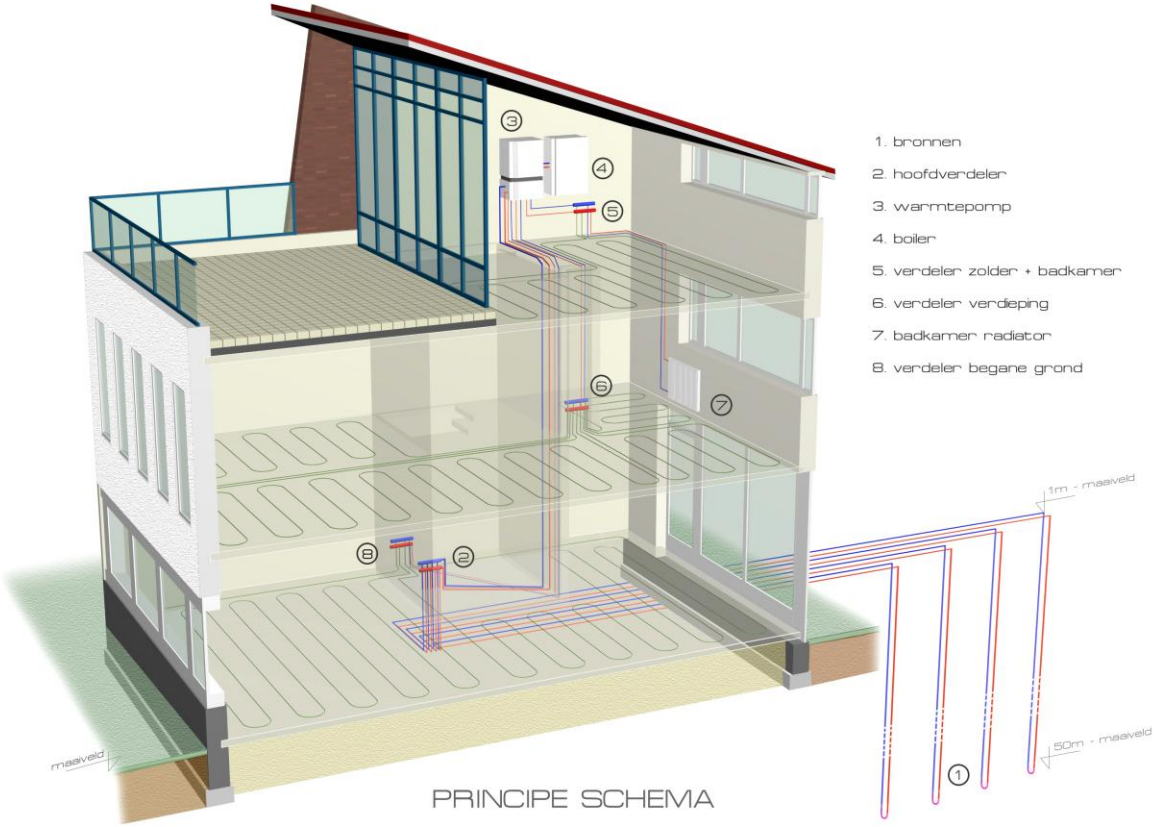
Technische en praktijk analyse van Individuele warmtepompen In de woningbouw



Opdrachtgever:
Alliander NV Arnhem : April 2010
Referentienummer : 4500557649

De Beijer RTB B.V.
DUIVEN

Projectnummer : RTB 50500
Auteur : H.A. de Beijer
Datum : augustus 2010

Inhoudsopgave:

0 Inleiding ***3***

0.1.Conclusies **3**

0.2.Aanbevelingen **4**

1. aanleiding van het onderzoek ***6***

1.1 Nieuwbouw **6**

1.2 Trias Energetica **6**

1.3 Bestaande bouw **7**

2 Projecten opbouw in de nieuwbouw ***7***

2.1 Milieumaatregelen **8**

2.2 Minimale bouwtechnische maatregelen: **8**

2.3 Installatie maatregelen **8**

2.4 Berekening van het warmteverlies woningen **9**

3 Rol van warmtepompensystemen in gebouwen ***9***

3.1 Werkingschema **10**

3.2 Techniek **10**

Log P-H diagram van de verdampingsvloeistof R 407c **11**

4.1 Open bron **13**

4.2 Gesloten wisselaars **13**

Bronverdelersysteem voor een gesloten wisselaars 14

5 Warmte afgifte in de woning in Teuge ***14***

6.Metingen ***15***

6.1 Rendement meting warmtepomp **15**

6.2 Overzicht van divers meetresultaten **16**

6.3 Zwarteweg **16**

6.3 Metingen in CH **18**

7 Consumenten enquête CH ***19***

0 Inleiding

Dit rapport is een onderdeel van een aantal rapportages waarbij een tweetal warmtepompprojecten op meerdere niveaus zijn geanalyseerd.

- De bewoners zijn zowel kwalitatief als kwantitatief bevraagd over hun ervaringen met warmtepompen en dit is weer vergeleken met projecten waar men alleen de beschikking heeft over gasinstallaties.
- Verder is gekeken naar de impact die elektrische warmtepompen op het elektriciteitsnet hebben.
- Om ook over de actuele waarden te beschikken is in het project de Teuge een aanvullende praktijkmeting uitgevoerd.
- Ook is gekeken wat de daadwerkelijke invloed is van de warmtepompen in deze projecten op de verduurzaming.

Dit rapport is de technische analyse van de warmtepomptechnologie, die is aangevuld met de beschikbare informatie over warmtepompen van De Beijer RTB BV.
Verder is ook gebruikt gemaakt van het FAWA (**F**eld **A**nalyse von **W**armepumpen **A**nlage) uit Zwitserland, waar gedurende 10 jaar projecten gevolgd werden.

0.1.Conclusies

Bij de vergelijking gas versus warmtepomp gaat men uit van de Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC) in plaats van de transmissie verliezen, dit is in de praktijk echter niet juist omdat een 'gas' woning vaak beter geïsoleerd zal zijn!
In de woningbouw wordt door de projectontwikkelaar niet of te beperkt de 'Trias Energetica ' gebruikt om tot een minimaal energie gebruik te komen. Maar omdat ze vooral letten op de stichtingskosten worden andere afwegingen gemaakt. Dit zijn vaak installatie technische afwegingen. Deze zijn vaak goedkoper en leiden tot de benodigde EPC verlaging.

Producten	EPC-aftrek
WTW	0,12 – 0,18
Zonneboiler	0,10 – 0,14
PV-Cellen	0,10
Warmtepomp	0,30 – 0,40

Het is dus niet zo verwonderlijk dat projectontwikkelaars kiezen voor warmtepompen in hun projecten. Deze groep kijkt naar de directe investering, omdat de woningen worden verkocht en zij geen invloed, of voordeel hebben van de verlaging op de variabele kosten.

