Zonkapel

De ruime dakkapel met een geïntegreerd duurzaam zonne-energiesysteem

27-02-2020

Aan deze brochure hebben meegewerkt: Dr. ir S.C. Jansen, S.I.Rutten, Dr.ir. W.H. v.d. Spoel, Ir. E. de Bruyn, F. Moorman, F. Zegwaart, Drs. E.C. Fortuijn.

De Zonkapel is tot stand gekomen als samenwerking van de volgende partijen:

TU Delft Delft University of Technology

SPAARgas

e.d.b.a elsie de bruyn architectuur

DRZM.NL DUURZAME OPLOSSINGEN VOOR UW HUIS

Voor verdere informatie kan contact opgenomen worden met Sabine Jansen , faculteit Bouwkunde, Afdeling AE+T, TU Delft (S.C.Jansen@tudelft.nl)

Inhoudsopgave

1. Introductie	4
2. De techniek van de Zonkapel	5
3. Hoe werkt de combinatie PVT-warmtepomp?	6
4. Overzicht mogelijke systeemonderdelen	8
5. Dakkapellen en omgevingsvergunningen	11
6. Verschillende bouwkundige opties	12
7. Kostenoverzicht installaties	20
8. Energieprestaties	22
9. Wensen van woningeigenaren	28
10. Conclusie	30

1. De Zonkapel, introductie

Woningeigenaren kunnen verschillende maatregelen treffen om hun woning te verduurzamen in het kader van de energietransitie. Ze kunnen hun woning beter isoleren om zo de energievraag te verminderen. Er kan duurzame energie opgewekt worden voor de woning door zonnepanelen te plaatsen, of men kan overstappen op een alternatief voor aardgas. Tegelijkertijd hebben woningeigenaren vaak de behoefte om de ruimte binnen hun woning vergroten. Dit doen zij door bijvoorbeeld een dakkapel te plaatsen.

In het kader van een haalbaarheidsstudie uitgevoerd met een subsidie van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) zijn de mogelijkheden van een Zonkapel onderzocht als integrale oplossing voor woningeigenaren. Op het dak van de Zonkapel zijn PVT-panelen geplaatst die gecombineerd worden met een warmtepomp-systeem. Hiermee wordt elektriciteit opgewekt voor de woning, terwijl er tegelijkertijd warmte wordt opgewekt waarmee de woning verwarmd kan worden. Zo ontstaat er een oplossing waarbij in één klap de ruimte binnen de woning wordt vergroot en de woning voor een groot deel verduurzaamd is. De Zonkapel is zo ontwikkeld dat in de kapel zelf ruimte ontstaat voor de benodigde installaties.

In dit document wordt eerst de PVT-warmtepomp techniek die gebruikt wordt in de Zonkapel beschreven en verschillende varianten waarop dit kan worden toegepast. Ook wordt een overzicht gegeven van de mogelijke onderdelen. Vervolgens wordt de omgevingsvergunning omtrent dakkapelen kort omschreven. Hierna worden verschillende opties en schetsontwerpen van de Zonkapel getoond. Ook wordt een kostenoverzicht en de energieprestaties van de verschillende installatiepakketen beschreven. Tot slot worden wensen van woningeigenaren en de bereidheid tot meerbetaling in kaart gebracht.

De Zonkapel is tot stand gekomen als samenwerking van de volgende partijen:

TU Delft Delft University of Technology

SPAARgas

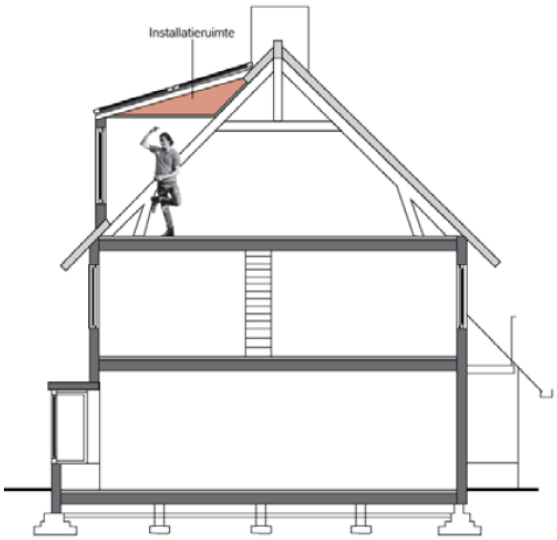
e.d.b.a elsie de bruyn architectuur

DRZM.NL DUURZAME OPLOSSINGEN VOOR UW HUIS

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, voor het TKI Systeemintegratiestudies uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

2. De techniek van de Zonkapel

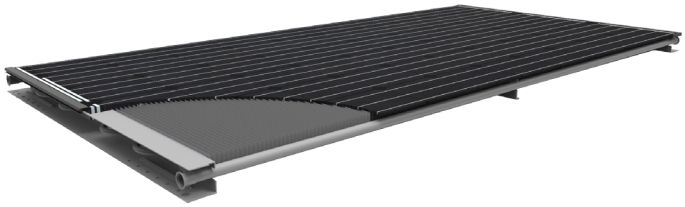
De techniek die gebruikt wordt in de Zonkapel is een combinatie van PVT-panelen en een warmtepompsysteem, die voorziet in de energie- en warmtebehoefte van een woning. De PVT-panelen zijn geïntegreerd op het dak van de Zonkapel. Op de verdieping van de Zonkapel wordt een warmtepomp en eventueel een opslagvat geplaatst.



Dakkapel met installatieruimte

PVT-paneel

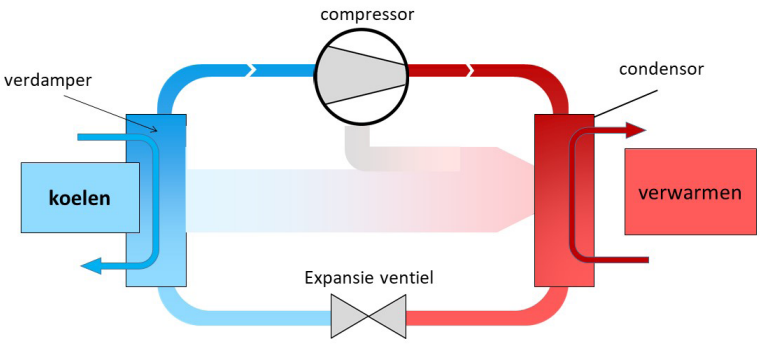
PVT staat voor PhotoVoltaïsch Thermisch, wat wil zeggen dat het PVT-paneel zowel stroom opwekt als warmte. Dit komt doordat er in een zonnepaneel 16% van de energie omgezet wordt in stroom, de overige 84 % in warmte. In een PVT-paneel wordt deze warmte benut door er water mee te verwarmen. Dit gebeurt in buizen aan de achterkant van het paneel waar water met anti-vries doorheen stroomt.



Voorbeeld toont het PVT-paneel van TripleSolar

Warmtepomp

Een warmtepomp verwarmt de woning. De warmtepomp wordt aangesloten op de PVT-panelen. Het koude water met antivries wordt naar buiten gebracht naar de buizen van het PVT-paneel. Terwijl het hier doorheen stroomt warmt het water op door de buitenlucht, daglicht en zonnewarmte. Vervolgens gaat het warme water weer naar binnen en geeft het zijn warmte af naar de warmtepomp. De warmtepomp ggebruikt deze bronwarmte om warmte voor verwarming en tapwater te produceren.

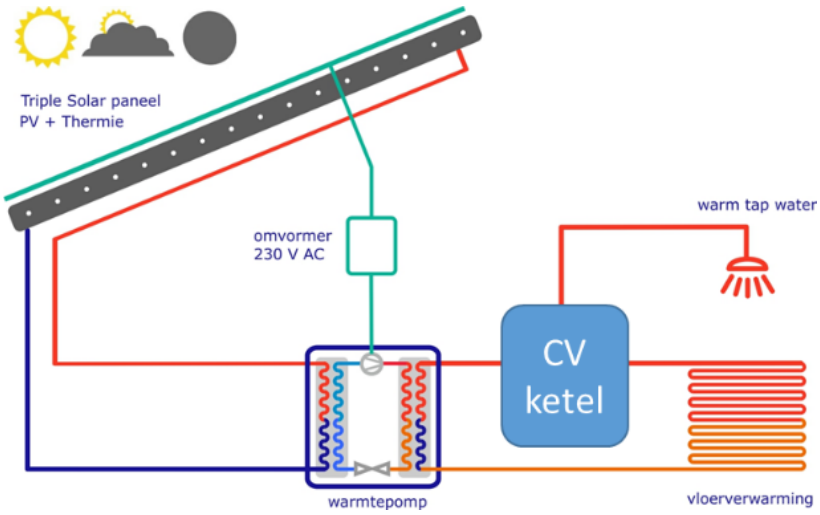


3. Hoe werkt de combinatie PVT met warmtepomp?

Er zijn 3 manieren waarop de zonkapel uitgevoerd kan worden: als hybride variant waar naast de warmtepomp ook een cv-ketel aanwezig is, als stand-alone variant met alleen een warmtepomp en als aansluiting op het ZONNET. Hieronder wordt een korte toelichting gegeven.

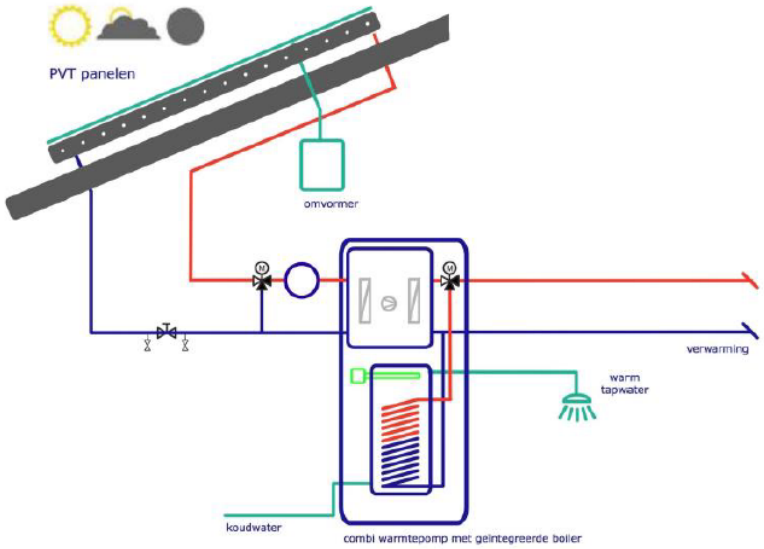
Zonkapel met PVT en hybride warmtepomp

Het PVT-warmtepomp systeem werkt in de hybride variant als aanvulling op de bestaande cv-ketel. Er zijn 4 grote PVT-panelen nodig en een kleine warmtepomp. In het voor- en naseizoen werkt dit voldoende om de woning mee te verwarmen. In de winter springt de cv-ketel bij voor extra verwarming. De woningen moeten ten minste redelijk geïsoleerd zijn, omdat het aandeel van de warmtepomp anders te klein zal zijn.



