

2014•2015
FACULTEIT INDUSTRIËLE INGENIEURSWETENSCHAPPEN
master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Masterproef

Onderzoek naar de impact van een zonneboiler en een douchewarmtewisselaar op het verbruik van sanitair warm water

Promotor :
ing. Pascal VANNITSEN

Promotor :
ing. STEFAN VAN LOON

Dieter Peeters

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Gezamenlijke opleiding Universiteit Hasselt en KU Leuven

2014•2015

Faculteit Industriële

ingenieurswetenschappen

master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Masterproef

Onderzoek naar de impact van een zonneboiler en een douchewarmtewisselaar op het verbruik van sanitair warm water

Promotor :
ing. Pascal VANNITSEN

Promotor :
ing. STEFAN VAN LOON

Dieter Peeters

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

1. Dankbetuiging

Als laatstejaarsstudent bouwkunde koos ik voor dit onderwerp omdat energiezuinig bouwen en de bouw van passiefhuizen mij sterk interesseert. Ik wou graag bijleren en praktijkervaring opdoen over dit onderwerp. Deze masterproef was hiervoor een uitgelezen mogelijkheid om dit te verwezenlijken. De factor duurzaamheid en besparen op energie spelen op dit moment een belangrijke rol in de bouw en dit zal ook in de toekomst een alsmaar belangrijkere rol gaan spelen. De wet en de eisen voor het bouwen van een huis worden alsmaar strenger. Het is daarom volgens mij een investering in kennis die in de toekomst steeds belangrijker gaat worden.

Ten eerste wil ik graag mijn promotoren bedanken. Mijn interne promotor dhr. Ing. Vannitsen heeft mij gedurende het jaar raad gegeven en mijn masterproef in de juiste richting geholpen en daarnaast ook de gegevens van de 2 cases in de EPB software voor mij nagekeken en verbeterd. Mijn externe promotor dhr. Ing. Stefan Van Loon heeft mij geholpen bij het leren van de PHPP software alsook de gegevens van de cases hierin verbeterd.

Ten tweede wil ik de eigenaren van de twee woningen gebruikt als cases bedanken. Dhr. Peeters en Dhr. Vanderwegen hebben mij de gegevens en plannen van hun huis ter beschikking gesteld waardoor ik het onderwerp kon toepassen in de praktijk.

Daarnaast wil ik mijn ouders bedanken voor alle geboden kansen en hun eindeloze vertrouwen, steun en geduld.

Dieter Peeters

2. Abstract

Titel: Onderzoek naar de impact van een zonneboiler en een douchewarmtewisselaar op het verbruik van sanitair warm water.

Auteur: Dieter Peeters

Promotoren: Ing. Pascal Vannitsen

Ing. Stefan Van Loon

Deze masterproef gebeurt in opdracht van Passiefhuis-Platform vzw. In deze masterproef wordt er onderzoek gedaan naar de impact van een zonneboiler en douchewarmtewisselaar op een huis en de hoe de verschillende parameters van deze installaties hier invloed op hebben.

Door middel van de EPB en PHPP software worden twee cases geanalyseerd. De resultaten van de installaties in de twee cases verkregen met de software wordt vergeleken met de metingen in realiteit. Daarnaast wordt er gekeken naar de verschillende parameters van de installaties en hoe de twee software deze verwerken en berekenen. Met simulaties wordt de invloed hiervan bepaald op het eindresultaat van de energiewinst.

In case 1 heeft de zonneboiler een dekingsgraad van 44% van het totale verbruik aan sanitair warm water. De zonneboiler is een goede investering in case1. De douchewarmtewisselaar zorgt ook voor een daling van 14% op de sanitair warm water behoefte maar heeft een lange terugverdientijd waardoor in case 1 misschien andere energiebesparende maatregelen interessanter zijn.

In case 2 heeft de zonneboiler een dekingsgraad van 64% voor het sanitair warm water en 11% voor de verwarming. Dit is uiteraard een goede investering, de actieve energiewinning van de zonneboiler voor SWW vult de passieve energiewinning door het passiefhuis voor verwarming goed aan. De DWTW is vanuit economisch standpunt misschien geen interessante investering maar aangezien in dit huis al het maximale gedaan is aan besparing op verwarming is verder investeren in het terugwinnen van energie voor de productie van sanitair warmt water de logische volgende stap.

3. Abstract

Title: Research into the impact of a solar boiler and a drain heat recovery system on the consumption of domestic hot water.

Author: Dieter Peeters

Supervisors: ing. Pascal Vannitsen

Ing. Stefan Van Loon

This master thesis is commissioned by Passiefhuis-Platform vzw. In this master thesis research is being done into the impact of a solar boiler and a drain water heat recovery system on a (passive)house and how the various parameters of these installations have influence here.

Through the EPB and PHPP software, two cases are analysed. The results of the installations in the two cases obtained with the software are compared with the measurements in reality. In addition, we look at the different parameters of the installations and how the two software's process and calculate the influence of these parameters. With simulations the influence of these parameters on the final result of the energy gain are determined and critically compared to what would happen in reality.

In case 1, the solar boiler has a coverage of 44% of the total consumption of domestic hot water. The solar water heater is a good investment in case 1. The shower heat exchanger also causes a decrease of 14% on the domestic hot water demand but has a long payback in which case other energy efficiency measures may be more interesting.

In case 2, the solar boiler has a coverage of 64% for the domestic hot water and 11% for heating. This is obviously a good investment, the active power generated by the solar boiler together with passive energy generation by the passive house for heating is a good combination. The shower heat exchanger from an economic point of view is perhaps not a good investment, but because in this house the maximum has been done to save on heating, further investments in the recovery of energy for the production of warm water is the next logical step.

4. Lijst met figuren

Figuur 1: Verdeling energieverbruik over verschillende energiefuncties in een woning	15
Figuur 2: Evolutie eisen E-peil [3]	16
Figuur 3: Van netto energiebehoefte naar karakteristieke primaire verbruik	17
Figuur 4: Directe en diffuse straling over het gehele jaar Figuur 5: Directe en diffuse straling op een collector	18
Figuur 6 Schema zonneboiler in een woning	19
Figuur 7: Doorsnede vlakkeplaatcollector	20
Figuur 8: Vacuümbuiscollecotren	20
Figuur 9: Opstelling en werking van een douchewarmtewisselaar	21
Figuur 10: Meestroom en tegenstroomprincipe in een DWTW	22
Figuur 11: Douchegoot-WTW werking en doorsnede	22
Figuur 12 Werking verticale douche-WTW	23
Figuur 13: Werking douchebak-WTW	23
Figuur 14 Evolutie opbrengst zonneboiler in functie van de oppervlakte van de collectoren in EPB en PHPP	29
Figuur 15: Evolutie E-peil in functie van de oppervlakte van de collectoren in EPB	29
Figuur 16: Evolutie energiekegetal in functie van de oppervlakte van de collectoren in PHPP	30
Figuur 17: Evolutie energieopbrengst zonneboiler in functie van de inhoud van het voorraadvat in PHPP	31
Figuur 18: Impact van de helling van de collector t.o.v. de horizontale op de energiewinst van de zonneboiler	32
Figuur 19: Impact van de oriëntatie van de collector op de energiewinst van de zonneboiler	32
Figuur 20: Parameters douchewarmtewisselaar in EPB	38
Figuur 21: Aansluitschema's douchewarmtewisselaar	38
Figuur 22: Gasverbruik en temperatuurverloop in case 1 van 2010 tot 2015	45
Figuur 23: Evolutie gasverbruik in case 1 van 2011 tot 2015	46
Figuur 24: Apertuuroppervlakte in EPB: case 2	51
Figuur 25: Apertuuroppervlakte in PHPP: case 2	52
Figuur 26: Volume voorraadvat in PHPP: case 2	53
Figuur 27: Invloed helling op de productie van de zonneboiler voor verwarming in EPB: case 2 in EPB	53
Figuur 28: Invloed helling op de productie van SWW van de zoneboiler: case 2 in EPB	54
Figuur 29: Invloed oriëntatie op productie van verwarming door de zonneboiler in case 2 in EPB	55
Figuur 30: Invloed oriëntatie op de productie van SWW door de zonneboiler in case 2 in EPB	55
Figuur 31: Invloed oriëntatie op productie SWW door zonneboiler in PHPP	57

5. Lijst met tabellen

Tabel 1: Resultaten EPB berekening case 1.....	25
Tabel 2: Resultaten PHPP berekening van case 1.....	26
Tabel 3: Verschillen tussen de PHPP en EPB software bij invoer van een zonneboiler.....	27
Tabel 4: Invloed zonneboiler met EPB berekening op case 1.....	28
Tabel 5: Invloed zonneboiler met PHPP berekening op case 1.....	28
Tabel 6: Vervanging vlakkeplaatcollectoren door vacuümbuiscollectoren: resultaten in EPB en PHPP	31
Tabel 7: Verschillen tussen EPB en PHPP op gebied van oriëntatie en helling van de collector.....	33
Tabel 8: Invloed leidinglengte keukenaanrecht op de zonneboiler in EPB.....	34
Tabel 9: Invloed leidinglengte bad/douche op de zonneboiler in EPB.....	34
Tabel 10: Invloed leidinglengte op E-peil in EPB.....	35
Tabel 11: Netto energiebehoefte SWW in PHPP.....	35
Tabel 12: Invloed leidinglengtes op dekkingsgraad zonneboiler.....	36
Tabel 13: Invloed DWTW op E-peil.....	39
Tabel 14: Invloed leidinglengte op besparing door WTW in EPB.....	39
Tabel 15: Invloed DWTW op de energieopbrengst van de zonneboiler in EPB.....	40
Tabel 16: Invloed DWTW volgens PHPP software.....	41
Tabel 17: Invloed leidinglengtes op opbrengst DWTW in PHPP software.....	42
Tabel 18: Invloed DWTW op de energieopbrengst van de zonneboiler in PHPP.....	42
Tabel 19: Verbruik van gas in case 1.....	44
Tabel 20: Evolutie verbruik van gas in case 1.....	46
Tabel 21: Resultaten EPB berekening van Case 2.....	49
Tabel 22: Resultaten case 2 in PHPP.....	50
Tabel 23: Zonneboiler invloed EPB software.....	50
Tabel 24: Zonneboiler: invloed PHPP software.....	51
Tabel 25: Invloed helling + oriëntatie op SWW en verwarming in EPB.....	56
Tabel 26: Invloed helling op productie SWW door de zonneboiler in PHPP.....	56
Tabel 27: Overzicht impact helling + oriëntatie op SWW productie zonneboiler.....	57
Tabel 28: Invloed leidinglengtes keuken case 2.....	58
Tabel 29: Invloed leidinglengtes bad/douche case2.....	58
Tabel 30: Invloed leidinglengtes op E-peil.....	58
Tabel 31: Invloed leidinglengtes in PHPP case 2.....	59
Tabel 32: Douchewaterterugwinning in case 2 EPB.....	60
Tabel 33: Invloed leidinglengtes EPB case 2.....	60
Tabel 34: Primair energieverbruik case 2.....	62

6. Inhoudsopgave

Inhoud

1. Dankbetuiging.....	1
2. Abstract	3
3. Abstract	5
4. Lijst met figuren	7
5. Lijst met tabellen	9
6. Inhoudsopgave.....	11
7. Inleiding.....	13
8. EPB energieprestatieregelgeving	15
8.1 Energieprestatie in woningen	15
8.2 Doel van EPB-regelgeving	15
8.3 Wettelijke EPB-eisen.....	16
8.4 EPB regelgeving en primair energieverbruik.....	17
9. De Zonneboiler	18
9.1 De zon als energiebron	18
9.2 De samenstelling van een thermisch zonne-energiesysteem.....	18
9.3 De zonnecollector.....	19
10. Douchewarmtewisselaars (DWTW)	21
10.1 Wat is een douchewarmtewisselaar	21
10.2 Principe van een DWTW	21
10.3 Types douchewarmtewisselaars	22
10.3.1 Douchegoot-WTW (Bries)	22
10.3.2 Verticale douche-WTW	22
10.3.3 Douchebak-WTW	23
11. Kenmerken case 1 in EPB en PHPP.....	25
11.1 EPB: case 1 zonder zonneboiler/douchewarmtewisselaar	25
11.2 PHPP: case 1 zonder zonneboiler/douchewarmtewisselaar	26
11.3 Zonneboiler in EPB en PHPP: parameters bij berekening.....	26
11.3.1 Zonneboiler in EPB.....	26
11.3.2 Zonneboiler in PHPP	27
11.4 Invloed van parameters van de zonneboiler in case 1	27
11.4.1 Invloed van bestaande zonneboilerinstallatie in case 1	27

11.4.2	Apertuuroppervlakte	29
11.4.3	Volume van het voorraadvat.....	31
11.4.4	Helling en oriëntatie	32
11.4.5	Invloed leidinglengtes voor sanitair warm water	33
11.4.6	Overige parameters in PHPP	36
11.5	Douchewarmteterugwinning in EPB.....	38
11.5.1	Aansluitschema's warmtewisselaar	38
11.5.2	Simulatie verschillende types douchewarmtewisselaar in EPB.....	39
11.6	Douchewarmteterugwinning in PHPP	41
11.7	Economische analyse zonneboiler en DWTW case 1	43
11.7.1	Terugverdientijd zonneboiler in EPB en PHPP.....	43
11.7.2	Terugverdientijd combinatie DWTW en zonneboiler in EPB en PHPP.....	43
11.8	Invloed zonneboiler op case 1 in de werkelijkheid	44
12.	Kenmerken case 2 in EPB en PHPP.....	49
12.1	Case 2 in EPB	49
12.2	PHPP: case 2.....	50
12.3	Invloed van parameters van de zonneboiler in case 2	50
12.3.1	Invloed van bestaande zonneboilerinstallatie in case 2	50
12.3.2	Apertuuroppervlakte in EPB.....	51
12.3.3	Apertuuroppervlakte in PHPP	52
12.3.4	Volume van het voorraadvat.....	53
12.3.5	Helling en oriëntatie in EPB.....	53
12.3.6	Helling en oriëntatie in PHPP	56
12.3.7	Invloed leidinglengtes voor sanitair warm water	57
12.4	Douchewarmteterugwinning case 2.....	60
12.4.1	Simulatie verschillende types douchewarmtewisselaar in EPB.....	60
12.5	Douchewarmteterugwinning in PHPP: case 2.....	61
12.6	Economische analyse zonneboiler en DWTW case 2	61
12.6.1	Terugverdientijd zonneboiler in EPB en PHPP.....	61
12.6.2	Terugverdientijd combinatie DWTW en zonneboiler in EPB en PHPP.....	62
12.7	Invloed zonneboiler op case 2 in de werkelijkheid	62
13.	Conclusies	63
14.	Referenties.....	65
15.	Bijlagen	67

7. Inleiding

Duurzaam bouwen wordt alsmaar belangrijker in de toekomst. Naast de verwarming speelt het verwarmen van sanitair warm water een grote rol in het verbruik van een woning. Meer dan 40% van het water dat we verbruiken, wordt verwarmd. En dit vergt veel energie. Bij het energiezuinig maken van een huis wordt ten eerste gekeken naar manieren om te besparen in de verwarming. Door luchtdichtheid, veel isolatie, driedubbele beglazing, ventilatiesystemen, ... wordt veel energie bespaard. Maar hierdoor wordt het aandeel van de energie verloren in het verwarmen van sanitair warm water een grotere factor.

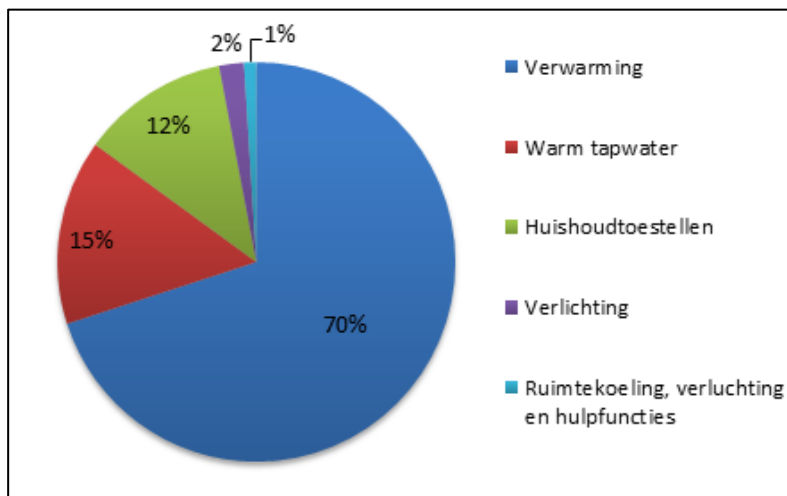
Installaties zoals de zonneboiler en een douchewarmtewisselaar bestaan ondertussen om energie te besparen op het verbruik van sanitair warm water. Maar wanneer is het interessant om te kijken naar het installeren van deze energiebesparende maatregelen?

Aan de hand van twee cases, een standaard woning met als bouwjaar 1991 en een passiefhuis met als bouwjaar 2011, wordt gekeken met behulp van de EPB 6.5 en PHPP software wat de impact is van een douchewarmtewisselaar en een zonneboiler op het verbruik van sanitair warm water en alle elementen die hierop een invloed hebben.

8. EPB energieprestatie regelgeving

8.1 Energieprestatie in woningen

Onderaan een afbeelding met de verdeling van het energieverbruik over de verschillende energiefuncties in een woning. Volgens berekeningen van STEM, Universiteit Antwerpen gaat in Vlaamse huishoudens (2006) het grootste deel van de gebruiksenergie naar verwarming van ruimtes (70%). De rest gaat naar het produceren van sanitair warm water (15%), huishoudtoestellen (12%) en uiteindelijk nog verlichting (2%) en ruimtekoeling, verluchting en hulpfuncties (1%). [1]



Figuur 1: Verdeling energieverbruik over verschillende energiefuncties in een woning

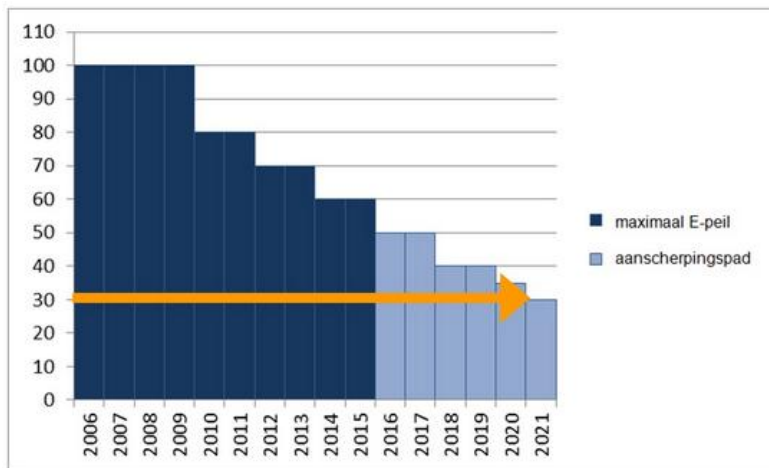
8.2 Doel van EPB-regelgeving

Het ministerie van Openbare werken, leefmilieu, energie en natuur wil met behulp van het Energieprestatiecertificaat ervoor zorgen dat de mensen hun woningen isoleren en energiezuinig verwarmen. Het certificaat geeft de bouwheer of de koper van een woning een inzicht hoe energiezuinig hun woning is.

Samengevat moet de EPB regelgeving zorgen voor :

- gezond en beter leefmilieu
- lager energiefactuur, dus jaarlijkse besparing
- meer comfort
- energiezuinige woonegelegenheid
- meerwaarde van de woning op de verkoop- en verhuurmarkt
- broeikasgassen beperken

Tot 2021 wordt het verplichte E-peil stapsgewijs aangescherpt: E50 in 2016, E40 in 2018 en E35 in 2020. En vanaf 2021 moet elke nieuwe woning minstens aan de BEN-eisen (bijna-energie neutraal) voldoen. Dat betekent dat bouwaanvragen of meldingen vanaf 2021 het E30-peil moeten respecteren. [2]



Figuur 2: Evolutie eisen E-peil [3]

8.3 Wettelijke EPB-eisen

EPB staat voor ‘Energieprestatie en Binnenklimaat’. EPB is de regelgeving op vlak van energieprestatie & binnenklimaat (isolatie, verwarming, ventilatie, zone-energie,...). Kortom, alle aspecten die bijdragen tot een gezond binnenklimaat en een lager energieverbruik.