Het transmissieverlies bedraagt volgens het evaluatie rapport (de Teuge) 6 kW (bij –7°C) Lagere temperaturen komen zelden voor. Uit de evaluatie blijkt ook dat een aantal van de onderzochte woningen te kleine radiatoren hebben om de warmte af te staan. Consumenten klagen dan dat ze het niet warm krijgen. Verder is opgemerkt dat het systeem niet goed is in-geregeld.

In Nederland worden projecten voor 95% door een projectontwikkelaar en, of de gemeente geïnitieerd. Dit in tegenstelling tot de projecten in Duitsland en Zwitserland die meestal ca 95% door de bouwer / eigenaar worden gerealiseerd. Dit geeft ook de markt en introductie verschillen aan van de warmtepompen.

Verder blijkt uit een rapport van IF Technology dat de controle van gemeenten niet optimaal is met betrekking tot de aangeleverde EPC berekeningen. Hierdoor kunnen woningen met

een te hoge EPC toch voldoen.

Door niet goed gemaakte warmtepompsystemen wordt er onterecht veel meer energie gebruikt om de woning te verwarmen.

	COP	6	8	10	Thermisch vermogen
Goedwerkend systeem 0/45 C°	5,8	2,1	2,8	3,5	Verbruik in kW e
Niet goed gemaakt -3/55 C°	4,2	3,2	4,2	5,2	
Verschil	**1,6**	**1,1**	**1,4**	**1,7**	

Op basis van bovenstaande tabel is het duidelijk dat bij een niet goed gemaakt systeem tot 50% meer energie wordt gebruikt.

Uit de evaluatie van de projecten blijkt dat er grote variaties zijn in het seizoenrendement (SPF) van 4,23 tot 2,21. Ook het gebruik van warmwater geeft vergelijkbare variaties van 1,16 gigajoule (GJ) tot 0,35 GJ. De gevolgen zijn dat het elektriciteitsverbruik de zelfde variaties te zien geeft.

Ook blijkt dat de netbeheerder te laat geïnformeerd wordt over het aanleggen van een warmtepomp in de wijk. Dit zorgt ervoor dat een te klein gedimensioneerd net wordt aangelegd, dat daarna moet worden verzwaard met alle kosten van dien. Gemiddeld betreft het een verzwaring van 1 kVA naar 3kVA per woning. Uit de metingen van Liandon blijkt dat een woningaansluiting van 3 kVA per woning voldoende is.

De praktijkprestaties met betrekking tot de CO^2 besparing blijken minder te zijn dan berekend, dit als het gevolg van niet juist uitvoeren van het gehele warmtepompsysteem.

0.2. Aanbevelingen

Om een warmtepompproject in elk opzicht te laten slagen is het van belang:

Dat de netbeheerder op tijd wordt ingelicht over de plaatsing van warmtepompen. Hierdoor kunnen veel onnodige kosten worden voorkomen. Verder blijkt dat de kosten van een “verzwaarde” aansluiting te gering zijn zeker als men ervan uit gaat dat de toekomst ook elektrische auto’s geladen moeten worden.

Een open bronsysteem moet met garantie worden opgeleverd, de temperatuur van de aanvoer mag niet onder 9°C komen. De retourtemperatuur mag niet lager dan 4° C komen. De bron(eigenaar) dient een totaalprijs te berekenen aan de eindgebruiker die recht doet aan de door hem gemaakte investering. Verder zal de regeneratie van de bron beter uitgelegd moeten worden aan de eindgebruiker.

De installateur legt het afgiftesysteem zo uit dat het transmissie vermogen bij -7° C goed met een Laag Temperatuurs Verwarmings (LTV) Systeem (aanvoer maximaal 45° C) kan worden afgegeven.

Het is aan te bevelen om, vergelijkbaar als met stadsverwarming voor aansluitingen, een afname protocol op te stellen voor warmtepompen. Dit betekent dat voordat de warmtepomp in werking wordt gesteld, deze aan de bewoners wordt overgedragen.

Het is voor de consument en ter controle van een goede werking, bij toekomstig te leveren warmtepompen, van belang om verbruiksmeters voor warmte en elektriciteit te plaatsen. Dit moet simpeler dan de huidige SOM-WP. Buiten de elektronische registratie van storingen is het ook aan te bevelen om deze verbruiksmeting en de elektronica op afstand te kunnen aflezen. Dit is ook de nadrukkelijke wens van de verhuurders.

Door de kwaliteit van de toeleveranciers (Bron en Installatietechniek) beter vast te leggen is het mogelijk om vergissingen en fouten in het totale warmtepompsysteem te voorkomen. De totale elektriciteitskosten van de bronpomp moet vooraf bekend worden en een onderdeel zijn van de totale kosten.

Om de introductie van warmtepompsystemen bij projectontwikkelaars en woningbouworganisaties beter te laten slagen zal bij de toekomstige EPC (2011= EPC 0,6) De totale investeringsprijs verlaagd moeten worden.

Als er evaluaties gemaakt worden is het van belang om identieke uitgangspunten te hebben. Anders ontstaan er onnodige interpretatie verschillen.

Verder is het aan te bevelen om bij de geëvalueerde projecten de bron- en afgifte-temperatuur te meten om een beter beeld te krijgen.

Bij het verder uitbreiden van warmtepompsystemen, ook naar de bestaande bouw, moet rekening worden gehouden met lucht en lucht en hybridesystemen. Dit leidt tot een noodzakelijke verzwaring van de bestaande netten.

Het is zeker aan te bevelen om bij toekomstige EPC veranderingen de uitgangspunten van de Trias Energetica als maatstaf te hanteren.

1. aanleiding van het onderzoek

Het wordt steeds meer onderkend dat de gebruiker van een gebouw of woning niet alleen kijkt naar de vorm, plaats en kosten van het gebouw maar ook steeds meer bewust is van de energiekosten en behoefte heeft aan een gezond binnenklimaat.
Het beleid vanuit Brussel en Nederland is om zowel de kwaliteit (bouwkundig en binnenklimaat) van de gebouwen te verbeteren alsmede het energiegebruik terug te dringen.
Voor de projectontwikkelaar of de eindgebruiker wordt meestal een investeringsanalyse opgesteld om een afweging te maken tussen conventionele centrale verwarmingsinstallatie (CV) en een warmtepompsysteem. De beslisser, projectontwikkelaar of consument worden in deze beschouwing mede gebruikt, om tot introductie van warmtepompen over te gaan. Echter is de netbeheerder meestal niet, of op een zeer laat tijdstip, pas op de hoogte van het plaatsen van warmtepompen. Dit kan leiden tot een te laag aansluitvermogen per woning en of de gehele wijk.

<u>Energie besparing</u>

Gebouwen gebruiken een belangrijk deel van onze energie. Verder zijn veel gebouwen ontworpen en gebouwd volgens de toen geldende bouwaanvraag, inzichten en eisen. Het is dus begrijpelijk dat met de huidige inzichten erg veel energie te besparen is door isolatie en installatieverbetering. Op Europees niveau heeft men dit ook ingezien en is voor de bestaande en nieuwbouw een richtlijn neergelegd bij alle lidstaten ‘De Energy Performance of Buldings Directive’ (EPBD).

