

## Professionele Bachelor Elektromechanica Klimatisering



### VOORZIENING VAN VERWARMING, KOELING EN SANITAIR WARM WATER BIJ STRENGERE NORMEN

**Kenneth Vanaken**

#### Promotoren:

**Wim Schoubben**  
**Wim Vandormael**

**Alrasol**  
**PXL Hogeschool**





## Dankbetuiging

Als laatste deel van mijn studie heb ik een stage gelopen bij Alrasol van maart tot juni 2014 en heb hier een eindwerk gemaakt. Graag zou ik in dit voorwoord mijn dank willen betuigen aan enkele personen.

Allereerst zou ik graag mijn interne promotor dhr. Wim Schoubben willen bedanken voor de kans om mijn eindwerk en stage te mogen doen bij Alrasol. Daarnaast zou ik ook nog mijn externe promotor, dhr. Wim Vandormael willen bedanken voor de ondersteuning vanuit de PXL Hogeschool en alle docenten voor mijn opleiding. Ook dhr. Glenn Ruyters zou ik willen bedanken voor de goede begeleiding en hulp bij dit eindwerk. Daarboven zou ik ook alle andere medewerkers van Alrasol willen bedanken voor hun ondersteuning.

Als laatste zou ik mij willen richten naar mijn ouders, zus en vrienden voor een welgemeende “dankjewel” te zeggen, voor de steun en hulp tijdens mijn stage en eindwerk.

## Inhoud

Dankbetuiging .....	1
Abstract .....	7
Afkortingen.....	8
1. Inleiding.....	9
2. Bouwen in de toekomst .....	10
2.1. Aandachtspunten voor bouwen.....	11
2.2. Passieve woning .....	12
2.3. BEN-woning.....	12
2.4. Gevolgen .....	12
2.4.1. Voor-nadelen.....	13
3. Eisen en normen.....	13
3.1 BEN-woning.....	13
3.1.1. Berekeningsmethode .....	14
3.2. Passieve woning .....	26
3.2.1. Berekeningsmethode .....	27
4. Ventilatie .....	28
4.1. Wat is ventilatie?.....	28
4.2. Waarom nodig? .....	28
4.3. Soorten methodes.....	28
4.3.1. A-systeem .....	29
4.3.2. B-systeem .....	29
4.3.3. C-systeem .....	30
4.3.4. D-systeem.....	31
4.4. Voor- en nadelen.....	32
4.5. Kanalen.....	33
5. Energieproductie .....	34
5.1. Warmtepomp.....	34
5.1.2. Algemene werking.....	34
5.1.3. Types .....	35
5.2 Ketel .....	39
5.2.1. Soorten.....	39
5.2.2. Algemene werking.....	39
5.2.3. Rendement.....	40
5.3. Photovoltaïsche panelen.....	41
5.3.1. Werking .....	41
5.4. Zonnecollectoren .....	42
5.4.1. Types .....	42

5.4.2. Werking .....	42
6. Energieopslag .....	44
6.1. Boiler en buffervat .....	44
6.1.1. Verschil .....	44
6.1.2. Types .....	44
6.1.3. Functie .....	44
6.1.4. Werking .....	44
6.1.5. Boiler .....	45
6.1.6. Buffervat.....	45
6.1.7. Direct en indirect verwarmen .....	45
6.1.8. Thermische gelaagdheid .....	46
7. Technieken voor verwarmen .....	46
7.1. Haard/Kachel.....	47
7.1.1. Soorten.....	47
7.1.2. Rendement.....	48
7.1.3. Vermogen.....	48
7.1.4. Toepasbaar? .....	48
7.2. Elektrisch verwarmen.....	49
7.2.1. Elektrische verwarming.....	49
7.2.2. Accumulatie verwarming .....	50
7.2.3. Infrarood verwarming .....	51
7.3. Radiatoren en convectoren.....	53
7.3.1. Werking .....	53
7.3.1.1. Radiator .....	53
7.3.2. Convectiewarmte .....	54
7.3.3. Stralingswarmte .....	54
7.3.4. Vermogen .....	54
7.3.5. Toepasbaar? .....	55
7.4. Vloerverwarming.....	55
7.4.1. Werking .....	56
7.4.2. Vermogen .....	56
7.4.3. Toepasbaar? .....	56
7.5. Via de lucht verwarmen .....	56
7.5.1. Lucht/Lucht warmtepomp .....	56
7.5.2. Verwarmingsbatterij .....	57
7.5.2.3. Vermogen.....	58
7.5.2.3. Toepasbaar? .....	59
7.6. Airco .....	59

7.6.1. Types .....	59
7.6.2. Werking .....	59
7.6.3. Vermogen .....	59
7.6.4. Toepasbaar? .....	59
8. Technieken voor koelen .....	60
8.1. Via lucht koelen .....	60
8.1.1. Nachtventilatie .....	60
8.1.2. Ventilatie koelen met Lucht/Lucht warmtepomp .....	61
8.2 Vloerkoeling .....	62
8.2.1. Werking .....	62
8.2.2. Vermogen .....	62
8.2.3. Toepasbaar? .....	62
8.3. Airco .....	63
8.3.1.Types .....	63
8.3.2.Werking .....	64
8.3.3. Vermogen .....	64
8.3.4. Toepasbaar? .....	64
9. Technieken voor sanitair warm water .....	65
9.1. Ketel .....	65
9.2. Warmtepompboiler .....	65
9.3. Zonneboiler .....	65
9.4. Elektrische boiler .....	65
9.5. Combinaties .....	65
10. Compacttoestel .....	66
10.1. Werking .....	66
10.1.1. Ventilatie .....	66
10.1.2. Warmteterugwinning .....	67
10.1.3. Sanitair warm water .....	68
10.1.4. Centrale verwarming .....	69
10.1.5. Comfort verwarming .....	69
10.1.6. Comfort koeling .....	69
10.1.7. Vermogen .....	70
10.1.8. Toepasbaar? .....	70
11. Economisch .....	71
11.1. Ventilatie .....	71
11.2. Energieproductie .....	72
11.2.1. Warmtepomp .....	72
11.2.2. Ketel .....	72

11.2.3. Photovoltaïsche panelen.....	72
11.2.4. Zonnecollectoren .....	72
11.3 Verwarmen.....	73
11.3.1. Afgifte systeem.....	73
11.3.2. Elektrisch .....	73
11.4. Koelen.....	73
11.5. Sanitair warm water .....	74
11.5.1 Ketel (boiler).....	74
11.5.2. Warmtepompboiler.....	74
11.5.3. Zonneboiler .....	74
11.5.4. Elektrisch boiler.....	74
11.5.5. Combinaties.....	74
12. Voorbeelden.....	75
12.1 Inleiding.....	75
12.2 Situatie schets .....	75
12.2.1. Ventilatie .....	76
12.2.2. Verwarmen.....	76
12.2.3 Koelen.....	76
12.2.4.Sanitair warm water.....	77
12.2.5. Andere energiebronnen .....	77
12.2.6. Vergelijking.....	77
12.3 Manier van berekenen .....	78
12.4 Voorbeeld 1.....	79
12.4.1. Ventilatie .....	79
12.4.2. Verwarmen.....	80
12.4.3. Koelen.....	81
12.4.4. Sanitair warm water .....	81
12.4.5. Andere energiebronnen .....	82
12.4.6. Kost.....	82
12.4.7. Conclusie .....	83
12.5. Voorbeeld 2.....	84
12.5.1. Ventilatie .....	84
12.5.2. Verwarmen.....	84
12.5.3. Koelen.....	85
12.5.4. Sanitair warm water .....	85
12.5.5. Andere energiebronnen .....	86
12.5.6. Kost.....	86
12.5.7. Conclusie .....	87

12.6. Voorbeeld 3.....	88
12.6.1. Ventilatie.....	88
12.6.2. Verwarmen.....	88
12.6.3. Koelen.....	90
12.6.4. Sanitair warm water.....	91
12.6.5. Andere energiebronnen.....	91
12.6.6. Kost.....	92
12.6.7. Conclusie.....	92
12.7. Voorbeeld 4.....	93
12.7.1. Ventilatie.....	93
12.7.2. Verwarmen.....	93
12.7.3. Koelen.....	94
12.7.4. Sanitair warm water.....	95
12.7.5. Andere energiebronnen.....	95
12.7.6. Kost.....	96
12.7.7. Conclusie.....	96
12.8. Voorbeeld 5.....	97
12.8.1. Ventilatie.....	97
12.8.2. Verwarmen.....	97
12.8.3. Koelen.....	98
12.8.4. Sanitair warm water.....	98
12.8.5. Andere energiebronnen.....	99
12.8.6. Kost.....	99
12.8.7. Conclusie.....	99
12.9. Voorbeeld 6.....	100
12.9.1. Ventilatie.....	100
12.9.2. Verwarmen.....	101
12.9.3. Koelen.....	102
12.9.4. Sanitair warm water.....	102
12.9.5. Andere energiebronnen.....	103
12.9.6. Kost.....	103
12.9.7. Conclusie.....	104
12.10. Algemene conclusie.....	105
12.10.1. Vaste kosten.....	106
12.10.2. Totale kosten.....	107
Bijlagen.....	108
Bibliografie.....	109



## Abstract

De stage gekoppeld aan deze bachelorproef heeft plaatsgevonden bij Alrasol, een familiebedrijf dat gelegen is in Wellen. Het bedrijf was oorspronkelijk gespecialiseerd in photovoltaïsche zonnepanelen, zonneboilers en regenwater. Door het uitbreiden van hun gamma kon het wegvallen van de subsidies van de overheid opgevangen worden. Bovendien zijn ze zo meer breder vertegenwoordigd op de markt. Zo hebben ze zich de laatste jaren gespecialiseerd in vloerverwarming, infraroodverwarming, woningventilatie en LED-verlichting.

Aangezien de regelgeving voor bouwen steeds strenger wordt en er tegen 2020 alleen nog maar bouwaanvragen mogen zijn voor woningen met een E-peil van 30, is deze regelgeving een belangrijk aandachtspunt om rekening mee te gaan houden.

Omdat Alrasol op deze nieuwe regelgeving wilt inspelen wordt in dit eindwerk onderzocht wat de mogelijkheden zijn voor de behoeften van verwarming, sanitair warm water en een goed binnenklimaat. De werking van bestaande technieken zal worden nagegaan. Daarnaast wordt er gekeken of deze technieken nog een toekomst hebben, binnen deze nieuwe wetgeving. Technieken die Alrasol nog niet heeft worden ook bekeken. Het economische aspect speelt eveneens een belangrijke rol. Zo is de vergelijking van de kostprijs tussen installaties op korte en lange termijn van belang. Ook het totale comfort van de woning mag hierin niet vergeten worden.

Deze bachelorproef is voornamelijk gebaseerd op informatie verkregen via opzoekwerk. Daarnaast werden bevindingen van medewerkers en leveranciers uit de sectoren en personen die reeds meer ervaring hebben met de strengere bouweisen meegenomen.

Om een vergelijking te kunnen maken op financieel gebied werden enkele voorbeelden bekeken voor een woning met laag E-peil.

In conclusie kan gesteld worden dat traditionele systemen niet goed toepasbaar zijn en zeer duur zijn. Bovendien zijn er op dit moment weinig systemen die kunnen inspelen op de koeleis noodzakelijk voor voldoende comfort zonder afgestraft te worden.

## Afkortingen

### Gebruikte afkortingen:

BEN-woning - bijna energie neutraal woning

COP - coëfficiënt of performance

CV - Centrale verwarming

EPB - energie prestatie en binnenklimaat

EPW – energieprestatie voor woongebouwen

PER –Primary Energy Ratio

PHPP - passiefhuis projecteringspakket

Pv – photovoltaïsche

SCOP - Seasonal Coëfficiënt Of Performance

SWW - Sanitair warm water

SPF - seizoensprestatiefactor

## 1. Inleiding

Alrasol is een bedrijf dat al tientallen jaren bezig is met energiezuinige installaties. Ze zijn gestart met de plaatsing van fotovoltaïsche zonnepanelen, zonneboilers en regenwaterputten.

Alrasol is een flexibel bedrijf dat wil inspelen op de steeds veranderlijke markt. Dit uit zich bijvoorbeeld door het verminderen van subsidies op de zonnepanelen. Daarnaast hebben ze hun gamma uitgebreid met andere technieken zoals warmtepompen, vloerverwarming, ventilatie en LED-verlichting.

Voor de steeds strengere bouwnormen die worden ingevoerd, wil Alrasol zich ook wapenen. Traditionele systemen worden steeds minder vaak gebruikt en nieuwe technieken zullen op de markt verschijnen.

Tijdens deze stageperiode heb ik mij toegelegd op hoe er voorzien moet worden in verwarming, koeling en sanitair warm water in gebouwen die gebouwd worden met inachtneming van de strengere eisen. Voorbeeld situaties zijn er gebruikt om conclusies te trekken. Verder heb ik ook geholpen met het uitwerken en voorbereiden van offertes en ben actief bezig geweest op enkele werven.

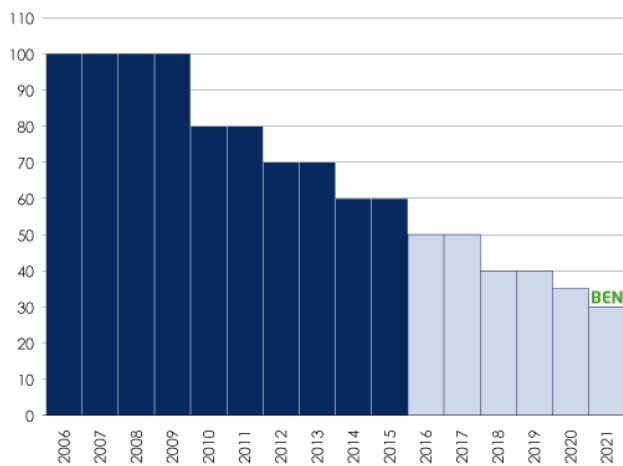
In dit eindwerk heb ik mij toegelegd op de voorziening van verwarming, koeling en warm tapwater in die nieuwe generatie gebouwen. [44]

## 2. Bouwen in de toekomst

De eisen voor bouwen worden steeds strenger. Tegen 2021 zal er energie neutraal gebouwd moeten worden van Europa. Deze overgang zal stapsgewijs gebeuren. Momenteel zitten we in de fase waar er een E-peil van 60 gehaald moet worden.

Het E-peil zal de norm bepalen. Dit staat voor de energieprestatie van het gebouw, dit is best zo laag mogelijk. Tegen 2021 moeten de aanvragen van woningen een E-peil van maximum 30 hebben. Sinds 2014 is de eis voor het E-peil voor Vlaanderen 60 geworden, in 2016 zakt dit naar 50.

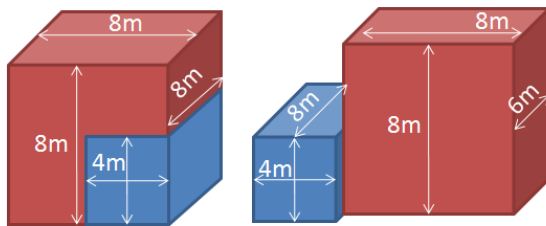
Er wordt hier nog een onderscheid gemaakt tussen BEN- en passieve gebouwen. Deze leunen sterk aan bij elkaar. Bij een passieve woning zal de vraag naar verwarming nog lager liggen in vergelijking met een BEN-woning. (BEN staat voor Bijna Energie Neutraal.) Figuur 1 geeft een overzicht weer van de E-peilen die gehaald moeten worden bij het bijhorend jaartal. [1,6]



*Figuur 1: Overzicht E-peilen [5]*

## 2.1. Aandachtspunten voor bouwen

Wanneer men gaat bouwen, moet men met een aantal factoren rekening houden. Ten eerste bouwt men best zo compact mogelijk. Dit zal de verliesoppervlakte beperken en bijgevolg ook de investeringskost om deze te isoleren. Een rijwoning zal in dit geval heel voordelig zijn en een alleenstaande woning zal hier minder goed uitkomen. De beste compacte vorm is een bol, maar deze wordt eigenlijk niet gebruikt voor een gewone woning. Een vierkante vorm of kubus leunt hier het dichtst bij aan en is de aangeraden vorm om te bouwen. Delen van het gebouw die uitsteken dienen dus vermeden te worden. In figuur 2 wordt het principe van compactheid getoond.



*Figuur 2: Voorbeeld compactheid [72]*

Een tweede factor is dat er luchtdicht gebouwd moet worden om de warmteverliezen te gaan beperken. Want er gaat veel warmte verloren door bijvoorbeeld verschillen in luchtdruk die tussen binnen en buiten worden veroorzaakt, door wind, verwarming en mechanische ventilatie.

De thermische isolatie is natuurlijk ook een belangrijke factor in het energiezuinig bouwen. Er moet hierbij wel veel aandacht worden geschonken aan de juiste plaatsing van de isolatie en de materialen die worden gebruikt. Bij een slechte plaatsing verliest de isolatie zijn functie en is de investering het ook niet waard geweest.

Daarnaast moet ook een ventilatie systeem worden voorzien. Er bestaan vier verschillende systemen: A-, B-, C- en D-systeem, deze worden later in deze bundel nog toegelicht. De ventilatie gaat zorgen dat er verse lucht in de woning wordt gebracht en de vuile lucht wordt afgevoerd, de vochtige lucht wordt eveneens afgevoerd. Door het ventileren zal de binnenomgeving in kwaliteit stijgen en een aangenamere plaats zijn om te wonen.

Een volgende factor die een rol speelt bij het verbruik in een woning is het verwarmen. Er zijn hiervoor verschillende methodes mogelijk. Gas of olie kan bijvoorbeeld gebruikt worden als energiebron. Elektriciteit is ook een mogelijkheid maar het zal wel een zwaardere invloed op het E-peil van de woning hebben, want er wordt rekening gehouden met de primaire energie. De verschillende mogelijkheden voor verwarmen worden eveneens nog toegelicht.

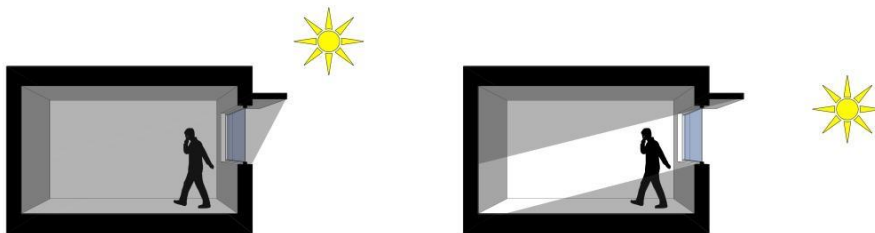
De zesde factor heeft betrekking tot het sanitair warm water. Aangezien er meer geïsoleerd wordt en de benodigde energie voor het verwarmingsaandeel kleiner wordt, zal het aandeel voor het sanitair warm water groter worden. De vraag hiervoor zal redelijk constant blijven maar kan deels verminderd worden door doordacht gebruik van het water en gebruikmaken van spaarkoppen.

De verlichting speelt ook een belangrijke rol, het heeft een elektrisch verbruik en zal ook in beperkte maten warmte afgeven aan zijn omgeving.

Elektrische toestellen zijn ook een verbruik van energie voor de woning en zijn een niet te vergeten factor. Er zijn energielabels die de efficiëntie aantonen van de toestellen. Deze machines zullen ook een warmte gaan afgeven aan de omgeving. [5]

## 2.2. Passieve woning

Bij een passieve woning wordt er veel rekening gehouden met het ontwerp van het gebouw. Zo zal er geprobeerd worden het maximale uit de zon te halen voor verwarming, dit betekent dat veel glas aanwezig is op de zuidelijke kant van het gebouw. De andere gevels zullen beperkt van glas voorzien zijn, omdat het dure producten zijn en de kostprijs anders veel te groot wordt. Om een zo optimaal mogelijke positionering van het glas te hebben wordt er vanaf de start van het project rekening gehouden met de ligging van de bouwgrond en het gebouw zelf. De inwonende zullen liefst een mooi uitzicht hebben op hun tuin en niet op de straat. De bouwgrond wordt dus best gekozen met een tuin in het zuiden. Om de zonnestrallen te blokkeren in de zomer, is zonnewering aangeraden. In de winter zullen de lage zonnestrallen binnengelaten worden en in de zomer de hoge zonnestrallen worden geblokkeerd. Volgende figuur illustreert de werking.



*Figuur 3: Zomer en winter zon [71]*

Als de oriëntering van het gebouw en de plaats van de ramen gekend zijn, zal de isolatie van de woning berekend worden. De dikte wordt dan bepaald zodat de woning maar een klein aantal kiloWatt (kW) of Watt (W) zal moeten bijverwarmd worden. Deze waarde zal in vele gevallen niet hoger liggen als twee kW. Dit betekent dat een traditioneel verwarmingssysteem geen goede oplossing is, als het verwarmingsvermogen zo laag is. Een klein verwarmingselement in de ruimte of de ventilatiekanalen zal al voldoende zijn. Een verwarmingssysteem wordt zo wel uitgespaard maar er zullen extra kosten zijn in verband met isolatie en-, luchtdichtheid aangezien er daarvoor strengere eisen zijn. [6]

## 2.3. BEN-woning

In een lage energiewoning zullen er in essentie dezelfde technieken worden toegepast als bij een passieve woning. Goed isoleren, luchtdicht bouwen, alsook ventilatie en zon benutten. Maar hier worden de technieken mindere intensief toegepast. De isolatiediktes zullen bijvoorbeeld lager liggen dan in een passief gebouw en de kans bestaat erin dat een centraal verwarmingssysteem nodig zal zijn. De isolatiekosten liggen dus lager maar de kost voor een centraal verwarmingssysteem (cv-systeem) zijn er bijgekomen, toch zal de kostprijs toch nog lager zijn dan bij een passief gebouw. [6]

## 2.4. Gevolgen

De verstrenging van de bouwnormen hebben bepaalde gevolgen. Bij elke verstrenging, zullen de kosten groter worden, zeker als het gaat om de thermische isolatie. Als er niet aan de eisen voldaan zal worden, is het gevolg een boete en een daling in waarde van de woning. [6]

### 2.4.1. Voor-nadelen

In dit gedeelte worden nog kort de voordelen en nadelen gegeven van de strengere bouweisen.

De voordelen zijn:

- Energieverbruik gaat lager zijn
- Lage CO<sub>2</sub> uitstoot
- Hoe beter het E-peil, hoe meer waarde de woning heeft

De nadelen zijn:

- Hogere bouwkosten
- Hogere milieu belasting tijdens het bouwen (wegens gebruik meer materiaal)

## 3. Eisen en normen

Om tot het lage energieverbruik te komen en de naam passief woning of BEN-woning te mogen dragen moeten er aan bepaalde eisen worden voldaan en normen gevolgd worden.

### 3.1 BEN-woning

Ten eerste wordt er gekeken naar het E-peil, dat lager of gelijk aan 30 moet zijn. Waar er voor het E-peil rekening mee gehouden moet worden wordt later nog uitgelegd.

Bij het tweede punt wordt er gekeken naar de  $U_{\max}$ -waarden van de thermische isolatie. Dit zijn vastgelegde waardes die niet mogen overschreden worden. Onderstaande tabel geeft enkele van deze waardes weer.

Constructiedeel	$U_{\max}$ (W/m <sup>2</sup> K)
Daken en plafonds	0,24
Buitenmuren	0,24
Vloeren	0,24
Vensters (raamprofiel + beglazing)	1,50
Beglazing	1,10
Deuren en poorten	2,00

Tabel 1: U-waardes [1]

Het derde punt heeft betrekking tot het K-peil. Dit moet lager of gelijk zijn aan K40. Voor een appartement betekent dit dat het hele gebouw een K-peil van K40 of lager moet hebben. De K-waarde geeft eigenlijk de globale isolatiewaarde van een gebouw weer. Hoe lager de waarde is, hoe beter voor het gebouw. Voor de globale isolatiewaarde wordt rekening gehouden met U-waardes van verschillende onderdelen van het gebouw, maar ook de compactheid van het gebouw speelt een belangrijke rol.

Het vierde punt gaat de netto-energiebehoefte voor verwarming in rekening brengen. Dit moet gelijk zijn aan of lager als 70 kiloWattuur per vierkante meter (kWh/m<sup>2</sup>). De netto-energiebehoefte gaat ook nog een tussenstap zijn voor de berekening van het E-peil.

Bij het vijfde punt wordt er een beperking, op het risico van overhitting, opgelegd. Zo mag de overhittingsindicator per wooneenheid niet meer dan 6500 Kelvinuur (Kh) zijn.

De ventilatie eisen vallen onder punt zes. De woning moet voorzien over alle ventilatievoorzieningen zoals vermeld in bijlage IX van het energiebesluit van 19 november 2010. Dit document verwijst naar NBN normen die moeten worden nageleefd.

Het laatste punt beschrijft het minimumaandeel van hernieuwbare energie. [1,5]

### 3.1.1. Berekeningsmethode

In dit stuk zullen de verschillende berekening methodes voor de eisen worden toegelicht. Op deze manier kan er een beter inzicht verworven worden van de manier van handelen en denken bij opstellen van de eisen. Voor residentiële gebouwen wordt dit de EPW-methode genoemd. [1]

#### 3.1.1.1. E-peil

In de eerste stap wordt het E-peil besproken. Bij het berekenen van het E-peil zal er gezocht worden naar het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik. Dit verbruik moet lager blijven als een referentiewaarde. De formule hiervoor is:

$$\frac{\text{karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik}}{\text{Referentiewaarde}} \times 100 \leq E - \text{peileis}$$

De referentie waarde wordt bepaald op basis van de verliesoppervlakte, het beschermd volume (=het volume dat binnen het geïsoleerd deel ligt) en het bewuste ventilatie debiet van de woning. De formule voor de referentiewaarde :

$$\text{Referentiewaarde} = a1 \times A_{te} + a2 \times V_{epw} + a3 \times V_{didec,ref}$$

Hierbij is:

- a1, a2, a3 constante waarden, respectievelijk: 115, 70, 105
- Ate de verliesoppervlakte
- Vepw het beschermd volume
- Vdidec,ref het bewust ventilatiedebiet

Voor het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik wordt er een veronderstelling gemaakt. Zoals een bepaald klimaat, een vaste binnentemperatuur van 18°C en overeenkomstige interne warmtewinsten. Hierdoor bestaat er de mogelijkheid om verschillende gebouwen met elkaar te vergelijken.

Het werkelijk energieverbruik wordt dus niet berekend, want dit is veel te afhankelijk van onvoorspelbare factoren zoals de persoonlijk gewenste, en dus ingestelde, binnentemperatuur door de gebruikers. Het aantal uren bepalen dat het gebouw gebruikt wordt is ook moeilijk om te weten. Als deze verschillen in rekening gebracht worden, dan zou de berekening zeer complex worden.

Op basis van maandtotalen zullen de eerste stappen van de berekening gebeuren. De maandtotalen worden opgeteld om op die manier het jaarlijks verbruik te berekenen.



Om het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik te kunnen bepalen wordt er rekening gehouden met de energie die verbruikt wordt voor: de ruimteverwarming, de bereiding van sanitair warm water, de hulpfuncties van de installaties en de ventilatoren, de koeling, de energie die geproduceerd wordt door een warmtekrachtkoppeling, photovoltaïsche panelen of andere energiebronnen.

Volgende afbeelding toont aan dat niet alles simpel weg opgeteld mag worden, er zijn stappen die gevolgd moeten worden.

warmteverliezen	energiebalans = netto energiebehoefte	bruto energiebehoefte	eindenergieverbruik voor ruimteverwarming	maand- totalen naar jaarlijks eind- energie- verbruik +	karakteristiek jaarlijks primair energie- verbruik en referentie- waarde	E-peil
nuttige warmtewinsten						
systeemrendement						
opwekkingsrendement						
systeemrendement						
bijdrage thermisch zonne-energiesysteem			eindenergieverbruik voor warm tapwater			
opwekkingsrendement				omzetten naar primair energie- verbruik		
energieverbruik van hulpfuncties van de installaties			energieverbruik voor hulpfuncties en ventilatoren			
energieverbruik van de ventilatoren						
eindenergieverbruik voor koeling						
energiewinst door PV-panelen of WKK						

Figuur 4: Overzicht energie optelling [1]

Sommige waarden kunnen ook niet worden opgeteld omdat ze een verschillende eenheid hebben. Een voorbeeld hiervan is bij het verwarmen van een ruimte, dit kan worden uitgedrukt in aantal liter (l) gasolie, aantal kubieke meter (m<sup>3</sup>) gas of kWh. Voor koelen, ventilatoren of hulpfuncties is de eenheid in kWh. Om deze te kunnen optellen moeten ze eerst omgezet worden naar het primair energie verbruik.

