerverwarming, omdat het comfortniveau omhoog kan gaan en het een efficiëntere wijze van verwarming is. Bij bestaande bouw zonder grote verbouwing, wegen de voordelen waarschijnlijk echter niet op tegen de grote investeringskosten.

Voor het vervolg is in overleg met de begeleidingsgroep gekozen om in dit onderzoek bij scenario 5 en 6 uit te gaan van optie 2 als warmtepompsysteem. Dit betekent dat bij het berekenen van de kosten LT-convectoren gerekend worden en geen vloerverwarming. Als een bewoner kiest voor vloerverwarming. zal dit invloed hebben op de kosten voor deze scenario's.

2.4 Stap 4 - Uitwerking

De berekening is bedoeld om een vergelijking te kunnen maken tussen de systemen. Veel uitgangspunten en aannames zijn nodig om de vergelijking te kunnen maken. Voor een uniforme vergelijking wordt er vanuit gegaan dat de investeringen in alle gevallen in hetzelfde jaar starten. In de praktijk zal een bewoner de huidige cv-ketel pas vervangen als deze einde levensduur is of er een andere motivatie is om over te stappen op een alternatief. Onderstaande punten zijn om transparant te maken hoe de berekeningen in elkaar zitten.

Deel 1: inzicht in systemen (kosten en CO_2)

De gekozen systemen zijn doorgerekend met de overeengekomen uitgangspunten, onder de aanname dat de woningen reeds geschikt zijn voor LT-verwarming. De kosten van het aanpassen van de woning om het geschikt te maken voor LT-verwarming zijn bepaald in deel 2 van de analyse. Die kosten worden meegenomen bij de investeringskosten.

Warmtevraag

De warmtevraag is bepaald op basis van de huidige energierekeningen. Het huidige gemeten aardgasverbruik is gecorrigeerd voor het aantal graaddagen van dat jaar, en het geschatte verbruik voor koken is van het verbruik afgetrokken, om een inschatting te maken van de warmtevraag. In bijlage I wordt de bepaling van de warmtevraag verder toegelicht.

Investeringskosten

De investeringskosten bestaan uit de volgende onderdelen:

- **kosten voor de warmtebron**, zoals de warmtepomp of cv zelf. Deze kosten zijn inclusief installatie en de ISDE subsidie is hierin verrekend. In het geval van de warmtepomp is deze ook afhankelijk van het benodigde vermogen. Deze is bepaald aan de hand van het warmteverlies van de woning, in afbeelding 3.4 is deze kostenpost 'Investeringskosten warmtebron vast 2/2' genoemd;
- **inductiekookplaat en kookgroep**. In de scenario's zonder aardgas, scenario 3, 4, 5 en 6, worden er ook kosten gerekend voor de aanleg van een inductiekookplaat, inclusief installatie en pannenset. Hierdoor kan de aardgasaansluiting verwijderd worden en worden daar geen kosten meer voor gerekend;
- **investeringskosten LT-maatregelen.** In scenario 5 en 6 worden er investeringskosten gerekend voor het aanpassen van de woning voor LT-verwarming. Dit bestaat bij de geschouwde woningen alleen uit het vervangen van de radiatoren door convectoren inclusief installatie;
- **herinvesteringskosten** worden na 15 jaar gerekend voor het warmtesysteem. Dit betreft 70 % van de investeringskosten voor de warmtebron (behalve voor de bodemwarmtepomp in scenario 6, daarvoor wordt 50 % gerekend).

Operationele kosten

Operationele kosten zijn de kosten die elk jaar terugkomen. De operationele kosten zijn onderverdeeld in de volgende onderdelen:

- **vaste energiekosten**. Vaste leveringskosten en netbeheerkosten van de gebruikte energiesoorten, elektriciteit, aardgas en/of waterstof;
- **variabele energiekosten.** De variabele kosten van de gebruikte energie, gebaseerd op het huidige verbruik en de geschatte warmtevraag;
- **onderhoudskosten.** Voor de warmtesystemen zijn jaarlijkse kosten gerekend voor het onderhoud. De hoeveelheid is afhankelijk van het systeem, kosten liggen tussen de 1 en 5 % van de investeringskosten.

In bijlage I zijn de gebruikte kentallen voor alle kosten beschreven. In bijlage II zijn de resultaten in een presentatie weer gegeven.

Deel 2: inzicht in woningaanpassingen per systeem

Geselecteerde woningen zijn nader geanalyseerd om inzicht te krijgen in de huidige situatie. Er is gekeken naar de woningkenmerken (aan de hand van bouwtekeningen), huidige isolatiestaat per bouwonderdeel (op basis van het vigerende bouwbesluit), isolatiemaatregelen die nog moeten worden getroffen, de huidige afgiftesystemen en het aantal, locatie, type en afmetingen van de afgiftesystemen. Witteveen+Bos heeft op basis van de bevindingen een inschatting gemaakt van de noodzakelijke aanpassingen om de woning geschikt te maken voor LT- of MT-verwarming. Hieruit volgt een begroting met de investeringskosten van deze aanpassingen. De kosten voor de aanpassingen worden gebaseerd op de kentallen en uitgangspunten zoals vastgesteld in Stap 3. Verwacht werd dat er aanpassingen nodig zouden zijn aan de radiatoren, en mogelijk aan het glas als er nog geen hoog rendement (HR) glas in zit. In elke woning bleek het glas al voldoende isolerend te zijn, dus waren daar geen aanpassingen aan nodig.

Aanvullend op bovenstaande analyse op basis van beschikbare informatie heeft ter verificatie van de resultaten een schouw van de geselecteerde woningen plaatsgevonden. Elk schouw duurde 1,5 uur en bestond uit een keukentafelgesprek met de bewoner(s) en 1,5 uur voor de rondgang. Er zijn foto's genomen van de relevante onderdelen van de woning. Ook zijn er warmtefoto's gemaakt.

De resultaten van deze stap zijn verwerkt in de presentatie met de resultaten (bijlage II).

Bepaling van afgiftecapaciteit

De afgiftecapaciteit van de huidige radiatoren wordt bepaald aan de hand van het type en de afmetingen, op een temperatuurniveau van 70-40 °C. Bij de LT-scenario's worden deze radiatoren vervangen door convectoren, die wel evenveel afgiftevermogen kunnen genereren.

Hoe groot de convector moet zijn om evenveel warmteafgifte te kunnen genereren wordt bepaald op basis van het afgiftecapaciteit van de huidige radiatoren. Er wordt in plaats van elke radiator een kleinere convector met ventilator geplaatst die dezelfde afgiftecapaciteit heeft. Er is uitgegaan van een Jaga Strada Hybrid convector en de afgiftecapaciteiten zoals vermeld door de producent[1],

Voor vloerverwarming wordt de afgiftecapaciteit berekend op basis van het oppervlakte van de vloerverwarming en het afgiftepotentieel per vierkante meter bij de huidige hartafstand (afgekort h.o.h.) van de vloerverwarming op het lage temperatuurniveau.

2.5 Stap 5 - Rapporteren en presenteren

Op 16 november 2021 en op 13 december 2021 zijn de resultaten gepresenteerd en besproken. Vervolgens zijn de reacties opgenomen en eventuele aanpassingen aan de analyse uitgewerkt. Dit leidt tot de definitieve presentatie van de resultaten, zoals staan weer gegeven in bijlage II.

[1] https://www.jaga.nl/media/2425/strada-hybrid_nl_rev02_lr.pdf.

3

AANDACHTSPUNTEN

Onderstaande aandachtspunten zijn opgesteld als reactie op vragen en opmerkingen die vanuit zowel de gemeente als de begeleidingsgroep gekomen. Ze zijn bedoeld als verduidelijking op het onderzoek en de gehanteerde uitgangspunten.

3.1 Woningschouwen

Binnen het raamwerk van de in 2021 uit te voeren werkzaamheden is afgesproken dat vooraleerst vier woningen worden geschouwd, waarbij het de wens is om veel voorkomende woningtypen uit bepaalde bouwperiodes te kiezen. De schouwen zijn met name bedoeld om een eerste beeld te krijgen van de relatie tussen de berekeningsresultaten en de werkelijke situatie in de wijk:

- verwachte versus werkelijke isolatiegraad;
- mogelijke kansen en beperkingen inzake afgiftesysteem en warmtesysteem;
- bijzondere omstandigheden.

Het was nadrukkelijk niet de opdracht om van de woningschouwen te komen tot een advies voor de betreffende woningen.

In een later stadium kan worden besloten om het aantal woningschouwen uit te breiden.

3.2 Betrouwbaarheid van de kosteninschatting

Uit de berekeningen komen ‘harde’ waarden voor bijvoorbeeld energievraag en kosten voor aanleg en onderhoud van het systeem, inclusief energieprijzen. Benadrukt wordt dat het hier modelwaarden betreft en dat er in werkelijkheid rond alle berekeningsresultaten een bandbreedte zal liggen. Vanuit technisch vlak betreft dit bijvoorbeeld de persoonlijke voorkeuren van bewoners (bijvoorbeeld temperatuurinstelling, gewenst comfortlevel buiten de woonkamer, uitvoeringsvarianten van installatie en afgiftesystemen).

Ten aanzien van de kosten geldt dat gebruik is gemaakt van kentallen op basis van de huidige inzichten. Het zal duidelijk zijn dat als meerdere installateurs wordt gevraagd om een aanbieding te doen voor de aanleg van een systeem, er prijzen worden afgegeven die aanzienlijk van elkaar kunnen verschillen. En verder geldt dat systemen de komende jaren mogelijk goedkoper of duurder zullen worden, dus een en ander hangt ook af van het jaartal waarin wordt geïnvesteerd.

Een voorzichtige inschatting is dat op basis van het huidige onderzoek de bandbreedte rond de geschatte kosten in de ordegrootte +/- 30-50 % liggen.

3.3 Gevoeligheid van ontwikkeling energieprijzen

In een gevoeligheidsanalyse wordt het effect van een verandering van een variabele op het eindresultaat aangetoond. Er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de TCO over 15 jaar van woning 1. Voor de andere woningen is het effect vergelijkbaar. Er is gekozen om de gevoeligheid voor drie variabelen te onderzoeken, de aardgasprijs nu, de elektriciteitsprijs nu, en de waterstofprijs in 2030. De resultaten zijn in bijlage II op pagina 46 tot 49 getoond.

Gevoeligheid van variabele aardgasprijs
- hoog scenario: EUR 1,70 per m3 in 2021 (prijs bij nieuw contract);
- midden scenario: EUR 1,05 per m3 in 2021 (huidige gemiddelde consumentenprijs);
- laag scenario: EUR 0,80 per m3 in 2021 (gemiddelde consumentenprijs 2020).

Gevoeligheid van variabele elektriciteitsprijs
- hoog scenario: EUR 0,40 per kWh in 2021 (prijs bij nieuw contract);
- midden scenario: EUR 0,28 per kWh in 2021 (huidige gemiddelde consumentenprijs);
- laag scenario: EUR 0,22 per kWh in 2021 (gemiddelde consumentenprijs 2020).

Gevoeligheid van variabele waterstofprijs
- hoog scenario: EUR 12,00 per kg in 2030;
- midden scenario: EUR 6,70 per kg in 2030;
- laag scenario: EUR 2,00 per kg in 2030.

3.4 Inpassing convectoren met ventilator

In de berekening zijn de kosten van de convectoren inclusief installatie. Bij woning 1 bedragen de totale kosten circa EUR 7.100, bestaande uit EUR 6.000 voor de convectoren en circa EUR 1.100 voor bijkomende kosten zoals kosten voor het verleggen of aanleggen van elektriciteitsvoorziening voor de ventilator, die nodig is voor de convector. Hier zijn veel verschillende opties mogelijk:
- gebruik van een bestaand stopcontact nabij of achter de convector;
- (al dan niet weggewerkt) snoer vanuit een bestaand stopcontact naar de convector;
- aanleg van nieuw stopcontact nabij of achter de convector.

Overigens kan ook gekozen worden voor een convector zonder ventilator, waarbij de verminderde afgiftepotentie moet worden gecompenseerd door vergroting van het oppervlak van de convector.

3.5 Inpassing van warmtepomp in de woning

Een groot deel van de woningen in Kloosterveen zijn voorzien van betonnen vloerdelen. Hier worden geen constructieve beperkingen voor de aanleg van het warmtesysteem verwacht. Echter, als een bewoner overweegt een warmtepomp aan te schaffen, moet dit wel voorafgaand worden geverifieerd. Zoals uit de schouwen blijkt, kan het voorkomen dat er verstevigingen nodig zijn, wat tot aanvullende kosten kan leiden. Bij de geschouwde woning 4 was dit een punt van aandacht. Deze bewoner neemt afwegingen over mogelijk noodzakelijke investeringen in verstevigingen mee in de plannen voor verduurzaming. Overigens was het hier nog niet zeker dat verstevigingen daadwerkelijk nodig zijn (dit hangt af van de geselecteerde uitvoeringsvariant.

Verder zullen grotere installatie ín een woning tot een verlaging van het beschikbare woonoppervlak voor de bewoners leiden. Een bewoner dient dit in de afwegingen mee te nemen.

3.6 Hartafstand van vloerverwarming

De huidige vloerverwarming in de geschouwde woningen heeft een hartafstand van 15 cm. Dit is over het algemeen voldoende voor LT-verwarming. Het verdient aanbeveling om een installateur te vragen om per ruimte een warmteverliesberekening te maken en te bepalen of het afgiftevermogen genoeg is voor die ruimte. Als de afgifte niet groot genoeg is, kan worden besloten om een convector als extra toe te voegen.

3.7 Beschouwingen inzake CO_2-uitstoot

Uitstoot van de elektriciteitsmix

Voor de berekening van de CO_2-uitstoot van elk scenario is het gemiddelde genomen van de CO_2-uitstoot van de huidige gemiddelde elektriciteitsmix volgens PBL (KEV 2021) en de door PBL verwachte ontwikkeling ervan richting 2030, en daar het gemiddelde van genomen.

Volgens de wettelijke definitie geldt hierbij als uitgangspunt dat biomassa niet meetelt, evenals de uitstoot van de aanleg van windparken en zonnepanelen. De redenering hierachter is dat de CO_2-uitstoot van deze bronnen al wordt meegeteld bij andere sectoren, zoals landbouw en industrie.

Biomassa

De uitstoot van CO_2 uit biomassa wordt als 'kortcyclisch' beschouwd, wat inhoudt dat er een natuurlijke kringloop is tussen emissie en opname. Bij verantwoord landgebruik wordt er evenveel CO_2 opgenomen als uitgestoten. Hier is veel discussie over, omdat het in de praktijk ook voorkomt dat er wel een netto uitstoot is (bijvoorbeeld bij kap van oerbos voor gebruik als biomassa).

Uitstoot bij aanleg en einde leven

De gehanteerde methode voor berekening van de CO_2-uitstoot is gangbaar en leidt tot een goede indruk van de ordegrootte (met het oog op vergelijking van methoden). Een verdere verfijning door ook te kijken naar productietechnieken en verwerking bij einde levensduur (bijvoorbeeld door het uitvoeren van LCA berekeningen[1]) kan onderwerp zijn van een vervolgonderzoek, al is het op voorhand de vraag of dit tot wezenlijk andere inzichten zal leiden over de alternatieven.

Groene energie

De term groene energie wordt gebruikt door energieleveranciers voor ingekochte energie waarbij geen CO_2-uitstoot plaatsvindt. Dit geldt voor elektriciteit, waterstof en zelfs voor aardgas, als dit wordt gecompenseerd. In dat geval zouden elk scenario gelijk scoren.

In de praktijk staat inkopen van groene energie nog niet gelijk aan levering ervan, omdat hier nog forse uitbreidingen van productiecapaciteit moeten plaatsvinden. Het ingekochte groene gas is naar verwachting de komende jaren nog (deels) grijs en heeft gedurende die tijd nog CO_2-uitstoot tot gevolg. Dit geldt ook voor waterstofproductie, aangezien dit wordt geproduceerd met de bestaande electriciteitsmix, die nog niet groen is[2]. Door verduurzaming van de elektriciteitsmix zal het steeds duurzamer worden. In de berekeningen is voor waterstof met dezelfde CO_2-uitstoot gerekend voor de gebruikte elektriciteit als voor de andere scenario's.

Verder informatie over dit onderwerp is onder andere te vinden in:
- DNV-GL: Hydrogen in the value chain 2019;
- Agora: No regret hydrogen 2021;
- PBL: waterstof in de gebouwde omgeving 2020.

---

1 LCA staat voor Life Cycle Analysis.

2 Richting 2030 is het een optie om in te zetten op blauwe waterstof. Hiervoor zijn fossiele brandstoffen de grondstof en wordt de geëmitteerde CO_2 afvangen en opgeslagen, bijvoorbeeld in lege gasvelden. Hiermee is blauwe waterstof niet fossielvrij maar wel CO_2-neutraal.