1.1 Nieuwbouw

Voor de nieuwbouw is de EPBD in Nederland vertaald naar de Energie Prestatie Norm (EPN). Uit de berekening komt dan de Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC).
Deze EPC berekening is één van de benodigde stukken bij het verkrijgen van de bouwvergunning. Hieruit blijkt dat het in 2009 pas introduceren van de EPC van 0,8 in Nederland ertoe heeft geleid dat vele duizenden huizen een hoger energieverbruik hebben dan noodzakelijk is. Dit maakt tevens dat verbeteringen in bouw, constructie, techniek, materialen en bouwfysica een goede investering zijn, omdat het economisch en met betrekking tot milieuvoordelen voor een zeer lange tijd , winst oplevert.

1.2 Trias Energetica

De Trias Energetica (fig 1) is een begrip waarmee getracht wordt om in de bouw een zo duurzaam mogelijke energievoorziening te realiseren.

Door:

1. Beperk de vraag naar energie in de gebouwen (goede isolatie/oriëntatie enz.);
2. Gebruik zoveel mogelijk duurzame energiebronnen om de energie die nog nodig is op te wekken ;
3. Zet efficiënte technieken in om het resterende energieverbruik op te wekken.

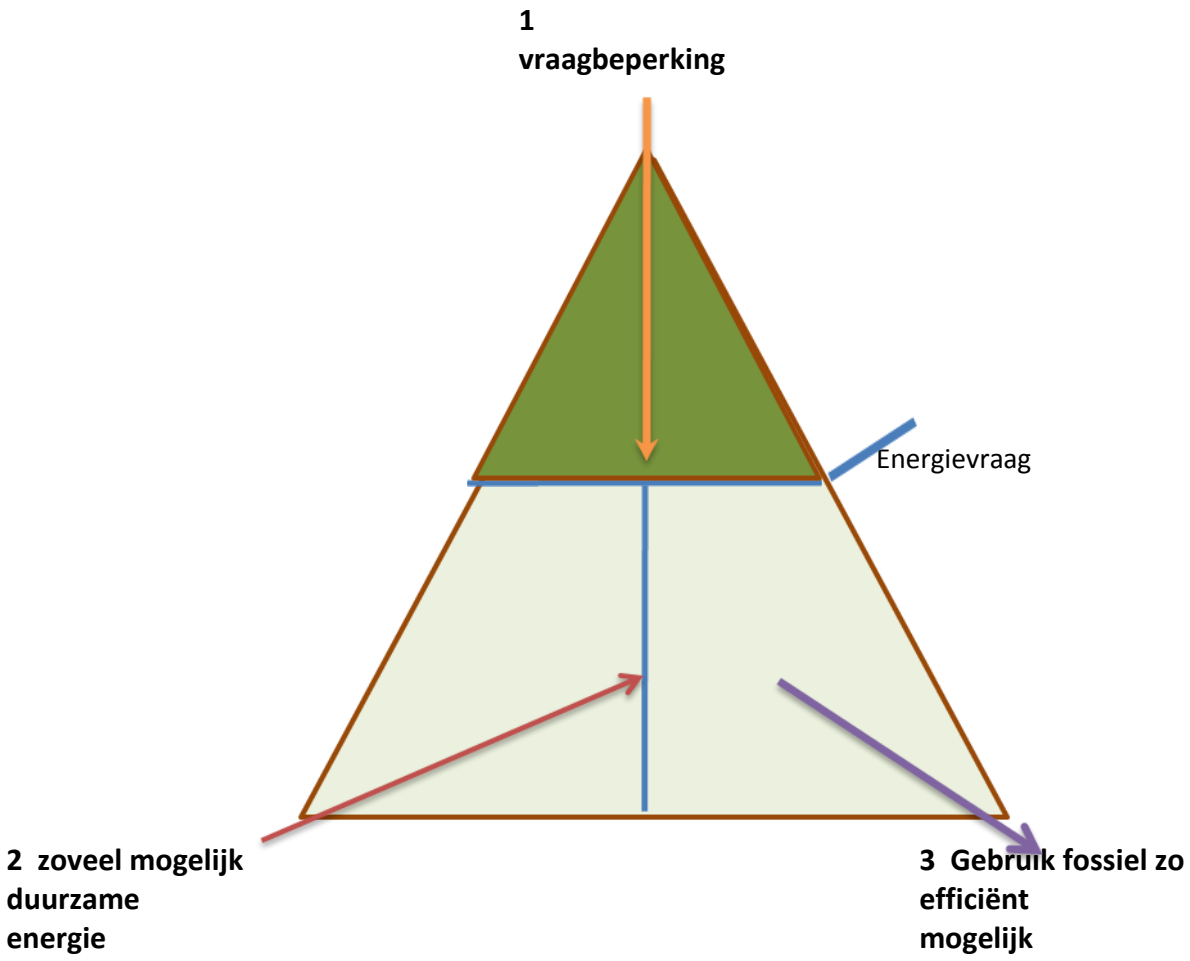


Fig. 1 Trias Energetica

1.3 Bestaande bouw

Bij de verkoop of verhuur van een bestaand gebouw of woning moet een energiecertificaat worden overlegd. Dit certificaat is een document dat aangeeft hoe energie-efficiënt het gebouw is en hoe dit kan worden verbeterd. Nederland heeft in 2007 de richtlijn en daarmee de verplichting van de energiecertificaten ingevoerd. Voor de meeste bestaande bouw is vervangende nieuwbouw geen optie, omdat de vervangingskosten van de woning te hoog zijn. Een gemiddeld huis heeft een levensduur van 50 tot 100 jaar.

2 Projecten opbouw in de nieuwbouw

In Nederland worden projecten voor 95% door een projectontwikkelaar en of de gemeente geïnitieerd. Dit in tegenstelling tot de projecten in Duitsland en Zwitserland, die meestal circa 95% door de bouwer/eigenaar worden gerealiseerd. Dit geeft ook de markt en introductie verschillen aan van de warmtepompen.

De projecten in Nederland zijn meestal in een relatief dichte bebouwing variërend van 30 tot

45 woningen per hectare. Hierdoor wordt vaak gebruik gemaakt van een open bron voor de warmtepompsystemen, zo ook in de geëvalueerde projecten.

Voor de evaluatie zijn de projecten “de Teuge” bij Zutphen en “Aqua Vicus” in Alphen aan den Rijn bekeken :

De evaluatie bestaat uit 288 nieuwbouwwoningen op deze locaties.
Deze projecten zijn representatief voor Nederlandse nieuwbouwprojecten.