Elk eindenergieverbruik gaat nog vermenigvuldigd worden met een omrekenfactor die afhankelijk is van de gebruikte energiedrager. Voor gas en gasolie zal deze omrekenfactor 1 bedragen, voor elektriciteit is deze 2,5. De factor voor elektriciteit ligt zo hoog omdat er rekening gehouden wordt met de energie die verloren gaat tijdens het transport en de productie ervan. De factoren zijn land gebonden en kunnen bijgevolg verschillen. [1,5]

### 3.1.1.1.1 Ruimteverwarming

Bij dit stuk zal het gedeelte van ruimteverwarming uitgelegd worden.

Een ruimte wordt verwarmd omdat er warmte verloren gaat, de warmteverliezen. Het eindenergieverbruik hiervoor wordt berekend in zeven stappen. De stappen worden hieronder in volgorde uitgelegd.

1. In de eerste stap zal er gekeken worden naar de transmissie (- of geleidingsverliezen). Deze zijn een optelling van de verliezen via de scheidingsconstructies tussen het gebouw en de buitenomgeving en de aangrenzende onverwarmde ruimtes en bodem. De grootte van deze verliezen is afhankelijk van hoe goed er geïsoleerd is in de gebruikte constructieonderdelen. Hoe beter geïsoleerd, hoe minder groot de verliezen zijn. Ook is er een ventilatieverlies, dit verlies wordt veroorzaakt door warmte die via de lucht kan ontsnappen uit het gebouw. Bij mechanische ventilatie kan hier wel een groot deel van gerecupereerd worden. Maar via minder luchtdichte constructiedelen en minder detailaansluitingen zullen er dus nog onbewuste verliezen optreden. Daarom is luchtdicht bouwen zo belangrijk, om deze verliezen te beperken. [1]

2. In stap twee zullen de nuttige warmtewinsten berekend worden. De warmtewinsten zijn in de meeste gevallen wel lager als de warmteverliezen. De zon gaat op het gebouw schijnen en gaat zo energie aan het gebouw geven. (De nuttige zonnewinst is de passieve zonne-energie die het gebouw bereikt via het beglaasde oppervlak en zo de ruimte deels zal gaan opwarmen.) Het teveel van deze zonne-energie wordt niet als nuttig beschouwd. Bij een teveel hiervan gaat er gekoeld moeten worden en dit zal een hoog energieverbruik hebben als gevolg. De nuttige interne winst door de warmteafgifte van apparaten, verlichting en de bewoners zelf, worden als forfaitaire waarde afhankelijk van het volume van de energiesector ingerekend. Figuur 5 geeft weer welke gegevens er bij de bezonning van belang zijn. [1]

gegevens over bezonning	
nuttige zonnewinsten	
transparante constructiedelen	
zonnetoetredingsfactor beglazing	g = .....
oriëntatie per transparant deel	oriëntatie t.o.v. zuid (zuid = 0) : .....
helling per transparant deel	..... °
zonnewering bij de transparante constructiedelen	
type bediening	geen, vast, in het vlak of niet in het vlak van het venster
indien in het vlak van het venster: type systeem	handbediend of automatisch
indien niet in het vlak van het venster	binnen, buiten, tussen ... de beglazing
beschaduwning van de transparante constructiedelen	
indien detailberekening	reductiefactor = .....
	waarden bij ontstentenis of detailberekening
	overstekhoeken : ..... ° per raam

Figuur 5: Gegevens over bezonning [1]

3. De derde stap heeft betrekking tot de opmaak van de energieballans. De nuttige warmtewinsten worden afgetrokken van de warmteverliezen. De netto-energiebehoefte voor de ruimteverwarming, of de energie door de toestellen in de ruimte zullen moeten worden afgegeven om de gewenste binnentemperatuur te bekomen, wordt op deze manier bekomen. Bij deze stap zal er ook gekeken worden naar de thermische massa van de constructie (zwaar, halfzwaar, matig zwaar of licht). Deze thermische massa is afhankelijk van welk materiaal er gebruik is gemaakt in de constructie. Figuur 6 illustreert dit. In de vorige drie stappen (1,2,3) werden bouwkundige gegevens ingevoerd. In de stappen die nu volgen zal er meer worden ingegaan op de technische installaties, zodat het eindenergieverbruik voor de ruimteverwarming bepaald kan gaan worden. [1]

gegevens van het gebouw	
constructietype	zwaar, halfzwaar, matig zwaar of licht
beschermd volume per energiesector (BV)	..... m <sup>3</sup>
volume aangrenzende onverwarme ruimte (AOR)	..... m <sup>3</sup>

Figuur 6: Gegevens over thermische massa gebouw [1]

4. Bij deze stap wordt het systeemrendement van de verwarmingsinstallatie bepaald. De formule hiervoor is:

$$\text{Afgifterendement} \times \text{Verdeelrendement} \times \text{Opslagrendement} = \text{systeemrendement}$$

Het afgifterendement houdt rekening met de onnuttige afgifteverliezen, bijvoorbeeld bij een radiator gaat een deel van de warmte via de wand verloren gaan.

Het verdeel rendement gaat de warmteverliezen door transport in rekening brengen, de isolatie van de leidingen en de ligging hiervan (binnen of buiten het beschermd volume) zijn belangrijk.

Als er een opslagvat aanwezig is voor de ruimteverwarming zullen de verliezen hiervan door het opslagrendement worden uitgedrukt.

Figuur 7 geeft de punten weer waar rekening mee gehouden moet worden. [1]

gegevens over het verwarmingssysteem		
afgifterendement		
verwarmingssysteem		plaatselijk of centraal (CV)
indien plaatselijk		kolenkachel, oliekachel, ...
indien CV		met warm water
gemeenschappelijke verwarming		ja of nee
type afgiftetoestel (indien CV met warm water)		radiatoren, convectoren of vloer-, muur- of plafondverwarming
afgiftetoestellen voor de vensters (indien CV met warm water)		ja of nee
regeling		centraal of decentraal
instelwaarde van de vertrektemperatuur		constant of variabel
verdeelrendement		
leidingen		binnen of buiten het beschermde volume
opslagrendement		
opslagvat		aanwezig of niet aanwezig
indien aanwezig		binnen of buiten het beschermde volume

Figuur 7: Gegevens over het verwarmingssysteem [1]

5. De bekomen netto-energiebehoefte zal in deze stap gedeeld worden door het berekende systeemrendement. De uitkomst hiervan is de bruto-energiebehoefte of anders vermeld, de hoeveelheid energie die door het warmteopwekkingstoestel aan het verwarmingsysteem afgegeven moet worden om de gewenste binnentemperatuur te bekomen in de ruimte. [1]
6. Bij de vijfde stap wordt het opwekkingsrendement van het warmteopwekkingstoestel in rekening gebracht. Bij ketels zal er rekening gehouden worden met warmteverliezen in de rookgasafvoer en warmteverliezen naar de omgeving toe. Ook wordt er rekening gehouden of het toestel energie vraagt om zijn eigen op temperatuur te houden. Volgende figuur geeft de parameters weer. [1]

gegevens over het warmteopwekkingstoestel		
toestel (indien CV)		binnen of buiten het beschermde volume
toestel (indien CV met warm water)		wel of niet-condenserend
		$\eta_{30\%} = \dots\dots\dots$
indien condenserend		gemiddelde ketelwatertemperatuur bij test bij 30% belasting: ....
		ontwerptourtemperatuur afgiftesysteem: .....°C
ketelwatertemperatuur (indien CV met warm water)		wordt warm gehouden of kan volledig afkoelen
toestel (indien CV met lucht)		$\eta_{30\%} = \dots\dots\dots\%$
energiedrager toestel (niet van belang voor rendement, wel voor omrekening naar primair energieverbruik)		gas, stookolie ...

Figuur 8: Gegevens over het warmteopwekkingstoestel [1]

7. In de laatste stap zal de bruto-energiebehoefte gedeeld worden door het opwekkingsrendement. Dit zal het uiteindelijk eindenergieverbruik voor ruimteverwarming bepalen of de hoeveelheid energie die het warmteopwekkingstoestel nodig heeft om tot de gewenste binnentemperatuur te komen. [1]

### 3.1.1.1.2. Sanitair warm water

Een woning heeft natuurlijk ook een voorziening voor warm tapwater te generen, dit is het tweede deel dat berekend moet worden voor het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik. Dit wordt berekend in drie stappen, de stappen zijn als volgt.

1. In de eerste stap wordt er een systeem rendement bepaald, dit is parallel met de berekening van de ruimteverwarming, er wordt vooral rekening gehouden met de verdeelverliezen. Volgende afbeelding geeft enkele voorbeelden van gegevens die moeten worden ingevuld. [1]

gegevens over het systeem voor warm tapwater	
lengte leiding tot tappunten badkamer	waarden bij ontstentenis of lengte leiding gekend
lengte leiding tot tappunten keuken	waarden bij ontstentenis of lengte leiding gekend
indien lengte leidingen gekend	..... m
voorverwarming	aanwezig of afwezig
circulatieleiding	aanwezig of afwezig

*Figuur 9: Gegevens over het systeem voor warm tapwater [1]*

2. Als er gebruik wordt gemaakt van een zonneboiler, wordt de bijdrage hiervan ingerekend in een tweede stap. De oppervlakte van de zonnecollector is doorslaggevend voor de grootte van de nuttige bijdrage. Figuur 10 geeft belangrijke parameters weer. [1]

gegevens over het thermische zonne-energiesysteem	
zonnecollector	aanwezig of afwezig
indien aanwezig	..... m <sup>2</sup> zonnecollector
beschadwing	waarden bij ontstentenis of detailberekening
indien detailberekening	overstekhoeken: ..... °
oriëntatie	oriëntatie t.o.v. zuid (zuid = 0) : .....
helling	..... °

*Figuur 10: Gegevens over het thermische zonne-energiesysteem [1]*

3. Als laatste stap wordt het opwekkingsrendement van het opwektoestel voor sanitair warm water bepaald. Bij een toestel met opslagvat zijn de opslagverliezen hierin ingebracht. Het eindenergieverbruik voor het warm tap water kan vervolgens berekend worden. Dit wordt weergegeven in figuur 11. [1]

gegevens over het opwekkingstoestel voor warm tapwater	
type opwekking (voor elk tappunt)	ogenblikkelijke opwarming of met warmteopslag
toestel (voor elk tappunt)	verbrandingstoestel, elektrische weerstandsverwarming of elektrische warmtepomp

*Figuur 11: Gegevens over het opwekkingstoestel voor warm tapwater [1]*

### 3.1.1.1.3. Hulpfuncties van de installaties

In dit gedeelte wordt het energieverbruik van hulpfuncties van de installaties besproken. Het verbruik van circulatiepompen, elektronica voor de regeling,... valt hieronder. Kortom al het geen dat er voor zorgt dat het systeem kan werken en blijft werken. De gegevens worden door figuur 12 weergegeven.

gegevens over de hulpfuncties van de installaties	
circulatiepomp (indien CV met warm water)	aanwezig of afwezig
indien aanwezig	met of zonder regeling
circulatiepomp (indien CV met warm water)	individueel of gemeenschappelijk
indien gemeenschappelijk	enkel in het stookseizoen of gedurende het ganze jaar
extra pomp bij warmtepomp	aanwezig of afwezig
opwekkingstoestel	met of zonder ingebouwde ventilator
opwekkingstoestel	met of zonder elektronica
waakvlammen (bij verbrandingsketel)	aantal: .....

Figuur 12: Gegevens over de hulpfuncties van de installaties [1]

Bij een ventilatiesysteem B, C of D verbruiken de ventilatoren ook energie. Deze worden hier ook in rekening gebracht. Onderstaande afbeelding toont dit.

gegevens over de ventilatoren	
energieverbruik ventilatoren (indien ventilatiesysteem B, C of D)	waarden bij ontstentenis
indien waarden bij ontstentenis	gelijkstroom of wisselstroom
indien detailberekening	berekende waarde op basis van het geïnstalleerde vermogen of het vermogen bij een representatief werkingpunt

Figuur 13: Gegevens over de ventilatoren [1]

De som van deze twee energieverbruiken vormt samen het energieverbruik voor de hulpfuncties en ventilatoren. [1]

### 3.1.1.1.4. Koelen

In de voorlaatste stap voor het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik wordt er rekening gehouden met het koelen. Voor het koelen zijn er twee mogelijkheden, actieve koeling of geen actieve koeling. Als er gebruik wordt gemaakt van actieve koeling dan wordt het energieverbruik volledig met overeenkomstige installatiewaarden ingerekend. Als er geen actieve koeling is, wordt er via een fictieve koelkast gerekend op basis van kans op overhitting in de zomermaanden. Het werkelijke of fictieve eindenergieverbruik voor koeling zal meegenomen worden in de verdere berekening. [1]

### 3.1.1.1.5. Photovoltaïsche panelen

De bijdrage van pv-panelen wordt bij de laatste stap in rekening gebracht, de oppervlakte is hier van belang. Eén paneel komt ongeveer overeen met één E-peil punt. Ook energie opgewekt door warmtekrachtkoppeling of een andere groene energiebron worden in deze stap meegenomen.

Met al de gegevens van vorige stappen kan het E-peil berekend worden. [1]

### 3.1.1.2. U-waarde

Na het E-peil wordt de U-waarde besproken.

De U-waarde of warmtedoorgangscoefficiënt, drukt de hoeveelheid warmte uit die per seconde, per m<sup>2</sup> en per graad verschil in temperatuur tussen de ene en de andere kant van een materiaal (bijvoorbeeld een wand) wordt doorgelaten. Hoe kleiner de U-waarde is, hoe kleiner de warmtestroom en hoe beter de thermische isolatiewaarde is.

De U-waarde is het omgekeerde van de warmteweerstand (R), hoe goed een materiaal de warmte tegenhoudt.

De formules voor beide zijn als volgt:  $U = \frac{1}{R} \left( \frac{W}{m^2K} \right)$  en  $R = \frac{d}{\lambda} \left( \frac{m^2K}{W} \right)$  (Hierbij is d de dikte van het materiaal en  $\lambda$  de thermische geleidbaarheid in Watt per meter Kelvin (W/mK).)

Een muur gaat samengesteld zijn uit verschillende materialen en om de berekening te kunnen maken moet er een sommatie worden gemaakt van alle warmteweerstanden. Zo kan de totale warmteweerstand verkregen worden. Er moeten hier ook nog extra waardes worden bijgeteld afhankelijk als de muur binnen staat of aan de ene kant binnen en de andere kant buiten.

Deze extra waardes hebben betrekking tot de overgangscoefficienten van buiten en binnen.

- $h_e$  de overgangscoefficiënt buiten is met als waarde 23 W/m<sup>2</sup>K
- $h_i$  de overgangscoefficiënt binnen is met als waarde 8 W/m<sup>2</sup>K

Bij glaspartijen zal er ook nog rekening gehouden moeten worden met extra factoren, zoals de U-waarde van het frame, luchtholtes, het glas zelf en afstandshouders. [15,66]

### 3.1.1.3. K-peil

Het K-peil is de derde eigenschap die aan bepaalde eisen moet voldoen om een BEN-woning te kunnen zijn.

Dit is een getal dat de thermische verliezen van de gebouwschil gaat aangeven. Het K-peil zal naast de isolatiewaarde (of U-waarde) ook rekening gaan houden met de graad van de compactheid van het gebouw. Een goed geïsoleerd en compact huis is beter dan een goed geïsoleerd en groot huis, omdat de contact oppervlakte met de buitenomgeving kleiner is geworden.

Voor het K-peil te berekenen zijn er twee gegevens nodig, de globale of gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt en de compactheid van het gebouw. [12,66]

#### 3.1.1.3.1. Gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt

Dit is het eerste belangrijke gegeven dat nodig is voor het K-peil te kunnen berekenen.

De gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt is een sommatie van verschillende warmteverliezen die vervolgens gedeeld worden door de totale verlies oppervlakte. Volgende formule geeft dit duidelijk weer. [2,13,73]

$$U_m = \frac{H_t}{A_t} = \frac{H_d + H_u + H_g}{A_t} = \frac{\sum A_d \times U_d + \sum \psi_k \times l_k + \sum X_j + \sum c \times A_u \times U_u + \sum A_g \times U_g}{\sum A_d + A_u + A_g}$$

Hierbij is:

- $H_t$  = De totale warmteverliescoëfficiënt (W/K).
- $A_t$  = De totale verlies oppervlakte ( $m^2$ ).
- $A_d$  en  $U_d$  zijn respectievelijk de verlies oppervlakte van alle wanden van de gebouwschil, die de binnenomgeving direct scheiden van de buitenomgeving en de gemiddelde U-waarde van deze wanden.
- $\psi_k$  is de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt van de lineaire koudebrug,  $l_k$  is lengte van de koudebrug en  $X_j$  is de punt U-waarde van de koudebrug.
- $A_u$  en  $U_u$  zijn respectievelijk de verlies oppervlakte van alle wanden van de gebouwschil, die de binnenomgeving onrechtstreeks scheiden van naburige niet verwarmde ruimtes en de gemiddelde U-waarde hiervan.
- $c$  is nog een correctie factor, de waarde van  $c$  is afhankelijk van hoe de plaatsing van de wand. Tabel 2 toont welke correctiefactor er gebruikt moet worden.
- $A_g$  en  $U_g$  zijn respectievelijk de verlies oppervlakte van alle wanden die de binnenomgeving onrechtstreeks of rechtstreeks scheiden van de buitenomgeving via de grond en de gemiddelde U-waarde hiervan.

Wandtype tussen beschermd volume en aangrenzende ruimte	Correctie factor c
Verticale wand tegen de volle grond (ingegraven muur)	2/3
Horizontale wand (vloer) tegen volle grond	1/3
Horizontale, verticale of hellende wand naar onverwarmde niet vorstvrije ruimte (kruipruimte, onbeschermd zolderruimte,...)	1
Horizontale, verticale of hellende wand naar onverwarmde vorstvrije ruimte (kelder, garage, ...)	2/3

Tabel 2: Correctiefactoren warmtedoorgangscoefficiënt [66]

### 3.1.1.3.2. Compactheid

De compactheid is het tweede gegeven dat nodig is voor het K-peil te berekenen.

De compactheid van een gebouw kan berekend worden door het volume (V) van een gebouw te delen door de verliesoppervlakte (A). Hoe groter de compactheid van een woning hoe beter, omdat een grotere compactheid er op neer komt dat er voor eenzelfde volume een kleinere verliesoppervlakte is. Hierdoor zal de woning minder energie gaan verbruiken. [12,66]

$$C = \frac{V}{A}$$

Enkele richtwaardes voor de compactheid worden in tabel 3 weergegeven.

Gebouwtype	Richtwaarde compactheid
Bungalow	0,9 – 1,2
Villa	1,2 – 1,5
Rijwoning	1,5 – 2,0
Groot gebouw	2,0 – 5,0

Tabel 3: Richtwaardes compactheid [66]

### 3.1.1.3.3. K-peil

Voor het K-peil te berekenen zijn er drie mogelijkheden, deze hangen af van de grote van de compactheid. De mogelijke formules voor het K-peil te berekenen zijn hieronder gegeven. [12,66]

- $C \leq 1$ :  $K = U_m \times 100$
- $1 < C \leq 4$ :  $K = \frac{U_m \times 300}{\frac{V}{A} + 2}$
- $4 < C = K = U_m \times 50$

### 3.1.1.4. Netto-energiebehoefte

Hoe dit berekent kan worden is al toegelicht geweest bij het E-peil.

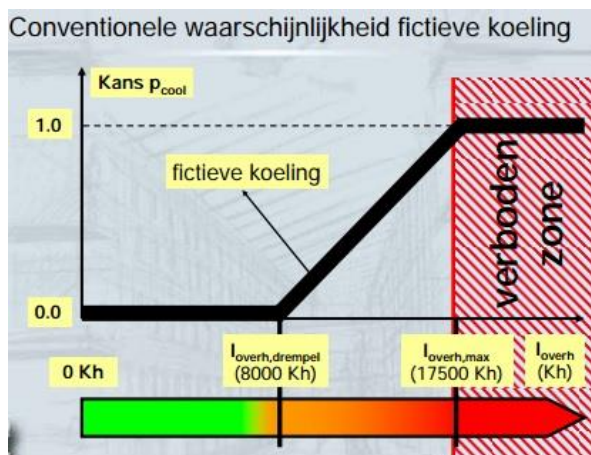


### 3.1.1.5. Oververhitting en koeling

De overhitting en koeling zijn het vijfde punt waar een bepaalde vereiste gehaald moet worden voor een BEN-woning te zijn.

De kans op overhitting gaat het grootst zijn in de zomer. De aanpak van deze zomerproblematiek in het “EnergiePrestatie voor Woongebouwen” of EPW gebeurt in drie stappen.

1. Eerst wordt er een raming gemaakt van het risico op overhitting. Aangezien de mate van de overschrijding van het setpoint van de verwarming goed samenhangt met de mate van de overschrijding van de comfort grens. (Het overschrijden van het verwarmingssetpoint is evenredig met de overtollige warmtewinsten.) De niet-nuttige warmtewinsten zijn daarom een goede indicator op het risico van overhitting. De eenheid hiervoor is in Kh. Als  $I_{overh}$  de maximum waarde  $I_{overh,max}$  overschrijdt moet er een aanpassing worden gedaan aan het gebouw om geen boete te krijgen. De waardes hiervan zijn weergegeven in figuur 14. [1]
2. Bij de tweede stap zal er gekeken worden of er reële of fictieve koeling wordt geplaatst. Als er actieve koeling wordt geplaatst zal deze worden ingerekend als reële koeling. Als er geen actieve koeling geïnstalleerd wordt, dan zal er een inrekening gebeuren van een conventionele waarschijnlijkheid op plaatsing van koeling achteraf, eventueel fictieve koeling. [1]

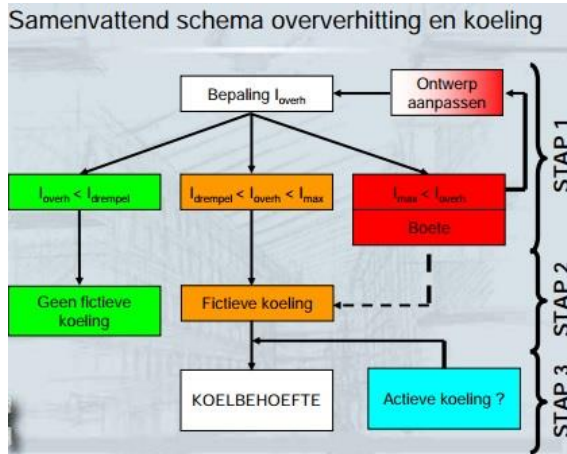


Figuur 14: Koelingsgrafiek [1]

De conventionele waarschijnlijkheid wordt aan nul gelijkgesteld als de drempelwaarde niet wordt overschreden. Als men zit tussen de drempelwaarde en de maximum waarde zal de conventionele waarschijnlijkheid lineair toenemen van nul tot één. Er wordt dus best zo ontworpen dat er onder de drempelwaarde wordt gebleven en zeker niet in de verboden zone komt. Figuur 14 illustreert dit. [1]

- Deze laatste stap dient voor de koelberekening. Dit is enkel als er actieve koeling wordt geplaatst of fictieve koeling ingerekend wordt. Dit moet via een softwarepakket van het EPW worden gedaan. [1]

Volgende afbeelding toont nog een overzicht van de stappen.



Figuur 15: Overzicht overhitting en koeling [1]

### 3.1.1.6. Ventilatiesysteem

Als zesde punt wordt het ventilatiegedeelte besproken.

Hier wordt de norm NBN D 50-001 gevolgd. Dit houdt in dat er verplicht ventilatievoorzieningen aanwezig moeten zijn, maar dat de bewoners vrij zijn deze te gebruiken. De verse lucht moet in de droge ruimtes worden toegevoerd en de lucht moet worden afgevoerd in de natte ruimtes. Er moet ook een debiet van  $3,6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  droge en natte ruimte worden voorzien. [1]

Voor bepaalde ruimtes zijn ook minimum en/of maximum waardes opgelegd. De tabel hieronder geeft de waardes horende bij een specifieke ruimte.

Overzicht ventilatie eisen voor woningen					
Nominaal debiet					
Ruimte	Algemene regel minimum debiet	Absoluut minimaal debiet	debiet mag beperkt worden tot	Minimale spleet oppervlakte	
<b>Toevoer</b>					
Woonkamer	$3,6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2(*)$	$75 \text{ m}^3/\text{h}$	$150 \text{ m}^3/\text{h}$	-	
Slaapkamer		$25 \text{ m}^3/\text{h}$	$72 \text{ m}^3/\text{h}$		
Studeerkamer					
Speelkamer					
<b>Doorstroom als afvoer uit de ruimte</b>					
Woonkamer	-	$25 \text{ m}^3/\text{h}$	-	$70 \text{ cm}^2$	
Slaapkamer					
Studeerkamer					
Speelkamer					
<b>Doorstroom als toevoer naar de ruimte</b>					
Keuken	-	$50 \text{ m}^3/\text{h}$	-	$140 \text{ cm}^2$	
Badkamer		$25 \text{ m}^3/\text{h}$		-	$70 \text{ cm}^2$
Was- en droogplaats					
Wc					
<b>Afvoer</b>					
Keuken	$3,6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$	$50 \text{ m}^3/\text{h}$	$75 \text{ m}^3/\text{h}$	-	
Badkamer					
Was- en droogplaats					
Open keuken		$75 \text{ m}^3/\text{h}$			
Wc	$25 \text{ m}^3/\text{h}$	-	-		
(*) of $45 \text{ m}^3/\text{h}$ per lopende meter ramen die vervangen worden. De kleinste waarde van de 2 berekeningsmethodes geldt als het minimale debiet. Dit is van toepassing bij gebouwen met vergunningsaanvraag of melding van 8 september 2011.					

Tabel 4: Ventilatie eisen voor een woning [16]

### 3.1.1.7. Minimum aandeel hernieuwbare energie

Het minimum aandeel in hernieuwbare energie is in deze stap verwerkt. Er moet hier worden voldaan aan één van de volgende zes opties.

1. Een zonneboiler met een collector waarvan de apertuuroppervlakte (licht doorlatende oppervlakte) minsten 0,02m<sup>2</sup> per m<sup>2</sup> bruikbare vloeroppervlakte van de woning is, tussen west en oost georiënteerd is en in een helling tussen 0° en 70° ligt.
2. Een PV-installatie die minstens 7 kWh per m<sup>2</sup> bruikbare vloeroppervlakte van de woning produceert. Oriëntering moet tussen oost en west zijn onder een helling tussen de 0° en 70°.
3. Een warmtepomp die wordt toegepast als hoofdverwarming, deze warmtepomp moet dan een seizoensprestatiefactor of SPF van minsten 4 hebben en moet 85 procent van de energie dekken voor de verwarmingseisen.
4. Een biomassa-installatie die wordt toegepast als hoofdverwarming. Deze moet een rendement van minstens 85 procent hebben, de emissieniveaus van CO en fijn stof mogen ook niet overschreden worden.
5. Een aansluiting op een net voor stadsverwarming of – koeling, die voor minsten 45 procent uit hernieuwbare energiebronnen wordt geproduceerd.
6. Een deelname in een hernieuwbaar energieproject binnen de des betreffende provincie. (Dit voor minsten 20 euro per m<sup>3</sup> bruikbare vloeroppervlakte van de woning.

Er bestaat nog een extra mogelijkheid, deze moet dan wel gecombineerd worden met één van de zes voorgaande mogelijkheden. Er moet dan 10 kWh hernieuwbare energie per m<sup>2</sup> bruikbare vloeroppervlakte worden geproduceerd in combinatie met de voorgaande punten. (De onderstreepte voorwaarden vallen dan wel weg.) [1,5]

Zes maanden na ingebruikname van het gebouw zal een verslaggever in de EPB-aangifte rapporteren welk van de hernieuwbare energieën is gebruikt. Het gebouw zal voldoen aan deze eis als:

- Als er voldaan is geweest aan de specifieke eisen voor de hernieuwbare energieën.
- Of als het E-peil voldoet aan de 10%-lagere E-peil eis bij gebouwen waarbij geen van de eerder vermelde systemen is toegepast of waarbij ze niet zijn toegepast volgens de geldende voorwaarden.