Berekening van CO_2-uitstoot

Voor de CO_2-uitstoot is voor zowel elektriciteit als voor de productie van waterstof de gemiddelde uitstoot van de huidige en verwachtte elektriciteitsmix genomen, waarbij voor waterstof altijd wordt uitgegaan van elektrolyse. De formule voor de CO_2-emissie van waterstofproductie in een bepaald jaar is:

CO_2-emissie waterstof = CO_2-emissie elektriciteit / efficiëntie electrolyse.

Hierbij is de efficiëntie van de electrolyse gesteld op 60 %.

Vervolgens is het gemiddelde genomen over de komende 30 jaar:

- 2021:
  - waterstof: 60 kg/GJ;
  - aardgas 58 kg/GJ;
- 2050:
  - waterstof 0 kg/GJ;
  - aardgas 58 kg/GJ.

3.8 Aanpassingen aan berekeningen na presentatie 13 december 2021

Na de presentatie van de resultaten en het verwerken van de feedback zijn er twee aanpassingen gedaan aan de berekeningen:

1 door een onjuiste kruisverwijzing is het warmteverlies van de woning aanvankelijk overschat en als zodanig gepresenteerd. Deze kruisverwijzing is inmiddels gecorrigeerd en in dit rapport worden de correcte gegevens vermeld;
2 de methode voor het bepalen van de benodigde aanpassingen aan het afgifte systeem in de LT-scenario's (scenario 5 en 6) is aangepast. Daar waar eerst is gerekend met de woning 'als 1 geheel' is dit later verfijnd door voor elke ruimte te zorgen voor een gelijkblijvend comfortlevel. Dit houdt in dat er thans van wordt uitgegaan dat in vrijwel elke ruimte radiatoren moeten worden vervangen door convectoren.

Deze aanpassingen hebben alleen effect op de investeringskosten van scenario 5 en 6: punt 1 verlaagt de investeringskosten en punt 2 verhoogt de investeringskosten. De gecorrigeerde berekeningsresultaten staan in bijlage II.

Bijlage(n)

BIJLAGE: UITGANGSPUNTENNOTITIE

NOTITIE

Onderwerp	Uitgangspuntennotitie berekeningen scenario's
Project	Kloosterveen Duurzaam Warm
Opdrachtgever	Gemeente Assen
Projectcode	128707
Status	Definitief
Datum	29 december 2021
Referentie	128707/21-019.982
Auteur(s)	J.M. Beltman MSc
Gecontroleerd door	C.G.J. Hügel MSc
Goedgekeurd door	ir. A.H.J. van Kuijk MSc
Paraaf	
Bijlage(n)	-
Aan	-
Kopie	-

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Leeuwenbrug 8 | Postbus 233 | 7400 AE Deventer | +31 (0)570 69 79 11 | www.witteveenbos.com | KvK 38020751

1 SCENARIO'S

Tabel 1.1 Uitgangspunten scenario's

Scenario/ variabele	referentie 0	1	2	3	4	5	6
type systeem	HR cv aardgas	L-W hybride aardgas	L-L hybride aardgas	HR cv waterstof	L-W hybride waterstof	L-W warmtepomp	W-W warmtepomp
aanvoertemperatuur	70 °C	70 °C / 45 °C	70 °C / 45 °C	70 °C	70 °C / 45 °C	45 °C	45 °C
retourtemperatuur	40 °C	40 °C / 35 °C	40 °C / 35 °C	40 °C	40 °C / 35 °C	35 °C	35 °C
Extra woning-maatregelen	-	-	-	inductiekoken	inductiekoken	inductiekoken, HR++ glas en LT convectoren	inductiekoken, HR++ glas en LT convectoren

2 BEREKENINGEN

2.1 Eindgebruikerskosten, energieverbruik en jaarlijkse kosten

Alle berekeningen die worden gemaakt zijn bedoeld om de uiteindelijke eindgebruikerskosten in kaart te brengen per energiesysteem. Hieronder staat opgesomd wat wordt verstaan onder de eindgebruikerskosten. Daarnaast wordt een toelichting gegeven op het verband tussen het energiegebruik en de jaarlijkse kosten.

Eindgebruikerskosten

- per systeemvariant zijn de eindgebruikerskosten bepaald;
- de eindgebruikerskosten zijn ingedeeld in de volgende categorieën:
  - eenmalige investeringskosten:
    - warmtetechniek (gasketel, warmtepomp, hybride-warmtepomp);
    - aanpassingen woning voor lagetemperatuurverwarming;
    - kosten voor overstap naar elektrisch koken;
    - herinvesteringskosten van warmtetechniek;
  - jaarlijkse kosten:
    - vaste en variabele kosten voor stroom, aardgas of waterstof;
    - onderhoud/ huurkosten ketel, warmtepomp.

Energiegebruik en jaarlijkse kosten

- de jaarlijkse energielasten zijn voor elke variant gebaseerd op een verwacht energiegebruik;
- het verwachte energiegebruik bevat de volgende onderdelen en wordt per energiesysteem vastgesteld:
  - de verwachte energiebehoefte (aardgas/waterstof of elektriciteit) voor ruimteverwarming en tapwater;
  - de verwachte elektriciteitsvraag voor alle andere huishoudelijke apparaten.

2.2 Huidige en verwacht energiegebruik

Er zijn enkele representatieve woningen geselecteerd om woningschouwen uit te voeren en voor deze woningen de berekeningen uit te voeren. Van deze woningen wordt het huidige gasverbruik vastgesteld. Dit gasverbruik wordt gebruikt als uitgangspunt voor het bepalen van de warmtevraag voor ruimteverwarming en tapwater die de energiesystemen moeten vervullen.

Uitgangspunten

Op basis van stap 1 t/m 6 kan de zogenaamde *''functionele warmtevraag''* voor ruimteverwarming en tapwater worden vastgesteld. Dit is de hoeveelheid energie die per jaar nodig is voor ruimteverwarming en tapwater, onafhankelijk van het type energiesysteem.

1 de gasvraag wordt gecorrigeerd voor kookgas;
2 de gasvraag wordt gecorrigeerd voor graaddagen waarmee het gasverbruik voor een standaard referentiejaar wordt vastgesteld;
3 de gasvraag wordt gecorrigeerd voor het rendement van de huidige ketel;
4 de gasvraag voor tapwater wordt bepaald op basis van het aantal personen en een gemiddelde gasvraag per persoon voor bereiding van tapwater;
5 de gasvraag voor ruimteverwarming wordt verlaagd als er sprake is van verduurzamingsmaatregelen die zorgen voor een lager gasverbruik. (zie het volgende kopje);
6 de gasvraag voor ruimteverwarming en tapwater wordt omgerekend naar algemene energie eenheden in kilowattuur (kWh). Op basis van deze waarden wordt per energiesysteem een berekening uitgevoerd van de verwachte jaarlijkse kosten.

2.3 Besparing door verduurzamingsmaatregelen

Voor de meeste energiesystemen geldt dat er geen aanpassingen aan de woning nodig zijn, omdat de woning al voldoende is geïsoleerd. Een uitzondering daarop is de lucht/water warmtepomp en de water/water warmtepomp. Voor deze systemen is het wenselijk om te zorgen dat al het minder goed geïsoleerde glas wordt vervangen voor HR++ glas. Het vervangen van deze ramen zal zorgen dat de woning minder warmte verliest. Dit heeft een gunstig effect op de jaarlijkse energierekening. Een schatting van de verwachte besparing is gegeven in tabel 2.1.

Tabel 2.1 Geschatte besparing op het jaarlijkse gasverbruik door ramen te vervangen voor HR++ glas

Type glas	Uwaarde [W/m^2/K]	Besparing op gas per jaar per raamoppervlak
HR++ glas in plaats van enkelglas	5,8	23 m^3/jaar/m^2
HR++ glas in plaats van dubbelglas	2,7	10 m^3/jaar/m^2
HR++ glas in plaats van HR glas	1,7-2	7 m^3/jaar/m^2

2.4 Type verduurzamingsmaatregelen

Het type verduurzamingsmaatregel is afgestemd op het type energiesysteem. Voor alle systemen, behalve de lucht en bodem warmtepomp, geldt dat de woningen in Kloosterveen geschikt zijn om verwarmd te worden met een ander warmtesysteem, zoals een hybride warmtepomp. Voor deze systemen zijn dus geen aanvullende verduurzamingsmaatregelen nodig. Het enige waar de installateur moet zorgen is dat het nieuwe systeem goed is ingeregeld.

Standaard LT-maatregelen

Voor de lucht en bodem warmtepomp zijn wel aanvullende maatregelen nodig. Dat komt omdat deze systemen pas optimaal/efficiënt werken bij een lagere productietemperatuur. De productietemperatuur van een gasketel ligt namelijk standaard tussen 55 en 90 °C, terwijl die van een warmtepomp ligt tussen 30 en 55 °C. Het gevolg van een lagere productietemperatuur is dat er meer isolatie wenselijk is en het afgiftesysteem (de radiatoren) mogelijk moeten worden vervangen. De reden dat radiatoren vervangen zouden moeten worden is dat de radiatoren de woning minder goed warm kunnen krijgen op een lagere temperatuur.

In deze studie is ervoor gekozen om de volgende twee maatregelen standaard op te nemen om de woning geschikt te maken voor een warmtepomp:

1 vervangen van dubbelglas of enkelglas voor HR++ glas;
2 radiatoren (gedeeltelijk) vervangen voor lage temperatuur convectoren.

Uitgebreide LT-maatregelen

Een alternatief voor LT-convectoren is vloerverwarming. Deze optie is niet als standaard optie opgenomen omdat vloerverwarming kan zorgen voor hogere kosten dan het plaatsen van LT-convectoren. Daarnaast zou het ventilatiesysteem ook aangepakt moeten worden indien de woning beschikt over mechanische ventilatie. De reden hiervoor is dat mechanische ventilatie in combinatie met vloerverwarming kan zorgen voor discomfort, omdat in de winter koude lucht via de ventilatieroosters binnen wordt gezogen en zorgt voor een onaangename koude tocht. In tegenstelling tot radiatoren en/of LT-convectoren wordt de aangezogen koude lucht via de ventilatieroosters met vloerverwarming niet snel opgewarmd, waardoor de lucht koud blijft en dus sneller zorgt voor discomfort. Om dit op te lossen kan worden gebruik gemaakt van balansventilatie, waarbij de ingaande koude lucht wordt voorverwarmd met warme lucht van binnen. Balansventilatie brengt echter ook aanzienlijke extra kosten met zich mee, dus daarom is deze optie niet als standaard opgenomen.

Een alternatief is om de ventilatieroosters dicht te laten, maar dit is af te raden, omdat dit zorgt voor een ongezond binnenklimaat, met te hoge CO_2-concentraties.

2.5 Kosten van verduurzamingsmaatregelen

In tabel 2.2 zijn de kosten opgenomen voor de verschillende maatregelen die genomen moeten/kunnen worden om de woning geschikt te maken voor een lucht/water- of bodem/water warmtepomp. Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee pakketten met maatregelen:
- basis LT-maatregelen;
- uitgebreide LT-maatregelen.

Zoals hierboven beschreven is voor dit onderzoek aangenomen dat de maatregelen in het standaard LT-pakket voldoende zijn om de woning geschikt te maken voor een lucht/water of bodem/water warmtepomp.

Tabel 2.2 Uitgangspunten investeringskosten isolatie en installaties voor LT-verwarming

Categorie	**RVO kentallen** inclusief installatie, exclusief omzetbelasting	**Witteveen+Bos kentallen** inclusief installatie, inclusief omzetbelasting	**Bron**
standaard maatregelen bij elk nieuw systeem			
optimale in/afregeling nieuwe installatie	EUR 1.549,--	EUR 400,-- inclusief omzetbelasting (o.b.v. monteur) EUR 100,-- inclusief omzetbelasting (do it yourself)	Witteveen+Bos
basis LT maatregelen			
HR++ glas (als er geen HR-glas)	EUR 150,-- per m^2	EUR 140,-- per m^2 inclusief omzetbelasting en plaatsing	Witteveen+Bos
LT convectoren (35-55 °C)	EUR 4.117,--	materiaalkosten: EUR 0,80 per Watt installatiekosten: EUR 200,-- + EUR 100,-- per extra radiator	Witteveen+Bos
uitgebreide LT maatregelen			
vloerverwarming (35-55 °C)	EUR 15.749,--	EUR 80,-- per m^2 inclusief omzetbelasting	Witteveen+Bos
WTW ventilatie	EUR 4.507,--	EUR 2.366,-- + EUR 26,-- per m^2 inclusief omzetbelasting	Witteveen+Bos (Warmtewijzer)

2.6 Investeringskosten en onderhoud/vervanging van energiesystemen

De investerings- en onderhoudskosten voor de warmtesystemen in de verschillende scenario's worden bepaald op basis van de kentallen zoals opgenomen in tabel 2.3. In de berekening wordt standaard uitgegaan van de Vesta-kentallen. Ter controle/voor de sensitiviteit wordt ook gerekend met de kentallen van Witteveen+Bos.

Tabel 2.3 Uitgangspunten investeringskosten systeem

Installatie	Categorie	RVO kentallen exclusief omzetbelasting (in EUR)	Vesta	Witteveen+Bos kentallen	Bron
HR cv	investeringskosten	EUR 2.895,--*	EUR 1692-1.859 (**EUR 1.776**)	**1.640,--**	Ponteia 2019, ACM
	onderhoudskosten	EUR 67,-- per jaar	4,65 %	**EUR 139,--** per jaar	Ponteia 2019, ACM
5 kW hybride L-W warmtepomp + HR ketel	investeringskosten	EUR 10.236,--*	WP EUR 2.315 + EUR 250 per kW + cv EUR 1.776 (5 kW **EUR 5.341**)	**EUR 7.200,--**	Consumentenbond
	onderhoudskosten	EUR 150,-- per jaar	3,45 %	**EUR 180,--** inclusief omzetbelasting	Witteveen+Bos
5 kW hybride L-L warmtepomp + HR ketel	investeringskosten	EUR 2.895,-- (cv) + ?	EUR 1.343-2.025 EUR (exclusief cv) + cv EUR 1.776 (**EUR 3.460**)	**3.300,--** multi split (2x) **1640** (cv)	Witteveen+Bos
	installatie + regeling		--	**EUR 500,--**	
	onderhoudskosten	--	3,45 %	**EUR 140,--** inclusief omzetbelasting	Witteveen+Bos
HR waterstofready cv	investeringskosten	EUR 2.895,--	EUR 1.792-2.359 (**EUR 2.075**)	--	
	onderhoudskosten	EUR 67,-- per jaar	4,65 %	**EUR 139,--** per jaar	Witteveen+Bos
5 kW hybride L-W warmtepomp + waterstof cv	investeringskosten	EUR 10.236,--*	WP EUR 2.315 + EUR 250 per kW + cv EUR 2.075 (5 kW **EUR 5.640**)	**EUR 7.200,--**	Consumentenbond
	onderhoudskosten	EUR 150,-- per jaar	3,45 %	**EUR 180,--** inclusief omzetbelasting	Witteveen+Bos

Installatie	Categorie	RVO kentallen exclusief omzetbelasting (in EUR)	Vesta	Witteveen+Bos kentallen	Bron
10 kW lucht/water warmtepomp (inclusief buffervat)	investeringskosten	EUR 11.769,--*	EUR 4.637-5.359 + EUR 320-500 per kW (10 kW **EUR 9.098**)	**EUR 10.000,--**	Witteveen+Bos
	onderhoudskosten	EUR 105,-- per jaar	1,50 %	EUR 140,-- inclusief omzetbelasting	Witteveen+Bos
10 kW water/water warmtepomp (inclusief buffervat)	investeringskosten	EUR 22.174,--	bodemlus: EUR 4.628-8.460 warmtepomp: EUR 753-899 per kW (10 kW **EUR 14.804,--)**	**EUR 17.000,--**	Witteveen+Bos
	onderhoudskosten	--	0,90 %	EUR 140,-- inclusief omzetbelasting	Witteveen+Bos
	vervangingskosten installaties	70 % van investeringskosten	70 % van investeringskosten	70 % van investeringskosten	Witteveen+Bos

* Investeringskosten zijn inclusief installatie, dus eventueel leidingwerk, manuren, installatiebenodigdheden en aanbrengen van 3x25A voeding.

2.7 Investeringskosten inductie koken

Om de woning volledig aardgasloos te maken dienen nog een aantal maatregelen genomen te worden. Belangrijkste aandachtspunt is daarbij het gasfornuis. Bij het vervangen van het gasfornuis is het gebruikelijk deze te vervangen voor een inductiekookplaat. De volgende stappen zijn daarbij nodig:

1 inpassen van inductiekookplaat (of inductiefornuis);
2 aanschaf van inductiepannen;
3 aanleg van een nieuwe groep in de meterkast;
4 aanleg van een perilex stopcontact (speciaal type stopcontact gebruikt bij inductie installaties);
5 aanleg van een nieuwe kabel van nieuwe groep in meterkast naar stopcontact;
6 verwijderen van de gasmeter en aansluitleiding (via netbeheerder);
7 verwijderen van de gasketel en overige.

