

Inzicht in efficiëntie van warmtapwaterbereider

Het aandeel energie voor het opwarmen van tapwater op het totale energiegebruik van een huishouden wordt steeds groter en daarmee ook de invloed op het rendement van de warmtapwaterbereider. Door uitkomsten van Simdeum[®] te combineren met een EPC-berekening voor warm tapwater kan inzichtelijk gemaakt worden wat het totale rendement, de jaarlijkse kosten en CO₂-emissie zijn van verschillende typen warmtapwaterbereiders voor een grote variatie aan huishoudens, elk met hun eigen samenstelling en leidingwaterinstallatie. In het project 'Efficiënte bereiding warm tapwater' zijn de mogelijkheden van deze methodiek onderzocht.

Ir. A. Moerman, KWR Watercycle Research Institute; dr.ir. E.J.M. Blokker, KWR Watercycle Research Institute; ir. E.M. Slingerland, Ecofys; ing. E. van der Blom, Uneto-VNI

Aandacht voor de warmtapwaterbereider is geen overbodige luxe. Zo blijkt uit eerdere studies dat het tegenvallende elektriciteitsverbruik bij energieneutrale woningen voornamelijk veroorzaakt wordt door inefficiënte bereiding van warm tapwater [1]. Door de hogere isolatiegraad van nieuwbouwwoningen en bestaande woningen neemt het relatieve aandeel van warm tapwater op het totale energiegebruik toe [2]. In zogenaamde passiefhuizen is dit effect zeer sterk en wordt de energievraag voor warmte voornamelijk bepaald door de bereiding van warm tapwater. Kennis van warmtapwatervraag en bijbehorend energiegebruik is noodzakelijk om verschillende warmtapwaterbereiders te kunnen evalueren. Met Simdeum kan voor elke huishoudelijke situatie (enkelpersoons, gezin, met of zonder bad of waterbesparende douche) de verwachte warmtapwatervraag berekend worden. Doordat Simdeum een stochastisch model is, wordt daarbij rekening gehouden

met de natuurlijke variatie die aanwezig is in het warmtapwaterverbruik; de één doucht nu eenmaal langer dan de ander. Voor het project is Simdeum uitgebreid met een energiemodule (PRO). Deze module stelt Simdeum in staat om de benodigde finale energie te berekenen. Dit is de energie die theoretisch nodig is om het tapwater op te warmen tot de gewenste temperatuur en de warmteverliezen tussen warmtapwaterbereider en tappunt te overbruggen. De finale energie wordt berekend op basis van (I) de gewenste warmtapwatertemperatuur aan de kraan, (II) de temperatuur van het water voor opwarming (seizoensafhankelijk), (III) de warmteverliezen over de leidingen [3] en (IV) de aan- of afwezigheid van een douche-wtw. In het onderzoek zijn verschillende praktijkcases gesimuleerd om te onderzoeken in hoeverre de verschillende parameters in Simdeum(-PRO) invloed hebben op het energievraag:-samenstelling huishouden (simulatie met

Simdeum): 1-2 personen, 3-4 personen. Hierbij is gebruik gemaakt van standaard huishoudens zoals gedefinieerd in het ST-18 onderzoek dat uitgevoerd is in 2007 [4];

- type leidingwaterinstallatie (simulatie met Simdeum): standaard, plus, luxe (conform ISSO-publicatie 30; zie ook [4]);
- temperatuur waarmee het water de woning binnenkomt (Simdeum-PRO). Hiervoor zijn kentallen gebruikt voor verschillende seizoenen die gedefinieerd zijn op basis van eerder onderzoek [5]: 10°C in de winter, 20°C in de zomer, 15°C in voor- en najaar;
- gewenste temperatuur aan de tap (simulatie met Simdeum-PRO): 55° en 65°;
- gebruik van een (geïdealiseerde) douche-wtw (simulatie met Simdeum-PRO).