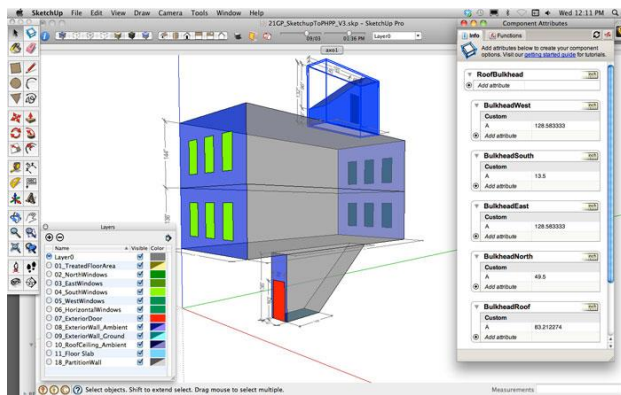
## 3.2. Passieve woning

Voor een passiefbouw zijn er drie voorwaarden waaraan voldaan moet worden:

1. De verwarmings- en koelbehoefte mag maximum 15 kWh, per m<sup>2</sup> geklimatiseerde oppervlakte, per jaar zijn. Deze dient berekend te worden volgens de PHPP of passiefhuis projecteringspakket.
2. Het moet een zeer luchtdichte constructie zijn. De n50 waarde dient kleiner te zijn als 0,6 l/h ook volgens het PHPP. (De n50 waarde is een referentie waarde waarmee de luchtdichtheid van een gebouw mee vergeleken kan worden.)
3. De overhittingsgraad mag maximaal 10 procent boven 25°C bedragen. Met het PHPP kan dit berekend worden. [74]

### 3.2.1. Berekeningsmethode

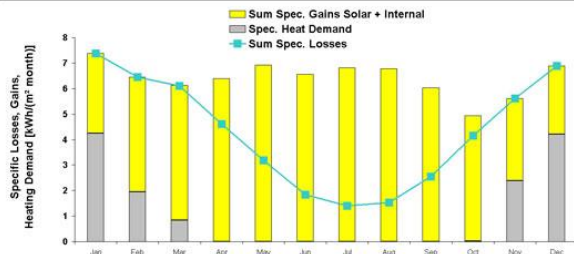
Zoals eerder vermeld is het rekenprogramma van PHPP de manier hoe de woning berekend moet worden. Figuur 16 en 17 tonen hoe het programma eruit ziet.



Figuur 16: Voorbeeld PHPP [75]

#### PASSIVE HOUSE PLANNING SPECIFIC ANNUAL HEAT DEMAND MONTHLY METHOD

Climate	Standard Germany												Heating Temperature
Building	Einfamilienhaus, Passivhaus, Bienen-Kirchschleibin												Building Type/Area
Location	Dresden-Luft, 50 m ü NN												Treated Floor Area
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Heating Degree Hours - Exterior	16,1	13,1	12,1	9,9	5,7	3,0	2,1	2,5	4,7	9,2	11,4	14,1	101
Heating Degree Hours - Ground	7,4	7,0	7,6	6,9	6,3	4,7	4,2	3,9	4,5	5,2	5,8	6,9	70
Losses - Exterior	1019	892	817	699	387	206	143	170	317	607	773	955	6634
Losses - Ground	132	124	135	122	112	83	75	69	80	92	109	121	1349
Sum Spec. Losses	7,4	6,5	6,1	4,6	3,2	1,8	1,4	1,5	2,5	4,2	5,6	6,9	51,8
Solar Gains - North	25	38	66	94	127	140	140	112	76	46	25	18	908
Solar Gains - East	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solar Gains - South	185	387	444	558	572	511	538	578	538	424	215	141	5112
Solar Gains - West	6	11	18	26	33	32	33	29	22	14	6	4	235
Solar Gains - Horiz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solar Gains - Climate	19	36	54	83	105	104	107	94	69	43	21	13	746
Internal Heat Gains	244	220	244	239	244	236	244	244	236	244	236	244	2870
Sum Spec. Gains Solar + Internal	3,1	4,5	5,3	6,4	6,9	6,6	6,8	6,8	6,0	4,9	3,2	2,7	63,3
Utilisation Factor	100%	100%	100%	72%	46%	29%	20%	23%	42%	64%	100%	100%	60%
Annual Heat Demand	663	304	131	0	0	0	0	0	0	2	372	656	2127
Spec. Heat Demand	4,3	2,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	4,2	13,6



Figuur 17: Voorbeeld PHPP [76]

## 4. Ventilatie

Hier zal het begrip ventilatie worden uitgelegd omdat in volgende onderdelen nog voorkomt.

### 4.1. Wat is ventilatie?

Dit is simpelweg het verversen of vervangen van de lucht in een ruimte door verse lucht omdat deze verontreinigd of vervuild is. Voor het ventileren zijn verschillende methoden mogelijk, deze systemen worden bij soorten methodes verder verklaard.

### 4.2. Waarom nodig?

Via ventilatie kan men een gezond binnenklimaat verkrijgen en behouden in ruimtes waar mensen en/of dieren aanwezig zijn. Dit gebeurt door giftige gassen en de vuile lucht af te voeren en verse lucht in de plaats te brengen. Hoeveel er ververst gaat worden hangt af van het aantal mensen of dieren en de aard van de verontreiniging (welk gebruik de ruimte heeft). De eisen voor ventilatie hangen ook van als het een residentieel of niet-residentieel gebouw is, de rekenmethodes zijn verschillend voor beide situaties.

Het is ook verplicht een woning van ventilatie te voorzien in Vlaanderen, sinds 1 januari 2006 volgens de EPB-regelgeving. [18,20]

### 4.3. Soorten methodes

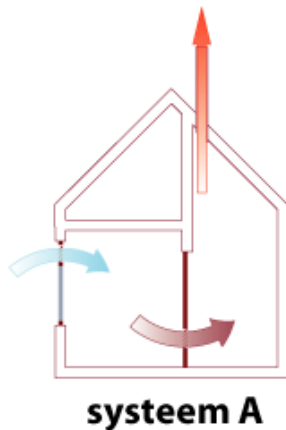
Er zijn 4 methodes van ventilatie. De 4 methodes worden elk individueel uitgelegd.

#### 4.3.1. A-systeem

Er wordt bij een ventilatiesysteem A gebruik gemaakt van natuurlijke ventilatie. De toevoer van de verse lucht en de afvoer van de vuile lucht gebeurt zonder ventilatoren. De aan- en afvoer is afhankelijk van het temperatuurverschil en drukverschil tussen de binnen- en buitenomgeving.

Bij een temperatuurverschil zal er geventileerd worden volgens de natuurlijke warmtecirculatie.

Een drukverschil zal ontstaan door wind buiten waardoor de ventilatie op een raam of rooster sterk zal toenemen. Figuur 18 toont het principe van een ventilatiesysteem A. [21]

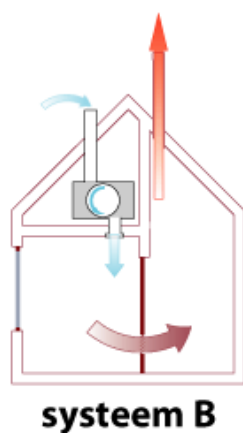


Figuur 18: Ventilatiesysteem A [21]

#### 4.3.2. B-systeem

Bij een ventilatiesysteem B wordt de verse lucht via een ventilator binnen gebracht, de woning wordt op overdruk gebracht. Deze lucht wordt binnen gebracht in de droge ruimtes gelijk: slaapkamer, living, berging, ... . De vervuilde lucht zal door de overdruk uit het huis worden gedwongen, via de openingen die hiervoor voorzien zijn in de natte ruimtes, een badkamer of een keuken is een voorbeeld van een natte ruimte.

Dit systeem wordt praktisch niet vele toegepast. De werking wordt getoond door figuur 19. [21]



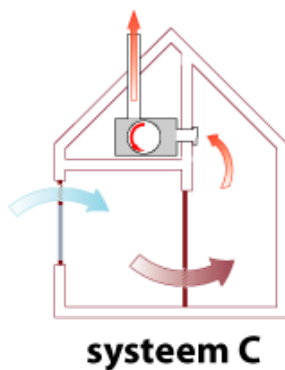
Figuur 19: Ventilatiesysteem B [21]

### 4.3.3. C-systeem

Het klassiek C-systeem zal de vuile lucht mechanisch gaan afvoeren en de verse lucht op natuurlijke wijze laten binnenstromen via raamroosters. De verse lucht zal binnen stromen omdat er in de vochtige ruimtes een onderdruk wordt gecreëerd. Intern zal in de woning de verse lucht worden getransporteerd via openingen zoals spleten onder deuren, open deuren, ... . Figuur 20 toont de werking van het klassiek C-systeem.

Er is ook een vraag gestuurd C+-systeem, de basis werking is gelijk bij het klassiek C-systeem. De afvoerventilatie zal niet meer constant zijn. Er is geredeneerd dat er niet altijd in elke ruimte geventileerd moet worden, zeker als er geen personen in die bepaalde ruimte aanwezig zijn. Afhankelijk van het CO<sub>2</sub> niveau en de vochtigheid in de ruimte zal er geventileerd worden.

Het nieuwste C-systeem is het C+ evo systeem, hier zal de toevoer ook geregeld worden, de rest van de werking is gelijk die van het C+-systeem. [21]

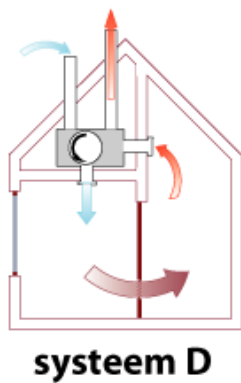


*Figuur 20: Ventilatiesysteem C [21]*



#### 4.3.4. D-systeem

Dit wordt ook wel balansventilatie genoemd. De toevoer- en afvoer gebeurt hier mechanisch door middel van ventilatoren. De toevoer zal gebeuren in de droge ruimtes en de afvoer zal gebeuren in de natte ruimtes. Bij de meeste D-toestellen is er ook een warmtewisselaar aanwezig zodat er niet te veel warmte verloren gaat via deze manier van ventileren. Ook zijn er bij dit systeem filters aanwezig zodat de verse lucht die van buiten komt geen onnodig vuil binnenbrengt gelijk pollen, insecten. Er bestaat ook de mogelijkheid om de luchtvochtigheid te verhogen door een extra stuk aan te sluiten op het kanaal. Het D-systeem zijn werking wordt getoond in figuur 21. [21]



*Figuur 21: Ventilatiesysteem D [21]*

#### 4.4. Voor- en nadelen

In de volgende tabel worden de voordelen en nadelen van de verschillende ventilatiesystemen gegeven.

Systeem	Voordelen	Nadelen
A-systeem	<ul style="list-style-type: none"><li>-Weinig onderhoud</li><li>-Goedkoop</li><li>-Geen elektrisch verbruik ventilatoren</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Warmteverlies, zeker bij veel wind</li><li>-Geen filtering</li><li>-Niet regelbaar</li></ul>
B-systeem	<ul style="list-style-type: none"><li>-Altijd verse lucht</li><li>-Minder onderhoud</li><li>-Regelbaar</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Warmteverlies</li><li>-Ventilatoren zullen energie verbruiken</li></ul>
C-systeem	<ul style="list-style-type: none"><li>-Goedkoper als D-systeem</li><li>-Minder onderhoud</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Toevoer verse lucht moeilijk regelbaar (nieuwere systemen hebben dit wel)</li><li>-Raamrooster</li><li>-Geen warmterecuperatie</li><li>-Snellere opwarming ruimtes in zomer</li><li>-Geen filtering</li></ul>
D-systeem	<ul style="list-style-type: none"><li>-Optimaal geregelde luchtstroom</li><li>-Warmterecuperatie</li><li>-Geen raamroosters</li><li>-Filtering lucht</li><li>-Scoort goed in EPB-regelgeving</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Niet rendabel bij niet luchtdichte woning</li><li>-Meer onderhoud</li><li>-Duurder systeem</li><li>-Hoger energieverbruik</li></ul>

Tabel 5: Voor- en nadelen ventilatie systemen [5,19]

## 4.5. Kanalen

De kanalen zijn er om de lucht naar de gewenste ruimtes te brengen of weg te nemen. Het systeem gaat bepalen als er toevoerleidingen en/of retourleidingen moeten zijn.

Er bestaat de mogelijkheid om ronde spiraalkokers te gebruiken, deze kunnen in opbouw en valse ruimtes worden weggewerkt. Figuur 22 toont een spiraalkoker. Door de grote diameter kan er lucht tegen lage snelheid worden getransporteerd. Hierbij worden er verschillende aftakkingen gemaakt waardoor verschillende ruimtes in verbinding met elkaar staan. Geluid kan zich zo makkelijk verplaatsen tussen ruimtes. [18]



*Figuur 22: Spiraalkoker [45]*

Als er wordt gekozen om de ventilatiekanalen in de chape te verwerken wordt er gebruik gemaakt van platte, rechthoekige kanalen. Dit wordt ook wel een instortstelsel genoemd. Bij dit systeem wordt er gebruik gemaakt van vele kleinere kanalen. De kanalen kunnen rond of rechthoekig zijn en er bestaan flexibele kanalen. Een plat flexibel kanaal wordt getoond in figuur 23. [24]



*Figuur 23: Plat flexibel kanaal [46]*

## 5. Energieproductie

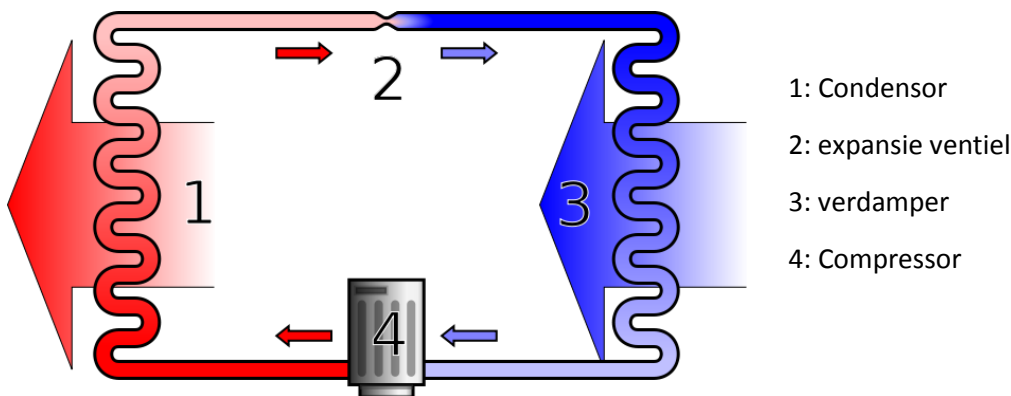
In dit gedeelte worden er verschillende methodes besproken waarmee er energie mee geproduceerd kan worden.

### 5.1. Warmtepomp

Als eerste wordt de warmtepomp en zijn werking uitgelegd, dit omdat de basiswerking van de warmtepomp in verschillende delen nog wordt aangehaald. De warmtepomp gaat geen energie produceren maar energie uit de omgeving halen tegen een miniem energieverbruik.

#### 5.1.2. Algemene werking

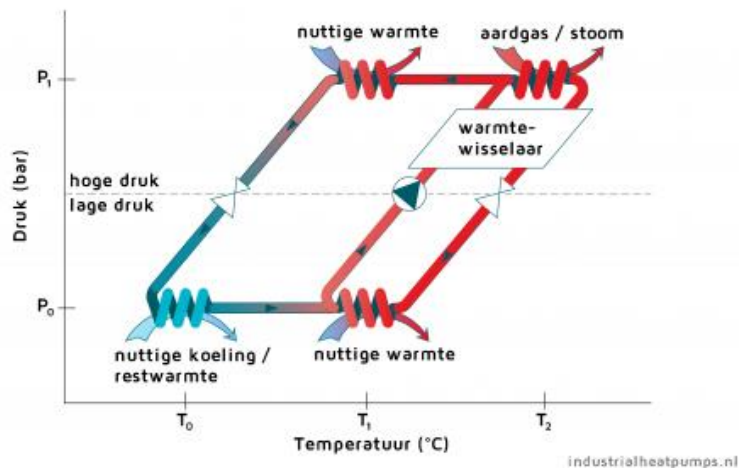
De werking van een warmtepomp is het principe van een koelkast. De warmtepomp bestaat uit 4 hoofd delen, de verdamper, compressor, condensor en het expansieventiel. Deze onderdelen zullen een gesloten kring vormen waarin een koelmiddel de warmte zal transporteren. Figuur 24 geeft de verschillende onderdelen weer.



Figuur 24: Werking compressor warmtepomp [13]

In de verdamper gaat het koudemiddel verdampen door het opnemen van de warmte, hierdoor daalt de temperatuur aan de kant van de verdamper. De compressor zal vervolgens het gas gaan aanzuigen en comprimeren naar een hogere druk. Door de verhoging in druk zal de temperatuur ook stijgen. Vervolgens zal het koudemiddel gas afkoelen in de condensor en terug naar vloeistofvorm gaan. Hierbij zal er dan warmte vrij komen. Bij de laatste stap zal het expansieventiel de druk van het koudemiddel vloeistof verlagen tot verdampertdruk. Dit proces zal zich dan blijven herhalen.

Bij een compressie warmtepomp, is er een compressor aanwezig zoals de naam zelf al zegt. Maar er bestaan ook absorptie warmtepompen, waarbij er geen compressor aanwezig is maar een absorber en generator (die meestal is aangedreven door een gasbrander). Aan de hand van volgende afbeelding wordt de werking ervan uitgelegd. [13,23,24]



Figuur 25: Werking absorptie warmtepomp [ 22]

Het koudemiddel zal in een andere vloeistof worden geabsorbeerd, bijvoorbeeld ammoniak in water. Het mengsel van koudemiddel en de andere vloeistof wordt opgewarmd door de gasbrander. Hierdoor zal het koudemiddel zich van het water afscheiden en stijgt deze naar de condensor waar warmte zal afgegeven worden. Het koudemiddel gaat vervolgens weer afkoelen en terug vloeibaar worden. Daarna zal een (ontspannings-) ventiel het koudemiddel naar de verdamper laten stromen. De verdamper onttrekt warmte van de omgeving en geeft deze af aan het koudemiddel. Het koudemiddel gaat verdampen en terecht komen in de absorber waar het geabsorbeerd wordt door het water. Hierbij ontstaat er warmte, dit warme mengsel zal via de condensor zijn warmte afgeven aan de omgeving waarin de condensor is geplaatst. Het afgekoelde mengsel zal dan weer naar de generator worden gepompt waarna het proces zich weer herhaald.

De linkse kring is de kring van het koude middel en de rechtste van de andere vloeistof (Figuur 25).

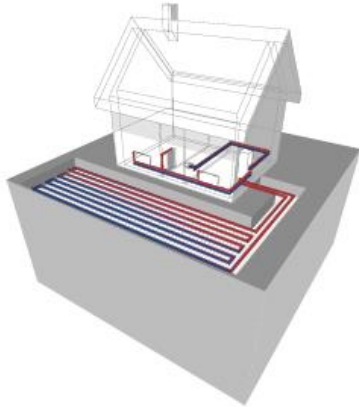
Het verschil tussen een compressie- en absorptie warmtepomp is dat er bij de eerste mogelijkheid energie in de vorm van kracht aanwezig moet zijn en bij absorptie warmte nodig is voor het proces aan te drijven. [22,25]

### 5.1.3. Types

Er zijn ook verschillende mogelijkheden van warmtepompen, deze zullen afhankelijk zijn van de mediums waar ze hun warmte of koelte van zullen onttrekken. Zo heb je lucht/lucht warmtepompen, lucht/water warmtepompen (aan lucht zal koelte of warmte worden onttrokken) en water/water warmtepompen. [13]

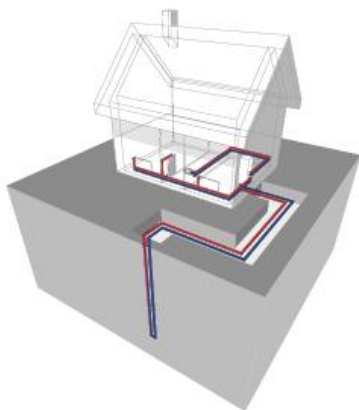
Bij water/water warmtepompen zijn er verschillende methodes voor de warmte of koelte te gaan halen uit het water.

Er bestaat de mogelijkheid om met een horizontale captatie te gaan werken, dit is een gesloten systeem. Hierbij worden er leidingen horizontaal onder de grond gelegd, deze leidingen zijn dan gevuld met water. Meestal liggen deze leidingen een 70 tot 150 cm onder de grond, er moet wel rekening gehouden worden met wortels van planten en bomen. De oppervlakte waarover deze leidingen zijn verspreid is ook groot. Figuur 26 toont het principe een horizontale captatie. [13]



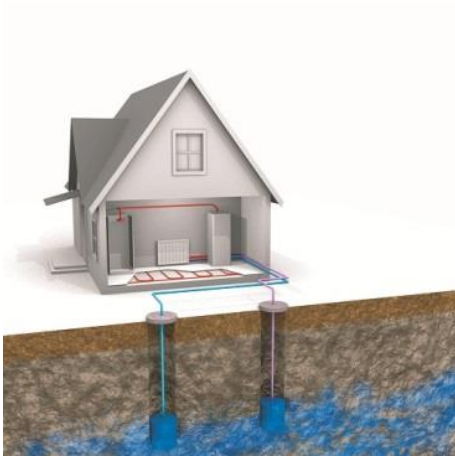
*Figuur 26: Horizontale captatie [47]*

Ook is er de mogelijkheid een verticale captatie te gaan gebruiken, dit is ook een gesloten systeem. Hierbij wordt er een boring gedaan, de diepte van de boring hangt af van het te verwarmen oppervlak. In deze put zullen dan U-vormige pijpen worden geplaatst waar het water in zit. Door de constante grondtemperatuur zal het koude water opwarmen, het opgewarmde water zal vervolgens opgepompt worden om zijn warmte te laten onttrekken. Figuur 27 toont hoe een systeem met verticale captatie er uit ziet. [13]



*Figuur 27: Verticale captatie [47]*

Er kan ook gebruik worden gemaakt van grondwater, dit is een open systeem. Bij dit systeem werkt men twee putten. In de eerste put wordt grondwater opgepompt waar dan warmte van wordt onttrokken, in de tweede put wordt dan het koude water gepompt. Als er in de zomer gekoeld moet worden kan men water van de tweede put gebruiken. Dit systeem wordt getoond in figuur 28. [13]



Figuur 28: Grondwater als bron [48]

#### 5.1.3.1. Voor-en nadelen

Voor elk type warmtepomp dat besproken is geweest worden enkele voordelen en nadelen gegeven.

Type	Voordelen	Nadelen
Lucht/Lucht	-Makkelijk te plaatsen -Goedkoop	-Rendement temperatuur gevoelig
Lucht/Water	-Makkelijk te plaatsen	-Rendement temperatuur gevoelig
Water/Water (horizontaal)	-Water heeft hoge opslag capaciteit -Hoog rendement	-Grote tuinoppervlak nodig
Water/Water (verticaal)	-Water heeft hoge opslag capaciteit -Hoog rendement	-Boringen zijn duur
Water/Water (grondwater)	-Water heeft hoge opslag capaciteit -Hoog rendement	-Boringen zijn duur

Tabel 6: Voor- en nadelen types warmtepompen [13,23,24]

### 5.1.3.2. Rendement

Voor een warmtepomp worden er wel eens verschillende rendementen vermeld, namelijk de COP en SPF waarde.

De COP staat voor coëfficiënt of performance, deze geeft de verhouding weer tussen de hoeveelheid afgegeven energie en de verbruikte energie. Dit is wel het theoretische maximale rendement. De formule voor COP kan als volgend worden geschreven:

$$COP = \frac{Q}{W}$$

Hierbij is Q de hoeveelheid energie die verkregen wordt en W de hoeveelheid arbeid die gebruikt is. De eenheid voor beide waardes is joule.

Q is de som van de hoeveelheid warmte die verkregen wordt en de energie die verbruikt wordt door de compressor. (Voor een warmtepomp met compressor.) [13]

Zoals eerder vermeld is er ook de SPF of Seasonal Performance Factor (seizoensprestatiefactor). Deze houdt rekening in welk seizoen de warmtepomp werkt en zal via dat gegeven de SPF berekenen. Dit geeft al een beter beeld van hoe goed de warmtepomp werkt.

Als de prestatie van een warmtepomp over een geheel stookseizoen wordt gegeven noemt men het de SCOP of Seasonal Coëfficiënt Of Performance. Dit is de verhouding tussen de geleverde energie en de verbruikte energie gedurende een stookseizoen.

Als het primair energieverbruik wordt meegerekend voor de efficiëntie van een warmtepomp, dan wordt er gesproken over de PER of Primary Energy Ratio. [77]



## 5.2 Ketel

De ketel wordt gebruikt voor het produceren van sanitair warm water (SWW) en/of centrale verwarming-water of cv-water. Het rendement van de ketel wordt normaal gezien vermeld.

### 5.2.1. Soorten

Er zijn veel verschillende soorten ketels. Zo kan je een elektrische ketel hebben, maar ook ketels die gebruik maken van brandstoffen. Er kunnen pellets, gasolie of gas als brandstof dienen.

### 5.2.2. Algemene werking

Bij ketels die brandstoffen gebruiken zal er een vlam zijn die zijn warmte gaat afgeven aan het cv-water of sanitair warm water als dit gevraagd is. Het water zal door een warmtewisselaar stromen die zich boven de vlam(men) bevindt.

Bij een elektrische ketel zal er opgewarmd worden via een verwarmingselement.

De ketel zal enkel gaan werken bij warmtevraag. [50]

### 5.2.3. Rendement

Als men gebruikt maakt van een condenserende ketel zal het gegeven rendement meer als 100% zijn. Dit komt omdat er gerekend wordt met de bovenste verbrandingswaarde en niet de onderste verbrandingswaarde.

De uitlaatgassen bevatten een grote hoeveelheid damp bij veel chemische processen. Het omzetten van water in deze waterdamp kost veel energie, dit is energie die verloren gaat in het geval van een ketel.

- Onderste verbrandingswaarde: Dit is de energieopbrengst waarbij het water als waterdamp aanwezig is in de uitlaatgassen. Dit is dus zonder condensatie energie.
- Bovenste verbrandingswaarde: Dit is de energieopbrengst waarbij het water als een vloeistof aanwezig is, de waterdamp is dus gecondenseerd. Dit is dus met condensatie energie.

De hoeveelheid energie die maximaal kan teruggewonnen worden wordt aangegeven door de bovenste verbrandingswaarde.

Bij een niet condenserende ketel gaat er dus met de onderste verbrandingswaarde worden gewerkt.

Om aan te tonen hoe goed het rendement van een ketel is, zijn er labels voorzien. HRtop en HR+ zijn voor gasketels, waarbij HRtop het betere rendement heeft ten opzichte van HR+. Optimaz en Optimaz elite zijn voor gasolieketels. Optimaz elite heeft hier het betere rendement. Figuur 29 geeft weer hoe de labels er uitzien. [11,50,67,68]



Figuur 29: Rendementen ketels [73]

### 5.3. Photovoltaïsche panelen

De zon kan ook als energiebron fungeren. Met photovoltaïsche panelen (pv-panelen) zal men elektrische energie gaan kunnen produceren met behulp van zonlicht. De naam photovoltaïsche duid ook op het proces waarbij lichtenergie wordt omgezet in elektriciteit door energieoverdracht tussen fotonen naar elektronen.

#### 5.3.1. Werking

De photovoltaïsche cel of zonnecel vormt de basis voor de werking van de photovoltaïsche omzetting. De zonnecel is een halfgeleider die de lichtenergie afkomstig van de zon gaat omzetten in elektrische energie. Het principe hiervan is gebaseerd op de eigenschappen van halfgeleiders.

Het photovoltaïsche effect gaat zich voordoen wanneer een foton geabsorbeerd wordt door een materiaal dat is samengesteld uit gedopeerde p-type en n-type halfgeleiders. (P-type is positief en n-type is negatief.) Er is een permanent magnetisch veld aanwezig door de dopering van het materiaal. Tijdens de wisselwerking van een invallend lichtdeeltje of foton met de elektronen van het materiaal, draagt de foton zijn energie over op het elektron dat is vrijgekomen uit zijn valentieband, hierdoor wordt het blootgesteld aan het elektrisch veld. Het elektron zal vervolgens door de invloed van dit veld naar boven bewegen. Het gat, dat door het naar boven bewegend elektron, ontstaat evolueert in de tegengestelde richting. Door de elektronen op de boven- en onderzijde te plaatsen, kunnen deze worden aangetrokken en kan deze spanningsbron gebruikt worden om elektrische stroom op te gaan wekken. [26]

Figuur 30 geeft weer hoe een pv-paneel eruit kan zien.



*Figuur 30: pv-paneel [49]*

## 5.4. Zonnecollectoren

De productie van sanitair warm water kan ook met hulp van zonne-energie worden geproduceerd.