De energieprestatieregelgeving legt 6 verschillende types eisen op, gegroepeerd in drie categorieën:

- eisen op vlak van thermische isolatie:
 - maximaal K-peil
 - maximale U- en minimale R-waarden
- energieprestatie-eisen:
 - maximaal E-peil
 - maximale netto-energiebehoefte voor verwarming
 - Hernieuwbare energie
- eisen op het vlak van het binnenklimaat:
 - minimale ventilatie-eisen
 - beperken van oververhitting

Men moet als bouwheer kunnen aantonen dat uw woning aan deze eisen voldoet via een EPB aangifte. Hiervoor wordt een verslaggever aangesteld en na het indienen van de aangifte wordt automatisch een certificaat opgesteld dat 10 jaar geldig is. [4]

8.4 EPB regelgeving en primair energieverbruik

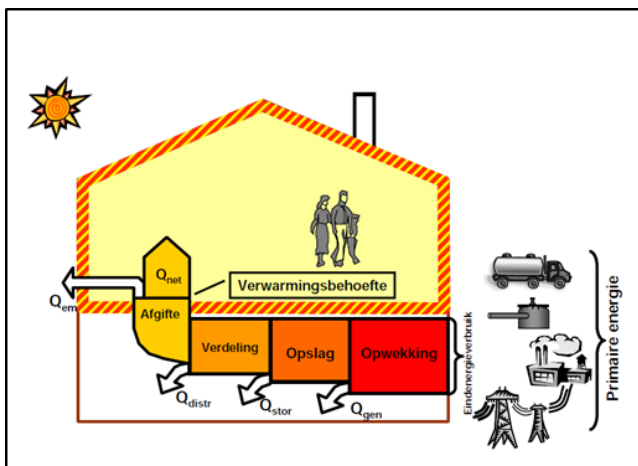
De berekening van de energiebehoefte volgende de EPB-regelgeving gebeurt in verschillende stappen. In vier stappen wordt uit de netto energiebehoefte het karakteristieke primaire energieverbruik gehaald.

De netto energiebehoefte voor de verwarming wordt eerst bepaald. Dat is de hoeveelheid warmte die door de warmteafgiftelichamen moet worden afgegeven om een bepaalde binnentemperatuur te bereiken en in stand te houden. Deze behoefte wordt bepaald op basis van de warmteverliezen door transmissie en ventilatie en de warmtewinst door bezonning en het gebruik van het gebouw. Ook de thermische capaciteit van het gebouw heeft een invloed op de netto energiebehoefte.

In een tweede stap wordt de netto energiebehoefte omgezet in de bruto energiebehoefte. Dat is de hoeveelheid warmte die door de warmteopwekker (zonneboiler, warmtepomp, ...) wordt afgegeven aan het warmteafgiftesysteem. Het verschil tussen de netto en bruto energiebehoefte is een gevolg van de verliezen in het verdeel-, afgifte- en opslagsysteem, en wordt uitgedrukt door het systeemrendement.

Vervolgens wordt het eindenergieverbruik voor de verwarming bepaald. Dit is de hoeveelheid energie die via de warmteopwekker in het gebouw binnenkomt door verbranding van de brandstof. Het verschil tussen de bruto energiebehoefte en het eindenergieverbruik is een gevolg van de mantel- en schoorsteenverliezen van de warmteopwekker en door de verliezen bij de verbranding van de brandstof. Dit verschil wordt uitgedrukt door het opwekkingsrendement. Verder wordt bij de bepaling van het eindenergieverbruik ook rekening gehouden met de bijdrage van een thermisch zonnesysteem, indien dit gekoppeld is aan de verwarmingsinstallatie.

Ten slotte wordt het karakteristieke primaire energieverbruik voor de verwarming bepaald. Het eindenergieverbruik wordt daarbij omgezet naar primaire energie rekening houdend met de verliezen bij de productie, het transport en de omzetting van de brandstof. Het eindenergieverbruik in de vorm van elektriciteit zal met een bepaalde factor vermenigvuldigd moeten worden, omdat de omzetting van de gebruikte energiebron (bv. steenkool, aardgas, stookolie of uranium) in elektriciteit gepaard gaat met rendementsverlies in de elektriciteitscentrales. [5]



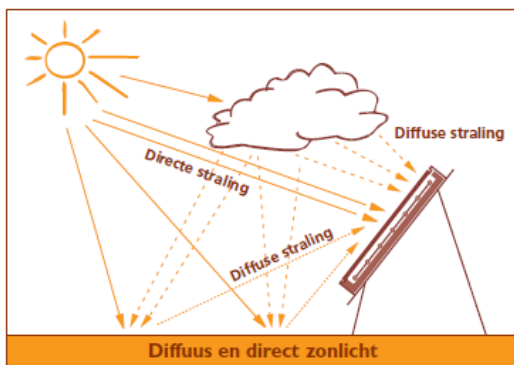
Figuur 3: Van netto energiebehoefte naar karakteristieke primaire verbruik

9. De Zonneboiler

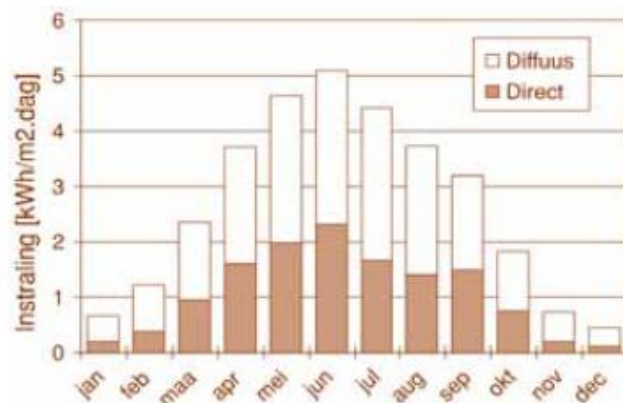
9.1 De zon als energiebron

De totale zoninstraling per jaar op de totale aardoppervlakte is gelijk aan 10.000 maal de totale wereldenergievraag per jaar. Deze zoninstraling op het aardoppervlak is uiteraard niet voor alle gebieden op alle momenten gelijk. In België komt de jaarlijkse hoeveelheid zoninstraling overeen met 50 keer het totale energieverbruik. De gemiddelde zoninstraling per jaar op een horizontaal vlak van 1m² bedraagt ongeveer 1.000 kWh (3.600 MJ). De invallende zoninstraling is niet constant over het gehele jaar.

De invallende straling omvat directe straling en diffuse straling. Directe straling ervaren we bij helder weer. Diffuse straling is een gevolg van de richtingsverandering van het licht in de atmosfeer, bewolking zorgt er voor dat het de zoninstraling wordt verstrooit. In België is 40% van het zonlicht directe straling en 60% diffuse straling. Zonnecollectoren zijn ontworpen om ook diffuus licht om te zetten in nuttige warmte. [6]



Figuur 4: Directe en diffuse straling over het gehele jaar



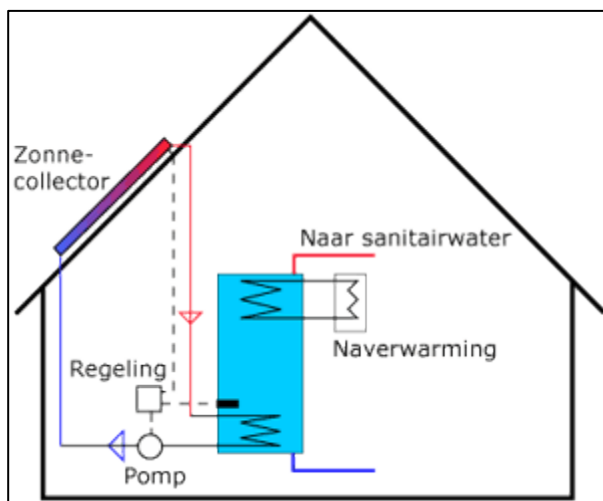
Figuur 5: Directe en diffuse straling op een collector

9.2 De samenstelling van een thermisch zonne-energiesysteem

Een zonneboiler zet zonnestraling om in warmte en slaat die warmte op in een voorraadvat met water. Geeft de zon niet voldoende warmte, dan zorgt de naverwarming ervoor dat er altijd voldoende warm water beschikbaar is. De hoofdonderdelen van een zonneboiler zijn de zonnecollector, de leidingen, het voorraadvat, de regeling, de isolatie en de eventuele naverwarming.

- De zonnecollector vangt het invallende zonlicht op en zet het, via de absorber, om in warmte. De absorber geeft de warmte door aan de warmtetransporterende vloeistof die door de absorber stroomt. De warmtetransporterende vloeistof brengt de zonnwarmte van de collector naar de warmteopslag. Meestal is die vloeistof gewoon water, eventueel vermengd met glycol.

- In de primaire kringloop circuleert de warmtetransporterende vloeistof tussen de collector en de warmtewisselaar van de warmteopslag. De vloeistof neemt warmte op in de collector en geeft die af aan de warmteopslag, daarna keert ze terug naar de collector om zich weer op te laden.
- De warmteopslag zorgt ervoor dat de door de zon geproduceerde warmte gestockeerd wordt tot wanneer we ze kunnen gebruiken. Gedurende zes maanden per jaar kan in de warmteopslag een temperatuur van meer dan 40°C bereikt worden. De resterende periode varieert die temperatuur tussen 15 en 40°C.
- De randapparatuur: eventueel zorgt een circulatiepomp voor het rondpompen van de warmtetransporterende vloeistof in de primaire kringloop. Het regelsysteem zorgt er voor dat de opgeslagen warmte niet opnieuw verloren gaat wanneer de zon niet schijnt. Het beschermt eveneens tegen bevriezing en oververhitting.
- De naverwarming: aangezien in Vlaanderen de temperatuur in de warmteopslag van een zonneboiler niet altijd volstaat voor direct gebruik, wordt de warmteopslag bijna altijd gekoppeld aan een naverwarming. Die brengt het door de zon voorverwarmde water op de gevraagde temperatuur. Zo krijgt het gebruikswater, onafhankelijk van het afnamepatroon, steeds de gewenste temperatuur. De warmtebron van de naverwarming is meestal aardgas, stookolie of elektriciteit. [7]



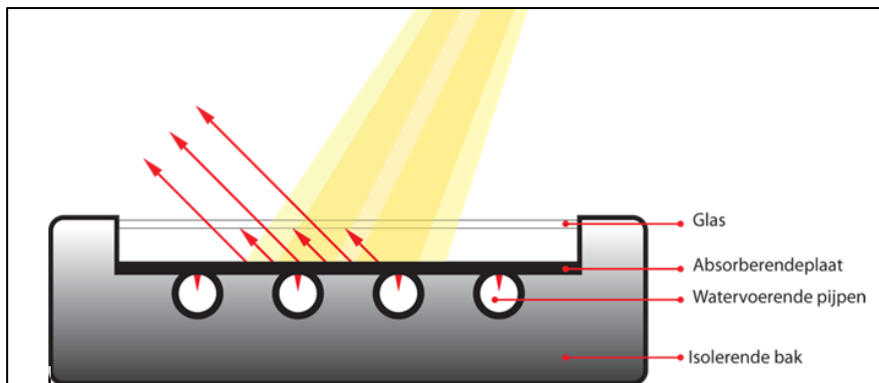
Figuur 6 Schema zonneboiler in een woning

9.3 De zonnecollector

De collector is waarschijnlijk het belangrijkste deel van de zonneboiler. Hij vangt het zonlicht, zet dit licht om in warmte en geeft deze warmte af aan langsstromend water. Er bestaan verschillende soorten collectoren, de twee meest voorkomende zijn de vlakke collectoren en de vacuümcollectoren.

Een vlakke collector bestaat uit een ondiepe bak (~10 cm), waarin de verschillende onderdelen in lagen zijn aangebracht: een lichtdoorlatende glazen afdekplaat, een absorber en isolatiemateriaal. De absorber bestaat uit koperen buizen waardoor een vloeistof stroomt, meestal water, al dan niet

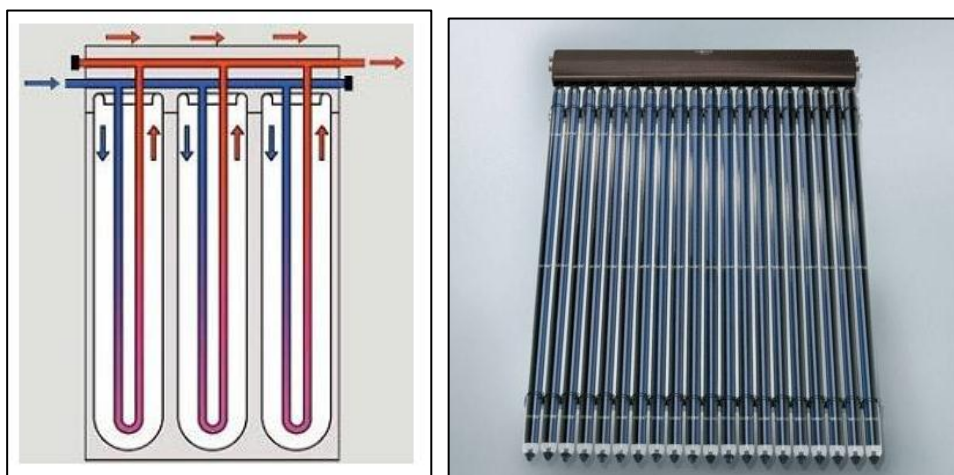
vermengd met additieven. Het water voert een deel van de warmte af naar het opslagvat. Er zal echter ook een deel van de warmte verloren gaan, doordat de warme absorptieplaat energie verliest aan de omgeving. Wanneer de zon op de plaat schijnt, wordt de lucht in de bak verwarmd en door die warme lucht stijgt de temperatuur van de absorber en wordt de warmte afgegeven aan het water. Achter de absorber zorgt isolatiemateriaal ervoor dat de warmteverliezen beperkt blijven. Dat materiaal is hittebestendig tot 200 °C (bv. glaswol). Aan de voorzijde van de absorber kan de wind voor warmteverlies zorgen. Maar doordat de absorber afgedekt is met een glasplaat wordt dat vermeden.



Figuur 7: Doorsnede vlakkeplaatcollector

Een vacuümbuiscollector bestaat uit een serie glazen buizen waarin een smalle absorberplaat is aangebracht. De glazen buizen zijn vacuüm gemaakt, waardoor zij bijzonder goed isoleren en de absorber vrijwel geen warmte verliest. In het buisje in de absorber bevindt zich een vloeistof/damp mengsel dat de warmte van de absorber overbrengt naar de 'condensor', die de warmte overdraagt aan een circuit naar het voorraadvat.

Een vacuüm buis isoleert nog beter dan materialen zoals glaswol. Vacuüm is een perfecte isolator. Vacuümcollectoren hebben daarom een hoger rendement. Vooral bij hoge temperatuur van het gebruikswater komt dat tot uiting. Beveiliging tegen oververhitting is hier nog belangrijker. De dichting moet zorgen voor een blijvend vacuüm. Voor eenzelfde oppervlakte zijn vacuümsystemen meestal duurder, maar hebben een hogere opbrengst. [5]

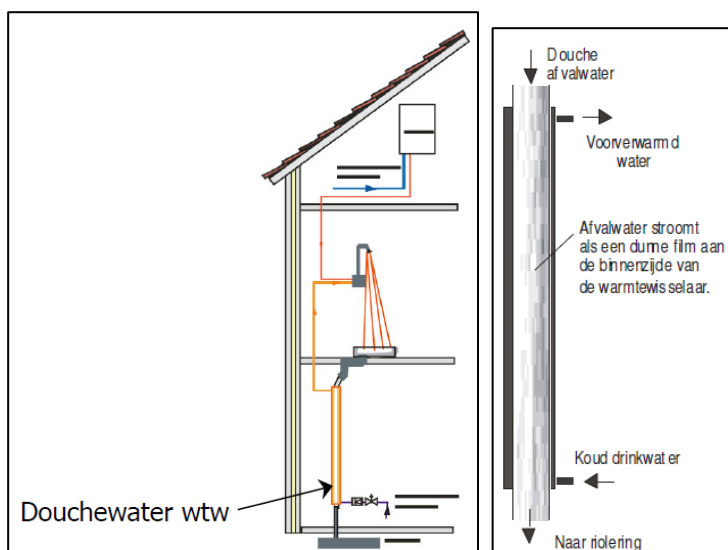


Figuur 8: Vacuümbuiscollecotren

10. Douchewarmtewisselaars (DWTW)

10.1 Wat is een douchewarmtewisselaar

Bij het douche gaat veel energie verloren. Het nog warme afvoerwater stroomt ongebruikt weg door de afvoer. Een douchewarmtewisselaar is de oplossing om dit energieverlies te beperken. Dankzij de douchewarmtewisselaar kan de restwarmte van het afvoerwater gebruikt worden om het koude aanvoerwater voor te verwarmen. Dit kan door middel van een warmtewisselaar die in de afvoer wordt gemonteerd. Afhankelijk van verschillende factoren kan er tussen de 40-65% van de warmte in het afvoerwater terug worden gewonnen. [8]

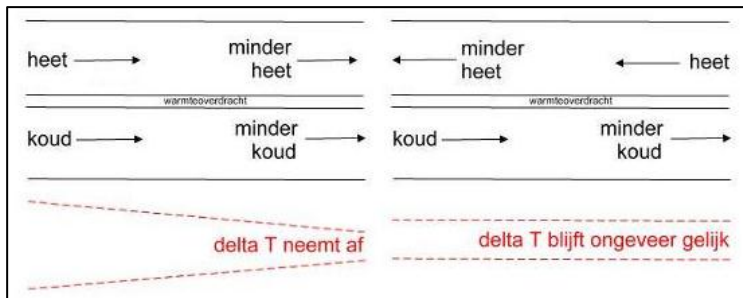


Figuur 9: Opstelling en werking van een douchewarmtewisselaar

10.2 Principe van een DWTW

Het principe van de douchewarmtewisselaar is gebaseerd op het terugwinnen van warmte. Bij douchen wordt gemiddeld 60 liter water van 38 tot 40 °C gebruikt. Dit douchewater wordt direct afgevoerd naar de riolering, hiermee gaat veel warmte verloren. Het afvalwater uit de douche stroomt door een buis met warmtewisselaar naar beneden, terwijl het schone aanvoerwater aan de andere zijde van de warmtewisselaar omhoog stroomt. Het voorverwarmde aanvoerwater stroomt naar de douchemengkraan maar kan eventueel ook naar het verwarmingstoestel. Omdat het nieuw aangevoerde douchewater voorverwarmd is, moet het verwarmingstoestel het water minder opwarmen er is dus minder heet water vanuit het verwarmingstoestel nodig.

De meeste douchewarmtewisselaars werken op het tegenstroomprincipe. Ten opzichte van meestroom heeft het tegenstroomprincipe het meeste rendement, omdat het temperatuurverschil tussen warme en koude stroom ongeveer gelijk blijft over de gehele afstand waarover in de warmtewisselaar warmteoverdracht plaatsvindt. [9]

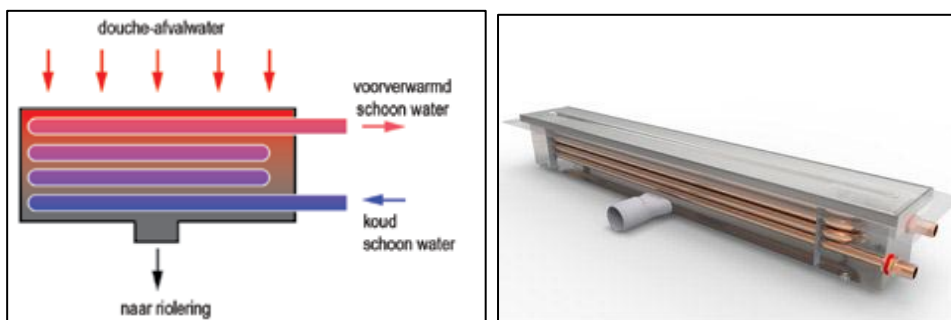


Figuur 10: Meestroom en tegenstroomprincipe in een DWTW

10.3 Types douchewarmtewisselaars

10.3.1 Douchegoot-WTW (Bries)

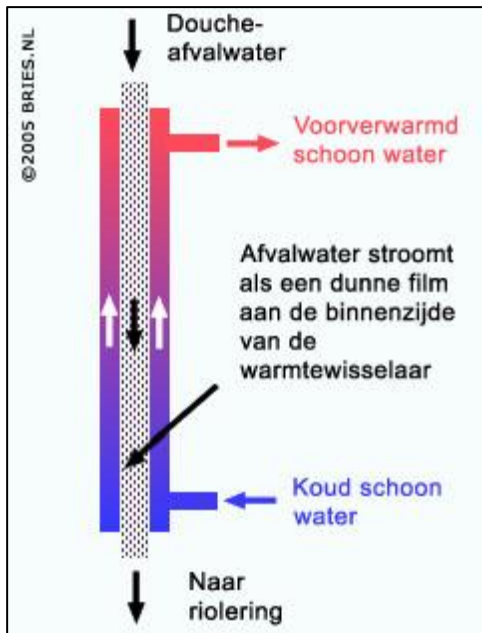
Het werkingsprincipe staat onderaan schematisch afgebeeld. De warmte-uitwisseling vindt plaats door middel van een warmtewisselaar die in de douchegoot is ingebouwd. Om maximaal rendement te behalen wordt gebruik gemaakt van het tegenstroom principe. De warmteoverdracht is geoptimaliseerd door de waterstromen aan beide zijden turbulent te maken.