Wanneer wordt gekozen voor een inductiekookplaat met een vermogen kleiner dan 7,4 kW volstaat het om een extra groep in de meterkast aan te leggen. In de meeste gevallen is een dergelijk vermogen voldoende. Vermogens groter dan 7.4 kW komen vooral voor bij inductiefornuizen, waarbij de kookplaat wordt gecombineerd met 1 of meerdere ovens. Wanneer wordt gekozen voor een aansluiting van meer dan 7.4 kW dan dient gecontroleerd te worden of de woning een 3-fasenaansluiting heeft. Daarnaast dient de groepenkast geschikt te worden gemaakt voor een 3-fasen aansluiting met een krachtgroep/3-fasenkookgroep.

Kosten maatregelen inductiekoken

De kosten voor de verschillende maatregelen per woning zijn opgenomen in tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kosten voor inductie koken

Maatregel	Gemiddelde kosten in EUR (inclusief omzetbelasting)	Opmerking
aanschaf en installatie inductiekookplaat + inductiepannen	1.500,--	
aanleg nieuwe kabel + kookgroep (<7,4 kW) + stopcontact	600,--	
verwijderen cv ketel + overige	680,--	dit is al onderdeel van investeringskosten lucht/water warmtepomp
totale gemiddelde kosten van maatregelen	**2.780,--**	

2.8 Subsidies

In tabel 2.5 zijn de subsidies voor warmtepompen opgenomen. Voor warmtepompen en hybride warmtepompen gelden ISDE subsidies voor particulieren. De subsidies worden meegenomen in de berekeningen.

Tabel 2.5 Uitgangspunten ISDE subsidies

Categorie	Waarde in EUR (inclusief omzetbelasting)	Bron
ISDE subsidie voor lucht/water warmtepomp	2.000,--	Witteveen+Bos (oude regeling)
ISDE subsidie voor hybride warmtepomp	1.800,--	Witteveen+Bos (oude regeling

2.9 Tarieven en indexaties

In tabel 2.6 zijn de vaste en variabele tarieven opgenomen voor gas en elektriciteit. Daarnaast zijn vaste en variabele tarieven gegeven voor waterstof. Verder bevat tabel 2.6 informatie over de verwachte prijsstijgingen in de komende 10 jaar. De verwachte prijsstijgingen worden uitgedrukt met een percentage (de index). Hierbij gelden de volgende uitgangspunten:

- de variabele elektriciteits- en gasprijs zijn gebaseerd op de gemiddelde consumentenprijzen voor oktober 2021. Bewoners met een vast contract betalen waarschijnlijk minder, terwijl mensen met een nieuw contract mogelijk meer betalen;
- de vaste net- en leverancierskosten voor levering van waterstof zijn gelijk verondersteld aan die van aardgas;
- er is verondersteld dat er waterstof geproduceerd wordt op basis van elektrolyse, met elektriciteit afkomstig van het elektriciteitsnet;
- de kostprijs van huidig waterstof is gebaseerd op die van de prijs van grijze waterstof bij een tankstation in 2021 (EUR 10 per kg inclusief omzetbelasting);
- de kostprijs van groene waterstof wordt gebaseerd op de verwachtte prijs van groene waterstof[1] in 2030 (EUR 3,85 per kg exclusief omzetbelasting);
- de kostprijs van grijze/groene waterstof is omgerekend naar aardgas equivalenten[2];
- er wordt verondersteld dat groene waterstof in 2030 een zelfde prijsopbouw heeft als die van aardgas, namelijk de kostprijs plus energiebelasting plus opslag duurzame energie (ODE) plus omzetbelasting (omzetbelasting);
- er wordt verondersteld dat de energiebelasting en ODE tussen 2021 en 2030 met 2 % per jaar stijgt als gevolg van inflatie. Hierdoor stijgen de ODE plus energiebelasting van 0,52 EUR/m^3 aardgas (2021) naar 0,62 EUR/m^3 aardgas (2030).

[1] https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-waterstof-voor-de-gebouwde-omgeving-operationalisering-in-de-startanalyse-2020_4250.pdf.

[2] Let op: waterstof bevat per kubieke meter waterstof circa 3,3x minder energie dan 1 kubieke meter aardgas. Dus: om dezelfde hoeveelheid warmte te kunnen leveren die 1 m3 aardgas kan leveren moet 3,3 m3 waterstof worden verbrand.

Tabel 2.6 Uitgangspunten tarieven en indexatie energiesoorten inclusief omzetbelasting (btw)

Kostenpost	Tarief per november 2021 (in EUR)	Tarief alternatief (in EUR)	Bron tarief	Index	Index alternatief	Bron index
gas						
netbeheerderskosten	188,-- per jaar		CBS	6 %		achtergrondrapport KEV 2020
vaste leveringskosten	72,-- per jaar		CBS	2,5 %		achtergrondrapport KEV 2020
variabele kosten	1,05 per m^3	0,79 per m^3 (juni 2021)	CBS	2,0 %		achtergrondrapport KEV 2020
elektriciteit						
netbeheerderskosten	257,-- per jaar		CBS	2,5 %		achtergrondrapport KEV 2020
vaste leveringskosten	73,-- per jaar		CBS	2,5 %		achtergrondrapport KEV 2020
belastingvermindering	559,-- per jaar		CBS	2 %		inflatie
variabele kosten	0,28 per kWh		CBS	0 %		achtergrondrapport KEV 2020
waterstof						
netbeheerderskosten	188,-- per jaar	300-400 per jaar	Witteveen+Bos	6 %		achtergrondrapport KEV 2020
vaste leveringskosten	72,-- per jaar		Witteveen+Bos	2,5 %		achtergrondrapport KEV 2020
variabele kosten waterstof	3,-- per m^3 aardgas equivalent		https://waterstof-tanken.nu/waterstof-tanken/	-4,4 %		Witteveen+Bos / PBL, 2020[1]

[1] Waterstof voor de gebouwde omgeving; operationalisering in de Startanalyse 2020 (pbl.nl)

Tabel 2.7 kosten aardgas, grijze en groene waterstof in 2021 en 2030 inclusief btw, tenzij anders aangegeven(*)

Aanduiding	Prijs (in EUR) per m^3 aardgas equivalent	Prijs (in EUR) per kg waterstof
aardgas in 2021	1,05 per m^3	niet van toepassing
grijze waterstof in 2021	3,00 per m^3	10,00 per kg
groene waterstof in 2030	2,01 per m^3	6,70 per kg
- kostprijs groene waterstof 2030	1,39 per m^3	niet van toepassing
- exclusief omzetbelasting (*)	1,15 per m^3 (*)	3,85 per kg (*)
- ODE en energiebelasting 2030	0,62 per m^3	

2.10 Bepaling CO_2-uitstoot

De CO_2-uitstoot wordt bepaald door te kijken naar het elektriciteitsverbruik bij elke techniek, aangenomen dat er grijze stroom gebruikt wordt. De CO_2 emissiefactoren per type energiedrager zijn gegeven in tabel 2.8.

Tabel 2.8 Uitgangspunt CO_2-emissiefactor

Categorie	Waarde	Bron
CO_2-emissiefactor elektriciteitsmix 2020	0,30 kg/kWh	achtergrondrapport KEV 2021
CO_2-emissiefactor elektriciteitsmix 2025	0,21 kg/kWh	achtergrondrapport KEV 2021
CO_2 emissiefactor elektriciteitsmix 2030	0,09 kg/kWh	achtergrondrapport KEV 2021
CO_2-emissiefactor aardgas	57,88 kg/GJ	eigen berekening
CO_2-emissiefactor waterstof o.b.v elektriciteitsmix 2020	0,50 kg/kWh	berekening: elektrolyse efficiëntie van 60 %
CO_2-emissiefactor waterstof o.b.v elektriciteitsmix 2030	0,15 kg/kWh	berekening: elektrolyse efficiëntie van 60 %

2.11 Opwekrendementen van energieystemen

De opwekrendement en andere kenmerken van de installaties zijn opgenomen in tabel 2.9.

Tabel 2.9 Uitganspunten rendementen en overige kenmerken

Categorie	Waarde	Bron
gasketel / waterstofketel		
- opwekrendement huidige gasketel (o.b.v. Hoog calorische waarde)	89 %	ACM
- opwekrendement voor ruimteverwarming en tapwater (huidig)	93 % / 68 %	ACM
- opwekrendement HR cv 107 (o.b.v. hoog calorische waarde)	93 %*	Witteveen+Bos
- opwekrendement voor ruimteverwarming en tapwater	93 % / 85 %	Witteveen+Bos
hybride lucht/water warmtepomp		
- SPF LW hybride warmtepomp	4,0	ECW, hybride warmtepomp
- aandeel in ruimteverwarming	70 %	onderzoek consumentenbond
hybride lucht/lucht warmtepomp		
- SPF LL hybride warmtepomp	3	aanname
- aandeel in ruimteverwarming	50 %	aanname
lucht en bodem warmtepomp		
- SPF lucht/waterwarmtepomp	3,2	KU Leuven praktijkonderzoek
- SPF water/water warmtepomp	4,3	KU Leuven praktijkonderzoek

2.12 Overige uitgangspunten

Tabel 2.10 bevat een aantal overige uitgangspunten die zijn gebruikt.

Tabel 2.10 Overige uitgangspunten

Categorie	Waarde	Bron
levensduur systemen	15 jaar	Witteveen+Bos
disconteringsvoet eindgebruikerskosten	5,5 %	Witteveen+Bos

II

BIJLAGE: PRESENTATIE MET RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK



Kloosterveen Duurzaam Warm

resultaten verdiepingsslag warmtesystemen
28 december 2021

Jippe Beltman, Peter Swier, André van Kuijk

Inhoud

1. Inleiding en context
2. Warmtesystemen
3. Uitgangspunten
4. Woningenschouwen
5. Resultaten
6. Samenvatting

7. Aanpassingen na 13 december

Inleiding

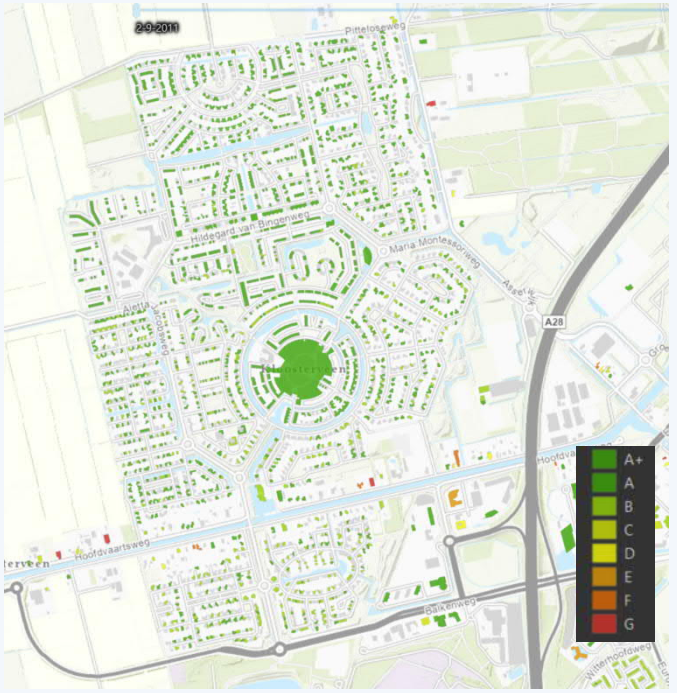
De gemeente Assen in samenwerking met betrokken inwoners heeft Witteveen+Bos gevraagd een vergelijkend onderzoek uit te voeren naar alternatieve vormen van duurzame warmtevoorziening voor de wijk. Het doel van dit onderzoek is om bewoners van woningen inzicht te verschaffen in de verschillende opties voor verduurzaming van de warmtevoorziening van hun woning en de daarmee samenhangende kosten op jaarbasis en de lange termijn. Een gasgestookte HR-ketel is daarbij als referentie aangehouden. De volgende scenario's zijn hiervoor in beschouwing genomen:

1. hybride lucht-water warmtepomp aardgas
2. hybride lucht-lucht warmtepomp aardgas
3. HR cv waterstof
4. hybride lucht-water warmtepomp met waterstof
5. volledig elektrische lucht-water warmtepomp
6. volledig elektrische water/water warmtepomp met bodemlus

Op de volgende slides wordt ingegaan op de context, de gehanteerde uitgangspunten, beschouwde scenario's, beschouwde woningen en resultaten van de berekeningen.

Context

- Kloosterveen, gemeente Assen
- circa 4.000 woningen
- huidig gemiddeld aardgasverbruik van de woningen bedraagt 1.170 m^3/jaar
- 53 % van de woningen heeft een huidig energielabel A
- 45 % van de woningen heeft een huidig energielabel B



Screenshot wijk Kloosterveen, bekende labels
Bron: ArcGIS ESRI 2021

Warmtesystemen

Inhoud:

1. Definities van de scenario’s
2. Toelichting per warmtesysteem

Witteveen + Bos

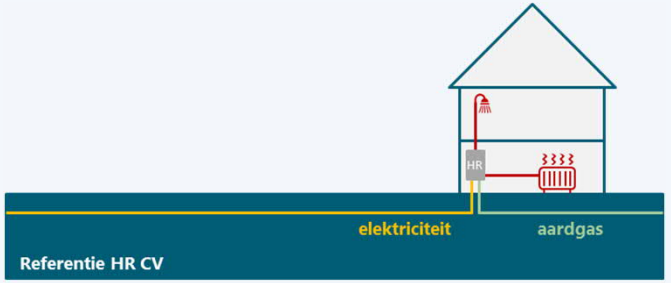
Scenario's: te beschouwen energiesystemen

Scenario/ variabele	Referentie 0	1	2	3	4	5	6
type systeem	HR cv aardgas	L-W hybride aardgas	L-L hybride aardgas	HR cv waterstof	L-W hybride waterstof	L-W warmtepomp	W-W warmtepomp
aanvoer-temperatuur	70 °C	70 °C / 45 °C	70 °C / 45 °C	70 °C	70 °C / 45 °C	45 °C	45 °C
retourtemperatuur	40 °C	40 °C / 35 °C	40 °C / 35 °C	40 °C	40 °C / 35 °C	35 °C	35 °C
lagetemperatuur aanpassingen	-	-	-	inductiekoken	inductiekoken	inductiekoken, HR++ glas en LT convectoren	inductiekoken, HR++ glas en LT convectoren

Beschrijving en schematische weergave scenario's

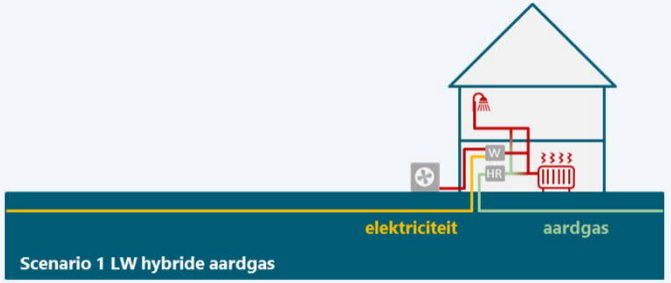
Referentiescenario: aardgas cv

Dit scenario dient als vergelijking met de andere scenario's. Er worden geen grote ingrepen gedaan aan de woning. Verwarming zal de komende jaren plaatsvinden middels een nieuwe aardgas cv. Ook het warmtapwater wordt door de cv geleverd. Bij de berekeningen wordt uitgegaan van koken op aardgas, als er niet al inductie geplaatst is.



Scenario 1: hybride lucht-water warmtepomp aardgas

Bij de hybride warmtepomp wordt de warmtepomp ondersteund door een aardgas cv. Een groot gedeelte van de verwarming van het huis zal door de warmtepomp gedaan worden, maar op de koudere dagen kan de cv bijspringen. Het warmtapwater wordt altijd door de cv geleverd. Hierdoor kan de warmtepomp wat kleiner zijn. Aan het afgiftesysteem hoeven geen aanpassingen gedaan te worden. Bij de berekeningen wordt uitgegaan van koken op aardgas, als er niet al inductie geplaatst is.