### 5.4.1. Types

Er zijn verschillende types zonnecollectoren. Er zijn de vlakkeplaat- en de vacuümbuiscollectoren. [33-34]

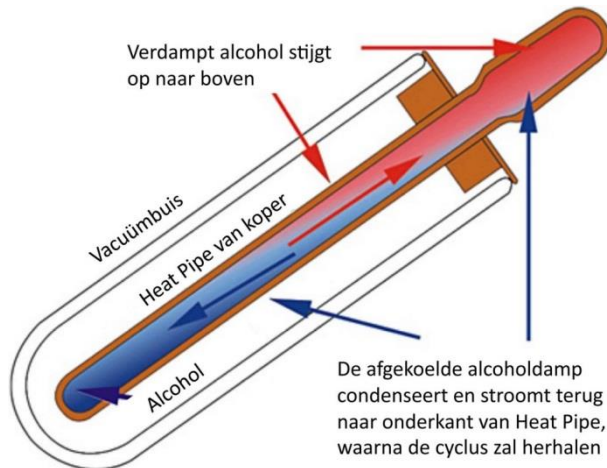
### 5.4.2. Werking

Een vlakkeplaatcollector is opgebouwd uit een zwarte plaat, of absorber genoemd. Boven deze absorber zit meestal een glazen plaat. Als het zonlicht nu op de collector schijnt zal het zonlicht gevangen worden achter het glas, zoals bij een broeikas. De warmte van de zon zal vast worden gehouden als de absorber in een geïsoleerde bak wordt geplaatst. De temperatuur van de absorber zal hierdoor stijgen. Wanneer de temperatuur van de absorber hoger is als de omgevingstemperatuur zal, naarmate dit verschil groter wordt, de warmtestroom van absorber naar de omgeving groter worden. De temperatuur zal niet meer verder gaan stijgen wanneer de temperatuur van omgeving gelijk is aan de opgenomen warmte. Door deze gewonnen warmte nu te kunnen gebruiken, zal deze worden afgegeven aan een medium en dit zal vervolgens de warmte gaan afgeven in de boiler of buffervat. Een vlakkeplaatcollector wordt getoond in figuur 31. [27,28]

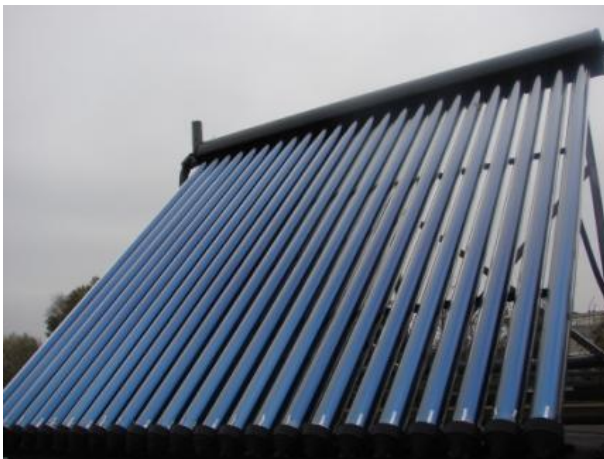


*Figuur 31: Vlakkeplaatcollector [51]*

De werking van een vacuümbuiscollector is als volgt. Het zonlicht zal schijnen op het dubbelwandig glas van de buis. Het licht zal door de eerste laag van glas gaan die doorzichtig is, dit licht zal dan door de tweede laag glas geabsorbeerd worden omdat deze bedekt is met een zwarte warmt absorberende coating. Door de isoleerde vacuüm laag tussen de twee glaslagen kan de warmte niet meer weg. De warmte in de buis zal worden afgegeven aan een medium dat kookt bij lage temperaturen, gelijk alcohol. Dit verdampt medium zal stijgen als de buis onder een hoek staat en zal zijn warmte afgeven aan een koper reservoir. Hierdoor zal het medium condenseren en terug naar beneden vloeien in de buis, vervolgens kan het proces weer doorlopen worden. Dit koper reservoir zal zijn warmte dan afgeven een glycol of water dat het buffervat of de boiler zal verwarmen. Figuur 32 toont de werking en figuur 33 geeft weer een vacuümbuiscollector er uit ziet. [27,28]



Figuur 32: Werking Vacuümbuis collector [28]



Figuur 33: Vacuümbuis collector [51]

## 6. Energieopslag

Voor energieopslag worden er twee systemen besproken: het boilervat en het buffervat.

### 6.1. Boiler en buffervat

In dit gedeelte worden het buffervat en de boiler besproken.

#### 6.1.1. Verschil

Zowel een boiler als een buffervat zijn opslagvaten, maar bij een buffervat kunnen er meerdere energiebronnen op worden aangesloten. Bij een buffervat kan men dus gaan kiezen welke energiebronnen er gebruikt worden. [7]

#### 6.1.2. Types

De boiler of het buffervat kan geëmailleerd of van inox gemaakt zijn.

#### 6.1.3. Functie

Deze dienen voor het op temperatuur houden of brengen van sanitair warm water. Er zijn ook buffervaten die gebruikt worden voor cv-water. [29,31,32]

#### 6.1.4. Werking

De werking is gebaseerd op het principe dat koud water zwaarder gaat zijn als warm water. Het warmere water zal zich bovenaan bevinden en het koudere onderaan, het warme water zal dan via een circulatiepomp door de leidingen worden gestuurd. Het vat blijft ook altijd gevuld met water, enkel de temperatuur zal zakken bij gebruik van het warme water. [32]

### 6.1.5. Boiler

Bij een boiler kan het water worden opgewarmd door elektriciteit, verbranding van gas of stookolie, zonne-energie of via een warmtepomp.

In een elektrische boiler wordt het water opgewarmd via een verwarmingselement (weerstand), deze wordt dan aangestuurd door een thermostaat.

Een boiler die werkt met gas of stookolie, zal het water via een brander opwarmen. Deze brander zal warmte voorzien wanneer deze nodig is. Bijvoorbeeld wanneer de temperatuur van het water onder een bepaalde waarde komt.

Bij een zonneboiler wordt het water opgewarmd door zonne-energie. Dit gebeurt door het verwarmde water of glycol dat door een spiraal loopt.

Bij een warmtepompboiler zal er ook een medium opgewarmd worden dat dan door een spiraal wordt gestuurd en zo het water zal opwarmen. [31]

### 6.1.6. Buffervat

Zoals eerder gezegd kan dit met verschillende energiebronnen verwarmd worden. Het kan gebruikt worden voor zowel sanitair warm water als cv-water. Figuur 34 toont een buffervat, de afbeelding toont duidelijk meer als één spiraal. [29]

### 6.1.7. Direct en indirect verwarmen

Bij direct verwarmen zal het water zonder tussenmedium worden opgewarmd. Bij indirect zal er gewerkt worden met warmtewisselaars ( zelfde als spiraal) waar een verwarmd medium inzit. Deze zijn dan geplaatst in het vat en warmen zo het water op.

### 6.1.8. Thermische gelaagdheid

Dit een zeer belangrijke eigenschap van een boiler of buffervat. Elk vat heeft van nature een thermische gelaagdheid omdat het koude water zakt en het warme water stijgt, dit wordt ook wel stratificatie genoemd. Bij een slechte thermische gelaagdheid zal het vat vrij snel een gelijke temperatuur hebben boven en beneden in het vat, dit kan de oorzaak zijn van circulatiepompen die zorgen voor stromingen waardoor de temperatuur zich gaat vermengen. De opwarmtijd gaat ook langer zijn bij een vat met slechte thermische gelaagdheid in vergelijking met een vat met een goede thermische gelaagdheid. Een opslagvat met een goede thermische gelaagdheid behoudt zijn verschil in temperatuur tussen de boven- en onderzijde van zijn vat voor lange tijd.



*Figuur 34: Buffervat [52]*

## 7. Technieken voor verwarmen

In dit gedeelte worden er enkele technieken besproken die gebruikt kunnen worden om de woning te verwarmen.



## 7.1. Haard/Kachel

Als eerste techniek wordt de haard/kachel behandeld. Er bestaan twee soorten systemen, er is het open en het gesloten systeem. Bij het open systeem zal de zuurstof voor de verbranding uit de ruimte komen en de rookgassen zullen via een luchtafvoer worden afgevoerd. Bij een gesloten systeem zal heel de verbranding onafhankelijk zijn van de binnenlucht. [10,14]

### 7.1.1. Soorten

Er zijn ook verschillende soorten. Deze worden hieronder kort besproken.

- **Openhaard:** Dit is het meest traditioneel type van haard. Hier is er een opening in een muur waarbij de opening dan is bekleed met vuurvast materiaal. Op deze opening is dan de schoorsteen aangesloten. Deze zijn in verschillende uitvoeringen en vormen mogelijk. Bij dit type haard bestaat er de mogelijkheid om te stoken met gas of hout. Deze manier van verwarmen heeft wel een slecht rendement.
- **Kachel:** Dit is een gesloten module met verbrandingskamer die los in de ruimte wordt geplaatst, er is enkel een verbinding voorzien voor de rookgassen. De kachel zal over het algemeen een klein ruitje hebben waardoor het zicht op de vlammen beperkt wordt en gezelligheid voor sommige personen als minder wordt aanvaard. De kachel kan in verschillende materialen verkrijgbaar zijn zoals gietijzer, metaal, speksteen of tegels en in verschillende stijlen. Er kan hier gestookt worden met vele brandstoffen gelijk: gas, hout, kolen, ...  
Deze kachel heeft een goed rendement (veel beter als openhaard) omdat ze de ruimte rechtstreeks gaat verwarmen en dit langs al haar zijden.
- **Inzethaard:** Deze heeft een gesloten cassette waarvan één zijde voorzien is van glas, dit is richting de woonruimte. Een inzethaard is getoond in figuur 35. Deze heeft een goed rendement maar wel minder als een kachel.
- **Voorzethaard:** Dit type haard kan overal worden gezet maar er moet wel een rookgaskanaal worden voorzien. Er kan bij dit type met gas of hout worden gestookt. Het rendement zal afhangen van de plaatsing van de haard. [10]



*Figuur 35: Inzethaard [53]*

### 7.1.2. Rendement

Het rendement van een kachel of haard wordt uitgedrukt in de hoeveelheid calorieën van de brandstof die worden omgezet naar warmte. Hoe hoger het rendement is, zoveel te minder calorieën er nodig zijn voor warmte te gaan creëren. [10]

### 7.1.3. Vermogen

Het vermogen van een kachel of haard wordt uitgedrukt in kW (kilowatt). Dit gaat zeer belangrijk zijn bij BEN- of passiefwoningen, om overhitting te gaan voorkomen.

Het rendement zal nog extra worden verbeterd als er aan naverbranding wordt gedaan. Hierbij worden de rookgassen, in een naverbrandingskamer, terug verrijkt met zuurstof en hierdoor spontaan zullen ontbranden. Door dit proces zullen er vele vervuilende resten vernietigd worden. De gassen kunnen eventueel nog door een warmtewisselaar worden gestuurd. [10]

### 7.1.4. Toepasbaar?

Deze methode kan gebruikt worden om een BEN-woning te verwarmen, maar bij een passiefwoning gaat het afgegeven vermogen in de meeste gevallen te groot zijn. Enkel bij een passiefwoning zal er gezocht moeten worden naar een kachel of haard die niet te veel vermogen gaat hebben, bij een BEN-woning zal hier nog wel meer speling op zitten. Als oplossing voor een eventueel teveel aan warmte, kan de warmtewisselaar gebruikt worden voor het verwarmen van het sanitair warm water.

Als er een haard of kachel wordt gebruikt voor te verwarmen moet er aandacht worden besteed aan volgende aandachtspunten:

- Het nominaal vermogen moet worden gecontroleerd zodat de kans op overhitting wordt uitgesloten. Een goede dimensionering is dus een must.
- Via een warmtewisselaar kan met de overtollige warmte overdragen op het warm tapwater.
- Gebruikt een ruimteafhankelijke kachel of haard, anders zal het mechanisch ventilatiesysteem uit balans raken. Er is dus een leiding voorzien voor de afvoer van de rookgassen en een leiding voor de toevoer van zuurstofrijke lucht voor de verbranding.
- Soleer de toevoer- en afvoerkanalen goed. [10]

## 7.2. Elektrisch verwarmen

Zoals de titel vermeld zal bij deze methode elektriciteit worden gebruikt voor warmte te produceren. Er zullen drie methodes beschreven worden.

Het gaat om de volgende methodes:

- Elektrische verwarming (elektrisch vuurtje)
- Accumulatie verwarming
- Infrarood verwarming

### 7.2.1. Elektrische verwarming

Een eerste manier van elektrisch verwarmen is door gebruik te maken van simpele elektrische vuurtjes. Elektrische verwarmingstoestellen kunnen vele vormen hebben, ook die van een radiator. Ze kunnen zeer simpel bediend worden, er kan dus gekozen worden wanneer ze moeten werken. Een stopcontact moet wel voorzien worden. [3]

#### 7.2.1.1. Werking

Bij een elektrisch vuurtje zal de elektriciteit worden omgezet naar warmte door deze door een weerstand te laten stromen. De warmte zal geleidelijk aan de ruimte worden afgegeven maar kan versneld worden door het gebruik te maken van een ventilator.

Elektrisch vloerverwarming is ook een mogelijkheid, dit werkt met hetzelfde principe van weerstanden. [3]

#### 7.2.1.2. Vermogen

Deze vuurtjes zijn in vele vermogens te verkrijgen. Er zijn er ook met verschillende standen, zo kan het vermogen makkelijk geregeld worden.

#### 7.2.1.3. Toepasbaar?

Ze zijn toepasbaar en simpel om te gebruiken, maar elektrische verwarmen word afgestraft door de EPB-regelgeving.

## 7.2.2. Accumulatie verwarming

Accumulatie verwarming is het tweede voorbeeld van elektrische verwarming. Een voorbeeld van accumulatie verwarming is een zware, loge radiator die gevuld wordt met stenen die goed warmte kunnen opslaan, dit wordt ook wel het accumulerend vermogen genoemd. 's Nachts zullen de stenen warmte opslaan en overdag geven ze die dan af aan de ruimte. Er dient een stopcontact aanwezig te zijn, deze is best rechtstreeks aangesloten op de zekeringskast en niet opgenomen in een volledig circuit.

### 7.2.2.1. Werking

Tussen het materiaal, die de warmte moeten opslaan, zitten weerstanden die het materiaal gaan opwarmen wanneer ze onder elektrische spanning staan. Hoeveel het materiaal wordt opgewarmd gaat afhankelijk zijn van de temperatuur buiten. Overdag zal het materiaal zijn geaccumuleerde warmte geleidelijk afgeven. Er is ook een ventilator voorzien zodat er op echt koude dagen sneller warmte in de ruimte verspreid kan worden.

Er zijn ook modellen die gebruik maken van een thermometer zodat de oplaadtijd beter kan worden ingeschat. [3]

### 7.2.2.2. Vermogen

Er zijn vele toestellen met veel verschillende vermogens.

### 7.2.2.3. Toepasbaar

Voor de toepasbaarheid kan er dezelfde conclusie worden getrokken als bij het elektrisch vuur.

### 7.2.3. Infrarood verwarming

Dit is de derde mogelijke manier van verwarmen met elektriciteit die besproken wordt.

Voor deze manier kan er ook nog een onderverdeling worden gemaakt, er zijn drie verschillende soorten infrarood verwarming.

- Lage temperatuur verwarmingspanelen
- Hoge temperatuur verwarmingspanelen
- Infraroodstralers

#### 7.2.3.1. Werking

Voor dit verwarmingstype wordt de elektriciteit omgezet naar infraroodstralen via een infraroodweerstand. Met deze straling kan men direct oppervlakten gaan verwarmen. Deze stralen warmen de lucht niet direct op maar voorwerpen en personen die in hun veld komen. Deze absorberen de stralen en geven deze vervolgens in de vorm van warmte weer af aan de omgeving. In koudere omgeving zal een persoon toch nog een warm gevoel ervaren. Dit is te vergelijken als men in de winter buiten staat en de zon op je schijnt, dan ervaar je het gevoel dat je het warm hebt.

Er zal een elektrische voeding voorzien moeten worden voor de panelen. [3,33,34]

#### 7.2.3.2. Lage temperatuur verwarmingspanelen

Bij lage temperatuur verwarmingspanelen zal er verwarmd worden door lange golfstraling. De oppervlakte temperatuur zal laag zijn en deze hebben een opwarmtijd van een 10 à 15 minuten. [34]

### 7.2.3.3. Hoge temperatuur verwarmingspanelen

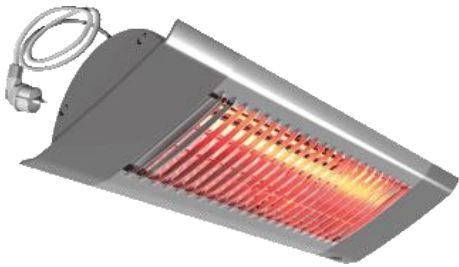
Ook bij hoge temperatuur verwarmingspanelen zal er verwarmd worden door lange golfstraling. Hier zal de oppervlakte temperatuur hoog zijn en de opwarmtijd bedraagt een 15 minuten. De volgende afbeelding geeft weer wat een infraroodpaneel is. [34]



*Figuur 36: Infraroodpaneel [54]*

### 7.2.3.4. Infraroodstralers

Bij infraroodstralers zal er, in tegenstelling tot de vorige twee methodes, verwarmd worden door middel van korte golfstraling. Hier zal de verwarming onmiddellijk op temperatuur zijn. Figuur 37 toont hoe een infraroodstraler er uit ziet. [34]



*Figuur 37: Infraroodstraler [55]*

### 7.2.3.5. Vermogen

De stralers zijn in veel verschillende vermogens te vinden. Het vermogen wat gevraagd is voor een ruimte is wel afhankelijk van het type ruimte en hoe warm de persoon het daar wil hebben

### 7.2.3.6. Toepasbaar?

Hier blijft dezelfde conclusie gelden als bij de andere elektrische methodes.

## 7.3. Radiatoren en convectoren

Radiatoren en convectoren zijn meer gebruikt in de oudere woningen. Bij deze systemen wordt er warm water door de warmteafgiftelichamen gestuurd. Bij gebouwen waar niet meer veel warmte nodig is houdt men best rekening met de echte warmteafgifte omdat deze wel eens over gedimensioneerd is. Vroeger hadden deze hoge temperatuur regimes, radiatoren zelfs een 90/70°C regime. Nu bestaat er de mogelijkheid om met lage temperatuurregimes te werken zoals 45/35°C of lager.

### 7.3.1. Werking

De werking van zowel een radiator als een convector worden hieronder verklaard.

#### 7.3.1.1. Radiator

Bij een radiator zal men de warmte van het water aan de lucht afgeven die langs de radiator stroomt. Het warme water stroomt doorheen buizen of platen, deze zullen stralings- of convectie warmte afgeven aan de omgeving. De warmte-uitwisseling gebeurt meestal volgens het tegenstroomprincipe. Hierbij zal het warme water van boven naar onder stromen en de lucht zal opwarmen van onder naar boven. Het merendeel van de warmte zal dus via convectie afgegeven worden en een klein deel via straling. Een radiator wordt getoond door figuur 38. [35]



*Figuur 38: Radiator [56]*

### 7.3.1.2. Convectector

Bij een convectector zal warmte aan de lucht worden afgegeven door middel van lamellen. Deze lamellen zijn bevestigd aan een dunne buis, onderaan het toestel, waar het warm water door vloeit. (De waterinhoud is bijgevolg minder als bij een radiator.) Onderaan het toestel ontstaat er een onderdruk waardoor er nieuwe koude lucht wordt aangezogen. De warmte zal via de vorm van convectie worden afgegeven. Figuur 39 toont een convectector. [37]



*Figuur 39: Convectector [57]*

### 7.3.2. Convectiewarmte

Het begrip convectie wordt nog kort toegelicht. Dit is een indirecte vorm van verwarmen. Het verwarmingselement zal lucht opwarmen, deze warme lucht zal stijgen. [36,37]

### 7.3.3. Stralingswarmte

Ook het begrip stralingswarmte wordt nog toegelicht. Stralingswarmte is een directe vorm van verwarmen. Het verwarmingselement straalt elektromagnetische golven uit waarvan de energie wordt omgezet in warmte wanneer het op een oppervlak valt (contact maakt). [37]

### 7.3.4. Vermogen

Radiatoren en convectoren zijn in vele vermogens vindbaar. De grote en het temperatuur regime zal het vermogen gaan bepalen.



### 7.3.5. Toepasbaar?

Radiatoren en convectoren zijn toepasbaar maar als er hier gebruik van wordt gemaakt zullen er wel leidingen gelegd moeten worden. De kostprijs en gebruiksprijs gaan hier vooral het belangrijkste zijn.

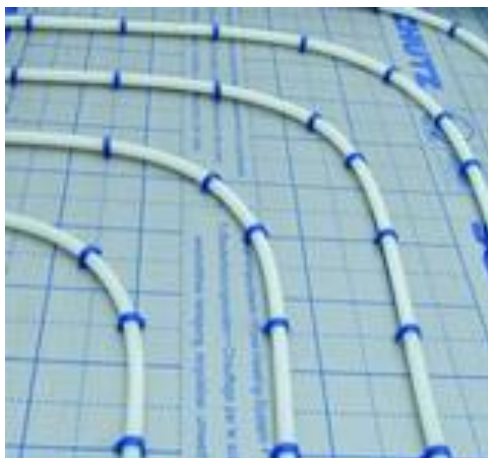
### 7.4. Vloerverwarming

Als vierde methode voor verwarmen wordt vloerverwarming doorgenomen. Bij vloerverwarming zal de warmte in de vloer worden afgegeven, hierin zitten leidingen verwerkt waar het warm water zal doorstromen. De leidingen zijn verdeeld zodat er een gelijkmatige verdeling van de warmte gaat zijn. Met vloerverwarming wordt er niet met hoge temperaturen gewerkt, 45°C is hoogste waarde die gebruikt wordt.

Vloerverwarming is wel een systeem dat traag gaat reageren wegens de inertie van de vloer. [38]

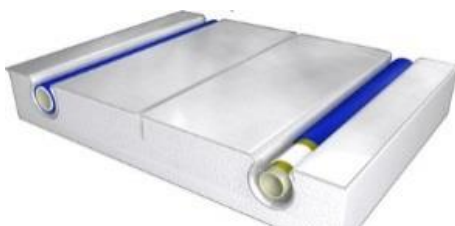
Er zijn ook twee verschillende bouwmethoden voor. De nat- en droogbouw methode.

- Natbouw: Dit is de meest toegepaste manier, hierbij worden de verwarmingsbuizen rechtstreeks in de chape gestort. Dit is een goedkoper systeem maar de warmtegeleiding gaat wel minder zijn als bij een droogbouw systeem. Er moet ook gewacht worden tot de chape droog is vooraleer de vloer warmgestookt mag worden. Een voorbeeld is het tacker-systeem, dit wordt getoond in figuur 40.



*Figuur 40: Vloerverwarming tacker-systeem [58]*

- Droogbouw: Hier zijn er veel varianten in. Hierbij zal de vorm van de buis al aanwezig zijn in de laag waar deze geplaatst moet worden. Dit systeem zal een betere warmtegeleiding gaan hebben als het natbouwsysteem. Figuur 41 illustreert een droog systeem.



*Figuur 41: Vloerverwarming droog systeem [59]*

### 7.4.1. Werking

De werking van vloerverwarming wordt in dit gedeelte kort toegelicht.

Warm water wordt door de leidingen gestuurd, er zijn wel verschillende circuits of groepen. Deze groepen worden verdeeld bij de verdeler. Deze verdeler heeft vele verschillende vormen, maar de twee belangrijkste zijn de open verdeler met pomp en de gesloten verdeler zonder pomp.

Bij de open verdeler met circulatiepomp en vooringestelde menging kunnen verschillende groepen worden aangesloten. De circulatiepomp zal zorgen dat water door de leiding zal circuleren en kan eventueel beveiligd worden met een voeler, zodat deze uitschakelt als de temperatuur in de verdeler te hoog is geworden. Door middel van inregelafsluiters kunnen vloerverwarmingsgroepen ingeregeld worden, dit omdat niet elke aangesloten leiding even lang is en het drukverlies ook verschillend is.

Bij een gesloten verdeler is er geen menging, dit gebeurt dan centraal in het gebouw. Dit is veel voorkomend bij het gebruik van een warmtepomp. [38]

### 7.4.2. Vermogen

Het afgifte vermogen kan geregeld worden via kleppen, het debiet wordt dus geregeld. De temperatuur van het water en de afstand tussen de leidingen spelen ook een belangrijke rol.

### 7.4.3. Toepasbaar?

Dit is een veel voorkomend systeem, zeker bij de woningen die recenter gebouwd zijn en woningen die gebouwd gaan worden. Het is dus toepasbaar. Bij passiefwoningen is de kans groot dat de afstand tussen de leidingen groot gaat zijn omdat er anders te veel warmte afgifte is. Er moet ook aan gedacht worden dat het een traag reagerend systeem is.

## 7.5 Via de lucht verwarmen

De vijfde manier waarmee er mogelijk verwarmd kan worden is met ventilatie. Warme lucht zal in de droge ruimtes worden binnengebracht en door circulatie in de natte ruimtes komen. Het voordeel is dat het ventilatiesysteem al aanwezig is een de extra investeringskost zo wordt beperkt.

### 7.5.1. Lucht/Lucht warmtepomp

Een eerste manier die mogelijk is, is het gebruik maken een lucht/lucht warmtepomp. Deze wordt geplaatst in het ventilatie systeem. [4]

#### 7.5.1.1. Werking

De werking van een warmtepomp is al eerder uitgelegd geweest en blijft hier hetzelfde. Door de warmte uit de retourlucht of buitenlucht te halen en afgeven aan de verse lucht kan men de ruimtes gaan verwarmen. De warme lucht zal in de droge ruimtes worden ingeblazen en vervolgens naar de natte ruimtes stromen. [4]

#### 7.5.1.2. Vermogen

Het vermogen is in eerste instantie afhankelijk van het vermogen dat de warmtepomp kan verwarmen. Maar het is ook afhankelijk van het temperatuurverschil en het debiet. De formule die bij 8.1.1.2. is gegeven is hier ook van toepassing. [78]

#### 7.5.1.3. Toepasbaar?

Dit is een goede manier van bijverwarmen aangezien een warmtepomp een goed rendement heeft, als hoofdverwarming kan het zijn dat er niet genoeg warmte kan worden afgegeven. De lucht wordt best niet meer als 10°C verwarmd ten opzichte van de kamertemperatuur. Anders zullen er maatregelen genomen moeten worden om de verdeling van de warmtestroom te regelen. [78]

#### 7.5.2. Verwarmingsbatterij

Het gebruik van een verwarmingsbatterij is ook mogelijk om de lucht te verwarmen.

### 7.5.2.1.Types

Er kan gewerkt worden met een warmwaterbatterij waar warm water wordt doorgestuurd (kan cv-water zijn) of een elektrische batterij. Net zoals bij de lucht/lucht warmtepomp wordt deze in het ventilatiesysteem ingewerkt. Figuur 42 toont een warm waterbatterij en figuur 43 een elektrische batterij. [17,39]



*Figuur 42: Warm waterbatterij [39]*



*Figuur 43: Elektrische verwarmingsbatterij [39]*

### 7.5.2.2.Werking

De werking van beide systemen is simpel.

Bij de warmwaterbatterij wordt er gewoon warm water doorgepompt wanneer gevraagd, dit water kan van de centrale verwarming zijn.

Als men een elektrische batterij gaat gebruiken wordt de warmte opgewekt door stroom door een verwarmingselement te sturen.

Deze batterijen worden dan in de toevoer gezet van de verse lucht. [39]

### 7.5.2.3.Vermogen

Voor elektrische batterijen zijn er verschillende vermogens. Bij de warmwaterbatterij zal het afhangen van de temperatuur van het water. Hier geldt voor het overige dezelfde conclusie als bij die lucht/lucht warmtepomp.

### 7.5.2.3. Toepasbaar?

Deze zijn een mogelijkheid, maar er kan maar tot bepaalde waarde verwarmd worden (stofschroei). Het gebruik van de elektrische batterij zal, gelijk gewone elektrische verwarming, afgestraft worden.

## 7.6. Airco

Dit is de laatste methode voor verwarmen die behandeld wordt. De meeste personen verwachten dat airco enkel kan koelen, maar het kan ook gebruikt worden om te verwarmen.

### 7.6.1. Types

Er zijn verschillende types van airco's, de verschillende types van zijn:

- Monoblock: Hierbij bevindt alles zich in één omkasting.
- Split-unit: Bij dit systeem is er één binnenunit en een buitenunit.
- Multisplit: Dit is gelijkaardig als bij het split-systeem, maar zijn er meerdere binnenunits voorzien. [69]

### 7.6.2. Werking

De werking van meeste airco's is gelijk die van een warmtepomp. Daardoor bestaat er ook de mogelijkheid om met een airco te gaan verwarmen. Er zijn ook airco's die een vochtregeling hebben zodat de lucht een aangenaam vochtgehalte heeft.

### 7.6.3. Vermogen

Het vermogen van de airco is afhankelijk van het vermogen van de warmtepomp.

