Pilot Warmtepompen

“Buurzame Stroom”

Tool 3 : Eindrapport

28/10/2025

Energent cv
Beverhoutplein 7 – 9000 Gent
+32 (0)9 247 13 48 – BE 0542.998.575
info@energent.be – www.energent.be

1. INLEIDING 3
2. OPZET VAN DE PILOT 4
3. MONITORING EN ANALYSE (TOOL 3) 7
3.1 Monitoring 7
3.2 Analyse 9
3.2.1 (Seasonal) Performance Factor (S)PF 10
3.2.2 Zelfverbruik 22
3.2.3 Zelfvoorziening 28
3.2.4 Vergelijking dynamisch tarief met variabel tarief voor elektriciteitslevering 30
3.2.5 Gemiddelde kost per opgewekte kWh thermische energie 38
3.2.6 Test – Impact van isolatie + warmtepompen 44
3.4 Optimalisatie 46
3.4.1 WP1 46
3.4.2 WP3 46
3.4.3 WP6 46
3.4.4 WP7 47
3.4.5 WP8 48
3.4.6 WP10 48
3.5 Conclusies 49

1. INLEIDING

De pilot “Warmtepompen Buurzame Stroom” heeft als eerste doel om De Energiecentrale te ondersteunen bij het adviseren van haar klanten rond warmtepomptechnologie. Dit thema heeft nood aan kwalitatieve en kwantitatieve gegevens, aangepast aan de Gentse context. Deze pilot is uitgevoerd door Energent binnen een samenwerking met Stad Gent.

Onderstaande tools werden gedefinieerd die nuttig zouden zijn voor een stroomlijning van advies en begeleiding in Gent:

- Tool 1 - Een keuzelijst[1] helpt te bepalen welke technische configuraties mogelijk zijn, in functie van diverse parameters zoals plaats (binnen en buiten), toegankelijkheid, bestaande installatie en afgifte systemen, bestaande isolatiegraad, isolatiepotentieel, etc. De keuzelijst is opgemaakt en in gebruik, en wordt waar nodig geactualiseerd.
- Tool 2 - Een voorwaardenkader waar een WP aan moet voldoen opdat deze voldoende future proof is (qua sturing), zo weinig mogelijk overlast bezorgt (geluid en esthetisch) en zo ecologisch mogelijk is (koelvloeistof). Dit voorwaardenkader kan opgenomen worden bij het uitsturen van offertevragen naar aannemers.
- Tool 3 – Tabellen met haalbare SPF’s (seasonal performance factors) en haalbare autoconsumptie via warmtepompen via werkelijke meetgegevens.

De piloottest heeft als doel om bij te dragen aan de opbouw van deze tools.

Dit rapport is een verslag van de resultaten, na 1 jaar monitoren (1/10/24-30/9/25) van geplaatste warmtepompen in de Gentse wijk Mariakerke, voor de opmaak van Tool 3.

Het Expertisecentrum Energie van Thomas More hogeschool campus Geel ondersteunde Energent bij data-analyse van de meetgegevens uit de monitoring.

[1] https://energent.be/projecten/innovatieprojecten/projectconclusies/keuzelijstwarmtepompen/

2. OPZET VAN DE PILOT

Aanvankelijk werden tien woningen in Mariakerke geselecteerd die passen binnen de gestelde criteria en die konden bijdragen aan de doelstellingen van de pilot. In de loop van de tijd zijn door verschillende omstandigheden drie woningen afgevallen. In dit rapport wordt gerapporteerd over zeven woningen waar een warmtepomp geplaatst is in functie van de pilot. De zeven warmtepompen zijn geplaatst in maart 2023 tot juni 2024.

Volgende voorwaarden werden opgenomen voor de keuze van woningen

- Voor de opbouw van tool 1, was het belangrijk om een aantal configuraties mee te nemen die afwijken van een typische Lucht-water (L/W) warmtepomp met buiten-unit en Water Water (W/W) warmtepompen.
    - Een L/W warmtepomp geïnstalleerd in combinatie met een bestaande zonneboiler. (WP10)
    - Een all-in-one, volledig binnen opgestelde warmtepomp, zonder buitenunit, op een locatie waar een buitenunit minder haalbaar is. (WP 8)
    - Een lucht-lucht (L/L) warmtepomp, waar initieel elektrische accumulatoren opgesteld stonden. (WP 4). Deze wordt voorlopig nog niet gemonitord omdat de woning tijdens de meetperiode leeg kwam te staan.
- Voor tool 2, was het belangrijk om voldoende gesloten woningen in de pilot mee te nemen, dewelke in stedelijke context de grootste uitdaging met zich mee brengen.
- Voor tool 3, was het verder belangrijk om een voldoende breed portfolio te hebben van woningen, zowel qua isolatiegraad, qua typologie van gebouwen (open/gesloten) als type afgiftesysteem (vloerverwarming, ventilo-convectoren, etc.).
- Voor tool 3, was het verder nuttig om zoveel mogelijk woningen mee te nemen waar bij aanvang van het project reeds een digitale meter was opgesteld (die betrouwbare nulmetingen als gevolg hebben) en waar eveneens zonnepanelen aanwezig zijn (die toelaten de autoconsumptie te maximaliseren)

Volgende keuzes werden in acht genomen voor de exacte keuze van de toestellen

- Er wordt vooral gewerkt met merken en series die de hoogste theoretische efficiënties kunnen voorleggen, die bij marktactoren (installateurs, invoerders)

worden beschouwd als hoogkwalitatief en die de meest uitgebouwde sturing voor handen hebben met betrekking tot autoconsumptie en zelf peak shaving. Er wordt verondersteld dat deze merken en productseries de basis leggen voor de toekomstige warmtepompen en de meest relevante cijfers kunnen voorleggen voor tool 3. Deze merken zijn Viessmann (Vitocall 151) en NIBE (S-reeks).

- Daarnaast wordt voor een aantal specifieke merken aangewend omwille van hun specifieke aard. Dat zijn Daikin (2MXM) (high performing in L/L), Itho Daalderop (concept Vincent voor L/W zonder buiten-unit).
- Daarnaast werd ook één Vaillant toestel geplaatst. Zij zijn één van de marktleiders in België.

Pilot	Type bebouwing	oppervlakte (m^2)	EPC	PV vermogen (kWp)	PV oriëntatie
WP 1	Half open	151	B (122)	3,4	ZO
WP 3	Gesloten	144	A (81)	4,25	ZW
WP 4	Open	NB	NB	NB	ZZO
WP 6	Gesloten	123	A (60)	4	ZO
WP 7	Open	198	A (67)	8,4	W/Z
WP 8	Gesloten	115	B (144)	1,52	ZZO
WP10	Gesloten	231	B (107)	3,42	ZW

Tabel 1: Eigenschappen van de verschillende woningen

Tabel 1 geeft een aantal eigenschappen weer van de woningen uitgerust met een warmtepomp.

Tabel 2 hieronder geeft de samenstelling van het warmtepompsysteem weer.

Pilot	Warmtepomp configuratie	Warmtepomp en afgifte	Vermogen (35/7-regime)	Regeling
WP 1	- L/W monoblock - Binnen-unit met geïntegreerd boilervat +- 200L - 3 ventiloconvectoren (keuken + 2 x woonkamer) - Behoud van de overige radiatoren (ook in de badkamer)	Nibe S2125 buiten-unit Nibe VVM geïntegreerde binnen-unit Jaga Strada	6,7 kW	weersafhankelijke regeling en sturing op dynamische prijzen (CV+SWW)
WP 3	- L/W monoblock - Binnenunit met apart boilervat +- 280L - Behoud volledig bestaand afgiftesysteem radiatoren	Nibe S2125 buitenunit Nibe SMO regel-unit RSV/RSH aparte boiler	6,7 kW	weersafhankelijke regeling
WP 4	- Multisplit L/L warmtepomp voor 1 afgifte in bureau en 1 afgifte in living - Single split L/L warmtepomp voor afgifte in keuken - Warmtepomp boiler +- 200L voor SWW - Huidige elektrische verwarming niet af te breken	Daikin 2MXM reeks buiten-unit Daikin Stylish binnen-unit Vaillant aroSTORVWL WP boiler		/
WP 6	- Buitenunit L/W monoblock - Binnenunit met geïntegreerd boilervat - Verbouwing naar vloer vloerverwarming <= 40°C + ventilo's op +1 en +2	Viessmann Vitocall 151A10 buitenunit Viessmann Vitocall 151 binnenunit Bestaande vloerverwarming	7,3 kW	weersafhankelijke regeling sturing op autoconsumptie (zonne-energie)
WP 7	- Buiten-unit L/W monoblock - Binnen-unit met geïntegreerd boilervat +- 200L - Behoud bestaand afgifte systeem radiator	Viessmann Vitocall 151A16 buitenunit Viessmann Vitocall 151 binnenunit Bestaande radiatoren	9,1 kW	weersafhankelijke regeling sturing op autoconsumptie (zonne-energie)
WP 8	- L/W warmtepomp monoblock, zonder buitenunit - Behoud bestaand afgifte systeem radiator - Behoud gasketel als reservesysteem	Itho Daelderop Vincent V45 Itho Daelderop Boiler 200L Bestaande radiatoren	4,3 kW	Weersafhankelijke regeling, kloksturing SWW
WP10	- L/W monoblock voor RVW - Behoud bestaande zonneboiler - Binnenunit met elektrische weerstand - Elektrische weerstand als bijverwarming van zonneboiler	-Vaillant VWL 105/6 buiten-unit -Vaillant hydraulische module -Elektrische weerstand -Bestaande zonneboiler (+/-300l) -vloerverwarming gelijkvloers -radiatoren bovenverdiepingen	8,1 kW	Weersafhankelijke regeling

Tabel 2: Overzicht van de verschillende warmtepompsystemen

3. MONITORING EN ANALYSE (TOOL 3)

3.1 Monitoring

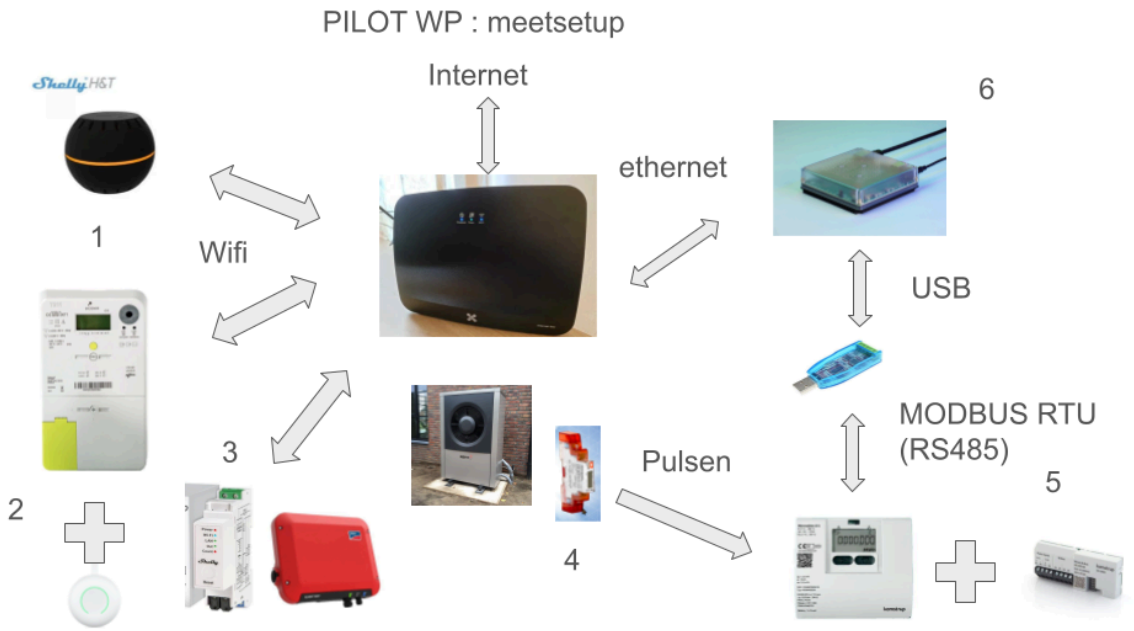
Tijdens de pilootperiode worden volgende parameters gemonitord waar relevant.

Pilot	Elektrisch verbruik WP	Elektriciteits productie PV	Elektriciteit afname en injectie	Warmteproductie WP	Transmitter	Frequentie
WP 1	in toestel	Shelly EM50 PRO	digitale meter	In toestel	Home Assistant	per uur
WP 3	Energiemeter puls PRO1-MB	Shelly EM50 PRO	digitale meter	Kamstrup Multical 403	Home Assistant	per kwartier
WP 4	Shelly EM50 pro op WP boiler/ LL-WP in toestel	Shelly EM50 PRO	digitale meter	nvt	Home Assistant	per kwartier
WP 6	Energiemeter puls PRO380-MB	Shelly EM50 PRO	digitale meter	Kamstrup Multical 403	Home Assistant	per kwartier
WP 7	Energiemeter puls PRO380-MB	Shelly EM3 PRO	digitale meter	Kamstrup Multical 403	Home Assistant	per kwartier
WP 8	Energiemeter puls PRO1-MB	Shelly EM50 PRO	digitale meter	Kamstrup Multical 403	Home Assistant	per kwartier
WP10	Energiemeter puls PRO380-MB	Shelly EM50 PRO	digitale meter	Kamstrup Multical 403	Home Assistant	per kwartier

Tabel 3: Energiemeters

Tabel 3 geeft de warmtemeters en elektriciteitsmeters weer voor de verschillende systemen. Daarnaast worden nog bijkomende meetgegevens verzameld waarmee de werking van de warmtepomp geëvalueerd kan worden.

1. buitentemperatuur
2. binnentemperatuur
3. aanvoertemperatuur
4. retourtemperatuur
5. diverse parameters van de warmtepomp



1. Shelly temperatuurmeting (en RH) in referentieruimte
2. Home wizard : p1-poort readout
3. Shelly EM50 pro of EM3 pro elektrische vermogensmeter
4. Elektrische verbruiksmeter met pulsuitgang
5. Kamstrup Multical 403 calorimeter met communicatiemodule en pulsingangen
6. Home Assistant Green

Figuur 1: Meetopstelling

3.2 Analyse

De volgende data zijn op dit ogenblik beschikbaar voor de periode 1 oktober 2024 tot en met 30 september 2025:

- Performance factor op maandbasis (PF) en jaarbasis (SPF). Waar mogelijk een opsplitsing tussen (S)PF sanitair warm water en (S)PF ruimteverwarming.
- De mate van zelfverbruik van de opgewekte fotovoltaïsche energie: voor de woning in z'n totaliteit en voor de warmtepomp afzonderlijk.

$$Zelfverbruik\ woning\ =\ Eigenverbruik\ woning\ /\ PV\ opbrengst$$

$$Zelfverbruik\ WP\ =\ Eigenverbruik\ WP\ /\ PV\ opbrengst$$

  Bij de berekening van het zelfverbruik voor de warmtepomp, wordt er verondersteld dat de warmtepomp de enige verbruiker is. Hiermee kan nagegaan worden in welke mate de warmtepomp maximaal kan bijdragen aan het zelfverbruik en dus de rentabiliteit van de zonnepanelen.