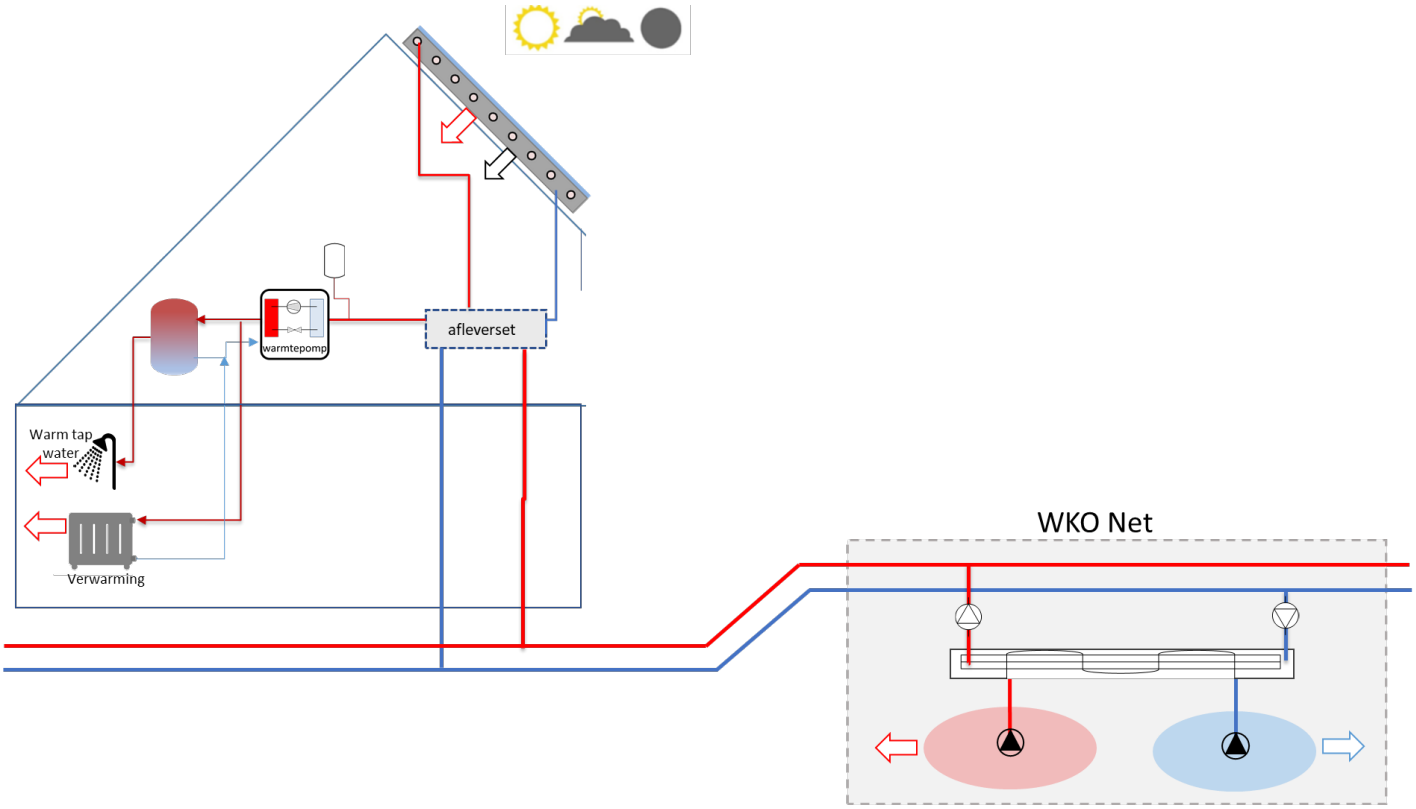
Zonkapel met PVT, extra PVT en een stand-alone warmtepomp

Het systeem kan ook gebruikt worden als vervanging van de cv-ketel om de hele woning te verwarming. Hiervoor zijn 8 grote PVT-panelen nodig en een grote warmtepomp. Verder moet de woning goed geïsoleerd zijn en is er lage temperatuur verwarming nodig in de woning. Dit kan met vloer- of muurverwarming of speciale radiatoren.



Zonkapel met PVT en warmtepomp en aansluiting op zonnewarmtenet

Bij pakket 3 wordt de Zonkapel met PVT-panelen en warmtepomp gekoppeld aan een lage temperatuur WKO-net. Hierdoor worden lage temperatuur warmtenetten in bestaande woonwijken mogelijk, door het realiseren van feed-in warmte van de indivudele PVT-panelen. Dit zogenaamde "ZONNET" systeem wordt momenteel verder ontwikkeld binnen een TKI urban energy project.



4. Overzicht mogelijke systeem onderdelen

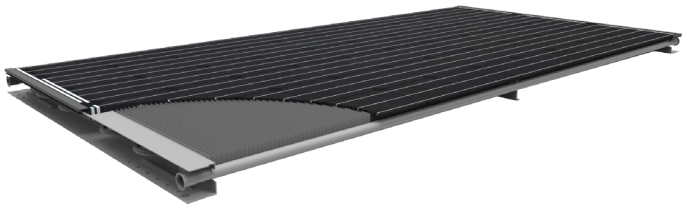
4.1 Overzicht mogelijke PVT-panelen

Voor de zonkapel kunnen verschillende PVT-panelen gebruikt worden. In de PVT Benchmark (de Keizer et al., 2017) is een overzicht van diverse panelen gegeven. Hieronder zijn drie veel voorkomende soorten PVT-panelen genoemd met de bijbehorende productspecificaties.

1. PVT warmtepomppaneel (voorbeeld: TripleSolar)

De PVT-module van Triple Solar is een module zonder isolatie en glasafdekking. Het paneel van Triple Solar is speciaal ontwikkeld als bron voor een warmtepomp en heeft daarom aan de achterzijde convectieribben, waardoor het paneel ook als warmtewisselaar werkt. Er zijn twee verschillende formaten beschikbaar.

Specificatie	PVT – 340 Wp XL	PVT – 285 Wp
Afmetingen	1985 x 995 x 65 mm	1668 x 995 x 65 mm
Oppervlakte	1,98 m2	1,66 m2
Oriëntatie	Landscape	Landscape
PV vermogen	340 Wp	285 Wp
Gewicht (incl. vloeistof)	32 kg	27 kg



2. Ongeïsoleerd PVT paneel (Voorbeeld: Volthera)

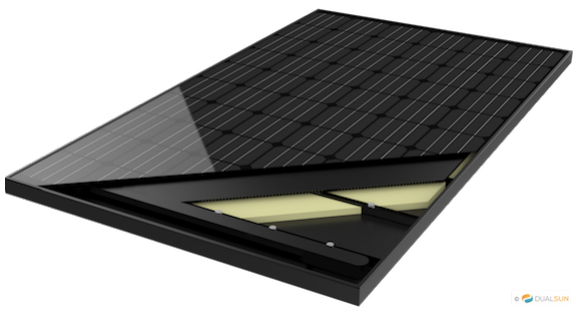
Deze PVT-module is ongeïsoleerd.

Specificatie	PVT – 340 Wp XL
Afmetingen	1650 x 992 x 35 mm
Oppervlakte	1,64 m2
Oriëntatie	Landscape
PV vermogen	300 Wp
Thermisch vermogen	888 Watt

3. Achterzijde geïsoleerd (Voorbeeld: DualSun)

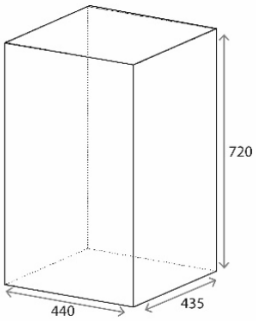
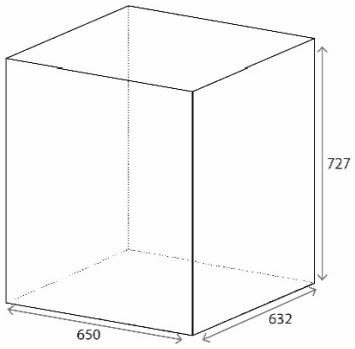
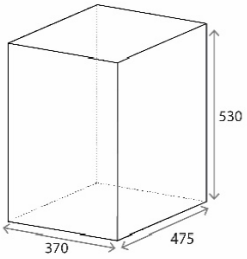
De DualSun PVT-panelen hebben isolatie aan de achterzijde en geen glasafdekking.

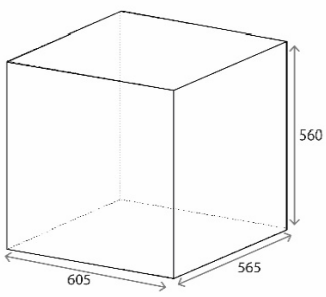
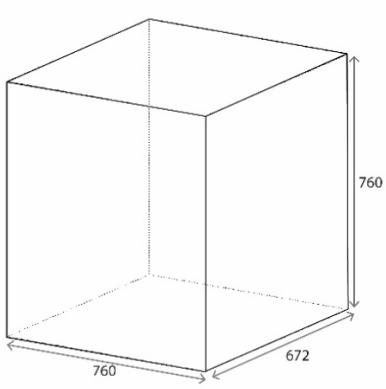
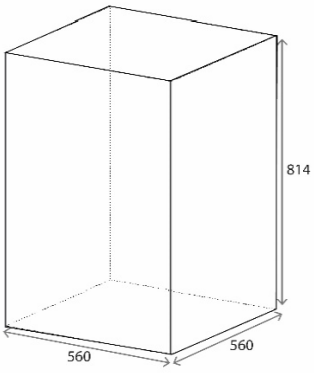
Specificatie	PVT – 340 Wp XL
Afmetingen	1677 x 990 x 40 mm
Oppervlakte	1,65 m2
Oriëntatie	Landscape
PV vermogen	280 Wp
Gewicht (incl. vloeistof)	27 kg



4.2 Overzicht mogelijke warmtepompen

Onderstaand zijn verschillende soorten warmtepompen weergeven die gebruikt kunnen worden in de Zonkapel. Het prestatievermogen van de warmtepomp is weergeven, samen met een afbeelding hiervan en de bijbehorende afmetingen.

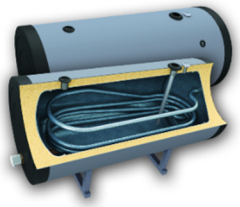
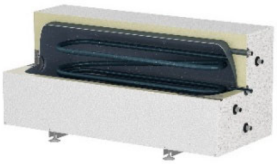
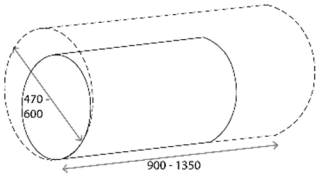
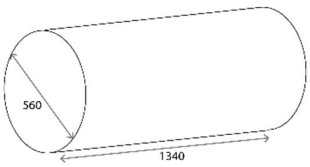
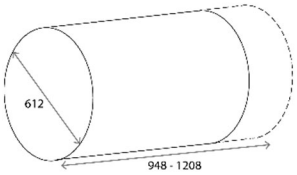
Vaillant Geotherm 3 kWh	**Wamak BW Block 5, 8, 10** 5, 8, 10 kWh	**Kensa Shoebox 3** 3 kWh
		

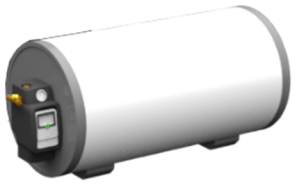
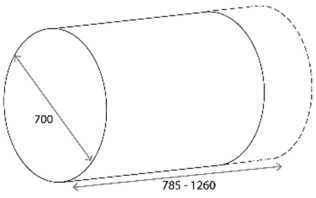
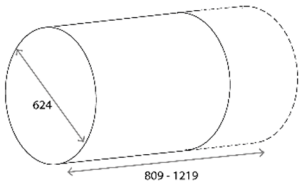
Kensa Shoebox 6 6 kWh	**CTC EcoPart 400 range** 6, 8, 10 kWh	**AIK MINI Econom Pro 10** 10 kWh
		

4.3 Overzicht mogelijke liggende boilervaten

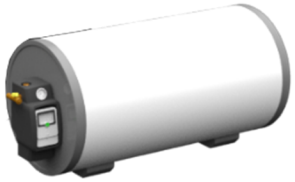
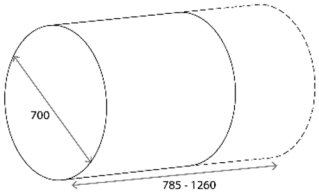
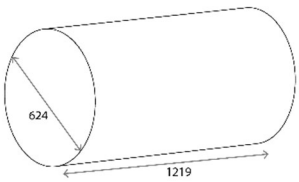
Onderstaand zijn verschillende boilervaten weergeven, die gebruikt kunnen worden binnen de Zonkapel. Alle boilervaten zijn liggende boilervaten, zodat ze eventueel passen in de ruimte onder het schuine dak van de zonkapel. Er zijn boilervaten met één warmtewisselaar en twee wisselaren. Ook is van elk boilervat de inhoud en de afmetingen weergeven.