2.1 Milieumaatregelen

Een uiterst belangrijke milieudoelstelling is het reduceren van de CO_2 uitstoot (Kyoto/Copenhagen). Bij een woningbouwproject is reductie eenvoudig te realiseren door verbeterde isolatie of een verbeterde installatie door bijvoorbeeld in plaats van, voor een HR-combiketel voor een warmtepomp te kiezen. Dit zou volgens berekeningen gemiddeld resulteren in een 40% lagere CO_2 uitstoot. Om de CO_2 uitstoot te beperken, heeft de overheid een norm in het leven geroepen waarop nieuwbouwwoningen worden beoordeeld. Een nieuwbouwwoning moet voldoen aan de gestelde norm, anders kan men hiervoor geen bouwvergunning verkrijgen. Vanaf 1 januari 2009 moeten nieuwbouwwoningen voldoen aan een Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC) van 0.8. Het is te verwachten dat deze aangescherpte norm een belangrijke bijdrage gaat leveren aan het terugdringen van het energieverbruik en daarmee de CO_2 uitstoot.

De EPC-norm is opgebouwd uit een drietal waarden:
1. Isolatiewaarde woning;
2. Ventilatiewaarde woning;
3. Toegepaste installaties.

Om de EPC te verlagen, moeten in bovenstaande waarden verbeteringen worden aangebracht. Verbeteringen in de eerste twee genoemde punten stuiten op een aantal bouwkundige uitdagingen welke meestal een relatief hoge investering vragen. Hieronder staan summier een aantal bouwkundige oplossingen.

2.2 Minimale bouwtechnisch maatregelen:

Hierbij is uitgegaan van de volgende transmissieverliezen:
- Schil isolatie U = 0,4 W/m²K met Rc-waarde = 3.5 m^2. K/W. Deze zou verhoogd kunnen worden, dit gaat meestal gepaard met dikkere isolatie;
- Glas U = 1,8 W/m²K of wel HR ++ glas of beter;
- Verder wordt uitgegaan van een optimale oriëntatie van de woning.

Zoals aangegeven zou vanuit de Trias Energetica gedachte eerst optimaal geïsoleerd moeten worden. Maar omdat de projectontwikkelaars vooral let op de stichtingskosten worden andere afwegingen gemaakt die vaak tegen lagere kosten leiden tot de benodigde EPC waarden.

2.3 Installatie maatregelen

Vooral in het installatietechnische gedeelte kan aftrek van de EPC worden gewonnen. Hieronder staan een aantal maatregelen en hun aftrek in de EPC berekening.

Producten	EPC-aftrek
WTW	0,12 – 0,18
Zonneboiler	0,10 – 0,14
PV-Cellen	0,10
Warmtepomp	0,30 – 0,40

Het is dus op basis van bovenstaande tabel niet zo verwonderlijk dat projectontwikkelaars kiezen voor warmtepompen in hun projecten. Als het warmtepompsysteem goed ontworpen en geïnstalleerd wordt, is dit voor alle partijen een economisch zeer aantrekkelijke optie. Maar hier zit juist het probleem! Omdat de meerinvestering van een warmtepomp (WP) systeem t.o.v. een HR CV ketel groter is, worden verkeerde beslissingen genomen, die later in het project tot klantontevredenheid kunnen en zullen leiden.

2.4 Berekening van het warmteverlies woningen

De berekening in de projecten zijn normaal gebaseerd op de NEN 5066. Hierbij is uitgegaan van de volgende transmissieverliezen:

Buitenmuur	U = 0,4 W/m²K
Dak	U = 0,4 W/m²K
Glas	U = 1,8 W/m²K

3 Rol van warmtepompensystemen in gebouwen

Warmtepompen kunnen energie halen uit de lucht, de grond of het water. Aangezien de energie slechts moet worden gecomprimeerd en niet hoeft te worden geproduceerd, heeft het proces een zeer grote efficiëntie. Verhouding van geleverde warmte tot benodigde compressie energie van 4 zijn goed realiseerbaar (COP=4). Dat de warmtepompen ook op de omgekeerde wijze kunnen werken, hebben de afgelopen jaren wel aangetoond.
De vele airconditioners hebben er voor gezorgd dat er in de zomer een enorme piekvraag ontstond bij de elektriciteitleveranciers. De nieuwe types warmtepompen kunnen zowel verwarmen als koelen en zodoende een significante bijdrage leveren aan het verminderen van het energieverbruik in gebouwen.

3.1 Werkingschema

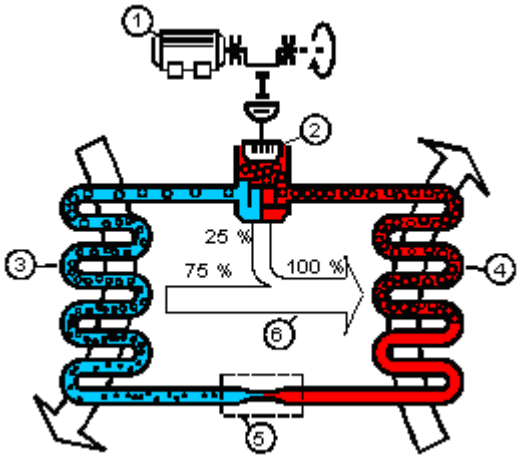


Fig. 2 kringloopproces

Electromotor(1) compressor **(2)**, verdamper **(3)**, condensor **(4)** expansieventiel **(5)**.

3.2 Techniek

De COP van warmtepompen wordt berekend met behulp van Vergelijking 1. Het positief geleverde vermogen wordt gedeeld door het benodigde vermogen. De minimale COP zal 4 bedragen. Doordat het Carnot rendement afhankelijk is van de temperatuurstap tussen de verdamper en condensor, is deze bij een goed gedimensioneerd warmtepompsysteem aanmerkelijk hoger dan vaak afgeleverd wordt in projecten. vergelijking 1 geeft het kringproces van een warmtepomp weer.

Vergelijking 1: Berekening COP warmtepomp.