- De mate van zelfvoorziening door de PV-installatie in het verbruik van de woning en van de warmtepomp afzonderlijk. Hieruit kunnen we lessen trekken ivm de combinatie van warmtepomp en zonnepanelen in een woning.

$$Zelfvoorziening\ woning\ =\ Eigenverbruik\ woning\ /\ Verbruik\ woning$$

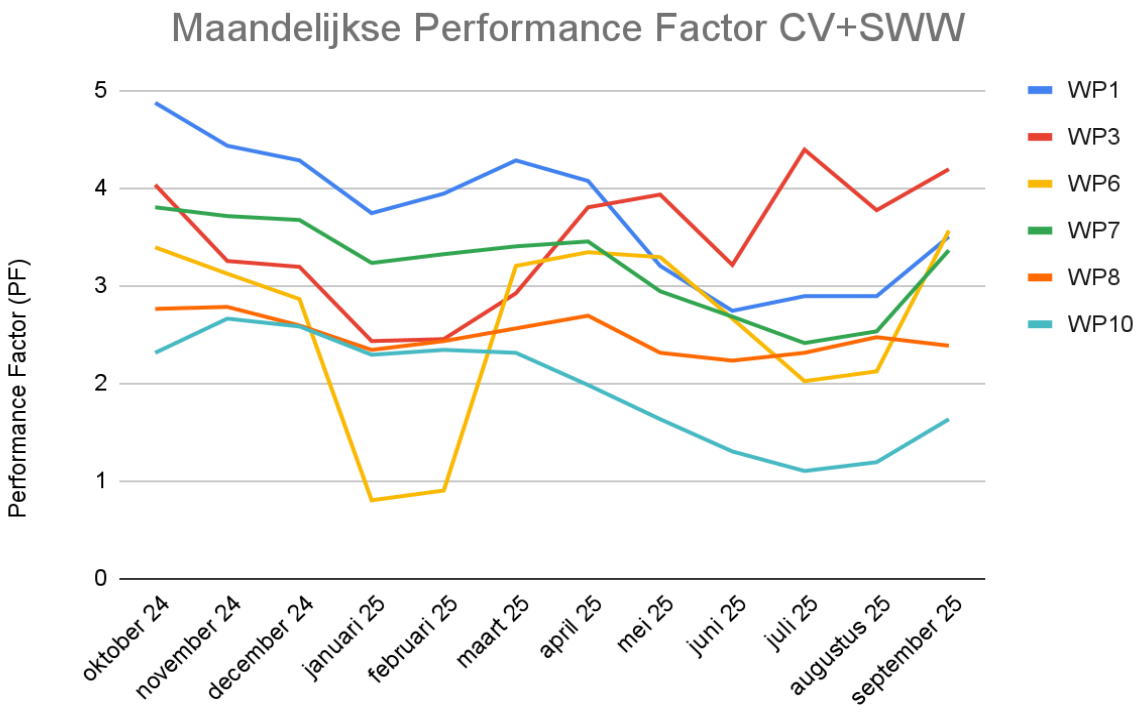
$$Zelfvoorziening\ WP\ =\ Eigenverbruik\ WP\ /\ Verbruik\ WP$$

- Besparing op de energiekost door gebruik van een dynamisch tarief versus variabel tarief voor elektriciteit.
- De gemiddelde marginale kost per opgewekte eenheid van warmte (kWh) op maandbasis voor de verschillende warmtepompsystemen.
- Vergelijking van het vroegere aardgasverbruik en het huidige elektrische verbruik.

3.2.1 (Seasonal) Performance Factor (S)PF

Performance factor CV+SWW

De Performance Factor op maandbasis wordt gedefinieerd als de hoeveelheid geleverde warmte zowel voor CV (Centrale Verwarming) als voor SWW (Sanitair Warm Water), gedeeld door de opgenomen elektrische energie van het warmtepompsysteem (inclusief pompen, backup) van de desbetreffende maand. Op het einde van de meetperiode over 1 jaar wordt ook de SPF (Seasonal Performance Factor of Annual Performance Factor) berekend over het hele jaar.



PF CV+SWW	WP1	WP3	WP6	WP7	WP8	WP10
oktober 24	4,87	4,03	3,39	3,8	2,76	2,31
november 24	4,43	3,25	3,12	3,71	2,78	2,66
december 24	4,28	3,19	2,86	3,67	2,59	2,58
januari 25	3,74	2,43	0,8 (*)	3,23	2,34	2,29
februari 25	3,94	2,45	0,9 (*)	3,32	2,43	2,34
maart 25	4,28	2,92	3,2	3,4	2,56	2,31
april 25	4,07	3,8	3,34	3,45	2,69	1,98

mei 25	3,2	3,93	3,29	2,94	2,31	1,63
juni 25	2,74	3,21	2,66	2,68	2,23	1,3
juli 25	2,89	4,39	2,02	2,41	2,31	1,1
augustus 25	2,89	3,77	2,12	2,53	2,47	1,19
september 25	3,5	4,19	3,56	3,36	2,38	1,63
SPF	4,01	2,94	2,19 (*)	3,38	2,50	2,34

(*) meetwaarden wijken af door defecte buitenunit in januari en februari

Figuur 2: (Seasonal) Performance factor

Bovenstaande figuur 2 geeft de PF weer van de 6 Lucht-Water warmtepompsystemen. We stellen vast dat er grote verschillen zijn in de performance factoren en de evolutie over de 12 maanden.

In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de pilots. Enkele observaties :

1. **WP1** (NIBE) en **WP7** (Viessmann) geven de beste performantie.
2. **WP1** en **WP3** hebben dezelfde warmtepomp. WP1 wordt gecombineerd met ventilo-convectoren en WP3 met bestaande radiatoren. De PF's van WP3 liggen significant lager in de koude maanden.
3. **WP6** (Viessmann) heeft een warmtepomp uit dezelfde reeks als **WP7**, maar de PF's liggen een stuk lager. Tijdens de maanden januari en februari 2025 lag de warmtepomp uit door een defect waardoor er zuiver elektrisch verwarmd werd (backup heater). Dit resulteert in een zeer lage PF voor die maanden en globaal een lagere SPF. Wanneer we januari en februari buiten beschouwing laten, krijgen we een SPF van 3.1. Door het defect diende de warmtepomp vervangen te worden (maart 25) en daarna zien we PF's die vergelijkbaar zijn met die van WP7.
4. **WP8** (Itho Daalderop) en **WP10** (Vaillant) geven lagere PF's in vergelijking met de overige warmtepompen. Bij WP10 daalt de PF naar 1 in de zomermaanden. Dit omdat er zuiver via elektrische weerstand wordt bijgestookt voor de opwekking van sanitair warm water in de zonneboiler.

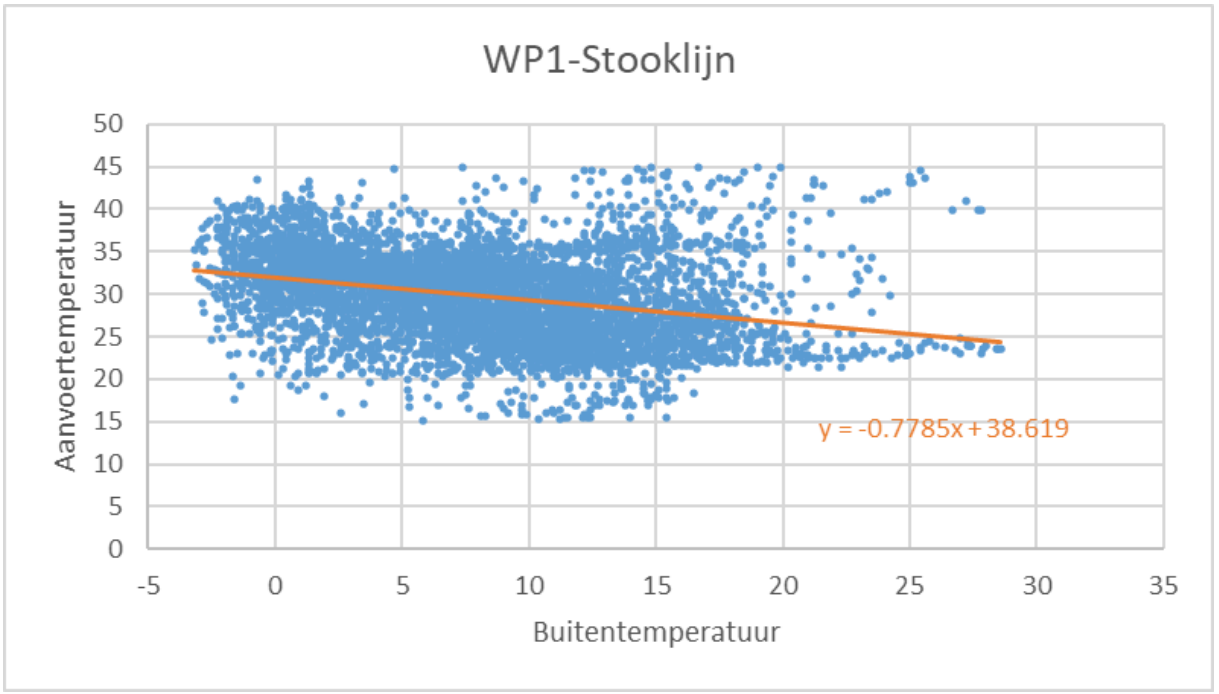
WP10 is een speciaal geval. Hier werd een bestaande zonneboiler gecombineerd met een warmtepomp. De ingebouwde spiraal in de zonneboiler is te klein om de SWW naverwarming te voorzien in combinatie met de warmtepomp. Bijverwarmen van de zonneboiler moet dus gebeuren via de backup-weerstand van de warmtepomp, hetgeen de lagere PF's verklaart. De effectieve performantie van het systeem ligt een stuk hoger omdat

in de metingen de opbrengst van de zonnecollector niet vervat zit (typisch 50-60% van de warmte nodig voor het opwekken van sanitair warm water).

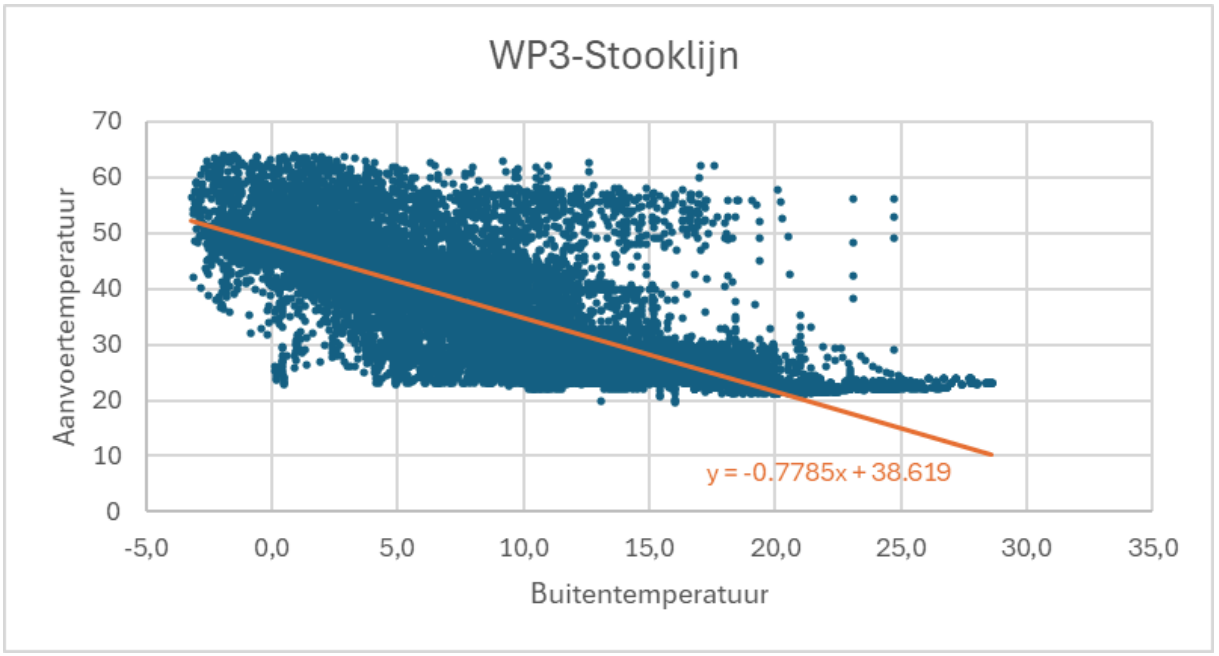
Stooklijnen

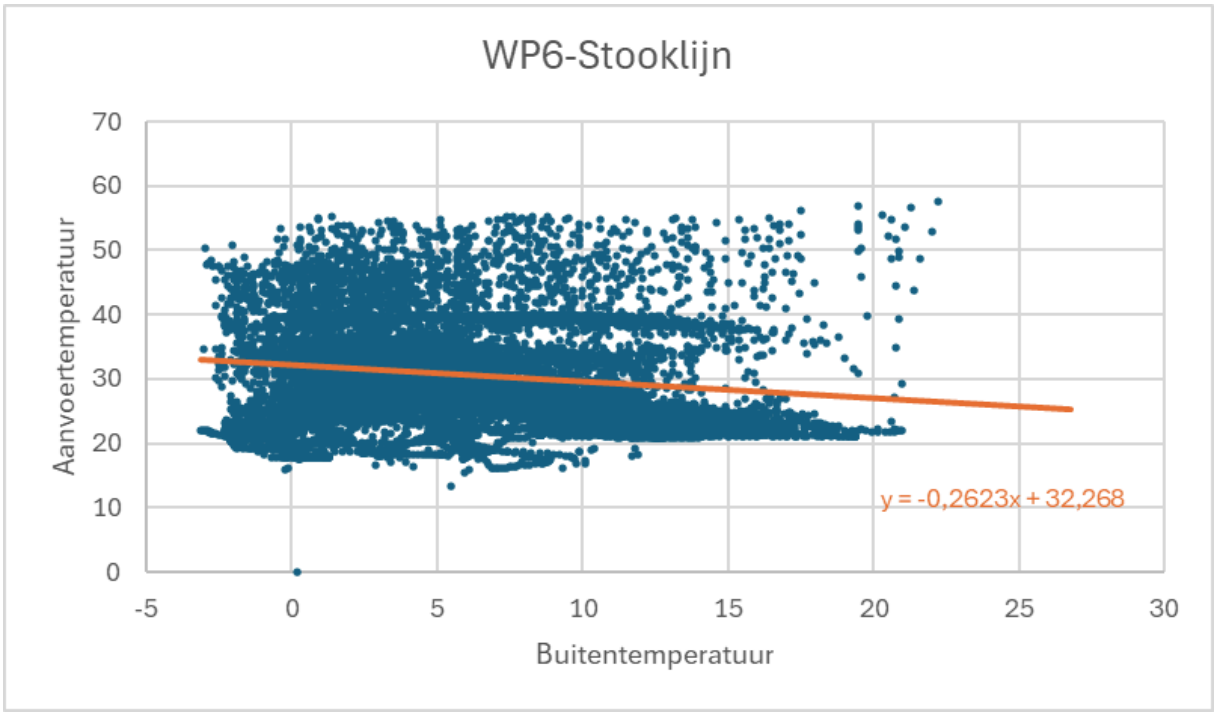
Van elk systeem worden aanvoer- en retourtemperatuur van de warmtepomp gemeten. De waarden van de aanvoertemperatuur wordt uitgezet tegenover de buitentemperatuur. Op die manier ontstaat een wolk van datapunten waarop een lineaire regressie op toegepast kan worden om een idee te krijgen van de afhankelijkheid van de aanvoertemperatuur van de buitentemperatuur. Dit is geen eenduidig verband omdat de regeling van de warmtepomp complexer is dan een zuivere stooklijn.

De datapunten van WP1 en WP8 geven enkel datapunten weer tijdens CV-regime. De overige pilots geven datapunten voor zowel CV als SWW opwekking omwille van de specifieke configuraties.