Liggende opslagvaten met één warmtewisselaar

Elektromet WGJ-G (Max)	**Thermoflux THBWSR**	**Flamco TS#**
79 - 214 dm^3	200 dm^3	120 - 200 dm^3
		
		

Econo HHB-1	**HR Solar Ella***
120 - 200 dm^3	120 - 200 dm^3
	
	

Liggende opslagvaten met twee warmtewisselaars

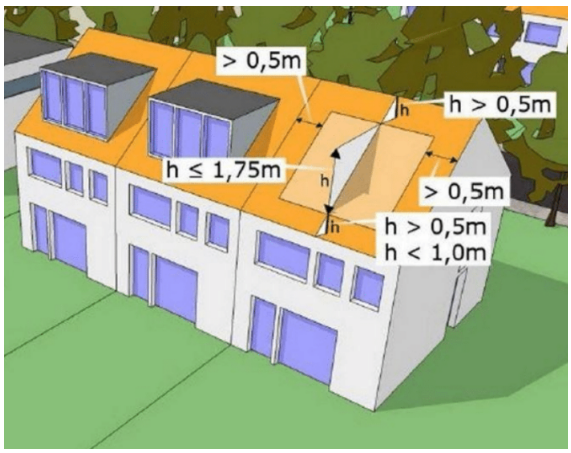
Econo HHB-2	**HR Solar Maxx**
120 – 200 dm^3	200 dm^3
	
	

5. Dakkapellen en omgevingsvergunning

Een dakkapel kan vergunningsvrij gebouwd worden als deze voldoet aan de regels voor vergunningsvrije bouw. Deze informatie komt uit de brochure '*Dakkapellen: Wanneer vergunningvrij, wanneer omgevingsvergunning nodig?*' van het Ministerie van Binnenlandse en Koninklijke zaken.

1. De dakkapel wordt op het achterdakvlak of op een zijdakvlak gebouwd; dit zijdakvlak mag echter niet naar openbaar toegankelijk gebied (de weg, groen) gekeerd zijn;
2. De dakkapel heeft een plat dak
3. De dakkapel is, gemeten vanaf de voet van de dakkapel, niet hoger dan 1,75 meter
4. De onderkant van de dakkapel ligt meer dan 0,5 meter, maar minder dan 1 meter boven de dakvoet
5. De bovenkant van de dakkapel ligt meer dan 0,5 meter onder de daknok
6. De zijkanten liggen meer dan 0,5 meter van de zijkanten van het dakvlak
7. De dakkapel mag niet gebouwd worden op een tijdelijke woning of woongebouw, zoals een woonkeet, of op een woonwagen; de dakkapel mag ook niet op een vakantiehuisje of een andere woning of woongebouw, dat niet permanent mag worden bewoond, vergunningvrij worden geplaatst.

Hierbij geldt:
- Dakvoet: het laagste punt van een schuin dak.
- Daknok: het hoogste punt van een schuin dak.
-Bij rijtjeshuizen en twee-onder-één-kap woningen geldt de grenslijn tussen de woningen als zijkant van het dakvlak.



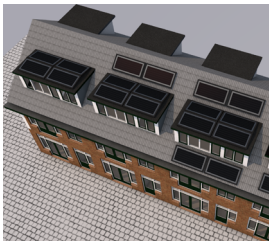
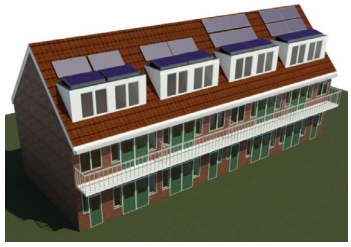
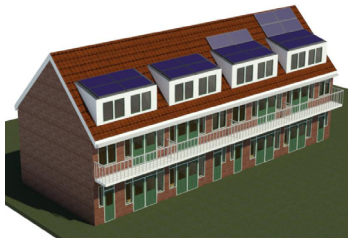
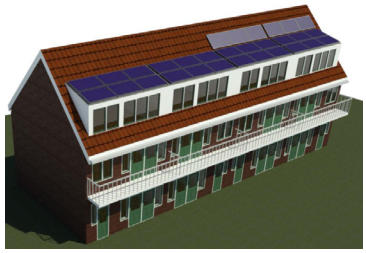
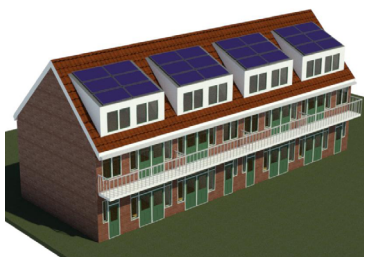
Voor monumenten gelden deze regels voor vergunningsvrije bouw niet.

Verder geldt de vrije-hoogte eis van het Bouwbesluit. Deze hangt af van de functie van de dakkapel. Als de ruimte onder de dakkapel dient als verblijfsruimte, is de minimale hoogte 2m60 te zijn. Als de kamer voldoende verblijfsruimte heeft is 2m30 voldoende. Voor de Zonkapel zullen in de meeste gevallen de *Verbouwvoorschriften* van toepassing zijn en kan voor de hoogte worden teruggevallen op 2m10.

Voor de verschillende varianten van de Zonkapel is aangegeven of deze vergunningsvrij gebouwd kunnen worden of niet.

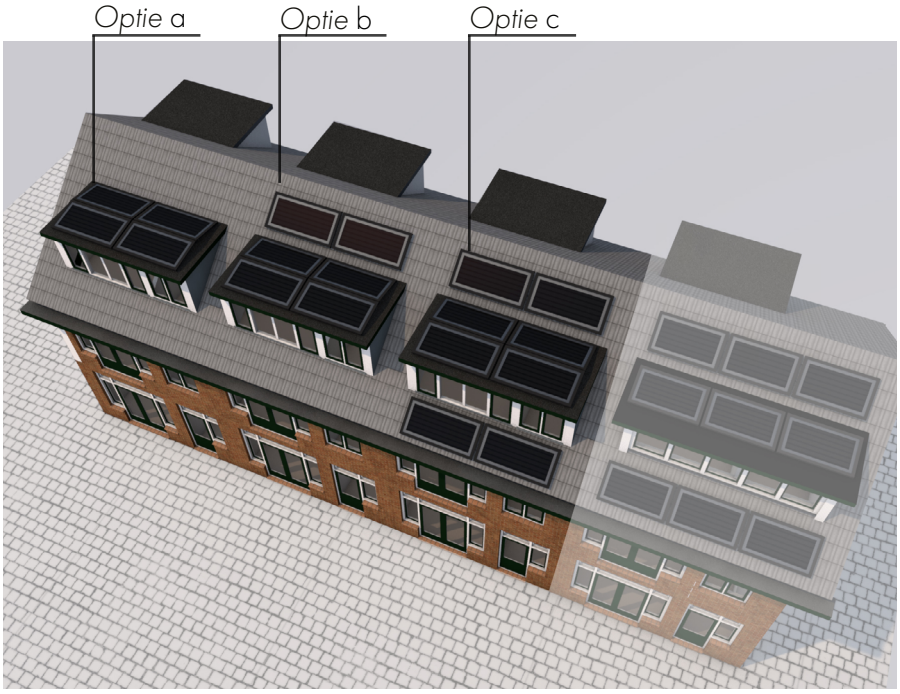
6. Verschillende bouwkundige opties

Er zijn verschillende bouwkundige opties ontwikkeld voor de Zonkapel, zowel voor een dak met een lage nok als met een hoge nok. Voor deze opties zijn de PVT-panelen van TripleSolar gebruikt. Deze zijn er in twee formaten, een grote van 1985 x 995 mm en een kleine van 1668 x 995 mm. Hiermee zijn verschillende opties samengesteld in verschillende configuraties. De opties kunnen aangeklikt worden om meer informatie over de optie te vinden.

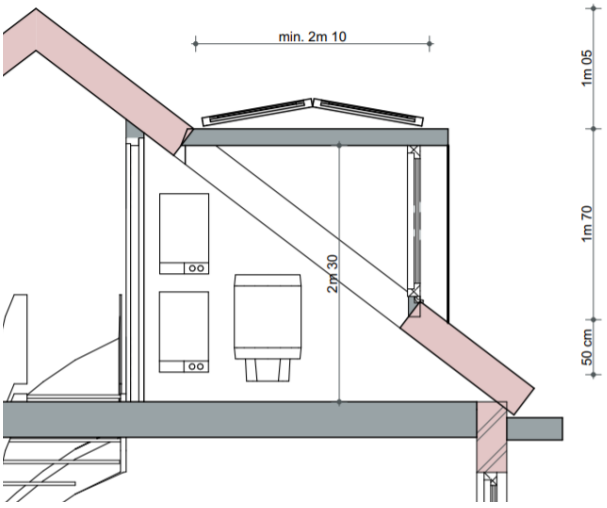
Optie	Mogelijkheid voor extra panelen	Visualisatie
1. Laag dak, smal 4 grote PVT-panelen op dakkapel (7,9 m²)	2 grote PVT-panelen boven dakkapel (11,9 m²) 2 grote PVT-panelen onder dakkapel (15,8 m²)	
2. Laag dak, breed 3 kleine PVT-panelen op dakkapel, 3 kleine PVT-panelen boven én onder dakkapel (14,9 m²)	nee	
3. Hoog dak, smal, plat dak 4 grote PVT-panelen 2 op dakkapel, 2 op dak (7,9m²)	2 grote PVT-panelen boven dakkapel (11,9 m²)	
4. Hoog dak, smal, dak 15° 4 grote PVT-panelen op dakkapel (7,9 m²)	2 grote PVT-panelen boven dakkapel (11,9 m²) 4 grote PVT-panelen boven dakkapel (15,8 m²)	
5. Hoog dak, breed, dak 15° 6 kleine PVT-panelen op dakkapel (10,0 m²)	3 kleine PVT-panelen boven dakkapel (14,9 m²)	
6. Hoog dak, smal, dak 23° 6 grote PVT-panelen op dakkapel (11,9 m²)	nee, wel ruimte voor installaties onder dak zonkapel	