$$COP_{warm} = \frac{Q_{condensor}}{W_t} = \frac{2}{0{,}5} = 4$$

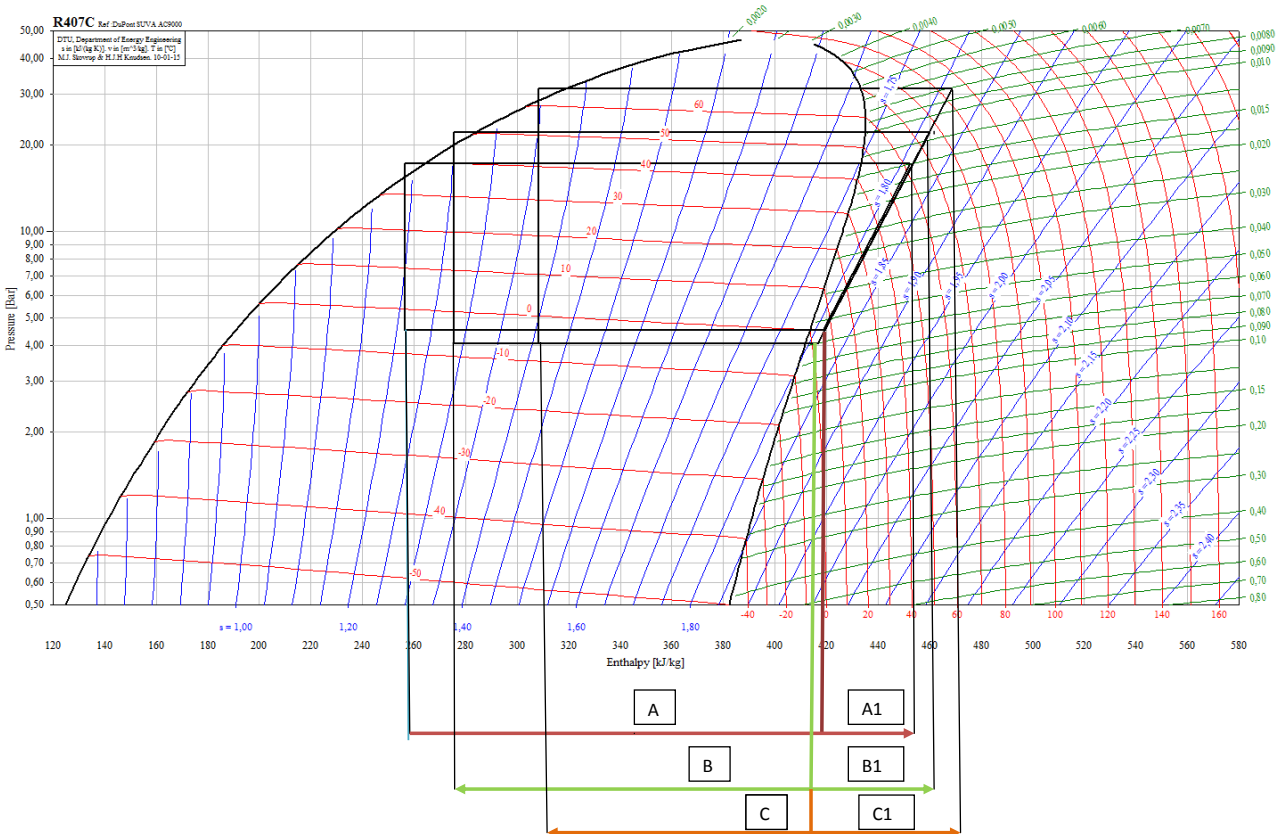
Zoals uit het Log P-H diagram af te lezen is, zijn er grote drukverschillen tussen de zuig- en perszijde van de compressor. Als het systeem niet is voorzien van anti-pendel elektronica (compressor start pas weer op na 10 min) kan het dus voorkomen dat de compressor een zeer grote aanloopstroom nodig heeft! Hier is bij op te merken dat niet altijd de WP voorzien is van een aanloop condensator.

De nieuwe ontwikkelingen aan WP-systemen laten zien dat er uitgebreid getest wordt met modulerende WP, dit zal positieve effecten hebben op het gevraagde E- vermogen.

Log P-H diagram van de verdampingsvloeistof R 407c.

Voor de benodigde inzichten hebben wij een vergelijking opgesteld voor een water/water warmtepomp met diverse temperatuurstappen.

Zoals te zien is, is het rendement van de water/water warmtepomp hoger bij een lagere temperatuurstap. Deze stijgende COP wordt veroorzaakt door de kleinere compressiestap die hoeft te worden gemaakt. Hierdoor zal er minder elektriciteit nodig zijn wat uiteindelijk een kostenbesparing oplevert voor de eindgebruiker.



Figuur 3: Log P-H diagram R 407c.

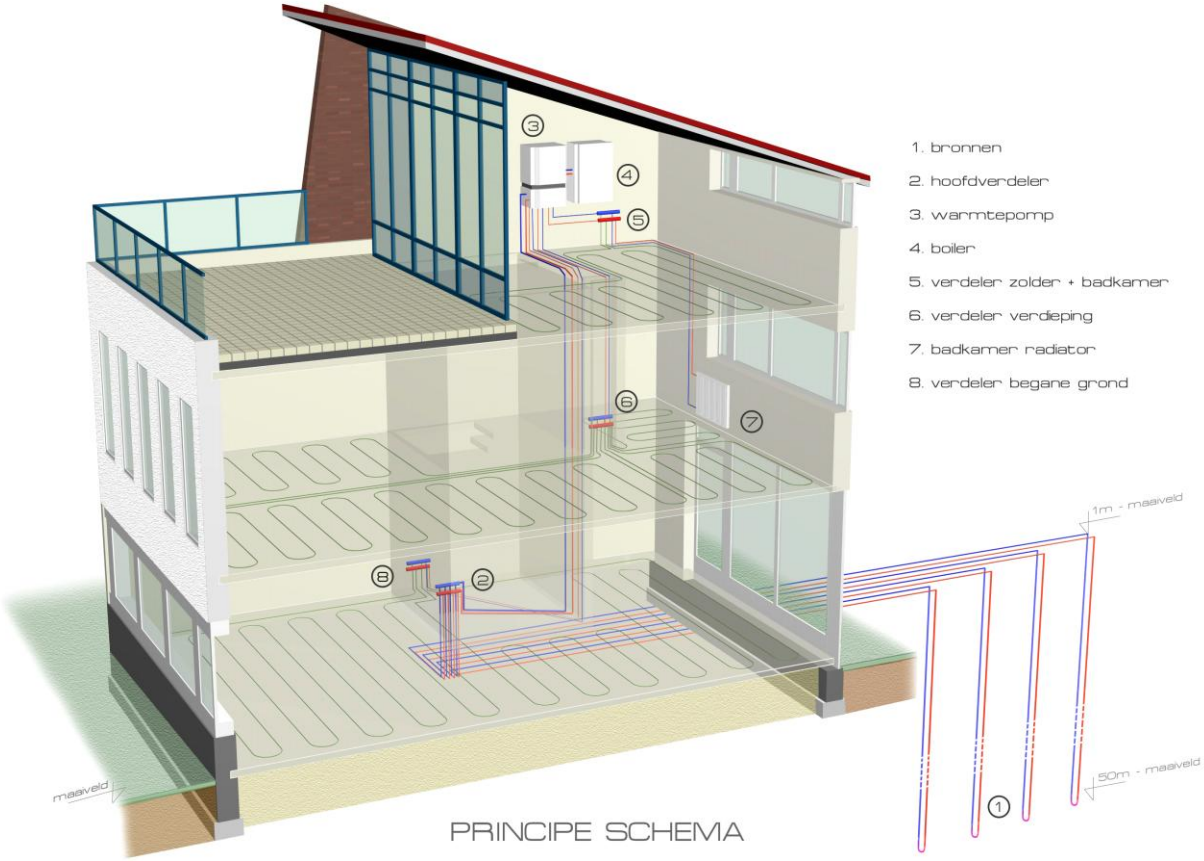
Berekeningen zijn gemaakt op basis van het in *Log P-H diagram fig.3*