Hiermee ontstaan 72 scenario's waarvoor de finale energie per dag berekend is door Simdeum-PRO. In realiteit zijn er veel meer scenario's denkbaar. Met Simdeum-PRO kan

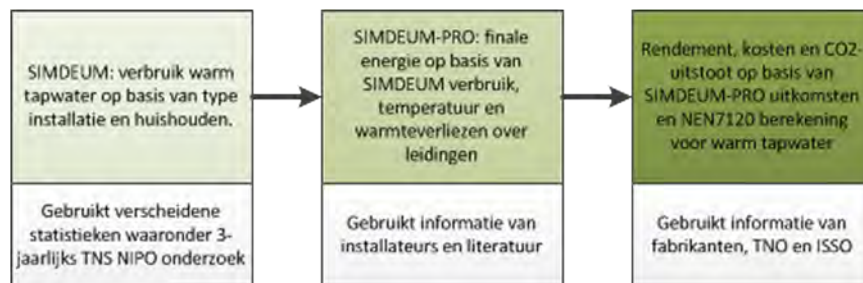
voor elke denkbare woonsituatie berekend worden welke finaal energiegebruik verwacht kan worden. Deze methodiek levert daarmee een belangrijke meerwaarde boven de in gebruik zijnde standaard tappatronen uit de NEN 7120. Deze standaard tappatronen doen geen recht aan de variatie in waterverbruik die aanwezig is tussen verschillende gebruikers en typen leidingwaterinstallaties. Daarnaast leidt het gebruik van deze standaard tappatronen tot overschattingen in het warmtapwaterverbruik. Zo gaat het standaard tappatroon voor een CW-klasse 4 uit van twee douchebeurten à 100 liter per beurt per dag. Uit Simdeum blijkt dat dit, voor een huishouden van 1-2 personen, in de praktijk een stuk lager kan liggen. Figuur 1 laat zien dat verschillende samenstellingen van huishoudens en verschillende seizoenen tot grote verschillen in finaal energiegebruik voor bereiding van warmtapwater leiden. De bandbreedte is een benadering van minimum en maximum voor de gesimuleerde bewoning. De bandbreedte laat zien dat ook de variatie binnen één scenario groot is. Dit laat zien dat het zinvol is om niet uit te gaan van gemiddelden, maar recht te doen aan de variatie in gebruik. De gesimuleerde huishoudens uit figuur 1 maken gebruik van een standaard leidingwaterinstallatie. Dat wil zeggen dat er drie tappunten zijn voor warm tapwater: keukenkraan, douche en badkamerkraan (geen bad).

PRIMAIRE ENERGIE

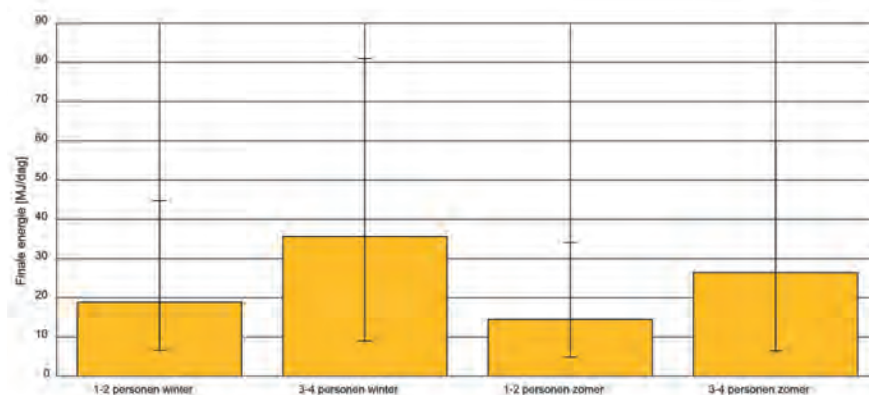
Met Simdeum-PRO kan voor elke type huishouden de hoeveelheid energie bepaald worden die theoretisch nodig is om het drinkwater op te warmen tot de gewenste temperatuur aan de kraan (finale energie). Om de primaire energie te berekenen die nodig is voor de bereiding van warm tapwater moet het rendement van opwarming meegenomen worden in de berekening. Hiervoor is door Ecofys een berekening gemaakt op basis van de NEN 7120 waarin gebruik gemaakt wordt van de gegevens uit Simdeum-PRO en verschillende kwaliteitsverklaringen van warmtapwaterbereiders. Door koppeling van Simdeum-PRO aan deze rendementsberekening ontstaat de modelopzet uit Figuur 2.

In deze fase van het onderzoek zijn alleen warmtapwaterbereiders voor individuele huishoudens beschouwd (tabel 1). Collectieve systemen zoals collectieve warmtepompen zijn niet meegenomen.