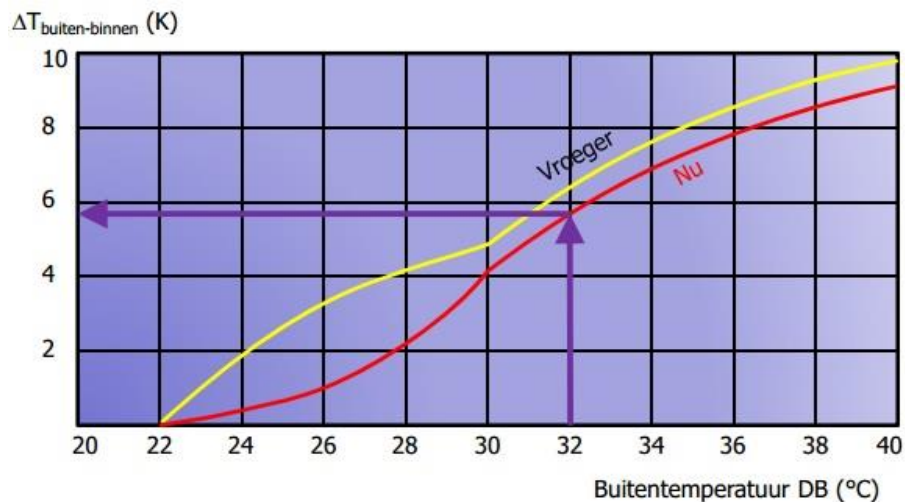
### 7.6.4. Toepasbaar?

Het is een goede manier voor te verwarmen, zeker omdat het een energie-efficiënte manier is. Als er mee gekoeld zou worden wordt er ook al direct bespaard op de initiële kost. Bij het gebruik van een mono of single-split systeem, zal de warmte wel maar op één plaats worden gegeneerd. Als de airco niet gebruikt wordt om te koelen, kan deze functie worden uitgeschakeld. Hierdoor zal het gebruik van de airco niet worden afgestraft op het gebied van het EPB.

## 8. Technieken voor koelen

In dit gedeelte worden er mogelijke technieken voor koelen besproken. Er dient wel aandacht besteed te worden aan overdreven koelen.

Als de geklimatiseerde ruimte veel kouder is als de buiten omgeving heeft men kans op koudeschok als men naar binnen gaat en een warmteschok als men naar buiten gaat. Bij een koudeschok bestaat er de kans dat men er door verkouden wordt. Bij een warmteschok kan men duizelig worden en eventueel flauwvallen, dit komt omdat de bloedvaten plots snel uitzetten en er dan weinig bloed in de hersenen zit. Figuur 44 illustreert hoeveel graden verschil er mag zijn als er gekoeld wordt. [70]



Figuur 44: Behaaglijkheidgrafiek [70]

### 8.1. Via lucht koelen

Als eerste mogelijkheid om te koelen wordt er gekeken naar de ventilatie.

#### 8.1.1. Nachtventilatie

Er bestaat de mogelijkheid om met het ventilatiesysteem te koelen. Hiervoor zijn er weinig of geen aanpassingen nodig aan het ventilatiesysteem. Een ventilatiesysteem D is hiervoor wel een must. [41]

##### 8.1.1.1. Werking

Nachtventilatie is het intensief ventileren van de woning gedurende de nacht. Het debiet van de nachtventilatie is veel hoger als het debiet dat gebruikt wordt voor de normale ventilatie, hierdoor zal niet alleen de lucht ververs worden maar ook de massa van het gebouw zal gekoeld worden. Bij gebouwen met een hoge thermische massa zal dit systeem nog efficiënter zijn. [41]

### 8.1.1.2. Vermogen

Het koelvermogen dat er kan

bereikt worden is afhankelijk van het debiet en hoeveel graden er gekoeld moet worden. [40]

Volgende formule geeft dit weer:  $\Phi_k = q_v \times \rho \times c \times \Delta T$

Hierbij is:

- $\Phi_k$ =koelvermogen (W)
- $q_v$ = volumestroom in  $m^3/s$
- $\rho$ = volumieke massa van lucht ( $\approx 1.2 \text{ kg}/m^3$ )
- $c$ = soortelijke warmte van lucht ( $\approx 1000 \text{ J}/\text{kg}\cdot\text{K}$ )
- $\Delta T$ = temperatuurverschil ( in Kelvin)

### 8.1.1.3. Toepasbaar?

Nachtventilatie is toepasbaar in een woning als passieve koeling. Maar het zal niet gebruikt kunnen worden als personen actief aanwezig zijn in de woning wegens de hoge debieten. Het maximale debiet van het ventilatietoestel zal ook het koelvermogen beperken.

## 8.1.2. Ventilatie koelen met Lucht/Lucht warmtepomp

Het koelen met een lucht/lucht warmtepomp is de tweede mogelijkheid. Deze methode is eerder al besproken geweest bij het verwarmen. Door de warmtepomp omgekeerd te laten werken kan men de lucht gaan koelen. Deze manier van koelen zal wel afgestraft worden op het gebied van E-peil punten.

### 8.1.2.1. Toepasbaar?

Het is een manier om de woning te kunnen koelen, maar het zal wel afgestraft worden op het EPB-vlak. Koelen moet zo veel mogelijk vermeden worden volgens het EPB. Om condensatievorming in de ventilatiekanalen te vermijden wordt er best niet onder de  $16^\circ\text{C}$  gekoeld. [78]

## 8.2 Vloerkoeling

De tweede mogelijkheid voor te koelen is via de vloer. Dit systeem kan vergeleken worden met vloerverwarming maar nu wordt er koel water door de leidingen gepompt. [42]

### 8.2.1. Werking

De leidingen worden nu gevuld met water met een minimum temperatuur van 15°C of hoger. Bij lagere temperaturen bestaat er de kans op condensvorming op de vloer. Bij laminaten vloeren wordt er aangeraden om een minimum temperatuur van 16-18°C te gebruiken. Het is net als vloerverwarming wel een trager systeem.

Warmtepompen worden gebruikt in combinatie met vloerverwarming. [42]

### 8.2.2. Vermogen

De temperatuur van het water en de afstand tussen de leidingen gaan het koelvermogen beïnvloeden. Ook de thermische eigenschappen van het materiaal erboven bepalen hoe goed de koude door de vloer komt.

### 8.2.3. Toepasbaar?

Vloerkoeling is een mogelijkheid om te koelen, maar zoals eerder vermeld geen snelle manier van koelen en kan dus niet goed anticiperen op onverwachte warmte. De temperatuur tot wat het water in de leidingen mag gaan is ook beperkt. Als deze te laag zou zijn, bestaat er de kans op condensvorming op de vloer. De warmtepomp moet ook geschikt zijn voor deze manier van koelen.



### 8.3. Airco

Als laatste mogelijkheid voor te koeling wordt de airco behandeld. Zoals eerder vermeld kan de airco gebruikt worden om te koelen en te verwarmen. Dit is bij de airco die gebruik maken van het warmtepomp principe.

#### 8.3.1.Types

De types zijn hetzelfde als een airco voor te verwarmen. Figuur 45 toont een airco-splitsysteem. Het bovenste gedeelte is de binnenunit en het onderste gedeelte de buitenunit.



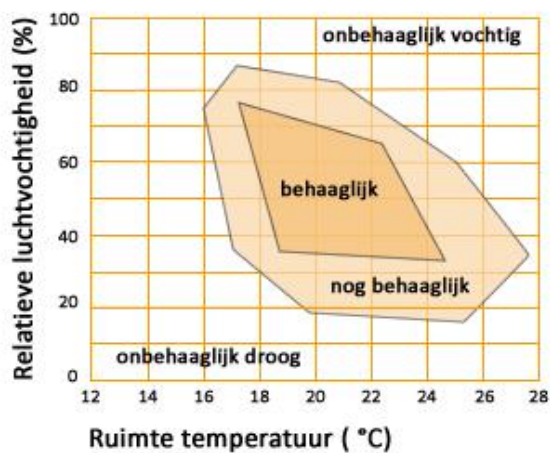
*Figuur 45: Airco split-systeem [60]*

### 8.3.2. Werking

Voor te koelen kan een airco werken volgens het warmtepompprincipe, het kan dan ook verwarmen met dit principe. Hierbij doen de meeste airco's ook aan vochtigheidsregeling, zodat er in de behaaglijkheidszone wordt gebleven.

Er zijn ook airco's die werken volgens het principe van luchtcondensatie. Hierbij zal een koelmedium een koelbatterij verdampen door contact met de warme lucht. Het koelgas zal dan naar een condensor in de buitenomgeving worden gestuurd waar het terug vloeibaar wordt. Het koelmedium zal dan in druk worden verlaagd waarna het terug warmte kan opnemen. De werking hiervan is hetzelfde voor watercondensatie, er wordt dan wel gebruik gemaakt van ijswater.

Bij het koelen (en verwarmen,) is het belangrijk in de behagelijkheidszone te blijven. Als de airco's een vochtregeling hebben, vormt dit geen probleem.



Figuur 46: Behaaglijkheid diagram [70]

### 8.3.3. Vermogen

Deze zijn in vele verschillende vermogens mogelijk, de grootte gaat afhangen van het type ruimte, activiteit en bezettingsgraad.

### 8.3.4. Toepasbaar?

Het is een mogelijkheid maar zal wel bestraft worden op het vlak van EPB. Als deze voor verwarmen en koelen wordt gebruikt kan er wel geld worden uitgespaard omdat er maar één installatie nodig is.

## 9. Technieken voor sanitair warm water

De productie van het sanitair warm water zal het merendeel van het energieverbruik van de woning voor zich nemen aangezien er weinig energie in verwarmen en koelen gestoken moet worden. Voor de productie hiervan zijn er meerdere mogelijkheden.

### 9.1. Ketel

Men kan gaan werken met ketel, deze kan dan ook worden gebruikt voor eventuele productie van cv-water. (In de zomer zal er wel een beperkte vraag zijn naar warm cv-water.) Een ketel kan aangesloten worden op een buffervat en is bijgevolg dus combineerbaar met andere technieken.

### 9.2. Warmtepompboiler

Warmtepompen kunnen ook gebruikt worden. Dit kan ook weer gecombineerd worden met andere technieken. [30]

### 9.3. Zonneboiler

Zonnecollectoren kunnen op hun beurt ook voor de productie van sanitair warm water worden gebruikt. De energie en warmte worden dan in een boiler of buffervat opgeslagen. Combinatie met andere technieken is ook weer mogelijk.

### 9.4. Elektrische boiler

Hierbij zal het water worden opgewarmd door een elektrische spiraal.

### 9.5. Combinaties

Er kan dus uit een heel breed gamma aan mogelijkheden worden gekozen. De keuze zal bepaald worden of het technisch en economisch haalbaar en verantwoordelijk is.

## 10. Compacttoestel

Dit is een wat nieuwer toestel dat zich meer zal toenaderen tot BEN- en passiefwoningen. Het is een toestel dat voorziet in ventilatie, warmteterugwinning, sanitair warm water combineert, centrale verwarming en dan nog comfort verwarming en koeling. De werking zal uit worden gelegd volgens het principe dat Nilan gebruikt. Figuur 47 toont hoe een compacttoestel er uit kan zien. [43]



*Figuur 47: Compacttoestel [61]*

### 10.1. Werking

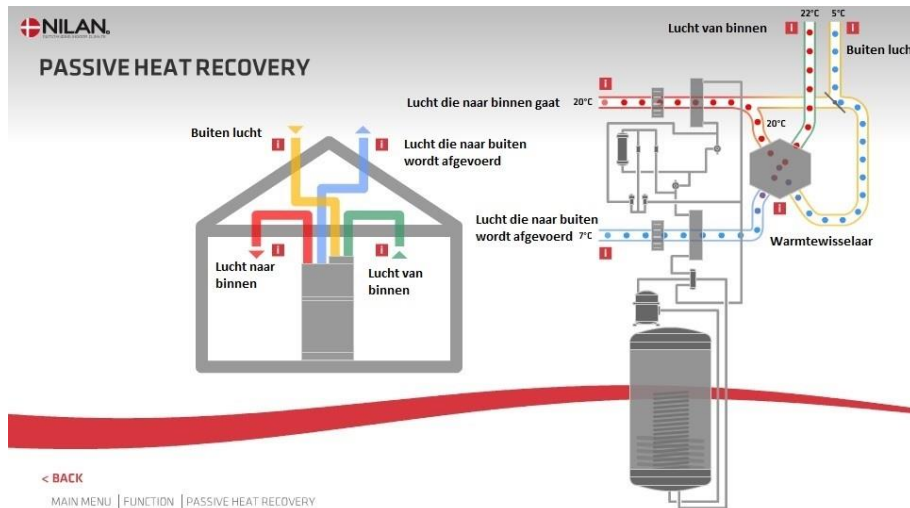
Voor de werking te verklaren wordt elk deel apart uitgelegd.

#### 10.1.1. Ventilatie

Het ventilatiegedeelte is in het toestel ingebouwd en werkt volgens het D-systeem. Hoe de ventilatie werkt is al uitgelegd in een vorig stuk. [43]

### 10.1.2. Warmteterugwinning

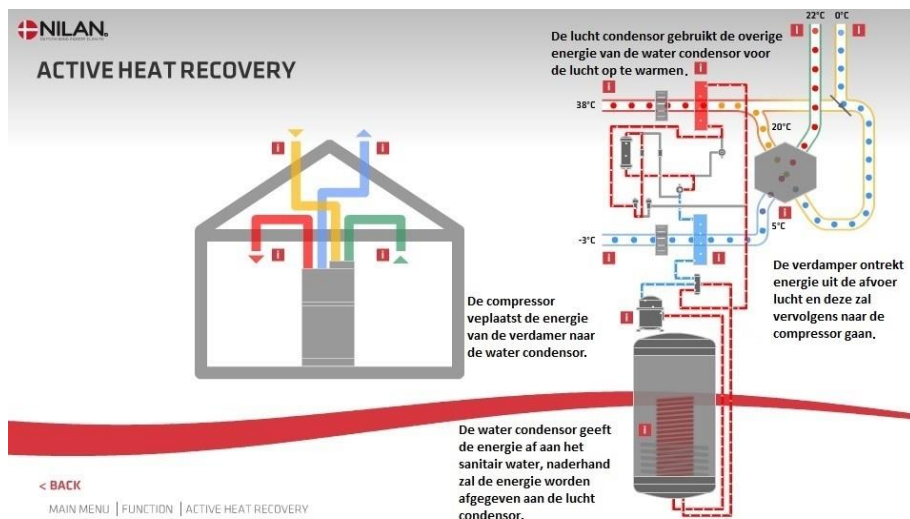
Zoals bij de meeste ventilatie systemen van het type D zit er hier ook een tegenstroom warmtewisselaar om warmte terug te gaan winnen uit de lucht die wordt afgevoerd. Dit is de passieve terugwinning. De verse koude lucht en de warme afvoerlucht zullen elkaar kruisen en warmte uitwisselen. Volgende afbeelding geeft dit weer. [43]



Figuur 48: Compacttoestel, passieve warmteterugwinning [43]

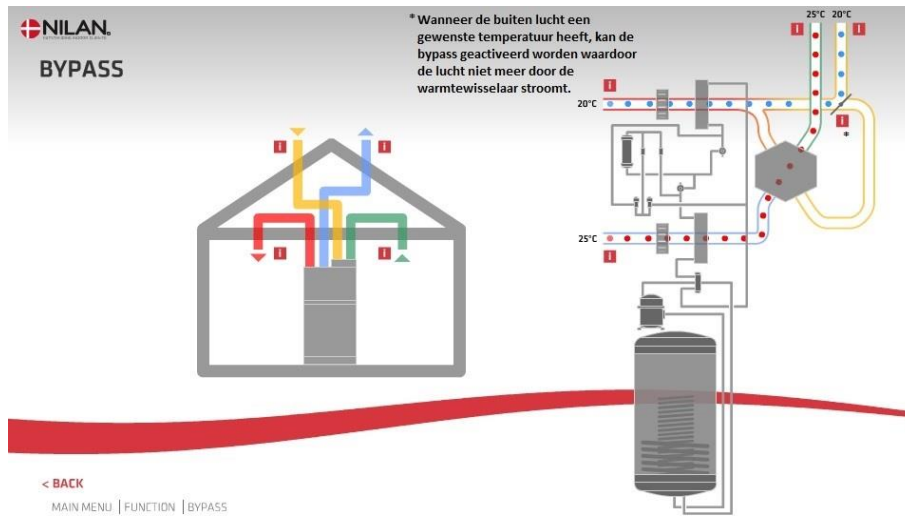
Er is ook een actieve terugwinning door middel van een warmtepomp, deze wordt enkel gebruikt wanneer er een boost nodig is. Dit kan het geval zijn bij zeer koude buitenlucht.

De warmtepomp haalt nog energie uit de lucht die naar buiten wordt gebracht. (Lucht na de warmtewisselaar.) De energie of warmte zal in eerst aan het sanitair warm water worden afgegeven. Als het warm water op temperatuur is kan de warmte nog worden afgeven aan de lucht die de ruimtes binnen gaat als dit gewenst is. De werking wordt verklaard door figuur 49. [43]



Figuur 49: Compacttoestel, actieve warmteterugwinning [43]

Een bypass is ook voorzien voor als de buitenlucht een goede temperatuur heeft (of te warm gaat zijn), er vindt dan geen warmte uitwisseling plaats in de warmtewisselaar. Figuur 50 illustreert dit. [43]

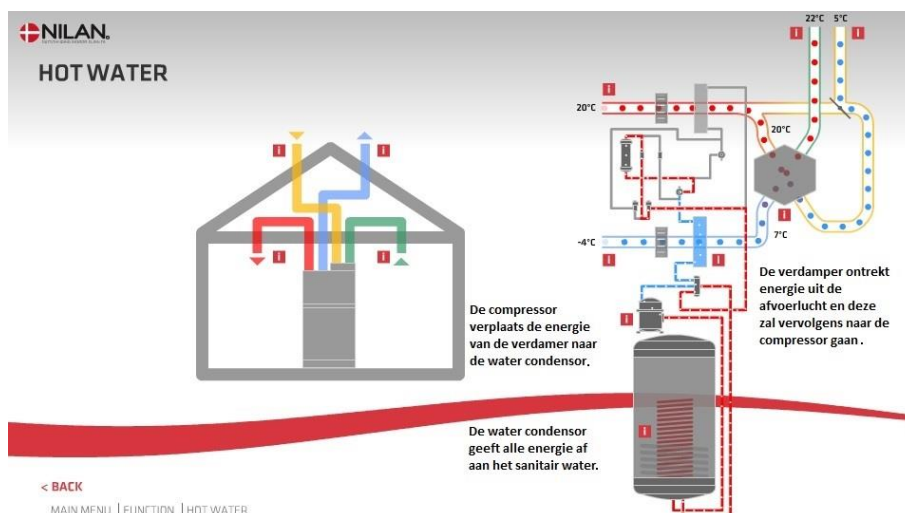


Figuur 50: Compacttoestel, bypas [43]

### 10.1.3. Sanitair warm water

Het warm water wordt opgewarmd door warmte die uit de vertrekkende lucht wordt gehaald, dit wordt bekomen door een warmtepomp (zie actieve terugwinning). Er bestaat ook nog de mogelijkheid om een extra spiraal in de boiler te plaatsen waar dan een andere energiebron op aangesloten kan worden. De werking hiervan wordt weergegeven in de volgende figuur.

In plaats van een extra spiraal te zetten kan men ook nog een extra boiler plaatsen. [43]



Figuur 51: Compacttoestel, warm water [43]

#### 10.1.4. Centrale verwarming

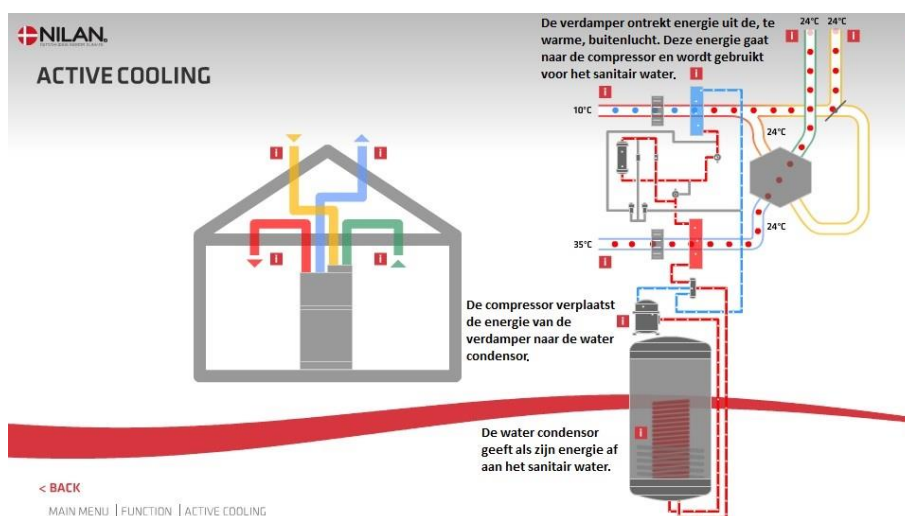
Er bestaat ook nog de mogelijkheid om te gaan verwarmen met vloerverwarming of radiatoren. Deze moeten hun energie dan krijgen uit een grond water of lucht warmtepomp. Hiervoor is ook plaats voorzien in het systeem, maar er moet wel een extra warmtepomp worden geplaatst wat het geheel duurder maakt. [43]

#### 10.1.5. Comfort verwarming

De toevoerlucht wordt verwarmd door energie van de afvoerlucht. Dit valt onder de actieve terugwinning van warmte. [43]

#### 10.1.6. Comfort koeling

Dit is de omgekeerde werking van comfort verwarming, hierbij wordt de richting van de warmtestroom omgedraaid. Nu zal de energie van de ingaande lucht worden gebruikt voor het verwarmen van het warm tapwater. Zo wordt de temperatuur van de toevoerlucht afgekoeld vooraleer het in het huis wordt verspreid. Er is wel een beperking voor de koeling van de lucht, deze kan niet meer als 8°C verschil koelen ten opzichte van de buitenlucht. Figuur 52 toont hoe dit werkt. [43]



Figuur 52: Compacttoestel, actieve koeling [43]

### 10.1.7. Vermogen

Het vermogen voor te verwarmen, koelen en productie van sanitair warm water hangt af van de samenstelling van het toestel. [43]

### 10.1.8. Toepasbaar?

Dit is een goede manier om te voorzien in de behoefte. De koeling door warmterecuperatie die hier wordt gebruikt zal niet afgestraft worden op gebied van E-peil punten omdat de warmtepomp wordt gebruikt voor het opwarmen van sanitair water. Voor de luchtverwarming moet wel aandacht worden besteed aan het ventilatie gedeelte. Een goede verspreiding van de warmte is gewenst.



## 11. Economisch

Er zijn veel verschillende manieren om te kiezen hoe men gaat bouwen en welke installaties men gaat gebruiken voor een aangenaam binnenklimaat te bekomen. Het economische aspect gaat hier belangrijk voor zijn. Hoeveel de initiële kost gaat zijn en hoeveel het geheel heeft gekost na een bepaald aantal jaar ook. Naar eventuele subsidies of boetes moet ook worden gekeken, deze kunnen de initiële kost gaan beïnvloeden.

Als er gekeken wordt op lange termijn houdt men best rekening met de levensduur van gebruikte middelen. Het verbruik en de stijging van de energieprijzen zijn ook een belangrijke factor. Anders kan er een vals beeld gevormd worden van een bepaald systeem ten opzichte van een ander systeem.

Als het gebouw ook onder de E-peil eis van dat jaar ligt, kan een premie worden voorzien. Voor bouwaanvragen van 1 januari tot 31 december 2014 bedraagt dit voor nieuwbouwwoningen 1800 euro + 50 euro per punt dat men er onder zit. Voor nieuwbouwwoningen is dit 800 euro + 30 euro per punt dat men er onder zit. Er zijn ook nog andere voordelen zoals 50% korting op roerende voorheffing voor 5 jaar als men een bouwaanvraag indient die een E-peil van lager als 40 heeft. (Dit is voor 2014.) [1]

### 11.1. Ventilatie

Zoals eerder vermeld zijn er vier ventilatie systemen die men kan kiezen. Elk van deze systemen hebben hun voor- en nadelen, maar enkel het D-systeem en het C+-systeem zijn het voordeligst in de nieuwe woningen.

Bij een C+-systeem zal het energieverbruik lager liggen als een D-systeem, maar er kan niet aan warmteterugwinning worden gedaan. Ook zal de initiële kost van een C-systeem lager liggen als een D-systeem.

Met een D-systeem zullen er weer meer punten afgetrokken kunnen worden met van het E-peil. Onderstaande tabel geeft weer hoeveel punten er van het E-peil afgetrokken kunnen worden bij een bepaald ventilatie systeem. [7]

Ventilatiesysteem	Puntenverlaging	Productencombinatie
Systeem A	6	Zelfregelende toevoerroosters Natuurlijke afvoer
Systeem B	0	Mechanische afvoer Niet-zelfregelende toevoerroosters
Systeem C	2	Zelfregelende toevoerroosters Mechanische afvoer
Systeem C+	10	Gemoduleerde mechanische afvoer Zelfregelende toevoerroosters
Systeem D	18	Mechanische toevoer Mechanische afvoer met warmterecuperatie

Tabel 7: E-peil punten ventilatie [7]

## 11.2. Energieproductie

Voor sommige toestellen zijn er nog subsidies voorzien, er moet dan wel worden voldaan aan bepaalde voorwaarden.

### 11.2.1. Warmtepomp

Voor een warmtepomp kan er sinds 2012 geen subsidie meer verkregen worden van de overheid. Er kan wel nog een premie verkregen worden door de netbeheerder.

De manier waarop dit berekent wordt is afhankelijk of het een gaswarmtepomp of elektrische warmtepomp is.

- Elektrische warmtepomp:  $270 \text{ euro} \times ((0,87 \times \text{COP}) - 2,5) \times \text{nominaal elektrisch compressor vermogen bij verwarmen uitgedrukt in kWh. (Bedrag beperkt tot 1700 euro.)}$
- Gaswarmtepomp:  $270 \text{ euro} \times ((0,87 \times \text{COP}) - 1) \times \text{nominaal elektrisch compressor vermogen bij verwarmen uitgedrukt in kWh. (Bedrag beperkt tot 1700 euro.)}$

De premie is wel enkel geldig voor woningen die aangesloten zijn op het net van de energiebeheerder voor 1 januari 2014 en de eindfactor van de warmtepomp dateert vanaf 01/01/2014. Als de aansluiting na 01/01/2014 plaats vond en de aanvraag van de stedenbouwkundige vergunning is van voor 01/01/2014 is de premie ook geldig. (Het bewijs van de vergunning moet wel meegeleverd worden.) [8,9]

De vaste kost van een warmtepomp gaat variëren, het is afhankelijk van het type (lucht/lucht, lucht/water en water/water), het rendement en vermogen.

### 11.2.2. Ketel

Bij de vervanging van een oude bestaande ketel door een condenserende gas- of stookolieketel is er een premie van 800 euro voorzien voor beschermde klanten. Dit is niet van toepassing voor nieuwbouw. [8,9]

De aankoopkost van een ketel gaat gebonden zijn aan welk label de ketel heeft en het vermogen.

### 11.2.3. Photovoltaïsche panelen

Sinds 1 januari 2014 zijn er geen subsidies meer voor pv-panelen. De panelen zijn veel efficiënter geworden ten opzichte van de eerdere generaties panelen. [8,9]

### 11.2.4. Zonnecollectoren

De subsidie voor zonnecollectoren zal samenhangen met die van een zonneboiler. Dit wordt nog verder verklaard bij de zonneboiler. [8,9]

## 11.3 Verwarmen

In dit stuk wordt het afgifte systeem en elektrisch verwarmen besproken op gebied van eventuele premies en kosten. [8,9]

### 11.3.1. Afgifte systeem

Voor het afgifte systeem worden geen specifieke premies voor gegeven. Afhankelijk van wat er gekozen wordt zal er rekening gehouden moeten worden met de prijs van de afgiftelichamen, leidingen moesten deze nodig zijn en verbruikskosten. [8,9]

### 11.3.2. Elektrisch

Elektrisch verwarmen zal minder goed worden beoordeeld in de EPB. Aangezien er rekening wordt gehouden met de primaire energie. Maar de aankoop prijs van het verwarmingslichaam zal wel lager zijn in vergelijking met een systeem met ketel en convectoren bijvoorbeeld. Er worden dus geen premies gegeven voor het elektrisch verwarmen.

Er bestaat wel de mogelijkheid met accumulatie te gaan werken, zodat men in de nacht kan opladen tegen een goedkoper tarief als er gebruik wordt gemaakt van een 2 tarieven. Het kan wel zijn dat er teveel wordt opgeladen of juist te weinig. Werken met dag- en nachttarief is wel aangeraden anders kan de elektriciteitskost wel hoog oplopen. [8,9]

## 11.4. Koelen

Over subsidies voor koelen wordt geen informatie gegeven. In het algemeen wordt een koelmachine aangedreven door elektriciteit en dit wordt strengt bestraft op het gebied van E-peil punten, het kan dus zijn dat er boete betaald moet gaan worden als men hierdoor boven het maximale E-peil zit.

Bij BEN- en passieve woningen wordt er veel aandacht gegeven aan de constructie en plaatsing zodat er geen actieve koeling aanwezig moet zijn. De koeling kan wel praktisch zijn als er onverwachte warmtebronnen zijn bijgekomen zoals personen.