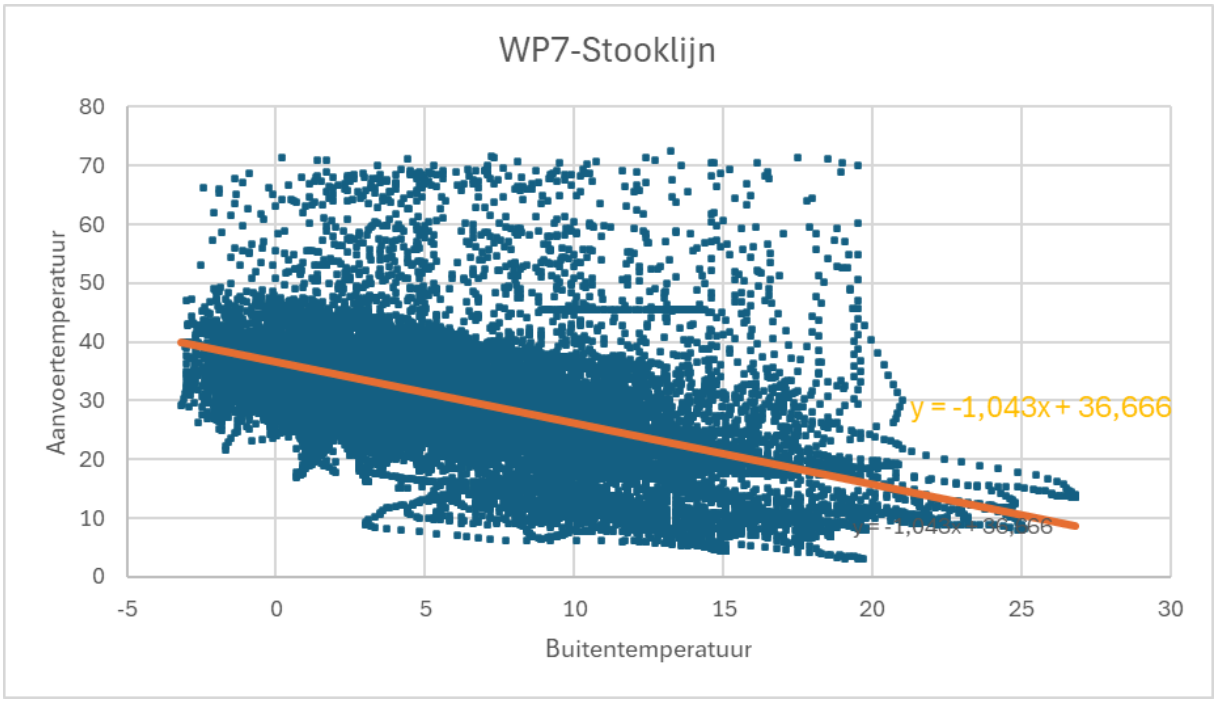


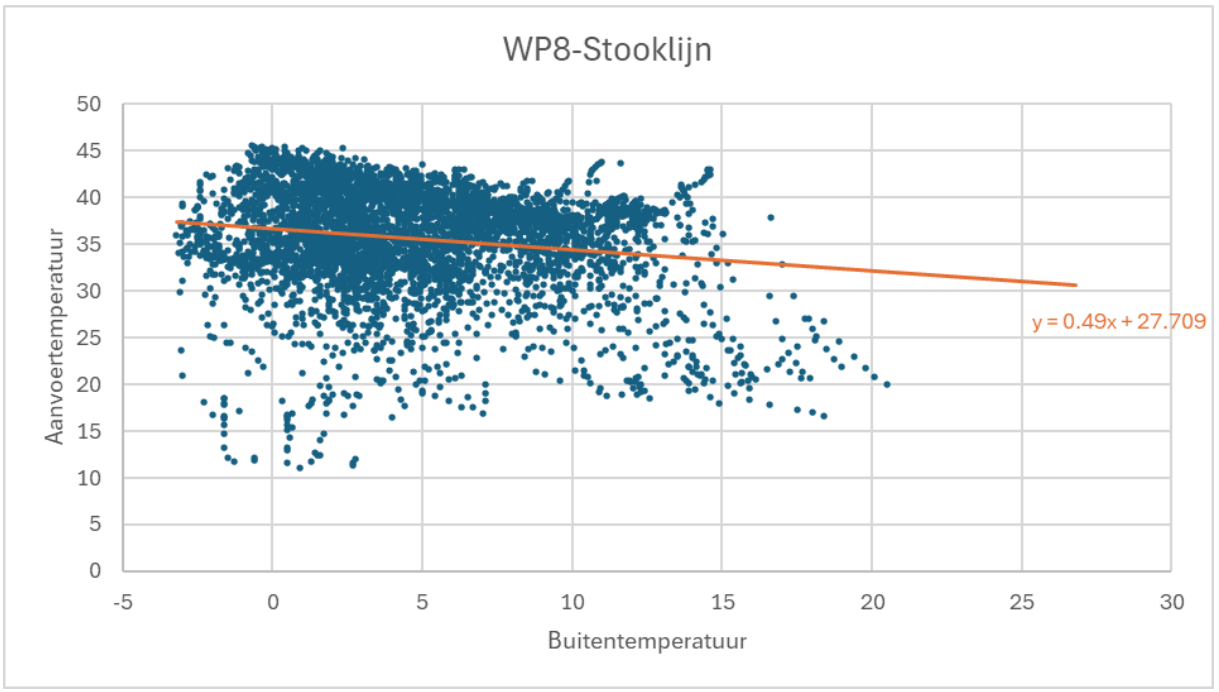
Enkel CV





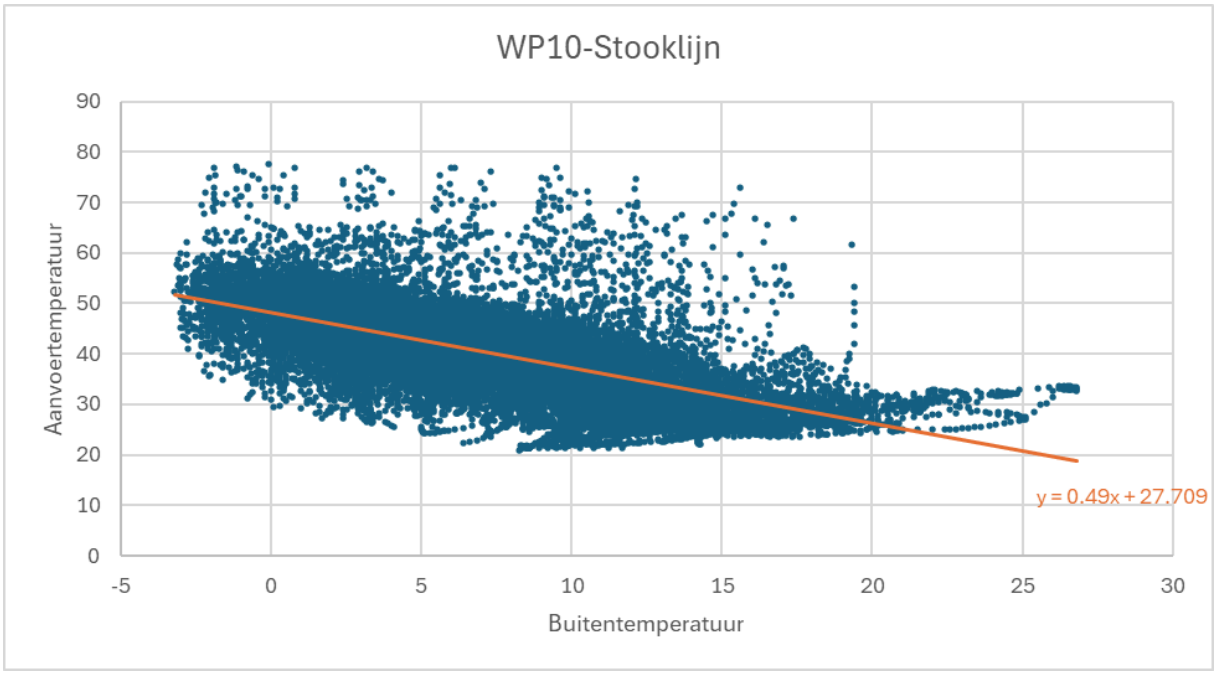
Energent cv
Beverhoutplein 7 – 9000 Gent
+32 (0)9 247 13 48 – BE 0542.998.575
info@energent.be – www.energent.be





WP8 - Enkel CV

Energent cv
Beverhoutplein 7 – 9000 Gent
+32 (0)9 247 13 48 – BE 0542.998.575
info@energent.be – www.energent.be



Figuur 3: Stooklijnen

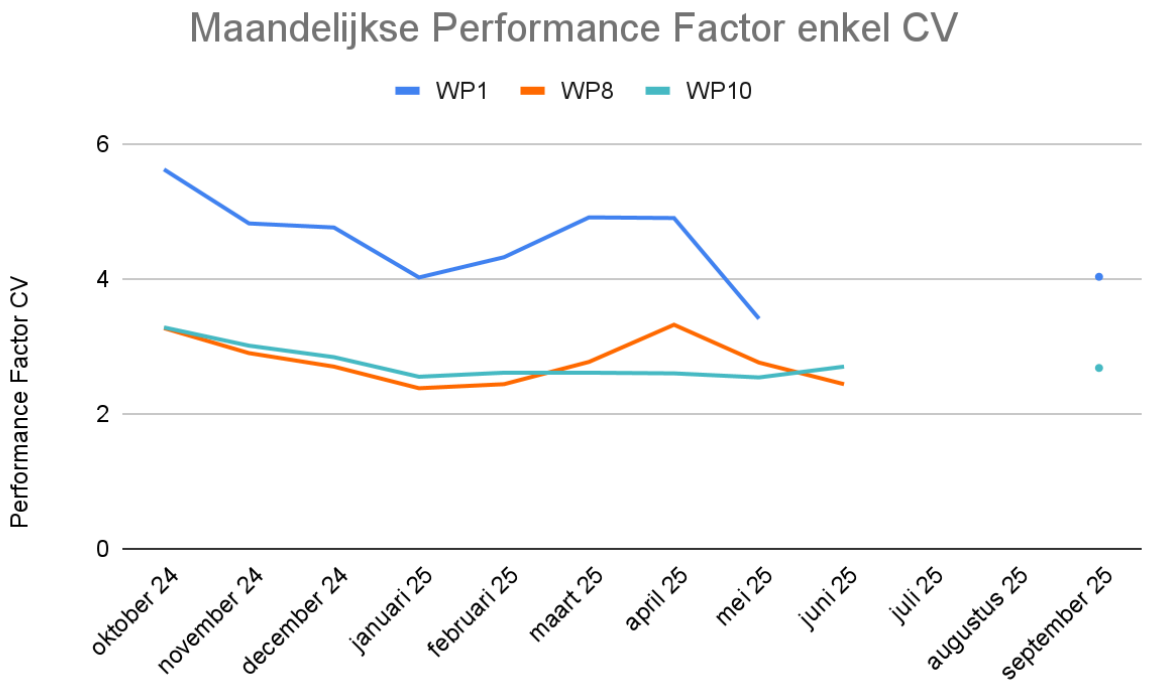
Figuur 3 geeft de stooklijnen weer van de verschillende systemen.

- **WP3** en **WP10** hebben een vrij hoog temperatuurregime (aanvoertemperatuur > 50-55°C bij -2°C buitentemperatuur). Dit omwille van de combinatie met bestaande radiatoren die aan een hoger regime werken om het comfort te kunnen halen.
- Het temperatuurregime van **WP6** ligt iets lager dan dat van **WP7**. Het zijn beide Viessmann Vitocal 151 warmtepompen, zij het met een verschillend vermogen. De karakteristieken zijn vergelijkbaar. Toch scoort WP6 slechter m.b.t. rendement. De warmtepomp is ook in januari defect geraakt. Vandaar vermoeden we dat een technisch probleem met de warmtepomp aan de oorzaak ligt. Vanaf maart 25 na het vervangen van de buitenunit zijn de PF's van WP6 vergelijkbaar met die van WP7.
- **WP1** heeft een laag temperatuurregime. Het comfort kan hier bij lage aanvoertemperatuur gehaald worden door het gebruik van ruim gedimensioneerde ventiloconvectoren in de leefruimtes.
- **WP7** en **WP8** zijn sterk na-geïsoleerde woningen waardoor de radiatoren overgedimensioneerd zijn en bij relatief lagere temperaturen het comfort kunnen geven.

Uit bovenstaande observaties leren we dat niet alleen de selectie van een kwalitatief type warmtepomp belangrijk is, maar ook de instellingen van de regeling en de dimensionering van het afgiftesysteem. Door optimalisatie van het afgiftesysteem en instellingen kunnen er grote winsten geboekt worden.

Performance factor enkel CV

Enkele systemen geven de mogelijkheid om het verbruik voor sanitair warm water en ruimteverwarming op te splitsen.



PF CV	WP1	WP3	WP6	WP7	WP8	WP10
oktober 24	5,62	-	-	-	3,27	3,28
november 24	4,82	-	-	-	2,9	3,01
december 24	4,76	-	-	-	2,7	2,84
januari 25	4,02	-	-	-	2,38	2,55
februari 25	4,32	-	-	-	2,44	2,61
maart 25	4,91	-	-		2,77	2,61
april 25	4,9		-		3,32	2,6
mei 25	3,41				2,76	2,54

juni 25	CV UIT				2,44	2,7
juli 25	CV UIT	-			CV UIT	CV UIT
augustus 25	CV UIT	-			CV UIT	CV UIT
september 25	4.03				CV UIT	2.68
jaarbasis	4,49				2,60	2,72

Figuur 4: PF enkel CV

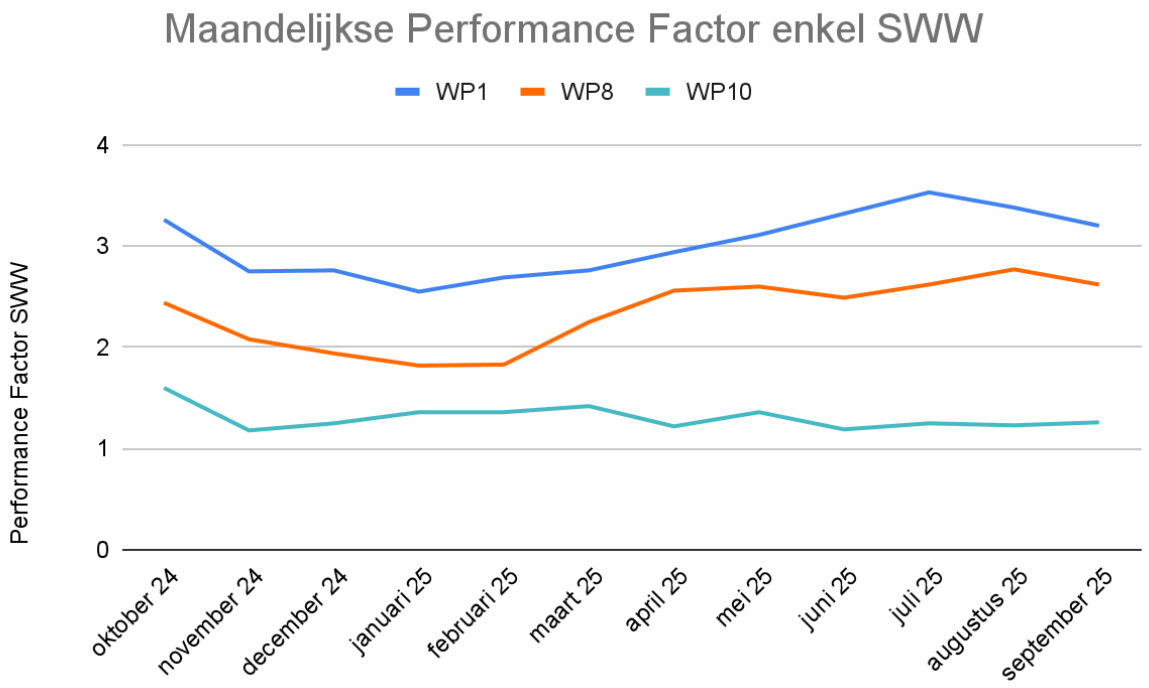
- De warmtepomp van **WP1** meet intern het verbruik en de gegenereerde warmte voor centrale verwarming (CV) en sanitair warm water (SWW) afzonderlijk. Hiermee kan de PF voor CV afzonderlijk bepaald worden.
- **WP8** heeft afzonderlijke externe calorimeters voor CV en SWW. Op basis van deze metingen werd de PF voor CV en de PF voor SWW bepaald.
- Bij **WP10** werd het verbruik voor SWW uitgefilterd uit de meting a.d.h.v. de temperatuur- en vermogenspieken die de backup heater veroorzaakt. Het resultaat is een eerder benaderende bepaling van PF voor CV en PF voor SWW.

We concluderen daaruit dat WP1 veruit het beste scoort. WP8 en WP10 een stuk lager. Opmerkelijk is wel dat WP8 en WP10 gelijkaardige PF's vertonen voor CV terwijl WP10 op hogere temperaturen werkt (zie stooklijnen).

In de zomermaanden zijn de waarden niet relevant omdat er dan quasi niet verwarmd wordt.

Performance factor enkel SWW

Voor WP1, WP8 en WP10 bepalen we de PF voor de opwekking van SWW.

