



W/E rapport

Zonnepanelen voor gemeentehuizen Heusden

Advies installatiekeuze en kosten

W/E 9021

Eindhoven, 17 november 2015

Zonnepanelen voor gemeentehuizen Heusden

Advies installatiekeuze en kosten

Opdrachtgever

Gemeente Heusden
Postbus 41
5250 AA Vlijmen

Bezoekadres: Julianastraat 34 te Vlijmen
Contactpersoon: Vincent van Bokhoven
T 073 - 5131789 | E VvBokhoven@heusden.nl

Opdrachtnemer

W/E adviseurs
Jan van Hooffstraat 8^E
5611 ED Eindhoven

Contactpersoon: Helmer den Dekker
T 040 - 235 8450 | M 06 – 2269 7089 | E dekker@w-e.nl

Projectnummer

W/E 9021

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Doelstelling	3
1.3	Leeswijzer	3
2	Uitgangspunten	4
2.1	SDE+ subsidieverlening	4
2.2	Uitgangspunten voor de berekeningen	4
2.3	Berekeningsmodel	5
3	Marktonderzoek	7
3.1	Zonne-energie systemen	7
3.1.1	Zonne-energie systemen	7
3.1.2	Soorten Zonnepanelen	7
3.1.3	Omvormers en andere elektrische componenten	8
4	Gemeentehuizen	10
4.1	Gemeentehuis Vlijmen	10
4.1.1	Energiebehoefte	10
4.1.2	Analyse dakoppervlak	10
4.1.3	Zonnepanelen	10
4.2	Gemeentehuis Drunen	12
4.2.1	Energiebehoefte	12
4.2.2	Analyse dakoppervlak	12
4.2.3	Zonnepanelen	12
5	Conclusie advies zonnepanelen	14
5.1	Systeemkeuze	14
5.2	Kosten en baten	14
5.3	Risico's	15
5.4	Conclusie	15
	Bijlage	16
	Variantenstudie Vlijmen	16
	Variantenstudie Drunen	18

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De gemeente Heusden werkt aan de verduurzaming van het gemeentelijk vastgoed. Zij wil 15% CO₂ besparen op gemeentelijk vastgoed in de huidige raadsperiode. Onderdeel daarvan is het duurzaam opwekken van energie op de gemeentehuizen te Vlijmen en Drunen.

Er is subsidie (SDE+) aangevraagd en toegekend voor het opwekken van elektriciteit met zonnepanelen. In dit rapport worden de verschillende technologieën van zonnepanelen, exploitatie, risico's beschreven.

1.2 Doelstelling

Dit rapport is een document waarin keuzes gepresenteerd worden voor het toepassen van zonnepanelen op de gemeentehuizen te Drunen en Vlijmen. Dit document vormt de basis voor beslissingen voor de inhoud van de uitvraag voor de aanbesteding.

1.3 Leeswijzer

De uitgangspunten voor de analyse en berekeningen staan in Hoofdstuk 2.

Hoofdstuk 3 presenteert een marktonderzoek met de PV-technieken die op dit moment gangbaar en commercieel verkrijgbaar zijn. Dit is achtergrondinformatie en bevat argumenten voor de keuze voor een zonnepaneel techniek in hoofdstuk 4.

Het hoofdstuk 4 analyseert de gemeentehuizen: Hoe kunnen zonnepanelen worden toegepast op de daken? Op basis van de mogelijkheden die de daken bieden, en de uitgangspunten uit de SDE-subsidie, worden mogelijke relevante varianten gepresenteerd.

Hoofdstuk 5 is een korte samenvatting met het advies en conclusie.

2 Uitgangspunten

2.1 SDE+ subsidieverlening

Voorwaarden vanuit SDE+:

- SDE+ aangevraagd en toegekend door RVO (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland) voor fotonvoltaïsche zonnepanelen met een piekvermogen van 15 kW of meer.
- SDE+ geeft gedurende 15 jaar recht op een subsidie per geproduceerde MWh elektriciteit met een maximum aan de jaarproductie.
- Het subsidiebedrag wordt jaarlijks vastgesteld en is afhankelijk van de energieprijis.
- De werkelijke energieproductie moet gemeten worden door een gecertificeerd meetbedrijf en aan CertiQ geleverd worden. CertiQ overlegt die gegevens aan RVO ter bepaling van het subsidiebedrag.
- Voor 30 maart 2016 overleggen van een kopie van opdrachtverstrekking tot realisatie aan RVO.
- Realisatie voor 30 maart 2018
- De subsidie loopt tot mei 2030. Er bestaat de mogelijkheid de subsidie met een jaar te verschuiven (mei 2031). Om maximaal gebruik te kunnen maken van de subsidie moet de installatie voor mei 2016 gerealiseerd zijn.

Onderstaande tabel geeft een korte samenvatting van de aanvragen: Het vermogen van de installatie en het subsidieplafond.

	Vlijmen	Drunen
Nominaal vermogen in aanvraag	34.450 W _p	31.800 W _p
Subsidieplafond	€ 53.226	€ 49.131

De SDE+ werkt als volgt: Het basisbedrag van 14,7 cent per kWh staat voor 15 jaar vast. RVO bepaalt jaarlijks het subsidietarief door de basisenergieprijs hiervan af te trekken. De werkelijke hoeveelheid subsidie is dus afhankelijk van de geleverde energie en de variabele basisenergieprijs. Als het maximum subsidieplafond bereikt is wordt de subsidie stopgezet.

2.2 Uitgangspunten voor de berekeningen

Er is rekening gehouden met kosteneffectieve technieken, rekening houdend met een minimale kwaliteit en de wens voor een gunning op laagste prijs.