De reeks combiwarmtepompen zijn alle elektrisch en onderscheiden zich op het type warmtebron. De verschillende warmtebronnen waaruit de combiwarmtepomp zijn warmte haalt kennen andere gemiddelde temperaturen, waardoor het rendement van de combi-



-Figuur 1- Finale energievraag in MJ/dag voor twee typen van huishoudens (1-2 personen, 3-4 personen) in zomer en winter met een leidingwaterinstallatie van het type standaard



-Figuur 2- Modelopzet voor berekening van ketenrendement, jaarlijkse kosten en jaarlijkse CO₂-emissie

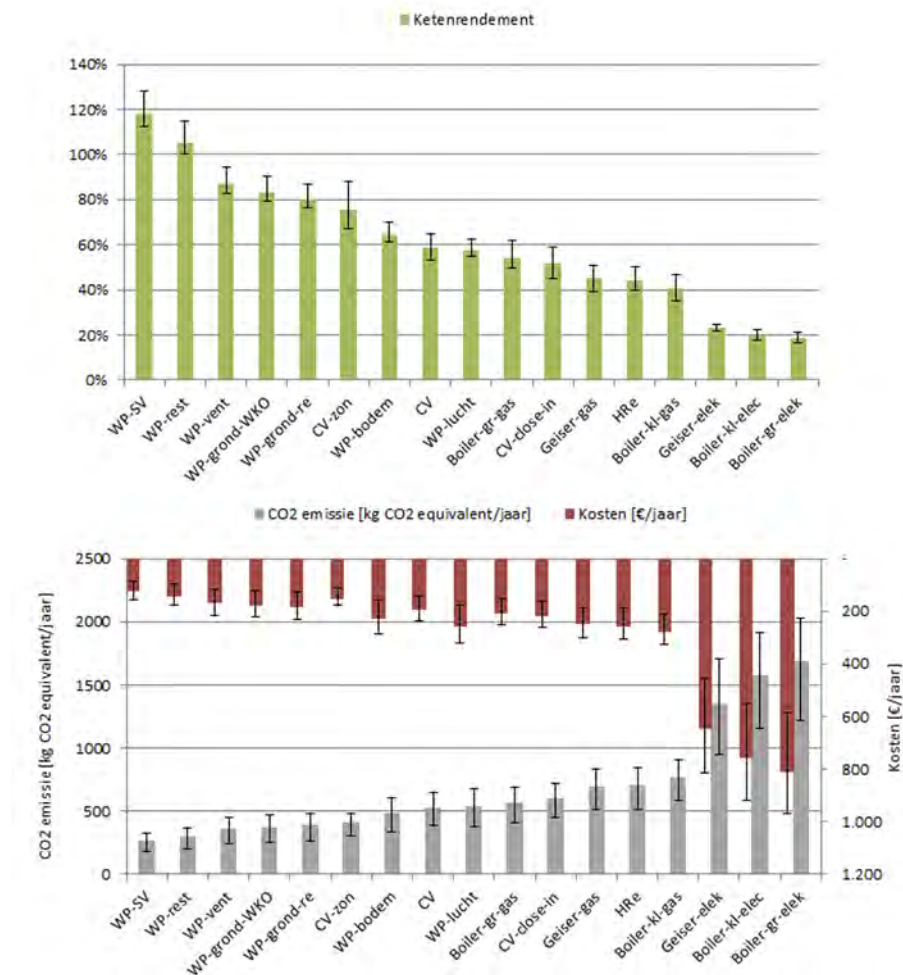
Type	Grootte opslagvat	Reductie gebruik door duurzame bronnen	Brandstof	Warmtebron
Combi-WP (WP-lucht)	Groot	0%	E	Buitenlucht
Combi-WP (WP-vent)	Groot	0%	E	Ventilatielucht
Combi-WP (WP-bodem)	Groot	0%	E	Gesloten bron (bodemp, verticaal)
Combi-WP (WP-bron-re)	Groot	0%	E	Open bron (grondwater, recirculatie)
Combi-WP (WP-grond-WKO)	Groot	0%	E	Open bron (grondwater, WKO)
Combi-WP (WP-SV)	Groot	0%	E	Stadsverwarming
Combi-WP (WP-rest)	Groot	0%	E	Restwarmte
Combi-CV (CV)	-	0%	G	Niet van toepassing
Combi-CV met Zonnecollectoren / energiedaken (CV-zon)	Groot	50%	G	Niet van toepassing
Combi-CV met close-in boiler bij keukenkraan (CV-close-in)	Klein	0%	G	Niet van toepassing
Geiser (Geiser-gas)	-	0%	G	Niet van toepassing
Geiser (Geiser-elek)	-	0%	E	Niet van toepassing
Boiler (Boiler-gr-gas)	Groot	0%	G	Niet van toepassing
Boiler (Boiler-gr-elek)	Groot	0%	E	Niet van toepassing
Boiler (Boiler-kl-gas)	Klein	0%	G	Niet van toepassing
Boiler (Boiler-kl-elek)	Klein	0%	E	Niet van toepassing
HRe combiketel (HRe)	Groot	0%	G	Niet van toepassing

