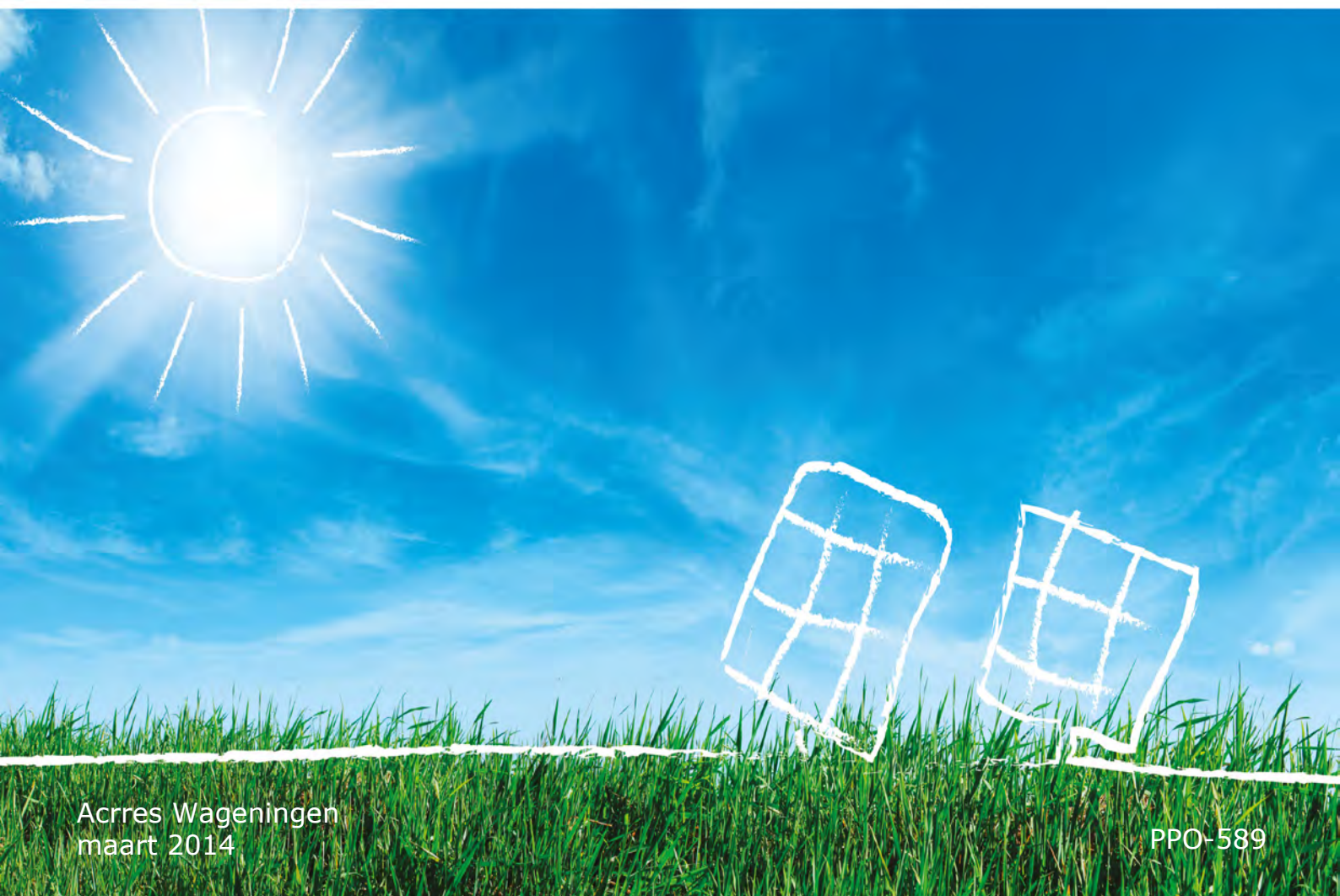


Zonneweide resultaten t/m 2013

Auteur: Joanneke Spruijt



Acres Wageningen
maart 2014

PPO-589

Zonneweide resultaten t/m 2013

Auteur: Joanneke Spruijt

© 2014 Wageningen, ACRRES – Wageningen UR

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van ACRRES-Wageningen UR.

ACRRES – Wageningen UR is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit project is tot stand gekomen dankzij:



ACRRES – Wageningen UR
Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 - 29 11 11
Fax : 0320 - 23 04 79
E-mail : info@acrres.nl
Internet : www.acrres.nl

Inhoudsopgave

1	INLEIDING.....	5
2	OPZET ZONNEWEIDE.....	7
3	RESULTATEN	11
3.1	Gehele Zonneweide.....	11
3.2	Type PV paneel	14
3.3	Schletter Vario Top	15
3.4	Deger.....	22
3.5	Van der Valk.....	24
4	SAMENVATTING.....	25
	BIJLAGE: TECHNISCHE GEGEVENS VAN DE VERSCHILLENDE OPSTELLINGEN OP DE ZONNEWEIDE	27

1 Inleiding

In de loop van 2011 is op de proeflocatie van ACRRES (onderdeel van Wageningen UR) in Lelystad de Zonneweide gerealiseerd. Op deze Zonneweide worden verschillende typen zonnepanelen en verschillende vrije veldopstellingen continu gemonitord en vergeleken op performance en rendabiliteit. Jaarlijks wordt een rapport met onderzoeksresultaten uitgebracht. In de vorige rapportage (Zonneweide Energierijk; Resultaten 2011-2012; PPO publicatie nr. 526) is naast een vergelijking van de performance van de verschillende systemen, nadrukkelijk ingegaan op de rentabiliteit van de geteste PV systemen. Het huidige rapport beschrijft de technische resultaten van de verschillende systemen gedurende de afgelopen jaren.