Nachtkoeling is natuurlijk wel nog een optie, omdat deze geen actieve manier is van koelen. Omdat er een groter debiet door de woning gaat worden gestuurd, zal het elektriciteit verbruik dan wel wat hoger zijn. Als er met nachttarief wordt gewerkt zal dit wel beperkt voelbaar zijn in de rekening. [8,9]

## 11.5. Sanitair warm water

Als laatste gedeelte wordt de toestellen besproken die instaan voor de productie van het sanitair warm water. [8,9]

### 11.5.1 Ketel (boiler)

Bij energieproductie is de ketel al besproken geweest. [8,9]

### 11.5.2. Warmtepompboiler

Voor een warmtepompboiler wordt er geen premie gegeven. [8,9]

### 11.5.3. Zonneboiler

Voor een zonneboiler wordt er een premie gegeven van 550 euro per m<sup>2</sup> collector oppervlak en een maximum van 2750 euro voor het totaal (boiler + collectoren) ook zal er maximum 50% van de factuur worden betaald. Sinds 2014 moet er ook per m<sup>2</sup> collector oppervlak 40 liter boiler inhoud worden voorzien bij vlakke plaatcollectoren, voor ronde collectoren bedraagt dit 55 liter.

De premie is wel enkel geldig voor woningen die aangesloten zijn op het net van de energiebeheerder voor 1 januari 2014 en de eindfactor van de zonneboiler dateert vanaf 01/01/2014. Als de aansluiting na 01/01/2014 plaats vond en de aanvraag van de stedenbouwkundige vergunning is van voor 01/01/2014 is de premie ook geldig. (Het bewijs van de vergunning moet wel meegeleverd worden.) [8,9]

### 11.5.4. Elektrisch boiler

Voor dit toestel is er geen premie voorzien. [8,9]

### 11.5.5. Combinaties

Combinaties tussen de verschillende mogelijkheden zijn mogelijk. Zo kan bijvoorbeeld een warmtepompboiler gecombineerd worden met een elektrische spiraal of zonnecollectoren. [8,9]

## 12. Voorbeelden

Om een beter beeld te kunnen vormen, over de mogelijke kosten voor installaties, wordt er in dit stuk meerdere voorbeelden gegeven voor een bepaalde woning.

### 12.1 Inleiding

Het is belangrijk een goede keuze te maken welke systemen en installaties er gebruikt gaan worden in een woning op gebied van verwarming, koeling en sanitair warm water.

Elke installatie heeft natuurlijk zijn eigen kostprijs en prijs voor verbruik. Het is ook mogelijk om verschillende installaties te combineren.

Het kan dus zijn dat één bepaalde installatie goedkoper is in het begin, maar door verbruikskosten over een aantal jaar duurder gaat uitvallen.

Het comfort van een woning mag ook niet vergeten worden, ook al kan dit soms punten kosten op het EPB-vlak.

Extra kosten of premies in verband met E-peilpunten worden niet behandeld. Hiervoor zouden er veel details ingerekend moeten worden. Elke koudebrug zou ingerekend worden eveneens het verbruik van elke pomp voor het sanitair. De virtuele bouwaanvraag wordt ingediend in 2015.

### 12.2 Situatie schets

Voor het voorbeeld zal er een woning met 17 W warmteverlies per m<sup>2</sup> geklimatiseerde vloeroppervlakte gekozen worden. Dit lage verlies betekent dat de woning is berekend om een passief woning te zijn.

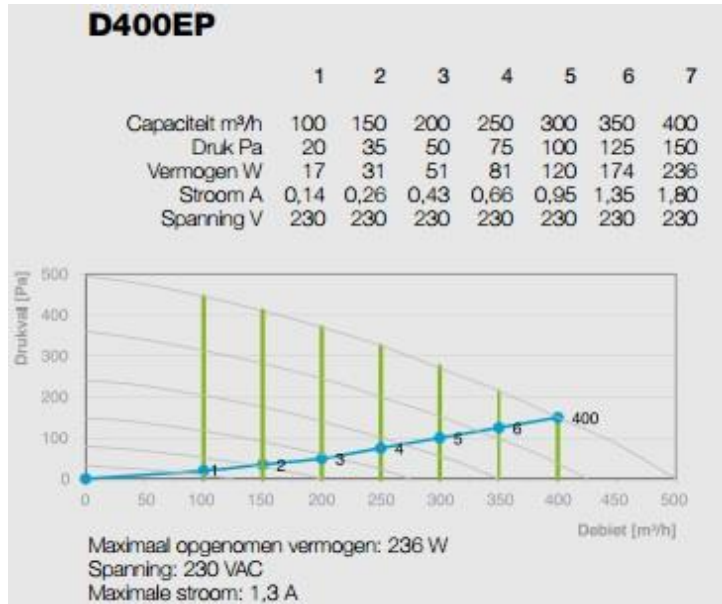
De woning zal bestaan uit volgende ruimtes, die binnen het beschermd volume vallen. In tabel 8 zijn deze ruimtes weergegeven. In bijlage A zijn de plannen van de woning gegeven.

Ruimte	Oppervlakte (m <sup>2</sup> )	Ventilatie debiet (m <sup>3</sup> /h)	Verlies in warmte (W)
Zitkamer	21.27 m <sup>2</sup>	77 m <sup>3</sup> /h	362 W
Eetkamer	14.85 m <sup>2</sup>	75 m <sup>3</sup> /h	252 W
Bureau	12.92 m <sup>2</sup>	25 m <sup>3</sup> /h	220 W
Keuken	18.56 m <sup>2</sup>	-67 m <sup>3</sup> /h	316 W
Berging	3.67 m <sup>2</sup>	25 m <sup>3</sup> /h	62 W
Wc	2 m <sup>2</sup>	-25 m <sup>3</sup> /h	34 W
Gang	4.96 m <sup>2</sup>	/	84 W
Slaapkamer 1	13.04 m <sup>2</sup>	25 m <sup>3</sup> /h	222 W
Slaapkamer 2	9.57 m <sup>2</sup>	25 m <sup>3</sup> /h	163 W
Dressing	9.78 m <sup>2</sup>	25 m <sup>3</sup> /h	166 W
Badkamer	8.92 m <sup>2</sup>	-50 m <sup>3</sup> /h	152 W
Nachthal	4.5 m <sup>2</sup>	/	76 W
Totaal	124,04 m <sup>2</sup>	+277 m <sup>3</sup> /h en -142 m <sup>3</sup> /h	2109 W

Tabel 8: Ruimtes woning

### 12.2.1. Ventilatie

Voor dit huis zal er een ventilatie systeem geplaatst worden die minsten een debiet van 277 m<sup>3</sup>/h kan voorzien. Dit zal in de meeste gevallen neerkomen op een toestel van 300m<sup>3</sup>/h. Er zal hier gekozen worden voor een Vasco D400EP. Het verbruik van dit toestel is gegeven in volgende afbeelding. [62]



Figuur 53: Verbruik ventilatie toestel [62]

Afhankelijk van de situatie in de voorbeelden die volgen zal er met verschillende standen worden gewerkt. Gegevens over het ventilatietoestel kunnen gevonden worden in bijlage B.

### 12.2.2. Verwarmen

Voor het warmteverlies zal er een 2100 W moeten bij worden verwarmd. Het verwarmen zal niet het hele jaar door moeten gebeuren, in volgende voorbeelden wordt er gekozen voor 120 dagen. De verwarming zal ook niet altijd zijn volle vermogen afgeven. In de voorbeelden wordt dit aangegeven met percentages.

### 12.2.3 Koelen

Als de woning als een passief woning is ontworpen zou er in theorie geen koeling aanwezig moeten zijn. Dit omdat er rekening is gehouden met de plaatsing van de woning en blokkering van zonnestralen.

In enkele voorbeelden zal nachtventilatie worden voorzien, airco zal ook aanwezig zijn in twee voorbeelden en in het laatste voorbeeld wordt koeling via de ventilatielucht toegepast.

#### 12.2.4. Sanitair warm water

Voor het sanitair warm water wordt er van uitgegaan dat er twee volwassenen en één kind in het huis zullen wonen, gekeken naar de slaapkamers. Voor dit gezin nemen we 90 liter warm water, dat per dag wordt gebruikt.

#### 12.2.5. Andere energiebronnen

De woning zal ook nog voorzien worden van fotovoltaïsche panelen. Er worden 14 panelen van 280 Wp geplaatst. In dit geval gaan we er van uit dat de ligging van het huis goed is, met andere woorden een ligging van het dak naar het zuiden gericht. De panelen staan ook onder een goede hoek. Dit gaat in ieder voorbeeld zo zijn. Bijlage C geeft meer info over de gebruikte panelen.

#### 12.2.6. Vergelijking

Voor de vergelijking tussen de verschillende installaties zal er naar de vaste kost, kost na 1 jaar, kost na 5 jaar, kost na 10 jaar en na 20 jaar worden gekeken. Op deze lange termijn wordt er rekening gehouden met een (constante) stijging van de prijzen van de energiebronnen.

Om de rekenvoorbeelden gelijk te kunnen houden nemen we een vaste prijs voor de elektriciteit en gas als deze gebruikt worden. Voor 1 kWh elektriciteit nemen we 0,21 euro en 0,60 euro per m<sup>3</sup> gas. De energieprijzen zijn de som van de energieprijis, nettoprijs en de heffingen. Voor de elektriciteit bedraagt de btw nu 6%, dit kan in de toekomst wel terug naar 21% veranderen.

Omdat de kostprijs van de energie ook gaat stijgen, wordt dit ook in rekening gebracht. Voor alle energiebronnen wordt er een stijging van 3 procent per jaar voorzien.

De efficiëntie van de pv-panelen zal ook achteruitgaan, voor dit in rekening te brengen is er een percentage van 0,25 voor gekozen, dit per jaar.

### 12.3 Manier van berekenen

Voor elk onderdeel zal er een vaste kost worden berekend. (Als sommige onderdelen overlappende kosten hebben zal dit gemeld worden.) In de vaste prijs is dan de prijs van het toestel of toestellen, het materiaal en plaatsing inbegrepen. Eventuele subsidies of kortingen die geweten zijn worden ook meegeteld. De prijzen die worden getoond zijn ook inclusief BTW. De meeste prijzen zijn gebaseerd op deze van Alrasol, andere zijn gekozen op basis van gelijkaardige producten.

Vervolgens wordt de variabele- of verbruikskost van de toestellen voor hun eerste jaar gemaakt. Dit is een startwaarde om de gebruikskosten in verdere jaren te kunnen bepalen.

Voor de ventilatie zal er gekeken worden naar het verbruik (in de verschillende standen van het toestel als die er zijn) en hoelang het toestel per dag werkt.

Om de verbruikskost van de verwarming te bepalen wordt er rekening gehouden met hoeveel watt aan energie er nodig is, de gebruikte energiebron, het aantal dagen dat de verwarming gebruikt wordt en het aantal uur per dag. Er wordt ook rekening gehouden dat de verwarming niet altijd zijn vol vermogen afgeeft, dit wordt weergegeven door percentages. Een eventuele COP-waarde wordt ook in rekening gebracht.

Als er gekoeld wordt met nachtventilatie zal dit verwerkt worden in het ventilatie gedeelte. Bij een andere koelmethode zal het berekend worden gelijk het verwarmingsgedeelte.

Bij de berekening van het warm tapwater wordt er gekeken naar het benodigde debiet per dag, de start en eindtemperatuur van het water, welke energiebronnen er gebruikt worden en eventuele COP-waardes.

Voor de opbrengst van de pv-panelen wordt er gekeken naar het aantal panelen, hoeveel Wp ze hebben. Vervolgens wordt er nog een rendement van de installatie in rekening gebracht, in de voorbeelden is dit 0,9.

Om de kosten over een bepaald aantal jaar te berekenen, wordt er eerst de totale vaste kost berekend. De gebruikskosten worden vervolgens berekend voor de eerder bepaalde jaren, er wordt hier dan rekening gehouden met een stijging in energieprijzen en daling rendement van de pv-panelen. Voor de totale kost wordt de vaste kost en de variabele kost opgeteld.



## 12.4 Voorbeeld 1

In het eerste voorbeeld wordt er gebruik gemaakt van een meer traditioneel systeem. Een ketel staat in voor de verwarming en productie van het warm water. Het ventilatietoestel zal voor de verse lucht zorgen en nachtkoeling.

### 12.4.1. Ventilatie

Voor het ventileren gebruiken we het eerder vermelde toestel. De vaste kosten voor het toestel zijn weergegeven in de volgende tabel.

Ventilatie	Prijs
Toestel	€2500
Materiaal	€2500
Plaatsing	€1600
<b>Totaal</b>	<b>€6600</b>

Tabel 9.1: Vaste kost ventilatie

Het toestel zal gebruikt worden voor intensieve nachtventilatie en dus koeling. De prijzen voor het koelen zitten dus in deze stap ingerekend. Er zal per dag 8 uren worden geventileerd in stand 1 voor als er niemand aanwezig is. Ook zal er 8 uur worden geventileerd in stand 5, dit is voor als er personen aanwezig zijn. De nachtventilatie zal stand 6 zijn, dit zal in de nacht plaatsvinden en duurt 8 uren. Het verbruik van het toestel kan gezien worden onderstaand rekenbestand.

Ventilatie		Aantal uren	Verbruik per dag	Verbruik per jaar
Standen	Verbruik	/dag	(kWh)	(kWh)
Stand 1	17,0 W	8	0,1 kWh	49,6 kWh
Stand 2	31,0 W	0	0,0 kWh	0,0 kWh
Stand 3	51,0 W	0	0,0 kWh	0,0 kWh
Stand 4	81,0 W	0	0,0 kWh	0,0 kWh
Stand 5	120,0 W	8	1,0 kWh	350,4 kWh
Stand 6	174,0 W	8	1,4 kWh	508,1 kWh
Stand 7	236,0 W	0	0,0 kWh	0,0 kWh
<b>Totaal</b>			<b>2,5 kWh</b>	<b>908,1 kWh</b>
Prijs elektriciteit 1 kWh	€ 0,21			
<b>Kostprijs</b>				
Per dag	€ 0,52			
Per jaar	€ 190,71			

Rekenbestand 1.1: Ventilatie

## 12.4.2. Verwarmen

Voor de woning te verwarmen wordt er gebruik gemaakt van convectoren en een condenserende gasketel. Deze ketel zijn prijs zal ingerekend worden bij het sanitair warm water gedeelte.

Er zullen 5 convectoren worden voorzien in totaal, deze worden geplaatst in de keuken, eetkamer, zitkamer, bureau en badkamer. Voor dit voorbeeld is er gekozen voor de "Strada H050 I090 type 06 Twin" (423 W). In totaal zullen deze convectoren 2115 W warmte, als maximum vermogen, in de ruimte brengen. Dit is in theorie zelfs al te veel maar voor het rekenvoorbeeld zullen we deze 15 W teveel aan energie even vergeten. De convectoren zijn gegeven in bijlage E.

De totale vaste kost voor verwarmen is weergegeven in onderstaande tabel.

Verwarmen	Prijs
Convectoren	€ 1.065
Materiaal	€ 1.500
Plaatsing	€ 1.500
<b>Totaal</b>	<b>€ 4.065</b>

Tabel 9.2: Vaste kost verwarmen

De verwarming zal in deze situatie, gedurende 1 jaar 120 dagen opstaan. De verwarming gaat niet altijd zijn maximum vermogen afgeven, daarom is er gewerkt met een percentage. Bijvoorbeeld 50 procent betekend dat de verwarming dan 1050 W aan warmte afgeeft. Hier zal de verwarming 30 dagen op 25 procent warmteafgifte werken, 30 dagen op 50 procent en ook 30 dagen op 75 procent en 100 procent. Het verbruik voor het eerste jaar en de kostprijs van het verbruik zijn in het volgende rekenbestand getoond.

<b>Verwarming</b>			
Benodigd vermogen (W)	2.100,0 W	Energie inhoud gas (MJ/m <sup>3</sup> )	31,0 MJ/m <sup>3</sup>
Aantal uren per dag	8	Prijs gas 1m <sup>3</sup>	€ 0,60
Aantal dagen verwarmd	120		
<b>Verbruik</b>			
		Afgegeven warmte (%)	Aantal dagen
Jaarverbruik (kWh)	1.260 kWh	25%	30
Jaarverbruik (m <sup>3</sup> gas)	146,32 m <sup>3</sup>	50%	30
Gemiddeld dag gebruik (kWh)	10,50 kWh	75%	30
Gemiddeld dag gebruik (m <sup>3</sup> gas)	1,22 m <sup>3</sup>	100%	30
<b>Kostprijs</b>			
Totaal	€ 87,79		
Per dag	€ 0,73		

Rekenbestand 1.2: Verwarming

Het jaarverbruik in kWh per jaar is berekend door de som te maken van het verbruiken. De verbruiken wijzen op de dagen dat het systeem draait bij een bepaald afgifte percentage. Het verbruik wordt berekend door het vermogen, aantal uren, het percentage van de afgegeven warmte en het hier bijhorende aantal dagen te vermenigvuldigen.

Het verbruik in m<sup>3</sup> gas is met hetzelfde principe, van verbruiken bij bepaalde afgifte percentages, berekend. Voor een verbruik wordt er gezocht naar de benodigde energie (J) voor het verwarmen. Een voorbeeld voor 25% is:  $2100 \text{ W of } \frac{\text{J}}{\text{s}} \times 8 \text{ uren} \times 3600\text{s} \times 25\% \times 30 \text{ dagen} = 453,6 \text{ MJ}$ . Het verbruik in gas wordt vervolgens berekend door de benodigde energie te delen door de energie inhoud van een kubieke meter gas.

### 12.4.3. Koelen

De kosten hiervoor zijn al in het ventilatie deel ingerekend.

### 12.4.4. Sanitair warm water

Zoals eerder vermeld wordt er gebruik gemaakt van een condenserende gasketel. De vaste kost zal ook deels die zijn van de verwarming. Als ketel wordt er gekozen voor een Vitodens 333-F. Deze heeft een boiler (100 liter) en valt in de goede vermogen klasse (1,9 – 26 kW). De vaste kosten voor het warm tapwater worden gegeven tabel 9.3. Bijlage D geeft meer gegevens over het gebruikte toestel.

Sanitair warm water	Prijs
Ketel	€2700
Materiaal	€1500
Plaatsing	€1500
<b>Totaal</b>	<b>€5700</b>

Tabel 9.3: Vaste kost SWW

Enkel de ketel zal gebruikt worden voor de productie van het warm tapwater. De eisen voor warm water zijn eerder al besproken geweest. De variabele kost kan hieronder gezien worden.

Sanitair warm water					
Start T° water	10,00 °C	Aandeel gas (<1)	100%	Energie inhoud gas (MJ/m <sup>3</sup> )	31,0 MJ/m <sup>3</sup>
Eind T° water	55,00 °C	Aandeel zon (<1)	0%	Prijs gas 1m <sup>3</sup>	€ 0,60
Debiet (l/dag)	90,00 l/dag	Aandeel elektrisch (<1)	0%	Prijs elektriciteit 1kWh	€ 0,21
		Totaal	100%		
Verbruik	per h	per dag	per jaar		
Gas (m <sup>3</sup> )	0,08 m <sup>3</sup>	1,97 m <sup>3</sup>	717,57 m <sup>3</sup>		
Elektrisch (kWh)	0,00 kWh	0,00 kWh	0,0 kWh		
Gratis					
Zon (kWh)	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh		
Zon (m <sup>3</sup> gas)	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>		
Kostprijs					
Gas	€ 0,05	€ 1,18	€ 430,54		
Elektrisch	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00		
Besparing					
"Bespaard door zon" (kWh)	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00		
"Bespaard door zon" (m <sup>3</sup> )	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00		

Rekenbestand 9.3: SWW

Als eerste wordt de benodigde energie berekend voor het water op te warmen. Voor 1 dag is de formule:  $(\text{Eind } T^\circ - \text{Start } T^\circ) \times \text{Debiet} \times 4,18 \text{ J}/(\text{g. K})$  (De 4,18 is de soortelijke warmte van water.) Vervolgens moet er gekeken worden naar het aandeel dat een energiebron gebruikt gaat worden. Als volgende wordt het verbruik, kostprijs en eventuele besparing berekend. (Als er een COP is wordt deze bij het elektrisch gedeelte meegerekend.)

#### 12.4.5. Andere energiebronnen

Onder de andere energiebronnen vallen de pv-panelen, zoals eerder besproken. Voor de panelen zijn er Q-cells gekozen, samen hebben de panelen 3920 Wp. De omvormer die gebruikt wordt, is een SMA SB 3000TL-21. Dit zijn producten die Alrasol aanbiedt. De prijzen van materiaal en plaatsing zijn ook gebaseerd op deze van Alrasol. Tabel 9.4 geeft de vaste kost weer.

Photovoltaïsche panelen	Prijs
Panelen en materialen	€7841
Plaatsing	€726
<b>Totaal</b>	<b>€8567</b>

Tabel 9.4: Vaste kost pv-panelen

Hieronder wordt weergegeven hoeveel de zonnepanelen opbrengen.

Photovoltaïsche panelen			
Aantal panelen	14	Vermogen zon Wp	1.000 Wp
Wp per paneel	280 Wp	Prijs elektriciteit 1 kWh	€ 0,21
Rendement installatie (%)	90%		
<b>Opbrengst/jaar (kWh)</b>	<b>3.528,00 kWh</b>	<b>Opbrengst/jaar (€)</b>	<b>€ 740,88</b>

Rekenbestand 9.4: Pv-panelen

#### 12.4.6. Kost

Tabel 9.5 geeft de kosten weer voor 1 jaar, 5 jaar, 10 jaar en 20 jaar. Dit za een goede vergelijking geven tussen de aankoopkost en de kost voor het gebruik van de installaties.

	Variabele kost	Vaste kost	Totale kost
jaar 1	€ 611,94	€ 24.932,00	€ 25.543,94
jaar 5	€ 3.248,87	€ 24.932,00	€ 28.180,87
jaar 10	€ 7.015,21	€ 24.932,00	€ 31.947,21
jaar 20	€ 16.443,06	€ 24.932,00	€ 41.375,06

Tabel 9.5: Kosten

#### 12.4.7. Conclusie

De woning zal goed worden opgewarmd en door de meerdere convectoren te gebruiken zal de warmte beter verspreid worden. De warmte zal zich zal wel vooral boven in de ruimte bevinden door de natuurlijke circulatie. De investering voor de convectoren is wel hoog omdat er met veel simpelere manieren verwarmd kan worden.

De nachtkoeling kan voldoende zijn, maar deze kan wel niet gaan anticiperen op een onverwachte extra warmtebron. Bijvoorbeeld als er bezoek komt in de zomer. Maar door deze passieve manier van koelen te gebruiken zal de woning niet worden afgestraft met E-peil punten. Het verbruik van het toestel zal ook wat hoger gaan liggen omdat er in een hogere stand wordt geventileerd.

De productie van sanitair water zal altijd plaats kunnen vinden zolang er gas is. Het is dus niet afhankelijk van het aantal uren zon gelijk bij een zonneboiler. Er zijn ook niet veel ketels die een laag genoeg vermogen hebben voor de beperkte energievraag.

De pv-panelen zijn handig voor het elektrisch verbruik van de woning op te vangen en zo de kost te verminderen. De panelen zorgen ook voor een daling van het E-peil.

## 12.5. Voorbeeld 2

Het tweede voorbeeld gebruikt al meer energievriendelijkere technieken. Een warmtepomp zal nu instaan voor de verwarming en productie van sanitair warm water.

### 12.5.1. Ventilatie

Dit is dezelfde situatie als in het vorige voorbeeld, de ventilatie zal ook instaan voor de nachtkoeling. De vaste kosten en gebruikskosten zijn identiek aan voorbeeld 1.

### 12.5.2. Verwarmen

Voor te verwarmen wordt er gebruik gemaakt van een warmtepomp en vloerverwarming. De vloerverwarming zal opgebouwd worden volgens het tacker systeem (nat systeem). De leidingen zullen wel ver van elkaar af moeten liggen, omdat de warmte afgifte anders te groot gaat zijn. De vloerverwarming zal gelegd worden in de eetkamer, zitkamer, keuken, bureau en badkamer.

De vaste kosten voor de vloerverwarming worden weergegeven in volgende tabel. (De prijzen zijn gebaseerd op deze van Alrasol.)

Vloerverwarming	Prijs
Vloerverwarming	€999,5
Collectors	€291
Plaatsing	€1850
<b>Totaal</b>	<b>€3140,5</b>

Tabel 10.1: Vaste kost vloerverwarming

De warmtepomp zal een lucht/water warmtepomp zijn. De binnen unit zal een cilinderunit zijn die ook zal instaan voor de productie van sanitair warm water.

Er wordt gekozen voor een combinatie van Mitsubishi, een powerinverter met cilinderunit. De buitenunit is het type PUAZ-SW40VHA en de binnenunit is het type EHST20C-VM6EB. Deze laatste heeft al zeker voldoende vermogen voor het verwarmingsgedeelte. Er wordt ook een buffervat van 200 liter gezet zodat het risico op pendelen van de warmtepomp verminderd. (Voor het cv-gedeelte.) De COP van de warmtepomp gaat wel afhankelijk zijn van de buitenlucht temperatuur en van in welke modus de warmtepomp staat, in deze situatie zal er gekozen worden voor de "eco mode", dit betekent een COP van 3,6 en een voldoende groot verwarmingsvermogen. De gegevens over de warmtepomp zijn terug te vinden in bijlage F.

De vaste kosten voor dit systeem zijn de volgende:

Verwarmen	Prijs
Binnen- en buiten unit + buffervat	€ 10.044
Materiaal	€ 605
Plaatsing	€ 1.815
<b>Totaal</b>	<b>€ 12.464</b>

Tabel 10.2: Vaste kost verwarmen

De gebruikskosten voor het eerste jaar zijn gegeven in rekenbestand 10.1. Er wordt hier wel puur theoretisch gerekend, omdat er gebruikt wordt gemaakt van de COP. De berekeningsmethode is gelijk voorbeeld 1, alleen wordt er nu ook rekening gehouden met de COP waarde.

<b>Verwarming met warmtepomp</b>			
Benodigd vermogen (W)	2.100,0 W	Prijs 1 kWh	€ 0,21
Aantal uren per dag	8	COP	3,6
Aantal dagen verwarmd	120		
<b>Verbruik</b>		Afgegeven warmte (%)	Aantal dagen
Jaarverbruik (kWh)	350 kWh	25%	30
Gemiddeld dag gebruik (kWh)	3 kWh	50%	30
		75%	30
		100%	30
<b>Kostprijs</b>			
Totaal	€ 73,50		
Per dag	€ 0,61		

Rekenbestand 10.1: Verwarmen

### 12.5.3. Koelen

De kosten hiervan zijn al ingerekend bij het ventilatie deel.

### 12.5.4. Sanitair warm water

Er zal buiten de warmtepomp ook nog een solar gedeelte voorzien worden aangezien de mogelijkheid bestaat een extra energiebron aan te sluiten op de boiler (200 liter). Er worden hier 2 18 heatpipes voorzien. Deze hebben een oppervlakte van 3.38 m<sup>2</sup> per paneel.

De kosten voor het solar gedeelte zijn gegeven in tabel 10.3.

Solar	Prijs
2 x 18 Heatpipes	€2000
Materiaal	€1000
Plaatsing	€600
<b>Totaal</b>	<b>€3600</b>

Tabel 10.3: Vaste kost solar

Voor de productie van warm water zal 60 procent worden geproduceerd door de zon en de rest door de warmtepomp. Rekenbestand 10.2 geeft de gebruikskost weer.

Sanitair warm water					
Start T° water	10,00 °C	Aandeel gas (<1)	0%	Energie inhoud gas (MJ/m³)	31,0 MJ/m³
Eind T° water	55,00 °C	Aandeel zon (<1)	60%	Prijs gas 1m³	€ 0,60
Debiet (l/dag)	90,00 l/dag	Aandeel elektrisch (<1)	40%	Prijs elektriciteit 1kWh	€ 0,21
		Totaal	100%	COP	3,6
Verbruik	per h	per dag	per jaar		
Gas (m³)	0,00 m³	0,00 m³	0,00 m³		
Elektrisch (kWh)	0,08 kWh	1,88 kWh	686,6 kWh		
Gratis					
Zon (kWh)	0,42 kWh	10,16 kWh	3.707,45 kWh		
Zon (m³ gas)	0,05 m³	1,18 m³	430,54 m³		
Kostprijs					
Gas	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00		
Elektrisch	€ 0,0165	€ 0,40	€ 144,18		
Besparing					
"Bespaard door zon" (kWh)	€ 0,09	€ 2,13	€ 778,56		
"Bespaard door zon" (m³)	€ 0,03	€ 0,71	€ 258,33		

Rekenbestand 10.2: SWW

### 12.5.5. Andere energiebronnen

De pv-panelen worden ook gebruikt in dit voorbeeld.

### 12.5.6. Kost

Volgende tabel geeft de kosten weer voor 1 jaar, 5 jaar, 10 jaar en 20 jaar.