Elektriciteitsprijs

In onderstaande tabel staat de opbouw van de elektriciteitsprijs voor de gemeentehuizen van gemeente Heusden voor het jaar 2015.

	Tarief inkoop	Energiebelasting ¹	Totaal excl. Btw ²
Elektriciteit-normaal	€ 0,05361	€ 0,0125	€ 0,077
Elektriciteit-laag	€ 0,03769	€ 0,0125	€ 0,061

1. De energiebelasting is gestaffeld: het genoemde tarief geldt over het deel van het elektriciteitsgebruik tussen 50.001 en 10 miljoen kWh per jaar. Over het deel van 0-10.000 kWh resp. 10.001-50.000 gelden hogere belastingtarieven

2. De prijs inclusief BTW komt tot stand door exacte verrekening van de verschillende schijven in de totaalprijs.

De gemeente Heusden heeft voor de periode tot 2018 contracten met Delta en Eon met tarieven uit de volgende tabel.

Jaar	Normaal	Laag
2015	€0,05361	€0,03769
2016	€0,05171	€0,03403
2017	€0,04631	€0,02993
2018	€0,04673	€0,02943

Voor berekening van de kostenbesparingen wordt gerekend met een elektriciteitsprijs van €0,065. Deze elektriciteitsprijs is opgebouwd uit het normaalstarief van 2016 (€ 0,05171) en de energiebelasting van 2016 (€ 0,013). Voor de energiebelasting van 2016 is het belastingtarief voor het elektriciteitsgebruik tussen 50.001 en 10 miljoen kWh per jaar inclusief de “opslag duurzame energie” gekozen. Zonne-energie wordt overdag tijdens het normaalstarief opgewekt. Verder is aangenomen dat 90% van de opgewekte energie zelf direct verbruikt wordt. Het teruglevertarief is afhankelijk van het afgesloten contract met de energieleverancier, uitgangspunt in deze rapportage is het gangbare teruglevertarief van 70% van het kale leveringstarief (€ 0,036 voor 2016).

- Prijsontwikkeling en opbrengsten worden gerelateerd aan de inflatie. Er wordt effectief gerekend met een inflatie van 0%.
- Matige prijsstijging van energie, maximaal 1% boven de inflatie.

Afname in opwekking zonne-energie

Door veroudering van de zonnepanelen neemt de opwekking van energie voor de panelen jaarlijks af. In de berekening van de jaarlijkse opbrengst is een afname van 10% van de opbrengst van de zonnestroom installatie over de eerste 10 jaar en een verdere afname van 10% in de daaropvolgende 15 jaar gekozen. Dit is een conservatief en veilig uitgangspunt.

Vervangingen

Zonnepanelen hebben een gegarandeerde levensduur van minimaal 25 jaar. De omvormers hebben een gegarandeerde levensduur van 5 tot 12 jaar, afhankelijk van fabrikant.

In de berekening zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- De omvormers hebben een levensduur van minimaal negen jaar;
- De overige onderdelen van de zonne-installatie hebben een levensduur van 25 jaar (zonnepanelen, bekabeling enz).

Met uitzondering van het vervangen van de omvormers is de installatie onderhoudsvrij.

2.3 Berekeningsmodel

Voor de berekening maakt W/E gebruik van een zelf opgesteld model in Excel. De sterke punten van dit model zijn dat het veel ruimte biedt om financieel uitgebreide berekeningen te maken en dat de energetische opbrengsten globaal berekend worden met vuistregels. Deze vuistregels volgen uit de natuurkunde en zijn in metingen geverifieerd. De nauwkeurigheid van dit model past goed bij deze fase van het traject.

Het model berekent de jaarlijkse systeemopbrengst vanuit de individuele zonnepanelen, aan de hand van oriëntatie, hellingshoek, beschaduwing, veroudering, type omvormer en de aan- of afwezigheid van optimizers.

De opbrengsten zijn tweeledig: 1) een opbrengst vanwege de vermeden inkoop van energie en 2) de opbrengst vanuit de SDE subsidie.

De financiële opbrengst vanwege vermeden inkoop van elektriciteit wordt jaarlijks berekend met de formule:

$$Opbrengst_{PV} = (0,9 * Tarief_{elektriciteit} + 0,1 * 0,7 * Tarief_{kaal}) * E_{PV}$$

Hierin zijn de in paragraaf 2.2 genoemde uitgangspunten terug te vinden:



- 90% van de opgewekte energie wordt direct zelf verbruikt. Hiermee wordt direct de inkoop van energie vermeden: $Tarief_{elektriciteit}$ is het kale elektriciteitstarief ($Tarief_{kaal}$) met daarbij opgeteld de energiebelasting voor 2016.
- 10% van de energie wordt teruggeleverd. Het teruglevertarief is van 70% van het kale leveringstarief $Tarief_{kaal}$.
- E_{PV} is de energetische opbrengst van het PV-systeem in kWh.

Na 2018 is gerekend met de prijsstijging van 1% per jaar. Er is dus geen stijging van de energiebelasting voorzien.

De SDE opbrengst is berekend met de volgende formule:

$$SDE_{PV} = (SDE_{basis} - Tarief_{kaal}) * E_{PV}$$

Het SDE basistarief is 14,7 cent per kWh, hiervan wordt het basisenergieprijs (hier gelijk verondersteld met het kale tarief dat de gemeente betaalt) vanaf getrokken, dan blijft het subsidiabel tarief over. ECN bepaalt jaarlijks de basisenergieprijs en gaat hiervoor uit van de werkelijke energieprijs. Als de energieprijs stijgt, dan daalt het subsidiabel tarief. De inkomsten uit het PV-systeem blijven in het geval van de gemeentehuizen ongeveer gelijk, omdat het bedrag voor “vermeden inkoop” hoger wordt als de elektriciteitsprijs stijgt.