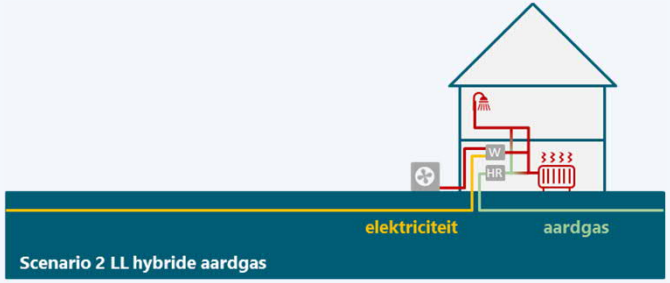
Beschrijving en schematische weergave scenario's

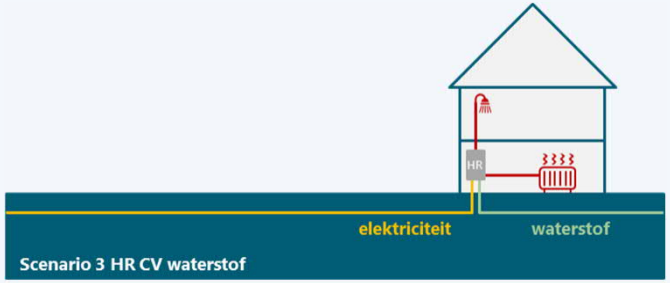
Scenario 2: hybride lucht-lucht warmtepomp aardgas

Bij een hybride warmtepomp wordt de warmtepomp ondersteund door een gas cv. Het grootste gedeelte van de verwarming van het huis zal door de warmtepomp gedaan worden, maar op de koudste dagen kan de cv bijspringen. Het warmtapwater wordt altijd door de cv geleverd. Hierdoor kan de warmtepomp wat kleiner zijn. Wel zijn hetzelfde isolatieniveau en woningaanpassingen aangenomen als bij scenario 1. Om toch helemaal duurzaam te zijn wordt de cv niet met aardgas maar met groengas gevoed. Dit is gas uit biomassa dat is opgewerkt tot aardgaskwaliteit. Bij de berekeningen wordt uitgegaan van koken op aardgas, als er niet al inductie geplaatst is.

Scenario 3: HR cv waterstof

Er worden geen grote ingrepen gedaan aan de woning. De woning zal verwarmd worden met een waterstofketel. Ook het warmtapwater wordt door de ketel geleverd. Verondersteld is dat het aanwezige inpandige leidingwerk in orde is. Bij de berekeningen wordt uitgegaan van koken op inductie. De aardgasaansluiting wordt verwijderd, en er wordt aangenomen dat er een waterstofaansluiting aanwezig is zonder extra aansluitkosten.

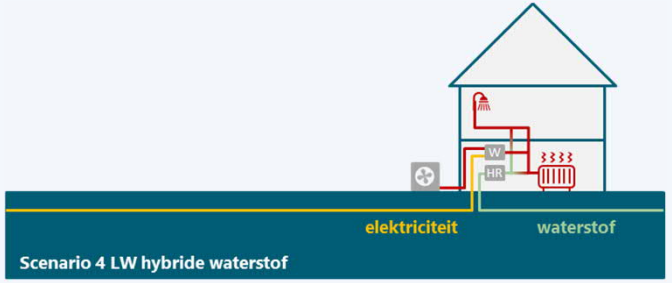




Beschrijving en schematische weergave scenario's

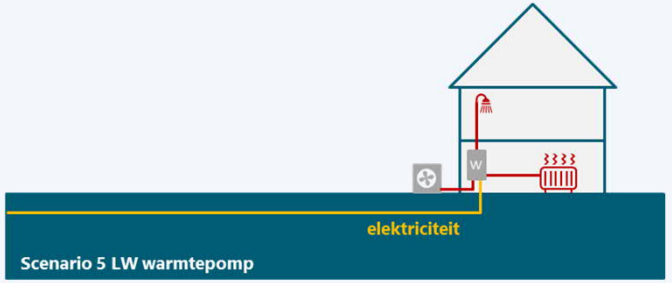
Scenario 4: hybride lucht-water warmtepomp met waterstof

Bij deze hybride warmtepomp wordt de warmtepomp ondersteund door een waterstof cv. . Een groot gedeelte van de verwarming van het huis zal door de warmtepomp gedaan worden, maar op de koudere dagen kan de cv bijspringen. Het warmtapwater wordt altijd door de cv geleverd. Hierdoor kan de warmtepomp wat kleiner zijn. Door een hybride systeem toe te passen wordt de vraag naar kostbaar waterstof sterk verminderd. Bij de berekeningen wordt uitgegaan van koken op inductie.



Scenario 5: volledig elektrische lucht-water warmtepomp

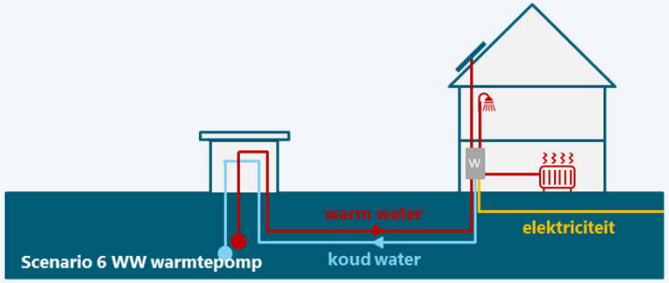
Bij dit systeem wordt de cv verwijderd en vervangen door een lucht/water warmtepomp. De warmtepomp haalt warmte uit de buitenlucht via een buitenunit en zet die met elektriciteit om in bruikbare warmte. Om dit te kunnen toepassen moet de woning wel goed geïsoleerd zijn en moeten de radiatoren geschikt zijn voor lagetemperatuur verwarming. De noodzakelijke maatregelen aan de woning zijn in kaart gebracht tijdens de woningschouwen. Er wordt overgegaan op inductie koken, en de gasaansluiting wordt verwijderd. Bij de berekeningen wordt uitgegaan van koken op inductie.



Beschrijving en schematische weergave scenario's

Scenario 6: volledig elektrische water/water warmtepomp met bodemlus

Bij dit systeem wordt de cv verwijderd en vervangen door een water/water warmtepomp met bodemlus in iedere woning. De warmtepomp haalt warmte uit de ondergrond via de bodemlus en zet die met elektriciteit om in bruikbare warmte. Om dit te kunnen toepassen moet de woning goed geïsoleerd zijn en moeten de radiatoren geschikt zijn voor lagetemperatuur verwarming. De noodzakelijke maatregelen aan de woning zijn in kaart gebracht tijdens de woningschouwen. Bij de berekeningen wordt uitgegaan van koken op inductie.



Uitgangspunten

Inhoud:

1. Uitgangspuntennotitie
2. Berekeningen
3. Maatregelen voor lagetemperatuurverwarming

Uitgangspuntennotitie

- overzicht van gehanteerde uitgangspunten
- kentallen van RVO, Vesta, en door W+B zelf gehanteerd
- Enkele specifieke punten uitgelicht:
  - allemaal nieuwe systemen (ook cv)
  - alles onder voorwaarden van inpasbaarheid, (wel bekeken maar kan in praktijk altijd anders uitpakken)
  - uitgangspunt is dat de systemen nu gerealiseerd worden en wat de kosten dan zijn
  - subsidie op basis van regelingen 2021 (dus nog niet de verhoogde)



Opties voor toepassen warmtepomp (bodem/lucht)

Opties	Maatregelen aan installaties	Investering	Comfort	Koeling	Energiekosten
Optie 1	1. HT warmtepomp 2. Radiatoren behouden	++	+/-	-	-
Optie 2	1. LT warmtepomp 2. LT convectoren plaatsen 3. Mechanische ventilatie	+	+/-	++	+
Optie 3	1. LT warmtepomp 2. LT Vloerverwarming en LT convectoren plaatsen 3. Balansventilatie met WTW plaatsen	--	+	+	++



Type 21

Kosten aardgas en elektriciteit

- huidige gemiddelde prijs volgens CBS
  - gas: EUR 1,05 per m^3
  - Elektriciteit: EUR 0,28 per kWh
- dit is recent fors gestegen en huidige nieuwe tarieven zijn hoger

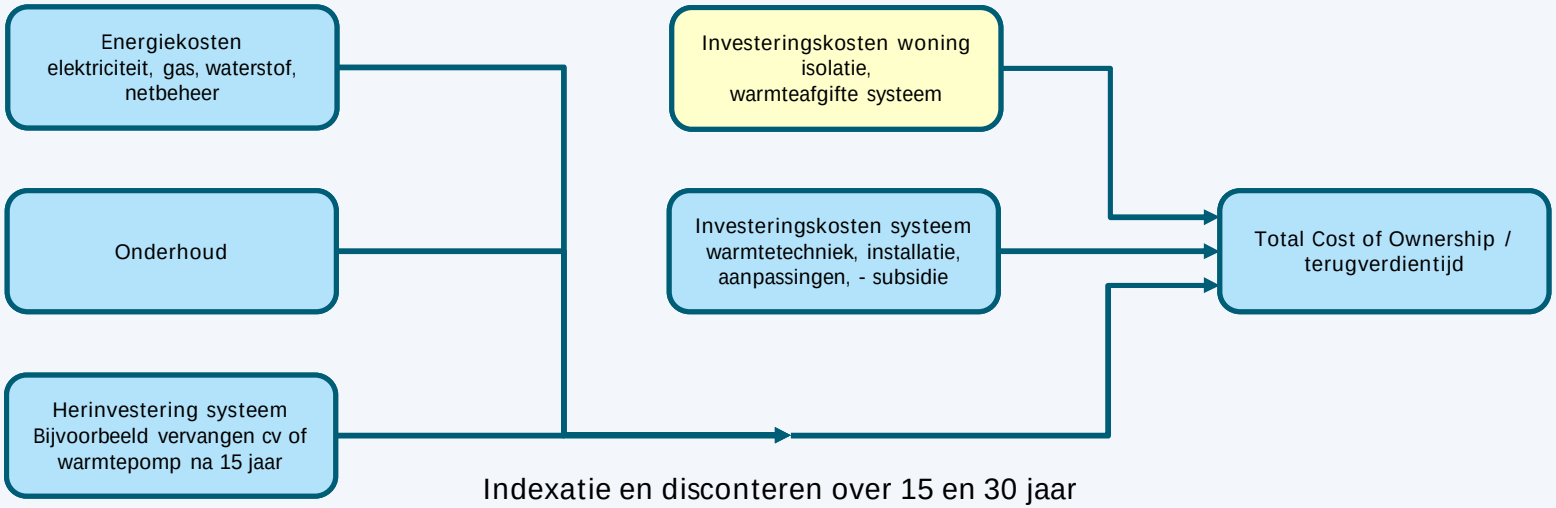
- verwachting voor toekomst:
  - gasprijs: + 2 % per jaar (toename belastingen)
  - elektriciteitsprijs: + 0 % per jaar (afname belastingen)

Kostenpost	Tarief per november 2021 (CBS)
gas	
netbeheerderskosten	EUR 188 per jaar
vaste leveringskosten	EUR 72 per jaar
variabele kosten	EUR 1,05 per m^3
elektriciteit	
netbeheerderskosten	EUR 257 per jaar
vaste leveringskosten	EUR 73 per jaar
belastingvermindering	EUR 559 per jaar
variabele kosten	EUR 0,28 per kWh

Kosten waterstof

- nu EUR 10,-- per kg bij tankstation
- dit is “grijze” waterstof
- in 2030 voor “groen” verwachting EUR 6,70 euro per kg:
  - kostprijs EUR 3,85 (PBL) + belasting circa EUR 3,00
  - exclusief winst en marktfactoren
- na 2030 alleen inflatie (1,5 %)

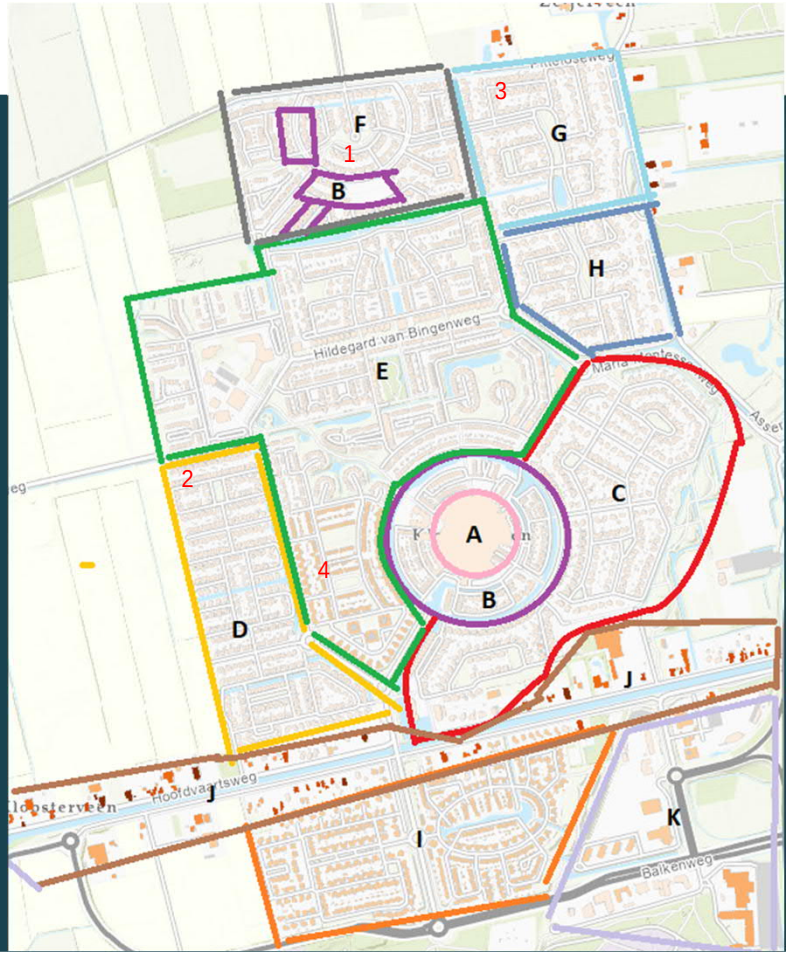
Uitgangspunten: Berekeningen kosten en baten



Geselecteerde woningen voor verdieping

Inhoud:

1. Woning 1: 2-onder-1-kap uit 2009 (gebied F)
2. Woning 2: 2-onder-1-kap uit 2002 (gebied D)
3. Woning 3: vrijstaande woning uit 2009 (gebied G)
4. Woning 4: tussenwoning uit 2000 (gebied E)

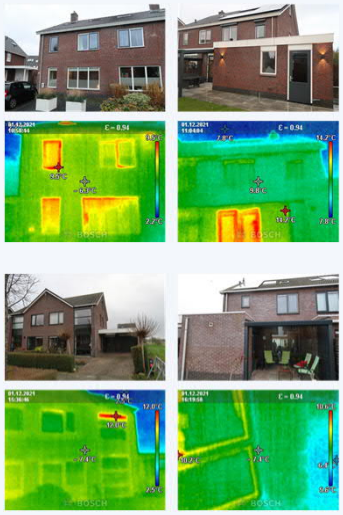


Woningschouwen

- 4 woningen bezocht
- in gesprek gegaan met de bewoner(s) over de woning: energieverbruik, verbouwingen/aanpassingen, geplande werkzaamheden, comfortklachten (tocht)
- opnameformulieren ingevuld (focus op het afgiftesysteem, glas en ventilatie)
- gewone én thermografische foto's gemaakt



Opnameformulier woningschouw Kloosterveen

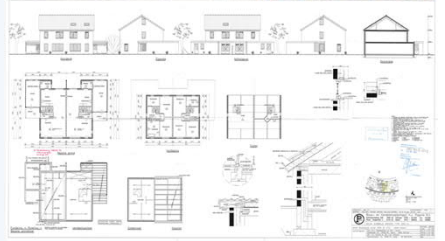


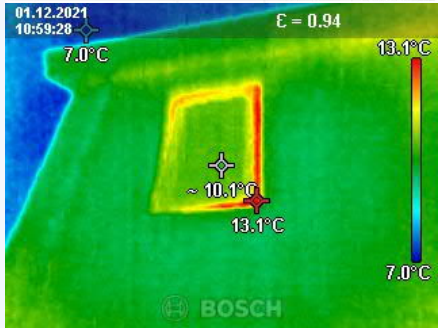
Woning 1

Onderwerp	Informatie
Bouwjaar	2009
Woningtype	twee-onder-één-kap
Oppervlakte	160 m^2 *
Gasverbruik	1.710 m^3/jaar
Elektraverbruik	4.782 kWh/jaar
Constructie	betonnen plaatvloeren en een houten kap
Glastype	HR+ **
Isolatie	Rc dak = 4,0 ***
	Rc gevel = 3,6 ***
	Rc vloer = 3,0 ***
Verwarmingsinstallatie	cv-ketel (2008, Intergas) op 1e verdieping in een ruimte van ca. 90 x 45 x 270 cm
Afgiftesysteem	radiatoren
Bijzonderheden	twee elektrische auto's; 20 zonnepanelen; ze willen de benedenverdieping gaan verbouwen (nieuwe vloer, keuken en vloerverwarming ****) en overwegen een all-electric warmtepomp; ze hebben offertes voor een airco, hybride warmtepomp of all-electric warmtepomp en beoogde locaties voor eventuele nieuwe installaties (buiten-unit op dak garage, binnen-unit op overloop 2e verdieping of in berging)
Inschatting geschiktheid LT	hoog, op basis van isolatieniveau (label A), ontvangen offertes en potentiële locaties voor installaties