2 Opzet Zonneweide

Door verschillende combinaties van type zonnepaneel en type veldopstelling zijn er in totaal 11 verschillende systemen met een gezamenlijk geïnstalleerd vermogen van 24,022 kWp geplaatst.

zonnepanelen:

- polykristallijn silicium (Solarpark 230 Wp)
- polykristallijn silicium (Kyocera 240 Wp)
- dunne film silicium (Schott 97 Wp)
- dunne film CIS (Sulfurcell 55 Wp)



Foto 1: polykristallijn silicium panelen van Solarpark



Foto 2: polykristallijn silicium panelen Kyocera



Foto 3: dunne film silicium panelen van Schott

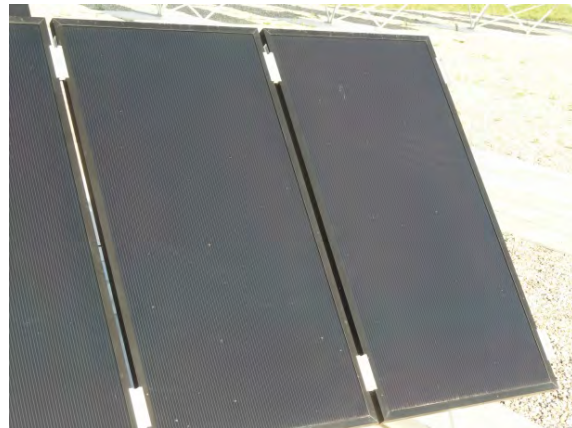


Foto 4: dunne film CIS panelen van Sulfurcell

veldopstellingen:

Deze zonnepanelen worden getest volgens vier opstellingen:

- vaste opstelling: de panelen staan permanent onder een hoek van 36° op het zuiden gericht, zie Foto 5.
- variabele opstelling (Schletter Vario Top): de panelen zijn gedurende het seizoen handmatig te verstellen in 5 standen (van een hoek van 10 tot 60°), in de winter staan ze steiler en in de zomer vlakker, zie Foto 6.
- zonvolgsysteem of tracker over twee assen (Deger): hierbij zijn de panelen op een frame geplaatst welke op een draaikrans is gemonteerd, zie Foto 7. Gestuurd door een lichtsensor worden de panelen zowel horizontaal als verticaal in de positie met de hoogste lichtinval bewogen.
- zonvolgsysteem of tracker over één as (van der Valk Solartracker): een één-assig volgsysteem waarbij het besturingssysteem is gebaseerd op de stand van de zon op die dag, zie Foto 8. Het systeem volgt gedurende de dag de baan van de zon van oost naar west.

In de bijlage zijn de technische gegevens van de 11 verschillende systemen gedetailleerd weergegeven.



Foto 5: vaste opstelling

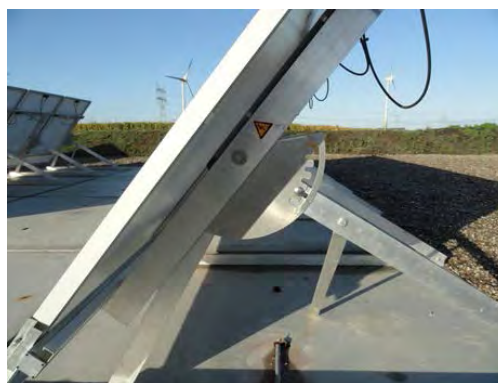


Foto 6: variabele opstelling (Schletter Vario Top)



Foto 7: Deger sun-tracker (over 2 assen)



Foto 8: Van der Valk solar-tracker (over 1 as)

De 11 systemen hebben elk hun eigen SMA-omvormer, waarbij het type omvormer is aangepast aan het vermogen van de opstelling. De opbrengstgegevens per opstelling worden elke 15 minuten met een Sunny WebBox datalogger uitgelezen en opgeslagen. Via het netwerk worden de gegevens verzonden naar het internet portaal Sunny Portal, waar de gegevens nauwkeurig gemonitord worden. De gegevens zijn publiek beschikbaar, op de ACRRES site wordt men hiernaar doorgelinkt (<http://www.acrres.nl/productie/zon/zonneweide>).



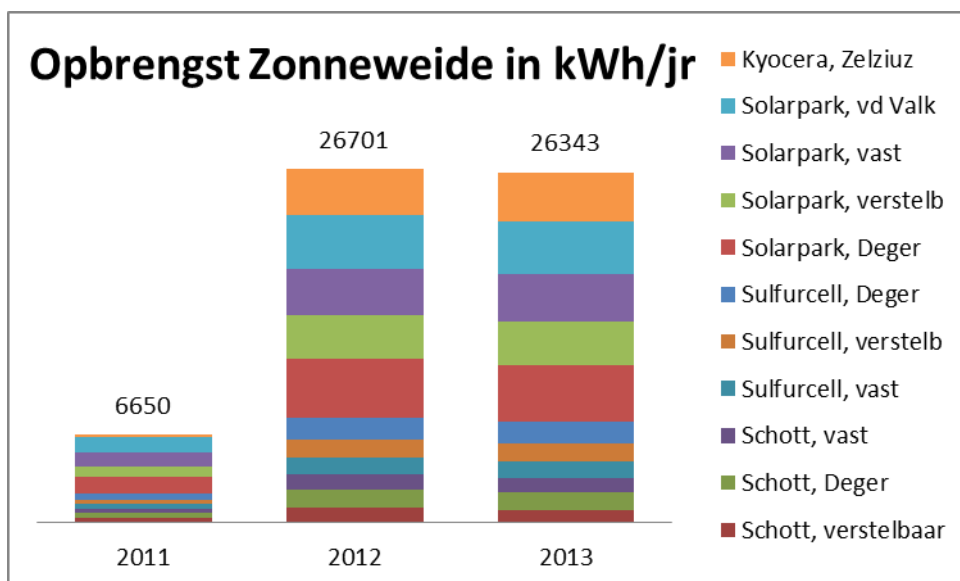
Foto 9: Kast met de SMA-inverters en bruto productiemeters

MV Solar heeft de meeste PV opstellingen en het monitoringsysteem geïnstalleerd. De firma van der Valk heeft de één-assige tracker geleverd en geplaatst en Zelziuz de vaste opstelling met de Kyocera panelen.

3 Resultaten

3.1 Gehele Zonneweide

Het totale geïnstalleerde vermogen op de Zonneweide bedraagt 24,022 kWp, zie de bijlage voor de technische gegevens per opstelling. De verschillende PV systemen zijn in de loop van 2011 geïnstalleerd, waardoor de jaaropbrengst beperkt was. In 2012 en 2013 heeft de Zonneweide met resp. 26.701 en 26.343 kWh in relatie tot het vermogen veel stroom opgebracht. In 2012 was de performance 1195 kWh/kWp en in 2013: 1097 kWh/kWp.



Figuur 1: Stroomopbrengst Zonneweide van 2011 tot en met 2013 in kWh per jaar verdeeld over de verschillende systemen

De globale instraling bij KNMI weerstation Lelystad bedroeg in 2012: 983 kWh/m² en in 2013: 1.016 kWh/m². Op de Zonneweide ligt totaal 233,7 m² aan zonnepanelen (zie bijlage), dus het totale berekende zonne-energieaanbod was in 2012: 229.727 kWh en in 2013: 237.439 kWh. Het berekende rendement van de gehele Zonneweide was in 2012: 11,6 % en in 2013: 11,1 %.