De inkomsten uit SDE en de inkomsten uit vermeden elektriciteit-inkoop zijn bij de gemeentehuizen als het ware communicerende vaten. Als de baten uit de SDE dalen door een stijgende elektriciteitsprijs, dan blijven de totale inkomsten ongeveer gelijk. Dat komt doordat de gemeentehuizen 90% van de opgewekte elektriciteit zelf verbruiken.

3 Marktonderzoek

3.1 Zonne-energie systemen

3.1.1 Zonne-energie systemen

Er zijn twee principesystemen te onderscheiden: De bekende en conventionele “Op dak” systemen en de gebouwgeïntegreerde systemen, die tegenwoordig in opmars zijn.

Voorbeelden van “Op dak” systemen



De “Op dak” systemen hebben veruit het grootste marktaandeel, zeker in de bestaande bouw. Deze zijn namelijk het meest kosteneffectief. Er zijn talrijke systemen op de markt om zonnepanelen op de daken te bevestigen.

Voorbeelden van gebouwgeïntegreerde systemen:

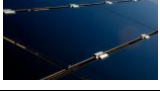


Er zijn commercieel zonnepanelen beschikbaar die in dakpannen geïntegreerd zijn en conventionele zonnepanelen worden ook wel als gevelelementen of dakbedekking gebruikt.

Gebouwgeïntegreerde PV systemen zijn nu nog maatwerk en daarom ook relatief duur. Veel fabrikanten spelen sinds dit jaar in op deze groeiende markt. Er is steeds meer vraag naar esthetisch geïntegreerde PV en verschillende kleine fabrikanten bieden nu zonnepanelen geschikt voor integratie aan.

3.1.2 Soorten Zonnepanelen

In de tabel hierna zijn de kenmerken van zonnepanelen samengevat. Alleen commercieel verkrijgbare systemen zijn in de tabel opgenomen. Het meest bekend zijn monokristallijn en polykristallijn silicium panelen, samen goed voor een marktaandeel van 90%. De overige 10% is verdeeld over de dunne film zonnepanelen CIGS, CdTe en amorf silicium.

	Techniek	Rendement	Verkrijgbaarheid	Betrouwbaarheid	Volwassenheid
	Monokristallijn Silicium	18-21%	Zeer goed	Goed	Bewezen technologie
	Polykristallijn Silicium	15-17%	Zeer goed	Goed	Bewezen technologie
	HIT/HTJ Silicium	19%	Matig	Goed	Bewezen technologie
	Amorf Silicium	13%	Slecht	Goed	“Verouderde” technologie
	Dunne film CIGS	11-13%	Goed	Matig	In ontwikkeling
	Dunne film CdTe	11-13%%	Slecht	Goed	In ontwikkeling
	Dunne film GaAs	24%	Slecht	-	Bewezen in kleine markt
	Dunne film Silicium	20%	Slecht	-	Start-up

De zonnepanelen met “monokristallijn silicium”, “polykristallijn silicium” en “HIT/HTJ Silicium” krijgen een positief advies, waarbij voor “HIT/HTJ Silicium” moet worden opgemerkt dat er maar één fabrikant van is.

Amorf silicium is een verouderde technologie (bekend van de rekenmachine). Deze technologie is ook slecht verkrijgbaar en valt daarom af.

CIGS-panelen worden door twee grote fabrikanten gemaakt (te koop bij onder meer IKEA). Het productieproces was moeilijk te controleren, en de producenten van deze panelen bestaan nog geen tien jaar. Vanwege deze risico's vallen deze panelen af.

CdTe-panelen hebben zeer goede eigenschappen voor een lage prijs, maar hebben als ingrediënten het giftige Cadmium en het zeldzame Telleride. De (enige) fabrikant levert om deze reden alleen aan zeer grote projecten. Deze panelen zijn dus niet beschikbaar en vallen af.

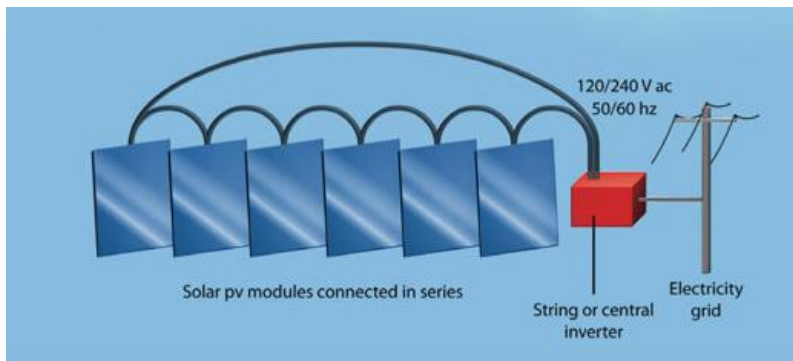
GaAs-panelen hebben het hoogste rendement, maar de prijs is ook hoog. Deze worden daarom veel gebruikt waar weinig gewicht en veel opwekking gecombineerd moeten worden en prijs geen probleem is: Ruimtevaart en zonneracerij. Commercieel op aanvraag verkrijgbaar tegen hoge prijs, waarbij de betrouwbaarheid onder aardse omstandigheden niet bewezen is: deze technologie valt af.

Een veelbelovende nieuwkomer is “dunne film silicium”, deze technologie biedt net als CdTe goede eigenschappen tegen een lage prijs. De lage prijs is nu nog toekomstmuziek, want de technologie zit in de opstartfase. Dit is wel een technologie om in de toekomst in de gaten te houden.