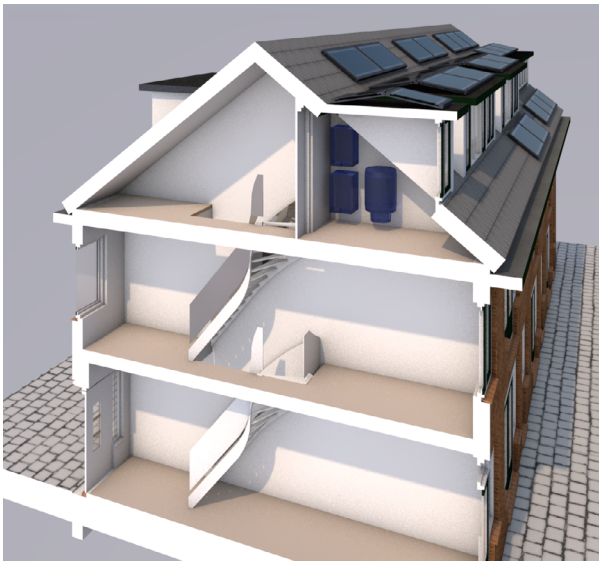
Optie 1: Laag dak, smalle dakkapel

	PVT-panelen op dak	Systeem
PVT-panelen voor zonkapel	a. 4 grote PVT-panelen (7,9 m²)	Hybride systeem (pakket 1a)
Mogelijkheid voor extra panelen	b. 2 grote PVT-panelen boven dakkapel (11,9m²)	Hybride systeem (pakket 1b of 3)
	c. 2 grote PVT-panelen boven en onder 2 grote PVT-panelen dakkapel (15,8 m²)	Stand alone, mits goed geïsoleerd (pakket 2a)

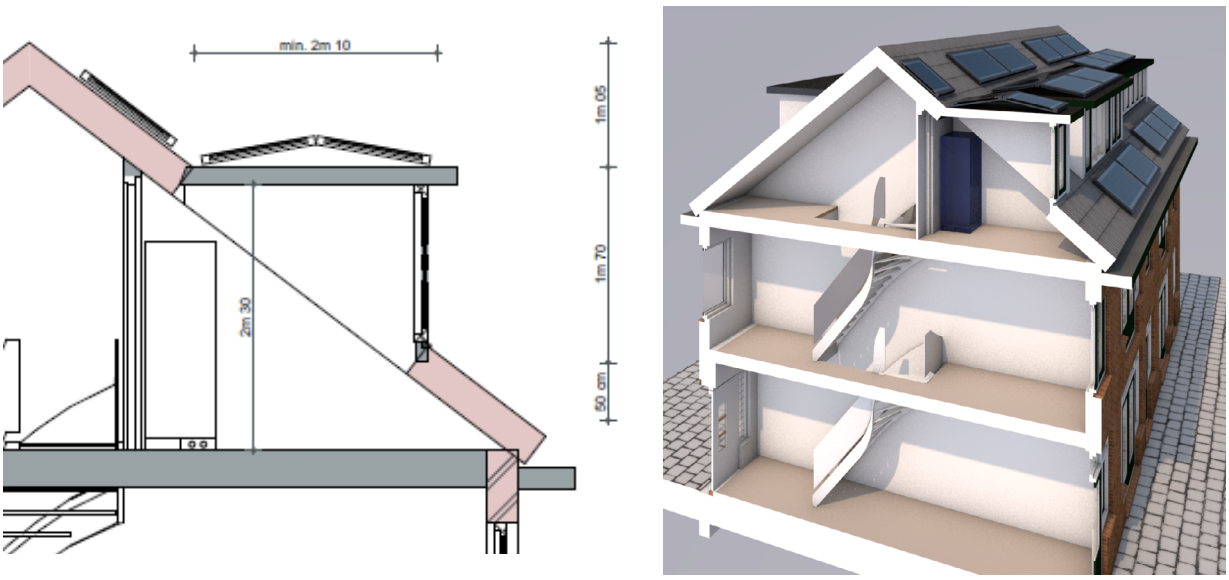


Optie a : 4 grote PVT-panelen op zonkapel (7,9 m²)

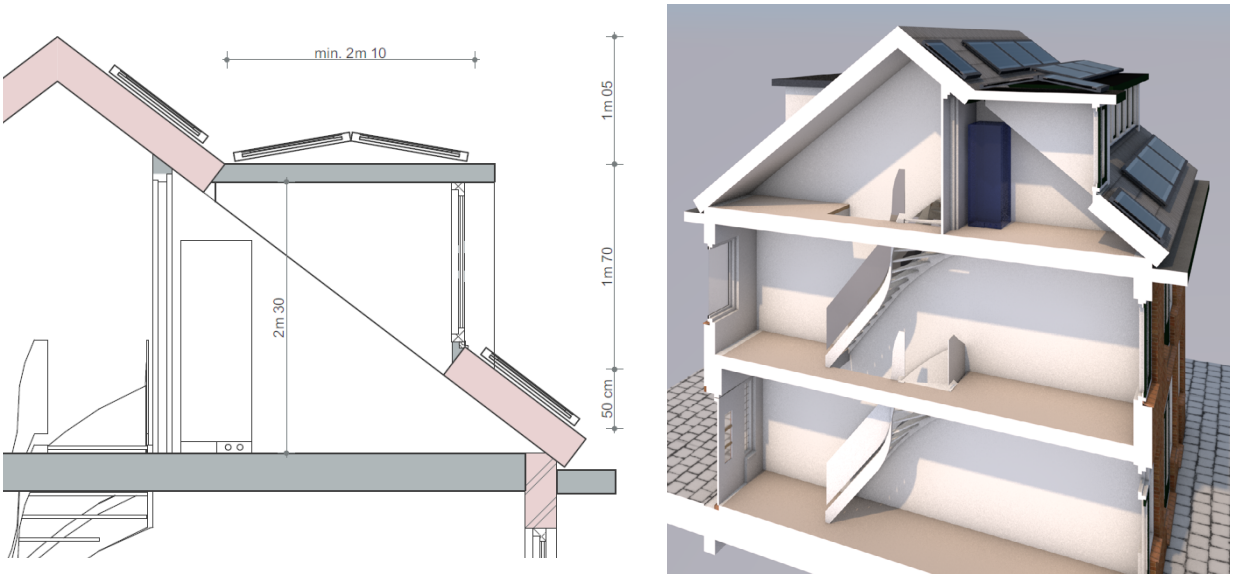




Optie b: 4 grote PVT-panelen op zonkapel en 2 grote PVT-panelen op dak (11,9m²)



Optie c: 4 grote PVT-panelen op zonkapel en 4 grote PVT-panelen op dak (15,8 m²)

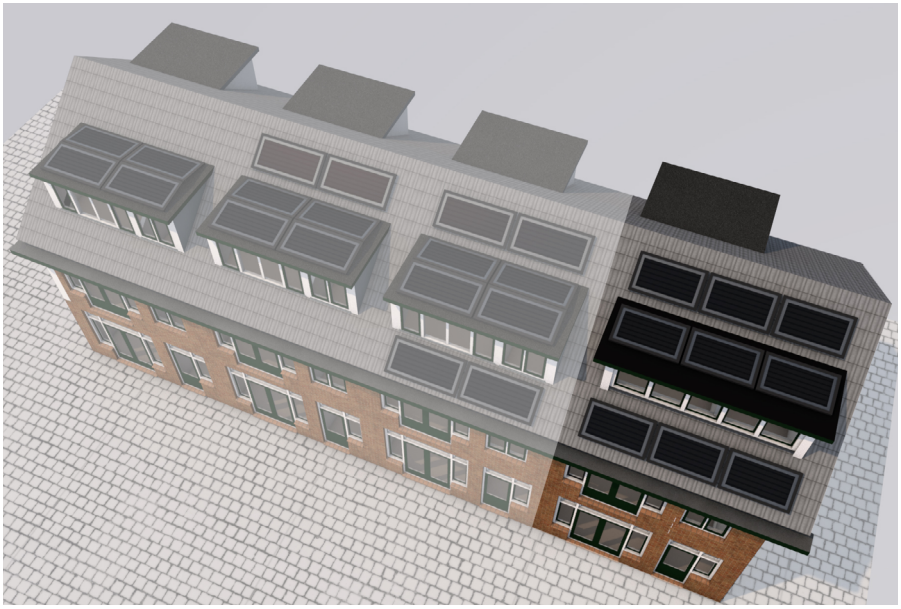


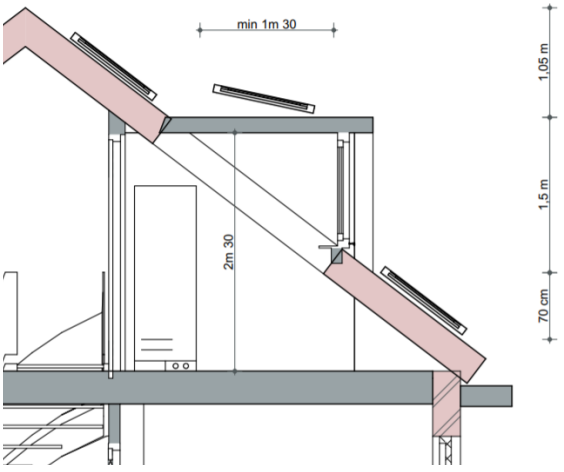
Bouwbesluit en vergunningen

Dakkapellen A, B en C voldoen aan de regels van vergunningsvrije bouw en hebben dus geen omgevingsvergunning nodig.

Optie 2: Laag dak, brede dakkapel

	PVT-panelen op dak	Systeem
PVT-panelen voor zonkapel	3 kleine PVT-panelen en 3 kleine PVT-panelen boven dakkapel (10,0 m²)	Hybride systeem (pakket 1b)
Mogelijkheid voor extra panelen	3 kleine PVT-panelen onder dakkapel (14,9 m²)	Stand alone, mits goed geïsoleerd (pakket 2b)



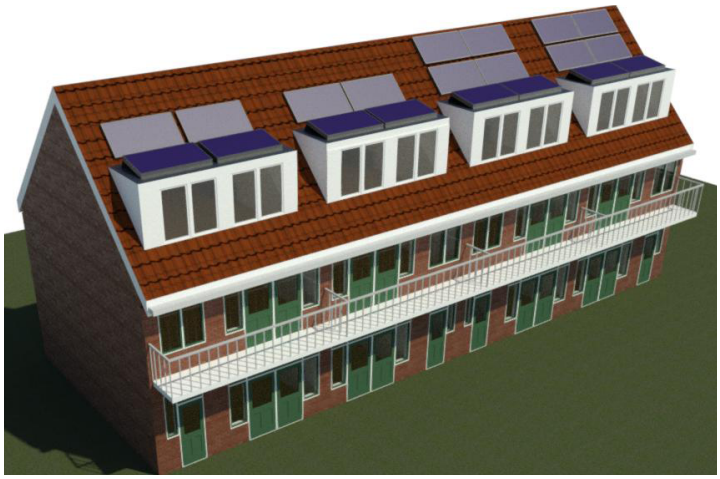


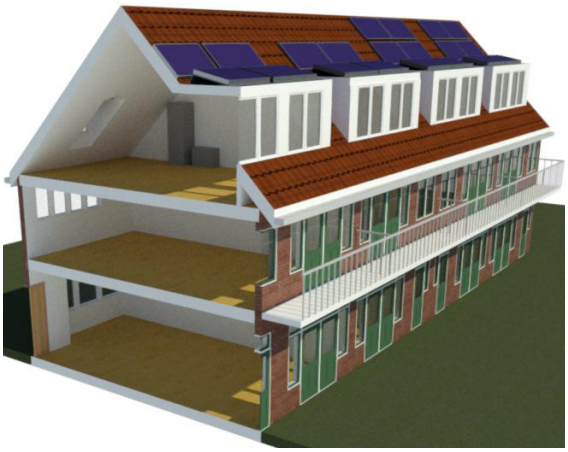
Bouwbesluit en vergunningen

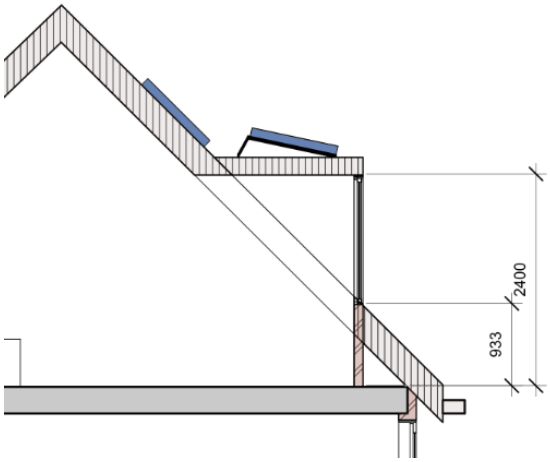
De dakkapel voldoet aan de regelgeving van de vergunningsvrije bouw en heeft dus geen omgevingsvergunning nodig.