Er zijn een aantal factoren geweest die de opbrengst van de Zonneweide in negatieve zin beïnvloed hebben. Ten eerste blijkt in de praktijk dat de huidige positie van de verschillende PV systemen ten opzichte van de omgeving en ten opzichte van elkaar toch meer schaduwwerking geeft dan bij de aanleg werd verondersteld. 's Ochtends geeft de houtwal aan de Oostkant enige tijd schaduw. De van der Valk en de Zelziuz opstelling hebben daar de meeste hinder van, doordat zij het meest Oostelijk liggen. Verder blijkt de afstand tussen de twee rijen variabele panelen en de afstand tussen de vaste en de variabele opstelling voor elk PV systeem te klein te zijn. In de maanden november tot en met februari staat de tweede rij variabele opstellingen gedeeltelijk in de schaduw van de eerste rij en staat de eerste rij variabele panelen in de schaduw van de vaste opstellingen, zie de volgende fotoreeks. Bij de variabele opstelling met Solarpark panelen treedt dit in meerdere mate op dan met Schott en Sulfurcell panelen vanwege verschil in afmetingen.

30 januari 2013 16.00 uur



Foto 10: Schaduw van vaste op variabele Solarpark opstelling



Foto 11: Schaduw van 1^e rij op 2^e rij variabele Solarpark opstelling



Foto 12: Geen schaduw van vaste op variabele Schott opstelling

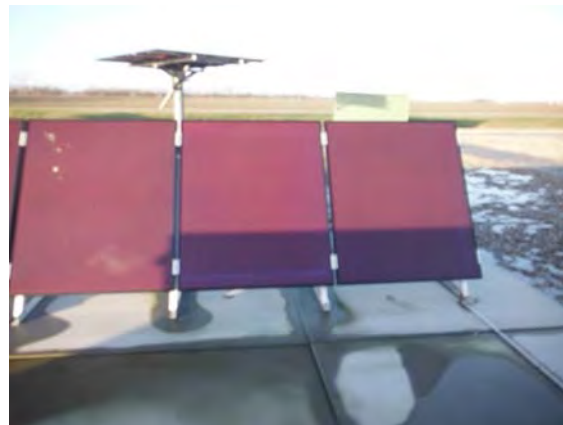


Foto 13: Schaduw van 1^e rij op 2^e rij variabele Schott opstelling



Foto 14: Schaduw van vaste op variabele Sulfurcell opstelling



Foto 15: Schaduw van 1^e rij op 2^e rij variabele Sulfurcell opstelling

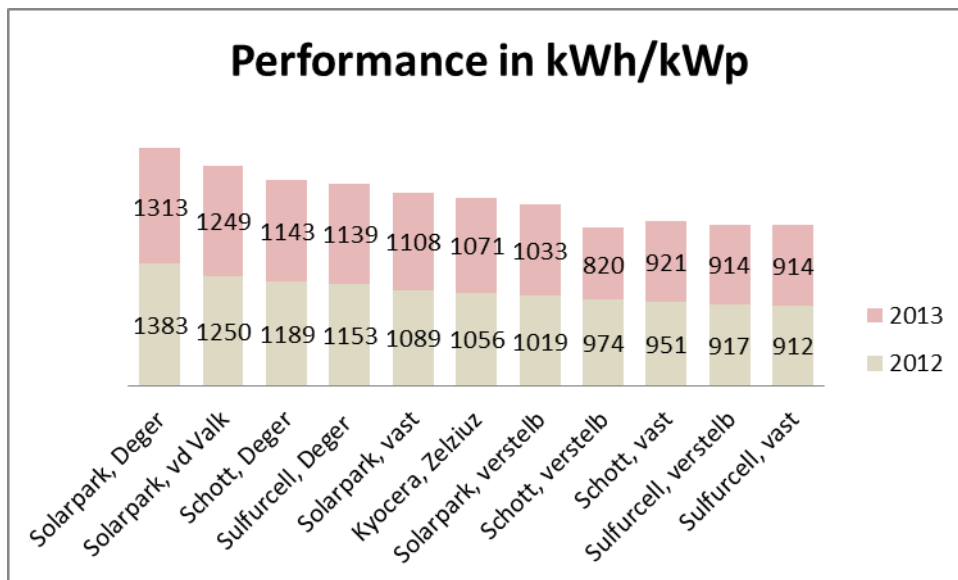
Naast deze negatieve invloeden van blijvende aard zijn er ook een aantal incidenten geweest, die een verklaring geven voor de lagere stroomopbrengst in 2013 t.o.v. 2012, terwijl de jaarlijkse instraling juist hoger was. Winter 2012-2013 en najaar 2013 heeft de Deger met de Solarpark panelen niet goed gedraaid vanwege een defecte printplaat. De variabele opstellingen met Schott panelen heeft voorjaar 2013 enige tijd met slechts 7 van de 12 panelen gefunctioneerd vanwege diefstal.

1 november 2012 13.00 uur



Foto 16: Net geen schaduw op Solarpark opstellingen

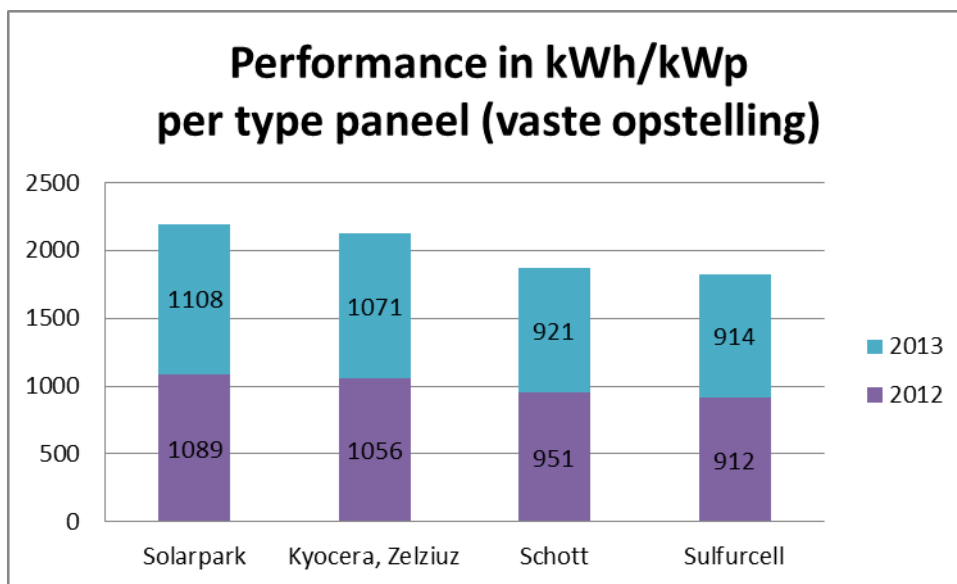
De genoemde gemiddelde performance van de Zonneweide van 1195 kWh/kWp in 2012 en 1097 kWh/kWp in 2013 bestaat uit grote verschillen in prestaties per opstelling, zie Figuur 2. Solarpark panelen op een Deger geven de beste performance, gevolgd door dezelfde panelen op een van der Valk opstelling. Ook de dunne film panelen (Schott en Sulfurcell) op de Deger opstelling scoren bovengemiddeld. In de volgende paragrafen wordt dieper ingegaan op de individuele verschillen.