3.1.3 Omvormers en andere elektrische componenten

Omdat zonnepanelen een gelijkstroom produceren is er altijd een omvormer nodig die gelijkstroom (ook: DC=direct current, gelijkspanning) omzet naar wisselstroom (ook: AC= alternating current, wisselspanning). Van oudsher is het elektrisch ontwerp op basis van een centrale omvormer het

meest toegepast. Een nadeel hierbij kan zijn dat beschaduwing van één of enkele panelen een sterk negatief effect kan hebben op de output van het gehele zonne-energiesysteem. Om deze reden wordt er door installateurs vaak voor gekozen om geen panelen neer te leggen op plaatsen die voor een deel van de dag beschaduwd worden, bijvoorbeeld naast dakkapellen.

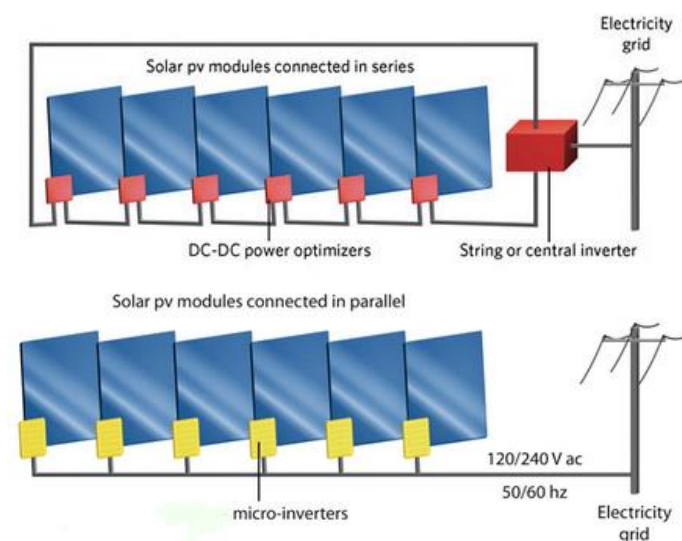


Aansluitschema voor zon-PV systeem met een centrale omvormer (inverter). Meerdere panelen staan in serie geschakeld waardoor schaduwverliezen een groot effect kunnen hebben op de hele systeemopbrengst.

Tegenwoordig is er ook een groeiend aanbod aan decentrale omvormers die als voordeel hebben dat de effecten van beschaduwing beperkt kunnen blijven tot één enkele module of een beperkt deel van de modules. Ook verschillen in instraling als gevolg van verschillen in oriëntatie van dakvlakken kunnen zonder veel verlies worden opgevangen.

Op zich bestaan decentrale omvormers al langere tijd, in de vorm van “AC-modules” of “string inverters” maar de lagere kosten en de verhoogde betrouwbaarheid maakt ze nu ook interessant voor de consumentenmarkt. Decentrale omvormers worden op de markt gebracht onder verschillende benamingen:

- AC-modules, dat wil zeggen modules met een geïntegreerde DC-AC omvormer;
- micro-omvormers, DC-AC omvormers die per module aangesloten worden;
- power optimizers, DC-DC omvormers die per module of per set van 2 modules aangesloten worden, een centrale omvormer doet vervolgens de omvorming van gelijkspanning (DC) naar wisselspanning (AC);
- string inverters, DC-AC omvormers die op een aantal in serie geschakelde modules (een string) aangesloten worden. Deze oplossing is voor kleinere daken minder interessant omdat het aantal modules in serie nog steeds vrij groot is.



Aansluitschema voor zonnepanelen met behulp van power optimizers (boven) of met micro-omvormers (onder). Omdat iedere paneel van een eigen vermogensregelaar is voorzien, hebben schaduwverliezen veel minder invloed op de systeemopbrengst. (bron: enecsys.com; SEAC, 2014)

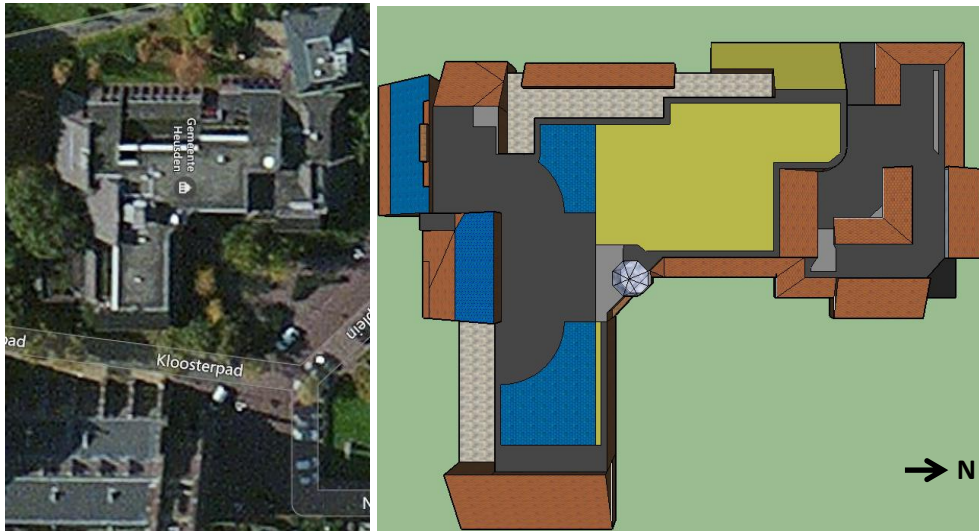
4 Gemeentehuizen

4.1 Gemeentehuis Vlijmen

4.1.1 Energiebehoefte

Het elektriciteitsgebruik van het gemeentehuis over het jaar 2014 was 493.907 kWh.