Theoretische waarden				
Bron T + 10° C				
Inspuit temp in verdamper tussen 0°C en 4°C				
R 407c =	23% R 32			
	25% R 125			
	52% R 134a			
Alle Enthalpie waarden in kJ/kg				
Thermisch warmtepomp vermogen(rendement 0,6)		6 kW	8 kW	10 kW
A	kJ/kg			
Verdampen bij 0°C	162			
Condenseren bij 45°C	196			
compressor	34			
COP	5,76			
Elektrisch opgenomen vermogen/ kW		2,10	2,78	3,51
B				
Verdampen bij -3°C	141			
Condenseren bij 55°C	185			
compressor	44			
COP	4,2			
Elektrisch opgenomen vermogen/kW		3,15	4,18	5,21
C (warmwater)				
Verdampen bij -3°C	108			
Condenseren bij 70°C	160			
compressor	52			
COP	3.07			
Elektrisch opgenomen vermogen/kW		4,85	6,41	8,06
COP= Condensor/Compressor				
Elektrisch opgenomen vermogen= 6 kW(kJ/s)/verdamper x compressor(Kg/s) X rendement(0,6)				

Conclusie die uit de tabel te trekken is:

A) Bij deze temperatuurstap zou het een goedwerkend warmtepompsysteem zijn.
B) Doordat de bron op een te laag temperatuurniveau werkt (0 > - 3C°) en het afgifte systeem (45 > 55 C°) niet voldoende capaciteit heeft, moet een veel meer elektrische energie worden geleverd.(2.1 -> 3,15).
C) Als er ook warm water gemaakt moet worden met een veel te lage brontemperatuur, moet er nog veel meer energie geleverd worden.
D) Door het toepassen van een extra TSA bij de Stiebel Eltron warmtepompen wordt de watertemperatuur bij de verdamper nog lager.
E) Verder zijn er ook negatieve temperatuurverschillen te verwachten door kortsluit-verliezen bij de open verdeler.

4.Bronsysteem



4.1 Openbron

In Teuge is gebruik gemaakt van een open bron. Deze werken normaliter goed! Maar ook hier blijkt dat onvoldoende kennis en beperkt onderhoud tot consumentenklachten leiden.

In het project Teuge blijkt dat de bron :

a) Doordat een deel van de wijk een grotere capaciteit nodig heeft dan aangelegd, zal de aanvoertemperatuur dalen van 10 °C naar 6 à 7°C. Hierdoor zal bij een injector de temperatuurstap in de verdamper van 10°C zakken naar -3°C.

4.2 Gesloten wisselaars

In verband met de te verwachten lagere kosten is in nieuwe projecten een nieuwe techniek geïntroduceerd. In eerste instantie is er gekeken of er doormiddel van sonderingstechniek gesloten bodemwisselaar geplaatst zou kunnen worden. Afhankelijk van de bodemweerstand en het gewicht van de wagen kunnen er voldoende verticale wisselaars ‘gedrukt’ worden. Het kan dus voorkomen dat de weerstand te groot is en het onmogelijk is

diep genoeg te komen. Dan is dit niet voldoende om de benodigde energie uit de bodem te onttrekken.
Per sondering kan men ca 30 meter diep komen. Per meter kan ca 30 W onttrokken worden.

Als sonderen niet mogelijk is, kan men overgaan op spoelboringen deze gaan normaal tot een diepte van 100 m. Per geboorde wisselaar levert dit een bronvermogen op van ca 3 kW.

Bronverdelersysteem voor een gesloten wisselaar.

Zoals te zien is zijn alle verticale bodemwisselaars apart aangesloten. Dit heeft als voordeel, dat ingeval van problemen, één of meerde wisselaars afgesloten kunnen worden.

5 Warmteafgifte in de woning in Teuge

De keuze voor een warmteafgifte systeem is gebaseerd op LTV.

<u>Eerste verdieping</u>

Ventilator convectoren/verwarmingselementen

> Deze zijn tegen de wand gemonteerd. Uit de berekening blijkt echter dat de warmteafgifte van dergelijke systemen beperkt is omdat de aanvoertemperatuur (maximaal 45°C) lager is dan gebruikelijk. Dit kan verholpen worden als er d.m.v. ventilatoren de convectie verhoogd wordt. Doordat bijvoorbeeld in de badkamers design radiatoren zijn geplaatst (normale temp min 65°C) kunnen deze <u>onmogelijk</u> de badkamer op de juiste temperatuur brengen!

Begane grond

Vloerverwarming

Uitgaande van de ervaring met LTV en vloerverwarmingssystemen zou dit een zeer goede toepassing zijn. Het is niet bekend of er voldoende capaciteit geïnstalleerd is. Er moet volgens de transmissieberekening een afgiftesysteem worden geïnstalleerd voor -7 C met een capaciteit tussen 6 en 8 kW.

huizen project De Teuge

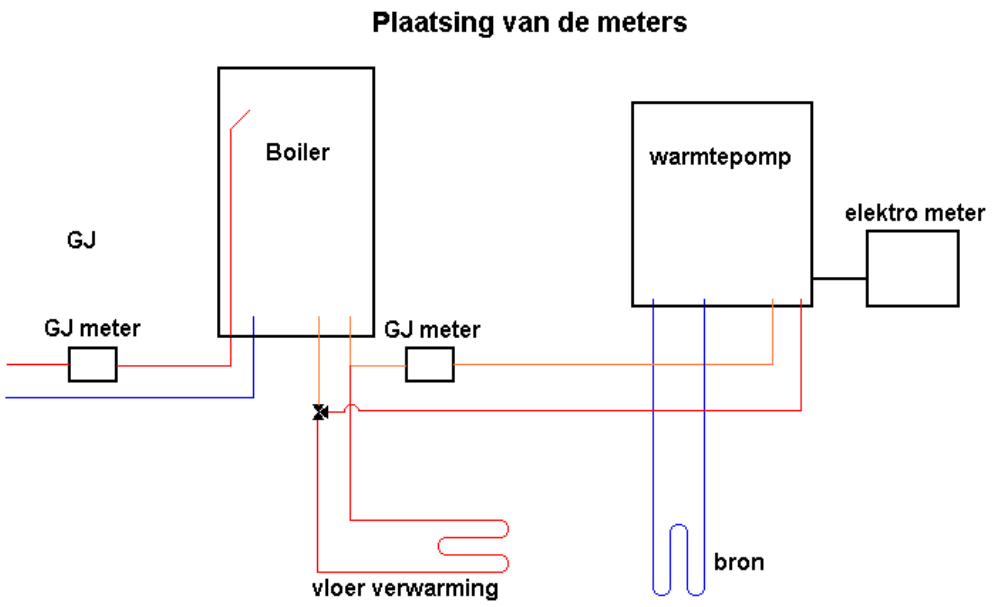
6. Metingen

Bij de evaluatie van de praktijkexperimenten is gekeken naar het elektrische aansluit-vermogen bij de transformator. Verder is gebruik gemaakt van vragenlijsten aan de consument. Echter om goed inzicht te krijgen over het functioneren van de warmtepomp, moet ook gekeken worden naar het totale systeem.