	Variabele kost	Vaste kost	Totale kost
jaar 1	€ 0,00	€ 34.371,50	€ 34.371,50
jaar 5	€ 0,00	€ 34.371,50	€ 34.371,50
jaar 10	€ 0,00	€ 34.371,50	€ 34.371,50
jaar 20	€ 0,00	€ 34.371,50	€ 34.371,50

Tabel 10.4: Kosten



### 12.5.7. Conclusie

De vloerverwarming zal zorgen voor een goede verspreiding van de warmte in de ruimtes waar deze gelegd is. Het systeem gaat wel traag reageren en er kan niet onmiddellijk worden ingespeeld op warmtevraag. De reactiesnelheid zal afhankelijk zijn van de thermische massa van de vloer en de afstand tussen de leidingen. De afstand zal in deze woning groot zijn omdat de warmtevraag zo klein is. Daarom is het niet interessant om alleen als verwarming te gebruiken.

Op vlak van koeling is dit hetzelfde als vorig voorbeeld.

Voor het warm tapwater en de vloerverwarming wordt een warmtepomp gebruikt. Deze zal wel een hoge kostprijs hebben maar zal wel energie-efficiënt werken. Bijkomend is er voor het warm water nog een solar spiraal voorzien. Hierdoor kan men gratis energie gaan benutten en zo het verbruik van de warmtepomp gaan beperkt voor het SWW. Dit komt het verbruik nog meer ten goede.

Voor de pv-panelen geldt dezelfde conclusie als bij het vorig voorbeeld.

Op zich is dit toepasbaar, maar de vloerverwarming is een dure methode voor de hoeveelheid warmte die gecompenseerd moet worden. Er zijn hier simpelere en makkelijkere methodes voor. Er wordt wel niet elektrisch verwarmd waardoor er geen strafpunten zijn voor het E-peil. De overige technieken zijn wel interessant voor te gebruiken.

## 12.6. Voorbeeld 3

In dit voorbeeld wordt er gebruik gemaakt van airco voor te verwarmen en te koelen. De nachtkoeling valt dus weg. Het warm water zal voorzien worden door een warmtepompboiler.

### 12.6.1. Ventilatie

Het ventilatietoestel blijft hetzelfde maar er zal geen nachtkoeling mee gedaan worden. De gebruikskost gaat bijgevolg anders zijn.

Er zal 8 uur op een lage stand worden geventileerd en 16 uren op de gewone stand. De gebruikskost is gegeven in rekenbestand 11.1.

<b>Ventilatie</b>				
Standen	Verbruik	Aantal uren /dag	Verbruik per dag (kWh)	Verbruik per jaar (kWh)
Stand 1	17,0 W	8	0,1 kWh	49,6 kWh
Stand 2	31,0 W	0	0,0 kWh	0,0 kWh
Stand 3	51,0 W	0	0,0 kWh	0,0 kWh
Stand 4	81,0 W	0	0,0 kWh	0,0 kWh
Stand 5	120,0 W	16	1,9 kWh	700,8 kWh
Stand 6	174,0 W	0	0,0 kWh	0,0 kWh
Stand 7	236,0 W	0	0,0 kWh	0,0 kWh
<b>Totaal</b>			<b>2,1 kWh</b>	<b>750,4 kWh</b>
Prijs elektriciteit 1 kWh		<b>€ 0,21</b>		
<b>Kostprijs</b>				
Per dag	<b>€ 0,43</b>			
Per jaar	<b>€ 157,59</b>			

Rekenbestand 11.1: Ventilatie

### 12.6.2. Verwarmen

Voor het verwarmen wordt er gebruik gemaakt van een airco. Hiervoor zal een single split unit worden gebruikt, deze kan zowel koelen als verwarmen. Een vloerunit van de M serie van Mitsubishi wordt hier als voorbeeld genomen. Deze heeft een verwarmingscapaciteit van 0,9 – 5,1 kW. De vloerunit is een MFZ-KA25VA en de buiten unit is een SUZ-KA25VA. De COP waarde voor te koelen is 4,31 en te verwarmen 4,07. Bijlage G bevat informatie over de gebruikt airco.

De vaste kost voor de airco bevat ook de vaste kost voor de koeling omdat deze ook gebruikt wordt voor de koeling. Deze kost wordt gegeven in tabel 11.1.

Airco	Prijs
Binnenunit	€ 926
Buitenunit	€ 1.193
Materialen	€ 182
Plaatsing	€ 605
<b>Totaal</b>	<b>€ 2.905</b>

Tabel 11.1: Vaste kost airco

De kost voor de airco als verwarming te gebruiken is:

<b>Verwarming met airco</b>			
Benodigd vermogen (W)	2.100,0 W	Prijs 1 kWh	€ 0,21
Aantal uren per dag	8	COP	4,07
Aantal dagen verwarmd	120		
<b>Verbruik</b>		Afgegeven warmte (%)	Aantal dagen
Jaarverbruik (kWh)	310 kWh	25%	30
Gemiddeld dag gebruik (kWh)	3 kWh	50%	30
		75%	30
		100%	30
<b>Kostprijs</b>			
Totaal	€ 65,01		
Per dag	€ 0,54		

Rekenbestand 11.2: Verwarmen

### 12.6.3. Koelen

Er wordt hiervoor dezelfde airco gebruikt als voor het verwarmen. De vaste kost zit al ingerekend bij het verwarmen deel.

De gebruikskost voor de airco voor te koelen is in onderstaand rekenbestand gegeven.

<b>Koeling met airco</b>			
Benodigd vermogen (W)	2.000,0 W	Prijs 1 kWh	€ 0,21
Aantal uren per dag	8	COP	4,31
Aantal dagen gekoeld	60		
<b>Verbruik</b>		Afgegeven koelte (%)	Aantal dagen
Jaarverbruik (kWh)	139 kWh	25%	15
Gemiddeld dag gebruik (kWh)	2 kWh	50%	15
		75%	15
<b>Kostprijs</b>		100%	15
Totaal	€ 29,23		
Per dag	€ 0,49		

Rekenbestand 11.3: Koelen

## 12.6.4. Sanitair warm water

In dit voorbeeld wordt er een warmtepompboiler gebruikt, een AX7 van ATC. De boiler heeft een inhoud van 260 liter en heeft een COP van 3,55. De gegevens van de warmtepompboiler zijn gehaald uit bijlage H.

De kostprijs voor dit systeem zijn gegeven door tabel 11.2.

Sanitair warm water	Prijs
Warmtepompboiler	€ 3.207
Materiaal	€ 303
Plaatsing	€ 605
<b>Totaal</b>	<b>€ 4.114</b>

Tabel 11.2: Vaste kost SWW

De kosten voor het produceren van het warm water zijn:

Sanitair warm water					
Start T° water	10,00 °C	Aandeel gas (<1)	0%	Energie inhoud gas (MJ/m³)	31,0 MJ/m³
Eind T° water	55,00 °C	Aandeel zon (<1)	0%	Prijs gas 1m³	€ 0,60
Debiet (l/dag)	90,00 l/dag	Aandeel elektrisch (<1)	100%	Prijs elektriciteit 1kWh	€ 0,21
		Totaal	100%	COP	3,55
Verbruik	per h	per dag	per jaar		
Gas (m³)	0,00 m³	0,00 m³	0,00 m³		
Elektrisch (kWh)	0,20 kWh	4,77 kWh	1.740,6 kWh		
Gratis					
Zon (kWh)	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh		
Zon (m³ gas)	0,00 m³	0,00 m³	0,00 m³		
Kostprijs					
Gas	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00		
Elektrisch	€ 0,0417	€ 1,00	€ 365,52		
Besparing					
"Bespaard door zon" (kWh)	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00		
"Bespaard door zon" (m³)	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00		

Rekenbestand 11.4: SWW

## 12.6.5. Andere energiebronnen

Zie vorige voorbeelden.

### 12.6.6. Kost

Volgende tabel geeft de kosten weer voor 1 jaar, 5 jaar, 10 jaar en 20 jaar.

	Variabele kost	Vaste kost	Totale kost
jaar 1	€ 0,00	€ 22.186,00	€ 22.186,00
jaar 5	€ 0,00	€ 22.186,00	€ 22.186,00
jaar 10	€ 0,00	€ 22.186,00	€ 22.186,00
jaar 20	€ 0,00	€ 22.186,00	€ 22.186,00

Tabel 11.3: Kosten

### 12.6.7. Conclusie

Voor het verwarmen zal nu een airco worden gebruikt, op zich geen slechte keus. De airco wordt zowel gebruikt voor het koelen en verwarmen. Zo zal er maar één maal geïnvesteerd moeten worden voor twee behoeften. De actieve koeling door de airco zal wel worden afgestraft met E-peil punten. De airco is ook een energie-efficiënte manier voor te verwarmen en koelen. Omdat de airco een single-split is zal de warmte of koelte wel maar op één plek worden gegenereerd. Dit betekent dat er bijvoorbeeld op de badkamer een onaangenaam comfort kan zijn. Door de koelmogelijkheid kan er wel makkelijk geanticipeerd worden op een onverwachte warmtebron. De luchtvochtigheid zal ook geregeld worden zodat het klimaat binnenshuis aangenaam blijft..

Het verbruik van het ventilatietoestel zal hier lager liggen omdat er geen nachtkoeling meer wordt toegepast.

Het sanitair warm water zal hier worden geproduceerd door een warmtepompboiler. De investeringskost zal hoog zijn maar de gebruikskost is beperkt.

De pv-panelen zijn in dit voorbeeld ook aanwezig. Aangezien er nu redelijk veel elektrisch verbruik is zijn deze zeer welkom voor het elektrisch energieverbruik te gaan dekken.

Dit voorbeeld is een goede oplossing voor de woning. Nu wordt er wel meer elektrische verbruikt, maar deze zijn zeer energie-efficiënt. Door het gebruik van de groene-energie (pv) en de warmtepompen zal de gebruikskost zeer laag liggen. De kostprijs van de installaties zelf is ook laag.

## 12.7. Voorbeeld 4

Voorbeeld 4 zal gebruik maken van een elektrisch verwarming en een zonneboiler voor warm tap water te produceren.

### 12.7.1. Ventilatie

Voor het ventileren wordt er hetzelfde gedaan als in de eerste twee voorbeelden, inclusief de nachtkoeling.

### 12.7.2. Verwarmen

In deze situatie zal er elektrisch worden verwarmd. Er wordt een gewoon elektrisch vuurtje in de woonkamer geplaatst en in de badkamer zal er infraroodverwarming worden voorzien.

Voor de woonkamer wordt er gekozen voor een Rowenta CO3035, deze heeft een vermogen tot 2400 Watt en is regelbaar. Voor de badkamer zal er korte golf infraroodstraler worden voorzien, deze zal snel warm zijn. Het is een Solamagic van 500 Watt geschikt voor badkamers.

De vaste kosten hiervoor zijn:

Elektrisch	Prijs
Elektrisch vuur	€75
Infrarood paneel	€275
Materiaal	€50
Plaatsing	€100
<b>Totaal</b>	<b>€500</b>

Tabel 12.1: Vaste kost elektrisch verwarmen

De kosten voor het gebruik van het elektrisch vuurtje zijn gegeven in rekenbestand 12.1.

<b>Verwarming met vuurtje</b>			
Vermogen vuurtje (W)	2.000,0 W	Prijs 1 kWh	€ 0,21
Aantal uren per dag	8		
Aantal dagen verwarmd	120		
<b>Verbruik</b>		Afgegeven warmte (%)	Aantal dagen
Jaarverbruik (kWh)	1.200 kWh	25%	30
Gemiddeld dag gebruik (kWh)	10 kWh	50%	30
		75%	30
<b>Kostprijs</b>		100%	30
Totaal	€ 252,00		
Per dag	€ 2,10		

Rekenbestand 12.1: Verwarmen elektrisch vuur

En de gebruikskosten voor de infraroodverwarming zijn:

<b>Verwarming met infrarood</b>			
Vermogen straler (W)	500,0 W	Prijs 1 kWh	€ 0,21
Aantal uren per dag	2		
Aantal dagen verwarmd	120		
<b>Verbruik</b>		Afgegeven warmte (%)	Aantal dagen
Jaarverbruik (kWh)	75 kWh	25%	30
Gemiddeld dag gebruik (kWh)	1 kWh	50%	30
		75%	30
		100%	30
<b>Kostprijs</b>			
Totaal	€ 15,75		
Per dag	€ 0,13		

Rekenbestand 12.2: Verwarmen infrarood

### 12.7.3. Koelen

Voor dit voorbeeld zal er terug nachtkoeling plaatsvinden zoals bij de eerste twee voorbeelden. De kosten zijn gelijk als bij deze vernoemde voorbeelden.



#### 12.7.4. Sanitair warm water

Bij dit voorbeeld wordt er gekozen voor een zonneboiler met een extra elektrische spiraal. Hiervoor is er de aanbieding Systeem HPC 2x18tubes 200S van Alrasol gekozen. Dit bevat een boiler van 200 liter, 2 18 Heatpipes en een montage set voor op het dak. De panelen hebben een oppervlakte van 3,38 m<sup>2</sup> per paneel.

Sanitair warm water	Prijs
Heatpipes	
Boiler	€ 5.608
Montage set	
Elektrische spiraal	€ 54
Materiaal (zie montage set)	€ 0
Plaatsing	€ 1.210
<b>Totaal</b>	<b>€ 6.873</b>

Tabel 12.2: Vaste kost SWW

De productie van het warm tapwater heeft de gebruikskosten weergegeven in rekenbestand 12.3.

Sanitair warm water					
Start T° water	10,00 °C	Aandeel gas (<1)	0%	Energie inhoud gas (MJ/m <sup>3</sup> )	31,0 MJ/m <sup>3</sup>
Eind T° water	55,00 °C	Aandeel zon (<1)	60%	Prijs gas 1m <sup>3</sup>	€ 0,60
Debiet (l/dag)	90,00 l/dag	Aandeel elektrisch (<1)	40%	Prijs elektriciteit 1kWh	€ 0,21
		Totaal	100%		
<b>Verbruik</b>	per h	per dag	per jaar		
Gas (m <sup>3</sup> )	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>		
Elektrisch (kWh)	0,28 kWh	6,77 kWh	2.471,6 kWh		
<b>Gratis</b>					
Zon (kWh)	0,42 kWh	10,16 kWh	3.707,45 kWh		
Zon (m <sup>3</sup> gas)	0,05 m <sup>3</sup>	1,18 m <sup>3</sup>	430,54 m <sup>3</sup>		
<b>Kostprijs</b>					
Gas	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00		
Elektrisch	€ 0,0593	€ 1,42	€ 519,04		
<b>Besparing</b>					
"Bespaard door zon" (kWh)	€ 0,09	€ 2,13	€ 778,56		
"Bespaard door zon" (m <sup>3</sup> )	€ 0,03	€ 0,71	€ 258,33		

Rekenbestand 12.3: SWW

#### 12.7.5. Andere energiebronnen

Zie vorige voorbeelden

### 12.7.6. Kost

Volgende tabel geeft de kosten weer voor 1 jaar, 5 jaar, 10 jaar en 20 jaar.

	Variabele kost	Vaste kost	Totale kost
jaar 1	€ 236,61	€ 22.540,00	€ 22.776,61
jaar 5	€ 1.284,59	€ 22.540,00	€ 23.824,59
jaar 10	€ 3.000,07	€ 22.540,00	€ 25.540,07
jaar 20	€ 9.295,44	€ 22.540,00	€ 31.835,44

Tabel 12.3: Kosten

### 12.7.7. Conclusie

Het verwarmen zal elektrisch gebeuren, dit is niet ten goede van het E-peil. Het primair energieverbruik zal hierdoor groot gaan zijn. De vaste kosten voor het verwarmen zijn wel laag en het is ook een snelle manier om de woning warm te krijgen. De warmte zal aangenaam zijn, zeker in de badkamer waar een infraroodpaneel is voorzien. De verwarming zal ook gemakkelijk te regelen zijn, zodat het persoonlijk comfort goed regelbaar is.

Hier zal terug nachtkoeling via het ventilatietoestel worden gebruikt. Voorbeeld 1 en 2 hadden dit ook.

Het sanitair warm water zal in dit voorbeeld worden geproduceerd door de zon en elektriciteit. Er is een zonneboiler geplaatst met een extra elektrische spiraal. De elektrische spiraal dient om het tekort aan zonne-energie op te vangen of als er warm water nodig is als de zon onder is of te weinig energie geeft.

Ook hier blijven de pv-panelen hun functie hebben.

Dit kan een goede methode zijn voor de woning. Enkel het elektrisch verwarmen kan voor een probleem zorgen. Dit kan eventueel worden opgelost door meerdere pv-panelen te plaatsen en zo het verbruik meer compenseren. Bovendien zal dit het E-peil ook ten goede komen.

## 12.8. Voorbeeld 5

Alles zal elektrisch gebeuren in voorbeeld 5.

### 12.8.1. Ventilatie

Er zal geventileerd worden gelijk er in het derde voorbeeld is gedaan, 8 uren in lage stand en 16 uren in een gewone stand. De kosten voor het ventileren komt overeen met voorbeeld 3.

### 12.8.2. Verwarmen

De airco die gebruikt wordt voor te koelen zal ook gebruikt worden voor te verwarmen. De kost van de airco wordt in dit voorbeeld verwerkt bij het koelgedeelte. Voor de badkamer zal er een infraroodstraler worden geplaatst. Dit is dezelfde als in het vorige voorbeeld, een Solamagic van 500 Watt.

De kosten voor infraroodgedeelte zijn:

Infrarood verwarming	Prijs
Infraroodstraler	€275
Materiaal	€50
Plaatsing	€100
<b>Totaal</b>	<b>€425</b>

Tabel 13.1: Vaste kost infrarood

De kost voor het gebruik voor de infrarood verwarming zijn gelijk deze van het vorige voorbeeld. De gebruikskosten voor te verwarmen met airco zijn identiek aan voorbeeld 3.

### 12.8.3. Koelen

Voor het koelen zal de airco van het derde voorbeeld gebruikt. De vaste kosten en de gebruikskosten zijn ook identiek aan het derde voorbeeld.

### 12.8.4. Sanitair warm water

Een elektrische boiler zal instaan voor de productie van warm tapwater. Het Type : VERT. 200 L.ST 2400W van Van Marcke wordt gekozen. Deze heeft een inhoud van 200 liter. De kostprijs hiervoor bedraagt:

Sanitair warm water	Prijs
Boiler	€ 500
Materiaal	€ 350
Plaatsing	€ 500
<b>Totaal</b>	<b>€ 1.350</b>

Tabel 13.2: Vaste kost SWW [63]

De gebruikskosten voor de productie van het warm tapwater zijn door volgend rekenbestand getoond.

Sanitair warm water					
Start T° water	10,00 °C	Aandeel gas (<1)	0%	Energie inhoud gas (MJ/m <sup>3</sup> )	31,0 MJ/m <sup>3</sup>
Eind T° water	55,00 °C	Aandeel zon (<1)	0%	Prijs gas 1m <sup>3</sup>	€ 0,60
Debiet (l/dag)	90,00 l/dag	Aandeel elektrisch (<1)	100%	Prijs elektriciteit 1kWh	€ 0,21
		Totaal	100%		
<b>Verbruik</b>		per h	per dag	per jaar	
Gas (m <sup>3</sup> )	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>	
Elektrisch (kWh)	0,71 kWh	16,93 kWh	6.179,1 kWh		
<b>Gratis</b>					
Zon (kWh)	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh		
Zon (m <sup>3</sup> gas)	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>		
<b>Kostprijs</b>					
Gas	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00		
Elektrisch	€ 0,1481	€ 3,56	€ 1.297,61		
<b>Besparing</b>					
"Bespaard door zon" (kWh)	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00		
"Bespaard door zon" (m <sup>3</sup> )	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00		

Rekenbestand 13.1: SWW

### 12.8.5. Andere energiebronnen

Zie vorige voorbeelden.

### 12.8.6. Kost

Volgende tabel geeft de kosten weer voor 1 jaar, 5 jaar, 10 jaar en 20 jaar.

	Variabele kost	Vaste kost	Totale kost
jaar 1	€ 824,36	€ 19.554,00	€ 20.378,36
jaar 5	€ 4.405,02	€ 19.554,00	€ 23.959,02
jaar 10	€ 9.737,94	€ 19.554,00	€ 29.291,94
jaar 20	€ 25.088,45	€ 19.554,00	€ 44.642,45

Tabel 13.3: Kosten

### 12.8.7. Conclusie

De airco zal er voor zorgen dat er energie-efficiënt verwarmd wordt en de infraroodverwarming behoudt het comfort in de badkamer.

Er zal hier geen nachtkoeling worden gebruikt. Het verbruik van het ventilatietoestel zal dus lager zijn, dit is hetzelfde als in het derde voorbeeld. Voor het koelen wordt er gebruik gemaakt van een airco, hierdoor kan er makkelijk ingespeeld worden op de koelvraag en zo een beter comfort te krijgen. Het gebruik van de airco komt niet ten goede van het E-peil.

Een elektrische boiler zal in dit voorbeeld instaan voor de productie van warm tapwater. De productie is dus onafhankelijk van het buitenklimaat en kan altijd plaatsvinden. De kostprijs voor dit toestel ligt ook veel lager als de andere manieren. Het zal wel een negatieve invloed hebben op het E-peil

De pv-panelen zijn in deze situatie zeer gewenst, zo zal er veel elektrisch verbruik goed gemaakt kunnen worden.

Door het vele elektrisch gebruik van de toestellen zal het E-peil sterk stijgen, meerder pv-panelen plaatsen biedt een oplossing hiervoor. Het zijn wel allemaal goedkope toestellen zodat de kostprijs laag licht.

## 12.9. Voorbeeld 6

Een compactstelsel zal hieraan worden voorzien in alle behoeften. Er wordt gebruik gemaakt van een Nilan compact P. De gegevens over het compacttoestel zijn te vinden in bijlage I.

De kosten voor dit toestel zijn:

Compacttoestel	Prijs
Compact P	€ 10.539
Materiaal	€ 1.210
Plaatsing	€ 1.210
<b>Totaal</b>	<b>€ 12.959</b>

Tabel 14.1: Vaste kost compacttoestel

### 12.9.1. Ventilatie

Voor deze toepassing is de versie gekozen die een debiet van 320m<sup>3</sup>/h kan leveren. Het toestel zal voor de ventilatie zorgen maar er moeten wel nog steeds leidingen en ventielen geplaatst worden. [65]

Ventilatie	Prijs
Materiaal	€2500
Plaatsing	€1500
<b>Totaal</b>	<b>€4000</b>

Tabel 14.2: Vaste kost ventilatie

De gebruikskost voor de ventilatie is:

Ventilatie				
Standen	Verbruik	Aantal uren /dag	Verbruik per dag (kWh)	Verbruik per jaar (kWh)
Stand 1	41,5 W	24	1,0 kWh	363,5 kWh
		<b>Totaal</b>	1,0 kWh	363,5 kWh
Prijs elektriciteit 1 kWh		€ 0,21		
<b>Kostprijs</b>				
Per dag	€ 0,21			
Per jaar	€ 76,34			

Rekenbestand 14.1: Ventilatie

## 12.9.2. Verwarmen

Voor het verwarmen van de woning zal er gebruik gemaakt worden van het verwarmen van de ventilatielucht. De lucht zal via de warmtepomp werking worden opgewarmd. De COP van de warmtepomp is enkel gegeven bij een ventilatie debiet van 220 m<sup>3</sup>/h of lager. Uit de technische gegevens kan er afgeleid worden dat de COP verbeterd naargelang het debiet stijgt. Maar hiervoor zullen we de COP gebruiken van 220m<sup>3</sup>/h. Voor de buitentemperatuur van het verwarmen zal er 0°C worden gekozen, de COP is dan gelijk aan 6,2.

Het verbruik voor het verwarmen zal geen invloed hebben op het verbruik voor productie van sanitair warm water, omdat het sanitair warm water voorrang krijg en er dan nog warmte voor verwarming geproduceerd moet worden.

De vaste kost hiervoor valt onder de kost voor het toestel.

De gebruikskost voor het verwarmen is gegeven door rekenbestand 14.2.

<b>Verwarmen</b>			
Benodigd vermogen (W)	2.100,0 W	Prijs 1 kWh	€ 0,21
Aantal uren per dag	8	COP	6,2
Aantal dagen verwarmd	120		
<b>Verbruik</b>		Afgegeven warmte (%)	Aantal dagen
Jaarverbruik (kWh)	203 kWh	25%	30
Gemiddeld dag gebruik (kWh)	2 kWh	50%	30
		75%	30
		100%	30
<b>Kostprijs</b>			
Totaal	€ 42,68		
Per dag	€ 0,36		

Rekenbestand 14.2: Verwarmen

Opmerking:

In dit voorbeeld wordt er 2100 W aan warmte afgegeven aan de lucht, dit komt neer op een temperatuurverschil van ongeveer 23 Kelvin. Dit kan via de volgende formule berekend worden, de formule is een afleiding van de formule in 8.1.1.2. .

$$\phi_v = q_v \times \rho \times c \times \Delta T \Leftrightarrow \Delta T = \frac{\phi_v}{q_v \times \rho \times c} = \frac{2100}{(277/3600) \times 1,2 \times 1000} = 22,75 \text{ K}$$

- $\phi_v$ =verwarmingsvermogen (W)
- $q_v$ = volumestroom in m<sup>3</sup>/s
- $\rho$ = volumieke massa van lucht ( $\approx 1.2 \text{ kg/m}^3$ )
- $c$ = soortelijke warmte van lucht ( $\approx 1000 \text{ J/kg.K}$ )
- $\Delta T$ = temperatuurverschil ( in Kelvin)

### 12.9.3. Koelen

Voor koelen is het principe gelijk bij verwarmen, enkel zal de lucht gekoeld worden. De warmtepomp zal in de andere richting werken. Nu zal de energie die uit de lucht wordt gehaald in het sanitair warm water worden gestoken, de rest wordt aan de lucht gegeven die naar buiten wordt geblazen. In de zomer gaat men het sanitair warm water dus voornamelijk via deze manier opwarmen.

Voor het koelen zullen we voor de buitentemperatuur 25°C nemen bij een debiet van 220 m<sup>3</sup>/h (, dit om dezelfde reden als bij verwarmen). Voor de COP-waarde bij 25°C te vinden zal er geïnterpoleerd worden, de COP heeft dan een waarde van 2,7.

De vaste kosten hiervoor zijn de algemene kost voor het toestel.

De kosten voor het koelen zijn:

<b>Koelen</b>			
Benodigd vermogen (W)	2.000,0 W	Prijs 1 kWh	€ 0,21
Aantal uren per dag	8	COP	2,7
Aantal dagen verwarmd	60		
<b>Verbruik</b>		Afgegeven warmte (%)	Aantal dagen
Jaarverbruik (kWh)	222 kWh	25%	15
Gemiddeld dag gebruik (kWh)	4 kWh	50%	15
		75%	15
		100%	15
<b>Kostprijs</b>			
Totaal	€ 46,67		
Per dag	€ 0,78		

Rekenbestand 14.3: Koelen

Het is hier wel van belang dat geweten is hoeveel energie er aan het water gaat worden afgegeven. De formule hiervoor is:  $Q(J) = P(W) \times t(s) = 2000W \times (8 \text{ uren} \times 60 \text{ minuten} \times 60 \text{ seconden}) \times \text{aantal dagen} \times \text{percentage}$ . De totale energie die aan het water wordt afgeven is dan de som van de uitkomsten van de vorige formule bij elk van de percentages. In dit voorbeeld gaat het totaal aan gewonnen energie uitkomen op 2160 MJ.

### 12.9.4. Sanitair warm water

Voor het sanitair warm water zal er nog een vaste kost worden ingerekend voor materiaal. De rest van de kosten zit verwerkt in het compacttoestel zelf.

Sanitair warm water	Prijs
Materiaal	€500
Plaatsing	€ /
<b>Totaal</b>	<b>€500</b>

Tabel 14.3: Vaste kost SWW



Voor de COP van het jaarlijks verbruiken wordt er 4,5 genomen , deze waarde hoort bij een temperatuur van 10°C en debiet van 220m<sup>3</sup>/h.

Om te weten hoeveel procent van de energie niet uit koel energie wordt gehaald zal de totale benodigde energie per jaar verminderd worden met de energie verkregen door het koelen. Hieruit kan dan makkelijk het percentage worden gehaald.

$$\text{Totale benodigde energie: } Q(kJ) = m(kg) \times c \left( \frac{kJ}{kg.K} \right) \times \Delta T(K) = (90 \times 365) \times 4,18 \times (55 - 10) = 6179 \text{ MJ}$$

$$\text{Percentage dat niet wordt geleverd door koeling: } \frac{(6179 \text{ MJ} - 2160 \text{ MJ})}{6179 \text{ MJ}} \times 100\% = 65\%$$

De verbruikskost is weergegeven door rekenbestand 14.4.