4.1.2 Analyse dakoppervlak



Het dak van het gemeentehuis te Vlijmen is geschikt voor zonnepanelen. In de figuur aan de rechterkant is het gemodelleerde dak te zien. Omdat het gemeentehuis een ingewikkelde vorm heeft zijn in de rechterfiguur alleen de voor zonnepanelen relevante dakdelen te zien. Rode daken zijn hellende daken, grijs is terras, zwart is beschaduwde plat dak. De blauwe dakdelen zijn zeer geschikt voor zonnepanelen. De groengele daken zijn geschikt voor zonnepanelen, maar deze worden dan wel beschaduwde gedurende een deel van de dag. De lichtgrijze delen krijgen voldoende zon, maar de vorm of maat van deze vlakken maakt het niet eenvoudig zonnepanelen te monteren. Voor het dak gelden de volgende aandachtspunten:

- Er staat een kerk met 71,8 meter hoge toren ten oosten van het gemeentehuis die gedurende de ochtend schaduw op het platte dak geeft;
- Er is rekening gehouden met de opstaande dakranden en de plaatsing van installaties of leidingwerk op de daken;
- Op een afstand van 20 centimeter van de dakrand mag geen PV worden toegepast vanwege de winddruk op de dakranden;
- In de analyse is uitgegaan van een maximaal instalingsverlies van 10% door schaduw.

Op de hellende daken is 110 m² dakoppervlak beschikbaar en geschikt voor PV, op het platte dak is 90 m² geschikt voor PV. Op het platte dak is er 190m² tijdelijk beschaduwde door de kerktoren en er is een schaduwvrij west georiënteerd dak van 56 m² geschikt voor PV.

4.1.3 Zonnepanelen

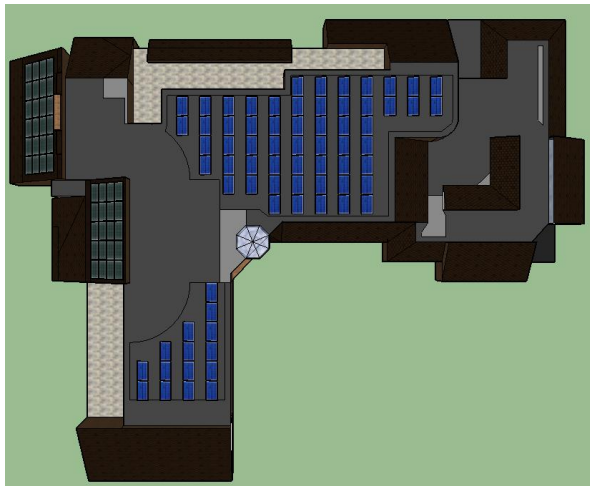
Voor de SDE-is er een aanvraag gedaan voor 34.450 W_p aan zonnepanelen. Er zijn dan ongeveer 140 (standaard) panelen van 250W_p nodig.

Bij het gemeentehuis van Vlijmen komt een deel van de panelen op een schuin dak te liggen, dat in het zicht ligt. Zwarte panelen (full black) passen esthetisch het mooist op of in de aanwezige

donkergrijze dakpannen. Vanwege de beschaduwing van het dak adviseren we een zonnepaneelsysteem met optimizers. Een beschaduwd paneel blokkeert de stroom die door een string zonnepanelen loopt. Een beschaduwd paneel zorgt er dus voor dat een hele string geen opbrengst heeft. Een optimizer optimaliseert de opbrengst van een PV-paneel, en zorgt dat de stroom een beschaduwd paneel ongehinderd kan passeren. Dit leidt tot een meeropbrengst van 10 tot 35% afhankelijk van de situatie.

De zonnepanelen worden op het dak gemonteerd, de levensduur van zonnepanelen is korter dan de levensduur van de dakpannen.

Er is een variantenstudie gedaan voor het gemeentehuis te Vlijmen. De variantenstudie geeft een overzicht van de mogelijkheden tot toepassing van PV op het gemeentehuis. De variantenstudie is ter inspiratie te vinden in de bijlage.



Bovenstaande tekening geeft een voorbeeld van hoe de zonnepanelen op het dak gepositioneerd kunnen worden. Deze schets vormt het uitgangspunt van de berekening.

In onderstaande tabel een overzicht van de investeringen, baten en CO₂-besparing.

Vlijmen	
Investering	€ 47.000
Opwekking jaar 1	32.200 kWh
Baten jaar 1	€ 2.100
SDE- jaar 1	€ 3.400
Resultaat jaar 1	€ 5.500
Vervangingskosten per jaar	€ 500
BAR	11,8%
CO₂ besparing in kg/jaar	18.700

BAR staat in de tabel voor Bruto Aanvangs Rendement en staat voor de baten van de installatie in het eerste jaar gedeeld door de initiële investering. De BAR geeft een maat voor hoe financieel aantrekkelijk het is om te investeren in de installatie.

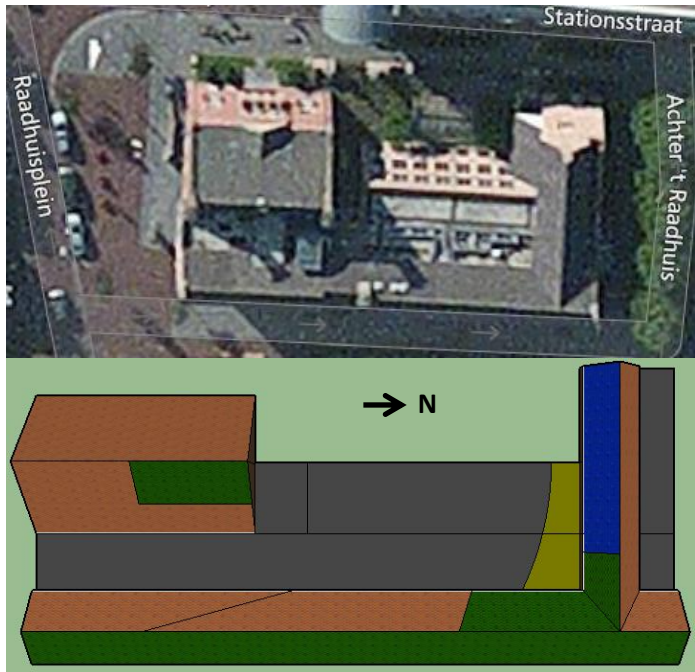
Het aangevraagde SDE-vermogen is realiseerbaar op het dak van het gemeentehuis te Vlijmen. Met de zonnepanelen wordt een mooi financieel rendement behaald (11,8%).