6.1 Rendement meting warmtepomp

Om meer vertrouwen in de warmtepompsystemen te krijgen zal zeker in de huidige situatie meer praktijkinzicht moeten worden verkregen. Dit levert ontwikkelaars, woningbouwcoöperaties (WBC) en de consument de inzichten op en het gevoel dat het WP systeem goed is voor alle partijen.
Voor gestandaardiseerde metingen aan een WP systeem wordt gebruik gemaakt van de 'SOM WP' metingen

De GJ meters en de elektriciteitmeters zijn geplaatst zoals weergegeven in onderstaande grafiek.



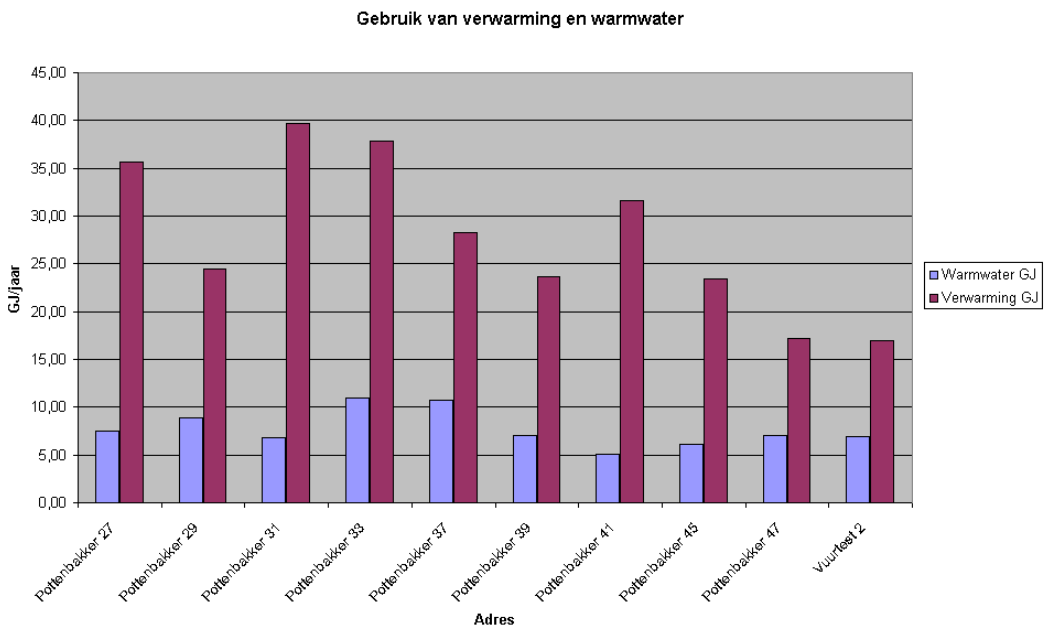
6.2 Overzicht van de diverse meetresultaten

Meetresultaten praktijkexperiment

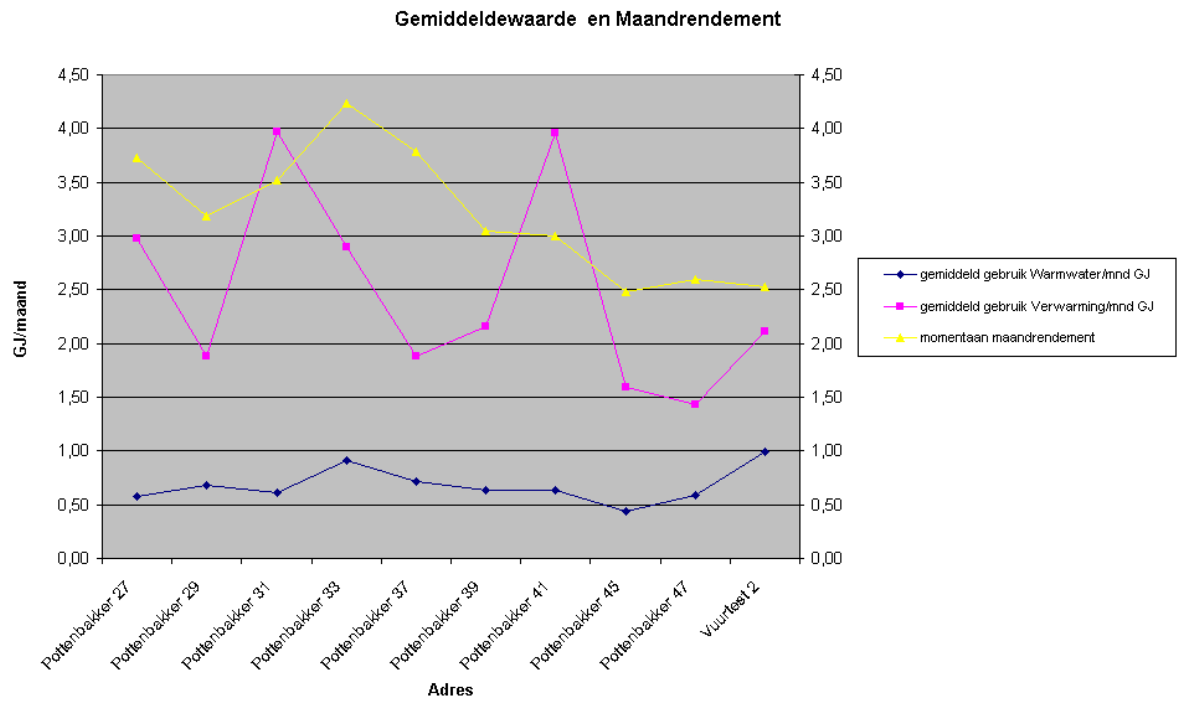
Om een vergelijk te maken met de bevindingen uit Teuge en Aqua Vicus is een SOM wp meting van Zwarteweg in Mook en de evaluatie in Zwitserland meegenomen.

6.3 Zwarteweg

Meetresultaten van project “Zwarteweg” Mook zijn in de navolgende grafieken weergegeven. Hierbij vallen natuurlijk de verschillen op in absolute waarden. Deze verschillen worden mede veroorzaakt door het aantal maanden dat de woning bewoond wordt! Echter, indien hier geen rekening mee wordt gehouden dan zijn er nog steeds duidelijke verschillen. Ook de gezinssamenstelling en of de grootte van het huis zijn hierop niet van invloed. Alle huizen hebben ca 110 m^2 vloeroppervlak en een inhoud van circa 360 m^3. In de volgende figuren zijn de verbruiken en warmteproducties gerelateerd aan de maanden van bewoning.



Gemiddeld maandgebruik van verwarming, warm water en elektra Zwartewg



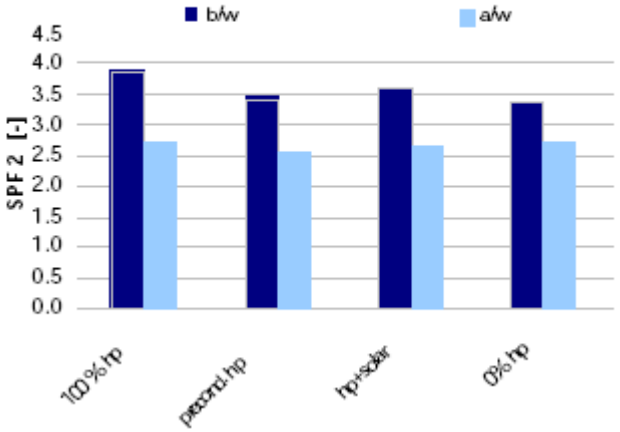
Gemiddeld maandgebruik van elektra en de productie van warmte en het momentane maandrendement

Opvallend is dat er grote variaties zijn in het rendement SPF van 4,23 tot 2,21. Ook het gebruik van warm water geeft vergelijkbare variaties van 1,16 GJ tot 0,35 GJ.