Figuur 2: Performance in kWh per kWp per opstelling in 2012 en 2013

3.2 Type PV paneel

Doordat elk type paneel op een vaste opstelling met een constante hellingshoek van 36° is gemonitord, kunnen we de performance van de verschillende typen panelen op die opstellingen goed vergelijken. De polykristallijne panelen hadden zowel in 2012 als 2013 een hogere stroomopbrengst per Wattpiek dan de dunne film panelen, zie Figuur 3. Solarpark heeft een betere performance dan het andere polykristallijne Kyocera paneel van Zelziuz. De Zelziuz opstelling heeft daarbij wel meer last gehad van ochtendschaduw door de houtwal aan de Oostzijde van de Zonneweide. Van de dunne film panelen scoort de Schott hoger dan de Sulfurcell in beide jaren.



Figuur 3: Performance in kWh per kWp per type paneel in de vaste opstelling in 2012 en 2013

3.3 Schletter Vario Top

De vaste opstellingen stonden het hele jaar onder een hellingshoek van 36°. De Schletter Vario Top (de variabele opstelling) varieerde vrijwel maandelijks in hellingshoek volgens de volgende tabel.

Tabel 1: Hellingshoek per maand bij de vaste en variabele opstellingen

maand	vaste opstelling	variabele opstelling
jan	36°	60°
feb	36°	50°
mrt	36°	40°
apr	36°	30°
mei	36°	20°
jun	36°	10°
jul	36°	10°
aug	36°	20°
sept	36°	40°
okt	36°	50°
nov	36°	60°
dec	36°	60°

Door de al genoemde schaduwwerking op de Schletter Vario Top's is het lastig om conclusies te trekken ten aanzien van het effect van een variabele hellingshoek op de opbrengst. Bij de variabele opstelling met Solarpark panelen zijn de resultaten in 2012 en 2013 slechter dan met de vaste opstelling, zie Tabel 2, met Sulfurcell vergelijkbaar en met Schott in beide jaren beter. Hierna wordt dieper ingezoomd op de resultaten per type PV paneel.

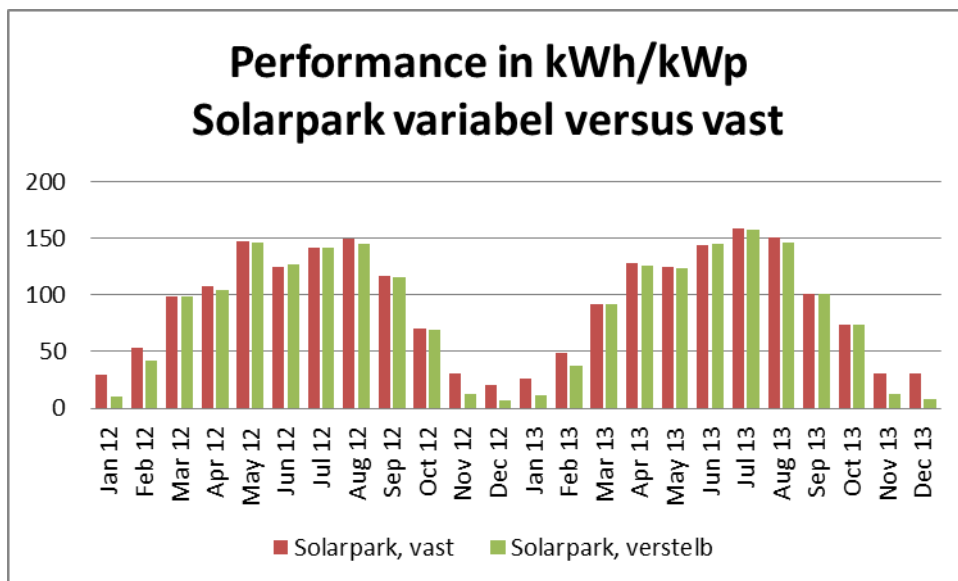
Tabel 2: Stroomopbrengst variabele opstelling ten opzichte van de vaste opstelling per type PV paneel

	2012	2013
Solarpark	94%	93%
Sulfurcell	101%	100%
Schott	102%	105% ¹

¹ Exclusief de maanden april en mei 2013, vanwege tijdelijk ontbreken van panelen.

Variabele opstelling met Solarpark panelen

Van november tot en met februari blijken de variabele opstellingen met de Solarpark panelen dusdanig veel last van schaduw te ondervinden dat zij beduidend slechter scoren dan de vaste opstellingen. Echter ook in de andere jaargetijden blijkt geen positief effect van het (vrijwel) maandelijks variëren van de hellingshoek, zie Figuur 4. Ook wanneer vanwege de schaduwwerking alleen de resultaten van maart tot en met oktober vergeleken worden, behaalt de variabele opstelling een lagere opbrengst: in 2012 99% van de opbrengst van de vaste opstelling en in 2013 97%.