4.2 Gemeentehuis Drunen

4.2.1 Energiebehoefte

Het elektriciteitsgebruik van het gemeentehuis over het jaar 2014 was 235.571 kWh.

4.2.2 Analyse dakoppervlak



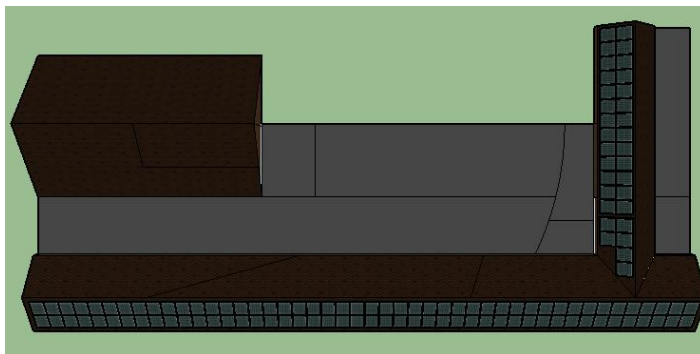
Het gemeentehuis te Drunen heeft één ideaal dakvlak voor PV, het blauw gekleurde hellend dak op het zuiden van ongeveer 55 m². Alternatieven zijn het groen gekleurde oostdakvlak onder in de figuur van ongeveer 200 m² en het zuid en westdakvlak grenzend aan het blauwe dakvlak van ongeveer 60m².

Het raadhuis heeft een monumentale functie en PV mag dus alleen uit het zicht worden toegepast. Er is één dakvlak wat dan in aanmerking komt voor PV, en dat is het groen gekleurde deel van ongeveer 45 m².

4.2.3 Zonnepanelen

Voor de SDE-is er een aanvraag gedaan voor 31.800 Wp aan zonnepanelen. Bij het gemeentehuis van Drunen komen de panelen op een schuin dak te liggen, dat in het zicht ligt. De voorkeur gaat uit naar zwarte panelen.

Voor 31.800 Wp zijn dan ongeveer 125 panelen nodig. Op zuidvlak passen ongeveer 26 panelen zonder schaduw en 32 panelen als er 6 in de schaduwzone geplaatst worden. Op het oostvlak passen ongeveer 92 panelen. De figuur op de volgende pagina toont een schets van het dakaanzicht, deze schets vormt het uitgangspunt voor de berekening.



In onderstaande tabel een overzicht van de investeringen, baten en CO₂-besparing.

Drunen	
Investering	€ 41.000
Opwekking jaar 1	27.500 kWh
Baten jaar 1	€ 1.700
SDE- jaar 1	€ 2.800
Resultaat jaar 1	€ 4.500
Vervangingskosten per jaar	€ 500
BAR	11,0%
CO₂ besparing in kg/jaar	15.300

BAR staat in de tabel voor Bruto Aanvangs Rendement en staat voor de baten van de installatie in het eerste jaar gedeeld door de initiële investering. De BAR geeft een maat voor hoe financieel aantrekkelijk het is om te investeren in de installatie.

De hoeveelheid vermogen aan zonnepanelen zoals aangevraagd in de SDE-subsidie is te realiseren op het dak van het gemeentehuis te Drunen. Met een bruto aanvangsrendement van 11% heeft de investering een aantrekkelijk rendement.

5 Conclusie advies zonnepanelen

5.1 Systeemkeuze

Het betreft een toepassing in bestaande bouw. Op de platte daken worden conventionele op-dak systemen geadviseerd, deze bieden op dit moment de beste prijs-kwaliteit. Voor de schuine daken is een op-dak het meest kosteneffectief.

Vanwege de toepassing van zonnepanelen op de schuine daken adviseren we zwarte zonnepanelen met matzwarte frames toe te passen. Deze passen esthetisch het mooist in de dakvlakken van de gemeentehuizen. Om optimaal gebruik te maken van het bezonde dakoppervlakte adviseren we een zonnepaneel te nemen met een hoog rendement. Zwarte zonnepanelen met een hoog rendement zijn monokristallijne silicium zonnepanelen of HIT zonnepanelen.

Gedurende een (klein) deel van de dag worden de panelen op de gemeentehuizen beschaduwd. Beschaduwning heeft het grootste effect in Vlijmen vanwege de kerktoren. In Drunen is er schaduw door horizonwerking en de achtergevel. We adviseren om een systeem met optimizers te realiseren, waardoor de opbrengst ondanks beschaduwning hoger is.

5.2 Kosten en baten

In onderstaande tabel een overzicht van de investeringen, baten en CO₂-besparing.