Figuur 11: Douchegoot-WTW werking en doorsnede

10.3.2 Verticale douche-WTW

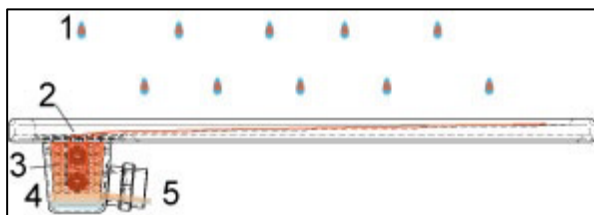
Door de centrale buis stroomt het afvalwater naar beneden, in de omringende mantel stroomt het schone drinkwater, in tegenstroom en met een zeer hoge turbulentie, omhoog. Er wordt gebruik gemaakt van het feit dat in een vallende film een efficiënte warmte-uitwisseling optreedt. Hierdoor wordt, ondanks het feit dat het beschikbare temperatuurverschil relatief klein is, toch een aanzienlijk vermogen overgedragen. Dus wordt er een grote hoeveelheid energie teruggewonnen.



Figuur 12 Werking verticale douche-WTW

10.3.3 Douchebak-WTW

De warmtewisselaar werkt volgens het tegenstroomprincipe. Het douchewater druppelt, via het stankslot en de verdeelplaat, over de spiraalvormige koperen warmtewisselaar. Daarbij staat het zijn warmte af aan het schone drinkwater. Door toepassing van deze techniek wordt een zeer hoog rendement gehaald. Het schone drinkwater blijft strikt gescheiden van het douchewater. Als extra veiligheidsmaatregel wordt een keerklep toegepast. [10]



Figuur 13: Werking douchebak-WTW

11. Kenmerken case 1 in EPB en PHPP

11.1 EPB: case 1 zonder zonneboiler/douchewarmtewisselaar

K-volume	
Totale verliesoppervlakte (m ²)	598,95
Beschermd volume (m ³)	691,31
Compactheid (m)	1,15
Gemiddelde U-waarde (W/m ² K)	0,70
K-peil	66,00
E-peil	104,00
Samenvatting van de resultaten van de EPB-eenheid	
Posten	Jaarlijks totaal
Primair energieverbruik verwarming (MJ)	158.732,01
Primair energieverbruik koeling (MJ)	1.287,78
Primair energieverbruik SWW (MJ)	24.578,17
Primaire energiebesparing door PV (MJ)	-29.322,44
Primair energieverbruik hulpenergie (MJ)	3.110,89
Primaire energiebesparing door WKK (MJ)	-0,00
Karakteristiek primair energieverbruik (MJ)	158.386,41
Primair energieverbruik SWW	
Posten	Jaarlijks totaal
Netto energiebehoefte SWW (MJ)	6.853,10
Bruto energiebehoefte SWW (MJ)	11.060,18
Energie voor SWW geproduceerd door thermische zonne-energiesysteem (MJ)	-0,00
Bruto energiebehoefte gedekt door SWW systeem (MJ)	11.060,18
Eindenergieverbruik SWW preferent (MJ)	24.578,17
Eindenergieverbruik SWW-niet-preferent (MJ)	0,00
Eindenergieverbruik SWW (MJ)	24.578,17
Primair energieverbruik SWW (MJ)	24.578,17

Tabel 1: Resultaten EPB berekening case 1

11.2 PHPP: case 1 zonder zonneboiler/douchewarmtewisselaar

Specifiek verbruik gerefereerd naar de geconditioneerde vloeroppervlakte			
Geconditioneerde vloeroppervlakte:	281,2 m ²		
	Gebruikt:	maandmethode	
Energiekengetal ruimteverwarming:	105	kWh/(m²a)	15 kWh/(m²a)
Resultaat luchtdichtheidstest gebouwschil:	7,8	h⁻¹	0,6 h ⁻¹
Primaire energie kengetal (SWW, VV, koeling, hulp- en huishoudelekt.):	149	kWh/(m²a)	120 kWh/(m ² a)
Primaire energie kengetal (SWW, verwarming en hulpstroom):	125	kWh/(m ² a)	
Primaire energie kengetal Energiebesparing door zonnestroom:	23	kWh/(m ² a)	
Verwarmingsvermogen:	58	W/m ²	
Temperatuuroverschrijdingsfrequentie:	0	%	boven 25 °C
Energiekengetal koeling:		kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)
Koellast:	12	W/m ²	
			Voldaan?
			nee
			nee
			nee

Tabel 2: Resultaten PHPP berekening van case 1

11.3 Zonneboiler in EPB en PHPP: parameters bij berekening

11.3.1 Zonneboiler in EPB

Het invoervenster thermische zonne-energie wordt geactiveerd in de energetische boomstructuur bij de knoop "EPB-eenheid". In het tabblad "installatiecomponenten" moet het invoerveld "Plaatselijk thermische zonne-energiesysteem" ja aangevinkt worden.

Rekenmethode:

Er zijn twee methoden om de bijdrage van het thermisch zonne-energiesysteem te berekenen:

- vereenvoudigde rekenmethode.
- berekening door een erkend rekenprogramma

De vereenvoudigde methode geïmplementeerd in de software rekent volgens een eenvoudige procedure om de invloed van een zonne-energiesysteem te bepalen. Deze procedure maakt gebruik van de kenmerken van de aanwezige zonnecollectoren, namelijk de apertuuroppervlakte, de oriëntatie, de helling en de beschaduwing, om de maandelijkse nuttige energiebijdrage van de collectoren te berekenen.

11.3.2 Zonneboiler in PHPP

Om een zonthermische energie systeem voor de productie van warm water in te geven in de PHPP software dient men het tabblad “ZonneWW” in te vullen. Deze productie wordt rechtstreeks in mindering gebracht van de behoefte aan SWW, waardoor het percentage in het tabblad “PE-kengetal” 100% moet blijven (de resterende SWW-vraag moet dus voor 100% geleverd worden). De zonnebijdrage wordt berekend op basis van een algoritme van Duffie en Beckman.

Verschillende factoren in EPB en PHPP

PHPP	EPB
Zonnecollectoren	
Apertuuroppervlakte	Apertuuroppervlakte
Helling	Helling
Oriëntatie	Oriëntatie
Beschaduwing	Beschaduwing
Optisch rendement	
k1	
k2	
Thermische warmtecap. C	
Kdir (50°)	
Zonneboilervat	
Opslagvolume	

Tabel 3: Verschillen tussen de PHPP en EPB software bij invoer van een zonneboiler

11.4 Invloed van parameters van de zonneboiler in case 1

11.4.1 Invloed van bestaande zonneboilerinstallatie in case 1

Het gaat om een Vaillant ecotec plus vc376 (buffervat volume = 150l) met Aurotherm vfk 135 vd panelen (oppervlakte 5,02m²). Deze zonneboiler gaat enkel helpen in warmtelevering voor sanitair warm water.

11.4.1.1 Invloed volgens EPB-software

Resultaten	Zonder zonneboiler	Met zonneboiler
E-peil	104	97
Karakteristiek primair energieverbruik (MJ)	158386,41	147569,19
Primair energieverbruik SWW (MJ)	24578,17	13760,95
Bruto energiebehoefte SWW (MJ)	11060,18	11060,18
SWW gedekt door thermische zonne-energie (MJ)	0	-4867,75
Bruto energiebehoefte gedekt door SWW systeem (MJ)	11060,18	6192,43

Tabel 4: Invloed zonneboiler met EPB berekening op case 1

Uit de resultaten blijkt dat de zonneboiler zorgt voor een E-peilverlaging van 7 punten, de zonneboiler heeft voor het sanitair warm water gebruik een dekkingsgraad van 44%.

11.4.1.2 Invloed volgens PHPP-software

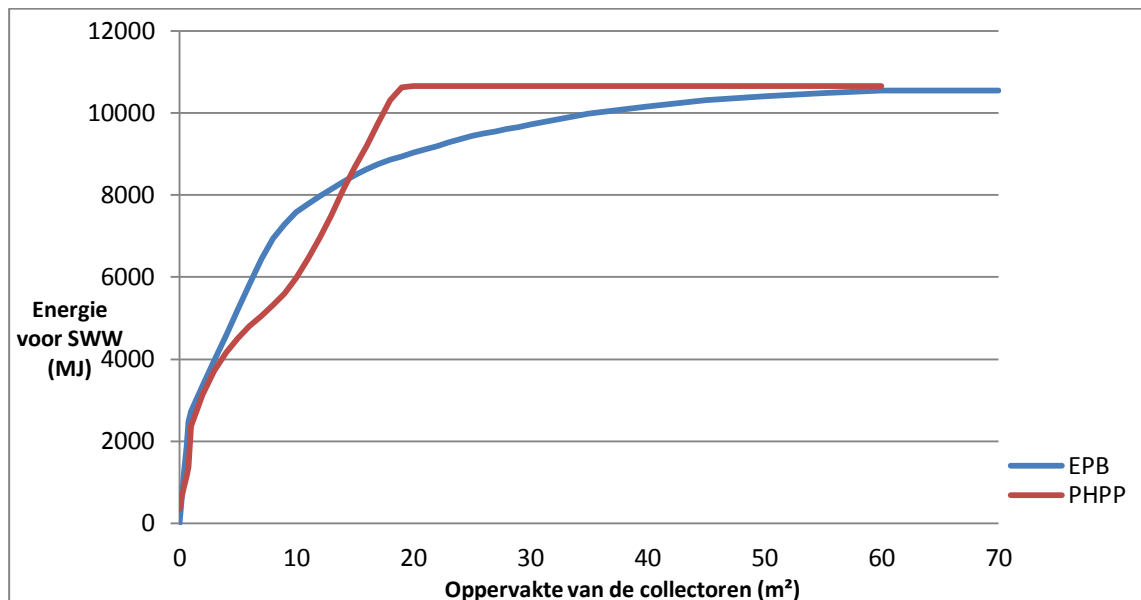
Resultaten	Zonder zonneboiler	Met zonneboiler
Primair energiengetal	149	145
Bruto energiebehoefte SWW (MJ)	10659,6	10659,6
SWW gedekt door thermische zonne-energie (MJ)	0	-4168,8
Bruto energiebehoefte gedekt door SWW systeem (MJ)	10659,6	6490,8

Tabel 5: Invloed zonneboiler met PHPP berekening op case 1

De zonneboiler zorgt voor een verlaging van 4 punten voor het primair energiengetal. De besparing op primaire energie is 4168,8 MJ wat minder is dan bij de EPB software, volgens de PHPP heeft de zonneboiler slechts een dekkingsgraad van 39%.

11.4.2 Apertuuroppervlakte

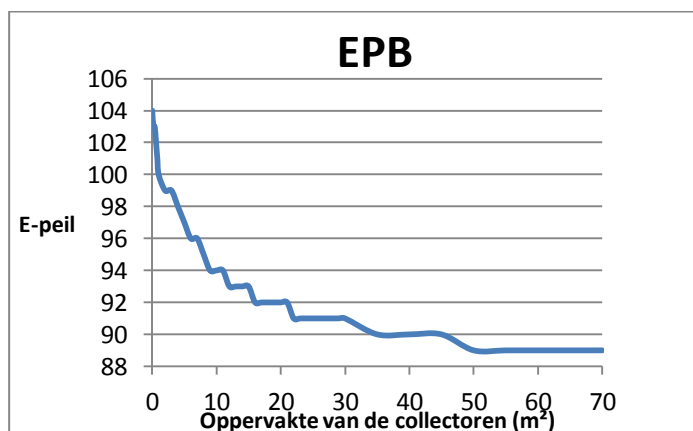
Onderstaande grafiek toont de energie voor sanitair warm water geproduceerd door het thermische-energiesysteem in functie van de oppervlakte van de collectoren.



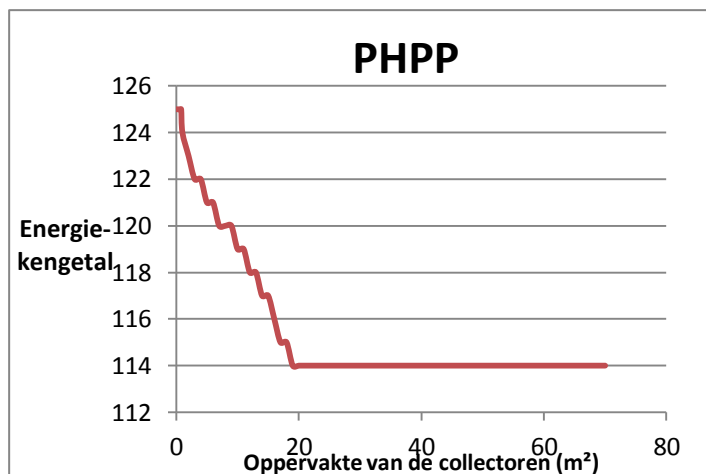
Figuur 14 Evolutie opbrengst zonneboiler in functie van de oppervlakte van de collectoren in EPB en PHPP

De collector is zuidelijk gericht met een helling van 40°. Realistisch gezien bevindt de oppervlakte van de collectoren zich tussen de 4 m² en 10 m². In de grafiek wordt doorgedaan tot een oppervlakte van 70 m². De energiewinsten in EPB gaan logaritmisches afnemen tot en met deze waarde van 70 m², waarbij er geen extra energiewinsten bijkomen.

In de PHPP software gaat de energiewinst ook logaritmisches toenemen bij de eerste realistische oppervlaktes van collectoren (t.e.m. 10m²). Waarna deze terug sterker gaat stijgen en op 19m² de maximumwaarde bereikt.



Figuur 15: Evolutie E-peil in functie van de oppervlakte van de collectoren in EPB



Figuur 16: Evolutie energiekegetal in functie van de oppervlakte van de collectoren in PHPP

In de grafieken van het e-peil en het energiekegetal in de respectievelijk de EPB en PHPP software zien we dezelfde trend als bij het de totale bespaarde energie voor SWW hierboven, een logaritmische daling van het E-peil bij EPB t.e.m. 50m² en een sterke daling tot 20m² bij de PHPP. Wanneer bij de EPB de totale energiekost voor sanitair warm water gedekt wordt door de zonneboiler gaat deze zorgen voor een daling 15 E-peil punten.

11.4.2.1 Verhouding tussen de oppervlakte van de collectoren en het opslagvolume van het zonneboilervat

In de EPB software kan men enkel het collectoroppervlakte ingeven. Ter vergelijking met de PHPP software waar ook de het opslagvolume van het zonneboilervat verplicht moet worden ingevuld. In de bovenstaande simulaties bij de PHPP software werd enkel de collectoroppervlakte aangepast, wat onlogisch is want een buffervat gaat maar een beperkt aantal warmte kunnen vasthouden en bijkomende collectoroppervlakte gaat niets veranderen aan de energiewinst.

De fabrikant van de thermische zonne-installatie in case 1 geeft als algemene regel mee op per m² collectoroppervlakte 40 à 50 l boilervolume te voorzien.

11.4.2.2 Vlakkeplaatcollectoren in vergelijking met vacuümbuiscollectoren

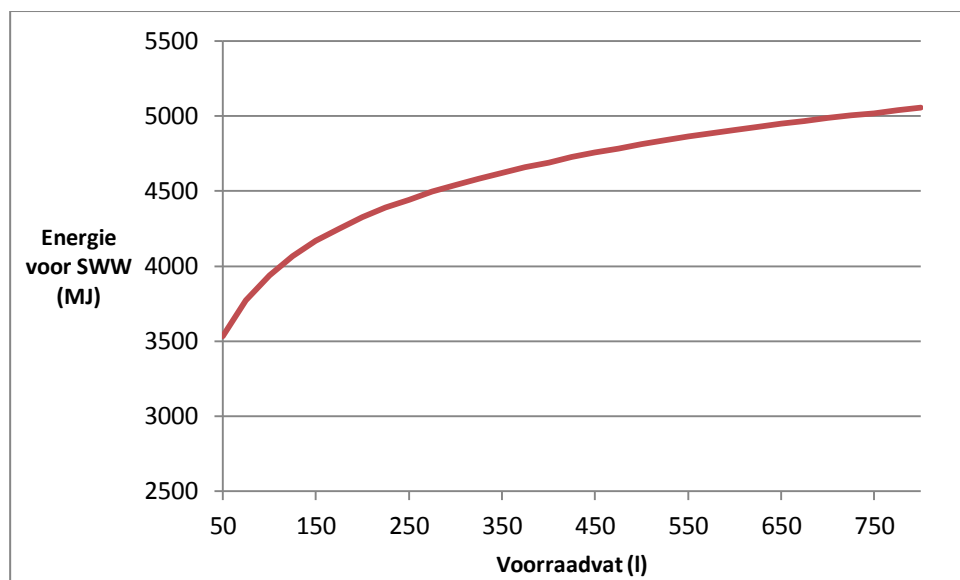
Naast de vlakkeplaatcollectoren toegepast in case 1 biedt de fabrikant van de zonneboiler ook vacuümbuiscollectoren aan. Naast de regel 40 à 50 l boilervolume per m² voor vlakkeplaatcollectoren geldt voor vacuümbuiscollectoren 70 à 100 l per m². De drie aurotherm VFK 135 vd panelen met een totale oppervlakte van 5,02 m² worden vervangen door een twee aurotherm VTK 570 vacuümbuispanelen met een totale oppervlakte van 3,48 m².

	Vlakkeplaat	Vacuümbuis
Type	auroTherm VFK 135 D	auroTherm VTK 570
Oppervlakte (m ²)	5,02	3,48
Optisch rendement (%)	0,8	0,642
k1	3,926	0,885
k2	0,01	0,01
Resultaten		
E-peil	97	98
MJ voor SWW in EPB	4.867,75	4.053,05
Energiekengetal PHPP	121	121
MJ voor SWW in PHPP	4.467,00	4.266,20

Tabel 6: Vervanging vlakkeplaatcollectoren door vacuümbuiscollectoren: resultaten in EPB en PHPP

Het vervangen van de panelen zorgt in de EPB software voor een stijging van het E-peil en een vermindering van de energie opgewekt door de thermische zonne-installatie, wat op zich niet onlogisch is aangezien de enige wijziging bij de berekening het collectoroppervlakte is. In de PHPP software is er ook een daling maar minder, dit komt doordat factoren zoals de k1 en k2 moeten ingevuld worden waardoor de berekening voor de opbrengst meer accuraat is.

11.4.3 Volume van het voorraadvat



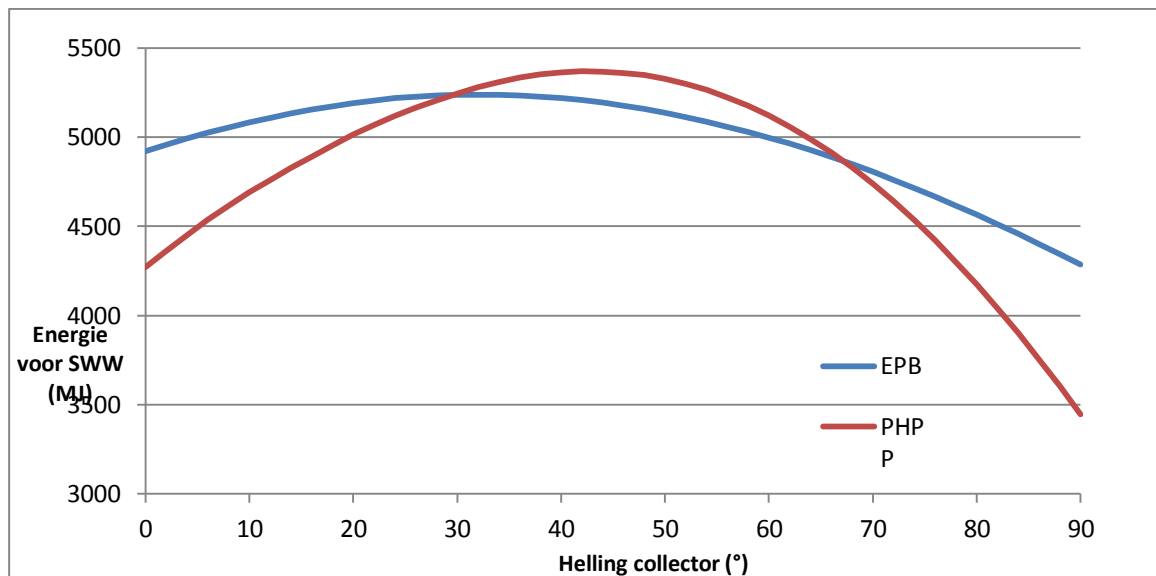
Figuur 17: Evolutie energieopbrengst zonneboiler in functie van de inhoud van het voorraadvat in PHPP

Het totale opslagvolume van het voorraadvat is, naast de oppervlakte van de collectoren een belangrijke factor in de totale kostprijs van de zonneboiler. Op energetisch vlak is het volume van het vat zeer belangrijk. Logischerwijs gaat een te klein volume er voor zorgen dat het werkingsrendement van de collectoren daalt omdat er maar een beperkt aantal warm water kan worden opgeslagen. Bij een te groot volume gaan de collectoren niet voldoende warmte leveren en gaat het warmteverlies van het vat de bovenhand nemen.