-Tabel 1- Warmtapwaterbereiders die meegenomen zijn in het onderzoek. De afkortingen tussen haken corresponderen met de labels uit Figuur 3. Qua voorraadvaten geeft 'groot' aan dat het vat gedimensioneerd is op het dagverbruik en 'klein' dat dat het vat gedimensioneerd is op het maximaal verbruik in 10 minuten (zie ook [4]). E staat voor 'elektrisch' en G staat voor 'gas'.

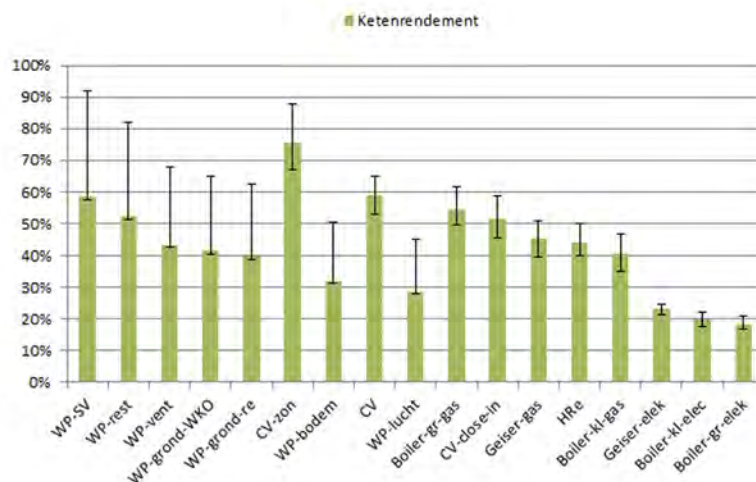
warmtepomp verschillend is bij gebruik van deze warmtebronnen. Voor alle warmtepompen is uitgegaan van een groot voorraadvat, gezien de relatief sterke behoefte aan continue productie van warmte. Voor de combi cv-ketel op gas zijn twee varianten geschetst, waarbij enerzijds een deel van de warmtapwatervraag wordt ingevuld door zonnecollectoren of energiedaken (op een duurzame manier) en anderzijds een deel van de warmtapwatervraag wordt verzorgd door een hotfill close-in boiler bij de keuken. Voor geisers (doorstroomtoestellen) en boilers (voorraadtoestellen) wordt een onderscheid gemaakt tussen gasgestookte en elektrische apparaten. Vervolgens geldt voor de boilers een onderscheid tussen een klein of een groot voorraadvat. Tot slot is de HRe-ketel of micro-WKK meegenomen, waarbij een groot voorraadvat aanwezig is om de vrijkomende warmte bij elektriciteitsproductie op een geschikt moment te kunnen gebruiken.

RENDERMENT

De berekening van het rendement is opgedeeld in vier onderdelen, te weten: (S1) rendement van warmteoverdracht, (S2) opstartverliezen, (S3) voorraadverliezen en (S4) elektrische hulpenergie. In praktijk hoort hier de eventuele periodieke opwarming voor legionellapreventie bij die, vanwege zijn niet-significante bijdrage aan het resultaat, in dit onderzoek achterwege gelaten is. De energie voor het laten branden van een waakvlam is automatisch buiten beschouwing gelaten, omdat voor gasgeisers en gasgestookte cv-ketels recente kwaliteitsverklaringen zijn gebruikt die een elektronische ontsteking hebben. Voor het rendement van de warmteoverdracht (S1) zijn de waarden uit kwaliteitsverklaringen van warmtapwaterbereiders van de grote merken gebruikt. Hierbij is een groot aantal modellen bekeken en is vervolgens een gemiddelde waarde aangenomen. Bij Combi-cv's en geisers is er sprake van een opstartverlies (S2) bij iedere tapping, waarbij het even duurt voordat het water op de gewenste temperatuur uit de bereider komt. Voor het berekenen van de opstartverliezen is het gesimuleerde aantal tappingen uit Simdeum-PRO gebruikt. Deze zijn vermenigvuldigd met een gemiddeld energieverlies per tapping: 150 kJ/tapping voor Combi-cv's en 340 kJ/ tapping voor geisers. Deze waarden zijn vastgesteld op basis van de effectieve wachttijden van gemiddelde modellen van de grote leveranciers. Op basis van de typische voorraadvaten van een grote leverancier is een functie opgesteld voor het bepalen van het voorraadverlies (S3) op basis van inhoud. De elektrische hulpenergie (S4) maakt in de NEN 7120 onderdeel uit van gerappor-