* Conform BAG-informatie
** In de berekeningen aangehouden dat het glas niet vervangen wordt
*** Conform bouwtekeningen en EPC berekening
**** In de berekeningen is uitgegaan van vervanging radiatoren door LT-convectoren







Maatregelen voor lagetemperatuur aan woning 1



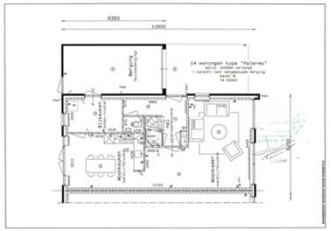
- HR+ glas reeds aanwezig, dus geen vervanging nodig
- isolatie reeds voldoende
- radiatoren/afgifte:
  - benodigde capaciteit: 6 kW
  - nu: 9 radiatoren en 1 vloerverwarming (in badkamer)
  - vervangen: 8 van de 9 radiatoren door convectoren
  - kosten: EUR 7.100

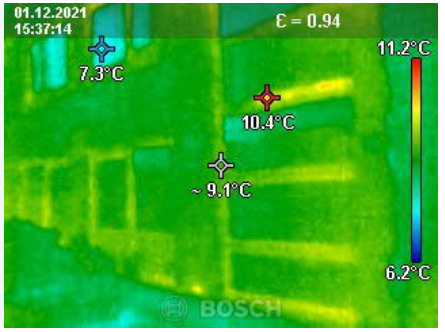
Woning 2

Onderwerp	Informatie
Bouwjaar	2002
Woningtype	twee-onder-één-kap
Oppervlakte	143 m^2 *
Gasverbruik	1.245 m^3/jaar
Elektraverbruik	129 kWh/jaar
Constructie	volgens de bewoner staat het huis op funderingspalen van 5m, verder geen informatie bekend
Glastype	HR++
Isolatie	Rc dak = 2,5 ** Rc gevel = 2,5 ** Rc vloer = 3,8 ***
Verwarmingsinstallatie	cv-ketel (2002, Vaillant) en staat naast het trapgat open opgesteld op de 2e verdieping (zolder)
Afgiftesysteem	radiatoren
Bijzonderheden	na-isolatie vloer (Tonzon); 6 zonnepanelen (10 jaar oud); 1 zonneboiler; bewoner heeft de ambitie om energieneutraal te worden; door de positie van de woning naast een open veld en dus 'op de wind' heeft de bewoner veel roosters dicht en het mechanisch ventilatiesysteem permanent uitgeschakeld; carport en berging aan de woning
Inschatting geschiktheid LT	midden, op basis van isolatieniveau (voorlopig label B), HR++ glas, na-isolatie vloer, zonneboiler en beschikbare ruimte voor installaties op zolder en dak berging/carport; aandachtspunt is de impact van de wind op de woning

* Conform BAG-informatie
** Niet aangegeven op bouwtekeningen dus een inschatting gemaakt op basis van het bouwjaar van de woning
*** Tonzon vloerisolatie: https://www.nbd-online.nl/product/60671-vloerisolatie-van-tonzon







Maatregelen voor lagetemperatuur aan woning 2



- HR++ glas reeds aanwezig, dus geen vervanging nodig
- isolatie reeds voldoende
- radiatoren/afgifte:
  - benodigde capaciteit: 5,5 kW
  - nu: 9 radiatoren
  - vervangen: 8 van de 9 radiatoren door convectoren
  - kosten: EUR 7.000

Woning 3

Onderwerp	Informatie
Bouwjaar	2009
Woningtype	vrijstaand huis
Oppervlakte	228 m^2 *, 245 m^2 **
Gasverbruik	3.100 m^3/jaar
Elektraverbruik	7.500 kWh/jaar
Constructie	gewapende funderingsstroken, PS isolatievloer op begane grond, kanaalplaatvloeren en een houten kap
Glastype	HR++
Isolatie	Rc dak = 3,5 Rc gevel = 3,6 Rc vloer = 3,5
Verwarmingsinstallatie	cv-ketel (2020, ATAG) op de 2e verdieping in aparte ruimte van ca. 140 x 160 x 150-260 cm; volgens plattegronden geschikt voor plaatsen witgoed, al staat dat hier in de bijkeuken
Afgiftesysteem	vloerverwarming op begane grond (hal, woonkamer, keuken, werkkamer, berging) en in badkamer op 1e verdieping; verder radiatoren
Bijzonderheden	vloerverwarming op begane grond (hal, woonkamer, keuken, werkkamer, berging); berging later geïsoleerd; carport en berging aan de woning
Inschatting geschiktheid LT	midden/hoog, op basis van isolatieniveau (label A), beschikbare ruimte voor installaties rondom huidige cv-ketel; aandachtspunt kan een buiten-unit van een eventuele warmtepomp zijn (i.v.m. aangrenzende buren) en de hart-op-hart afstand van de slangen van de vloerverwarming op de begane grond van 15 cm in relatie tot comfort

* Conform BAG-informatie
** Conform bewoners (berging is later geïsoleerd), dit aangehouden in de berekening







Maatregelen voor lagetemperatuur aan woning 3



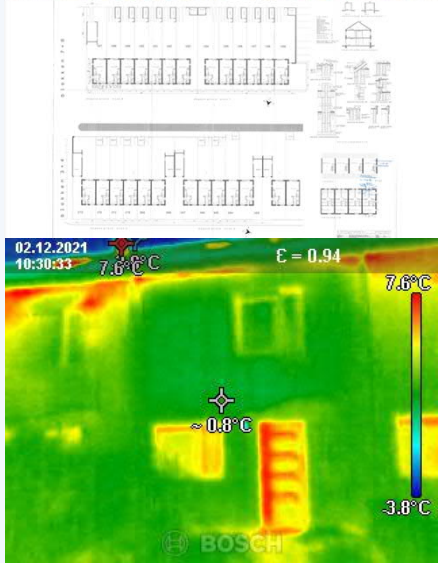
- HR++ glas reeds aanwezig, dus geen vervanging nodig
- isolatie reeds voldoende
- radiatoren/afgifte:
  - benodigde capaciteit: 10 kW
  - nu: 9 radiatoren en (groot deel) begane grond en badkamer vloerverwarming
  - vervangen: 9 van de 9 radiatoren door convectoren
  - kosten: EUR 7.700

Woning 4

Onderwerp	Informatie
Bouwjaar	2000
Woningtype	tussenwoning
Oppervlakte	92 m² *
Gasverbruik	450 m³/jaar
Elektraverbruik	300 kWh/jaar
Constructie	betonstroken fundering, betoncassettevloer op begane grond, kanaalplaatvloer, prefab beton wanden
Glastype	HR++ (voordeur, achterdeur, ramen 1e verdieping en ramen dakkapel 2e verdieping), verder HR+
Isolatie	Rc dak = 3,0 **
	Rc gevel = 2,5 ***
	Rc vloer = 2,5
Verwarmingsinstallatie	cv-ketel (2018, Remeha) op de 2e verdieping in aparte ruimte van ca. 80 x 130 x 150-190 cm; achter deze ruimte staan onder de schuine kap ook zonneboiler en ventilatie gerelateerde installaties opgesteld
Afgiftesysteem	vloerverwarming (badkamer 1e verdieping, toilet begane grond); verder radiatoren
Bijzonderheden	vloerverwarming in het toilet (lus) en de badkamer; 8 zonnepanelen (op dak schuur); 1 zonneboiler (op dak); na-isolatie spouwmuur; bewoner heeft zich al verdiept in mogelijkheden plaatsen van een warmtepomp, maar o.a. constructie (belasting raveelijzer trapopening) en ruimte is aandachtspunt
Inschatting geschiktheid LT	midden/hoog, op basis van isolatieniveau (voorlopig label A), zonneboiler; aandachtspunt is de inpassing van installaties (positie buiten-unit, eventuele constructieve beperkingen, reeds aanwezige installaties)

* Conform BAG-informatie
** Conform EPC-berekening
*** Conform EPC-berekening, dit aangehouden in de berekening. De bewoner gaf aan dat na-isolatie aangebracht is, maar huidige Rc-waarde is onbekend





Maatregelen voor lagetemperatuur aan woning 4



- HR+ en HR++ glas reeds aanwezig, dus geen vervanging nodig
- isolatie reeds voldoende
- radiatoren/afgifte:
  - benodigde capaciteit: 3 kW
  - nu: 6 radiatoren en 2 ruimtes vloerverwarming, op 50 °C: 2,6 kW
  - vervangen: 5 van de 6 radiatoren door convectoren
  - kosten: EUR 4.200

Resultaten

Inhoud:

1. Inleiding en overzicht resultaten
2. Resultaten per woning

Inleiding resultaten

Eindgebruikerskosten

- per systeemvariant zijn de eindgebruikerskosten bepaald
- de eindgebruikerskosten zijn ingedeeld in de volgende categorieën:
  - eenmalige investeringskosten:
    - warmtetechniek (gasketel, warmtepomp, hybride-warmtepomp) incl. installatie
    - vervangen van HT radiatoren voor LT convectoren in de leefruimtes incl. installatie
    - kosten voor overstap naar elektrisch koken indien nodig
  - herinvesteringskosten na 15 jaar
  - jaarlijkse kosten:
    - vaste en variabele kosten voor elektriciteit, gas en waterstof
    - onderhoud/ huurkosten ketel, warmtepomp en installatie.

Energiegebruik en jaarlijkse kosten: op basis van huidige energierekening

- de jaarlijkse energielasten zijn voor elke variant gebaseerd op het *huidige gemeten energiegebruik van de beschouwde woning*
- op basis van het *huidige gemeten energiegebruik* is een inschatting gemaakt van de onderverdeling in:
  - de gemiddelde verwachte energiebehoefte voor ruimteverwarming
  - de gemiddelde verwachte energiebehoefte voor tapwater
  - de gemiddelde verwachte energiebehoefte voor koken

Witteveen + Bos

Overzicht resultaten I/II

Woning 1		0 cv aardgas	1 L-W hybride aardgas	2 L-L hybride aardgas	3 HR cv waterstof	4 L-W hybride waterstof	5 L-W warmtepomp	6 W-W warmtepomp
investeringskosten	EUR	1.800	3.500	4.000	4.200	5.900	15000	19.400
herinvesteringskosten	EUR	1.200	3.700	2.800	1.500	3.900	5.400	6.100
jaarlijkse kosten	EUR/jaar	3.200	3.100	3.200	6.600	4.800	2.600	2.200
TCO over 15 jaar	EUR	38.400	36.600	39.000	61.700	49.700	40.800	41.900
TCO over 30 jaar	EUR	59.400	56.600	59.700	89.700	73.300	57.100	56.500
CO_2-uitstoot	ton/jaar	3,03	1,63	2,09	2,78	1,59	0,52	0,39

Woning 2		0 cv aardgas	1 L-W hybride aardgas	2 L-L hybride aardgas	3 HR cv waterstof	4 L-W hybride waterstof	5 L-W warmtepomp	6 W-W warmtepomp
investeringskosten	EUR	1.800	3.500	4.000	4.200	5.900	14.800	19.100
herinvesteringskosten	EUR	1.200	3.700	2.800	1.500	3.900	5.400	6.000
jaarlijkse kosten	EUR/jaar	1.500	1.300	1.400	3.900	2.400	900	700
TCO over 15 jaar	EUR	19.400	18.500	20.400	37.000	27.700	24.100	25.800
TCO over 30 jaar	EUR	30.200	28.700	31.000	52.800	40.300	31.500	32.100
CO_2-uitstoot	ton/jaar	2,25	1,11	1,48	2,06	1,09	0,39	0,29

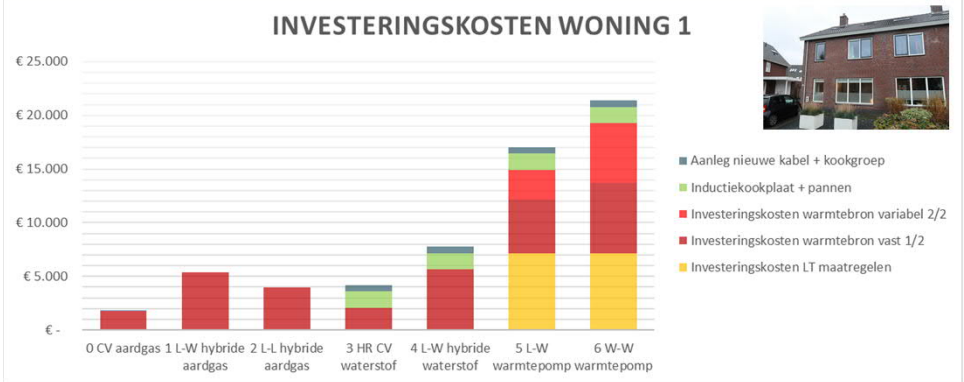
Witteveen + Bos

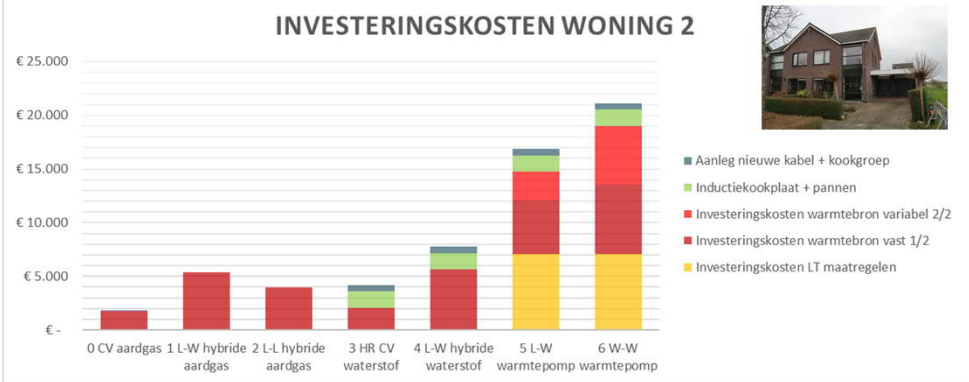
Overzicht resultaten II/II

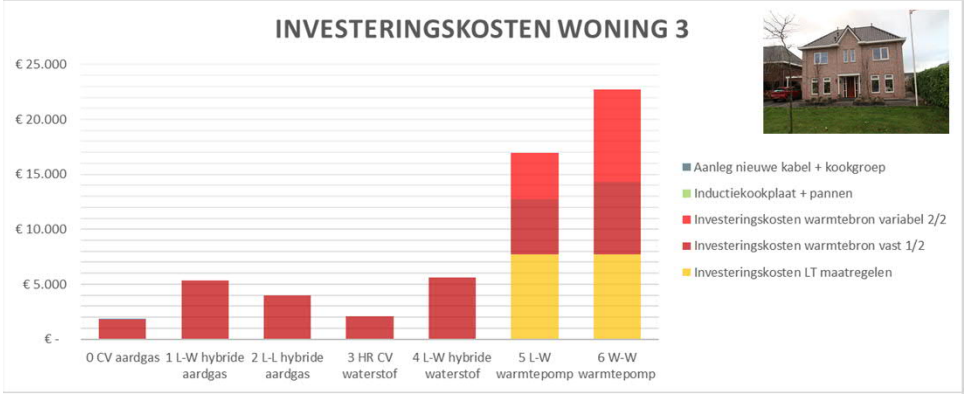
Woning 3		0 cv aardgas	1 L-W hybride aardgas	2 L-L hybride aardgas	3 HR cv waterstof	4 L-W hybride waterstof	5 L-W warmtepomp	6 W-W warmtepomp
investeringskosten	EUR	1.800	3.500	4.000	2.100	3.800	14.400	20.200
herinvesteringskosten	EUR	1.200	3.700	2.800	1.500	3.900	6.400	7.500
jaarlijkse kosten	EUR/jaar	5.600	5.000	5.400	11.800	7.500	4.500	3.900
TCO over 15 jaar	EUR	63.900	56.500	62.100	102.900	72.700	60.300	59.700
TCO over 30 jaar	EUR	99.100	87.200	95.400	150.900	108.800	87.600	84.000
CO_2-uitstoot	ton/jaar	5,87	2,76	3,76	5,39	2,74	1,01	0,75