Uit de grafiek met de simulatie in PHPP blijkt dat deze regel niet gerespecteerd wordt. Een groter volume van het boilervat bij hetzelfde oppervlakte aan collectoren ($5,02 \text{ m}^2$) gaat steeds een betere opbrengst leveren

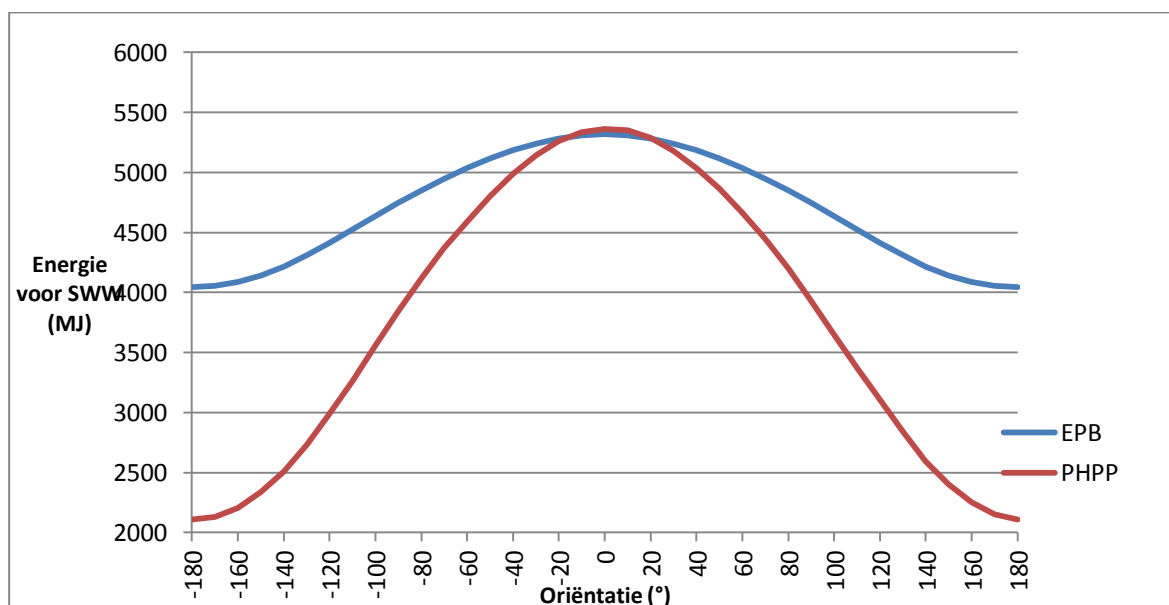
11.4.4 Helling en oriëntatie

Helling bij een collector van $5,02 \text{ m}^2$ zuidelijk gericht, de helling wordt uitgedrukt in ($^\circ$) waarbij 0° een plat dak is en 90° een verticale muur:



Figuur 18: Impact van de helling van de collector t.o.v. de horizontale op de energiewinst van de zonneboiler

Oriëntatie bij een collector van $5,02 \text{ m}^3$ met een helling van 40° , in de grafiek stelt 0° het absolute zuiden voor de positieve waarden evolueren naar het westen en de negatieve waarden naar her oosten:



Figuur 19: Impact van de oriëntatie van de collector op de energiewinst van de zonneboiler

EPB	Helling (°)							
		0	15	32	45	60	75	90
Oriëntatie naar het	oosten	94%	93%	91%	87%	82%	77%	71%
	zuidoosten	94%	97%	97%	95%	92%	86%	79%
	zuiden	94%	98%	100%	99%	95%	90%	82%
	zuidwesten	94%	97%	97%	95%	92%	86%	79%
	westen	94%	93%	91%	87%	82%	77%	71%

PHPP	Helling (°)							
		0	15	30	42	60	75	90
Oriëntatie naar het	oosten	79%	78%	75%	70%	61%	49%	37%
	zuidoosten	79%	87%	91%	91%	84%	72%	54%
	zuiden	79%	91%	98%	100%	95%	82%	63%
	zuidwesten	79%	87%	92%	92%	86%	74%	57%
	westen	79%	79%	76%	72%	63%	53%	41%

Tabel 7: Verschillen tussen EPB en PHPP op gebied van oriëntatie en helling van de collector

De opbrengst van je zonnecollectoren- of panelen wordt bepaald door de hoeveelheid zonnestraling die er op in valt. Die hoeveelheid hangt dan weer samen met de oriëntatie en helling van de panelen. De ideale opstelling volgens de EPB software lijkt volledig zuidelijk gericht te zijn met een helling van 32°. Wat opvalt is dat een oriëntatie volledig naar het oosten/westen met de juist helling nog steeds een goed rendement oplevert. Ook een vlakke opstelling (0° hellingsgraad) levert een goed rendement.

Bij de PHPP software daarentegen heeft men de beste opbrengst bij zuidelijk gerichte panelen met een helling van 42°. De minder goede opstelling van de panelen wordt strenger bestraft wordt in de PHPP software dan in de EPB software. De resultaten bekomen met PHPP komen goed overeen met wat fabrikanten i.v.m. oriëntatie en helling in het algemeen aangeven.

11.4.5 Invloed leidinglengtes voor sanitair warm water

11.4.5.1 Leidinglengtes in EPB

In de berekeningsmethodiek van de EPB software worden enkel baden, douches en keukenaanrechten als tappunten beschouwd. Andere tappunten zoals lavabo's in badkamers of slaapkamers, aanrechten in bergingen, uitgietsbakken worden niet meegerekend. De tappunten die wel moeten ingerekend worden, moeten worden ingegeven in de knoop van de energetische boomstructuur 'sanitair warm water'.

Invloed zonneboiler leiding lengtes:

Om te kijken wat de invloed van de leiding lengtes is gaan we eerst kijken naar de onrealistische situatie waar er 0 meter leidingen zijn. M.a.w. de netto energiebehoefte.

Netto energiebehoefte: 6.853,10 MJ

Bruto energiebehoefte: 10.060,18 MJ

Volgens de berekeningen in de EPB software van case 1 zorgen de verliezen in de leidingen voor een extra energieverbruik van 4.207,08 MJ (11.060,18-6.853,10) wat neerkomt op 38% van de totale energiekost voor sanitair warm water.

Keuken (m)	Bruto vraag SWW (MJ)	Zonneboiler (MJ)	Verschil bruto (MJ per m)	Zonneboiler (MJ per m)	Dekkingsgraad zonneboiler
0,00	8607,49	4121,55			47,88%
2,00	8896,04	4179,55	144,28	28,86	46,98%
4,00	9184,59	4236,98	144,28	28,86	46,13%
6,00	9473,14	4294,69	144,28	28,86	45,34%
8,00	9761,69	4352,40	144,28	28,86	44,59%
10,00	10050,25	4410,11	144,28	28,86	43,88%
12,00	10338,80	4467,82	144,28	28,86	43,21%
14,00	10627,35	4525,53	144,28	28,86	42,58%

Tabel 8: Invloed leidinglengte keukenaanrecht op de zonneboiler in EPB

Bad/Douche (m)	Bruto vraag SWW (MJ)	Zonneboiler (MJ)	Verschil bruto (MJ per m)	Zonneboiler (MJ per m)	Dekkingsgraad zonneboiler
0,00	10402,28	4480,51			43,07%
2,00	10621,58	4524,37	109,65	21,93	42,60%
4,00	10840,88	4568,23	109,65	21,93	42,14%
6,00	11060,18	4612,09	109,65	21,93	41,70%
8,00	11279,47	4655,95	109,65	21,93	41,28%
10,00	11498,77	4699,81	109,65	21,93	40,87%
12,00	11718,07	4743,67	109,65	21,93	40,48%
14,00	11937,37	4787,53	109,65	21,93	40,11%

Tabel 9: Invloed leidinglengte bad/douche op de zonneboiler in EPB

Voor de invloed van de leiding lengtes gaat de EPB software simpelweg 144,28 MJ per m leiding naar het keukenaanrecht toevoegen aan het bruto energieverbruik voor sanitair warm water en 109,65 MJ per m leiding naar bad of douche. Het is logisch dat de verliezen in de leidingen naar de keuken groter zijn aangezien dit tappunt frequenter maar ook korter gebruikt wordt dan het tappunt in de douche of bad. Een korter en frequenter gebruik zorgt ervoor dat er meer start/stop verliezen bijkomen in de leidingen.

De zonneboiler gaat telkens 20% van het extra energieverbruik dekken volgens de EPB. 21,93 MJ van 109,65 MJ en 28,86 MJ van 144,28 MJ.

Invloed op het e-peil:

Totaal (m)	Bruto SWW (MJ)	Zonneboiler (MJ)	Dekkingsgraad zonneboiler	E-peil met	E-peil zonder
33	11060,18	4867,75	44,01%	97	104 (7)
66	15267,26	5709,17	37,39%	102	110 (8)

Tabel 10: Invloed leidinglengte op E-peil in EPB

Bij een verdubbeling van het aantal meter leidingen naar het keukenaanrecht en bad/douche gaat het E-peil stijgen met 5 punten in case 1 met zonneboiler en met 6 punten zonder zonneboiler. Dezelfde zonneboiler gaat zorgen voor een grotere daling in E-peil, dit is logisch aangezien bij langere leidingen de totale energie geproduceerd voor SWW door de zonneboiler gaat stijgen.

Als regel voor de invloed op het e-peil kunnen we stellen dat elke 5-6m extra leidingen naar het keukenaanrecht zorgen voor een stijging van 1 e-peil punt. Voor de extra leidingen naar het bad/douche is dit 6-7m met invloed van de zonneboiler.

11.4.5.2 Leidinglengtes in PHPP

In het tabblad Distributie + WW wordt de energiebehoefte van het volledig SWW systeem aan de hand van het SWW verbruik per persoon per dag en de verliezen in de leidingen.

In de PHPP software wordt ten eerste jaarlijkse netto energiebehoefte bepaald aan de hand van het SWW verbruik per persoon per dag (25,0 liter/pers/d) en de gemiddelde koude aanvoertemperatuur (10,0 °C). Beide waarde zijn bij ontstentenis, enkel het SWW verbruik per persoon mag gewijzigd worden bij het inbrengen van een douchewarmtewisselaar.

Netto energiebehoefte SWW productie			
SWW verbruik per persoon en per dag (60 °C)	V_{SWW} (Project of gemiddelde waarde 25 liter/Pkt)	25,0	liter/Pers/d
Gemiddelde koudwater aanvoertemperatuur	ϑ_{DW} Drinkwatertemperatuur (K)	10,0	°C
SWW niet-electrische was- en vaatwas	(werkblad Elektriciteit)	0	kWh/a
Jaarlijkse energiebehoefte SWW	Q_{SWW}	2117	kWh/a
Spec. energiebehoefte SWW	$q_{SWW} = Q_{SWW} / A_{EB}$		kWh/(m ² a)

Tabel 11: Netto energiebehoefte SWW in PHPP

Om de totale energiebehoefte van het volledige SWW systeem te bepalen moeten de verliezen van de leidingen nog ingerekend worden. Hiervoor vraagt de software de totale lengte van de leidingen en de buitendiameter van de leidingen.

Netto energiebehoefte case 1 in PHPP: 2117 kWh = 7.621,20 MJ

Plus de verliezen in de leidingen geeft de Bruto energiebehoefte van het SWW systeem: 2997 kWh = 10.789,20 MJ

De verliezen in de leidingen voor een extra energieverbruik van 3.168,00 MJ (10.789,20 - 7.621,20) wat neerkomt op 29% van de totale energiekost voor sanitair warm water.

Invloed leidinglengtes:

Leiding (m)	Bruto SWW (MJ)	Zonneboiler (MJ)	Vershil (MJ per m)	Zonneboiler (MJ per m)	Dekkingsgraad zonneboiler
0,00	8816,40	4085,57			46,34%
2,00	8902,80	4105,22	43,20	9,83	46,11%
4,00	8989,20	4124,63	43,20	9,70	45,88%
6,00	9079,20	4143,74	45,00	9,56	45,64%
8,00	9165,60	4162,61	43,20	9,43	45,42%
12,00	9342,00	4199,54	44,10	9,23	44,95%
16,00	9514,80	4235,51	43,20	8,99	44,51%
20,00	9691,20	4270,50	44,10	8,75	44,07%
24,00	9867,60	4304,56	44,10	8,51	43,62%
26,00	9954,00	4321,22	43,20	8,33	43,41%
30,00	10130,40	4353,62	44,10	8,10	42,98%
34,00	10306,80	4385,81	44,10	8,05	42,55%
40,00	10569,60	4432,10	43,80	7,72	41,93%
70,00	11883,60	4638,64	43,80	6,88	39,03%
100,00	13201,20	4811,69	43,92	5,77	36,45%
200,00	17586,00	5224,50	43,85	4,13	29,71%

Tabel 12: Invloed leidinglengtes op dekkingsgraad zonneboiler

De PHPP software gaat telkens 44 MJ extra aanrekenen per m leiding (dit is bij leidingen met een dikte van 15mm). In de resultaten van de zonneboiler zien we dat deze aanvankelijk ongeveer 20% van de extra energiekosten gaat dekken net zoals bij de EPB software, de zonneboiler gaat wel telkens een kleiner en kleiner aandeel van de extra verliezen door de leidingen dekken, dit verschilt met de EPB software waar deze constant blijft.

11.4.6 Overige parameters in PHPP

11.4.6.1 η_0 (Optisch rendement)

Het optisch rendement (η_0) staat voor het maximale rendement van de collector wanneer de vloeistoftemperatuur gelijk is aan de omgevingstemperatuur (geen warmteverliezen). En dus is dit de maximale zonne-energie die opgevangen kan worden. Bijvoorbeeld een optisch rendement van 80 % betekent dat 80 % van de zonne-energie op de collector wordt omgezet in warmte. Deze waarde hangt af van de eigenschappen van het glas en van de selectiviteit van de absorber. In dit rendement zijn volgende onderdelen reeds verrekend: de lichtdoorlaat van de glazen plaat van de collector en de omzettingfactor van de absorber. Ze wordt gemeten onder standaard testomstandigheden (AM 1,5, 1000 W/m², loodrecht op de collector). [11]

11.4.6.2 *K1 (Lineaire transmissiecoëfficiënt) en K2 (Kwadratische transmissiecoëfficiënt)*

De verliescoëfficiënten k_1 en k_2 , respectievelijk voor de convectie- en de stralingsverliezen, vertellen ons hoe goed (of hoe slecht) de zonnecollector geïsoleerd is. De waarden van die coëfficiënten moeten dus zo klein mogelijk zijn. Des te lager k_1 en k_2 des te beter de zonnecollector de omgezette warmte vasthoudt en dus des te meer omgezette zonne-energie nuttig overblijft om in de boiler te worden gestoken om het sanitair warm water op te warmen. [11]

11.4.6.3 *C (Thermische warmtecapaciteit)*

Het aanpassen van de thermische warmtecapaciteit heeft geen invloed op de berekening van het verwarmingsvermogen van de zonneboiler in het PHPP rekenblad. Volgens een studie van IDEG heeft de thermische warmtecapaciteit weinig impact op het rendement van de zonneboiler. Een collector met een kleine warmtecapaciteit zal sneller reageren op een verandering in de omgeving en heeft daarmee een klein voordeel t.o.v. een “zwaardere” collector. Wanneer de zonneboiler in zijn geheel bekeken wordt, is het ook de taak van het opslagvat om de warmte te bufferen, en niet die van de collector. [12]

11.4.6.4 *K_{dir} (50°) (Hoekcorrectiefactor)*

Hoekcorrectiefactor (directe instraling) de waarde bij ontstentenis in PHPP is 0,95. Dit is een correctie factor die aangeeft hoe de zonnestraling invalshoek de prestaties van de zonnecollector beïnvloed.

In tegenstelling tot vlakke plaat zonnecollectoren zal de vacuüm buis zonnecollector tijdens een groot gedeelte van de dag een constante hoeveelheid energie leveren. Dit komt doordat de buizen ook vanaf de zijkant stralingsenergie opnemen. [11]

11.5 Douchewarmteterugwinning in EPB

Om de gegevens van de douchewarmtewisselaar in de EPB in te geven moet men na het ingeven van de tappunten in het tabblad 'sanitair warm water', het selectievakje 'douche met warmtewisselaar' met 'ja' aanvinken. Het invoerscherm 'warmtewisselaar' verschijnt waarin de parameters moeten worden ingegeven.

Douche badkamer

Naam :

Soort tappunt :

Douche met warmtewisselaar : Ja Neen

Warmtewisselaar

Dergelijke vorm van warmteterugwinning is niet toepasbaar bij een bad omdat de watertoevoer en -afvoer niet gelijktijdig zijn. Indien een douche en een bad gecombineerd worden (badkuip doet tevens dienst als douchebak), dan wordt de combinatie in het kader van de EPW-berekeningen bij conventie louter als bad beschouwd. Het effect van een ev. douchewarmteterugwinapparaat op de afloop wordt voor een dergelijke configuratie dus buiten beschouwing gelaten.

Type aansluiting warmtewisselaar :

Lengte van de leiding naar het opwarmingstoestel (vanaf de warmtewisselaar) : m

Waarde bij ontstentenis voor het rendement : Ja Neen

Rendement van de warmtewisselaar : %

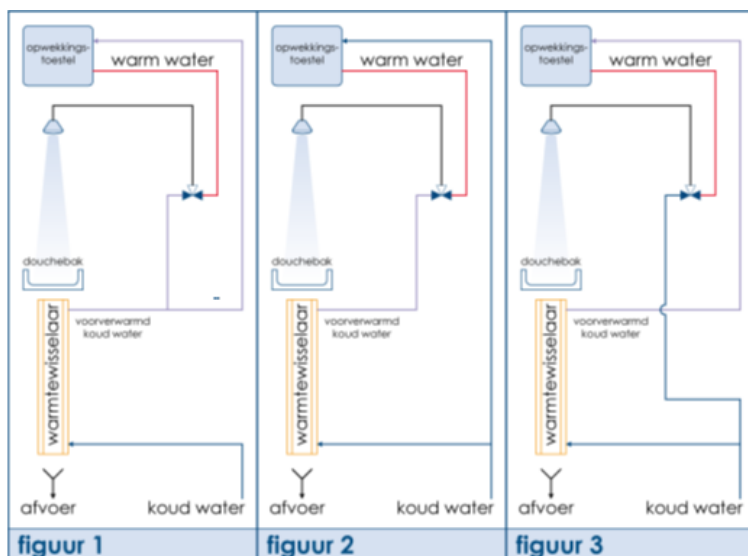
Leidinglengte gekend : Ja Neen

Lengte van de leiding naar het tappunt : m

Figuur 20: Parameters douchewarmtewisselaar in EPB

11.5.1 Aansluitschema's warmtewisselaar

- Schema 1: Het voorverwarmde water gaat naar de koude poort van de mengkraan van de douche als naar de inlaat van het warmteopwarmingstoestel voor warm tapwater dat de douche bedient.
- Schema 2: Het voorverwarmde water gaat enkel naar de koudepoort van de mengkraan van de douche.
- Schema 3: Het voorverwarmde koud water gaat enkel naar de inlaat van het warmteopwarmingstoestel voor warm tapwater dat de douche bedient.



Figuur 21: Aansluitschema's douchewarmtewisselaar

11.5.2 Simulatie verschillende types douchewarmtewisselaar in EPB

ZONDER ZONNEBOILER	Bruto behoefte (MJ)	Besparing (MJ)	% bespaart	E-peil
Zonder DWTW	11.060,18	0,00	0,00	104
Douchegoot/bak				
Schema 1	9.556,71	1.503,47	13,59 %	102
Schema 2	9.753,02	1.307,16	11,82 %	102
Schema 3	9.950,60	1.109,58	10,03 %	103
Verticale douche-WTW				
Schema 1	9.564,33	1.495,85	13,52 %	102
Schema 2	9.753,02	1.301,18	11,76 %	102
Schema 3	9.960,54	1.099,64	9,94 %	103

Tabel 13: Invloed DWTW op E-peil

Uit de simulaties blijkt dat de verschillende douchewarmtewisselaars 10% tot 14% van de totale energiebehoefte voor sanitair warm water gaat dekken. Het beste rendement wordt gehaald met schema 1 waar het voorverwarmde water zowel naar de ketel als naar de mengkraan geleid wordt. De reden hiervoor is dat de hoeveelheid afvalwater groter is dan de hoeveelheid koud water dat de mengkraan afneemt voor het douchen.