Optie 3: Hoog dak, brede dakkapel met plat dak

	PVT-panelen op dak	Systeem
PVT-panelen voor zonkapel	2 grote PVT-panelen op dakkapel en 2 grote PVT-panelen op dak (7,9m²)	Hybride systeem (pakket 1a)
Mogelijkheid voor extra panelen	2 grote PVT-panelen boven dakkapel (11,9 m²)	Hybride systeem (pakket 1b of 3)





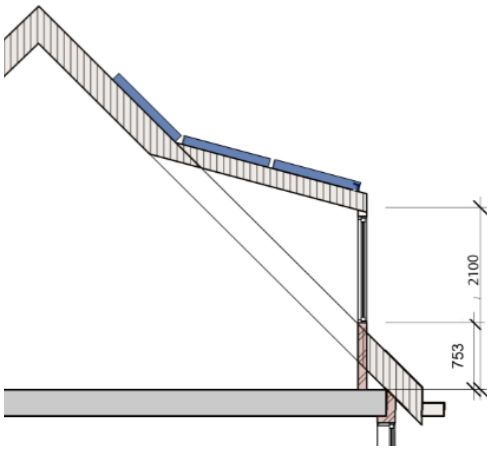


Bouwbesluit en vergunningen

De dakkapel voldoet aan de regelgeving van de vergunningsvrije bouw en heeft dus geen omgevingsvergunning nodig.

Optie 4: Hoog dak, smalle dakkapel met schuin dak (15°)

	PVT-panelen op dak	Systeem
PVT-panelen voor zonkapel	4 grote PVT-panelen op dakkapel (7,9m²)	Hybride systeem (pakket 1a)
Mogelijkheid voor extra panelen	2 grote PVT-panelen boven dakkapel (11,9 m²)	Hybride systeem (pakket 1b of 3)
	4 grote PVT-panelen boven dakkapel (15,8 m²)	Stand alone, mits goed geïsoleerd (pakket 2a)

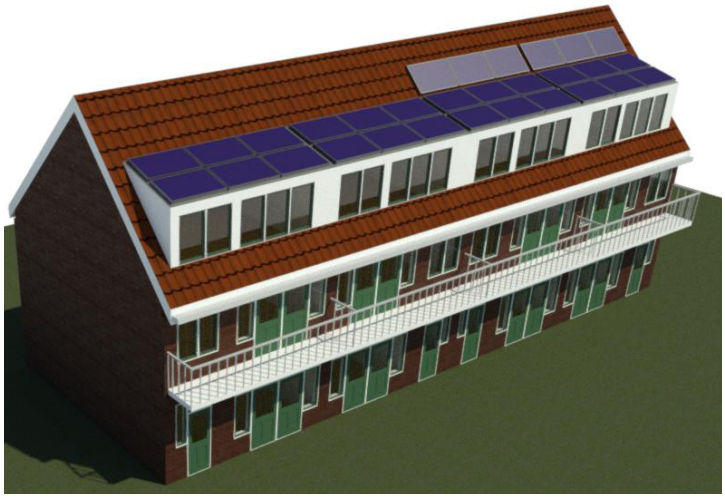


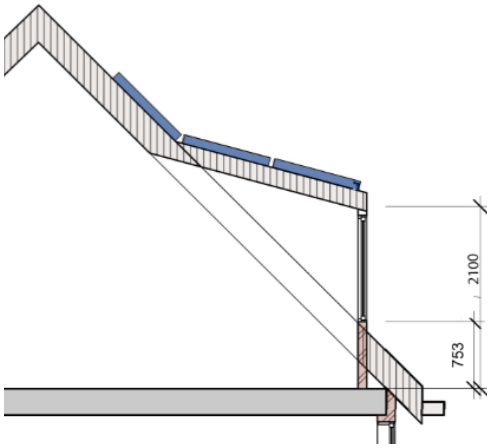
Bouwbesluit en vergunningen

De dakkapel voldoet niet aan de regelgeving van de vergunningsvrije bouw omdat de dakkapel een schuin dak heeft. Hierdoor is er een omgevingsvergunning nodig.

Optie 5: Hoog dak, brede dakkapel met schuin dak (15°)

	PVT-panelen op dak	Systeem
PVT-panelen voor zonkapel	6 kleine PVT-panelen op dakkapel (10,0 m²)	Hybride systeem (pakket 1b)
Mogelijkheid voor extra panelen	3 kleine PVT-panelen boven dakkapel (14,9 m²)	Stand alone, mits goed geïsoleerd (pakket 2b)



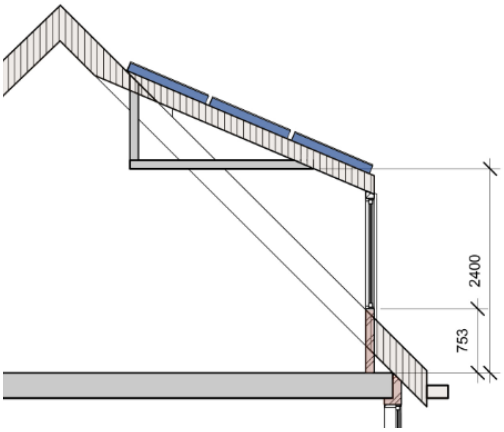


Bouwbesluit en vergunningen

De dakkapel voldoet niet aan de regelgeving van de vergunningsvrije bouw omdat de dakkapel een schuin dak heeft. Ook is de dakkapel aaneengeschakeld in plaats van vrijstaand. Dit valt allebei buiten de vergunningsvrije bouw en er is dus een omgevingsvergunning nodig.

Optie 6: Hoog dak, smalle dakkapel met schuin dak (23°)

	PVT-panelen op dak	Systeem
PVT-panelen voor zonkapel	6 grote PVT-panelen op dakkapel (11,9 m²), ruimte voor installaties onder dak	Hybride systeem (pakket 1b of 3)

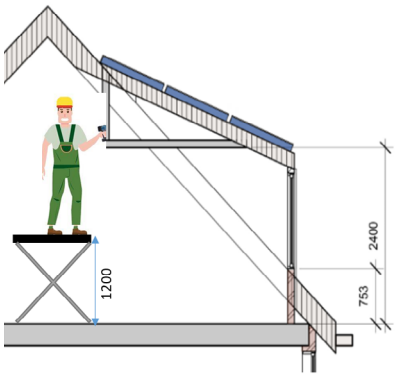


Bouwbesluit en vergunningen

De dakkapel voldoet niet aan de regelgeving van de vergunningsvrije bouw omdat de dakkapel een schuin dak heeft. Hierdoor is er een omgevingsvergunning nodig.

Installatiebak optie 6

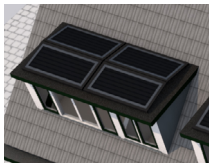
Bij optie 6 wordt er ruimte gecreëerd om installaties in een bak direct onder het nieuwe dak van de dakkapel te plaatste; hierdoor wordt ruimte op zolder verder bespaard. Qua techniek kunnen alle onderdelen in de bak geplaatst worden (dus: warmtepomp, boilervat, aansluitingen e.d.). Het enige probleem is de Arbo-wetgeving bij onderhoud, die vereist dat de monteur tenminste 1,0 m² ruimte nodig heeft. Dit zou kunnen worden opgelost met een in hoogte verstelbaar werkplateau van 1,0 x 1,0 m. Het verstelbaar werkplateau en hoe deze ingezet kan worden bij de installatie van de zonkapel zijn in onderstaande afbeeldingen weergeven.

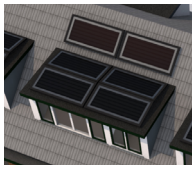


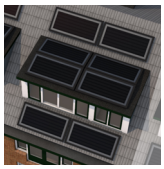
Bij optie 6 zijn kan het boilervat in elk geval worden geplaatst in de bak boven de kapel.

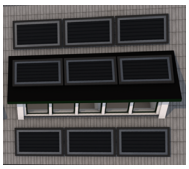
7. Kostenoverzicht installaties

De kosten van de benodigde installaties voor de zonkapel zijn onderverdeeld in 5 verschilende pakketen afhankelijk van het aantal panelen. De kosten zijn onderverdeeld in de kosten voor de onderdelen en de montagekosten.

Pakket 1a: hybride met 4 grote panelen	
Onderdelen	
PVT panelen 4 grote PVT panelen	€ 2.528,00
Warmtepomp Vaillant geotherm 3 kW	€ 2.610,00
CV ketel NEFIT CW5	€ 1.300,00
Boilervat Boilervat HR solar liggend	€ 950,00
Montage	
PVT panelen Montage op plat dak	€ 606,40
Warmtepomp aansluiting	€ 334,40
CV ketel aansluiting	€ 350,00
Boilervat aansluiting	€ 350,00
Totale investering	**€ 9.028,80**

Pakket 1b : hybride met 6 grote panelen	
Onderdelen	
PVT panelen 6 grote PVT panelen	€ 3.792,00
Warmtepomp Vaillant geotherm 3 kW	€ 2.610,00
CV ketel NEFIT CW5	€ 1.300,00
Boilervat Boilervat HR solar liggend	€ 950,00
Montage	
PVT panelen Montage op plat dak en dak	€ 1.001,60
Warmtepomp aansluiting	€ 382,40
CV ketel aansluiting	€ 350,00
Boilervat aansluiting	€ 350,00
Totale investering	**€ 10.736,00**

Pakket 2a : stand alone met 8 grote panelen	
Onderdelen	
PVT panelen 8 grote PVT panelen	€ 5.056,00
Warmtepomp NIBE W/W modulerend 2-6 Kw	€ 7.120,00
Montage	
PVT panelen Montage 8 PVT-panelen	€ 1.469,60
Warmtepomp aansluiting	€ 382,40
Totale investering	**€ 14.028,00**

Pakket 2b: stand alone met 9 kleine panelen	
Onderdelen	
PVT panelen 9 kleine PVT panelen	€ 5.184,00
Warmtepomp NIBE W/W modulerend 2-6 Kw	€ 7.120,00
Montage	
PVT panelen Montage 9 PVT-panelen	€ 1.440,80
Warmtepomp aansluiting	€ 430,40
Totale investering	**€ 14.175,20**