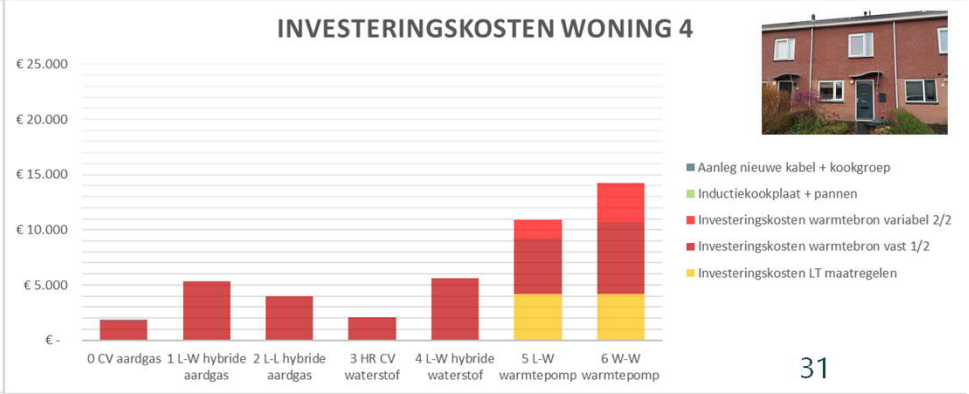
Woning 4		0 cv aardgas	1 L-W hybride aardgas	2 L-L hybride aardgas	3 HR cv waterstof	4 L-W hybride waterstof	5 L-W warmtepomp	6 W-W warmtepomp
investeringskosten	EUR	1.800	3.500	4.000	2.100	3.800	8.900	12.200
herinvesteringskosten	EUR	1.200	3.700	2.800	1.500	3.900	4.700	5.000
jaarlijkse kosten	EUR/jaar	700	700	700	1.600	1.000	400	300
TCO over 15 jaar	EUR	10.100	11.700	12.500	16.600	13.800	12.700	14.900
TCO over 30 jaar	EUR	15.600	18.100	18.600	24.300	20.900	16.700	18.600
CO_2-uitstoot	ton/jaar	0,89	0,35	0,52	0,81	0,36	0,15	0,11