Invloed leidinglengte op aansluitschema 1 en 3:

SCHEMA1				SCHEMA3		
Leiding (m)	Bruto behoefte (MJ)	Besparing door WTW (MJ)	Verschil per (MJ per m)	Bruto behoefte (MJ)	Besparing door WTW (MJ)	Verschil per (MJ per m)
0	11.060,18			11.060,18		
2	9.529,20	1.530,98		9.915,41	1.144,77	
4	9.535,91	1.524,27	-3,35	9.923,89	1.136,29	-4,24
6	9.542,47	1.517,71	-3,28	9.932,24	1.127,94	-4,18
8	9.548,88	1.511,30	-3,20	9.940,47	1.119,71	-4,11
10	9.555,16	1.505,02	-3,14	9.948,59	1.111,59	-4,06
12	9.561,31	1.498,87	-3,07	9.956,59	1.103,59	-4,00
14	9.567,33	1.492,85	-3,01	9.964,47	1.095,71	-3,94
16	9.573,22	1.486,96	-2,94	9.972,24	1.087,94	-3,89
18	9.578,99	1.481,19	-2,89	9.979,90	1.080,28	-3,83
22	9.590,18	1.470,00	-2,80	9.994,90	1.065,28	-3,75

Tabel 14: Invloed leidinglengte op besparing door WTW in EPB

De leidinglengte tussen de douchewarmtewisselaar en het warmteopwekkingstoestel gaat uiteraard zorgen voor een minder hoog rendement van de warmtewisselaar. Uit de resultaten blijkt dat de impact op de totale energierecuperatie bijna te verwaarlozen is.

Ook de afstand tussen de (verticale) douchewarmtewisselaar en de afvoer gaat voor een verlies zorgen, deze afstand kan men niet ingeven in de EPB software maar in het algemeen wordt aangenomen dat er 1 % rendement wordt verloren per meter versleping

MET ZONNEBOILER	(MJ)	Schema	Verschil (MJ)	E-peil
Energiebehoefte gedekt door SWW systeem	6.192,43	Zonder		97
SWW door zonneboiler	-4.867,75			
Bruto energiebehoefte SWW	11.060,18			
Douchegoot/bak				
Energiebehoefte gedekt door SWW systeem	4.989,66	Schema 1	1.202,77	95
SWW door zonneboiler	-4.567,06		-300,69	
Bruto energiebehoefte SWW	9.556,71		1.503,47	
Energiebehoefte gedekt door SWW systeem	5.146,70	Schema 2	1.045,73	96
SWW door zonneboiler	-4.606,32		-261,43	
Bruto energiebehoefte SWW	9.753,02		1.307,16	
Energiebehoefte gedekt door SWW systeem	5.301,54	Schema 3	890,89	96
SWW door zonneboiler	-4.645,83		-221,92	
Bruto energiebehoefte SWW	9.950,60		1.109,58	
Verticale douche-WTW				
Energiebehoefte gedekt door SWW systeem	4.995,75	Schema 1	1.196,68	95
SWW door zonneboiler	-4.568,58		-299,17	
Bruto energiebehoefte SWW	9.564,33		1.495,85	
Energiebehoefte gedekt door SWW systeem	5.146,70	Schema 2	1.045,73	96
SWW door zonneboiler	-4.606,32		-261,43	
Bruto energiebehoefte SWW	9.753,02		1.307,16	
Energiebehoefte gedekt door SWW systeem	5.312,72	Schema 3	879,71	96
SWW door zonneboiler	-4.647,82		-219,93	
Bruto energiebehoefte SWW	9.960,54		1.099,64	

Tabel 15: Invloed DWTW op de energieopbrengst van de zonneboiler in EPB

Voor de berekening van de douchewarmtewisselaar en de zonneboiler te samen gaat de EPB software eerste de impact van de DWTW bepalen en deze aftrekken van de bruto energiebehoefte voor SWW. De impact van de zonneboiler wordt daarna berekend, uiteraard gaat hierdoor de totale energieproductie door de zonneboiler dalen aangezien de bruto energiebehoefte is gedaald.

Tezamen gaan de DWTW en de zonneboiler zorgen voor een dekkingsgraad van 52% - 55% voor de totale energiebehoefte voor sanitair warm water en een daling van het e-peil van 8 - 9 punten.

11.6 Douchewarmteterugwinning in PHPP

Het is mogelijk om een douchewarmtewisselaar in rekening te brengen in de PHPP software via een gereduceerd warmwaterverbruik. Het in te geven debiet wordt berekend met de rekenmethode die PHP ontwikkelde en deze is beschikbaar in de CalculAid tool v2.2

In het tabblad distributie+SWW bedraagt de waarde bij ontstentenis voor het SWW verbruik per persoon per dag 25 liter. Bij het inbrengen van een DWTW mag deze waarde gewijzigd worden. Aan de hand van deze parameters wordt de impact van de DWTW berekend.

-het thermische rendement van de DWTW

-de werkelijke leidinglengte tussen het uitgangspunt van de DWTW en warmteopwekkingstoestel

-de lengte van de SWW-leidingen naar de douche

Als resultaat uit de CalculAid tool krijgt men een nieuw lager verbruik voor SWW per persoon per dag.

Opmerking: In deze PHPP berekening wordt gerekend met het 'planning' in het resultaat tabblad wat wil zeggen dat er gerekend wordt met het werkelijk aantal personen dat in het huis woont (4). Bij aanvinken van de optie 'nazicht van de eisen' gaat de software kijken naar de grote van het huis om de bezetting van het huis te bepalen wat in deze case neerkomt op een vergroting van het SWW verbruik.

Bij het ingeven van de verschillende DWTW systemen krijgt men deze resultaten:

ZONDER ZONNEBOILER	liter/pers/d	Bruto SWW (MJ)	Besparing (MJ)	% bespaart
Zonder DWTW	25	10788,336	0	0
Douchegoot/bak				
Schema 1	20,31	9358,596	1429,74	13,25%
Schema 2	20,23	9334,188	1454,15	13,48%
Schema 3	22,11	9907,308	881,03	8,17%
Verticale douche-WTW				
Schema 1	20,32	9361,656	1426,68	13,22%
Schema 2	20,23	9334,188	1454,15	13,48%
Schema 3	22,13	9913,428	874,91	8,11%

Tabel 16: Invloed DWTW volgens PHPP software

Er zijn gelijkaardige resultaten aan de EPB waarbij afhankelijk van het type DWTW en aansluiting 8 % - 14 % van de totale energiebehoefte kan bespaard worden. Uit de resultaten kan men zien dat het tweede aansluitschema (enkel aan mengkraan douche) het beste resultaat geeft (bijna gelijk met schema 1). In tegenstelling tot de bij de EPB software waar aansluitschema 1 (mengkraan en warmteopwekkingstoestel) meer energie bespaart.

Invloed leidinglengte tussen de DWTW en het ingangspunt van het warmteopwekkingstoestel:

SCHEMA1	liter/pers/d	Bruto SWW (MJ)	Besparing (MJ)	Vershil per (MJ per m)
Geen DWTW	25	10788,34		
2	20,24	9337,25	1451,09	
4	20,26	9343,33	1445,00	-3,04
6	20,27	9346,39	1441,94	-1,53
8	20,29	9352,51	1435,82	-3,06
10	20,3	9355,54	1432,80	-1,51
12	20,32	9361,66	1426,68	-3,06
14	20,33	9364,68	1423,66	-1,51
16	20,34	9367,74	1420,60	-1,53
18	20,36	9373,82	1414,51	-3,04
22	20,38	9379,94	1408,39	-1,53

Tabel 17: Invloed leidinglengtes op opbrengst DWTW in PHPP software

Het resultaat is ongeveer gelijkwaardig aan dat van de EPB waar er ongeveer 2 à 3 MJ per m aan warmterecuperatie wordt verloren door de DWTW.

DWTW en aansluiting	Bruto energie behoefte (MJ)	Besparing door DWTW (MJ)	Opbrengst zonneboiler (MJ)	Totale besparing (MJ)	Dekkingsgraad	Vershil zonneboiler (MJ)
Zonder	10789,20	0,00	4190,40	4190,40	38,84%	0
Schema 1	9360,00	1429,20	3948,48	5377,68	57,45%	-241,92
Schema 2	9334,80	1454,40	3942,36	5396,76	57,81%	-248,04
Schema 3	9914,40	874,80	4046,76	4921,56	49,64%	-143,64

Tabel 18: Invloed DWTW op de energieopbrengst van de zonneboiler in PHPP

Ook hier gaat eerst de impact van de douchewarmtewisselaar ingecalculeerd worden door het verlagen van de bruto energiebehoefte. Daarna wordt de opbrengst van de zonneboiler berekend. Samen gaan de twee zorgen voor een dekkingsgraad van 49 % - 58 % van de totale energiebehoefte voor sanitair warm water.

11.7 Economische analyse zonneboiler en DWTW case 1

11.7.1 Terugverdientijd zonneboiler in EPB en PHPP

Investering zonneboiler : € 3.000 – (subsidies) € 1.909 = € 1.091

Totaal energie bespaard door zonneboiler in EPB: 4.867,75 MJ

Totaal energie bespaard door zonneboiler in PHPP: 4.168,8 MJ

Jaarrendement ketel: 90%

Onderste verbrandingswaarde gas: 31,65 MJ per m³ gas

In EPB 153,80 m³ gas jaarlijks bespaard door de zonneboiler / 0,9: 170,89 m³

In PHPP 131,70 m³ gas jaarlijks bespaard door zonneboiler / 0,9: 146,37 m³

Gas prijs per m³: € 0,6380 [13]

Totaal bespaard in EPB per jaar: € 109,03 terugverdientijd = **10,00j**

Totaal bespaard in PHPP per jaar: € 93,38 terugverdientijd = **11,68j**

11.7.2 Terugverdientijd combinatie DWTW en zonneboiler in EPB en PHPP

Investering zonneboiler : € 3.000 – (subsidies) € 1.909 = € 1.091

Investering verticale douche-WTW: € 800

Totaal energie bespaard door douche-WTW in EPB: 1.495,85 MJ

Totaal energie bespaard door douche-WTW in PHPP: 1.454,15 MJ

Totaal energie bespaard door zonneboiler (na vermindering douche-WTW) in EPB: 4.568,58 MJ

Totaal energie bespaard door zonneboiler (na vermindering douche-WTW) in PHPP: 3.942,36 MJ

Totaal bespaard in EPB door **DWTW** per jaar: 52,51 m³ = € 33,50 per jaar; terugverdientijd = **23,88j**

Totaal bespaard in PHPP door **DWTW** per jaar: 51,00 m³ = € 32,54 per jaar; terugverdientijd = **24,58j**

Totaal bespaard in EPB door **Zonneboiler** per jaar: 160,38 m³ = € 102,32 per jaar; terugverdientijd = **10,66j**

Totaal bespaard in PHPP door **Zonneboiler** per jaar: 138,40 m³ = € 88,29 per jaar; terugverdientijd = **12,35j**

11.8 Invloed zonneboiler op case 1 in de werkelijkheid

Om de invloed van de zonneboiler te kunnen berekenen werd getracht het verbruik van de oude boiler te onderscheiden van het gasverbruik voor de verwarming. Als we het verbruik van de maanden juni, juli en augustus nemen dan werkt de verwarmingsketel enkel voor de productie van warm water. Als we dan van de veronderstelling uitgaan dat we gedurende de andere maanden ongeveer hetzelfde verbruik hebben dan kunnen we het percentage voor het totale verbruik berekenen.

	Datum	Stand m ³	Verbruik	Percentage	Boiler deel
	26/08/2010	38211			
september	4/10/2010	38272	61	2,90%	36
oktober	2/11/2010	38378	106	5,03%	36
november	29/11/2010	38668	290	13,76%	36
december	28/12/2010	39145	477	22,64%	36
januari	31/01/2011	39581	436	20,69%	36
februari	25/02/2011	39854	273	12,96%	36
maart	1/04/2011	40113	259	12,29%	36
april	2/05/2011	40180	67	3,18%	36
mei	1/06/2011	40216	36	1,71%	36
juni	1/07/2011	40252	36	1,71%	36
juli	1/08/2011	40286	34	1,61%	36
augustus	1/09/2011	40318	32	1,52%	36
Totaal verbruik			2107	100,00%	432
Gedeelte van het gebruik voor warmwaterproductie					20,50%

Tabel 19: Verbruik van gas in case 1

Uit bovenstaande tabel kunnen we aflezen dat het verbruik voor de productie van warm water +/- 20,50 % uitmaakt van het totale gasgebruik.

De omrekeningsfactor voor gas in m³ bij de distributeur IVEKA naar kW is afhankelijk van de calorische waarde van het gas en is : 9,9763

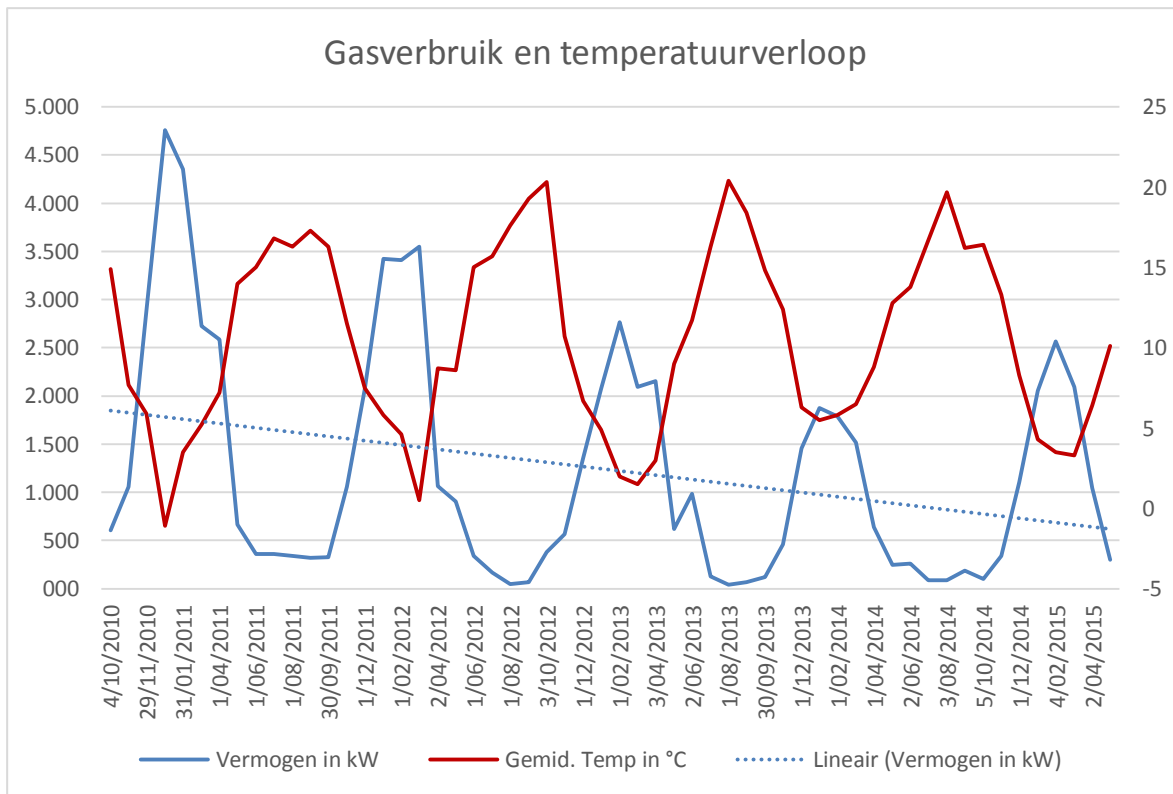
In 2010 bedroeg het verbruik dus $2107 * 9,9763 = 21.020,6$ kW.

Hiervan is dus 20,50% voor warm water wat komt op : 4309,223 kW.

Voor het verwarmen van de woning werd dus : 16.711,37 kW verbruikt.

Laten we nu verder kijken naar de evolutie van het verbruik na de energiebesparende maatregelen.

In een eerste grafiek hebben we de metingen in een lijngrafiek geplaatst in vergelijking



Figuur 22: Gasverbruik en temperatuurverloop in case 1 van 2010 tot 2015

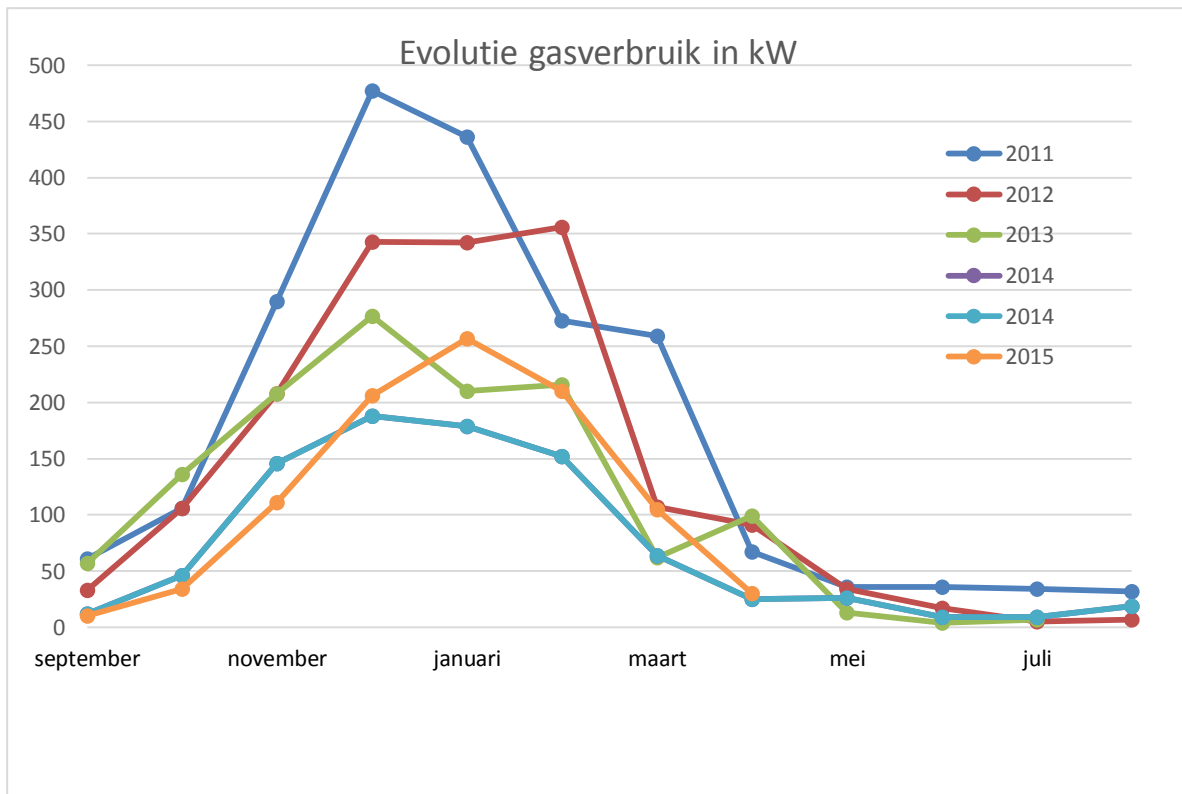
Bovenstaande grafiek geeft het verloop van het gasverbruik in KW in het verloop van de blauwe volle lijn. De linker secundaire as geeft telkens het verbruikte gas gemeten per maand. De rode streep-punt lijn geeft het gemiddelde temperatuurverloop gedurende deze periode, gemeten in de buurt van de woning door een officieel meetstation van het KMI.

De energie verbeterende prestaties zijn uitgevoerd in de periode eind 2011 en begin 2012. De laatste was de installatie van de zonneboiler op 1 augustus 2012.

We kunnen opmerken dat het verbruik gedurende de opeenvolgende jaren toch beduidend is afgenomen, wat we ook kunnen vaststellen door de blauwe gestreepte trendlijn die in dalende lijn gaat. De temperatuurlijn geeft aan dat het eerste referentiejaar wel kouder was in de winter terwijl de volgende jaren de gemiddelde temperatuur niet meer onder nul geweest is.

We kunnen ook de invloed van de zonneboiler tijdens de zomermaanden goed opmerken, waar er in 2011 het gasverbruik in de zomer op een vlakke lijn vrij hoog blijft daalt dit in de volgende zomers bijna tot nul waar we ook bij de voor- en nazomer maanden een bredere periode hebben met een lager verbruik.

Wanneer we het verbruik in perioden van maanden weergeven krijgen we de volgende grafiek.



Figuur 23: Evolutie gasverbruik in case 1 van 2011 tot 2015

Hetzelfde patroon tekent zich af waar we in de jaren na 2012 merken dat de grafieken van het gebruik een stuk lager liggen.