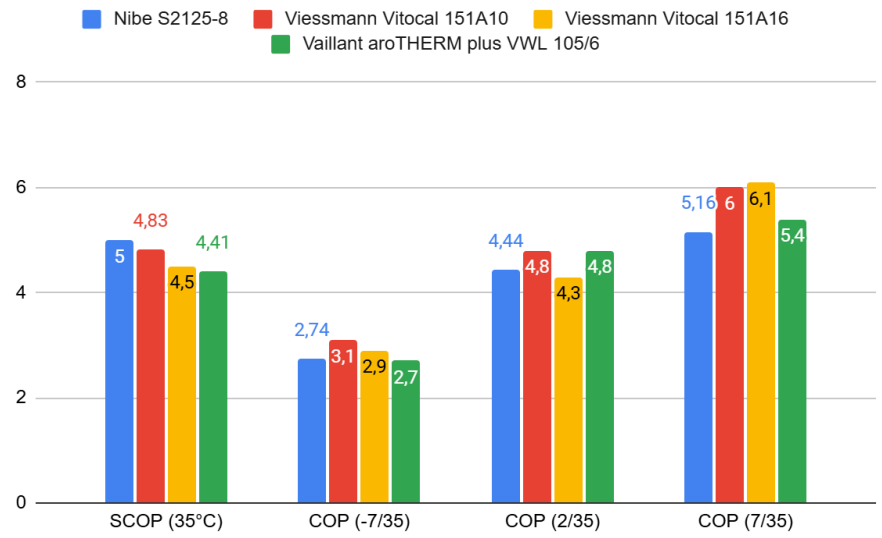


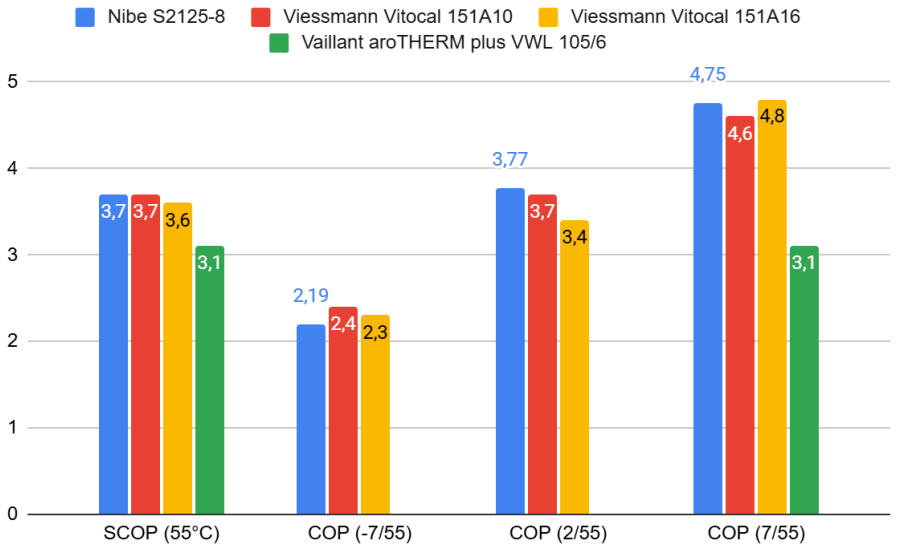
PF SWW	WP1	WP3	WP6	WP7	WP8	WP10
oktober 24	3,26	-	-	-	2,44	1,6
november 24	2,75	-	-	-	2,08	1,18
december 24	2,76	-	-	-	1,94	1,25
januari 25	2,55	-	-	-	1,82	1,36
februari 25	2,69	-	-	-	1,83	1,36
maart 25	2,76	-	-		2,25	1,42
april 25	2,94		-		2,56	1,22
mei 25	3,11				2,6	1,36
juni 25	3,32				2,49	1,19
juli 25	3,53	-			2,62	1,25
augustus 25	3,38	-			2,77	1,23
september 25	3,2				2,62	1,26
jaarbasis	2,94				2,23	1,34

Figuur 5: PF enkel SWW

Figuur 5 geeft de performance factors weer voor de productie van SWW alleen. De berekende PF's voor WP10 liggen door de onzekerheid in de opsplitsing SWW/CV hoger dan 1. 1 Is de theoretische PF voor de elektrische weerstandsverwarming voor de naverwarming van de zonneboiler. In dit rendement zit het aandeel van de zonnecollector niet vervat.

SCOP, COP waarden vergeleken met SPF





Warmtepompsysteem	SCOP (35°C)	SCOP (55°C)	SPF
WP1	5	3,7	4,01
WP3	5	3,7	2,94

WP6	4,83	3,7	2,19 (*)
WP7	4,5	3,6	3,38
WP8	3.85 (**)	NB	2,50
WP10	4,41	3,1	2,34

(*) afwijkende waarden als gevolg van defecte buitenunit in januari en februari

(**) berekend op basis van ηs,h=151%

Figuur 6: SCOP en COP van de warmtepompen bij verschillende temperatuurregimes

Figuur 6 geeft ter vergelijking de gespecificeerde COP-waarden en de SCOP-waarden (gemiddeld klimaat). Zowel bij 35°C als bij 55°C aanvoertemperatuur. De COP-waarden zijn bij verschillende buitentemperaturen opgegeven.

De Itho Daalderop Vincent heeft geen SCOP vermeld in de technische gegevens. De technische fiches vermelden wel een seizoensgebonden energie-efficiëntie ηs,h=151% bij 35°C aanvoertemperatuur. Dit kunnen we omrekenen naar een SCOP (35°C) = 3.85 hetgeen vrij laag is in vergelijking met de overige warmtepompen in de studie.

De tabel vergelijkt de gemeten SPF met de gespecificeerde SCOP-waarden.

- **WP1** en **WP7** hebben een SPF in de buurt van de gespecificeerde SCOP-waarden
- **WP3** ligt redelijk laag, maar is nog aanvaardbaar in vergelijking met SCOP(55°C). De verklaring ligt hier vooral in de hoge aanvoertemperaturen voor de radiatoren. Daarnaast blijkt de installatie SWW ‘s nachts op te wekken. Dan zijn de buitentemperaturen lager dan tijdens de dag en ligt het rendement bijgevolg lager. De sturing aanpassen naar een kloksturing die tijdens de dag SWW laat opwekken is al een eerste verbeterpunt. Er is dan ook meer kans op het gebruik van zonne-energie.
- **WP6** heeft een lage SPF maar dit komt doordat in januari en februari de installatie door een technisch defect volledig op de backup-weerstand heeft verwarmd. Als we januari en februari niet in rekening brengen, komen we op een SPF van ongeveer 3.07, hetgeen al wat meer in de richting van de gespecificeerde SCOP-waarden gaat.

- **WP8** heeft een lagere SPF maar hier zijn geen officiële SCOP-waarden beschikbaar. De berekende SCOP bij 35°C is lager dan die van de overige systemen.

- **WP10** heeft een lage SPF, maar dat komt vooral door de zonneboiler die met backup-weerstand bijverwarmd wordt. De opbrengst van de zonneboiler zit hierin niet vervat. Er moet ook opgemerkt worden dat de SCOP bij 55°C niet heel hoog is en de warmtepomp in de winter op hogere temperaturen moet functioneren voor de voeding van de radiatoren op de bovenverdiepingen.

We kunnen concluderen dat de SPF meestal een stuk lager ligt dan de gespecificeerde SCOP.

De bepaling van de SCOP gebeurt in ideale omstandigheden waardoor deze waarde enkel richtinggevend is voor de performantie van de warmtepomp in reële omstandigheden. De SCOP kan eigenlijk alleen gebruikt worden om warmtepompen te vergelijken voor de aankoop ervan. De werkelijke SPF hangt af van het hele verwarmingsysteem (incl afgifte).

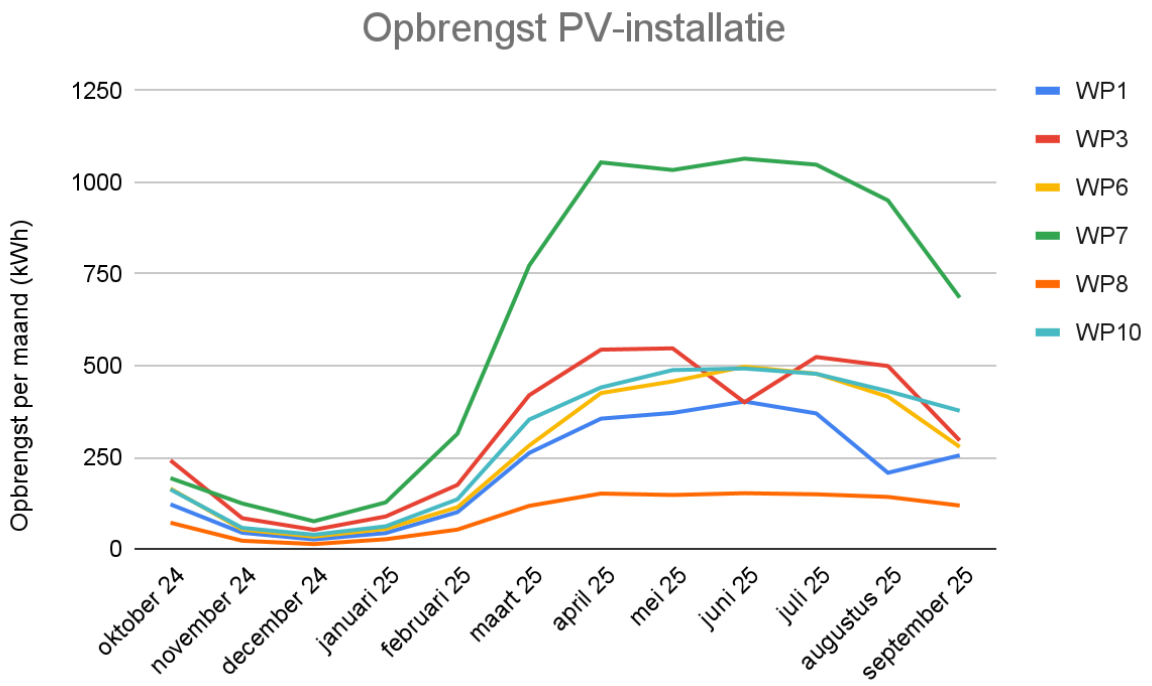
3.2.2 Zelfverbruik

Een belangrijke parameter voor de rentabiliteit van een PV-installatie is het zelfverbruik van de opgewekte fotovoltaïsche energie. Hoe hoger dit percentage, hoe minder energie in het net geïnjecteerd wordt aan lage prijs. En dus hoe rendabeler de installatie is. Zelfverbruik is niet hetzelfde als zelfvoorziening: Zelfvoorziening is het percentage van de verbruikte energie door de woning of de warmtepomp die lokaal opgewekt wordt en direct verbruikt..

We berekenen het zelfverbruik op woningniveau (normaal verbruik en verbruik warmtepomp) en op warmtepompniveau (enkel het verbruik van de warmtepomp) op maandbasis.

Woning	PV vermogen (kWp)	PV oriëntatie
WP 1	3,4	ZO
WP 3	4,25	ZW
WP 4	NB	ZZO
WP 6	4	ZO
WP 7	8,4	W/Z
WP 8	1,52	ZZO
WP10	3,42	ZW

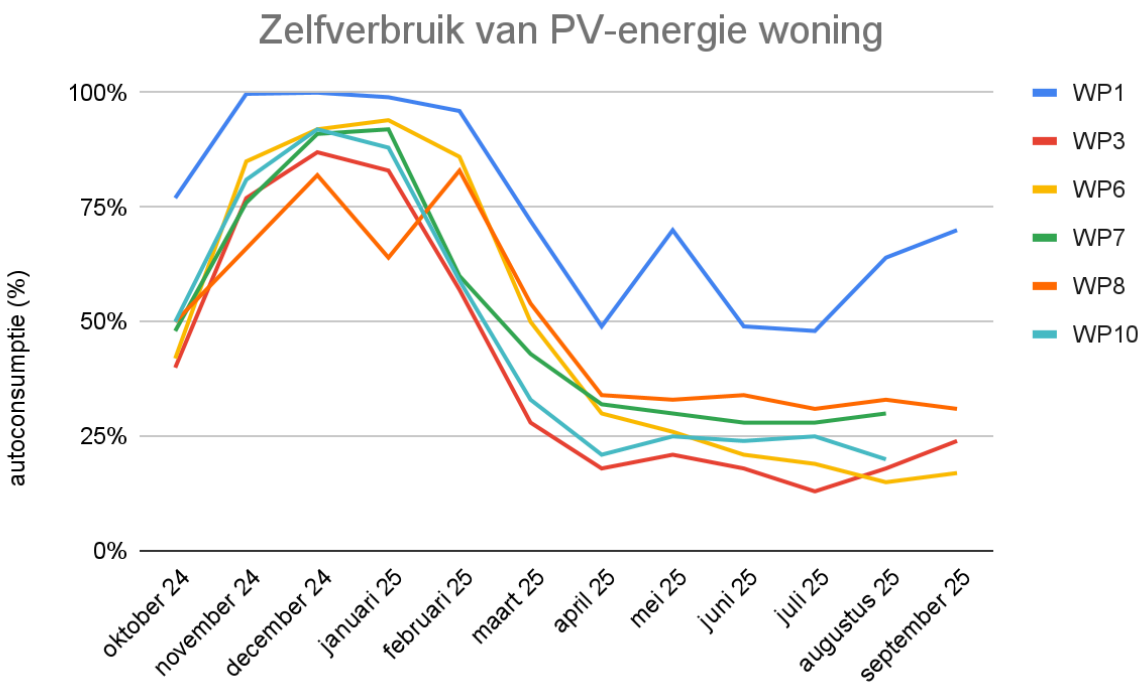
Tabel 4: PV-installaties piekvermogen en oriëntatie



opbrengst PV (kWh)	WP1	WP3	WP6	WP7	WP8	WP10
oktober 24	122	242	165	193	72	162
november 24	44	84	53	124	22	57
december 24	26	52	34	75	13	39
januari 25	43	89	55	127	27	62
februari 25	100	175	114	314	53	135
maart 25	262	419	282	773	118	353
april 25	355	544	425	1054	151	440
mei 25	371	547	457	1034	147	488
juni 25	402	400	497	1065	152	492
juli 25	370	524	478	1048	149	478
augustus 25	208	499	415	951	142	430
september 25	255	296	279	686	118	377
Totaal	2559	3870	3253	7444	1164	3515

Figuur 7: Opbrengst PV-installaties op maandbasis

Figuur 7 geeft de opbrengst van de fotovoltaïsche installaties op maandbasis.



zelfverbruik woning	WP1	WP3	WP6	WP7	WP8	WP10
oktober 24	77%	40%	42%	48%	50%	50%
november 24	100%	77%	85%	76%	66%	81%
december 24	100%	87%	92%	91%	82%	92%
januari 25	99%	83%	94%	92%	64%	88%
februari 25	96%	57%	86%	60%	83%	59%
maart 25	72%	28%	50%	43%	54%	33%
april 25	49%	18%	30%	32%	34%	21%
mei 25	70%	21%	26%	30%	33%	25%
juni 25	49%	18%	21%	28%	34%	24%
juli 25	48%	13%	19%	28%	31%	25%
augustus 25	64%	18%	15%	30%	33%	20%
september 25	70%	24%	17%	38%	31%	49%
jaarbasis	63%	26%	30%	36%	40%	33%

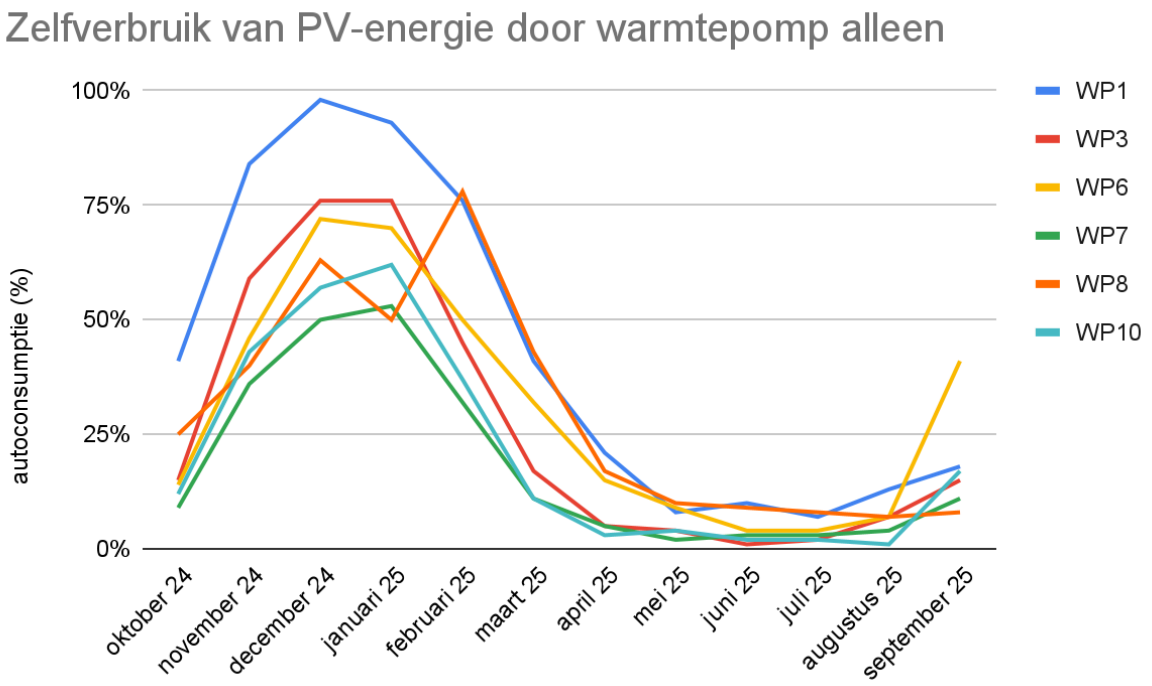
Figuur 8: Percentage zelfverbruik van fotovoltaïsche energie door het verbruik op woningniveau

Het zelfverbruik op woningniveau hangt af van verschillende factoren :

- de grootte van de installatie ten opzichte van het verbruik
- de mate waarin het opbrengstprofiel overeenkomt met het consumptieprofiel
    - oriëntatie van de panelen
    - de verbruikers en het ogenblik van verbruik
    - de tijd van het jaar (zoninstraling)

De gegevens hierboven zijn vooral bedoeld om wat gevoel te krijgen met typische percentages voor het zelfverbruik.