Investeringskosten





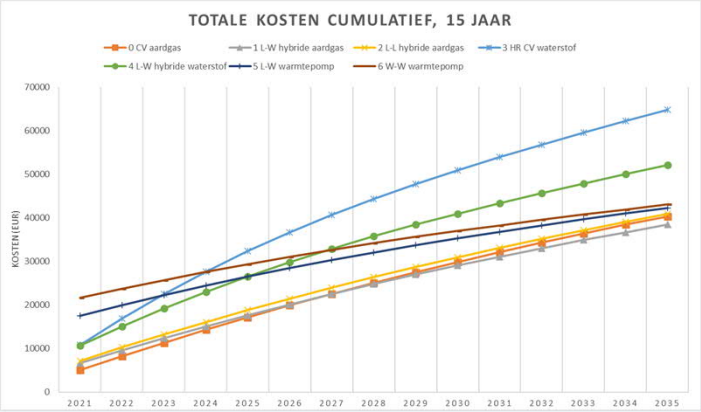


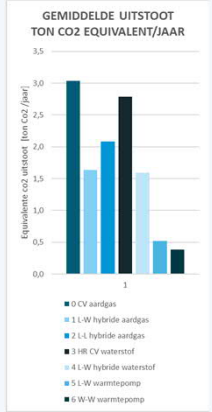


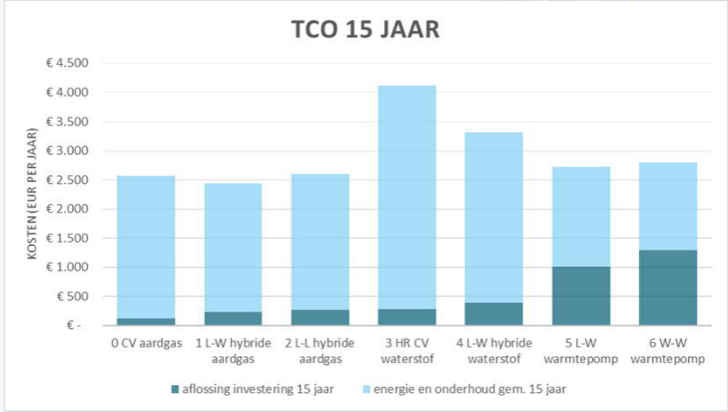
Witteveen + Bos

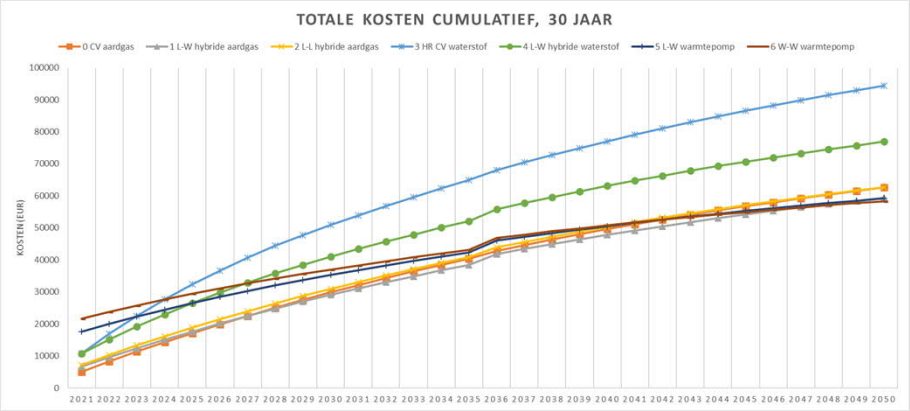
Woning 1









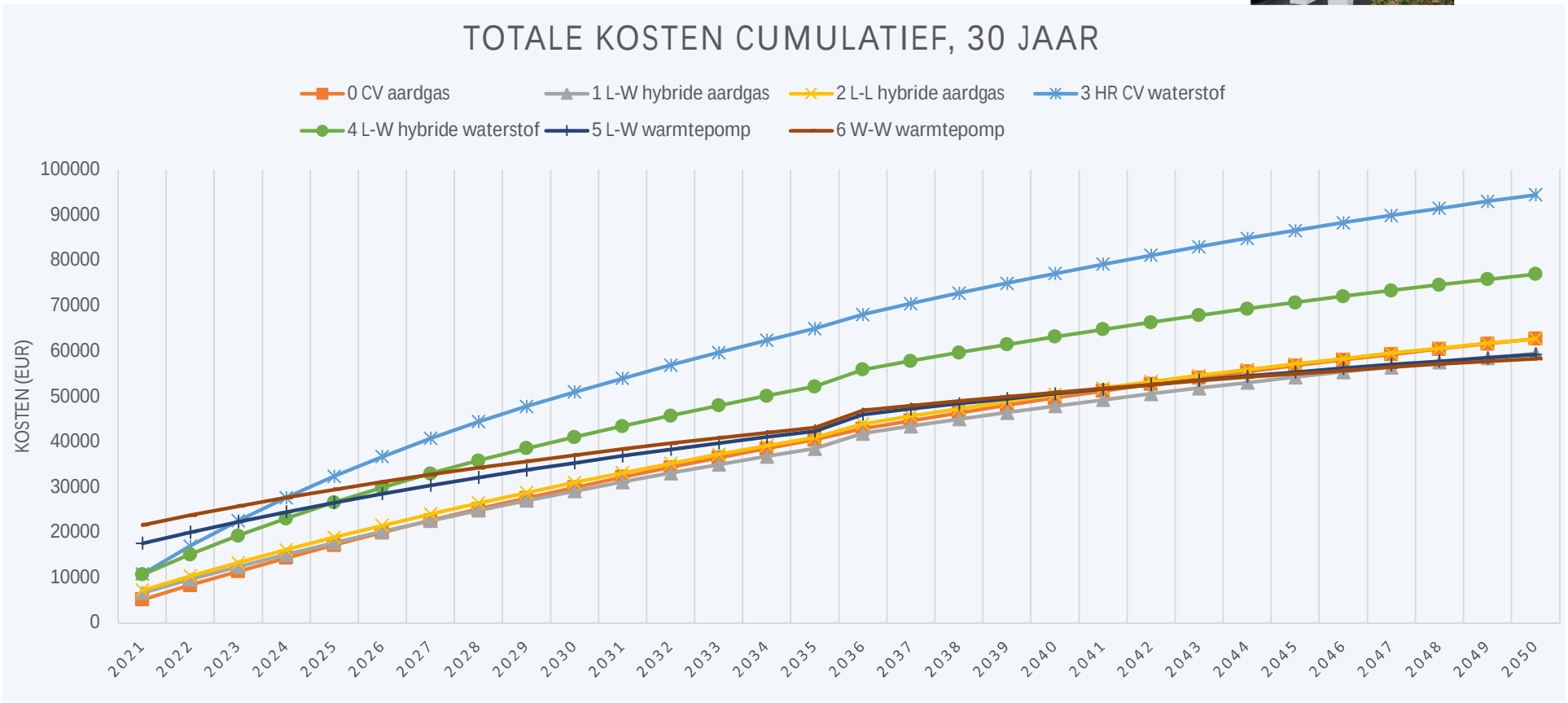




Witteveen + Bos

Woning 1

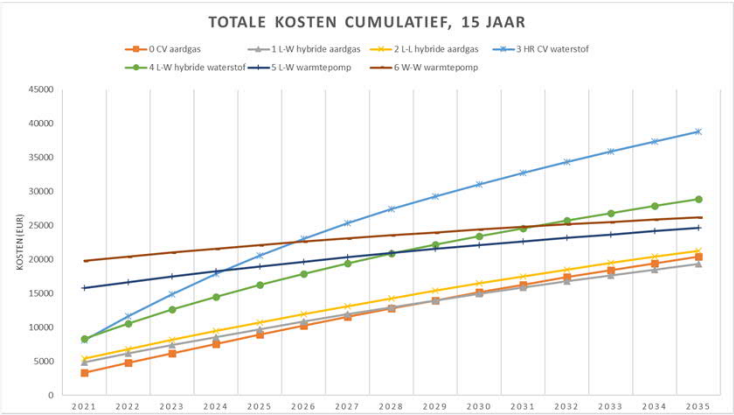


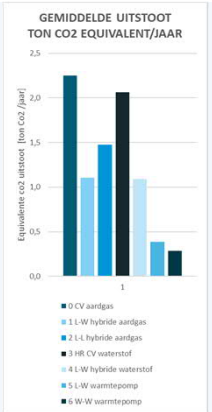


Witteveen + Bos

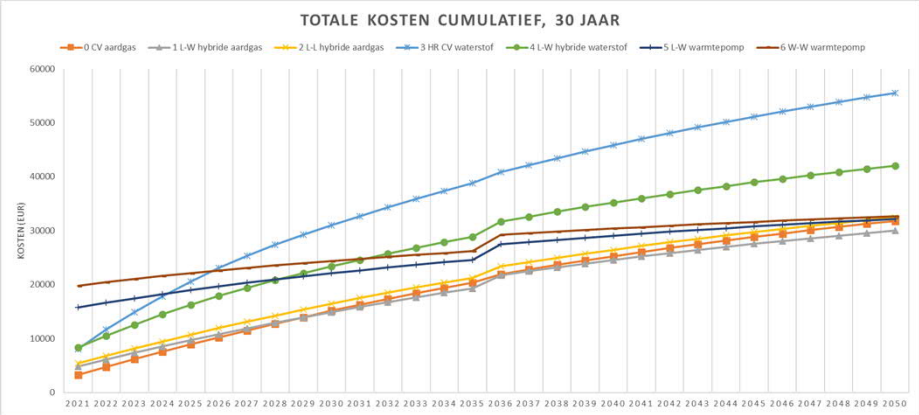
Woning 2

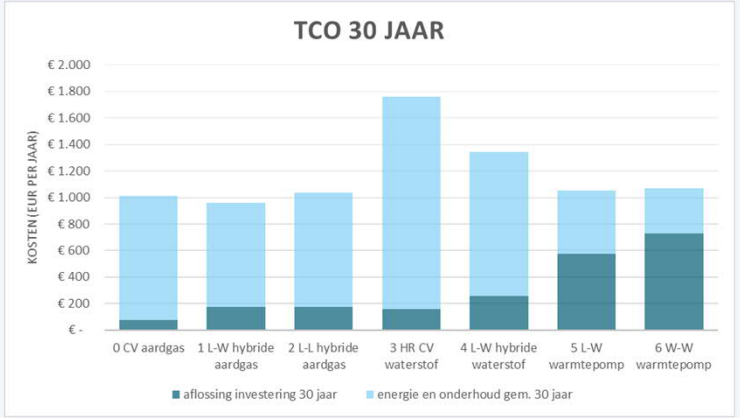








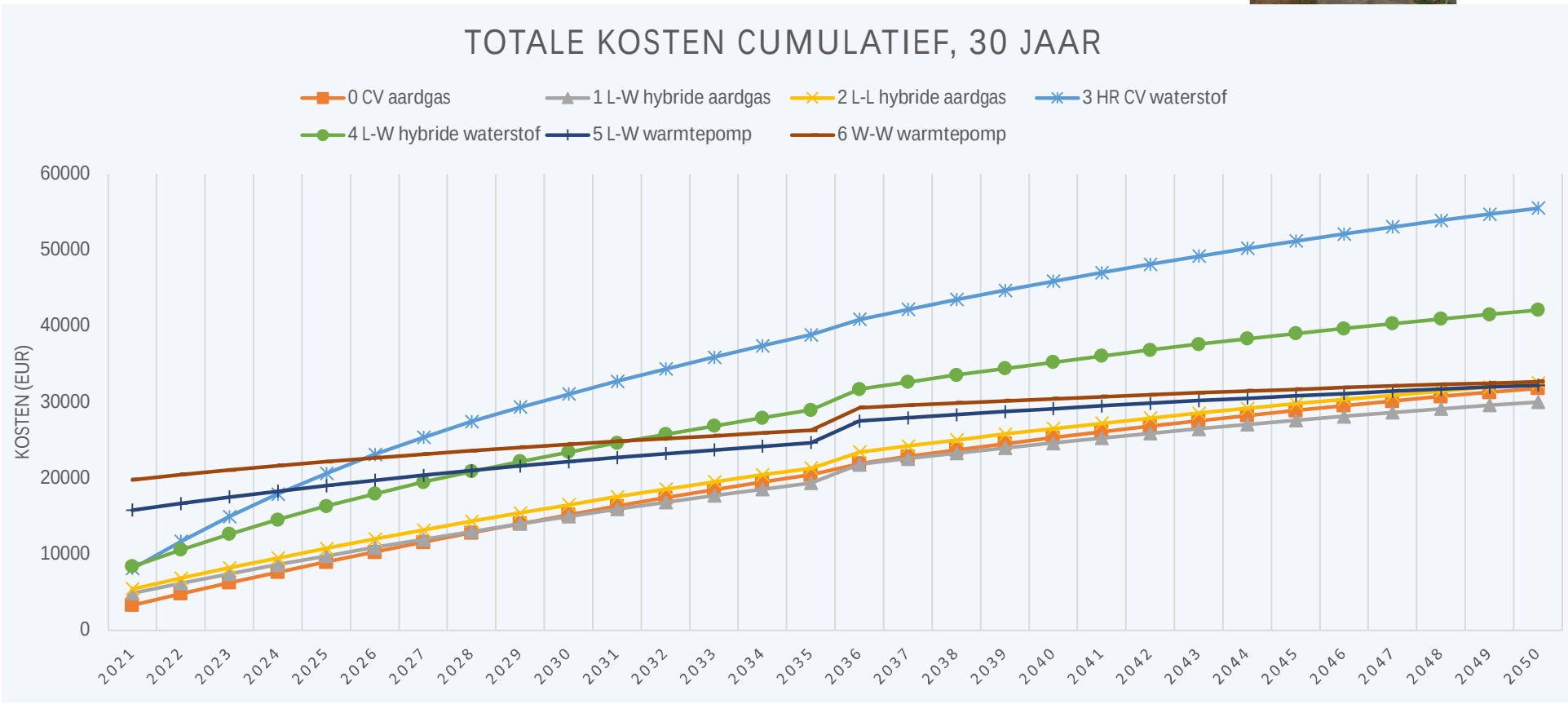




Witteveen + Bos

Woning 2

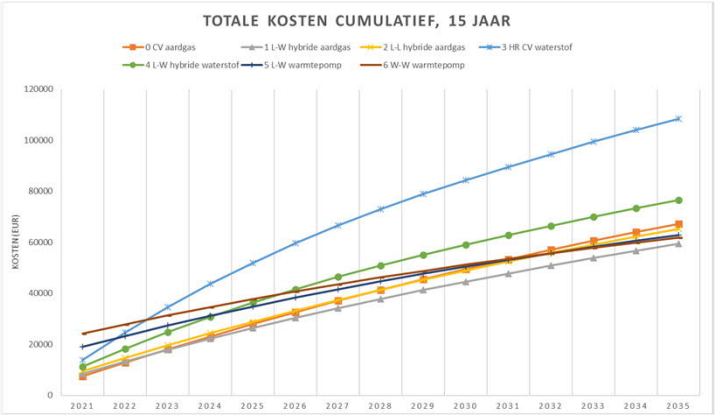


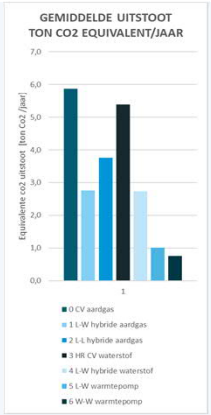


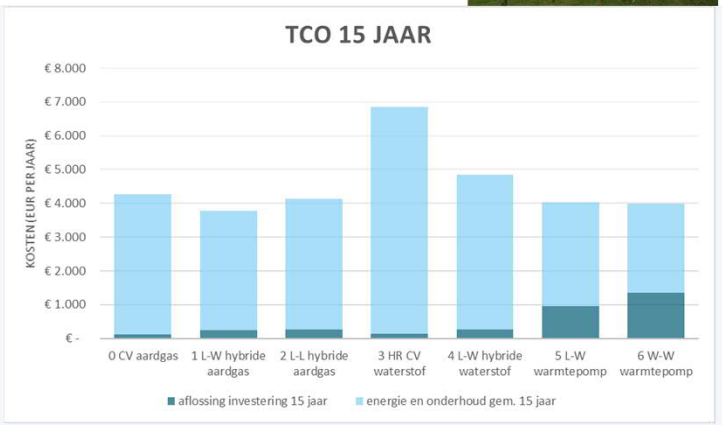
Witteveen + Bos

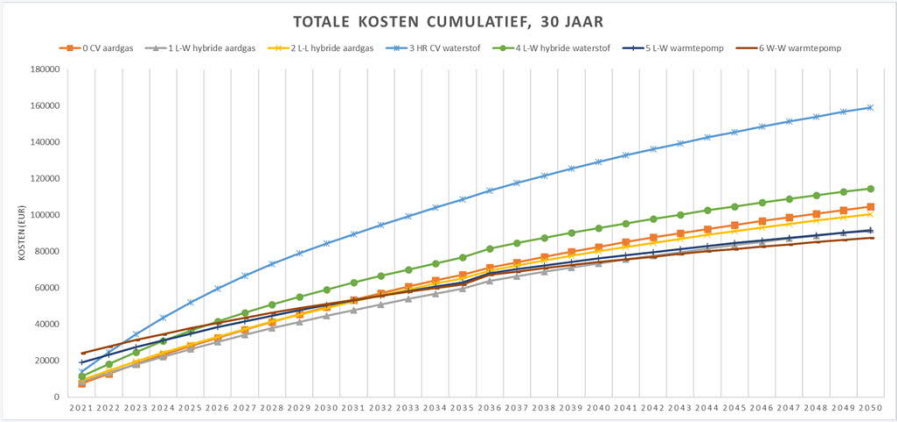
Woning 3









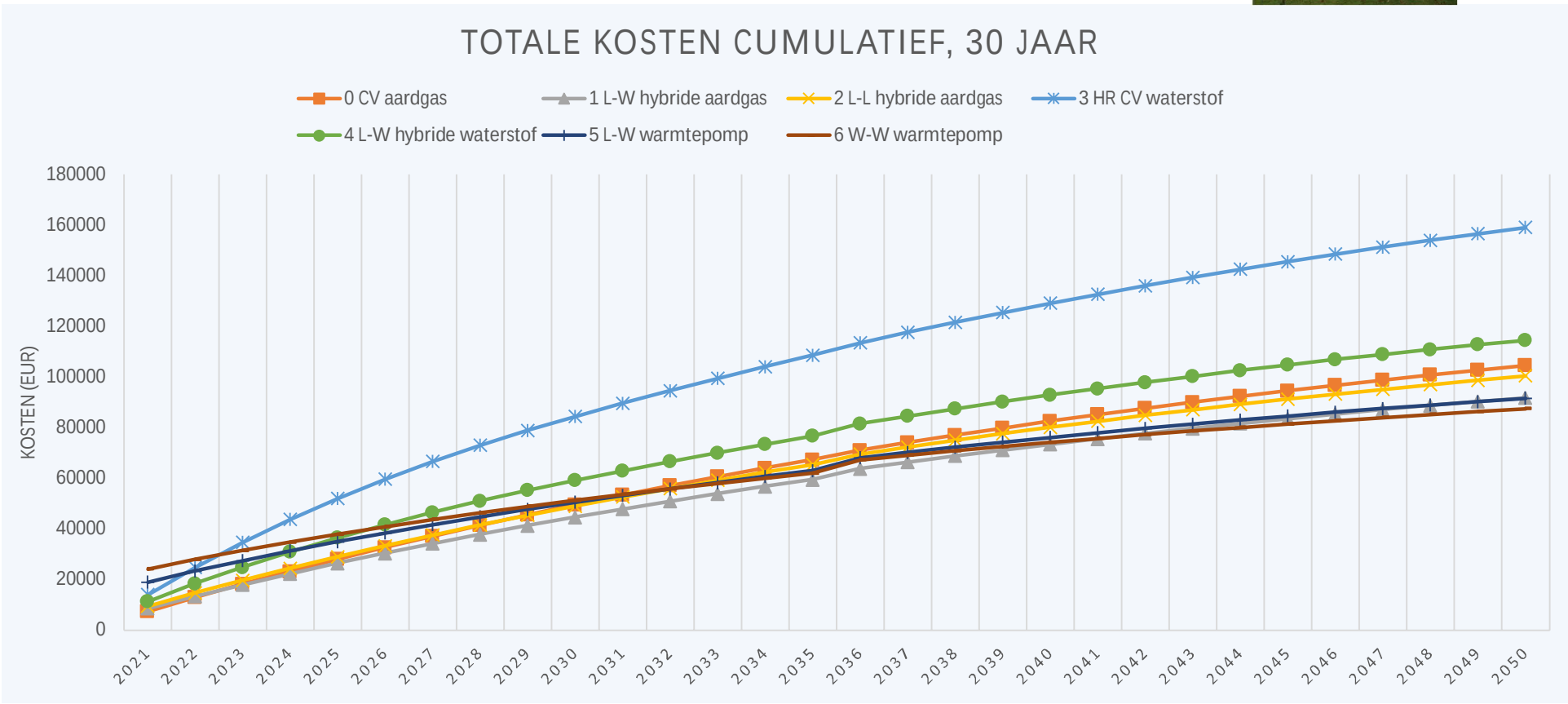




Witteveen + Bos

Woning 3

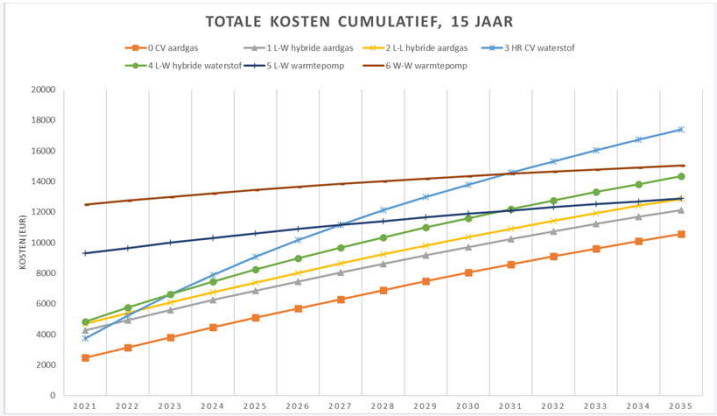


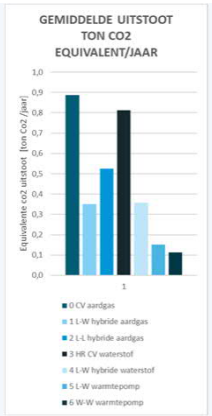


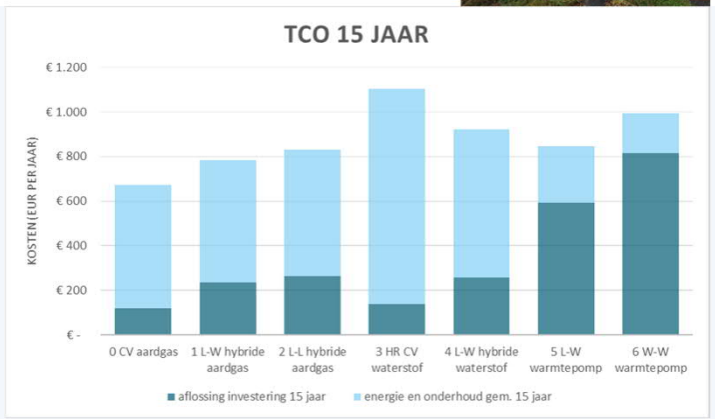
Witteveen + Bos

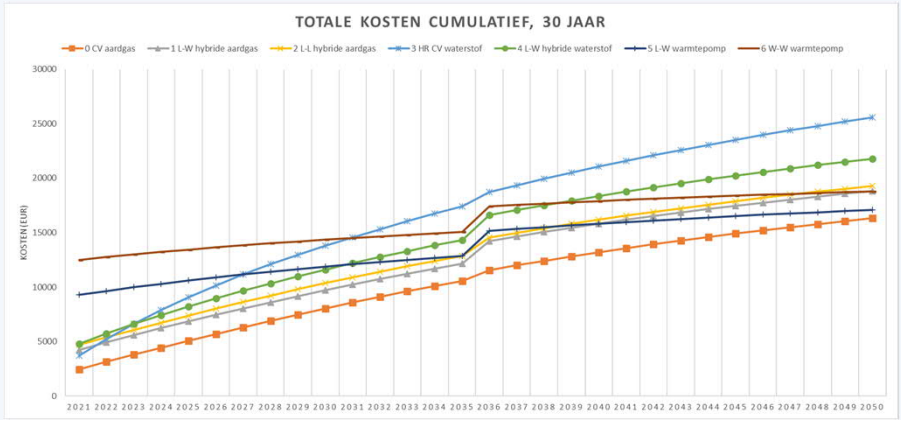
Woning 4

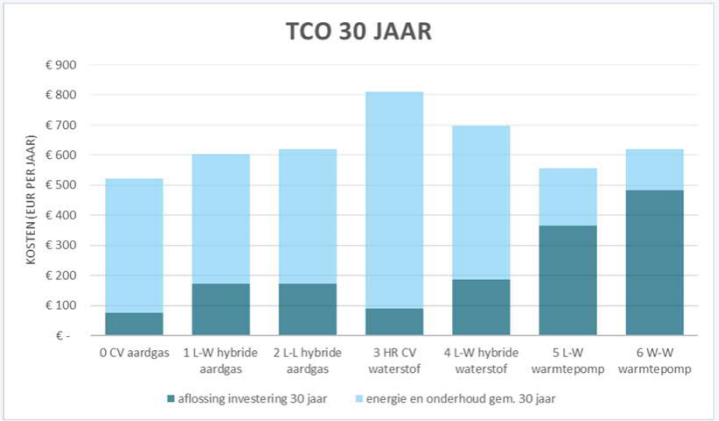








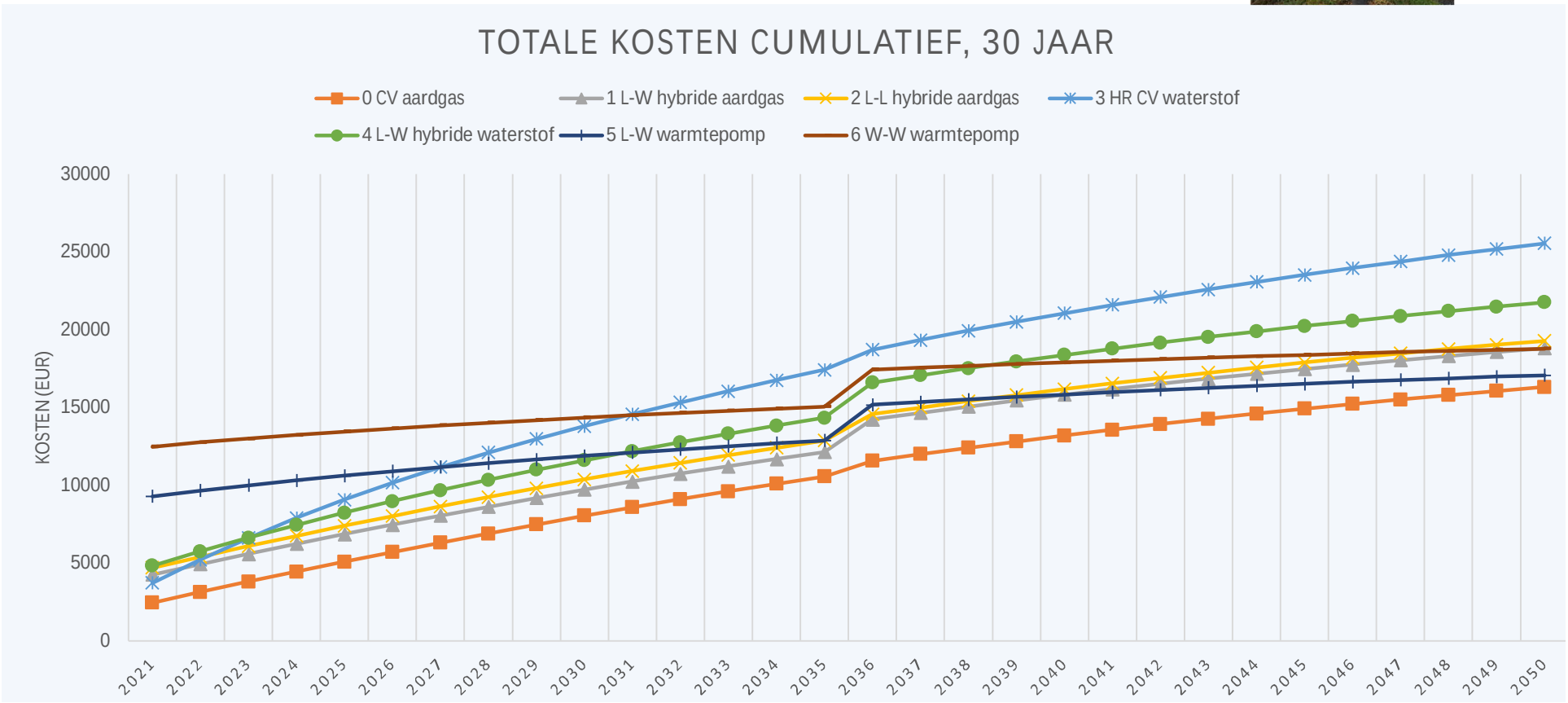




Witteveen + Bos

Woning 4





Samenvatting (1/2)

De gemeente Assen in samenwerking met betrokken inwoners heeft Witteveen+Bos gevraagd een vergelijkend onderzoek uit te voeren naar alternatieve vormen van duurzame warmtevoorziening voor de wijk. In dit onderzoek zijn voor vier woningen in de wijk zes scenario's onderzocht en vergeleken met de referentiesituatie. Uit de resultaten komt het volgende naar voren:

- Woning 1:
  - inschatting geschiktheid LT: hoog, op basis van isolatieniveau (label A), ontvangen offertes en potentiële locaties voor installaties
  - afgifte: (gedeeltelijke) vervanging radiatoren of aanleg vloerverwarming (dat laatste is voornemen)
  - warmtesysteem: LW hybride op aardgas laagste kosten
- Woning 2:
  - inschatting geschiktheid LT: midden, op basis van isolatieniveau (voorlopig label B), HR++ glas, na-isolatie vloer, zonneboiler en beschikbare ruimte voor installaties op zolder en dak berging/carport; aandachtspunt is de impact van de wind op de woning
  - afgifte: (gedeeltelijke) vervanging radiatoren
  - warmtesysteem: LW hybride op aardgas laagste kosten

Samenvatting (2/2)

- Woning 3:
  - inschatting geschiktheid LT: midden/hoog, op basis van isolatieniveau (label A), beschikbare ruimte voor installaties rondom huidige cv-ketel; aandachtspunt kan een buiten-unit van een eventuele warmtepomp zijn (i.v.m. aangrenzende buren) en de hart-op-hart afstand van de slangen van de vloerverwarming op de begane grond van 15 cm
  - afgifte: vloerverwarming aanwezig (aandachtspunt: ventilatie)
  - warmtesysteem: bodemwarmtepomp laagste kosten
- Woning 4:
  - inschatting geschiktheid LT: midden/hoog, op basis van isolatieniveau (voorlopig label A), zonneboiler; aandachtspunt is de inpassing van installaties (positie buiten-unit, eventuele constructieve beperkingen, reeds aanwezige installaties)
  - afgifte: (gedeeltelijke) vervanging radiatoren
  - warmtesysteem: aardgas cv laagste kosten

Aanpassingen na de presentatie 13 december

Inhoud:

1. Gevoeligheidsanalyse
2. Aanpassingen berekeningen

Gevoeligheidsanalyse energiekosten

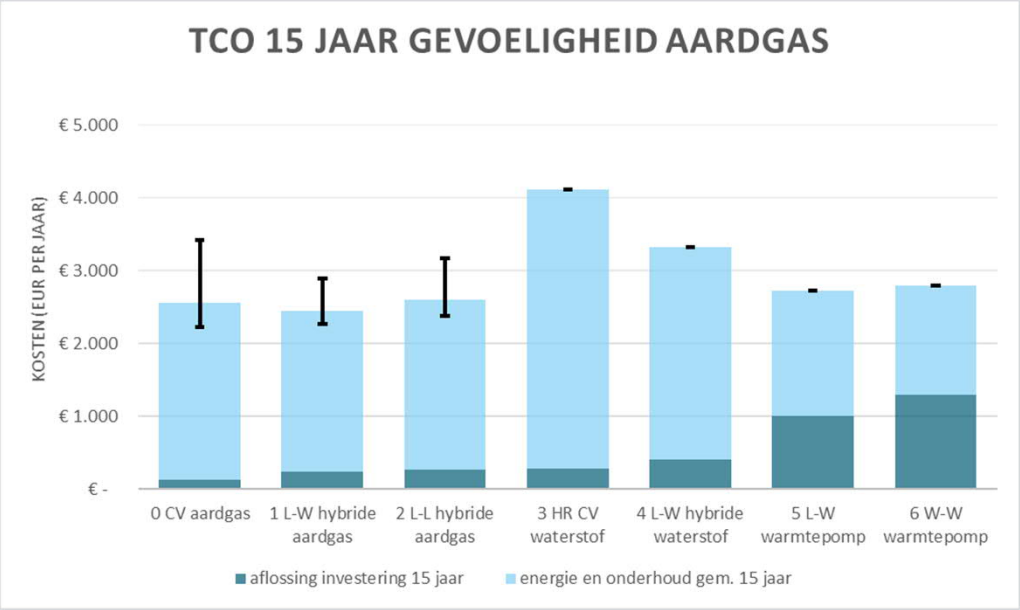
in de volgende 3 slides wordt de gevoeligheid getoond;

- met een gevoeligheidsanalyse wordt de onzekerheid van de resultaten weergegeven
- er wordt telkens 1 variabele aangepast, en het effect op het eindresultaat getoond
- gekozen voor energiekosten: meest variabel en onzeker
- gekozen voor TCO 15 jaar, dat is het belangrijkste resultaat
- het zwarte streepje geeft het effect op de energiekosten aan, korte streep weinig effect, lange streep veel impact
- de investeringskosten blijven gelijk in elk scenario

Gevoeligheid aardgasprijs woning 1

- EUR 0,80 per m^3 (gemiddelde 2020)
- EUR 1,05 per m^3 (huidig gemiddelde)
- EUR 1,70 per m^3 (bij nieuw contract)

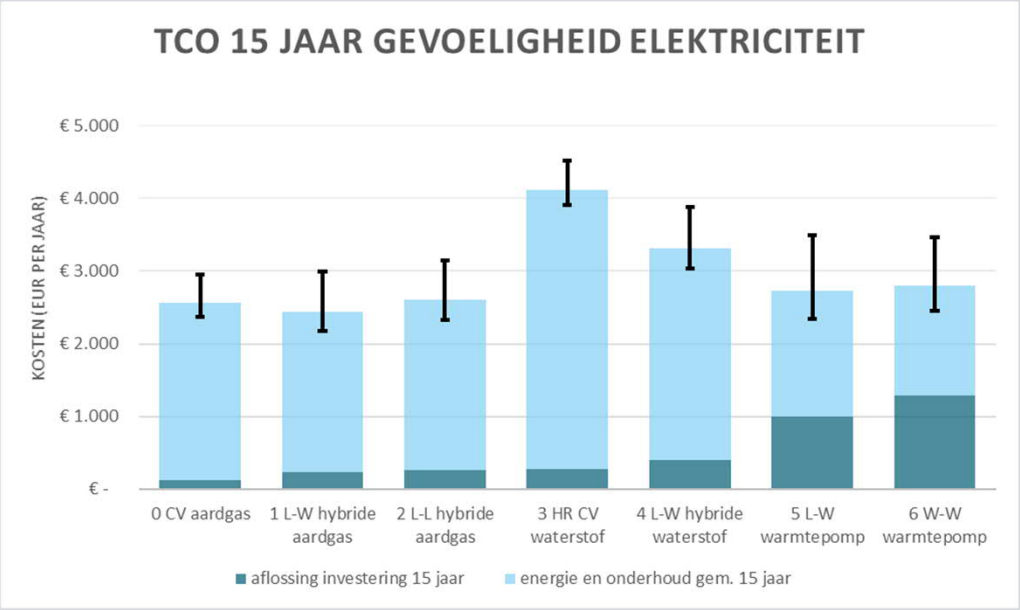
- de zwarte streep toont de bandbreedte in verwachte totale kosten per scenario



Gevoeligheid elektriciteitsprijs woning 1

- 0,22 EUR per kWh (gemiddelde 2020)
- 0,28 EUR per kWh (huidig gemiddelde)
- 0,40 EUR per kWh (bij nieuw contract)

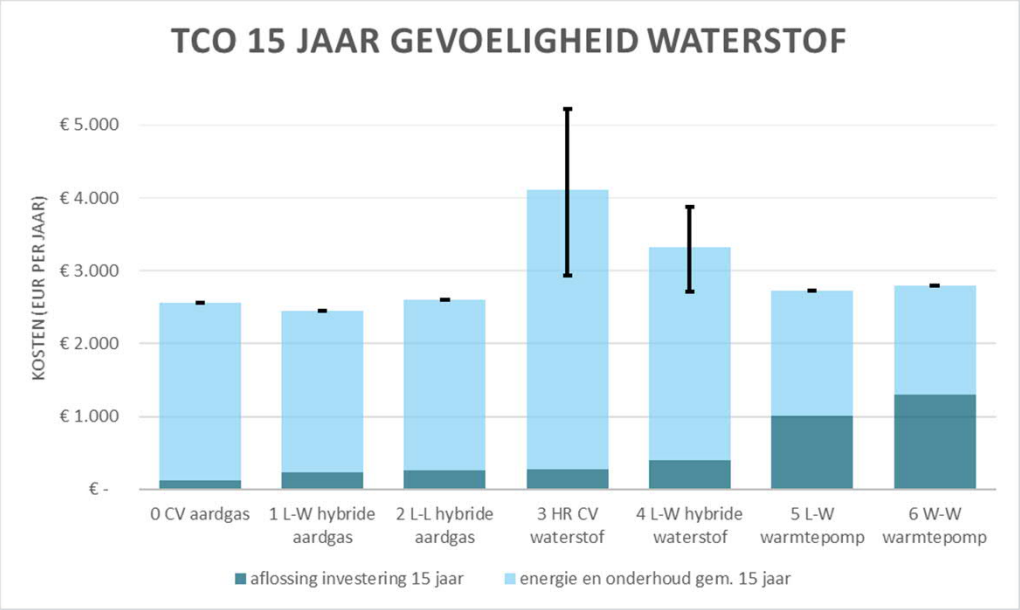
de zwarte streep toont de bandbreedte in verwachte totale kosten per scenario



Gevoeligheid elektriciteitsprijs woning 1

- 2,- EUR per kg in 2030 (optimistisch)
- 6,7 EUR per kg in 2030 (midden)
- 12,- EUR per kg in 2030 (pessimistisch)

- de zwarte streep toont de bandbreedte in verwachte totale kosten per scenario



aanpassingen aan berekeningen na presentatie 13 december 2021

1. Door onjuiste kruisverwijzing aanvankelijk overschatting warmteverlies van de woning, dit gecorrigeerd.
   - Consequentie: Minder vermogen nodig dan aanvankelijk berekend

2. Verfijning van selectie te vervangen radiatoren voor scenario 5 en 6 (de LT-scenario's:.
   - Aanvankelijk: totaal warmteverlies woning = totaal vermogen afgiftecapaciteit (hele woning, dus niet per ruimte)
   - Verfijning: gelijkblijvend comfortlevel in alle ruimtes

- Effecten van bovenstaande is tegengesteld, eindresultaat is iets lagere investeringskosten voor LT scenario's.

Effect van aanpassing berekening woning 1

oude resultaten

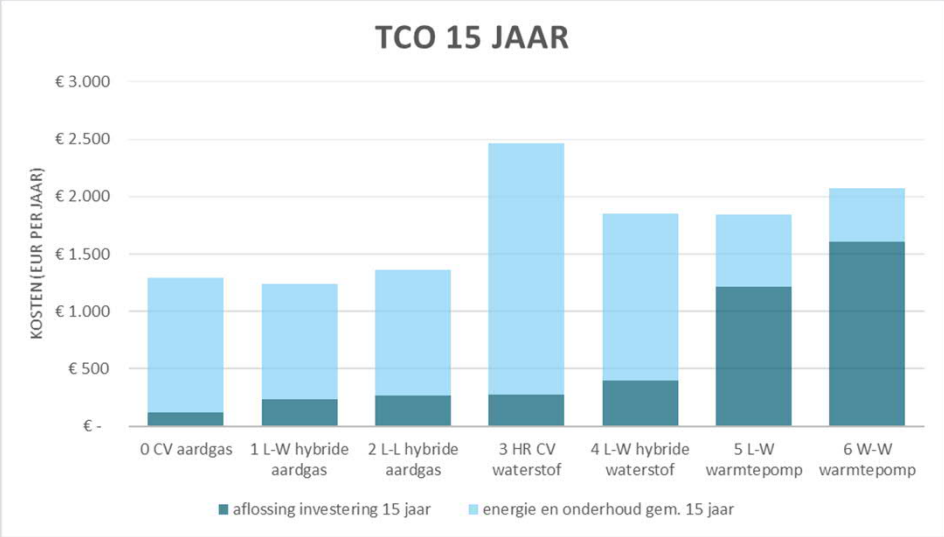


nieuwe resultaten

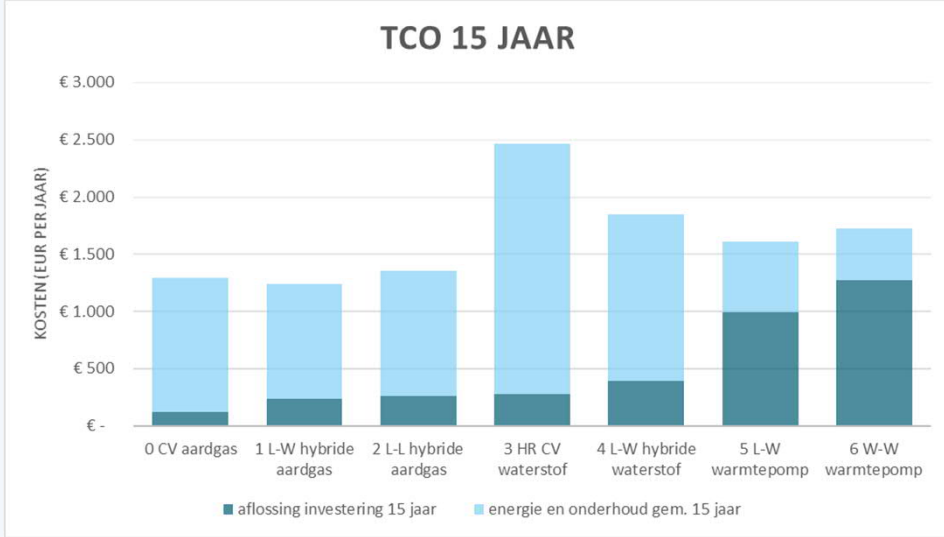


Effect van aanpassing berekening woning 2

oude resultaten

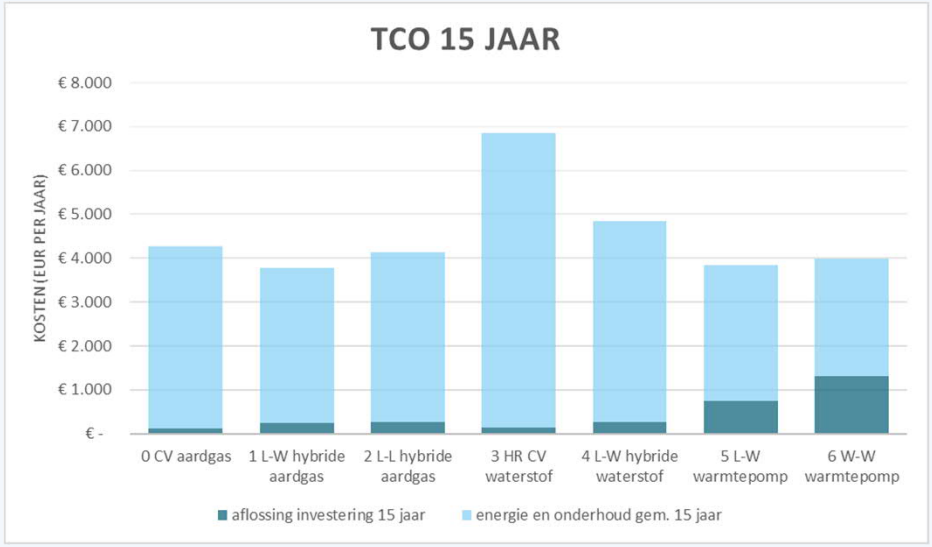


nieuwe resultaten

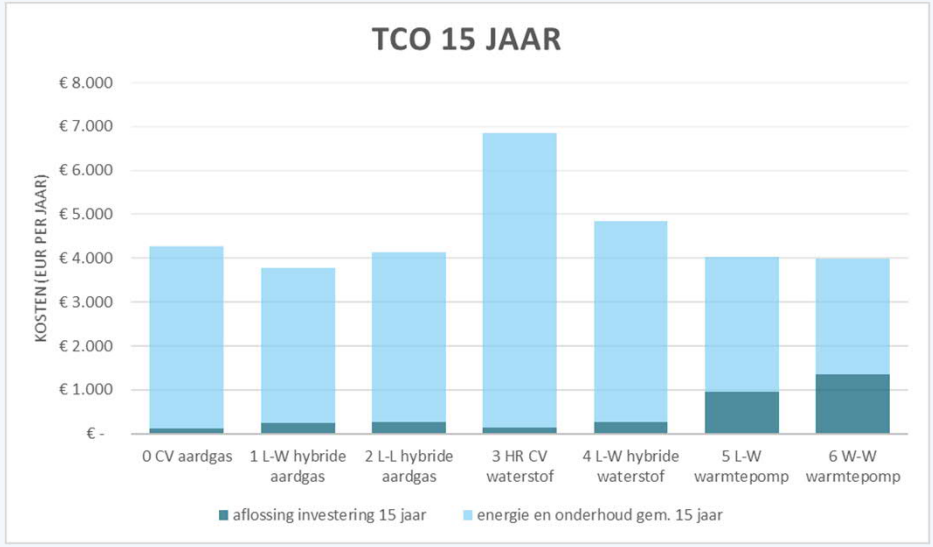


Effect van aanpassing berekening woning 3

oude resultaten

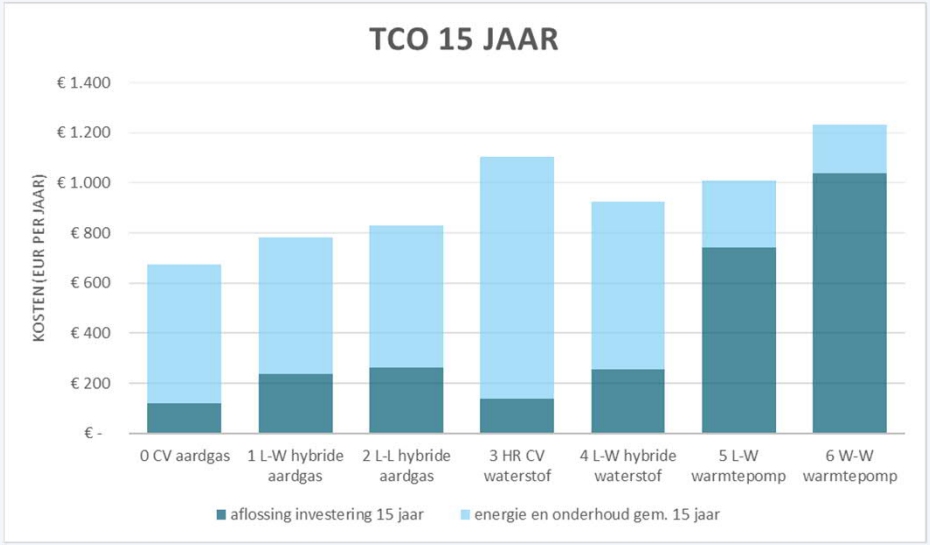


nieuwe resultaten



Effect van aanpassing berekening woning 4

oude resultaten



nieuwe resultaten