Als we dit is cijfermateriaal uitdrukken dan krijgen we de volgende gegevens.

jaar	Verbruik in kW	% winst	%winst 2012
2011	21020,06		
2012	16450,92	21,7%	
2013	12859,45	38,8%	21,8%
2014	8729,26	58,5%	46,9%
2015	10007,18	52,4%	39,2%

Tabel 20: Evolutie verbruik van gas in case 1

De winsten bereikt in de tabel zijn het gevolg van de combinatie van energiebesparende maatregelen, zoals het plaatsen van een aardgascondensatieketel, een zonneboiler, een spaardouchekop, dakisolatie en radiatorfolie.

In de tabel is het percentage winst berekend t.o.v. het jaar 2011 waar er een zeer koude winter was en t.o.v. het jaar 2012. In het jaar 2014 met een zeer zachte winter merken we het verschil het best door een minder gasverbruik van 46,9 %.

De besparing veroorzaakt door de zonneboiler afzonderlijk berekenen is moeilijk gezien we in de winter het verschil tussen gasverbruik voor verwarming en voor warm water niet kunnen onderscheiden. Omdat tijdens de maanden van mei tot september het verbruik voor verwarming vrij beperkt is kunnen hier wel een indicatie van krijgen door deze te vergelijken.

In de periode voor de installatie van de zonneboiler was het verbruik tijdens deze maanden gemiddeld rond de 360 kW per maand. In de jaren na de installatie van de zonneboiler schommelt blijft dit steeds onder de 120 kW en voor de zonnige maanden onder de 90 kW.

12. Kenmerken case 2 in EPB en PHPP

12.1 Case 2 in EPB

K-volume	
Totale verliesoppervlakte (m ²)	487,75
Beschermd volume (m ³)	546,50
Compactheid (m)	1,12
Gemiddelde U-waarde (W/m ² K)	0,21
K-peil	20,00
E-peil	17,00
Samenvatting van de resultaten van de EPB-eenheid	
Posten	Jaarlijks totaal
Primair energieverbruik verwarming (MJ)	28.985,09
Bruto energiebehoefte verwarming (MJ)	13.038,40
Energie voor verwarming geproduceerd door thermische zonne-E (MJ)	<u>-1.444,37</u>
Bruto energiebehoefte gedekt door verwarmingssysteem (MJ)	11.594,04
Primair energieverbruik koeling (MJ)	9.143,15
Primair energieverbruik SWW (MJ)	10.925,34
Primaire energiebesparing door PV (MJ)	-28.578,06
Primair energieverbruik hulpenergie (MJ)	2.459,25
Primaire energiebesparing door WKK (MJ)	-0,00
Karakteristiek primair energieverbruik (MJ)	22.934,77
Primair energieverbruik SWW	
Posten	Jaarlijks totaal
Netto energiebehoefte SWW (MJ)	5.597,25
Bruto energiebehoefte SWW (MJ)	8.663,36
Energie voor SWW geproduceerd door thermische zonne-energiesysteem (MJ)	<u>-5604,26</u>
Bruto energiebehoefte gedekt door SWW systeem (MJ)	3.059,10
Eindenergieverbruik SWW preferent (MJ)	4.370,14
Eindenergieverbruik SWW-niet-preferent (MJ)	0,00
Eindenergieverbruik SWW (MJ)	4.370,14
Primair energieverbruik SWW (MJ)	10.925,34

Tabel 21: Resultaten EPB berekening van Case 2

12.2 PHPP: case 2

Specifiek verbruik gerefereerd naar de geconditioneerde vloeroppervlakte			
Geconditioneerde vloeroppervlakte:	171,8	m ²	
	Gebruikt:	maandmethode	PH Certificaat:
Energiekengetal ruimteverwarming:	10	kWh/(m²a)	15 kWh/(m²a)
Resultaat luchtdichtheidstest gebouwschil:	0,1	h⁻¹	0,6 h ⁻¹
Primaire energie kengetal (SWW, VV, koeling, hulp- en huishoudelekt.):	83	kWh/(m²a)	120 kWh/(m ² a)
Primaire energie kengetal (SWW, verwarming en hulpstroom):	31	kWh/(m²a)	
Primaire energie kengetal Energiebesparing door zonnestroom:	46	kWh/(m²a)	
Verwarmingsvermogen:	8	W/m²	
Temperatuuroverschrijdingsfrequentie:	6	%	boven 25 °C
Energiekengetal koeling:		kWh/(m²a)	15 kWh/(m ² a)
Koellast:		W/m²	
			Voldaan?
			ja
			ja
			ja

Tabel 22: Resultaten case 2 in PHPP

12.3 Invloed van parameters van de zonneboiler in case 2

12.3.1 Invloed van bestaande zonneboilerinstallatie in case 2

In case 2 bevindt zich een zonneboiler met een boilerwatervolume van 800l. Er is 10,86m² aan vlakkeplaatcollectoren. De zonneboiler staat in voor de productie van sanitair warm water alsook voor de verwarming (vloerverwarming). Er is een elektrische naverwarming.

12.3.1.1 Invloed volgens EPB-software

Resultaten	Zonder zonneboiler	Met zonneboiler
E-peil	36	17
Bruto energiebehoefte verwarming (MJ)	13.038,40	13.038,40
Energie voor verwarming geproduceerd door zonneboiler(MJ)	0	-1.444,37
Bruto energiebehoefte gedekt door verwarmingssysteem (MJ)	13.038,40	11.594,04
Primair energieverbruik verwarming (en bevochtiging als EPU) (MJ)	32.596,01	28.985,09
Bruto energiebehoefte SWW (MJ)	8.663,36	8.663,36
Energie voor SWW geproduceerd door zonneboiler(MJ)	0,00	-5.604,26
Bruto energiebehoefte gedekt door SWW systeem (MJ)	8.663,36	3.059,10
Primair energieverbruik SWW (MJ)	30.940,56	10.925,34
Karakteristiek primair energieverbruik (MJ)	44.101,67	20.475,52

Tabel 23: Zonneboiler invloed EPB software

Uit de resultaten blijkt dat de zonneboiler zorgt voor een E-peilverlaging van 19 punten, de zonneboiler heeft voor het sanitair warm water gebruik een dekkingsgraad van 64% (5604,26 MJ van 8663,36 MJ). Voor de verwarming heeft de zonneboiler een dekkingsgraad van 11% (1.444,37 MJ van 13.038,40 MJ)

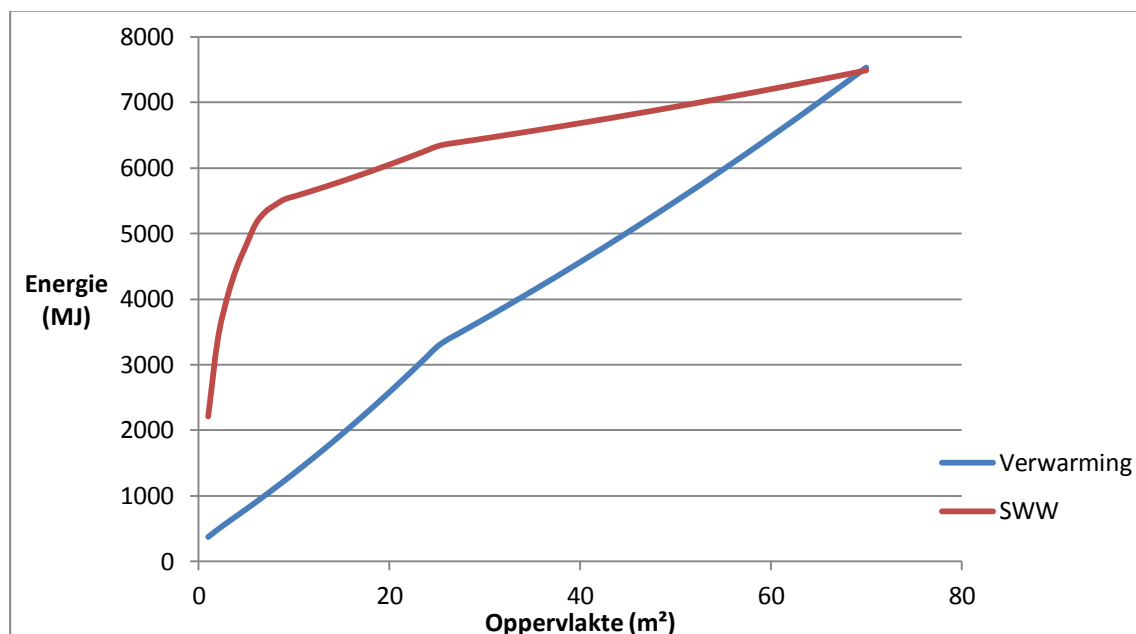
12.3.1.2 Invloed volgens PHPP-software

Resultaten	Zonder zonneboiler	Met zonneboiler
Primair energiengetal	71	62
Bruto energiebehoefte SWW (MJ)	8.762,40	8.762,40
SWW gedekt door thermische zonne-energie (MJ)	0	- 5.319,22
Bruto energiebehoefte gedekt door SWW systeem (MJ)	8.762,40	3443,18
Totaal elektriciteitsverbruik (MJ)	15585,70	14286,89
Elektriciteit besparing door zonneboiler (MJ)	0	1298,81

Tabel 24: Zonneboiler: invloed PHPP software

De zonneboiler zorgt voor een verlaging van 9 punten voor het primair energiengetal. De besparing op bruto energiebehoefte van het SWW systeem is 5.319,22MJ wat goed overeenkomt met de EPB software, de zonneboiler heeft een dekkingsgraad van 61% (5.319,22 MJ van 8.762,40 MJ)

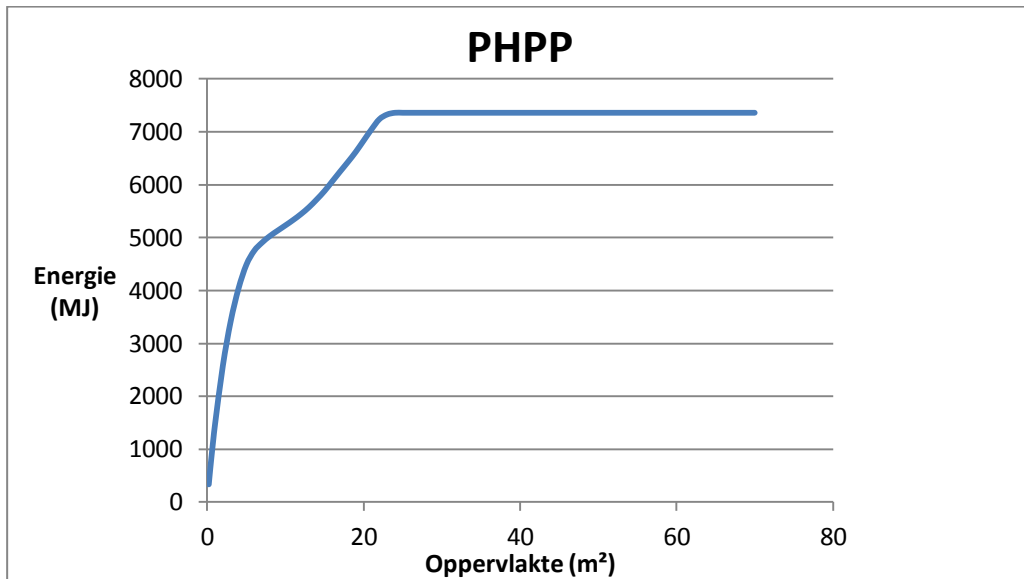
12.3.2 Apertuuroppervlakte in EPB



Figuur 24: Apertuuroppervlakte in EPB: case 2

Bij het vergroten van de apertuuroppervlakte gaat de zonneboiler net zoals bij case 1 een logaritmische functie volgen tot de maximale energievraag voor SWW bereikt is. In het geval van de bijdrage voor verwarming gaat de opbrengst in energie lineair stijgen met het collectoroppervlak.

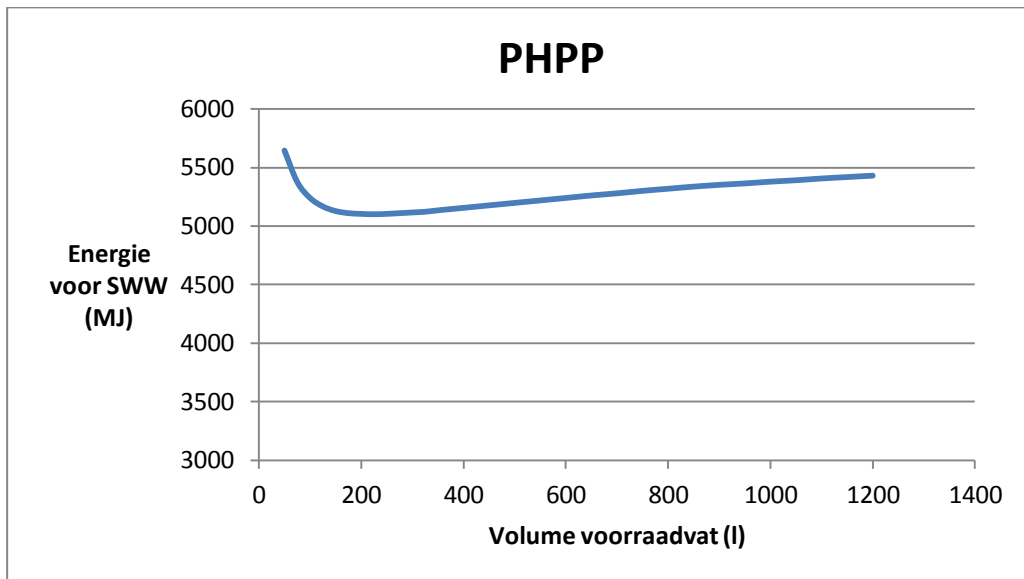
12.3.3 Apertuuroppervlakte in PHPP



Figuur 25: Apertuuroppervlakte in PHPP: case 2

De invloed van de oppervlakte van de collectoren gaat dezelfde trend volgen als in case 1 waar al snel de maximum vraag naar sanitair warm water bereikt wordt en de zonneboiler dus een dekkinggraad heeft van 100%. De trend van de verwarming gaat dezelfde volgen als deze van het sanitair warm water.

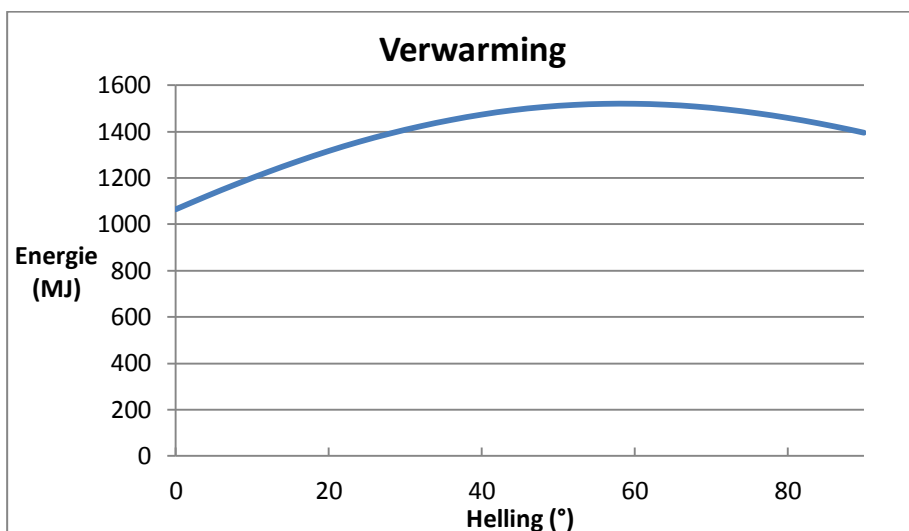
12.3.4 Volume van het voorraadvat



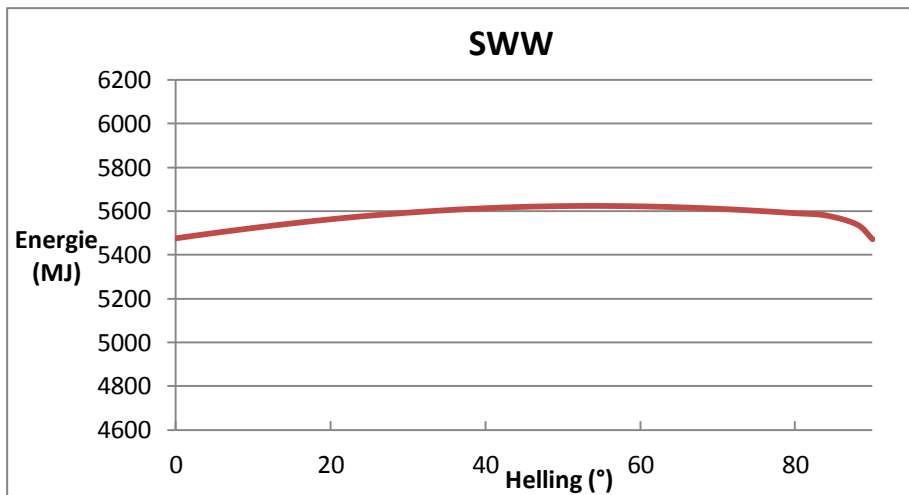
Figuur 26: Volume voorraadvat in PHPP: case 2

Vreemd genoeg gaat de opbrengst van de zonneboiler aanvankelijk dalen tot aan het volume van 200 liter waarna deze weer licht gaat stijgen tot dat aan de volledige sanitair warm behoefte is voldaan.

12.3.5 Helling en oriëntatie in EPB



Figuur 27: Invloed helling op de productie van de zonneboiler voor verwarming in EPB: case 2 in EPB

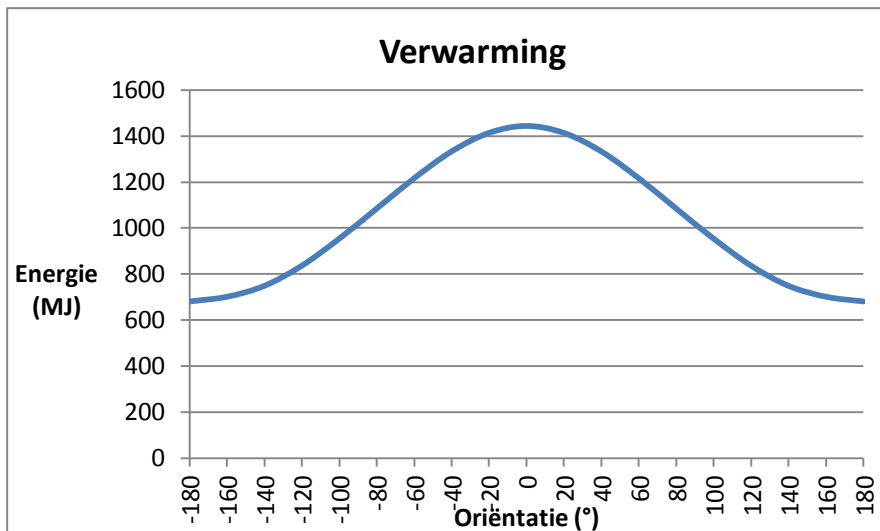


Figuur 28: Invloed helling op de productie van SWW van de zoneboiler: case 2 in EPB

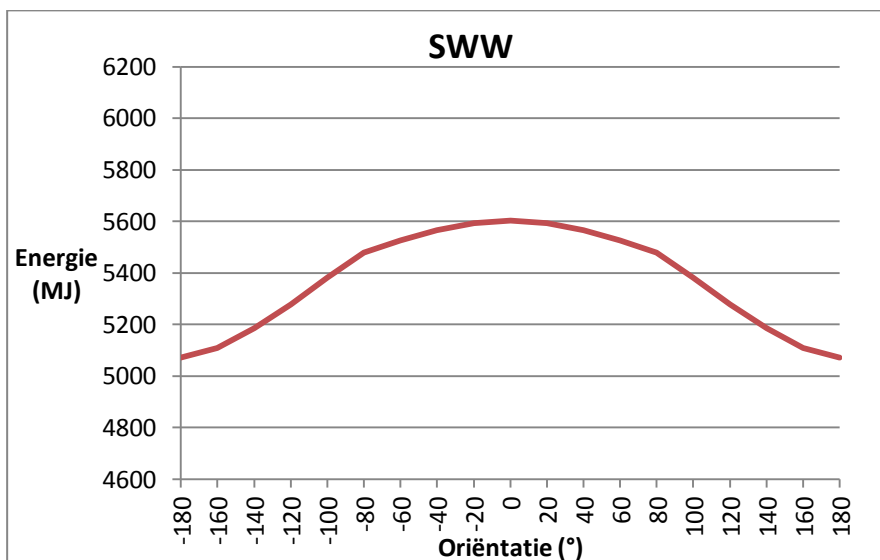
In case 2 wordt de maximum opbrengst gehaald volledig zuidelijk gericht met een helling van 54° ten opzichte van de horizontale. Dit in vergelijking met case 1 waar de maximum opbrengst gehaald wordt met zuidelijk gericht met een helling van 32°. De reden hiervoor is het verschil in collectoroppervlakte tussen de twee cases (case1: 5,02 m² case2: 10,86 m²). Bij een stijging van het collectoroppervlakte gaat het punt van maximale opbrengst in verband met de helling opschuiven naar een grotere helling t.o.v. de horizontale.