-Figuur 3- Totaal ketenrendement, jaarlijkse kosten en jaarlijkse CO₂-emissie voor een huishouden van 1-2 personen met een leidingwaterinstallatie van het type standaard. De warmtapwaterbereiders hebben een comfortklasse die zoveel mogelijk aansluit bij de gemodelleerde warmtapwatervraag. Voor doorstroomtoestellen is overal uitgegaan van CW-4.



-Figuur 4- Totaal ketenrendement voor een huishouden van 1-2 personen met een leidingwaterinstallatie van het type standaard. De warmtapwaterbereiders hebben een comfortklasse CW-4

teerde waarden van rendementen van warmteoverdracht (S1). Voor de berekening van het ketenrendement wordt ook het rendement meegenomen waarmee de elektrische energie opgewekt wordt. De NEN 7120 gaat hierbij uit van een rendement van 39%. Dit rendement is niet doorberekend in kosten en CO₂-emissie,

omdat het rendement van opwekking niet op kosten van de gebruiker komt.

MODELRESULTAAT KLEIN HUISHOUDEN

Door gebruik van het berekende rendement kan de primaire energie berekend worden. Op

basis hiervan kunnen jaarlijkse kosten en CO₂-emissie bepaald worden. Hiervoor wordt uitgegaan van gemiddelde consumentenprijzen: 0,23 €/kWh voor elektriciteit en 0,65 €/m³ voor gas (prijsspeil 2014/2015). Voor berekening van de CO₂-emissie wordt uitgegaan van 131 g CO₂/MJ voor elektriciteit en 51 g CO₂/MJ voor gas. Voor een huishouden van 1-2 personen met een standaard leidingwaterinstallatie leidt dit tot de resultaten zoals weergegeven in figuur 3. De bandbreedte geeft de variatie aan tussen zuinige en onzuinige gebruikers. Een zuinige verbruiker maakt bijvoorbeeld gebruik van een waterbesparende douchekop en doucht niet lang. Vergelijkbare figuren zijn gemaakt voor huishoudens van 3-4 personen met een standaard plus of luxe leidingwaterinstallatie met en zonder douche-wtw. In figuur 3 is te zien dat voor een huishouden van 1-2 personen met een standaard leidingwaterinstallatie een combiwarmtepomp met stadsverwarming of restwarmte als bron het hoogste rendement levert. Figuur 3 laat ook zien dat de jaarlijkse besparing van een dergelijke warmtepomp ten opzichte van een reguliere combi-cv relatief klein is, namelijk maximaal ongeveer 70 euro. Wanneer, door toenemende decentrale opwekking, de elektriciteitsprijzen dalen kan dit tot een hogere besparing leiden, omdat uitgegaan wordt van elektrisch aangedreven combiwarmtepompen. Het feit dat elektrisch gestookte boilers en geisers het qua ketenrendement relatief slecht doen ten opzichte van de gasgestookte boilers en geisers wordt voornamelijk veroorzaakt doordat voor elektrisch aangedreven of gestookte warmtapwaterbereiders een opwekkingsrendement van 39% meegenomen is. Dit heeft ook gevolgen voor het ketenrendement van de elektrisch aangedreven warmtepompen. Bij opwekking van elektriciteit door bijvoorbeeld zonnepanelen wordt het ketenrendement van alle elektrisch aangedreven warmtapwaterbereiders dan ook beduidend beter.