	Vlijmen	Drunen
Investering	€ 47.000	€ 41.000
Opwekking jaar 1	32.200 kWh	27.500 kWh
Baten jaar 1	€ 2.100	€ 1.700
SDE- jaar 1	€ 3.400	€ 2.800
Resultaat jaar 1	€ 5.500	€ 4.500
Vervangingskosten per jaar	€ 500	€ 500
BAR	11,8%	11,0%
CO₂ besparing in kg/jaar	18.700	15.300
CO₂ besparing op elektriciteitsverbruik	7%	11%

Het dak van Drunen is niet optimaal georiënteerd, waardoor de PV op het dak van Drunen minder presteert als de PV in Vlijmen. De investering in Drunen is relatief lager omdat het op een schuin dak toegepast wordt. Deze twee effecten heffen elkaar in dit geval redelijk op, met financiële aanvangsrendementen van 11,0% tot 11,8%.

5.3 Risico's

Risico's en aanpak voor beheersing

- De gemeente heeft aangegeven een **prestatiegerichte aanbesteding** te willen, waarbij er een minimale hoeveelheid elektriciteit geleverd moet worden. Tevens is het de bedoeling dat de **huisinstallateur** van de gemeente het **onderhoud** van de installatie zal gaan uitvoeren. Een **leverancier** van de installatie die een bepaalde prestatie moet leveren zal echter zelf de installatie **zelf** willen kunnen monitoren en onderhouden om te zorgen dat de installatie aan de gevraagde prestatie voldoet. Dat kan er toe leiden dat leveranciers/aanbieders de **prestatie** van de PV-installatie **niet willen garanderen**. Het risico is hier wel minder groot dan bij een PVT of thermische installatie zoals bij zwembad Die Heygrave.
- In de PV-branche komen regelmatig faillissementen voor van vooral kleinere partijen of worden partijen overgenomen door een andere partij. Een **faillissement** kan ertoe leiden dat een **productgarantie** niet meer gestand gedaan kan worden. Bij contractvorming afspraken maken met de leverancier of en hoe een garantieprobleem in de toekomst opgelost kan worden.

5.4 Conclusie

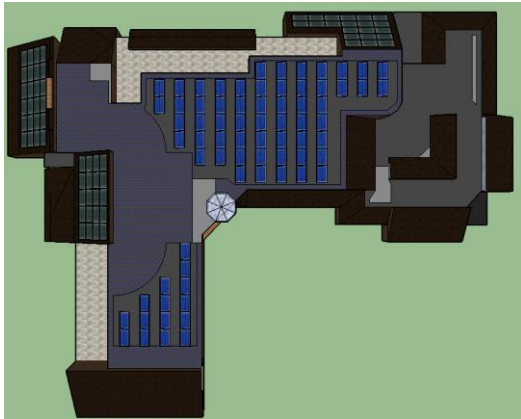
- Het vermogen aan zonne-energie zoals aangevraagd in de SDE is realiseerbaar op de gemeentehuizen.
- Er is een positieve business case voor PV, met een mooi bruto aanvangsrendement (BAR) van 11% tot 11,8%.
- De zonnepanelen zorgen voor ongeveer 7% reductie van elektriciteitsgebonden CO₂-emissie in het gemeentehuis van Vlijmen en 11% reductie van elektriciteitsgebonden CO₂-emissie in het gemeentehuis van Drunen.

Bijlage

Variantenstudie Vlijmen

Variant 1 Conventioneel

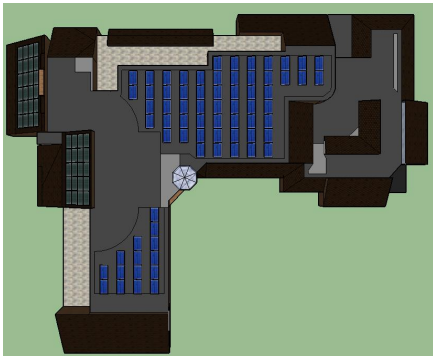
Uitgangspunt voor de berekening is een conventioneel systeem met zwarte monokristallijne panelen met een rendement van 16% en een levensduur van minimaal 25 jaar. Er zijn 136 panelen met een hoger vermogen ($255W_p$) toegepast. De omvormer heeft een levensduur van minimaal negen jaar en behaalt een rendement van minimaal 95%.



In bovenstaande figuur het dakaanzicht voor deze variant.

Variant 2 Hoog rendement zonnepanelen

Het dak op het westen is niet optimaal georiënteerd voor zonne-energie. Vergelijkbaar met variant 1, maar het westvlak wordt niet gebruikt. Door zonnepanelen met een rendement van 19% uit te kiezen kan het SDE-vermogen gerealiseerd worden met 115 panelen.



In bovenstaande figuur het dakaanzicht voor deze variant.

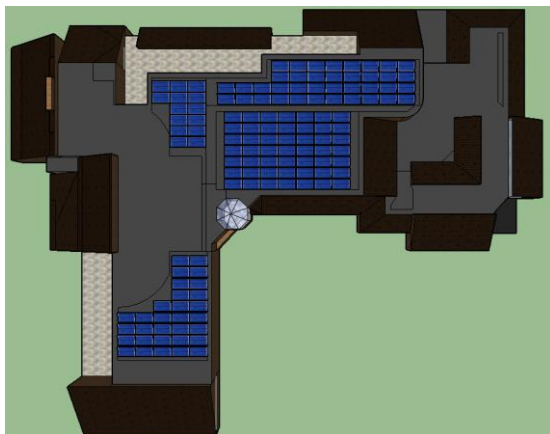
Variant 3 Hoog rendement zonnepanelen en optimizers

De panelen van variant 2 worden voor deze berekening voorzien van een optimizer. Een optimizer is een kastje achterop het PV-paneel waardoor de opbrengst van ieder individueel paneel geoptimaliseerd wordt. Bij veel schaduw zoals het dak te Vlijmen heeft een systeem met optimizers een hogere opbrengst in vergelijking met een conventioneel systeem.