De verklaring hiervoor is dat bij een kleiner collectoroppervlakte de energiebehoefte voor sanitair warm water in de zomermaanden toch gedekt wordt en het sanitair warm water systeem vooral in de winter de extra energiebehoefte moet dekken. Wanneer nu de collectoroppervlakte gaat stijgen gaat de opbrengst stijgen vooral in de wintermaanden omdat in de zomermaanden het sanitair warm water al maximaal gedekt werd door de zoneboiler. In de wintermaanden is de zoninval veel lager dan in de zomer, hierdoor is een groter helling (50° i.p.v. 30°) voordeliger.

Oriëntatie bij een collector van 10,86 m² met een helling van 35°, in de grafiek stelt 0° het absolute zuiden voor de positieve waardes evolueren naar het westen en de negatieve waardes naar het oosten:



Figuur 29: Invloed oriëntatie op productie van verwarming door de zonneboiler in case 2 in EPB



Figuur 30: Invloed oriëntatie op de productie van SWW door de zonneboiler in case 2 in EPB

De beste opbrengst in EPB is pal zuid gericht net zoals bij case 1. Bij het sanitair warm water, door de grote apertuuroppervlakte, gaat het verschil tussen een goede opstelling en een slechte opstelling niet zoveel verschillen aangezien in de zomermaanden nog steeds maximum opbrengst wordt gehaald bij een slechte opstelling en er enkel een verschil is in de wintermaanden.

De slechtste opstelling van de collectoren (noordelijk gericht) brengt slechts 9% minder op t.o.v. de zuidelijk gerichte collectoren. (5072,62 MJ t.o.v. 5604,26 MJ). In vergelijking met de opbrengst voor verwarming waar het verschil groter is: een daling van 53% (680,87 MJ noordelijk gericht t.o.v. 1444,37 MJ zuidelijk gericht).

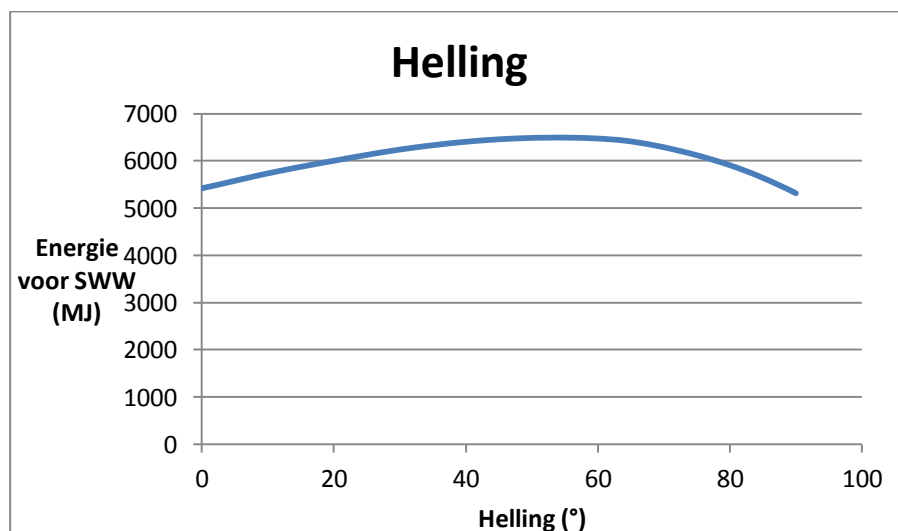
SWW		Helling (°)						
		0	15	30	45	54	75	90
Oriëntatie naar het	oosten	97%	97%	97%	96%	95%	93%	90%
	zuidoosten	97%	98%	99%	99%	99%	98%	96%
	zuiden	97%	99%	99%	99%	100%	99%	97%
	zuidwesten	97%	98%	99%	99%	99%	98%	96%
	westen	97%	97%	97%	96%	95%	93%	90%

Verwarming		Helling (°)						
		0	15	30	45	54	75	90
Oriëntatie naar het	oosten	70%	69%	68%	65%	63%	56%	50%
	zuidoosten	70%	79%	85%	88%	87%	83%	76%
	zuiden	70%	83%	93%	99%	100%	98%	92%
	zuidwesten	70%	79%	85%	88%	83%	83%	76%
	westen	70%	69%	68%	65%	63%	56%	50%

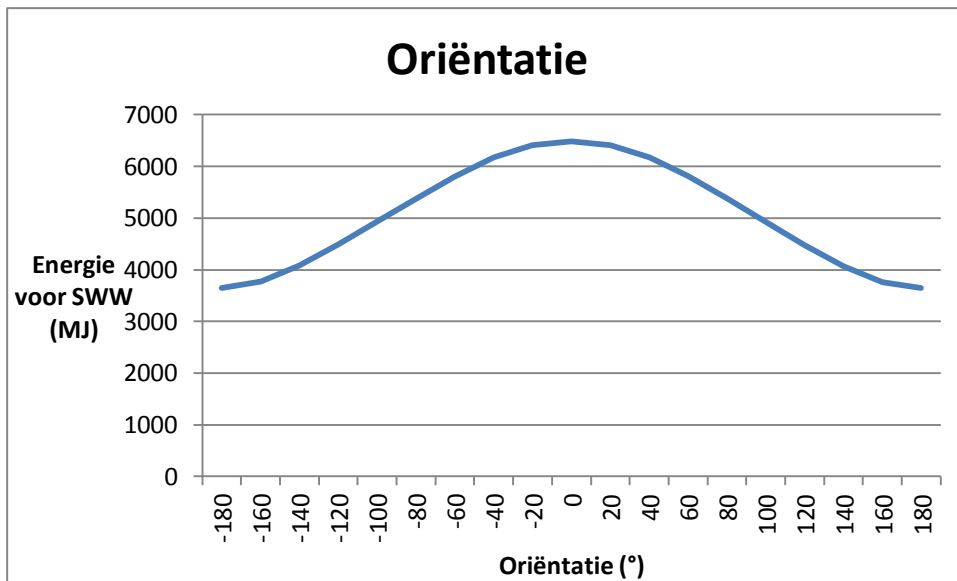
Tabel 25: Invloed helling + oriëntatie op SWW en verwarming in EPB

Bovenstaande tabellen geven een overzicht van de verschillende opstelling met de helling en oriëntatie gecombineerd in EPB. De optimale punt is zuidelijk gericht met een helling van 54°.

12.3.6 Helling en oriëntatie in PHPP



Tabel 26: Invloed helling op productie SWW door de zonneboiler in PHPP



Figuur 31: Invloed oriëntatie op productie SWW door zonneboiler in PHPP

PHPP		Helling (°)						
		0	15	30	45	54	75	90
Oriëntatie naar het	oosten	83%	83%	82%	81%	80%	73%	65%
	zuidoosten	83%	88%	92%	94%	94%	87%	76%
	zuiden	83%	91%	96%	99%	100%	94%	81%
	zuidwesten	83%	88%	92%	94%	94%	87%	76%
	westen	83%	83%	83%	81%	80%	72%	65%

Tabel 27: Overzicht impact helling + oriëntatie op SWW productie zonneboiler

Ook in de PHPP software bevindt het optimale punt zich zuidelijk gericht met een helling van 54°. De PHPP software gaat op dezelfde manier rekening houden zoals de EPB met het grotere collectoroppervlakte.

12.3.7 Invloed leidinglengtes voor sanitair warm water

12.3.7.1 Leidinglengtes in EPB

Invloed zonneboiler leiding lengtes:

De netto energiebehoefte in case 2: 5.597,25 MJ

Bruto energiebehoefte: 8.663,36 MJ

Volgens de berekeningen in de EPB software van case 2 zorgen de verliezen in de leidingen voor een extra energieverbruik van 3.066,11 MJ (8.663,36 - 5.597,25) wat neerkomt op 35% van de totale energiekost voor sanitair warm water.

Keuken (m)	Bruto vraag SWW (MJ)	Zonneboiler (MJ)	Verschil (MJ per m)	Zonneboiler (MJ per m)	Dekkingsgraad zonneboiler
0,00	6895,81	4471,37			64,84%
2,00	7131,48	4622,64	117,84	75,64	64,82%
4,00	7367,15	4773,83	117,84	75,59	64,80%
6,00	7602,83	4924,96	117,84	75,57	64,78%
8,00	7838,50	5076,03	117,84	75,53	64,76%
10,00	8074,17	5227,03	117,84	75,50	64,74%
12,00	8309,85	5377,97	117,84	75,47	64,72%
14,00	8545,52	5528,85	117,84	75,44	64,70%

Tabel 28: Invloed leidinglengtes keuken case 2

Bad/Douche (m)	Bruto vraag SWW (MJ)	Zonneboiler (MJ)	Verschil (MJ per m)	Zonneboiler (MJ per m)	Dekkingsgraad zonneboiler
0,00	7946,91	5145,49			64,75%
2,00	8126,02	5260,24	89,56	57,38	64,73%
4,00	8305,13	5374,95	89,55	57,36	64,72%
6,00	8484,25	5489,62	89,56	57,34	64,70%
8,00	8663,36	5604,26	89,56	57,32	64,69%
10,00	8842,47	5718,87	89,55	57,30	64,68%
12,00	9021,58	5833,45	89,56	57,29	64,66%
14,00	9200,69	5947,99	89,56	57,27	64,65%

Tabel 29: Invloed leidinglengtes bad/douche case2

Voor de leidingen naar het keukenaanrecht wordt in case 2 117,84 MJ per meter leiding toegevoegd voor he bad/douche is dit 89,56 MJ. Dit is minder dan in case 1, de reden hiervoor is dat in case 1 de netto energiebehoefte voor water groter is dan in case 2.

Voor de zonneboiler blijft de dekkingsgraad constant, dit t.o.v. case 1 waar de dekkingsgraad toch beduidend minder werd naarmate de leidinglengtes stegen. De reden hiervoor is de grote collectoroppervlakte, waarmee in de zomermaanden aan de volledige sanitair warm water behoefte wordt voldaan en de extra leidinglengtes geen verschil maken.

Invloed leidinglengtes op het e-peil, aantal meter per e-peil punt:

Keuken leiding (m)	E-peil	Douche leiding (m)	E-peil
0	15	0	16
5	16	6	17
14	17	16	18
22	18	27	19
30	19	37	20

Tabel 30: Invloed leidinglengtes op E-peil

In case 2 zorgen de leidingen voor een stijging van 4 e-peil punten (14,5m bad en douche + 15m keuken).

12.3.7.2 Leidinglengtes in PHPP

Netto energiebehoefte case 2 in PHPP: 2117 kWh = 7.621,20 MJ. Dit is dezelfde waarde als bij case 1, de PHPP software berekent de netto energiebehoefte aan sanitair warm water aan de hand van het aantal personen in het huis welke in beide gevallen 4 is.

De verliezen in de leidingen hier bij geteld geeft de Bruto energiebehoefte van het SWW systeem: 2434 kWh = 8.762,40 MJ

De verliezen in de leidingen voor een extra energieverbruik van 1.142,20 MJ (8.762,40 - 7.621,20) wat neerkomt op 13% van de totale energiekost voor sanitair warm water.

Invloed leidinglengtes:

Leiding (m)	Bruto SWW (MJ)	Zonneboiler (MJ)	Verschil (MJ per m)	Zonneboiler (MJ per m)	Dekkingsgraad zonneboiler
0	7621,2	4620,6			60,63%
2	7696,8	4640,76	37,8	10,08	60,29%
4	7772,4	4660,56	37,8	9,9	59,96%
6	7848	4681,8	37,8	10,62	59,66%
8	7923,6	4703,4	37,8	10,8	59,36%
12	8078,4	4744,8	38,7	10,35	58,73%
16	8229,6	4784,4	37,8	9,9	58,14%
20	8380,8	4827,6	37,8	10,8	57,60%
24	8532	4867,2	37,8	9,9	57,05%
30	8762,4	4932	38,4	10,8	56,29%
40	9140,4	5032,44	37,8	10,044	55,06%
70	10281,6	5317,56	38,04	9,504	51,72%
100	11419,2	5573,16	37,92	8,52	48,81%
200	15217,2	6244,2	37,98	6,7104	41,03%

Tabel 31: Invloed leidinglengtes in PHPP case 2

De PHPP software gaat telkens 38 MJ extra aanrekenen per m leiding (dit is bij leidingen met een dikte van 14 mm). In de resultaten van de zonneboiler zien we dat deze aanvankelijk ongeveer 26% van de extra energiekosten gaat dekken.

12.4 Douchewarmteterugwinning case 2

12.4.1 Simulatie verschillende types douchewarmtewisselaar in EPB

MET ZONNEBOILER	(MJ)	Schema	Verschil (MJ)	E-peil
Energiebehoefte gedekt door SWW systeem	3.059,10	Zonder		17
SWW door zonneboiler	5.604,26			
Bruto energiebehoefte SWW	8.663,36			
Verticale douche-WTW				
Energiebehoefte gedekt door SWW systeem	2.615,97	Schema 1	443,13	15
SWW door zonneboiler	-4.814,34		789,92	
Bruto energiebehoefte SWW	7.430,31		1.233,05	
Energiebehoefte gedekt door SWW systeem	2.675,32	Schema 2	383,78	16
SWW door zonneboiler	-4.920,42		683,84	
Bruto energiebehoefte SWW	7.595,74		1.307,16	
Energiebehoefte gedekt door SWW systeem	2.730,88	Schema 3	328,22	16
SWW door zonneboiler	-5.019,63		584,63	
Bruto energiebehoefte SWW	7.750,51		912,85	

Tabel 32: Douchewaterterugwinning in case 2 EPB

Gelijkwaardige resultaten met case 1 waar de douchewarmtewisselaar de bruto energiebehoefte doet dalen met 10% - 14%. De verticale douchewarmtewisselaar zorgt bij de best opstelling voor een daling van 2 e-peil punten. Tezamen hebben de zonneboiler en de douchewarmtewisselaar een dekkingsgraad van 69% - 70%.

Invloed leidinglengte op aansluitschema 1 en 3:

SCHEMA1				SCHEMA3		
Leiding (m)	Bruto behoefte (MJ)	Besparing door WTW (MJ)	Verschil per (MJ per m)	Bruto behoefte (MJ)	Besparing door WTW (MJ)	Verschil per (MJ per m)
0	8.663,36			8.663,36		
2	7.412,94	1.250,42		7.728,37	934,99	
4	7.418,42	1.244,94	-2,74	7.735,30	928,06	-3,47
6	7.423,77	1.239,59	-2,68	7.742,12	921,24	-3,41
8	7.429,02	1.234,34	-2,63	7.748,85	914,51	-3,37
10	7.434,14	1.229,22	-2,56	7.755,47	907,89	-3,31
12	7.439,16	1.224,20	-2,51	7.762,00	901,36	-3,26

Tabel 33: Invloed leidinglengtes EPB case 2

Deze resultaten komen overeen met deze in case 1. Toegepast in het passiefhuis zou de het verlies op warmterecuperatie op de leiding 13 MJ zijn.

12.5 Douchewarmteterugwinning in PHPP: case 2

Voor de impact van de leidinglengtes wordt verwezen naar case 1 aangezien de berekening gebeurd in de CalculAid tool v2.2. Het warmwaterverbruik wordt berekend aan de hand van het aantal personen in huis welke hetzelfde is voor beide cases.

Resultaten van een verticale douchewarmtewisselaar in case 2 bij de PHPP software:

DWTW en aansluiting	Bruto SWW behoefte (MJ)	Besparing door DWTW (MJ)	Opbrengst zonneboiler (MJ)	Totale besparing (MJ)	Dekkingsgraad	Verschil zonneboiler (MJ)
Zonder	8762,40	0,00	6330,96	6330,96	72,25%	0
Schema 1	7264,80	1497,60	5533,20	7030,80	80,24%	-797,76
Schema 2	7308,00	1454,40	5524,56	6978,96	79,65%	-806,40
Schema 3	7772,40	990,00	5804,28	6794,28	77,54%	-526,68

De douchewarmtewisselaar zorgt eerst voor een verlaging van de bruto SWW behoefte daarna wordt de opbrengst van de zonneboiler berekend. Door de verlaging aan behoefte voor SWW gaat de zonneboiler minder opbrengen. De DWTW en zonneboiler hebben samen een dekkingsgraad van 77% - 80% van de totale energiebehoefte voor sanitair warm water in case 2.

12.6 Economische analyse zonneboiler en DWTW case 2

12.6.1 Terugverdientijd zonneboiler in EPB en PHPP

Investering zonneboiler : € 5.830 – (subsidies) € 2.750 = € 3.380

Totaal energie bespaard door zonneboiler in EPB: 7.048,37 MJ

Totaal energie bespaard door zonneboiler in PHPP: 6.332,40 MJ

Prijs € 0,14 per kWh = € 0,04 per MJ [13]

Seizoensrendement elektrische verwarming: 85%

Totaal bespaard in EPB per jaar: € 239,64 terugverdientijd = **14,00j**

Totaal bespaard in PHPP per jaar: € 215,30 terugverdientijd = **15,69j**

12.6.2 Terugverdientijd combinatie DWTW en zonneboiler in EPB en PHPP

Investing zonneboiler : € 5.830 – € 2.750 = 3.380 en verticale DWTW : € 800

Totaal energie bespaard door douche-WTW in EPB: 1.495,85 MJ

Totaal energie bespaard door douche-WTW in PHPP: 1.233,05 MJ

Totaal energie bespaard door zonneboiler in EPB: 6.274,67 MJ

Totaal energie bespaard door zonneboiler in PHPP: 5.526,92 MJ

Prijs € 0,14 per kWh = € 0,04 per MJ en seizoensrendement elektrische verwarming: 85%

Totaal bespaard door zonneboiler in EPB per jaar: € 213,33 terugverdientijd = **15,84j**

Totaal bespaard door zonneboiler in PHPP per jaar: € 187,92 terugverdientijd = **17,99j**

Totaal bespaard door DWTW in EPB per jaar: € 50,86 terugverdientijd = **15,72j**

Totaal bespaard door DWTW in PHPP per jaar: € 41,92 terugverdientijd = **19,08j**

12.7 Invloed zonneboiler op case 2 in de werkelijkheid

	Verbruik meterstand (kWh)	Realiteit primair energie verbruik (MJ)	EPB primair energie verbruik (MJ)	PHPP primair energieverbruik (MJ)
September	187,4	1686,6	-1.808,59	//
Oktober	203,5	1831,5	-1.914,49	//
November	199,2	1792,8	5.682,57	//
December	358,6	3227,4	10.608,01	//
Januari	475,0	4275	10.191,57	//
Februari	385,6	3470,4	6.128,68	//
Maart	206,7	1860,3	1.386,52	//
April	299,5	2695,5	-2.976,00	//
Mei	288,1	2592,9	-3.092,14	//
Juni	177,5	1597,5	-1.756,81	//
Juli	192,2	1729,8	-1.044,75	//
Augustus	162,5	1462,5	-929,05	//
Totaal		28.222,2	20.475,52	19.172,88

Tabel 34: Primair energieverbruik case 2

De zonneboiler in het passiefhuis van case 2 staat in voor het sanitair warm water en de verwarming. Van case 2 zijn enkel de meterstanden van de elektriciteit beschikbaar dus kan enkel het primair energieverbruik vergeleken worden tussen de realiteit en de 2 cases. De PHPP software geeft enkel het totale primaire energieverbruik als resultaat

13. Conclusies

In case 1 wordt eerst nagekeken wat de impact van de zonneboiler is volgens de twee software. De zonneboiler heeft een dekkinggraad van tussen 40 % en de 44 % van het totale verbruik aan sanitair warm water in EPB en PHPP. Wat zorgt voor een aanzienlijke daling in energieverbruik met een terugverdientijd van tussen de 10-11 jaar voor zulke groter investering zorgt dat dit vanuit economische en ecologische standpunt een goede investering is.

De douchewarmtewisselaar warmtewisselaar zorgt voor daling van het energieverbruik voor warm water van 13% - 14% en een daling van 2 e-peil punten wat niet slecht is maar met wanneer een kleinere investering van 800 euro toch een terugverdientijd heeft van meer dan 20 jaar is het misschien interessanter om naar andere investeringen te kijken in case 1 waarbij de verwarming nog steeds één van de grootste verbruikers is. Met investeringen zoals extra isolatie, PV-panelen, kan per euro geïnvesteerd misschien meer energie worden teruggewonnen.