Kostenoverzicht installaties

Pakket 3 : deZONNET aansluiting met 6 grote panelen	
Onderdelen	
PVT panelen 6 grote PVT panelen	€ 3.792,00
Warmtepomp NIBE W/W modulerend 2-6 Kw	€ 7.120,00
ZONNET afleverset	€ 1.500,00
Montage	
PVT panelen aansluiting Montage 8 PVT-panelen	€ 1.050,40
Warmtepomp aansluiting	€ 382,40
ZONNET afleverset	€ 700,00
Totale investering	**€ 14.544,80**

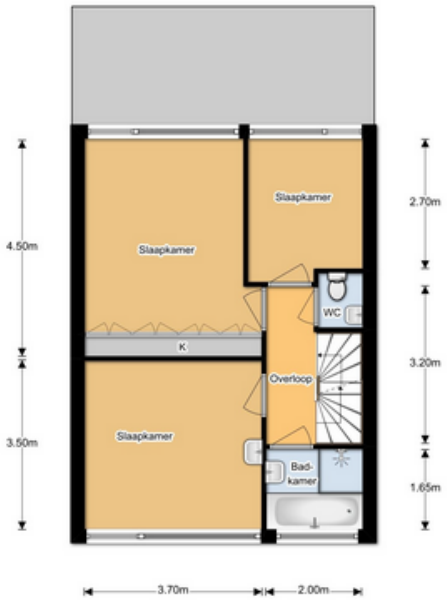
Ter vergelijking: 6 PV-panelen	
Onderdelen	
PV panelen 2,0 m	€ 1.152,00
Montage	
PV panelen	€ 330,00
Totale investering	**€ 1.482,00**

8. Energieprestaties

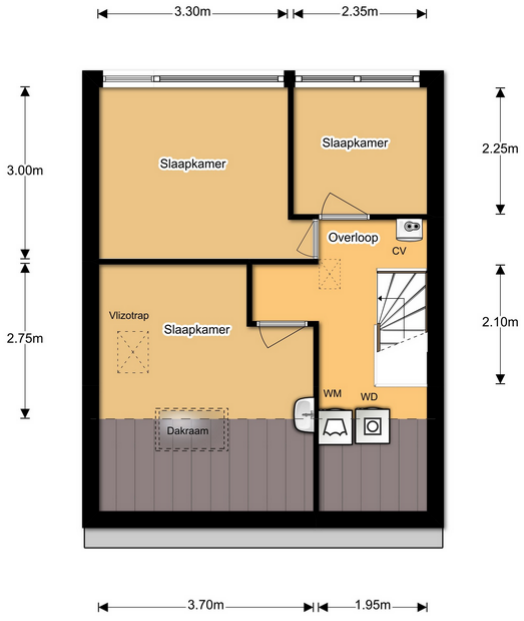
8.1 Referentiewoning

De energieprestatie is bepaald voor toepassing op een rijtjeswoning zoals weergegeven in onderstaande figuur, waarbij is aangenomen dat de kapel op de zuidzijde is geplaatst.

Breedte	5,7 m
Diepte	8 m
Hoogte Begane Grond	2,8 m
Hoogte 1e verdieping	2,5m
Hoogte 2e verdieping	4 m
Daktype	puntdak
Lengte dak	5,7 m
Begange grond opp.	45,6 m^2
1e verdieping opp.	45,6 m^2
2e verdieping eff. opp.	31,92 m^2
Totaal	123,12 m^2



1e Verdieping



2e Verdieping

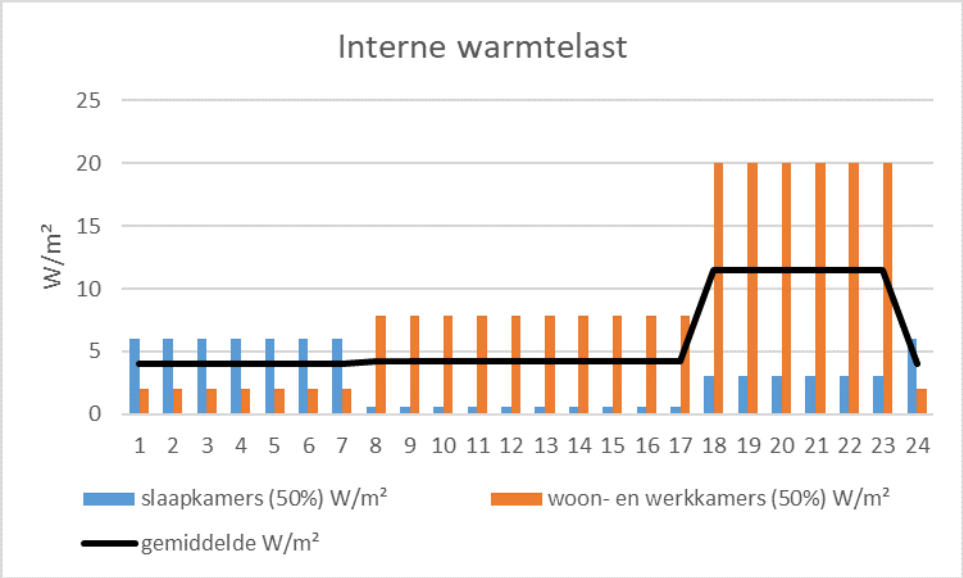
8.1.2 Isolatiewaarden

Voor de energieprestatie van de hybride oplossing en de stand alone oplossing zijn andere isolatiewaarden gehanteerd. Deze zijn beschreven per pakket.

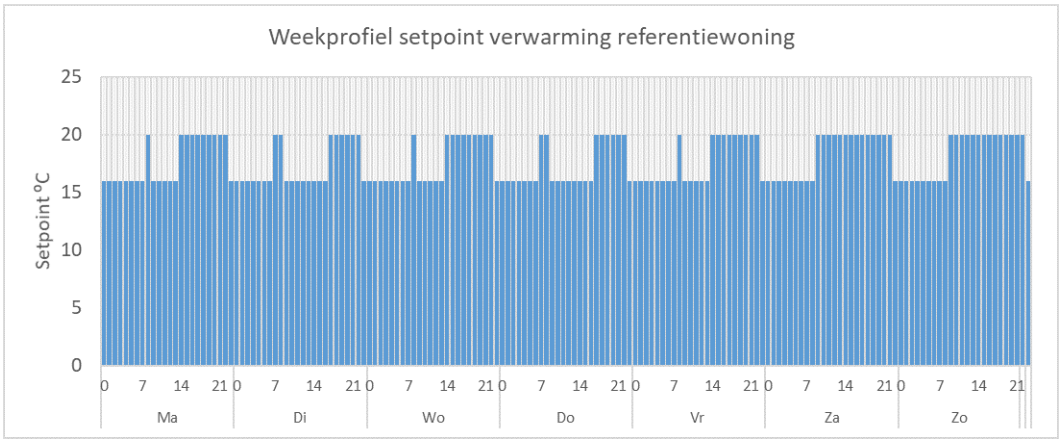
8.1.3 Overige uitgangspunten

- Ventilatie en infiltratie: Er is uitgegaan van een continu ventilatievoud van 0,7/h en een infiltratievoud van 0,2/h

- Er is uitgegaan van een gemiddelde totale interne warmtelast van 6 W/m² (totaal van personen, verlichting en apparatuur), waarbij het volgende schema is gehanteerd:



- Voor de setpoints voor verwarming is een weekprofiel opgesteld, met een setpoint temperatuur van 20 °C en een setback temperatuur van 16 °C. Het profiel is als volgt:



8.2 Energieprestatie voor de opties met hybride warmtepomp met 4 grote PVT panelen

Deze optie wordt toegepast bij de volgende bouwkundige varianten:

Optie 1a

Optie 3

Optie 4

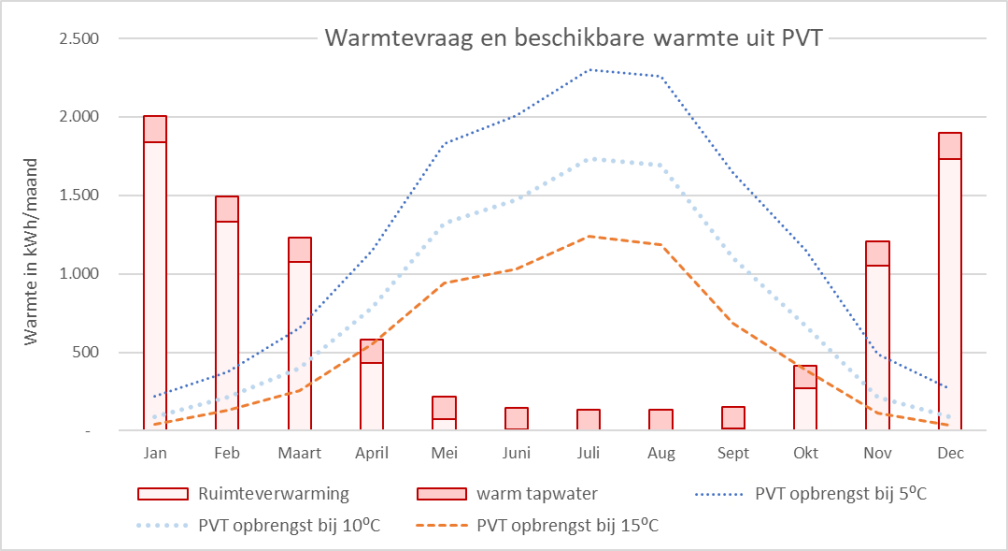
8.2.1 Isolatiewaarden

Voor de hybride optie is uitgegaan van een matig geïsoleerde woning. De isolatiewaarden van de gevel- en vloerdelen zijn weergegeven in onderstaande tabel:

Onderdeel	Omschrijving	Rc-waarde	U-waarde
		m^2K/W	W/ m^2K
Spouw	Ongeïsoleerde spouwmuur	1,58	0,57
Gevelpui	Geïsoleerde pui in voor- en achtergevel	1,67	0,54
Dak	Dak met 12 cm binnenisolatie	3,44	0,28
Begane grondvloer	Ongeïsoleerde houten begane grondvloer	0,58	1,34
Dakkapel	Wanden en dak nieuwe dakkapel	4,00	0,24
Ramen	HR++ glas		1,4
	Kozijn		2,3

8.2.3 Warmtevraag en PVT warmte

In onderstaande figuur is de resulterende warmtevraag voor ruimteverwarming en tapwater weergegeven, evenals de beschikbare warmte vanuit de 4 grote PVT panelen, bij verschillende collector temperaturen.