Figuur 4: Performance in kWh per kWp per maand van de vaste en de variabele Solarpark opstellingen in 2012 en 2013

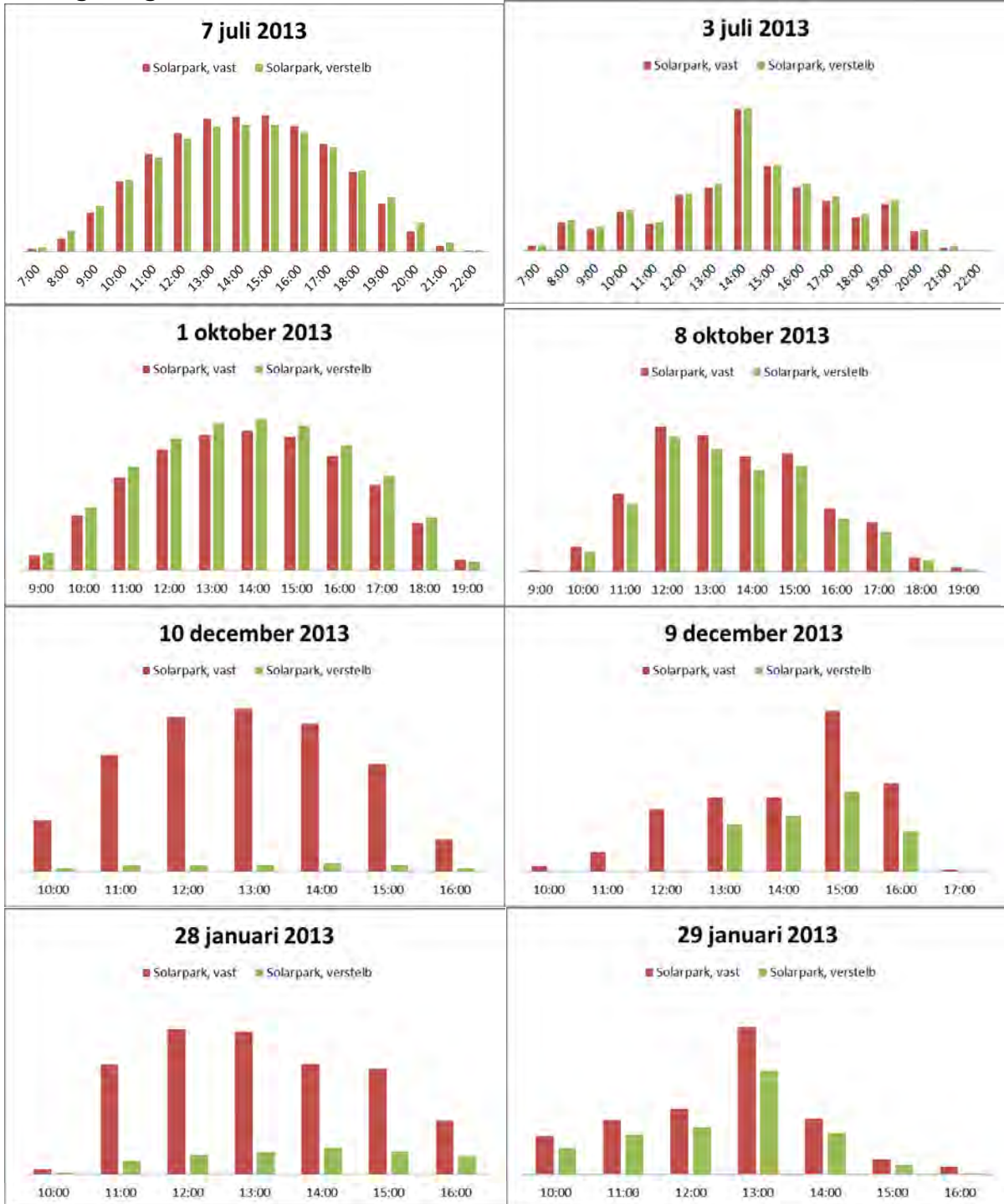
In juli, wanneer de variabele Solarpark opstelling vrijwel vlak (10°) staat, is de opbrengst op een zonnige dag (7 juli) rond de middaguren lager dan bij de vaste opstelling (36°), zie Figuur 5. In de ochtend- en avonduren op de zonnige dag (7 juli) en op een bewolkte dag (3 juli), wanneer er meer diffuus licht is, is de opbrengst bij een geringe hellingshoek hoger.

Begin oktober is de opbrengst op een zonnige dag (1 okt) bij een vrij grote hellingshoek (50°) hoger dan bij de vaste hellingshoek, maar bij een bewolkte dag (8 okt) juist lager. Ook hieruit blijkt dat op dagen met relatief meer diffuus licht een vlakkere stand van de panelen meer opbrengt.

In december en januari is de opbrengst van de variabele opstelling op een zonnige dag lager dan de vaste als gevolg van schaduwwerking. Op een wat meer bewolkte dag is dit negatieve effect minder, doordat het diffuse licht minder last van schaduw heeft dan de rechtstreekse zoninstraling. Eind januari is het negatieve effect van schaduwwerking minder groot als begin december.

Zonnige dagen:

Bewolkte dagen:

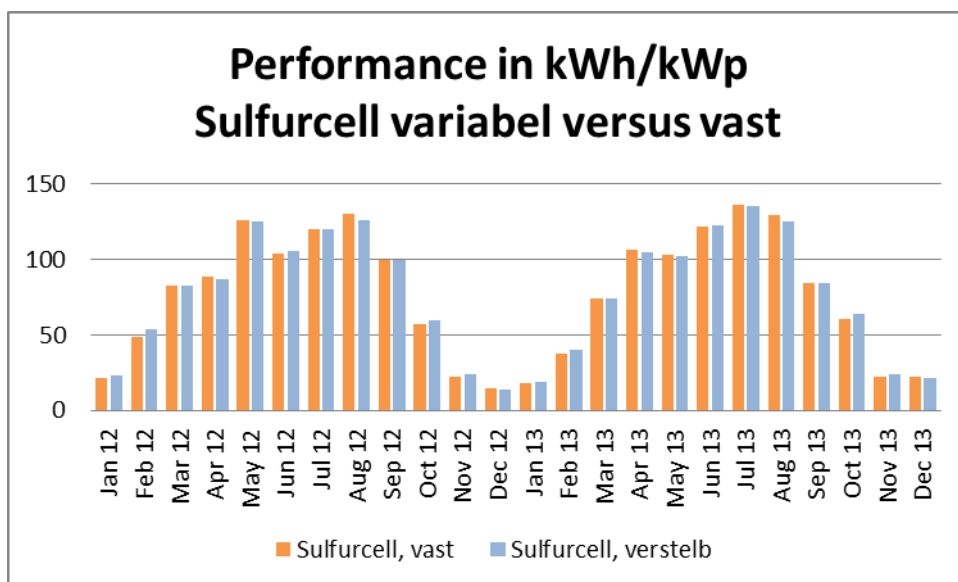


Figuur 5: Performance in kWh per kWp per uur van de vaste en de variabele Solarpark opstellingen op enkele zonnige en bewolkte dagen in zomer, herfst en winter in 2013

Variabele opstelling met Sulfurcell panelen

Ondanks het feit dat de variabele opstellingen van november tot en met februari last hebben van schaduwwerking, geven zij over heel 2012 een 1% hogere en in 2013 een gelijke stroomopbrengst in vergelijking met de vaste opstelling. Bij de Sulfurcell opstellingen zijn de 26 panelen verdeeld over twee strings die parallel geschakeld zijn, omdat de spanning op de inverter anders te hoog werd. Per opstelling is 1 MPP (Maximum Power Point) tracker gebruikt, net als bij de andere opstellingen. Door de parallelschakeling van twee strings, zal schaduw op de ene string minder effect hebben op de totale stroomopbrengst dan bij serie schakeling het geval zou zijn. Bij gebruik van een dubbele MPP tracker zal schaduw op de ene string helemaal geen effect hebben op de opbrengst van de andere string. Elke opstelling op de Zonneweide heeft echter slechts 1 MPP tracker.