Bij de data voor **WP1** moet er opgemerkt worden dat de berekeningen hier op uurbasis gebeuren tegenover op kwartierbasis voor de andere gevallen. Dit omdat de ingebouwde energiemeters in de warmtepomp data op uurbasis doorsturen. Hierdoor wordt de overlap tussen verbruik en opwekking (die normaal op kwartierbasis gemeten wordt bij een digitale teller) overschat.



zelfverbruik alleen WP	WP1	WP3	WP6	WP7	WP8	WP10
oktober 24	41%	15%	14%	9%	25%	12%
november 24	84%	59%	46%	36%	40%	43%
december 24	98%	76%	72%	50%	63%	57%
januari 25	93%	76%	70%	53%	50%	62%
februari 25	76%	45%	50%	32%	78%	37%
maart 25	41%	17%	32%	11%	43%	11%
april 25	21%	5%	15%	5%	17%	3%
mei 25	8%	4%	9%	2%	10%	4%
juni 25	10%	1%	4%	3%	9%	2%
juli 25	7%	2%	4%	3%	8%	2%
augustus 25	13%	7%	7%	4%	7%	1%
september 25	18%	15%	41%	11%	8%	17%
jaarbasis	23%	11%	14%	8%	19%	8%

Figuur 9: Percentage zelfverbruik van fotovoltaïsche energie door de warmtepomp

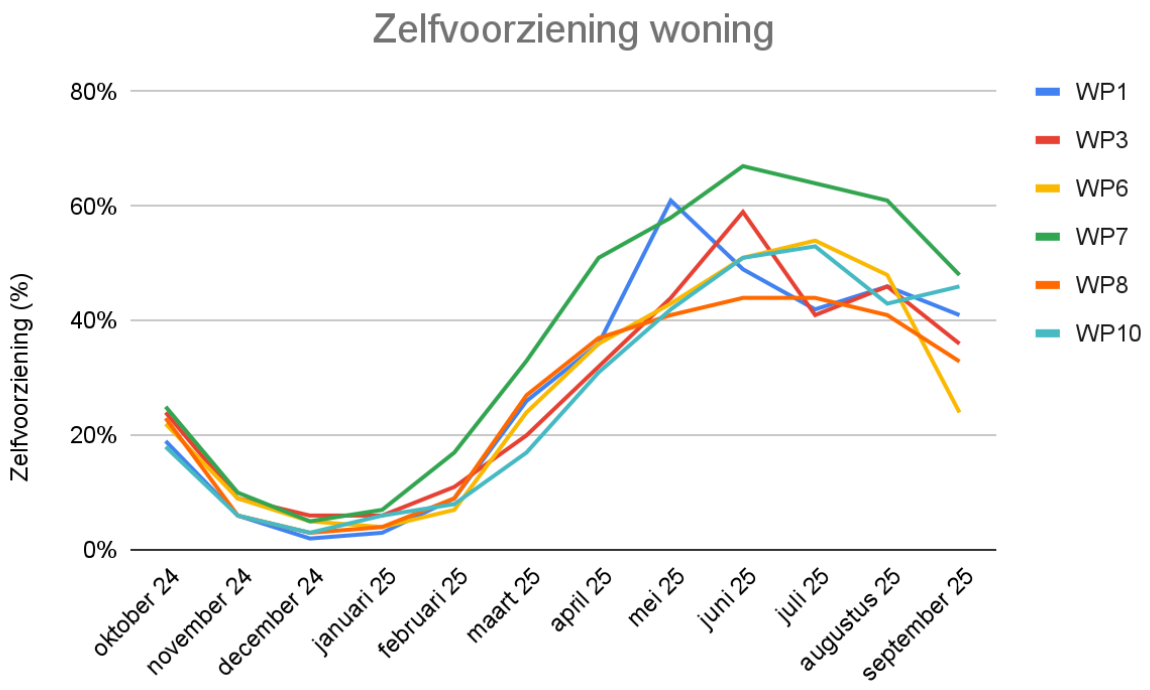
Zonnepanelen wekken de meeste elektriciteit op in de zomer terwijl een warmtepomp vooral energie nodig heeft in de winter, ook wel de zonneparadox genoemd. Bovenstaande data geven een idee in welke mate een warmtepomp voor zelfverbruik kan zorgen.

Het zelfverbruik is natuurlijk afhankelijk van verschillende factoren :

- oriëntatie van de pv-panelen (opbrengstprofiel)
- grootte van de PV-installatie ten opzichte van de energievraag van de warmtepomp
- periode van het jaar
- verbruiksprofiel van de warmtepomp

Uit de grafieken is duidelijk dat in de winter, wanneer de opgewekte PV-energie laag is ten opzichte van de consumptie, het zelfverbruik het hoogst is.

3.2.3 Zelfvoorziening

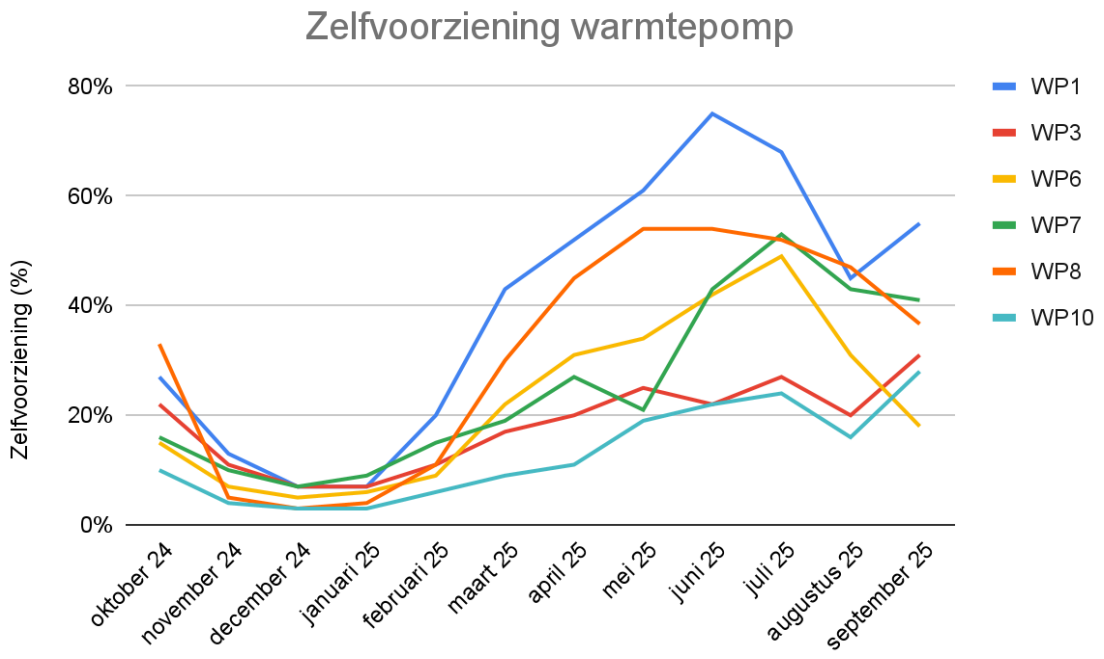


zelfvoorziening woning	WP1	WP3	WP6	WP7	WP8	WP10
oktober 24	19%	24%	22%	25%	23%	18%
november 24	6%	9%	9%	10%	6%	6%
december 24	2%	6%	5%	5%	3%	3%
januari 25	3,0%	6%	4%	7%	4%	6%
februari 25	9,0%	11%	7%	17%	9%	8%
maart 25	26%	20%	24%	33%	27%	17%
april 25	36%	32%	36%	51%	37%	31%
mei 25	61%	44%	43%	58%	41%	42%
juni 25	49%	59%	51%	67%	44%	51%
juli 25	42%	41%	54%	64%	44%	53%
augustus 25	46%	46%	48%	61%	41%	43%
september 25	41%	36%	24%	48%	33%	46%
jaarbasis	20%	17%	17%	28%	17%	17%

Figuur 10: Zelfvoorziening op niveau van de woning

Figuur 10 geeft de graad van zelfvoorziening door de PV-installatie weer op niveau van de woning. Deze is afhankelijk van :

- de grootte van de PV-installatie
- het verbruik
- de overlap tussen opbrengstprofiel en verbruiksprofiel.



zelfvoorziening warmtepomp	WP1	WP3	WP6	WP7	WP8	WP10
oktober 24	27%	22%	15%	16%	33%	10%
november 24	13%	11%	7%	10%	5%	4%
december 24	7%	7%	5%	7%	3%	3%
januari 25	7%	7%	6%	9%	4%	3%
februari 25	20%	11%	9%	15%	11%	6%
maart 25	43%	17%	22%	19%	30%	9%
april 25	52%	20%	31%	27%	45%	11%
mei 25	61%	25%	34%	21%	54%	19%
juni 25	75%	22%	42%	43%	54%	22%
juli 25	68%	27%	49%	53%	52%	24%
augustus 25	45%	20%	31%	43%	47%	16%
september 25	55%	31%	18%	41%	37%	28%
jaarbasis	24%	12%	14%	14%	14%	6%

Figuur 11: Zelfvoorziening op het niveau van de warmtepomp

Figuur 11 geeft weer in welke mate de zonnepanelen kunnen instaan in de energievraag van de warmtepomp op maandbasis.

In de zomer is de zelfvoorziening het grootst vanwege het hogere aanbod aan zonne-energie.

Omwille van de zonneparadox ligt de gemiddelde zelfvoorziening op jaarbasis voor de warmtepomp lager dan die van de woning.

We merken op dat de sturing op autoconsumptie (zonnesturing WP6, WP7) voor de productie van SWW geen grote impact heeft op het zelfverbruik en zelfconsumptie.

3.2.4 Vergelijking dynamisch tarief met variabel tarief voor elektriciteitslevering

WP1 en heeft een Nibe warmtepomp met regeling op dynamisch tarief voor SWW en CV.

We vergelijken de energiekosten voor een dynamisch tarief in vergelijking met een variabel tarief van dezelfde energieleverancier. Het variabel tarief waar we mee rekenen is de tariefformule “FLOW” (1 jaar) van Engie en voor het dynamisch tarief namen we “DYNAMIC” (1 jaar) van Engie.

De formules voor de energiecomponent (zonder BTW) van de elektriciteitsprijs zijn :

$$Energiekost(FLOW) = afname\ net[maandbasis] * (2.8865 + (0.1138 * EPEXDAM))$$

$$Energiekost\ (DYNAMIC) = afname\ net[uurbasis] * (1.3950 + (0.1 * EPEX))$$

Met

EPEXDAM : indexatieparameter op maandbasis

EPEX : spotprijs van elektriciteit zoals bepaald wordt op de EPEX SPOT Day-ahead markt

Naast deze kost afhankelijk van de afname, hebben de tariefformules ook nog een vaste kost :

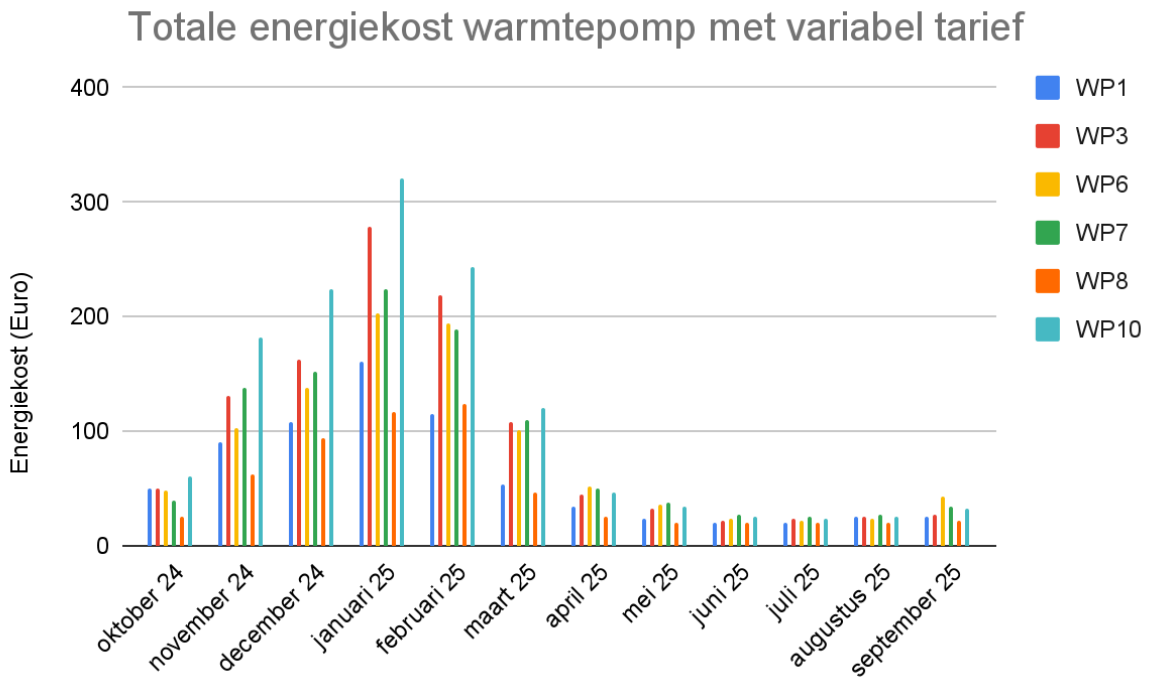
Vaste kost (FLOW) = 59 €/jaar

Vaste kost (DYNAMIC) = 100,70 €/jaar

De vaste kosten voor een variabel contract liggen lager dan de vaste kosten voor een dynamisch tarief.

Naast de zuivere energiecomponent zijn er ook nog de nettarieven, heffingen afhankelijk van de afname en een capaciteitstarief op jaarbasis (afhankelijk van de maandelijkse piekvermogens voor afname).

Op de injectievergoeding gaan we in deze studie niet dieper in. De energiekost van de warmtepomp is de energiekost van de elektriciteit die van het net gehaald werd. Dus niet het deel dat door de PV-installatie geleverd werd.