6.3 Metingen in Zwitserland

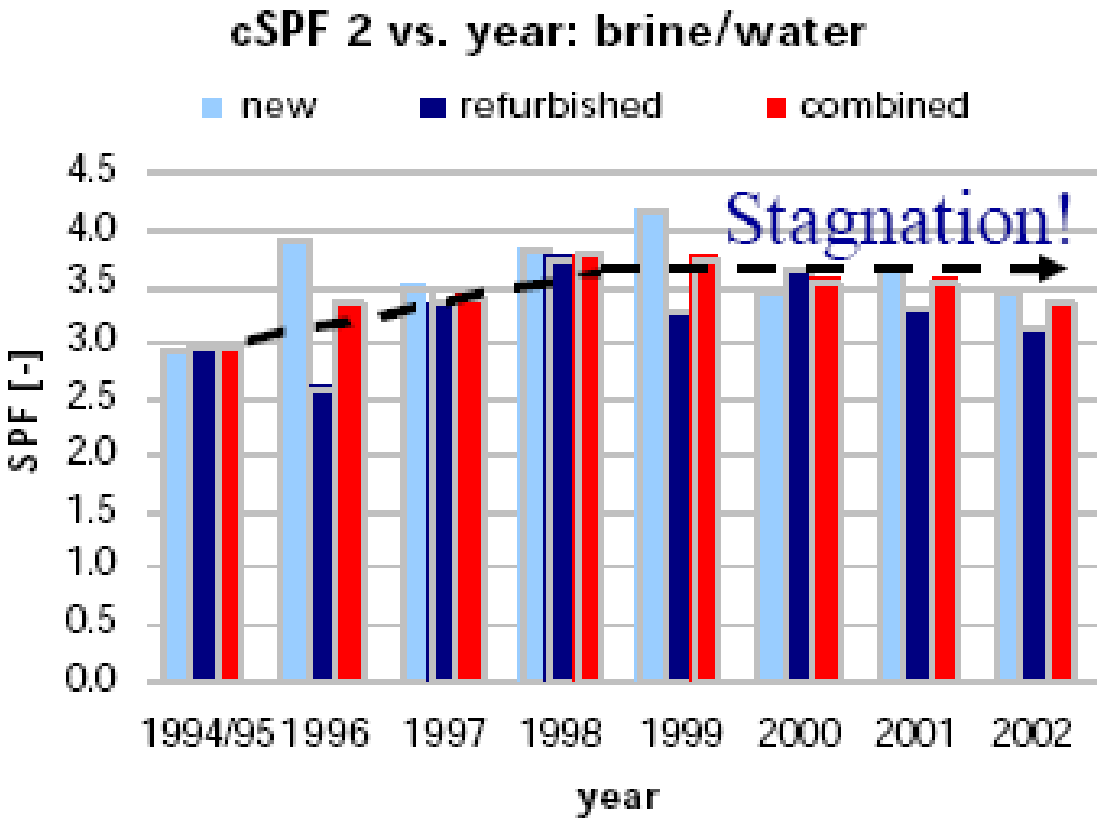
Vergelijking met de informatie van FAWA uit Zwitserland leert ons dat de SPF in Nederland vergelijkbaar is met die uit Zwitserland. Opvallend is echter wel dat het SPF uit de Nederlandse systemen gebaseerd is op een vermogen dat meer gaat naar een 60% verwarming en 40% warmtapwater.

- Heat requirements:
  - *heating: 80%*
  - *hot water: 20%*
- Systems with hot water supply by heat pump show similar SPF
- Sink temperatures for hot water production only slightly higher *(no significant influence on SPF)*



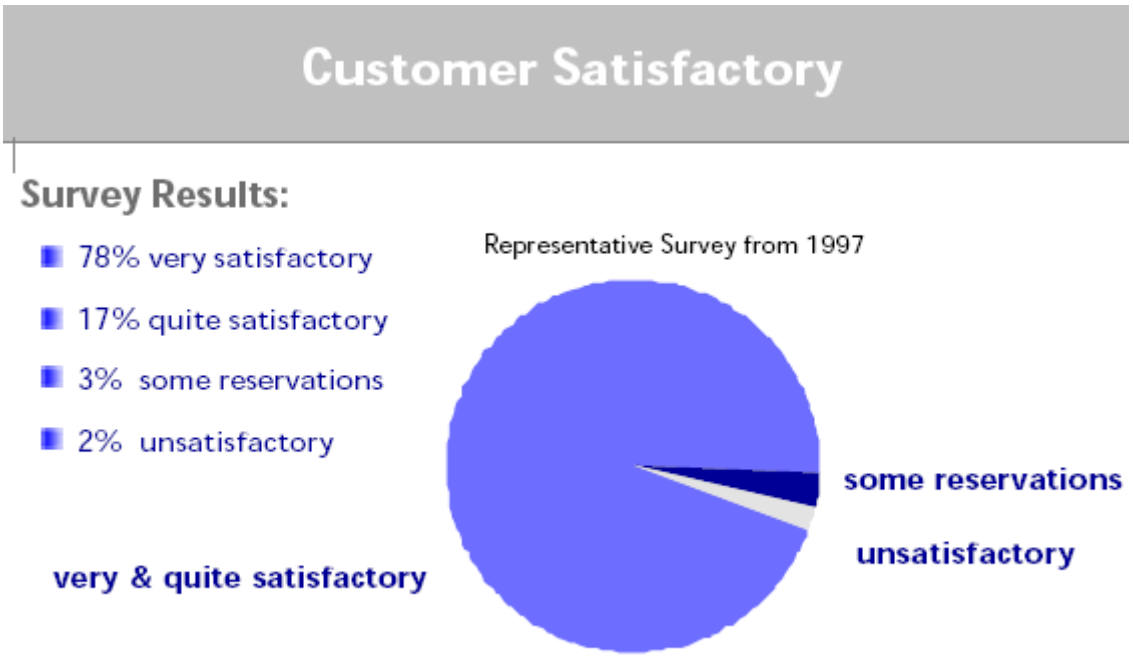
Lucht /watersystemen zijn ca 1 SPF punt lager dan Brain/Water systemen.

Het SPF verschil tussen met en zonder warmwaterproductie bedraagt ca 20%.



7 Consumenten enquête Zwitserland

Resultaten van Zwitserland evaluatie:



Uit de evaluatie blijkt dat de gebruikers in Zwitserland redelijk tot zeer tevreden zijn met de warmtepomp.