In case 2 staat de combi zonneboiler in voor de verwarming van sanitair warm water alsook voor de vloerverwarming, er is elektrische naverwarming. Deze zonneboiler gaat 64% van het sanitair warm water dekken en 11% van de energie voor verwarming. Dit is uiteraard een goede investering, de actieve energiewinning van de zonneboiler voor SWW vult de passieve energiewinning door het passiefhuis voor verwarming goed aan. De zonneboiler in zijn geheel zorgt voor een daling van 19 E-peil punten. Het bijplaatsen van een douchewarmtewisselaar in het passiefhuis zorgt ervoor dat de bruto energiebehoefte gaat dalen met 17 %, en heeft een terug verdientijd van gemiddeld 17j. Vanuit economisch standpunt is dit misschien geen interessante investering maar aangezien in dit huis al het maximale gedaan is aan besparing op verwarming is verder investeren in het terugwinnen van energie voor de productie van sanitair warmt water de logische volgende stap.

14. Referenties

- [1] Verdeling energiefuncties in woningen: STEM Antwerpen.
<http://ist.vito.be/nl/pdf/rapporten/rapportdeterminanten.pdf>
- [2] Vlaanderen: energie sparen.
<http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/module33.pdf>
- [3] Vlaanderen: evolutie e-peil eisen. <http://www.vlaanderen.be/nl/bouwen-wonen-en-energie/bouwen-en-verbouwen/energieprestatieregelgeving-epb-voor-nieuwbouw-en-renovatie>
- [4] MeeroverEPB: eisen. <http://www.meeroverepb.be/pages/kdb.php?id=7>
- [5] Vlaanderen: netto energievraag naar primair energieverbruik.
<http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/module33.pdf>
- [6] Warmte uit zonlicht. www.elkedagzondag.be/pdf/warmte_uit_zonlicht.pdf
- [7] Samenstelling van een thermisch zonne-energiesysteem.
www.sabvba.com/upload/20040531074034_brochure_zonneboiler.pdf
- [8] Technea douchewarmtewisselaar. <http://www.technea.nl/home/cat=183/>
- [9] Algemene ontwerpmethodes voor warmtewisselaars.
<http://users.ugent.be/~mdepaepe/Thermisch%20Installaties/T.I.Deel1H2.pdf>
- [10] Bries douchewarmtewisselaars
http://www.brieswaterenergie.nl/techniek/Verticale_Douche_WTW_05_2013.pdf
- [11] Vademecum PHPP passiefhuisplatform.
http://www.passiefhuisplatform.be/sites/default/files/u7/certificatiecriteria_en_randvoorwaarden/Vademecum%20PHPP%2001072009.pdf
- [12] Van Rymenant, P. (2001). <http://www.ideg.info/media/docs/zonneboilersimulaties.pdf>
- [13] Prijs elektriciteit en aardgas. www.vreg.be/nl/hoeveel-kost-1-kwh-elektriciteit-en-aardgas
- [14] Jansen, E. (2014). TETRA-project Sanitair warm water. http://www.tetra-sww.be/wp-content/uploads/2014/11/DEEL3b_warmterecuperatie-en-zonne-energie.pdf
- [15] WTCB (2011). EPB - Installaties en systemen: algemene principes.
<http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=infofiches&pag=48&art=1>
- [16] Milieurapport Vlaanderen.
<http://www.milieurapport.be/nl/feitencijfers/sectoren/huishoudens/energiegebruik-door-huishoudens/energiegebruik-door-huishoudens/>
- [17] Van Loon, S. UCD Energy Research Group. Geraadpleegd 07/05/2014
http://erg.ucd.ie/pep/pdf/EPB-Berekeningen_van_Passiefhuizen.pdf

[18] Passiefhuis info. <http://www.passiefhuis.info/kader.php?tekst=passiefhuis>

[19] Passiefhuisplatform. <http://www.passiefhuisplatform.be/residentiele-gebouwen>

[20] Cursus EPB software 3G.

<http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/VEAcursusEPBsoftware3Gewesten22Juli2013.pdf>

[21] Handleiding EPB software 3G Geraadpleegd 07/05/2014,.

<http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/HandleidingEPBSoftware3Gewesten v6.0.pdf>

15. Bijlagen

Bijlage A EPB verslag case 1

Bijlage B PHPP resultaten case 1

Bijlage C EPB verslag case 2

Bijlage D PHPP resultaten case 2

BIJLAGE A: EPB verslag case 1

Samenvatting van de eisen per gebouw

Gebouw "Huis Dieter Peeters"

(naam van het gebouw)

Aard van de werken: Nieuwbouw (of hiermee gelijkgesteld)

Beschermde volume: 691,31 m³

Volume "K-volume"

EPB-eenheid "EPB-eenheid"

Bestemming van de EPB-eenheid: Wonen

Oppervlakte: 258,80 m²

Eisen op het niveau van de EPB-eenheid:

U _{max} / R _{min}	K-peil	E-peil	Etech	NE	Oververh.	Ventilatie	HE
✗	✗ 66.0	✗ 96.0		✗ 128.4	✓	✗	✓
zie fiche 1 voor meer info.	zie fiche 2 voor meer info.	zie fiche 3 voor meer info.			zie fiche 3 voor meer info.	zie fiche 4 voor meer info.	zie fiche 5 voor meer info.

Voor projecten met de aanvraagdatum van de vergunning of de meldingsdatum vanaf 01/01/2014 is de maximum jaarlijkse netto-energiebehoefte voor verwarming 70 kWh/m² OF (100 – 25°C) kWh/m² (c = compactheid van de EPB-eenheid).

Methode bouwknopen:

Optie B : methode van de EPB-aanvaarde

Deze EPB-eenheid voldoet niet aan de eisen voor een BEN-gebouw.

Naam	Resultaten
U/R-waarde	✗
K-peil	✗
E-peil	✗
Netto-energiebehoefte voor verwarming	✗
Ventilatie	✗
Oververhitting	✓
Hernieuwbare energie	✓

BEN staat voor bijna-energieneutraal. Bouwen volgens de BEN-principes wordt vanaf 2021 de standaard voor nieuwe gebouwen in Vlaanderen. BEN-bouwen is vandaag al de slimste keuze, meer informatie via www.energiesparen.be/BEN.

Fiche 2: Eisen K-peil

Gebouw "Huis Dieter Peeters"

(naam van het gebouw)

Aard van de werken: Nieuwbouw (of hiermee

K-volume: K-volume

Resultaten:

Totale verliesoppervlakte:	598,95 m ²
Beschermd volume:	691,31 m ³
Compactheid:	1,15 m
Gemiddelde U-waarde:	0,70 W/m ² .K
K-peil	66,00

Bestemming van de EPB-eenheid:

EPB-eenheid : Wonen

Fiche 3: Eisen E-peil en oververhitting (met jaarlijks totaal per post)

Gebouw "Huis Dieter Peeters"

(naam van het gebouw)

Aard van de werken: Nieuwbouw (of hiermee gelijkgesteld)

EPB-eenheid: EPB-eenheid

Bestemming van de EPB-eenheid: Wonen

Oververhitting	Indicator	Kans
Energiesector	2 669,16	30,35%

Samenvatting van de resultaten van de EPB-eenheid	
Posten	Jaarlijks totaal
Primair energieverbruik verwarming (en bevochtiging als EPU) (MJ)	158 732,01
Primair energieverbruik koeling (MJ)	1 287,78
Primair energieverbruik SWW (MJ)	11 788,36
Primaire energiebesparing door PV (MJ)	-29 322,44
Primair energieverbruik hulpenergie (MJ)	3 110,89
Primaire energiebesparing door WKK (MJ)	-0,00
Karakteristiek primair energieverbruik (MJ)	145 596,61
Primair energieverbruik verwarming (en bevochtiging als EPU)	
Posten	Jaarlijks totaal
Transmissieverliezen (MJ)	101 246,12
Ventilatieverliezen (MJ)	51 636,41
Interne winsten (MJ)	-21 544,69
Zonnewinsten (MJ)	-24 443,56
Netto energiebehoefte verwarming (MJ)	119 681,63
Bruto energiebehoefte verwarming (MJ)	137 565,10
Energie voor verwarming geproduceerd door thermische zonne-E (MJ)	-0,00
Bruto energiebehoefte gedekt door verwarmingssysteem (MJ)	137 565,10
Eindenergieverbruik verwarming - preferent (MJ)	158 732,01
Eindenergieverbruik verwarming - niet preferent (MJ)	0,00
Eindenergieverbruik verwarming (MJ)	158 732,01
Primair energieverbruik verwarming (en bevochtiging als EPU) (MJ)	158 732,01
Primair energieverbruik koeling	
Posten	Jaarlijks totaal
Transmissieverliezen koeling (MJ)	118 555,61
Ventilatieverliezen koeling (MJ)	28 238,74
Interne winsten koeling (MJ)	-21 544,69
Zonnewinsten koeling (MJ)	-31 048,70
Netto energiebehoefte koeling (MJ)	1 159,00
Eindenergieverbruik koeling (kWh)	143,09
Primair energieverbruik koeling (MJ)	1 287,78

Primair energieverbruik SWW	
Posten	Jaarlijks totaal
Netto energiebehoefte SWW (MJ)	6 853,10
Bruto energiebehoefte SWW (MJ)	9 950,60
Energie voor SWW geproduceerd door thermische zonne-E (MJ)	-4 645,83
Bruto energiebehoefte gedekt door SWW systeem (MJ)	5 304,76
Eindenergieverbruik SWW preferent (MJ)	11 788,36
Eindenergieverbruik SWW-niet-preferent (MJ)	0,00
Eindenergieverbruik SWW (MJ)	11 788,36
Primair energieverbruik SWW (MJ)	11 788,36
Primair energieverbruik hulpenergie	
Posten	Jaarlijks totaal
Waakvlammen (MJ)	0,00
Pompen en elementen warmteopwekkers (kWh)	345,66
Ventilatoren (kWh)	0,00
Voorkoeling (kWh)	0,00
Primair energieverbruik hulpenergie (MJ)	3 110,89
Primaire energiebesparing door PV	
Posten	Jaarlijks totaal
Eindenergieopwekking elektriciteit (kWh)	3 258,05
Primaire energiebesparing door PV (MJ)	-29 322,44
Primaire energiebesparing door WKK	
Posten	Jaarlijks totaal
Eindenergieopwekking elektriciteit (kWh)	0,00
Primaire energiebesparing door WKK (MJ)	-0,00
CO2-uitstoot	
Posten	Jaarlijks totaal
Uitstoot door verwarming (kg)	8 000,09
Uitstoot door SWW (kg)	594,13
Uitstoot door koeling (kg)	0,00
Uitstoot door hulpenergie (kg)	222,74
Vermeden uitstoot door PV (kg)	-2 099,49
Vermeden uitstoot door WKK (kg)	-0,00
Totale CO2 uitstoot (kg)	6 717,48

Bijlage B PHPP resultaten case 1

Gebouw:	Huis Dieter Peeters		
Locatie en Klimaat:	B - Brussels IVEC		
Straat/Nr:	Koning Albertstraat 46		
Postcode/Plaats:	2440/Geel		
Land:	België		
Gebouwtype:	Eensgezinswoning		
Huiseigenaar(s) / Klant(en):	Dieter Peeters		
Straat/Nr:	Koning Albertstraat 46		
Postcode/Plaats:	2440/Geel		
Architect:			
Straat/Nr:			
Postcode/Plaats:			
Installaties:			
Straat/Nr:			
Postcode/Plaats:			
Bouwjaar:	2015		
Aantal wooneenheden:	1	Binnentemperatuur:	18,0 °C
Ingesloten volume V _e :	698,2 m ³	Interne warmtewinsten:	2,1 W/m ²
Aantal personen:	4,0		

Specifiek verbruik, gerefereerd naar de geconditioneerde vloeroppervlakte			
Geconditioneerde vloeroppervlakte: 281,2 m ²			
	Gebruikt:	maandmethode	PH Certificaat:
Energiekengetal ruimteverwarming:	105	kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)
Resultaat luchtdichtheidstest gebouwschil:	7,8	h ⁻¹	0,6 h ⁻¹
Primaire energie kengetal (SWW, VW, koeling, hulp- en huiskoudelaktr.):	144	kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)
Primaire energie kengetal (SWW, verwarming en hulpstroom):	120	kWh/(m ² a)	
Primaire energie kengetal Energiebesparing door zonnestroom:	23	kWh/(m ² a)	
Verwarmingsvermogen:	58	W/m ²	
Temperatuuroverschrijdingsfrequentie:	0	%	boven 25 °C
Energiekengetal koeling:		kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)
Koellast:	12	W/m ²	
			Voldaan?
			nee
			nee
			nee

Bijlage C EPB verslag case 2

Samenvatting van de eisen per gebouw

Gebouw "Gebouw Passieffhuis" (naam van het gebouw)

Aard van de werken: Nieuwbouw (of hiermee gelijkgesteld)

Beschermd volume: 548,50 m³

Volume "Kv5"

EPB-eenheid "Wonen geheel"

Bestemming van de EPB-eenheid: Wonen

Oppervlakte: 220,10 m²

Eisen op het niveau van de EPB-eenheid:

Umax / Rmin	K-peil	E-peil	NE	Oververh.	Ventilatie	HE
	20.0	17.0	15.05			
zie fiche 1 voor meer info.	zie fiche 2 voor meer info.	zie fiche 3 voor meer info.		zie fiche 3 voor meer info.	zie fiche 4 voor meer info.	zie fiche 5 voor meer info.

Voor projecten met de aanvraagdatum van de vergunning of de meldingsdatum vanaf 01/01/2014 is de maximum jaarlijkse netto-energiebehoefte voor verwarming 70 kWh/m² OF (100 – 25°C) kWh/m² (c = compactheid van de EPB-eenheid).

Methode bouwknopen: Optie B : methode van de EPB-aanvaarde

Deze EPB-eenheid voldoet aan de eisen voor een BEN-gebouw.



BEN staat voor bijna-energie neutraal. Bouwen volgens de BEN-principes wordt vanaf 2021 de standaard voor nieuwe gebouwen in Vlaanderen. BEN-bouwen is vandaag al de slimste keuze, meer informatie via www.energiesparen.be/BEN.

Fiche 2: Eisen K-peil

Gebouw "Gebouw Passiefhuis"

(naam van het gebouw)

Aard van de werken: Nieuwbouw (of hiermee

K-volume: Kv5

Resultaten:

Totale verliesoppervlakte:	487,75 m ²
Beschermd volume:	546,50 m ³
Compactheid:	1,12 m
Gemiddelde U-waarde:	0,21 W/m ² .K
K-peil	20,00

Bestemming van de EPB-eenheid:

Wonen geheel : Wonen

Fiche 3: Eisen E-peil en oververhitting (met jaarlijks totaal per post)

Gebouw "Gebouw Passieffhuis"

(naam van het gebouw)

Aard van de werken: Nieuwbouw (of hiermee gelijkgesteld)

EPB-eenheid: Wonen geheel

Bestemming van de EPB-eenheid: Wonen

Oververhitting	Indicator	Kans
es1	5 344,47	100,00%

Samenvatting van de resultaten van de EPB-eenheid	
Posten	Jaarlijks totaal
Primair energieverbruik verwarming (en bevochtiging als EPU) (MJ)	28 985,09
Primair energieverbruik koeling (MJ)	9 143,15
Primair energieverbruik SWW (MJ)	10 925,34
Primaire energiebesparing door PV (MJ)	-28 578,06
Primair energieverbruik hulpenergie (MJ)	0,00
Primaire energiebesparing door WKK (MJ)	-0,00
Karakteristiek primair energieverbruik (MJ)	20 475,52
Primair energieverbruik verwarming (en bevochtiging als EPU)	
Posten	Jaarlijks totaal
Transmissieverliezen (MJ)	24 641,43
Ventilatieverliezen (MJ)	9 973,07
Interne winsten (MJ)	-18 484,98
Zonneprijzen (MJ)	-23 364,26
Netto energiebehoefte verwarming (MJ)	11 932,84
Bruto energiebehoefte verwarming (MJ)	13 038,40
Energie voor verwarming geproduceerd door thermische zonne-E (MJ)	-1 444,37
Bruto energiebehoefte gedekt door verwarmingssysteem (MJ)	11 594,04
Eindenergieverbruik verwarming - preferent (MJ)	11 594,04
Eindenergieverbruik verwarming - niet preferent (MJ)	0,00
Eindenergieverbruik verwarming (MJ)	11 594,04
Primair energieverbruik verwarming (en bevochtiging als EPU) (MJ)	28 985,09
Primair energieverbruik koeling	
Posten	Jaarlijks totaal
Transmissieverliezen koeling (MJ)	37 433,06
Ventilatieverliezen koeling (MJ)	24 933,00
Interne winsten koeling (MJ)	-18 484,98
Zonneprijzen koeling (MJ)	-23 364,26
Netto energiebehoefte koeling (MJ)	8 228,84
Eindenergieverbruik koeling (kWh)	1 015,91
Primair energieverbruik koeling (MJ)	9 143,15

Primair energieverbruik SWW	
Posten	Jaarlijks totaal
Netto energiebehoefte SWW (MJ)	5 597,25
Bruto energiebehoefte SWW (MJ)	8 663,36
Energie voor SWW geproduceerd door thermische zonne-E (MJ)	-5 604,26
Bruto energiebehoefte gedekt door SWW systeem (MJ)	3 059,10
Eindenergieverbruik SWW preferent (MJ)	4 370,14
Eindenergieverbruik SWW-niet-preferent (MJ)	0,00
Eindenergieverbruik SWW (MJ)	4 370,14
Primair energieverbruik SWW (MJ)	10 925,34
Primair energieverbruik hulpenergie	
Posten	Jaarlijks totaal
Waakvlammen (MJ)	0,00
Pompen en elementen warmteopwekkers (kWh)	0,00
Ventilatoren (kWh)	0,00
Voorkoeling (kWh)	0,00
Primair energieverbruik hulpenergie (MJ)	0,00
Primaire energiebesparing door PV	
Posten	Jaarlijks totaal
Eindenergieopwekking elektriciteit (kWh)	3 175,34
Primaire energiebesparing door PV (MJ)	-28 578,06
Primaire energiebesparing door WKK	
Posten	Jaarlijks totaal
Eindenergieopwekking elektriciteit (kWh)	0,00
Primaire energiebesparing door WKK (MJ)	-0,00
CO2-uitstoot	
Posten	Jaarlijks totaal
Uitstoot door verwarming (kg)	2 075,33
Uitstoot door SWW (kg)	782,25
Uitstoot door koeling (kg)	654,65
Uitstoot door hulpenergie (kg)	0,00
Vermeden uitstoot door PV (kg)	-2 046,19
Vermeden uitstoot door WKK (kg)	-0,00
Totale CO2 uitstoot (kg)	1 466,05

Bijlage D PHPP resultaten case 2

Gebouw:	Nieuwbouw nulenergiewoning, halfopen bebouwing		
Locatie en Klimaat:	Ukkel		
Straat/Nr:	Louis Woutersstraat 11		
Postcode/Plaats:	3012 Wilsele		
Land:	België		
Gebouwtype:	Woongebouw		
Huiseigenaar(s) / Klant(en):	Bert Vanderwegen - Eline Van Meenen		
Straat/Nr:	Opvelpestraat 44		
Postcode/Plaats:	3360 Bierbeek		
Architect:	ir. arch. Bert Vanderwegen		
Straat/Nr:	Opvelpestraat 44		
Postcode/Plaats:	3360 Bierbeek		
Installaties:	HBB		
Straat/Nr:	Lochtemanweg 36		
Postcode/Plaats:	3580 Beringen		
Bouwjaar:	2010-2011		
Aantal wooneenheden:	1	Binnentemperatuur:	20,0 °C
Ingesloten volume V _e :	546,5 m ³	Interne warmtewinsten:	2,4 W/m ²
Aantal personen:	4,9		

Specifiek verbruik, gerefereerd naar de geconditioneerde vloeroppervlakte			
Geconditioneerde vloeroppervlakte: 171,8 m ²			
	Gebruikt:	PH Certificaat:	Voldaan?
Energiekengetal ruimteverwarming:	10 kWh/(m²a)	15 kWh/(m ² a)	ja
resultaat luchtdichtheidstest gebouwschil:	0,1 h⁻¹	0,6 h ⁻¹	ja
Primaire energie kengetal (SWW, VW, koeling, hulp- en luchtbehandelktr.):	83 kWh/(m²a)	120 kWh/(m ² a)	ja
Primaire energie kengetal (SWW, verwarming en hulpstroom):	31 kWh/(m²a)		
Energiebesparing door zonnestroom:	46 kWh/(m²a)		
Verwarmingsvermogen:	8 W/m²		
Temperatuuroverschrijdingsfrequentie:	6 %	boven 25 °C	
Energiekengetal koeling:	kWh/(m²a)	15 kWh/(m ² a)	
Koellast:	W/m²		

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Onderzoek naar de impact van een zonneboiler en een douchewarmtewisselaar op het verbruik van sanitair warm water

Richting: **master in de industriële wetenschappen: bouwkunde**

Jaar: **2015**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Peeters, Dieter

Datum: **21/08/2015**