Er blijkt geen duidelijke lijn uit de resultaten met de variabele Sulfurcell opstelling per maand: de ene maand zijn de resultaten beter en de andere maand juist slechter dan die van de vaste opstelling.

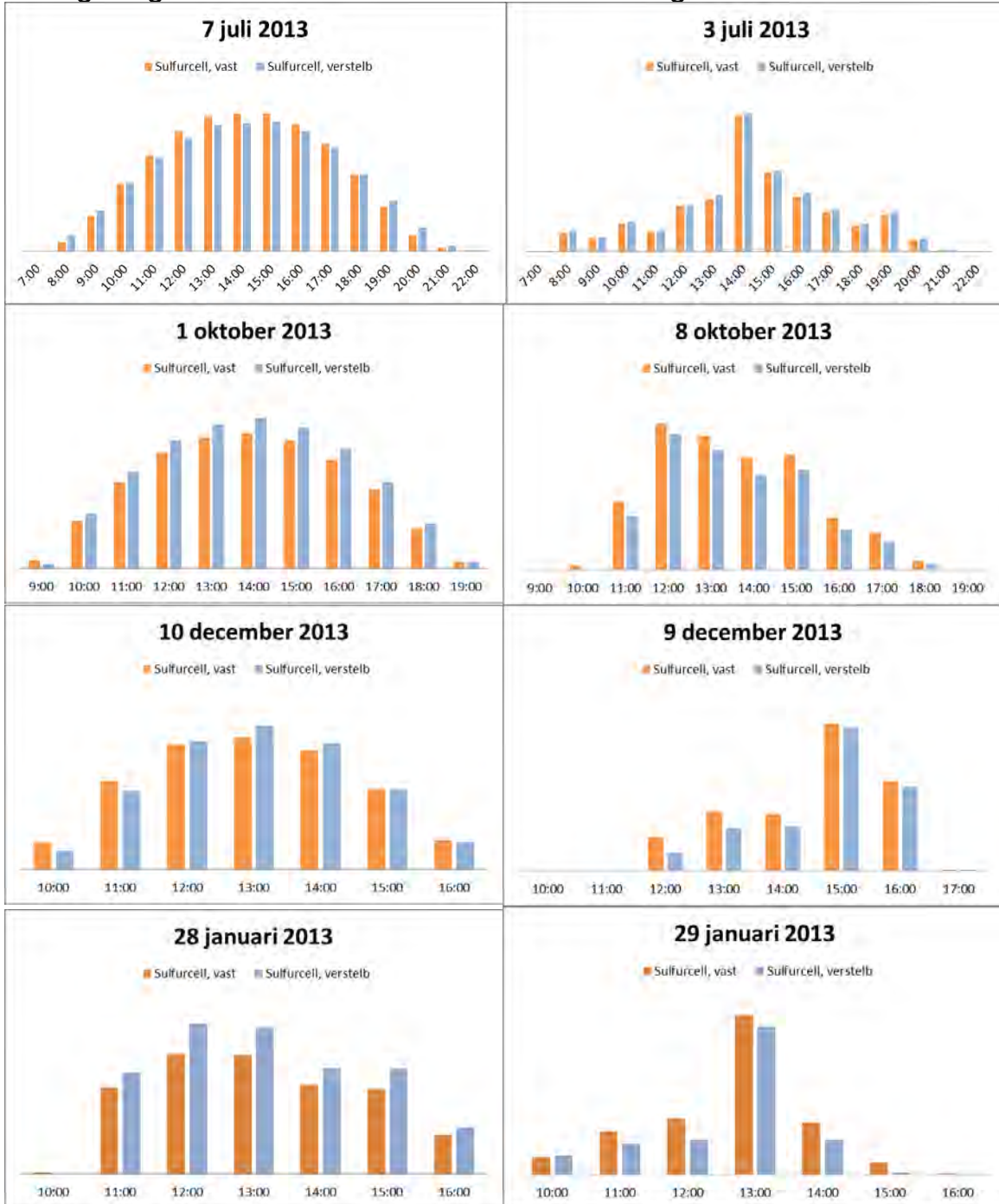


Figuur 6: Performance in kWh per kWp per maand van de vaste en de variabele Sulfurcell opstellingen in 2012 en 2013

Ook voor de Sulfurcell opstelling kunnen we net als bij de Solarpark concluderen dat wanneer de variabele opstelling in juli vrijwel vlak staat, de opbrengst op een zonnige dag rond de middaguren lager is dan bij de vaste opstelling, zie Figuur 7. Verder geldt ook hier dat wanneer er meer diffuus licht is (op bewolkte dagen) de opbrengst bij een geringere hellingshoek hoger is. Op zonnige dagen in oktober, december en januari is de opbrengst bij een steilere hellingshoek hoger.

Zonnige dagen:

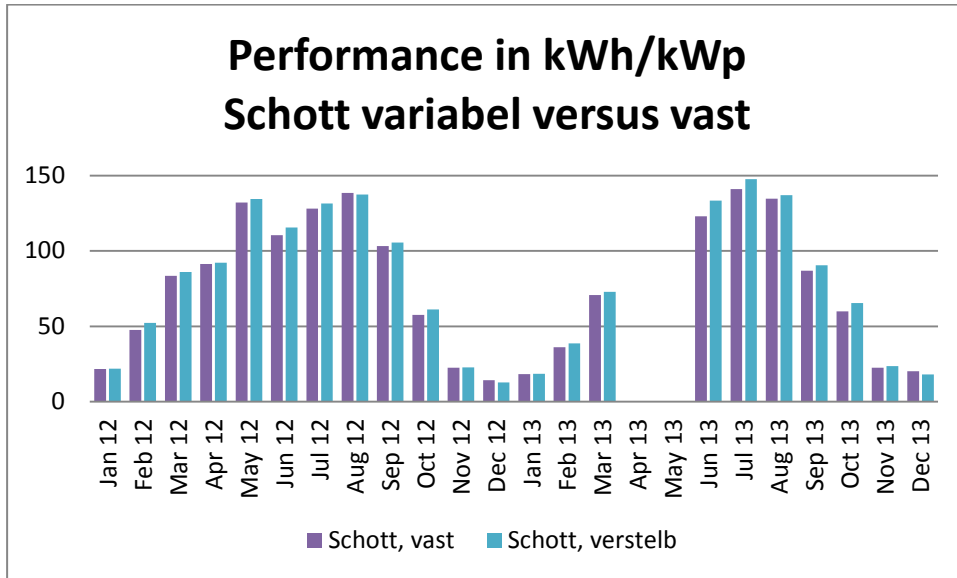
Bewolkte dagen:



Figuur 7: Performance in kWh per kWp per uur van de vaste en de variabele Sulfurcell opstellingen op enkele zonnige en bewolkte dagen in zomer, herfst en winter in 2013

Variabele opstelling met Schott panelen

De opbrengst van de Schott panelen is over de meeste maanden hoger dan op de variabele opstelling, zie Figuur 8. Dit ondanks de schaduwwerking op de variabele panelen in de wintermaanden. Bij dit type paneel lijkt variëren in hellingshoek het meeste effect te hebben. Over het hele jaar 2012 was dat 2% hoger en wanneer de resultaten van april en mei 2013 buiten beschouwing worden gelaten was dat in 2013 5% hoger.

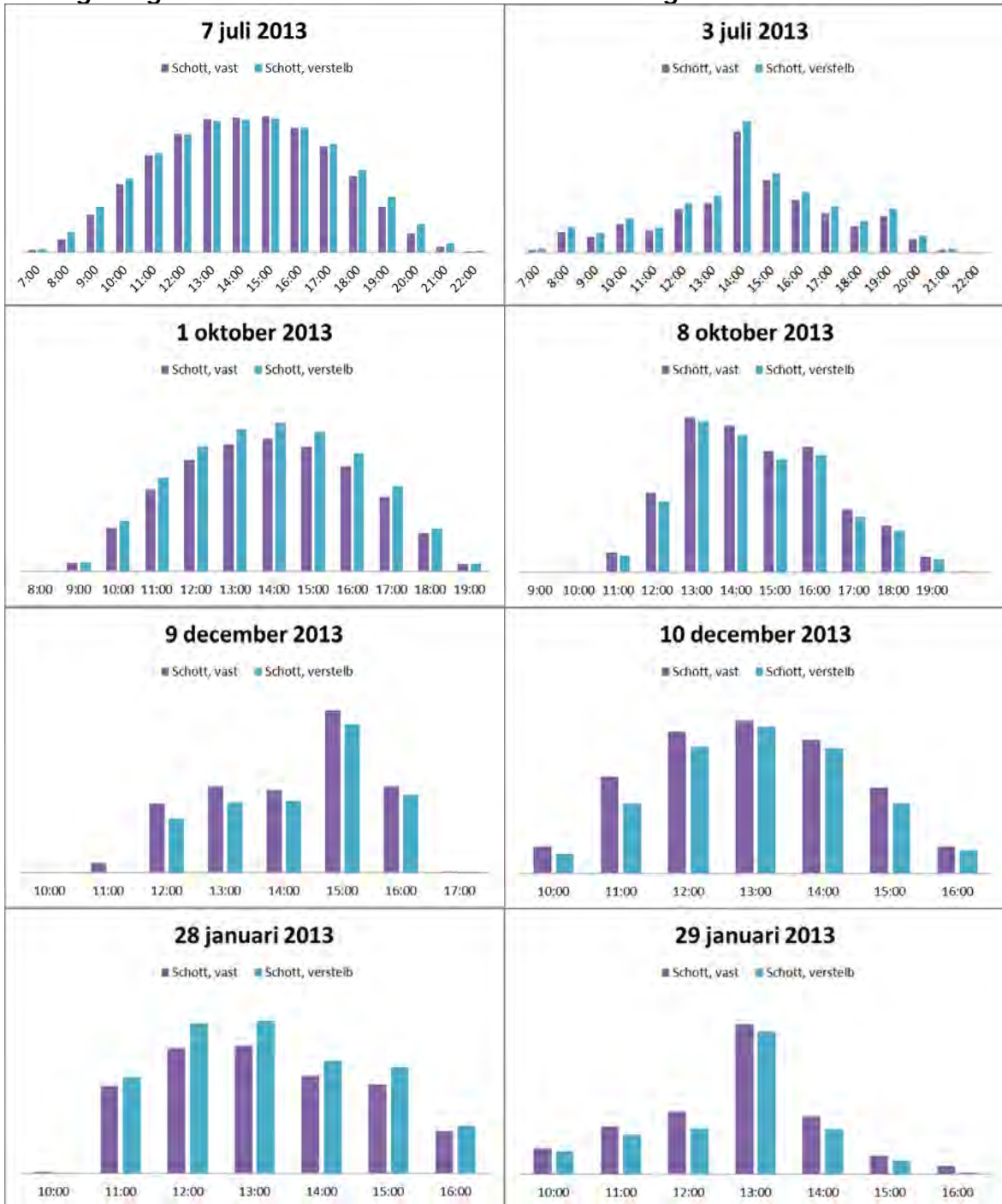


Figuur 8: Performance in kWh per kWp per maand van de vaste en de variabele Schott opstellingen in 2012 en 2013

De wetmatigheden in opbrengsteffecten van variëren in hellingshoek in zomer- en wintermaanden, zoals bij Solarpark en Sulfurcell ondervonden zijn, gelden ook voor de Schott panelen, zie Figuur 9. De negatieve effecten van schaduwwerking zijn begin december bij de variabele Schott opstelling, net als bij de Solarpark groter dan het positieve effect van de grotere hellingshoek. Eind januari wordt er op zonnige dagen, ondanks schaduwwerking een hogere opbrengst gehaald met een steilere hellingshoek.