Sanitair warm water					
Start T° water	10,00 °C	Aandeel gas (<1)	0%	Energie inhoud gas (MJ/m <sup>3</sup> )	31,0 MJ/m <sup>3</sup>
Eind T° water	55,00 °C	Aandeel zon (<1)	0%	Prijs gas 1m <sup>3</sup>	€ 0,60
Debiet (l/dag)	90,00 l/dag	Aandeel elektrisch (<1)	65,00%	Prijs elektriciteit 1kWh	€ 0,21
		Totaal	65,00%	COP	4,5
Verbruik	per h	per dag	per jaar		
Gas (m <sup>3</sup> )	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>		
Elektrisch (kWh)	0,10 kWh	2,45 kWh	892,5 kWh		
Gratis					
Zon (kWh)	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh		
Zon (m <sup>3</sup> gas)	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>	0,00 m <sup>3</sup>		
Kostprijs					
Gas	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00		
Elektrisch	€ 0,0214	€ 0,51	€ 187,43		
Besparing					
"Bespaard door zon" (kWh)	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00		
"Bespaard door zon" (m <sup>3</sup> )	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00		

Rekenbestand 14.4: SWW

### 12.9.5. Andere energiebronnen

Er zal hier nog steeds gebruik worden gemaakt van de pv-panelen van de vorige voorbeelden.

### 12.9.6. Kost

Volgende tabel geeft de kosten weer voor 1 jaar, 5 jaar, 10 jaar en 20 jaar.

	Variabele kost	Vaste kost	Totale kost
jaar 1	€ 0,00	€ 26.026,00	€ 26.026,00
jaar 5	€ 0,00	€ 26.026,00	€ 26.026,00
jaar 10	€ 0,00	€ 26.026,00	€ 26.026,00
jaar 20	€ 0,00	€ 26.026,00	€ 26.026,00

Tabel 14.4: Kosten

### 12.9.7. Conclusie

Voor dit voorbeeld is er gebruik gemaakt van een nieuwer systeem op de markt, een compacttoestel.

Het compacttoestel zal instaan voor alle behoeften. Het verwarmen, koelen en productie van sanitair warm water gebeurt allemaal met een warmtepomp. Het koelen zal bij dit toestel ook niet worden afgestraft omdat het de warmte afgeeft aan water in de boiler. Het koelen en verwarmen gebeurt via de ventilatielucht. De warmte zal wel niet zo aangenaam gaan zijn als bij infraroodverwarming of een radiator, maar het is wel veel efficiënter. Bij het verwarmen met de lucht moet men wel rekening houden met de temperatuur die de lucht gaat krijgen.

De pv-panelen zijn hier ook nog aanwezig, zo kan het elektrisch verbruik nog worden terugschroefd.

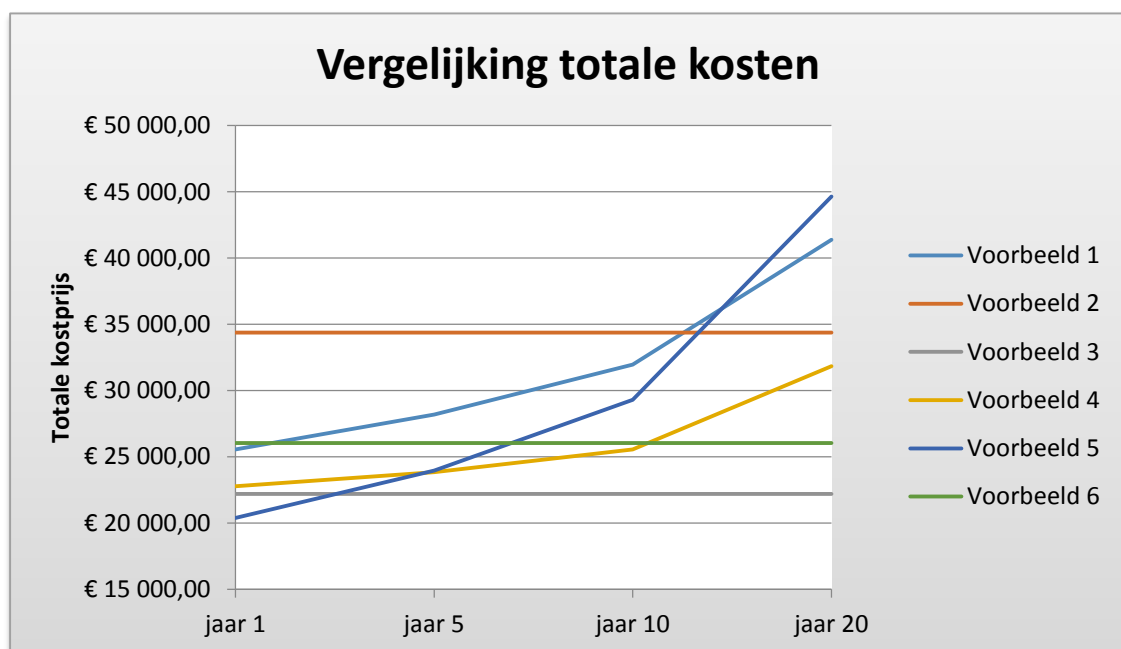
Dit is een goede oplossing voor de woning, De ondergedoken koeling in dit systeem is een groot pluspunt.

## 12.10. Algemene conclusie

De voorbeelden uit het vorig deel worden hier met elkaar vergeleken om een eindconclusie te bekomen. De twee volgende grafieken geven een vergelijking van de kosten.



Grafiek 1: Vergelijking vaste kosten



Grafiek 2: Vergelijking totale kosten.

De onderstaande tabel geeft nog eens simpel weer welke technieken er worden gebruikt voor een bepaald voorbeeld.

	Ventilatie	Verwarmen	Koelen	SWW	PV
Voorbeeld 1	Ventilatie toestel	Convectoren (Ketel)	Nachtventilatie	Condenserende gasketel	14 panelen
Voorbeeld 2	Ventilatie toestel	Vloerverwarming (Warmtepomp)	Nachtventilatie	Warmtepomp en solar spiraal	14 panelen
Voorbeeld 3	Ventilatie toestel	Airco	Airco	Warmtepompboiler	14 panelen
Voorbeeld 4	Ventilatie toestel	Elektrisch en infrarood	Nachtventilatie	Zonneboiler en elektrische spiraal	14 panelen
Voorbeeld 5	Ventilatie toestel	Airco en infrarood	Airco	Elektrische boiler	14 panelen
Voorbeeld 6	Compacttoestel	Compacttoestel	Compacttoestel	Compacttoestel	14 panelen

Tabel 15: Overzicht voorbeelden

### 12.10.1. Vaste kosten

Uit de grafiek van de vaste kosten is er een duidelijke uitschieter, voorbeeld 2. De warmtepomp is het grootste aandeel van de kostprijs. Het ventilatiegedeelte en de pv-panelen zijn ook een groot aandeel, maar deze worden in elk voorbeeld gebruikt. (Enkel bij het voorbeeld met compacttoestel wordt er geen ventilatie toestel gebruik, wel nog materiaal.)

De laagste vaste kost is voor voorbeeld 5. In dit voorbeeld wordt er voor elk van de onderdelen een goedkoop elektrisch apparaat gebruikt.

Voorbeeld 3 en 4 hebben een vergelijkbare vaste kostprijs. Bij voorbeeld 3 wordt er ook enkel gebruik gemaakt van elektrische apparatuur, maar het gebruik van een warmtepompboiler maakt het duurder als het tweede voorbeeld. Voor voorbeeld 4 geldt hetzelfde als voor voorbeeld 3, alleen is er hier gebruik gemaakt van een zonneboiler voor het sanitair warm water.

Bij voorbeeld 1 is er gebruik gemaakt van het systeem dat in de "oudere woningen" wordt terug gevonden. De convectoren zijn de duurste methode voor te verwarmen bij de besproken voorbeelden. Dit is de voornaamste reden dat de kostprijs wat hoger licht als voorbeeld 3 en 4.

Het voorbeeld 6 met het compacttoestel is in deze vergelijking het tweede duurste in aankoop. Het compacttoestel zelf is het duurste gedeelte. Maar door de koeling door warmterecuperatie kan het wel het beste op het EPB-gebied scoren en zo eventuele boetes of extra investeringen voor actieve koeling vermijden.

Algemeen gezien zijn de vaste kosten ook afhankelijk van wat de persoon in kwestie zelf wilt. Bijvoorbeeld hij wilt een bepaald merk hebben, speciale ventielen voor zijn ventilatie, geen gewone convectoren maar sierconvectoren, op verschillende plaatsen actieve koeling, verwarmingstoestellen in bepaalde ruimtes,...

## 12.10.2. Totale kosten

Een goedkope kostprijs betekent niet meteen dat de verbruikskosten en de totale kosten na 20 jaar laag is.

Uit de grafiek waar de totale kosten vergeleken worden kan er afgeleid worden dat er 3 voorbeelden zijn, waar de kosten niet stijgen. Dit is voor voorbeeld 2, 3 en 6.

Bij voorbeeld 2 wordt de elektrische kost gedekt door de pv-panelen, het gebruik van energie-efficiënte warmtepomp is een belangrijke factor die het elektrisch verbruik beperkt. Door een investering te maken voor zonnecollectoren, zal het merendeel van het warm water hierdoor geproduceerd worden en het gebruik van de warmtepomp beperkt worden.

Het elektrisch verbruik in voorbeeld 3 wordt ook helemaal gedekt door de pv-panelen.

Voorbeeld 6 heeft ook enkel elektrisch verbruik, dit verbruik wordt ook gedekt door de panelen. Als er gekoeld wordt zal de energie niet worden verloren, maar afgegeven aan het sanitair water. Hierdoor wordt de gebruikte energie die nodig is voor het koelen zeer efficiënt gebruikt.

Uit de overige voorbeelden is de gebruikskosten het laagst bij voorbeeld 4. Er wordt hier elektrisch verwarmd, maar vooral de elektrische spiraal die gebruikt wordt voor de zonneboiler zorgt voor het grote verbruik. De zonneboiler zal wel het merendeel van het warm water produceren, maar in de winter zal het gebruik van de spiraal sterk stijgen. Dit resulteert in een groter elektrisch verbruik.

Het tweede hoogste verbruik is voor het tweede voorbeeld, waar een gasketel wordt gebruikt. Het elektrisch verbruik dat bij dit voorbeeld hoort, is afkomstig van het ventilatietoestel. De pv-panelen produceren voldoende om de kosten hierdoor te compenseren. Omdat er in dit voorbeeld een gasketel is voorzien, is de prijs voor het gebruik zo hoog in vergelijking met de vorige voorbeelden. Het gas dat verbruikt is, kan niet worden gecompenseerd gelijk bij een elektrisch toestel door een paneel.

Het hoogste verbruik is voor het vijfde voorbeeld. Hier wordt voor elk onderdeel elektriciteit gebruikt als energiebron. De pv-panelen leveren te weinig op om dit te compenseren. Het duurer worden van de energie en het verminderen van het rendement van de panelen zorgt voor een snel stijgende gebruikskosten.

Het gebruik van de zon voor energie en energie-efficiënte toestellen, gelijk een warmtepomp, zorgen ervoor de gebruikskosten geneutraliseerd of beperkt worden.

Een goedkoop systeem om te plaatsen betekent niet direct dat het goedkoop is om te gebruiken. Dit is goed te zien voor voorbeeld 5. Welk systeem er gekozen wordt, is afhankelijk wat de persoon wilt die in het gebouw gaat wonen. Ook de kostprijs en gebruikskosten spelen een belangrijke factor.

## Bijlagen

BIJLAGE A: Plannen

BIJLAGE B: Ventilatiesysteem

BIJLAGE C: Pv-panelen

BIJLAGE D: Condenserende gasketel

BIJLAGE E: Convectoren

BIJLAGE F: Warmtepomp

BIJLAGE G: Airco

BIJLAGE H: Warmtepompboiler

BIJLAGE I: Compacttoestel

## Bibliografie

- [1] Vlaanderen, „Wonen en energie,” Vlaanderen, [Online]. Available: [www.vlaanderen.be](http://www.vlaanderen.be). [Geopend April 2014].
- [2] H. S. Hens, „Koudebruggen en luchtdichtheid: berekening, impact op de gebouwprestaties,” 3 Juni 2008. [Online]. Available: [http://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/jpgk/koudebrug\\_10\\_hugo\\_hens\\_www\\_atic\\_be.pdf](http://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/jpgk/koudebrug_10_hugo_hens_www_atic_be.pdf). [Geopend April 2014].
- [3] „Je woning verwarmen,” Luminus, [Online]. Available: <http://energiesystemen.luminus.be/nl/vlaanderen/Je-woning-verwarmen>. [Geopend 2014].
- [4] „Lucht-lucht warmtepomp,” Air service center, [Online]. Available: <http://www.ventilatie-luchtverwarming.be/be-nl/info/84/Lucht-lucht-warmtepomp.html>. [Geopend 2014].
- [5] „Bouwen en verbouwen,” Energiesparen, [Online]. Available: [www.energiesparen.be](http://www.energiesparen.be). [Geopend April 2014].
- [6] „Duurzaam wonen,” Habitos, [Online]. Available: [www.habitos.be.msn.com/nl/duurzaam-wonen/](http://www.habitos.be.msn.com/nl/duurzaam-wonen/). [Geopend April 2014].
- [7] „Bouwen,” Habitos, [Online]. Available: <http://habitos.be.msn.com/nl/bouwen/prijs-ent-erugverdiendtijd-van-een-ventilatiesysteem-1056/>. [Geopend 2014].
- [8] „Premies,” Eandis, [Online]. Available: [http://www.eandis.be/eandis/klant/k\\_premies.htm](http://www.eandis.be/eandis/klant/k_premies.htm). [Geopend 2014].
- [9] „Premies,” Infrac, [Online]. Available: <http://www.infrac.be/nl/premies-en-acties/premies>. [Geopend 2014].
- [10] „Rendement van een kachel,” Habitos, [Online]. Available: <http://habitos.be.msn.com/nl/interieur/rendement-van-een-kachel-284/>. [Geopend 2014].
- [11] „Onderste verbrandingswaarde,” Wikipedia, 7 Maart 2014. [Online]. Available: [http://nl.wikipedia.org/wiki/Onderste\\_verbrandingswaarde](http://nl.wikipedia.org/wiki/Onderste_verbrandingswaarde). [Geopend 2014].
- [12] „K-peil,” Wikipedia, 20 November 2014. [Online]. Available: [www.wikipedia.org/wiki/K-peil](http://www.wikipedia.org/wiki/K-peil). [Geopend April 2014].
- [13] „Warmtepomp,” Wikipedia, 11 Mei 2014. [Online]. Available: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Warmtepomp>. [Geopend 2014].
- [14] „Open en gesloten haard,” Uwkachel, [Online]. Available: <http://www.uwkachel.nl/gashaard-open-gesloten.html>. [Geopend 2014].
- [15] „U-waarde,” Wikipedia, 7 Mei 2014. [Online]. Available: [www.wikipedia.org/wiki/U-waarde](http://www.wikipedia.org/wiki/U-waarde). [Geopend April 2014].
- [16] „Ventilatievoorzieningen voor woongebouwen,” Meeroverepb, [Online]. Available: <http://www.meeroverepb.be/pages/kdb.php?id=81>. [Geopend 2014].
- [17] „Verwarmingsbatterij ventilatie,” My-electro, 2014. [Online]. Available: <http://www.my->

- electro.be/category/verwarming-batterijen-chauffage-ventilatie/. [Geopend 2014].
- [18] „Ventilatie,” Wikipedia, 17 April 2014. [Online]. Available: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Ventilatie>. [Geopend 2014].
- [19] „Voor-en nadelen ventilatiesystemen,” Infotalia, [Online]. Available: [http://www.infotalia.com/nld/wonen/klusjesgids/klusjesgids\\_detail.asp?id=240](http://www.infotalia.com/nld/wonen/klusjesgids/klusjesgids_detail.asp?id=240). [Geopend 2014].
- [20] „Soorten ventilatie,” Air service center, [Online]. Available: <http://www.ventilatie-luchtverwarming.be/be-nl/info/77/Soorten-ventilatie.html>. [Geopend 2014].
- [21] „Ventilatiesystemen,” Venitlatiesystemenabcd, [Online]. Available: <http://www.ventilatiesysteemabcd.be/>. [Geopend 2014].
- [22] „absorptiewarmtepomp,” Industrial heat pumps, [Online]. Available: <http://www.industrialheatpumps.nl/nl/techniek/absorptiewarmtepomp/>. [Geopend 2014].
- [23] „Warmtepomp,” Daikin, [Online]. Available: <http://www.daikin.be/nl/over-daikin/leading-technologies/warmtepomp/>. [Geopend 2014].
- [24] „Werking warmtepomp,” Warmtepomptechnieken, 2012. [Online]. Available: <http://www.warmtepomptechnieken.be/werking-warmtepompen/>. [Geopend 2014].
- [25] „Absorptiewarmtepomp,” Morlitem duckys, 2013. [Online]. Available: <http://morlitem.duckys.be/nl/hernieuwbaar/warmtepabsorptie>. [Geopend 2014].
- [26] „photovoltaïsche zonne-energie,” BIM, November 2010. [Online]. Available: [http://documentatie.leefmilieubrussel.be/documents/Mod3\\_Fonction\\_technologies\\_NL.PDF](http://documentatie.leefmilieubrussel.be/documents/Mod3_Fonction_technologies_NL.PDF). [Geopend 2014].
- [27] „Zonnecollector,” Wikipedia, 3 Februari 2014. [Online]. Available: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Zonnecollector>. [Geopend 2014].
- [28] „Werking zonneboiler met vacuümbuiscollector,” Senergy-consult, 2013. [Online]. Available: <http://www.senergy-consult.nl/blog/energie/werking-zonneboiler-met-vacuumbuiscollector/>. [Geopend 2014].
- [29] „Buffervaten,” Eco4you, [Online]. Available: [http://www.eco4you.nl/Webshop/695344/695495\\_buffervaten.aspx](http://www.eco4you.nl/Webshop/695344/695495_buffervaten.aspx). [Geopend 2014].
- [30] „Warmtepompboiler,” Luminus, [Online]. Available: <http://energiesystemen.luminus.be/nl/vlaanderen/Je-water-verwarmen/Water/Warmtepompboiler.aspx>. [Geopend 2014].
- [31] „Boiler,” Wikipedia, 22 Februari 2014. [Online]. Available: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Boiler>. [Geopend 2014].
- [32] „Boiler,” Infotalia, [Online]. Available: [http://www.infotalia.com/nld/wonen/klusjesgids/klusjesgids\\_detail.asp?id=296](http://www.infotalia.com/nld/wonen/klusjesgids/klusjesgids_detail.asp?id=296). [Geopend 2014].
- [33] „Werking infraroodverwarming,” Redwell studio, [Online]. Available: <http://www.redwellstudio.be/nl/werking/>. [Geopend 2014].



- [34] „Werking infraroodverwarming,” Infraroodverwarming, 2012. [Online]. Available: <http://infraroodverwarming.org/werking-infraroodverwarming/>. [Geopend 2014].
- [35] „Radiator,” Wikipedia, 15 Oktober 2013. [Online]. Available: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Radiator>. [Geopend 2014].
- [36] „Convectie,” Wikipedia, 25 Maart 2014. [Online]. Available: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Convectie>. [Geopend 2014].
- [37] „Radiatoren en convectoren,” Infotalia, [Online]. Available: [http://www.infotalia.com/nld/wonen/klusjesgids/klusjesgids\\_detail.asp?id=238](http://www.infotalia.com/nld/wonen/klusjesgids/klusjesgids_detail.asp?id=238). [Geopend 2014].
- [38] „Vloerverwarming,” Wikipedia, 6 December 2013. [Online]. Available: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Vloerverwarming>. [Geopend 2014].
- [39] „Ventilatie verwarming,” Exhausto, [Online]. Available: <http://www.exhausto.com/>. [Geopend 2014].
- [40] M. V. i. L. d. R. i. J. v. d. V. dr.ir. Peter van den Engel, „Afgifte – Koeling - Systeemkeuze,” Nvbv, Mei 2009. [Online]. Available: <http://www.nvbv.org/inhoud?task=document.viewdoc&id=381>. [Geopend 2014].
- [41] „Nachtventilatie,” Passiefhuisplatform, [Online]. Available: <http://www.passiefhuisplatform.be/faq/wat-nachtventilatie>. [Geopend 2014].
- [42] „Vloerkoeling,” Balterio, [Online]. Available: <http://www.balterio.com/nl/nl/vloerkoeling>. [Geopend 2014].
- [43] „Compact P,” Nilan, [Online]. Available: <http://www.nilanbelgium.be/>. [Geopend 2014].
- [44] W. Schoubben, Alrasol, [Online]. Available: <http://www.alrasol.be/deploy/>. [Geopend 2014].
- [45] „Spiraalkoker,” Air trade center, [Online]. Available: <http://www.airtradecentre.be/product/47aad553528e9247242891.jpg>. [Geopend 2014].
- [46] „Plat ventilatie kanaal,” Valcke, [Online]. Available: <http://www.valcke.be/images/photolib/7873.jpg>. [Geopend 2014].
- [47] „Verticale captatie,” Leroybvba, [Online]. Available: <http://www.leroybvba.be/wp-content/uploads/2013/01/VerticaleCaptatie.gif>. [Geopend 2014].
- [48] „Grondwater warmtepomp,” Geotherma, [Online]. Available: [http://www.geotherma.be/geo/site/2007/images/ground\\_water.jpg](http://www.geotherma.be/geo/site/2007/images/ground_water.jpg). [Geopend 2014].
- [49] „Photovoltaïsche paneel,” Vanhoye, [Online]. Available: [http://www.vanhoye.com/images/photovoltaic\\_panels.jpg](http://www.vanhoye.com/images/photovoltaic_panels.jpg). [Geopend 2014].
- [50] „Vlakkeplaatcollector,” Glonantec, [Online]. Available: <http://www.golantec.be/images/zonnecollector/Zonnec1.jpg>. [Geopend 2014].
- [51] „Vacuümbuiscollector,” Tb-ferwert, [Online]. Available: [http://www.tb-ferwert.nl/images/producten/product\\_large1353.JPG](http://www.tb-ferwert.nl/images/producten/product_large1353.JPG). [Geopend 2014].

- [52] „Boiler,” Sanitair webshop, [Online]. Available: <http://www.sanitairwebshop.be/files/images/1544.jpg>. [Geopend 2014].
- [53] „Inzethaard,” Houtkachels, [Online]. Available: [http://houtkachels.af.nl/barbas-inzethaarden/b\\_364.jpg](http://houtkachels.af.nl/barbas-inzethaarden/b_364.jpg). [Geopend 2014].
- [54] „Infraroodpaneel,” Infraroodpanelen, [Online]. Available: <http://www.infraroodpanelen.eu/1-1-large/2heat-infrarood-laag-temperatuur-paneel-deluxe.jpg>. [Geopend 2014].
- [55] „Infraroodstraler,” Techno winkel, [Online]. Available: [http://www.technowinkel.nl/user\\_images/products\\_266/Infraroodstraler-wand-montage-Frico-16.9-IHF-11882-1.gif](http://www.technowinkel.nl/user_images/products_266/Infraroodstraler-wand-montage-Frico-16.9-IHF-11882-1.gif). [Geopend 2014].
- [56] „Radiator,” Telegraph, [Online]. Available: [http://i.telegraph.co.uk/multimedia/archive/02708/radiator\\_2708484b.jpg](http://i.telegraph.co.uk/multimedia/archive/02708/radiator_2708484b.jpg). [Geopend 2014].
- [57] „jaga convector,” Techno winkel, [Online]. Available: [http://www.technowinkel.nl/user\\_images/products\\_350/Convactor-Jaga-wit-MINI-MINF00806014101-1.gif](http://www.technowinkel.nl/user_images/products_350/Convactor-Jaga-wit-MINI-MINF00806014101-1.gif). [Geopend 2014].
- [58] „Vloerverwarming,” Vanmarcke, [Online]. Available: <http://www.vanmarcke.com/sites/www.vanmarcke.com/files/images/prodimages/verwarming/verwarmingselementen/vloerverwarming-tackersysteem.png>. [Geopend 2014].
- [59] „Vloerverwarming,” Jupiter vloerverwarming, [Online]. Available: <http://www.jupitervloerverwarming.nl/alles-over-vloerverwarming/ximages/ideaal-eps.jpg>. [Geopend 2014].
- [60] „Airconditioning,” Aircogroep, [Online]. Available: [http://www.aircogroep.nl/uploads/webshop/\\_thumbs/\\_mitsubishi-src-srk-airconditioner.jpg](http://www.aircogroep.nl/uploads/webshop/_thumbs/_mitsubishi-src-srk-airconditioner.jpg). [Geopend 2014].
- [61] „Nilan compact P,” Lauderdaler en wables, [Online]. Available: <http://www.lauderdalerenewables.com/Thumbs/Heat%20Recovery%20-%20Nilan%20Compact%20P2.jpg>. [Geopend 2014].
- [62] „D400EP ventilatie toestel,” Vasco, Maart 2014. [Online]. Available: [http://www.vasco.eu/Downloads/VENTILATIE\\_VLOERVERWARMING/VENTILATIE/BROCHURE/ventilatie%20vlaams%20LR%20WEB.pdf](http://www.vasco.eu/Downloads/VENTILATIE_VLOERVERWARMING/VENTILATIE/BROCHURE/ventilatie%20vlaams%20LR%20WEB.pdf). [Geopend 2014].
- [63] „Elektrische boiler,” Eldi, [Online]. Available: <http://www.eldi.be/nl/elektrische-boilers/vanmarcke-diy-collection/elektrische-boiler-vert-200-l-st-2400w%20-%20fichetechn>. [Geopend 2014].
- [64] „Gegevens compact P,” Zaugg-gmbh, [Online]. Available: [http://www.zaugg-gmbh.de/uploads/media/Compact-P\\_PHI-Zertifikat\\_2013\\_01.pdf](http://www.zaugg-gmbh.de/uploads/media/Compact-P_PHI-Zertifikat_2013_01.pdf). [Geopend 2014].
- [65] „Gegevens compact P,” Nilan, [Online]. Available: [http://www.nilan.si/files/Compact-P\\_technical-specifications%5b1%5d.pdf](http://www.nilan.si/files/Compact-P_technical-specifications%5b1%5d.pdf). [Geopend 2014].
- [66] I. N. Houben, Bouwfysica: Thermisch en hygrisch gedrag van gebouwen, Diepenbeek: XIOS Hogeschool, 2012.

- [67] I. C. Hendrickx, Energie en nutsvoorzieningen 1, Diepenbeek: Xios Hogeschool, 2013.
- [68] I. C. Hendrickx, Verwaringstechnieken 1, Diepenbeek: Xios Hogeschool, 2013.
- [69] I. A. Camps, Koeltechnieken, Diepenbeek: Xios Hogeschool, 2013.
- [70] I. A. Camps, HVAC, Diepenbeek: PXL Hogeschool, 2014.
- [71] „Zomer en winter zon,” Passiefhuis platform, [Online]. Available: <http://www.passiefhuisplatform.be/sites/default/files/u7/zomer%20en%20winterzon.jpg>. [Geopend 2014].
- [72] E. s. magazine, „[http://www.energie-scan.be/compact\\_bouwen.php](http://www.energie-scan.be/compact_bouwen.php),” Energie scan magazine. [Online]. [Geopend 2014].
- [73] Vanhoye, „Labels van ketels,” Vanhoye, [Online]. Available: <http://www.vanhoye.com/images/labels.jpg>. [Geopend 2014].
- [74] P. vzw, „Eisen passiefhuis,” Pasiefhuisplatvorm vzw, 2014. [Online]. Available: <http://www.passiefhuisplatform.be/passiefhuiscertificaat-1>. [Geopend 2014].
- [75] „PHPP rekenprogramma,” [Online]. Available: [http://www.formfollowsperformance.com/wp-content/uploads/2011/12/SketchupToPHPP\\_01.jpg](http://www.formfollowsperformance.com/wp-content/uploads/2011/12/SketchupToPHPP_01.jpg). [Geopend 2014].
- [76] U. D. o. energy, „PHPP rekenprogramma,” U.S. Departement of energy, 1 September 2011. [Online]. Available: [http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools\\_directory/screenshots.cfm/ID=549/pagename\\_submenu=/pagename\\_menu=/pagename=alpha\\_list\\_sub](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/screenshots.cfm/ID=549/pagename_submenu=/pagename_menu=/pagename=alpha_list_sub). [Geopend 2014].
- [77] S. warmtepompen, „Rendementen warmtepompen,” Stichting warmtepompen, Januari 2009. [Online]. Available: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:06tR-UfI92QJ:www.dhpa-online.nl/wp-content/uploads/2011/03/Warmtepompen-gids-voor-beslissers.docx+&cd=6&hl=en&ct=clnk&gl=be>. [Geopend 2014].
- [78] A. Camps, „Luchtverwarmen,” Habitos, augustus 2011. [Online]. Available: <http://habitos.be.msn.com/nl/bouwen/ventilatiespecialist-c-systeem-voor-een-lage-energiewoning-5900/>. [Geopend 2014].