Uit scenarioberekeningen waarbij een warmtapwatertemperatuur van 65°C aan de tap gehanteerd werd in plaats van 55°C blijkt dat dit vooral gevolgen heeft voor het ketenrendement van warmtepompen. Dit neemt wat af waardoor gebruikers enkele tientallen euro's per jaar meer kwijt zijn. Het gebruik van een douche-wtw heeft, qua rendement, geen gevolgen voor een gemiddelde gebruiker, maar wel voor onzuinige gebruikers. Dit komt doordat het warmwaterverbruik voornamelijk bepaald wordt door de doucheduur. Door gebruik van een douche-wtw neemt de energievraag aan de warmtapwaterbereider af, wat bij de warmtepompen tot lagere rendementen

leidt. Dit gegeven blijkt ook uit praktijkmetingen die uitgevoerd zijn door DWA [6]. Hoewel het rendement bij gebruik van een douche-wtw in een aantal gevallen lager is, leidt de inzet van een douche-wtw over het algemeen wel tot een kostenbesparing omdat de finale energievraag lager is. De combinatie van het type gebruiker en het type warmtapwaterbereider lijkt bepalend te zijn voor de mate waarin de installatie van een douche-wtw zin heeft.

Voor warmtepompen speelt ook de keuze voor een CW-klasse een belangrijke rol. Een warmtepomp met CW-4 kan bij huishoudens van 1-2 personen leiden tot een relatief laag rendement en dus relatief hoge kosten en CO₂-emissie (figuur 4). Dit heeft ook als consequentie dat het bij een CW-4 warmtepomp in een klein huishouden weinig lonend is om als onzuinige gebruiker het warmtapwaterverbruik te verminderen, omdat de kosten in dat geval zelfs hoger kunnen zijn dan bij gemiddeld warmtapwaterverbruik. In hoeverre het optredend gelijktijdig verbruik een lagere CW-klasse toelaat zal afhankelijk zijn van de gebruiker. Dit kan gecontroleerd worden met behulp van het door Simdeum berekende maximaal momentane volume (MMV), dat door Simdeum-PRO omgezet wordt naar een maximaal vermogen. Ook wat betreft gelijktijdigheid biedt Simdeum, met het gesimuleerde MMV, een realistischer beeld dan de conventionele methodieken zoals de $q\sqrt{n}$ -methode [4].

CONCLUSIES

Het project 'Efficiënte bereiding warm tapwater' laat zien dat het gebruik van Simdeum als input voor een EPC-berekening meerwaarde geeft boven de huidige methode die gebaseerd is op standaard tappatronen. Een advies op maat betekent met Simdeum dat consumenten kunnen zien in hoeverre keuzes en gedragsveranderingen kunnen helpen om het energiegebruik te verlagen. Zo blijkt dat een lager warmtapwaterverbruik bij warmtepompen niet altijd zal leiden tot een lager gebruik van primaire energie, omdat het rendement dan sterk afneemt. Daardoor kunnen verwachte besparingen tegenvallen. Dit komt omdat het rendement van warmtepompen sterk afhankelijk is van de warmtapwatervraag. Om deze reden is het vooral bij warmtepompen van belang om een realistisch beeld te hebben van de warmtapwatervraag. De koppeling van Simdeum-PRO van KWR met de door Ecofys ontwikkelde rekenmodule biedt hiertoe de mogelijkheid. Deze methodiek, waarin Simdeum-PRO gekoppeld is aan een rendementsberekening, kan in potentie ook gebruikt worden voor niet-huishoudelijke gebruikers zoals zorginstellingen en hotels.

FINANCIERING

Het project 'Efficiënte bereiding warm tapwater' wordt gefinancierd door het gezamenlijke onderzoeksprogramma van de Nederlandse drinkwaterbedrijven (BTO) en de Stichting Promotie Installatietechniek (PIT). Het definitieve rapport van het project zal in het najaar van 2015 beschikbaar zijn en is maximaal een jaar later openbaar.

LITERATUUR

1. Den Dulk, F.W. (2012), Op weg naar minimum energie woningen met EPC ≤ 0. Piode, Amersfoort
2. Vollebregt, R. (2013), Energiezuinige warmtepompwoningen; het kan wel maar het gebeurt nauwelijks. VV+ december 2013
3. Moerman, A. (2013), Temperature modeling in domestic drinking water systems. MSc-Thesis, Delft: TU-Delft
4. Blokker, E.J.M., Doldersum, R., Landsbergen, A., van der Schee, W., Scheffer, W. (2007), Rekenregels voor dimensionering van leidingwaterinstallaties, KWR, Nieuwegein
5. Blokker, E. J. M., and Pieterse-Quirijns, I. (2010). Model voor de berekening van de watertemperatuur in het leidingnet, H2O (23), pp. 46-49
6. Altena (2014), De warmtepompboiler; gewikt en gewogen. K&S maart 2014