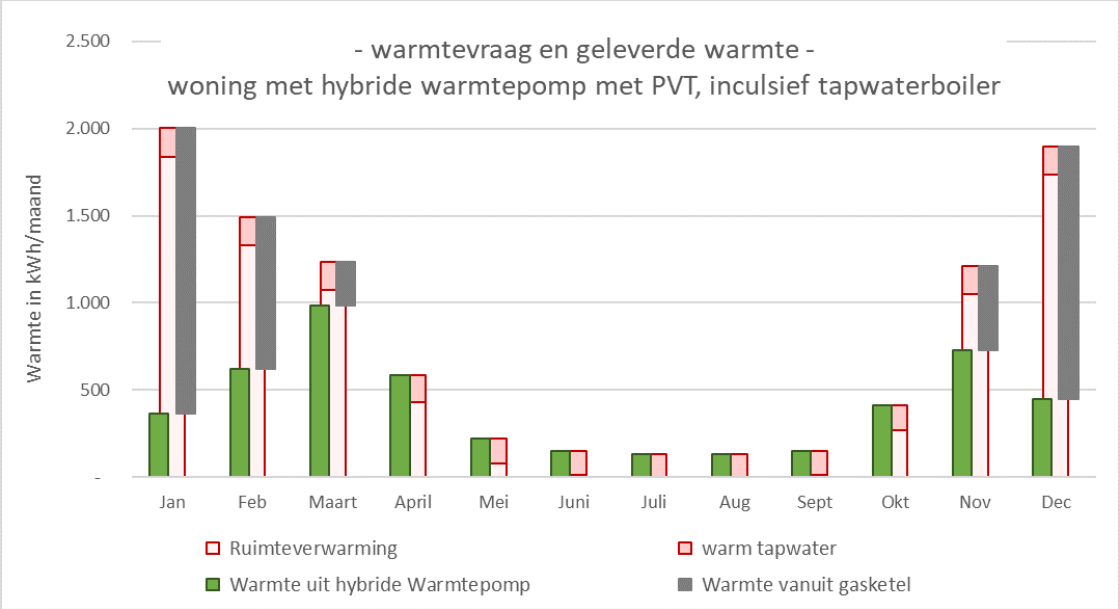


8.2.4 Bijdrage hybride warmtepomp aan de geleverde warmte, bij gebruik inclusief tapwater boiler

Om de bijdrage en de COP van de hybride warmtepomp in te schatten, is een aanname gedaan over welke temperatuur in welke maand gebruikt wordt. In de winter is weinig warmte beschikbaar en zal voor de warmte op lagere temperaturen gekozen worden om de warmtepomp voldoende te kunnen inzetten. Op basis hiervan is de COP gedefinieerd. De volgende COP's zijn gehanteerd:

Maanden	Gehanteerde COP
jan, feb, dec	2,5
nov	3
maart, okt	3,5
april, sept	4
mei, juni, juli, aug	5

Op basis van deze uitgangspunten is de bijdrage van de hybride warmtepomp berekend. Deze is weergegeven in onderstaande grafiek:



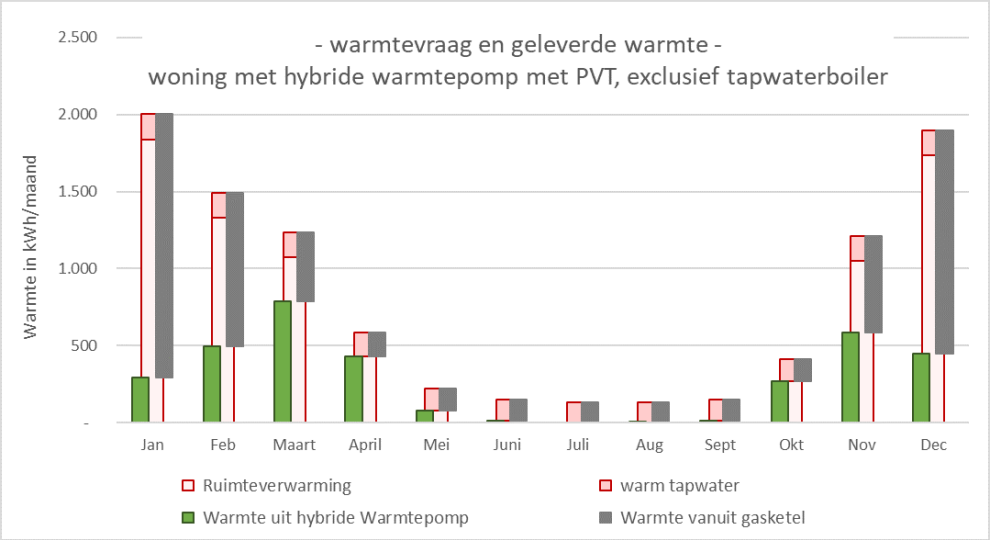
In de onderstaande zijn de energievraag en het finale energiegebruik van gas en elektriciteit weergegeven:

	warmtevraag		oorspronkelijke situatie	Situatie met hybride PVT warmtepomp, incl. tapwaterlevering					
	Ruimteverwarming	Tapwater	gasverbruik oorspronkelijke situatie	Warmte uit hybride Warmtepomp	Warmte vanuit gasketel	gasverbruik	elektriciteit voor warmtepomp	opgewekte elektriciteit	netto elektriciteitsgebruik
	kWh	kWh	m³	kWh	kWh	m³	kWh	kWh	kWh
jan	1.840	165	268	367	1.638	219	147	33	114
feb	1.329	165	200	621	873	117	248	62	186
mrt	1.074	160	165	983	251	34	281	90	190
apr	429	154	78	583	-	-	146	136	10
mei	76	144	29	220	-	-	44	167	-123
jun	10	138	20	149	-	-	30	158	-128
jul	-	135	18	135	-	-	27	168	-141
aug	1	134	18	135	-	-	27	154	-127
sep	13	140	21	153	-	-	38	108	-70
okt	269	147	56	415	-	-	119	78	41
nov	1.052	157	162	730	478	64	243	43	200
dec	1.733	162	254	446	1.450	194	178	27	151
totaal	**7.827**	**1.799**	**1.288**	**4.937**	**4.689**	**627**	**1.528**	**1.224**	**304**
				51%	49%				

8.2.5 Bijdrage Hybride warmtepomp aan de geleverde warmte, exclusief tapwaterboiler

Voor de variant waarbij geen tapwaterboiler aanwezig is, kan het tapwater niet met de hybride warmtepomp worde geproduceerd. Dit heeft tevens tot gevolg dat niet alle beschikbare warmte die door de PVT wordt opgewekt, benut kan worden, omdat het moment van beschikbaarheid niet altijd samenvalt met de vraag, en er zonder opslagvat geen warmte kan worden geproduceerd voor later gebruik. Als uitgangspunt is genomen dat 80% van de beschikbare warmte benut kan worden.

Dit levert de volgende bijdrage van de hybride warmtepomp op:

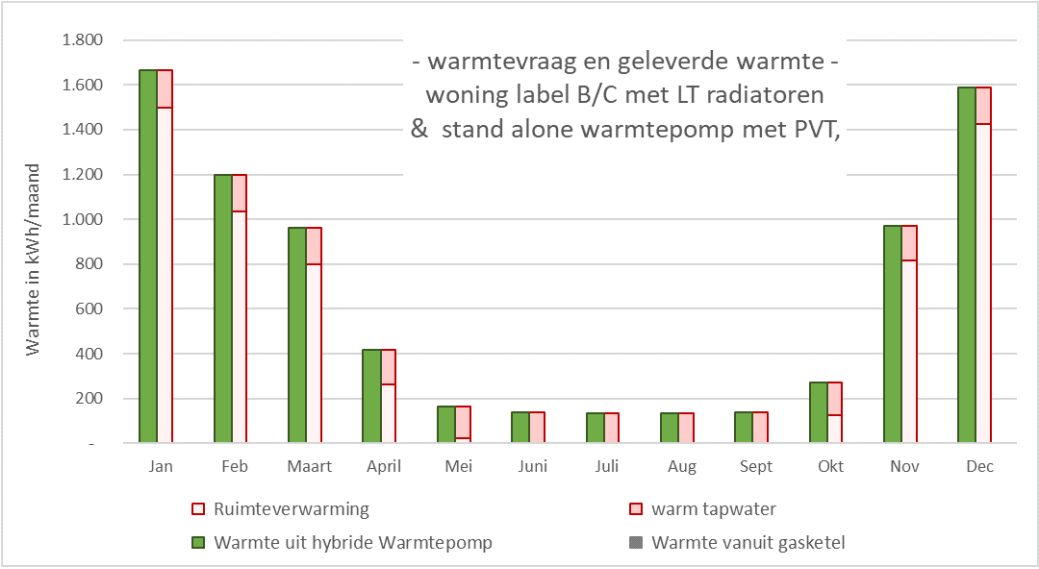


8.3 Energieprestatie van de opties met stand alone warmtepomp met 8 grote panelen (16 m2), bij een redelijk geïsoleerde woning met LT radiatoren (45 °C)

Deze optie wordt toegepast in de volgende varianten:

- Optie 2
- Optie 4 (+ 4 extra PVT panelen)
- Optie 5 (+ 3 extra PVT panelen)

Dit levert de volgende bijdrage van de stand alone warmtepomp op:



8.4 Overzicht kosten en CO_2-emissie

Voor de verschillende opties zijn de variabele kosten en CO_2-emissie berekend.

Uitgangspunten kosten en CO_2 emissies

		gas	elektriciteit	
		m³	kWh	
kosten/eenheid	€/eenheid	€ 0,65	€ 0,22	
emissiefactor	kg/eenheid	1,89	0,34	(NTA 8800)

Matig geisoleerde woning (ca 1300 m³ gas) en radiatorafgifte 55°C

Originele situatie (alleen gasketel)

		gas	elektra	totaal
finaal energiegebruik gas	m³/jr	1.288		
netto finaal elektriciteitsgebruik	kWh/jr		-	
variabele kosten	€/jr	€ 837,28	€ -	€ 837,28
CO_2 emissie t.g.v. warmtelevering	kg/jr	2.435	-	2.435

Zonkapel met alleen 4 grote PV panelen (geen warmte- opwekking en geen hrybride warmtepomp)

		gas	elektra	totaal	besparing t.o.v. origineel:	
finaal energiegebruik gas	m³/jr	1.288				
netto finaal elektriciteitsgebruik	kWh/jr		- 1.224			
variabele kosten	€/jr	€ 837,28	€ -269,38	€ 567,90	€ 269,38	32%
CO_2 emissie t.g.v. warmtelevering	kg/jr	2.435	- 416	2.018	416	17%

Zonkapel-hybride - met tapwaterboiler (dus tapwater deels vanuit de warmtepomp)

		gas	elektra	totaal	besparing t.o.v. origineel:	
finaal energiegebruik gas	m³/jr	627				
netto finaal elektriciteitsgebruik	kWh/jr		304			
variabele kosten	€/jr	€ 407,86	€ 66,82	€ 474,69	€ 362,59	43%
CO_2 emissie t.g.v. warmtelevering	kg/jr	1.186	103	1.289	1.145	47%

Zonkapel-hybride - zonder tapwaterboiler (dus tapwater allemaal met de ketel)

		gas	elektra	totaal	besparing t.o.v. origineel:	
finaal energiegebruik gas	m³/jr	832				
netto finaal elektriciteitsgebruik	kWh/jr		- 105			
variabele kosten	€/jr	€ 541,00	€ -23,20	€ 517,80	€ 319,48	38%
CO_2 emissie t.g.v. warmtelevering	kg/jr	1.573	- 36	1.537	897	37%

Redelijk geisoleerde woning (ca 1000 m³ gas), met lage temperatuur radiatoren (45°C)

Originele situatie (alleen gasketel)

		gas	elektra	totaal
finaal energiegebruik gas	m³/jr	1.041		
netto finaal elektriciteitsgebruik	kWh/jr		-	
variabele kosten	€/jr	€ 676,91	€ -	€ 676,91
CO_2 emissie t.g.v. warmtelevering	kg/jr	1.968	-	1.968