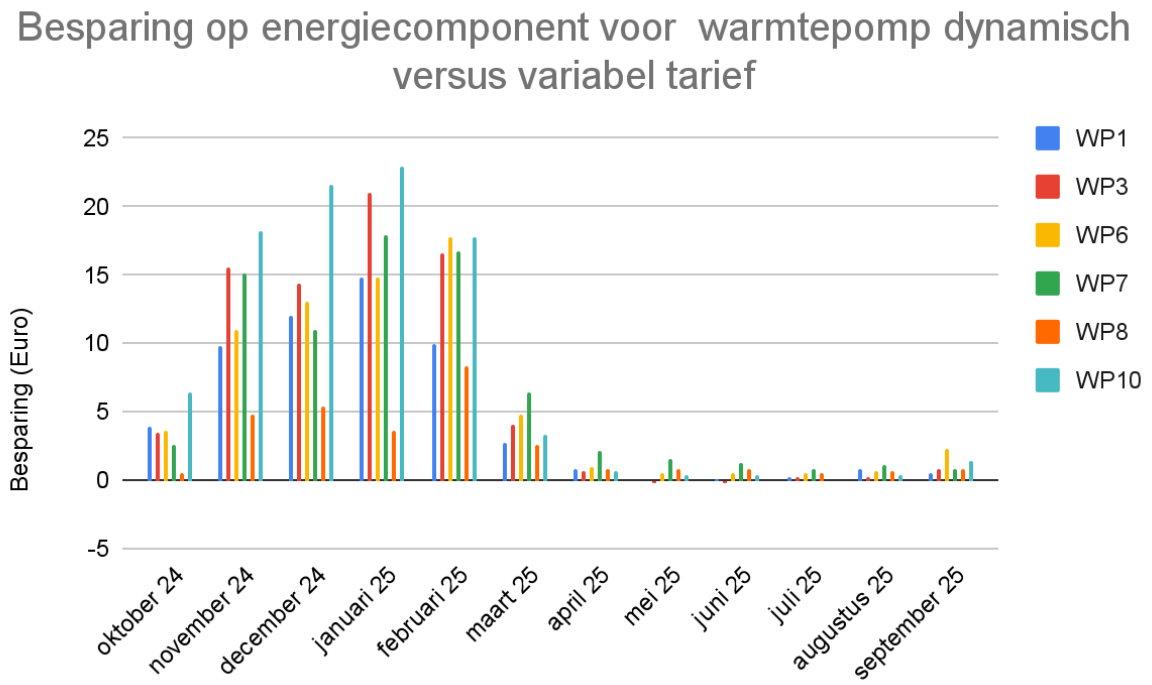


totale energiekost warmtepomp variabel tarief	WP1	WP3	WP6	WP7	WP8	WP10
oktober 24	€50,91	€49,86	€ 48,86	€40,34	€26,24	€60,91
november 24	€89,90	€131,14	€ 102,53	€137,34	€63,22	€182,19
december 24	€107,98	€161,73	€ 137,89	€151,79	€94,02	€224,87
januari 25	€160,90	€277,74	€ 203,14	€223,95	€116,26	€320,49
februari 25	€114,38	€219,42	€ 195,07	€189,77	€124,64	€244,18
maart 25	€54,27	€108,01	€ 100,37	€109,50	€47,37	€120,30
april 25	€34,31	€44,72	€ 51,89	€49,59	€24,78	€47,26

mei 25	€24,30	€32,36	€ 35,65	€37,56	€20,42	€33,78
juni 25	€20,31	€21,18	€ 24,53	€27,05	€20,17	€25,99
juli 25	€20,48	€23,30	€ 22,45	€24,87	€20,06	€24,22
augustus 25	€24,86	€26,04	€ 24,30	€26,46	€20,15	€25,17
september 25	€25,92	€27,53	€ 43,82	€34,47	€21,15	€32,04
TOTAAL	€728,52	€1.123,03	€ 990,50	€1.052,69	€598,48	€1.341,40

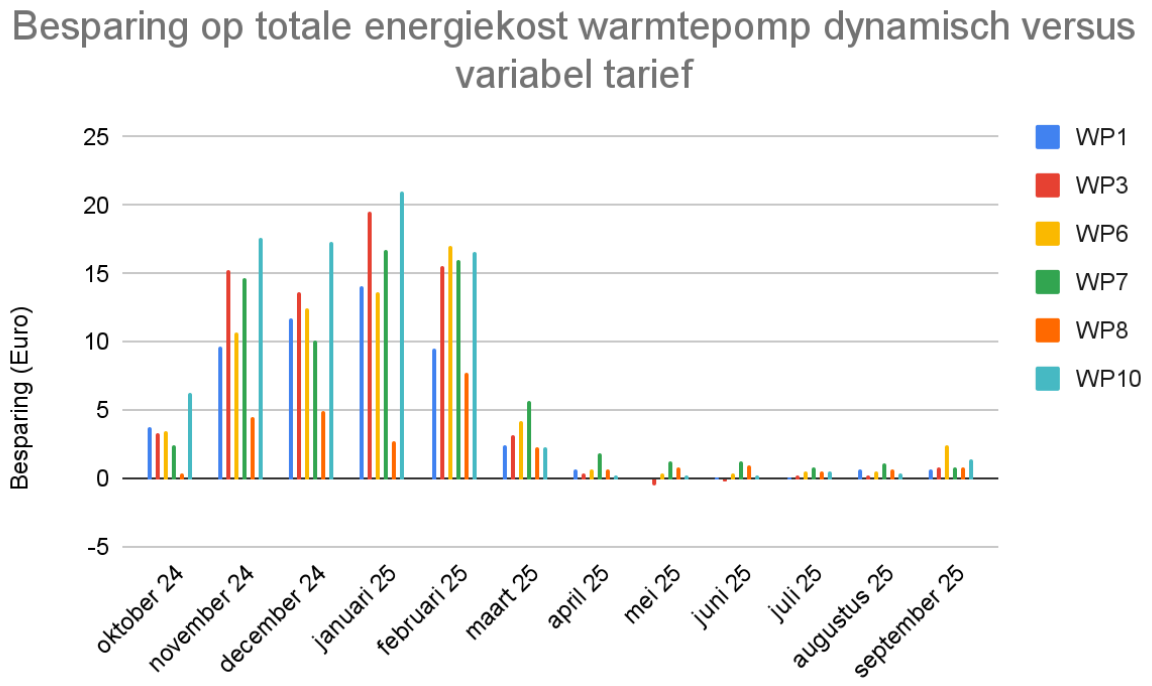
Figuur 12: Totale energiekost voor warmtepomp op maandbasis

Figuur 12 geeft de totale energiekost (CV+SWW) op maandbasis voor de warmtepompsystemen volgens de variabele tariefformule inclusief nettarieven, heffingen en BTW.



besparing op energiecomponent WP dynamisch tov variabel tarief	WP1	WP3	WP6	WP7	WP8	WP10
oktober 24	€3,89	€3,47	€ 3,60	€2,57	€0,51	€6,35
november 24	€9,79	€15,53	€ 10,94	€15,06	€4,74	€18,21
december 24	€11,98	€14,38	€ 12,98	€10,94	€5,41	€21,59
januari 25	€14,78	€21,01	€ 14,81	€17,96	€3,59	€22,95

februari 25	€9,92	€16,64	€ 17,82	€16,73	€8,27	€17,79
maart 25	€2,74	€4,07	€ 4,86	€6,42	€2,52	€3,28
april 25	€0,80	€0,64	€ 0,99	€2,13	€0,77	€0,62
mei 25	-€0,02	-€0,25	€ 0,59	€1,51	€0,87	€0,40
juni 25	€0,13	-€0,17	€ 0,50	€1,30	€0,88	€0,34
juli 25	€0,17	€0,27	€ 0,54	€0,88	€0,58	-€0,11
augustus 25	€0,80	€0,28	€ 0,62	€1,17	€0,68	€0,40
september 25	€0,60	€0,77	€ 2,30	€0,79	€0,77	€1,39
TOTAAL	€55,58	€76,64	€ 70,55	€77,46	€29,59	€93,21



besparing op totale energiekost WP dynamisch tov variabel tarief	WP1	WP3	WP6	WP7	WP8	WP10
oktober 24	€3,71	€3,27	€ 3,43	€2,46	€0,42	€6,21
november 24	€9,61	€15,30	€ 10,71	€14,71	€4,54	€17,57
december 24	€11,74	€13,70	€ 12,48	€10,10	€4,91	€17,31
januari 25	€14,12	€19,47	€ 13,70	€16,80	€2,74	€21,05
februari 25	€9,54	€15,59	€ 17,09	€15,99	€7,68	€16,57

maart 25	€2,47	€3,24	€ 4,17	€5,72	€2,32	€2,27
april 25	€0,62	€0,33	€ 0,61	€1,85	€0,72	€0,28
mei 25	-€0,12	-€0,47	€ 0,37	€1,33	€0,88	€0,20
juni 25	€0,11	-€0,23	€ 0,44	€1,24	€0,90	€0,24
juli 25	€0,14	€0,21	€ 0,51	€0,85	€0,58	€0,52
augustus 25	€0,75	€0,18	€ 0,56	€1,12	€0,68	€0,31
september 25	€0,63	€0,81	€ 2,44	€0,83	€0,82	€1,47
TOTAAL	€53,32	€71,40	€ 66,51	€73,00	€27,19	€84,00

Figuur 13: Vergelijking tussen dynamisch tarief en variabel tarief op niveau van de warmtepomp

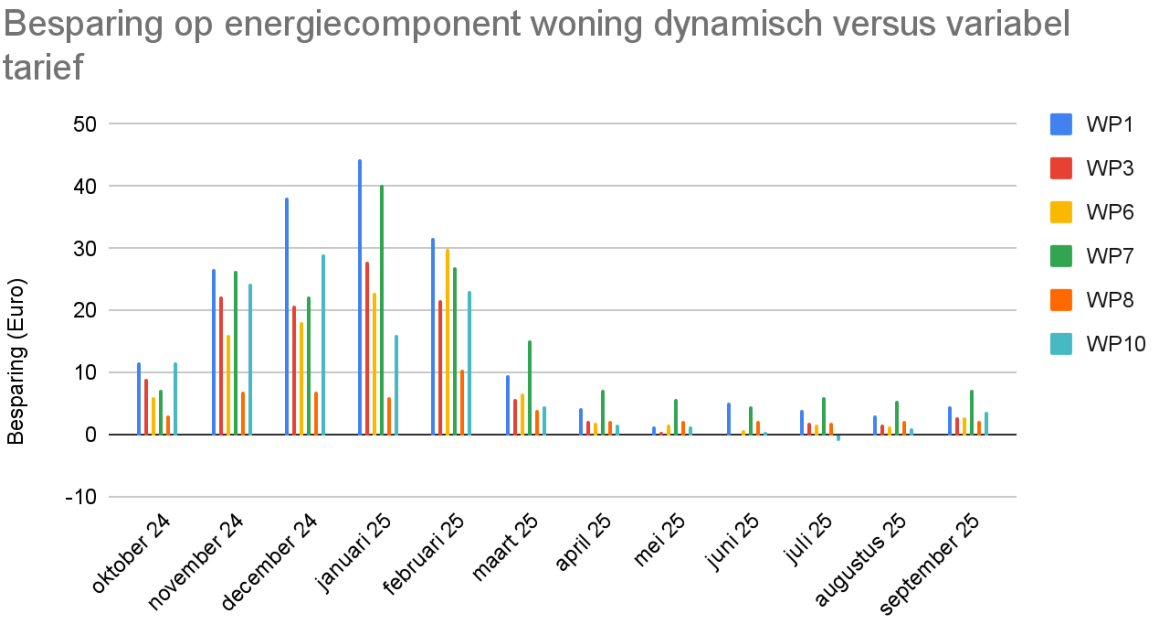
Figuur 13 geeft een vergelijking tussen de 2 tariefformules toegepast op het verbruik van de warmtepomp. Hieruit leren we dat voor de energiecomponent (zonder nettarieven en heffingen) het dynamisch tarief goedkoper is dan een variabel tarief. De totale kost ligt bij dynamisch tarief ook lager dan bij het variabel tarief, maar de winst is kleiner door de duurdere vaste kost van het dynamische tarief.

procentuele besparing totale energiekost WP dynamisch tov variabel tarief	WP1	WP3	WP6	WP7	WP8	WP10
oktober 24	7%	7%	7%	6%	2%	10%
november 24	11%	12%	10%	11%	7%	10%
december 24	11%	8%	9%	7%	5%	8%
januari 25	9%	7%	7%	8%	2%	7%
februari 25	8%	7%	9%	8%	6%	7%
maart 25	5%	3%	4%	5%	5%	2%
april 25	2%	1%	1%	4%	3%	1%
mei 25	0%	-1%	1%	4%	4%	1%
juni 25	1%	-1%	2%	5%	4%	1%
juli 25	1%	1%	2%	3%	3%	2%
augustus 25	3%	1%	2%	4%	3%	1%
september 25	2%	3%	6%	2%	4%	5%
jaarbasis	7%	6%	7%	7%	5%	6%

Tabel 5: Procentuele besparing ten opzicht van het variabel tarief voor de warmtepomp

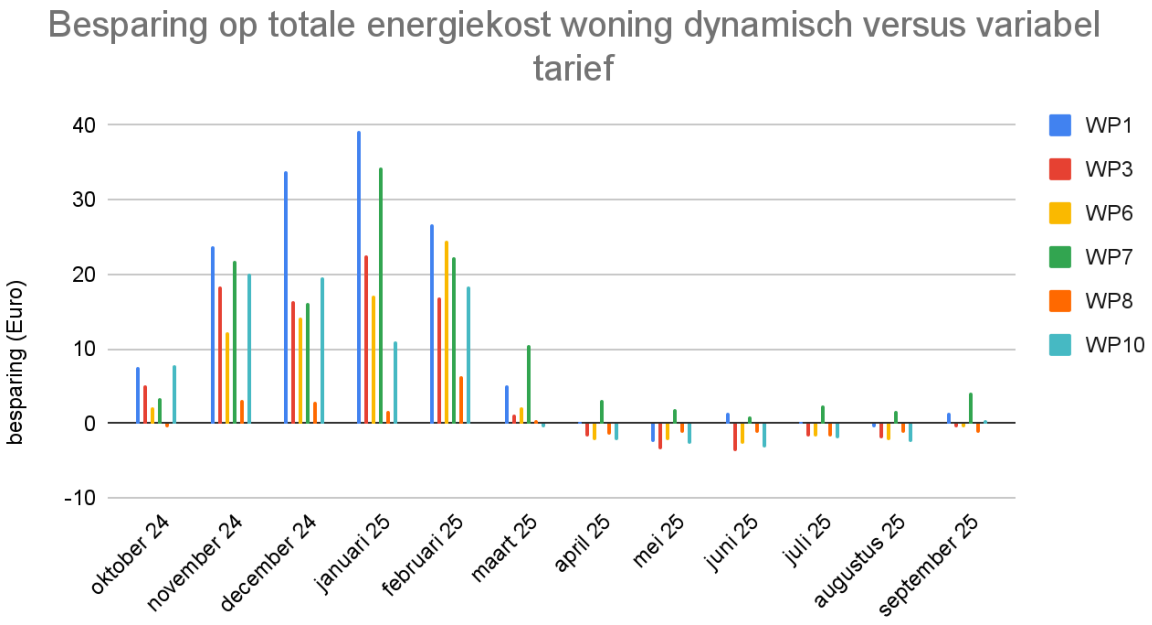
Uit tabel 5 blijkt dat procentueel de besparing tussen de 5% en 7% ligt.

Het effect van de sturing op de verbruikskost van **WP1** is niet sterk uitgesproken. De besparing ligt op 7%, hetgeen vergelijkbaar is met **WP6** en **WP7**. Deze laatsten hebben een sturing op zelfverbruik van zonne-energie. Dit is te verklaren doordat er maar een beperkte buffering mogelijk is bij dit systeem. Sturing op dynamisch tarief zal enkel een significant effect hebben bij vloerverwarming (grote buffer) wanneer de verbruikspiek naar de daluren verschoven kan worden.



besparing op energiecomponent Woning dynamisch tov variabel tarief	WP1	WP3	WP6	WP7	WP8	WP10
oktober 24	€11,56	€9,05	€ 6,09	€7,36	€3,12	€11,64
november 24	€26,67	€22,25	€ 15,98	€26,44	€7,00	€24,36
december 24	€38,31	€20,87	€ 18,23	€22,20	€7,01	€28,96
januari 25	€44,44	€28,00	€ 22,73	€40,13	€6,11	€15,95
februari 25	€31,56	€21,74	€ 30,08	€27,10	€10,63	€23,28
maart 25	€9,59	€5,73	€ 6,63	€15,24	€4,13	€4,46
april 25	€4,35	€2,15	€ 1,90	€7,25	€2,18	€1,74
mei 25	€1,43	€0,49	€ 1,52	€5,81	€2,36	€1,21
juni 25	€5,11	-€0,09	€ 0,89	€4,68	€2,16	€0,54
juli 25	€4,15	€2,00	€ 1,73	€5,94	€1,89	-€0,95

augustus 25	€3,25	€1,73	€ 1,29	€5,41	€2,31	€1,14
september 25	€4,56	€2,88	€ 2,74	€7,14	€2,17	€3,76
TOTAAL	€184,98	€116,80	€ 109,80	€174,70	€51,07	€116,09



besparing op totale energiekost Woning dynamisch tov variabel tarief	WP1	WP3	WP6	WP7	WP8	WP10
oktober 24	€7,62	€5,20	€ 2,25	€3,49	-€0,52	€7,75
november 24	€23,89	€18,30	€ 12,14	€21,89	€3,20	€19,97
december 24	€33,76	€16,40	€ 14,08	€16,21	€2,85	€19,69
januari 25	€39,27	€22,62	€ 17,13	€34,42	€1,59	€10,88
februari 25	€26,82	€16,99	€ 24,60	€22,33	€6,45	€18,33
maart 25	€5,05	€1,14	€ 2,19	€10,57	€0,38	-€0,47
april 25	€0,16	-€1,85	-€ 2,15	€3,20	-€1,44	-€2,29
mei 25	-€2,47	-€3,42	-€ 2,37	€1,99	-€1,19	-€2,70
juni 25	€1,32	-€3,74	-€ 2,83	€1,03	-€1,39	-€3,26
juli 25	€0,17	-€1,66	-€ 1,88	€2,31	-€1,65	-€1,97
augustus 25	-€0,52	-€1,97	-€ 2,32	€1,71	-€1,23	-€2,62
september 25	€1,36	-€0,42	-€ 0,57	€4,09	-€1,18	€0,51
TOTAAL	€136,43	€67,59	€ 60,27	€123,24	€5,87	€63,82

Figuur 14: Vergelijking tussen dynamisch tarief en variabel tarief op niveau van de woning

procentuele besparing op totale energiekost Woning dynamisch tov variabel tarief	WP1	WP3	WP6	WP7	WP8	WP10
oktober 24	6%	5%	3%	4%	-1%	7%
november 24	10%	9%	8%	8%	3%	8%
december 24	10%	7%	7%	4%	2%	6%
januari 25	9%	6%	5%	8%	1%	4%
februari 25	8%	6%	6%	7%	4%	6%
maart 25	3%	1%	2%	5%	1%	0%
april 25	0%	-2%	-3%	3%	-3%	-3%
mei 25	-4%	-6%	-4%	3%	-3%	-4%
juni 25	2%	-11%	-6%	2%	-4%	-6%
juli 25	0%	-3%	-4%	4%	-4%	-4%
augustus 25	-1%	-4%	-6%	3%	-3%	-5%
september 25	2%	-1%	-1%	5%	-3%	1%
jaarbasis	7%	4%	4%	6%	1%	4%

Tabel 6: Procentuele besparing ten opzicht van het variabel tarief voor de woning

Figuur 14 geeft de vergelijking op het niveau van de woning. Het dynamisch tarief geeft een lagere energiefactuur dan het variabel tarief. De besparing ligt tussen 1% en 7%. Lager of gelijk aan de procentuele besparing voor de warmtepomp.