Variant 4 Oost-west oriëntatie met optimizers

Om het potentieel van het plat dak zoveel mogelijk te benutten en geen gebruik te maken van de schuine daken kan in Vlijmen ook een “oost-west-oriëntatie” aangehouden worden. Dit kan worden

bereikt met 132 panelen van 265W_p. Vanwege de beschaduwing wordt gebruik gemaakt van optimizers.



In bovenstaande figuur het dakaanzicht voor deze variant.

Vergelijking varianten Vlijmen

In onderstaande tabel staan de varianten vergeleken. In de varianten 1 en 2 hebben de panelen geen optimizers. Gezien de beschaduwing is het verstandig om op deze locatie met optimizers te werken.

	1 Conventioneel	2 HR-PV	3 HR-PV & optimizers	4 Oost-west & optimizers
Investering	€ 39.000	€ 41.000	€ 47.000	€ 46.000
Opwekking jaar 1	28.800	29.000 kWh	32.200 kWh	26.200 kWh
Baten jaar 1	€ 1.800	€ 1.800	€ 2.100	€ 1.600
SDE- jaar 1	€ 2.900	€ 3.000	€ 3.400	€ 2.600
Resultaat jaar 1	€ 4.700	€ 4.800	€ 5.500	€ 4.200
Vervangingskosten per jaar	€ 500	€ 500	€ 500	
BAR	12,1%	11,7%	11,8%	9,2 %
CO₂ besparing in kg/jaar	16.000	16.300	18.700	14.500

BAR staat in de tabel voor Bruto Aanvangs Rendement en staat voor de baten van de installatie gedeeld door de initiële investering. De BAR geeft een maat voor hoe financieel aantrekkelijk het is om te investeren in de installatie.

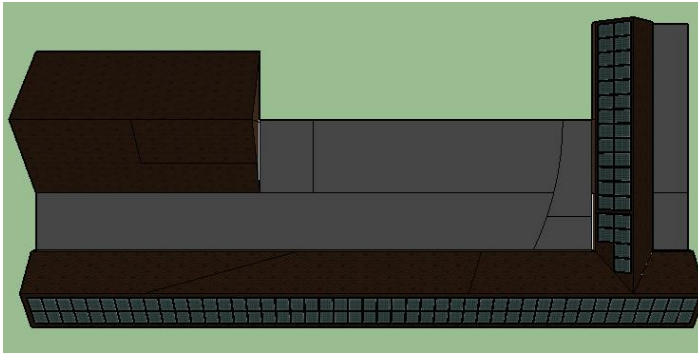
De varianten 1 tot en met 3 zijn wat financieel rendement betreft vergelijkbaar. De panelen met een hoger rendement in variant 2 presteren beter omdat er nu een hoger vermogen ideaal op de zon gericht staat. In variant 3 zorgen de optimizers voor het optimaliseren van de zonnepanelen en wordt de opbrengst maximaal. De gemeente is met deze variant ook het meest zeker van de opbrengst. Bovendien geeft variant 3 de hoogste besparing in CO₂-uitstoot.

Variant 4 valt af vanwege het lage financiële rendement. De panelen vangen minder zon met de oost-west opstelling.

De keuze valt op variant 3:

- Hoogste besparing op CO₂-uitstoot
- Meeste zekerheid van opbrengst (onzekerheid in de berekening door schaduw is het kleinst)
- Goed financieel rendement (BAR)
- De investering is wel het hoogst, maar daar staan zekerheid en een hogere CO₂-besparing tegenover

Variantenstudie Drunen



Variant 1 Conventioneel

Uitgangspunt voor de berekening is een conventioneel systeem met zwarte monokristallijne panelen met een rendement van 16% en een levensduur van minimaal 25 jaar. De omvormer heeft een levensduur van minimaal 9 jaar en behaalt een rendement van minimaal 95%. Op het zuidvlak zijn 32 panelen geplaatst, op het oostvlak 92 panelen.

Variant 2 Optimizers

In deze berekening is het conventionele systeem uitgebreid met optimizers. Ieder paneel krijgt een eigen optimizer.

Vergelijking varianten Drunen

In onderstaande tabel staan de twee varianten vergeleken.

	1 Conventioneel	2 Optimizers
Investering	€ 36.000	€ 41.000
Opwekking jaar 1	24.000	27.500 kWh
Baten jaar 1	€ 1.500	€ 1.700
SDE- jaar 1	€ 2.400	€ 2.800
Resultaat jaar 1	€3.900	€ 4.500
Vervangingskosten per jaar	€ 500	€ 500
BAR	11,0%	11,0%
CO₂ besparing in kg/jaar	13.000	15.300

BAR staat in de tabel voor Bruto Aanvangs Rendement en staat voor de baten van de installatie gedeeld door de initiële investering. De BAR geeft een maat voor hoe financieel aantrekkelijk het is om te investeren in de installatie.

De varianten 1 en 2 zijn wat financieel rendement betreft vergelijkbaar. In variant 2 zorgen de optimizers voor het optimaliseren van de zonnepanelen en wordt de opbrengst maximaal. De gemeente is met deze variant ook het meest zeker van de opbrengst, hoewel hier minder risico of onzekerheid is dan bij het gemeentehuis te Vlijmen. Bovendien geeft variant 2 de hoogste besparing in CO₂-uitstoot.

De keuze valt op variant 2:

- Hoogste besparing op CO₂-uitstoot
- Meeste zekerheid van opbrengst (onzekerheid in de berekening door schaduw is het kleinst)
- Goed financieel rendement (BAR)
- De investering is wel het hoogst, maar daar staan zekerheid en een hogere CO₂-besparing tegenover