Zonkapel-hybride - met tapwaterboiler (dus tapwater deels vanuit de warmtepomp)

		gas	elektra	totaal	besparing t.o.v. origineel:	
finaal energiegebruik gas	m³/jr	468				
netto finaal elektriciteitsgebruik	kWh/jr		- 37			
variabele kosten	€/jr	€ 304,01	€ -8,14	€ 295,87	€ 381,04	56%
CO_2 emissie t.g.v. warmtelevering	kg/jr	884	- 13	871	1.097	56%

Zonkapel-hybride - zonder tapwaterboiler (dus tapwater deels vanuit de warmtepomp)

		gas	elektra	totaal	besparing t.o.v. origineel:	
finaal energiegebruik gas	m³/jr	667				
netto finaal elektriciteitsgebruik	kWh/jr		- 395			
variabele kosten	€/jr	€ 433,44	€ -86,81	€ 346,63	€ 330,29	49%
CO_2 emissie t.g.v. warmtelevering	kg/jr	1.260	- 134	1.126	842	43%

Zonkapel-+ stand alone warmtepomp & extra PVT (totaal 16 m²)

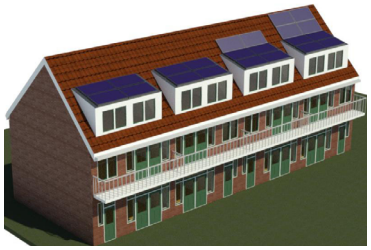
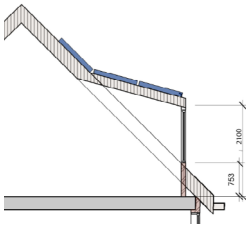
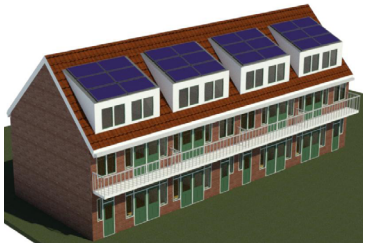
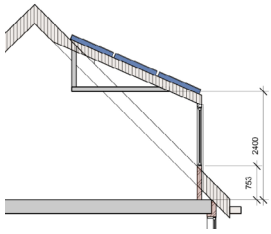
		gas	elektra	totaal	besparing t.o.v. origineel:	
finaal energiegebruik gas	m³/jr	-				
netto finaal elektriciteitsgebruik	kWh/jr		1.845			
variabele kosten	€/jr	€ -	€ 405,99	€ 405,99	€ 270,92	40%
CO_2 emissie t.g.v. warmtelevering	kg/jr	-	627	627	1.341	68%

9. Wensen van woningeigenaren

Voor de Zonkapel zijn de wensen en voorkeuren van woningeigenaren in kaart gebrachrt.

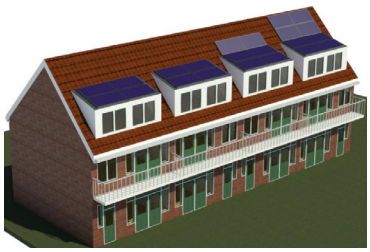
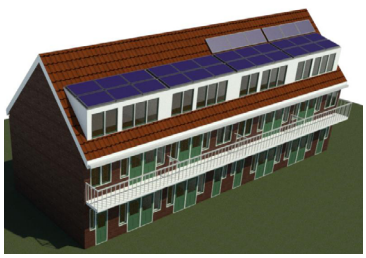
Vraag 1 - Voorkeur voor type dakkapel - geknikt of één geheel

Vraag: *Welke van onderstaande typen dakkapellen heeft uw voorkeur?*

Optie	Voorkeur voor deze optie
Geknikt: PVT-panelen op dak en Zonkapel	15%
 	
Één geheel: PVT-panelen alleen op Zonkapel	77%
 	
Geen voorkeur	8%

Vraag 2 - Voorkeur voor type dakkapel - niet of wel doorlopend

Vraag: *Welke van onderstaande typen dakkapellen heeft uw voorkeur?*

Voorkeur voor losse dakkapelen of doorlopende	Voorkeur voor deze optie
Losse dakkapellen	62%
	
Doorlopende dakkapelen	23%
	
Geen voorkeur	15%

Vraag 3 - Vergunning forse dakkapel aan de straatzijde

Context: Normaal is plaatsing aan de straatzijde van zo'n forse dakkapel niet toegestaan, maar vanwege de energietransitie zou hierop een uitzondering kunnen worden gemaakt.
Vraag: *Bent u bereidt €360 te betalen voor een vergunning zodat u deze forse dakkapel aan de straatzijde kunt plaatsen?*

Vergunning forse dakkapel aan de straatzijde	Voorkeur voor deze optie
Ja	54%
Nee	15%
Weet niet	31%

Vraag 4 - Meerkosten extra ruimte

LET OP! Ondergenoemde bedragen gaan ALLEEN over de constructie en de bekisting, NIET over de 'warmte-apparaten' zelf. Vraag: *Welke meerkosten bent u bereid te betalen voor de extra constructie en extra bekisting die de plaatsing van extra 'apparaten' op of in de ZonKapel mogelijk maken?*

	Antwoord-optie	**% dat deze optie koos**
Vraag 4a - Extra dakconstructie t.b.v. PVT		
Wat heeft extra u over voor versterkte dakkapel-dakconstructie zodat het dak van de dakkapel kan worden volgelegd met PVT, t.b.v. opwek van elektra?	€ 200	62%
	€ 400	23%
	€ 600	15%
Vraag 4b - Bekisting en schuine opbouw t.b.v. boilervat		
Wat heeft u extra over voor schuin oplopende extra ruimte bovenin de dakkapel, met versterkte constructie zodat daar bovenliggend een 180 liter boilervat in kan worden geplaatst, t.b.v. ruimtebesparing	€ 200	31%
	€ 400	46%
	€ 600	23%

Vraag 5 - Extra isolatie

Context: Normaal heeft een (prefab) dakkapel matige isolatie; extra isolatie is nodig om uw woning 'warmtepomp-ready' te maken (warmtepomp-ready betekent: dermate weinig warmteverlies in de hele woning dat het loont om een warmtepomp aan te schaffen in plaats van een cv-ketel). Middels deze extra isolatie komt de Rc-waarde op 4,5 voor de zijwangen en op 6,0 voor het dak.
Vraag: *Bent u bereid om €400 te betalen voor extra isolatie van de dakkapel?*

Antwoord	Voorkeur voor deze optie
Ja	92%
Nee	0%
Weet niet	8%

10. Conclusie

Uit deze haalbaarheidsstudie blijkt dat de Zonkapel een geschikte manier is om zowel de ruimte binnen de woning te vergroten, als de energiehuishouding van de woning te verduurzamen. Er is gekeken naar verschillende ontwerp-varianten, naar de integratie van het energiesysteem, naar de energieprestatie en naar kosten.

Ontwerpvarianten:
Verschillende ontwerpen voor de dakkapel zijn mogelijk. Een belangrijke randvoorwaarde voor de verschillende mogelijkheden is de hoogte van de nok ofwel de hellingshoek van het dak. Er zijn daarom varianten voor een middelhoge nok en een hoge nok gemaakt.

- Bij een lage nok kunnen vaak al twee panelen geplaatste worden op een dakkapel met plat dak; Bij een hoog dak heeft een dakkapel met schuin dak de voorkeur, omdat de ruimte op een plat dak door de hellingshoek te klein wordt;
- De ruime dakkapel waarbij ruimte wordt gecreëerd voor het plaatsen van installaties is alleen mogelijk bij een hoge nok (optie 6 van de ontwerpvarianten);
- Sommige varianten zijn niet vergunningsvrij, maar worden door bewoners wel als aantrekkelijke optie gezien.

Integratie van installaties:

- Integratie van zonnepanelen is in alle opties meegenomen, waarbij soms ook de mogelijkheid bestaat om op het gewone dak nog extra panelen te plaatsen
- Bij de dakkapel met extra ruimte voor het plaatsen van installaties is het technisch mogelijk om alle componenten te plaatse; echter, vanuit de ARBO wetgeving zijn er knelpunten m.b.t. onderhoud. Het boilervat kan in elk geval in de extra ruimte geplaatste worden.

Energieprestatie:
De energieprestatie van een hybride oplossing en een stand alone (aardgasvrij) oplossing is bepaald, waarbij geldt dat voor de stand alone oplossing de woning voldoende geïsoleerde moet zijn. (maximaal benodigd vermogen 8 kW)

- Hybride variant:
-
    - De door de warmtepomp geleverde warmte ligt rond 50% van het totaal, afhankelijk van de warmtevraag van de woning en van de vraag of ook tapwater door de warmtepomp wordt geproduceerd.
- Bij de stand alone oplossing wordt de 40% tot 60% door de warmtepomp geleverd en is de CO_2 emissie reductie ca 70%.
- De reductie is bepaald t.o.v. eenzelfde isolatieniveau. De reductie wordt deels veroorzaakt door het efficiëntere systeem, en deels door de eigen opwek van elektriciteit.
- De berekende emissie reductie hangt natuurlijk af van de gehanteerde emissiefactoren Bij de gehanteerde CO_2 emissiefactor van 0,189 kg/m³ gas en 0,34 kg/kWh elektriciteit (volgens NTA 8800, 2019), leidt het vervangen van gas door een elektrische oplossing tot een CO_2 emissie reductie zodra een elektrische oplossing

minstens 1,6 x zo efficiënt is als van de oplossing met aardgas. In de varianten die voor deze studie zijn bekeken, is dat het geval. Daarnaast levert de zelf opgewekte elektriciteit extra reductie op.

Kosten:

- De bouwkundige kosten voor de dakkapel zijn vergelijkbaar met die van een normale dakkapel
- De installatiekosten hangen af van welke oplossing wordt gekozen: hybride of stand alone. Daarnaast is een oplossing gekozen die past bij het innovatieve warmteconcept 'deZONNET', dat wordt onderzocht binnen een ander TKI programma (TEUE018017
- De installatiekosten voor de hybride oplossing zijn ca € 9.000,-, exclusief subsidie.
- De installatiekosten voor de stand alone oplossing zijn ca € 14.000,-, exclusief subsidie.
- De installatie van alleen PV panelen kost ca € 1.500,-
- De besparing op variabele energiekosten ligt voor alle varianten rond de 300 Euro per jaar, voor een gemiddelde woningen met een gebruik tussen 1000-1400 m^3 gas per jaar.
- De kostenbesparing wordt voor het grootste deel veroorzaakt door de eigen opwek van elektriciteit. Slechts een klein deel is een direct gevolg van het vervangen van (een deel van) het gasverbruik voor elektriciteitsgebruik. Dit komt doordat gas een relatief goedkope energiedrager is. Bij een hogere gasprijs en een lagere elektriciteitsprijs liggen de resultaten uiteraard anders en worden met een warmtepomp oplossing meer kosten bespaard.
- Zonder subsidie verdienen de oplossingen met warmtepomp zich dus moeilijk terug; de variant met alleen PV panelen uiteraard de oplossing zich dus moeilijk terug bij de huidige energieprijzen.
- Bij de stand alone oplossing komen de vermeden vastrechtkosten van de gasaansluiting bij de kostenbesparingen.

Uitrolmogelijkheden:

- Door bewoners is positief gereageerd op de oplossing.
- Ook voor fabrikanten van dakkapellen is het een interessant product om in de markt te zetten.
- Met de huidige energieprijzen is het echter lastig een grootschalige uitrol te verwachten; er zal daarom moeten worden gekeken naar kosten reductie of andere (financiële) incentives. Dit is een uitdaging die geldt voor veel duurzame energie-oplossingen.