Deze conclusies gelden voor de tariefformules gebruikt in de studie. Op de markt is er een variatie van contracten waardoor vergelijkingen tussen andere tariefformules tot andere conclusies kunnen leiden.

3.2.5 Gemiddelde kost per opgewekte kWh thermische energie

De kost voor per opgewekte kWh thermische energie werd berekend voor de 2 tariefformules. Om de vergelijking te maken met de kost per opgewekte kWh voor een verwarmingssysteem op aardgas, wordt er vergeleken met een aardgasketel met een rendement van 92% tov de bovenste verbrandingswaarde. Als tarief voor aardgas wordt de tariefformule “EASY” (variabel 1 jaar) van Engie genomen.

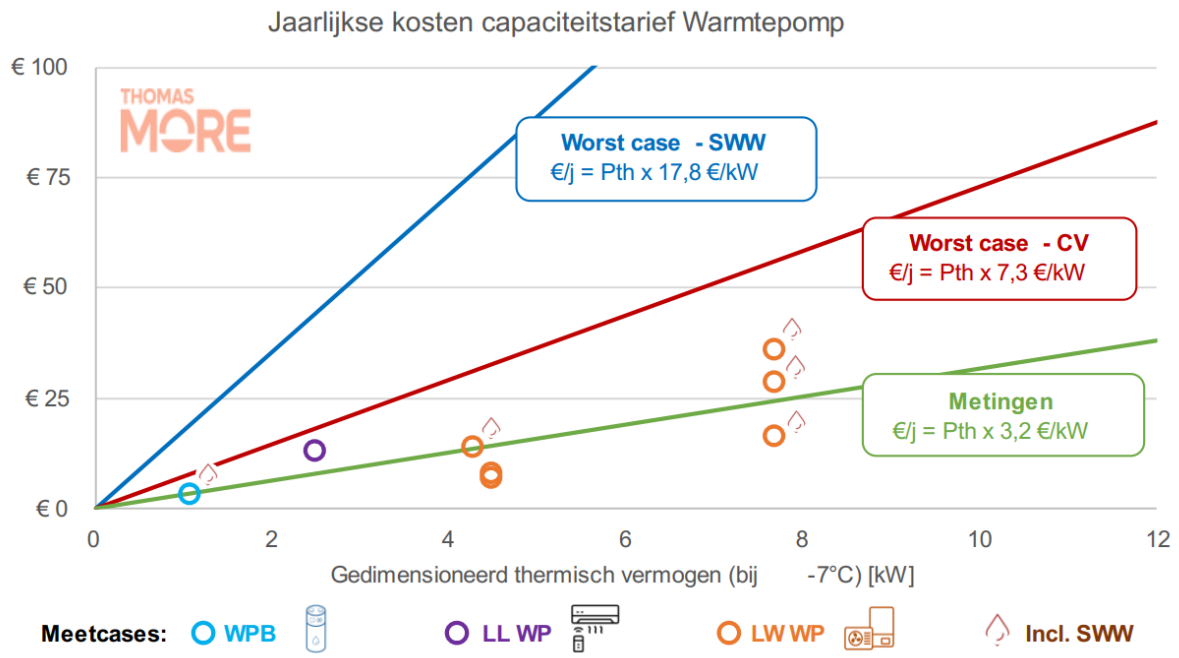
Voor de warmtepompen rekenen we met de energiekost inclusief BTW maar exclusief de vaste kosten. Deze omhelzen het vaste deel in de energiekost, tarief databeheer en het capaciteitstarief.

Deze kosten zitten sowieso in de elektriciteitsfactuur ongeacht de manier van verwarmen. We berekenen dus de marginale kost van 1 kWh opgewekte warmte.

De vaste kosten voor aardgas rekenen we wel in omdat voor alle pilots de aardgasaansluiting enkel dient voor verwarming en opwekking sanitair warm water.

We veronderstellen dat het capaciteitstarief maar beperkt beïnvloed wordt door de werking van de warmtepomp. Hiervoor baseren we ons op een studie binnen het Thermi-Var project.

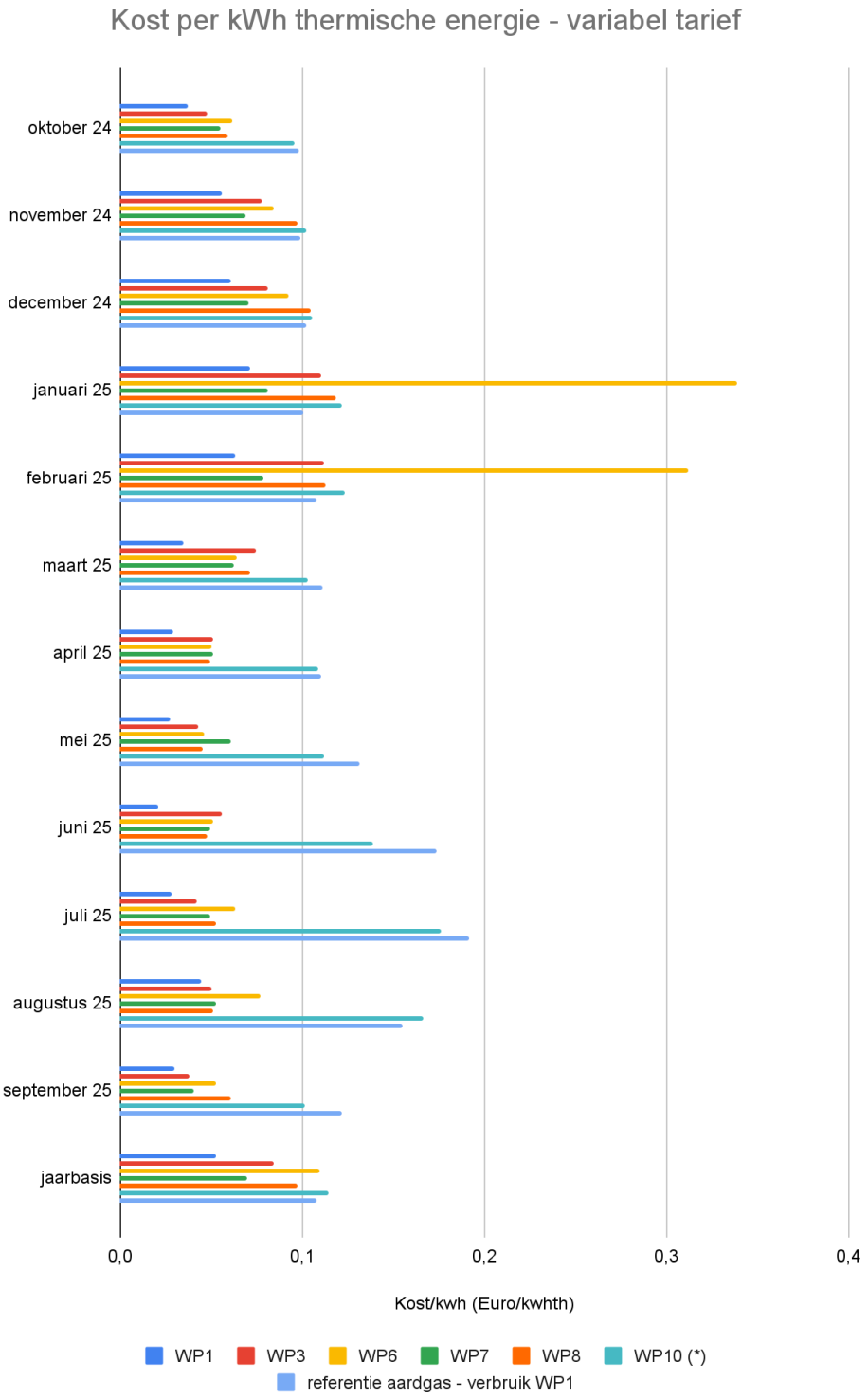
In de berekening wordt enkel rekening gehouden met de energie die door de warmtepomp van het net gehaald wordt. De bijdrage van de PV-installatie in het verbruik wordt als ‘gratis’ beschouwd. De analyse betreft dus warmtepomp in combinatie met de PV-installatie.



Figuur 15: Invloed van een warmtepomp op het capaciteitstarief (Thermi-Var)

Figuur 15 geeft de verhoging van het capaciteitstarief weer bij gebruik van een goed gedimensioneerde warmtepomp, afhankelijk van het geïnstalleerde warmtepompvermogen.

Hieruit blijkt dat de warmtepomp gemiddeld maar een beperkte stijging van het capaciteitstarief veroorzaakt. Binnen deze studie houden we dan ook geen rekening met deze stijging.



Energent cv
Beverhoutplein 7 – 9000 Gent
+32 (0)9 247 13 48 – BE 0542.998.575
info@energent.be – www.energent.be

kost per eenheid van opgewekte warmte (kWh thermisch) bij variabel tarief (Euro/kWh)	WP1	WP3	WP6	WP7	WP8	WP10 (*)	referentie aardgas - verbruik WP1
oktober 24	€0,04	€0,05	€0,06	€0,06	€0,06	€0,10	€ 0,10
november 24	€0,06	€0,08	€0,08	€0,07	€0,10	€0,10	€ 0,10
december 24	€0,06	€0,08	€0,09	€0,07	€0,10	€0,11	€ 0,10
januari 25	€0,07	€0,11	€0,34	€0,08	€0,12	€0,12	€ 0,10
februari 25	€0,06	€0,11	€0,31	€0,08	€0,11	€0,12	€ 0,11
maart 25	€0,03	€0,07	€0,06	€0,06	€0,07	€0,10	€ 0,11
april 25	€0,03	€0,05	€0,05	€0,05	€0,05	€0,11	€ 0,11
mei 25	€0,03	€0,04	€0,05	€0,06	€0,05	€0,11	€ 0,13
juni 25	€0,02	€0,06	€0,05	€0,05	€0,05	€0,14	€ 0,17
juli 25	€0,03	€0,04	€0,06	€0,05	€0,05	€0,18	€ 0,19
augustus 25	€0,04	€0,05	€0,08	€0,05	€0,05	€0,17	€ 0,16
september 25	€0,03	€0,04	€0,05	€0,04	€0,06	€0,10	€ 0,12
jaarbasis	€0,05	€0,08	€0,11	€0,07	€0,10	€0,11	€ 0,11

Figuur 16: Kost per opgewekte kWh thermische energie

Uit figuur 16 blijkt dat :

- Voor elke pilot is de gemiddelde kost per opgewekte eenheid van warmte lager of gelijk dan bij verwarming op aardgas.
- **WP1** en **WP7** door hun hoge performance factor goed scoren ten opzichte van aardgas. De gemiddelde prijs per kWh ligt bij deze systemen significant lager dan de gemiddelde prijs bij verwarming op aardgas.
- **WP3** presteert in deze vergelijking gemiddeld.
- **WP6, WP8, WP10** presteren gelijkaardig ten opzichte van aardgas.
- **WP10** scoort in deze vergelijking gelijk aan aardgas, maar hier is de bijdrage van de zonneboiler (typisch 50% van het verbruik voor sanitair warm water) niet

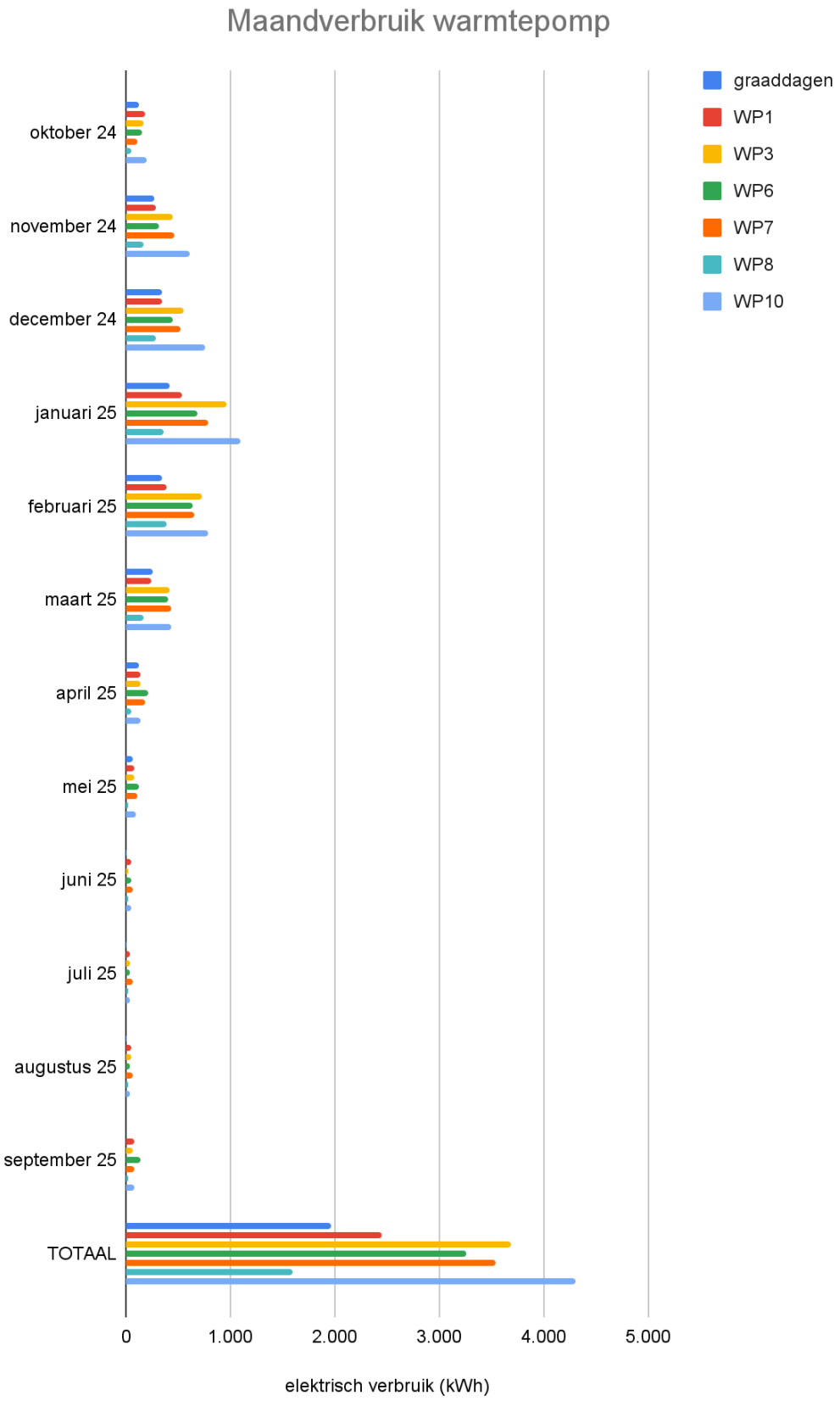
ingerekend. De werkelijke gemiddelde kost per eenheid thermische energie zal lager liggen.

- **WP6** scoort slechter dan **WP7** alhoewel het warmtepompen zijn uit dezelfde reeks, maar dit is te wijten aan de technische problemen aan deze installatie waardoor het systeem gedurende de periode januari-februari zuiver met de backup-weerstand verwarmd heeft. In maart werd er een nieuwe buitenunit geplaatst en we stellen vast dat als gevolg daarvan in de periode maart-mei het systeem even goed begint te functioneren dan WP7.

In de tabel zien we in de zomermaanden een grote stijging van de kost per kWh voor het referentie-aardgasverbruik. Dit komt doordat de vaste kosten in de gasprijs worden verdeeld over de 12 maanden en aan de hand van het verbruik omgerekend worden naar prijs/kWh. In de zomer is er alleen verbruik van sanitair warm water waardoor de hoeveelheid warmte die nodig is, beperkt is. De vaste kosten wegen bijgevolg relatief gezien sterker door.

Figuur 17 geeft voor de volledigheid het elektrisch verbruik op maandbasis van de verschillende systemen.

Bovenstaande analyse bestudeert enkel de financiële kosten met de huidige elektriciteits- en gastarieven. Een toekomstige federale taxshift in 2028,2030 en 2032 en CO2-heffing (ETS2 gaat in werking op 1/1/2027) kan de balans verder in de richting van een warmtepomp doen hellen. De positieve impact van een warmtepomp ten opzichte van verwarmen met aardgas i.v.m. klimaatopwarming staat buiten kijf.



Energent cv
Beverhoutplein 7 – 9000 Gent
+32 (0)9 247 13 48 – BE 0542.998.575
info@energent.be – www.energent.be

maandverbruik warmtepomp (kWh)	WP1	WP3	WP6	WP7	WP8	WP10
oktober 24	185	169	150	110	54	196
november 24	292	450	324	467	170	605
december 24	349	556	455	518	282	764
januari 25	539	972	684	785	357	1.091
februari 25	391	735	634	660	389	787
maart 25	248	415	405	433	164	432
april 25	145	142	208	183	56	139
mei 25	79	88	121	113	29	90
juni 25	51	21	53	73	26	47
juli 25	37	32	39	63	22	35
augustus 25	58	46	42	68	22	39
september 25	83	64	141	74	26	88
TOTAAL	2.456	3.689	3.255	3.546	1.596	4.312

Figuur 17: Maandverbruik van de verschillende warmtepompsystemen

3.2.6 Test – Impact van isolatie + warmtepompen

Bij 3 pilots (**WP3, WP6, WP7**) gaat de installatie van een warmtepomp gepaard met een (al dan niet beperkte) energetische renovatie.

- **WP3** : isolatie dak en achtergevel in combinatie met de plaatsing van de warmtepomp.
- **WP6** : aankoop + totaalrenovatie voor de installatie van de warmtepomp.
- **WP7** : spouwmuurisolatie en dakisolatie in combinatie met de plaatsing van de warmtepomp.

Pilot	EPC (gas)	EPC (wp)
WP1	B (188)	B (122)
WP3	B (174)	A (81)
WP6	A (78)	A (60)
WP7	NB	A (67)
WP8	NB	B (144)
WP10	B (136)	B (107)

Tabel 7: Impact van warmtepomp op het EPC

Voor alle woningen werd een finaal EPC bepaald (isolatie+warmtepomp). Tabel 7 geeft de impact van de warmtepomp op het EPC in vergelijking met verwarmen op aardgas. Woningen met label B ondervinden een grotere invloed van de warmtepomp op de EPC-score dan woningen met label A. Dit omwille van de kleinere warmtevraag van woningen met EPC A (gas).

De nulmeting van voor de pilootinstallatie wordt vergeleken met de verbruiksgegevens na isolatie en warmtepompen waar beschikbaar.

Pilot	oorspronkelijk gasverbruik normjaar (kWh)	elektrisch verbruik warmtepomp normjaar (kWh)	verhouding gasverbruik / elektrisch verbruik	SPF	opmerking
WP1	11.431	2514	4,5	4,01	
WP3	11.150	4779	2,3	2,94	data gasverbruik na isolatiewerken
WP6	-	3549	-	2,19	totaalrenovatie
WP7	23.877	4019	5,9	3,38	op basis van data van 2019-2023. Isolatiewerken werden uitgevoerd in oktober/november 2023
WP8	5.965	2044	2,9	2,50	op basis van data 2022-2023 : 2 bewoners ipv 1 nu
WP10	12.516	5599	2,2	2,34	

Tabel 8: Vergelijking gasverbruik voor installatie en elektrisch verbruik na installatie

Uit tabel 8 blijkt dat de verhouding tussen het gasverbruik voor en het elektrische verbruik na installatie in lijn ligt met de SPF van de warmtepomp. Behalve voor WP7 waar de invloed van de isolatie duidelijk zichtbaar is in de verhouding.

3.4 Optimalisatie

3.4.1 WP1

- WP1 is goed ingesteld. De stooklijn is zodanig ingesteld door de installateur dat de aanwezige ventilo-convectoren juist voldoende vermogen afgeven om de leefruimte te verwarmen.
- Het effect van de regeling op dynamische tarieven kwam niet duidelijk naar voren uit de metingen. De instelling van de dynamische regeling staat ingesteld op COMFORT. Dit wil zeggen dat de temperatuurstijging tijdens het bufferen in de uren met laag tarief beperkt blijft. Een optimalisatie kan zijn om hogere temperatuurstijgingen toe te laten om het buffereffect wat te versterken.

3.4.2 WP3

- De stooklijn van WP3 staat hoog ingesteld om voldoende afgifte te hebben van de radiatoren in de winter. Dit is niet ideaal. Het is aan te bevelen om in de leefruimte annex keuken één of meerdere verticale radiatoren te vervangen door verticale ventiloconvectoren gedimensioneerd op een lager temperatuurregime (vb 45°C aanvoer bij -7°C buitentemperatuur). Op die manier kan het rendement van de installatie sterk verbeterd worden (grootteorde rendement WP1 want het is hetzelfde type warmtepomp)
- Uit metingen blijkt dat de installatie vooral 's nachts sanitair warm water opwekt. De instelling is niet ideaal. De klokinstelling wordt best aangepast zodat de opwekking overdag gebeurt, bijvoorbeeld over de middag wanneer de buitentemperatuur hoger is. Dan is de kans op het gebruik van zonne-energie het grootst en dat heeft een positief effect op het zelfverbruik en de zelfvoorziening van de installatie in combinatie met de PV-installatie.

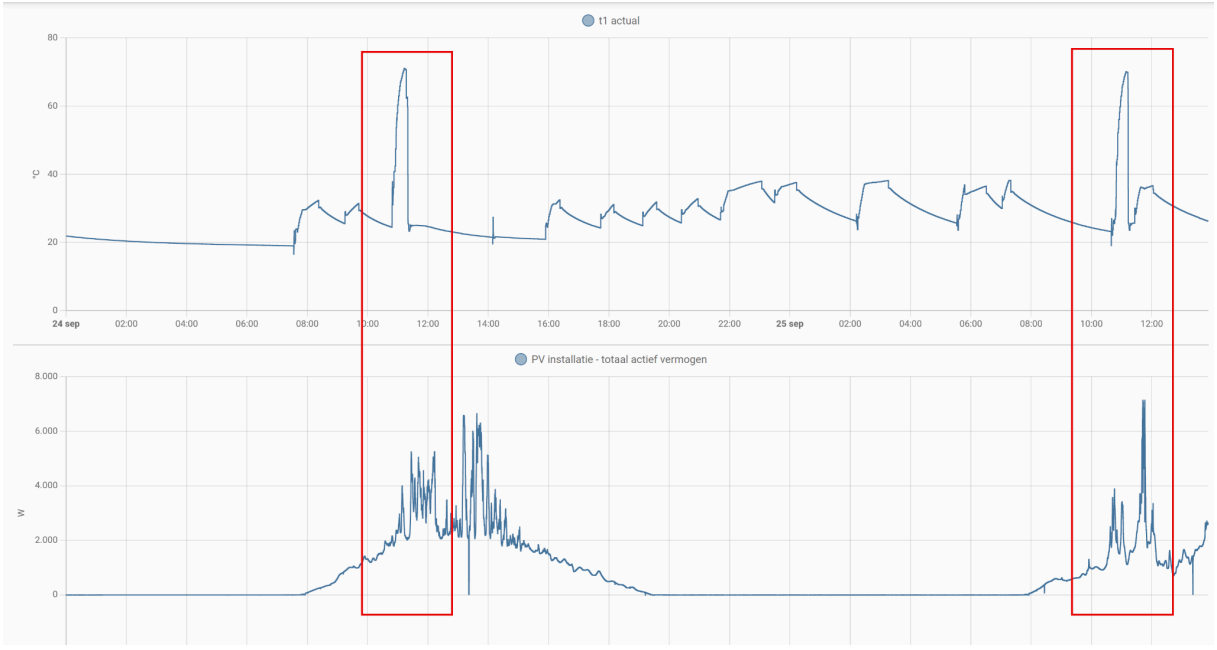
3.4.3 WP6

- Daar de vervanging van de buitenunit in maart en de betere instelling is het rendement voor de periode maart-mei vergelijkbaar met dat van WP7. Het zijn dezelfde warmtepompen. De performantie van de installatie is na de interventie sterk verbeterd.

- De woning heeft een combinatie van vloerverwarming en ventilo-convectoren. Eventueel kan geprobeerd worden de stooklijn nog iets te verlagen aangezien de belangrijkste ruimtes voorzien zijn van vloerverwarming.

3.4.4 WP7

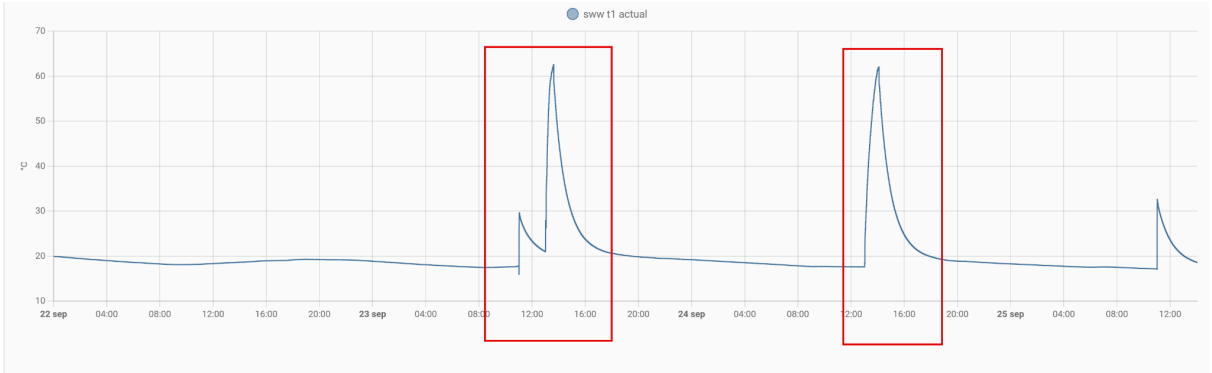
- De performantie van het systeem is behoorlijk rekening houdend met het feit dat de afgifte-elementen radiatoren zijn (overgedimensioneerd). De stooklijn lijkt ons correct ingesteld. Een rendementsverbetering kan gerealiseerd worden door het gebruik van ventilo-convectoren of 'climateboosters' (ventilatoren onder bestaande radiatoren) in de leefruimtes om de stooklijn van de warmtepomp te kunnen verlagen.
- De installatie heeft een regeling om de opwekking van sanitair warm water prioritair bij voldoende zon te laten gebeuren. De effecten van deze regeling zijn zichtbaar in meetdata van de aanvoertemperatuur (figuur 18). Verdere optimalisatie is hier niet nodig.



Figuur 18: Aanvoertemperatuur versus opbrengst PV-installatie bij WP7

3.4.5 WP8

- De stooklijn is goed ingesteld. Verdere verlaging lijkt ons niet aangewezen gezien het gebruik van radiatoren als afgifte-elementen. Enkel gebruik van ventilo-convectoren of 'climateboosters' kunnen het rendement verbeteren.
- Uit figuur 19 blijkt dat de opwekking van sanitair warm water rond de middag plaatsvindt, hetgeen ideaal is.
- Het type warmtepomp (binnenopstelling) heeft een lagere SCOP dan de warmtepompen van WP1/WP3 en WP6/WP7 waardoor het rendement globaal lager ligt. Het is de beperking van het toestel. Gezien de beperkte warmtevraag van de woning blijft het elektrische verbruik laag.



Figuur 19: Opwekking SWW bij WP8

3.4.6 WP10

- De stooklijn van de installatie ligt erg hoog (tussen 50-60°C bij -2°C buitentemperatuur). Hierdoor ligt het rendement van de CV-installatie lager. Door het gebruik van ventilo-convectoren of 'climateboosters' kan de stooklijn verlaagd worden, hetgeen het rendement significant zou verbeteren.
- Het gebruik van elektrische weerstandsverwarming als bijverwarming van de zonneboiler is niet ideaal. Dit trekt het globale rendement van de installatie naar beneden. Dit wordt echter voor een stuk gecompenseerd door de energie uit de zonnecollector. De zonneboiler haalt op jaarbasis typisch 50% van zijn energie of meer uit de zon. Het overige deel wordt door de weerstand opgewekt. D.w.z. dat de globale SPF voor SWW minstens 2 zal zijn, hetgeen acceptabel is voor de opwekking van sanitair warm water.

3.5 Conclusies

De prestatie van een warmtepompsysteem hangt niet alleen af van de kwaliteit van de warmtepomp.

- Het **afgiftesysteem** zal bepalen welk temperatuurregime gehanteerd moet worden om het comfortniveau te bereiken. Hoe hoger de aanvoertemperaturen, hoe lager het rendement.
- De **instellingen** van de warmtepomp (regime, sturing, …) hebben een grote invloed op het rendement.
- Een juiste **dimensionering** is belangrijk. Een goed gedimensioneerde warmtepomp zal meestal in deellast draaien, wat het rendement ten goede komt.
- Een warmtepomp heeft een aandeel (8 tot 23%) in het zelfverbruik van een PV-installatie (Zelfverbruik WP = Eigenverbruik WP / PV opbrengst), maar dit aandeel is niet heel hoog. De zonnepanelen wekken immers de meeste elektriciteit op in de zomer terwijl een warmtepomp vooral energie nodig heeft in de winter (de zonneparadox).
- Met behulp van zonnepanelen kan een bepaalde graad van zelfvoorziening (Zelfvoorziening WP = Eigenverbruik WP / Verbruik WP) gerealiseerd worden (6-24%). Vooral in het tussenseizoen en de zomermaanden. Tijdens de wintermaanden is de zelfvoorziening door de zonneparadox beperkt.
- Het **dynamisch tarief** blijkt uit de studie voordeliger dan het variabel tarief. Zowel voor het verbruik van de warmtepomp (5 tot 7%) als voor de volledige woning (1 tot 7%).
- De combinatie van sturing van de warmtepomp op dynamisch tarief in combinatie met ventilo-convectoren heeft geen uitgesproken invloed. Dit type regeling vereist een grote buffer, zoals vloerverwarming, om effectief te zijn.
- De (marginale) verbruikskost per opgewekte kWh thermische energie van een warmtepompsysteem in combinatie met een PV-installatie werd vergeleken met een systeem op aardgas . **In alle pilots presteerde de warmtepomp beter of even goed als een systeem aardgas.** Deze kost bedraagt maar de helft ten opzichte van verwarmen met aardgas bij een warmtepomp met ventilo-convectoren gedimensioneerd op laag regime (45/35/20) en een performante warmtepomp. Het

gebruik van lage-temperatuur afgifte-elementen in minimaal de leefruimtes is bijgevolg aan te bevelen zodat het systeem op lage temperaturen kan opereren.

- Het **opvolgen en optimaliseren van de regeling** is belangrijk om een warmtepompsysteem in een welbepaalde configuratie zo efficiënt mogelijk te laten werken. Dit kan door het afsluiten van een onderhoudscontract met een installateur waarbij het rendement van de installatie opgevolgd en geoptimaliseerd wordt (minstens na 1 jaar).

Bij de overschakeling op een warmtepompsysteem in een bestaande woning adviseren we om de volgende hiërarchie te volgen :

1. Correcte dimensionering van de warmtepomp op basis van een warmteverliesberekening
2. Selectie van een kwalitatieve warmtepomp (hoge SCOP bij 35°C en 55°C)
3. Aanpassing van het afgiftesysteem naar Lage-temperatuurverwarming (45/35/20-regime). Dit kan, afhankelijk van de situatie) door :
    a. vervangen van radiatoren door ventiloconvectoren
    b. gebruik van boosters (ventilatoren) op de bestaande radiatoren
    c. leggen van vloerverwarming

    Dit ten minste in de leefruimtes (living, keuken, bureau) waar het in de winter warm moet zijn.
4. Optimalisatie van de regeling zodat de warmtepomp in een zo laag mogelijk regime werkt.
5. Het installeren van een PV-installatie om een deel van het verbruik van de warmtepomp te dekken.