Zonnige dagen:

Bewolkte dagen:



Figuur 9: Performance in kWh per kWp per uur van de vaste en de variabele Schott opstellingen op enkele zonnige en bewolkte dagen in zomer, herfst en winter in 2013

3.4 Deger

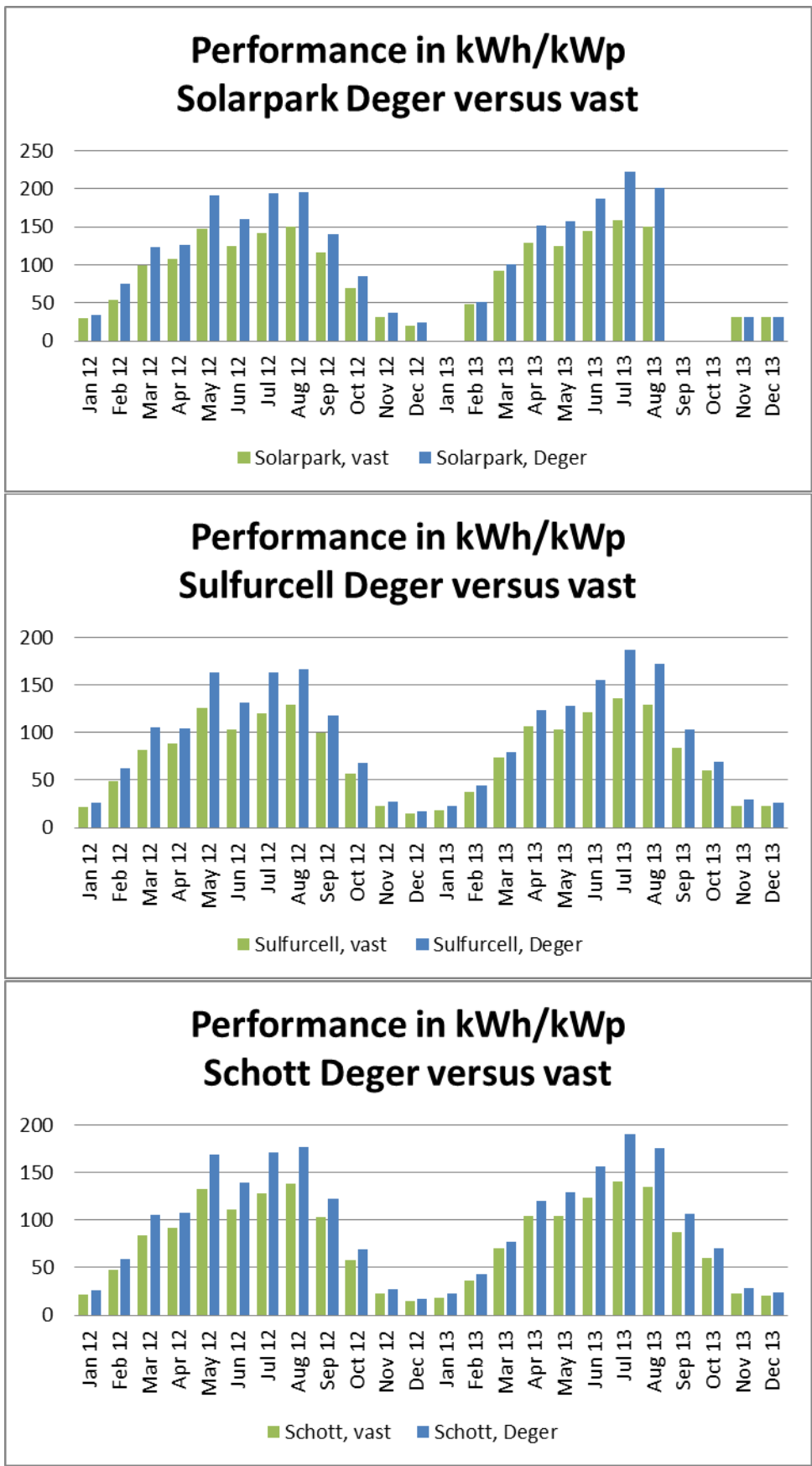
Doordat de Deger opstellingen gedurende de hele dag de positie met de hoogste lichtinval innemen, halen zij op jaarbasis een 24 tot 27% hogere stroomopbrengst dan de vaste opstellingen, zie Tabel 3. Met de Solarpark en Sulfurcell panelen is deze opbrengstverhoging iets groter dan met Schott panelen.

In Figuur 10 is zichtbaar dat dergelijke opbrengstverhogingen maandelijks behaald worden.

Tabel 3: Stroomopbrengst Deger opstelling ten opzichte van de vaste opstelling per type PV paneel

	2012	2013
Solarpark	127%	125% ²
Sulfurcell	127%	125%
Schott	125%	124%

² Exclusief de maanden dat de Deger defect was



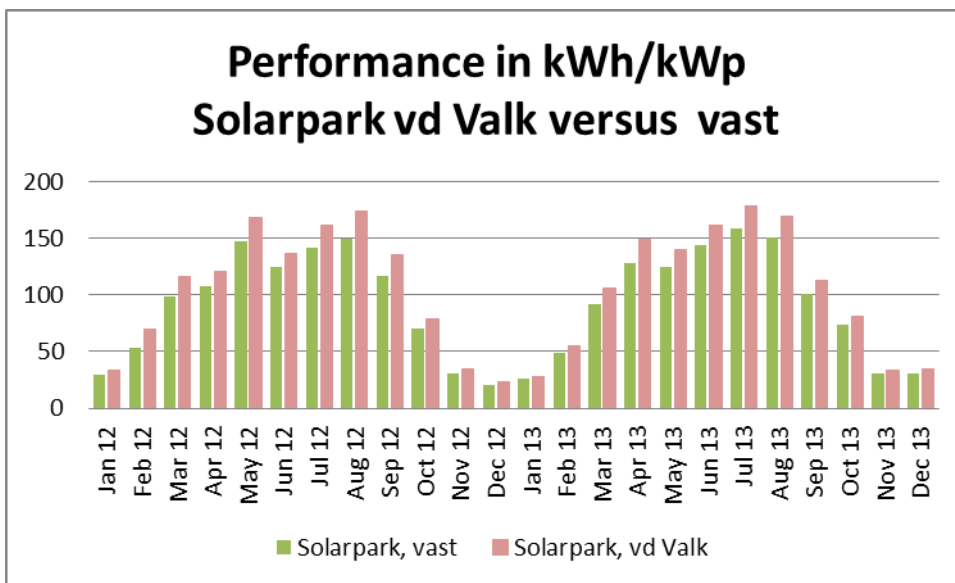
Figuur 10: Performance in kWh per kWp per maand van de Deger en de vaste opstellingen in 2012 en 2013

3.5 Van der Valk

De Van der Valk opstelling met Solarpark panelen draait onder een vaste hellingshoek gedurende de dag van Oost naar West. Hiermee wordt in 2012 een 15% en in 2013 een 13% hogere stroomopbrengst behaald dan met de vaste opstelling. Deze opbrengstverhogingen treden elke maand op, zie Figuur 11.

Tabel 4: Stroomopbrengst Van der Valk opstelling ten opzichte van de vaste opstelling met Solarpark panelen

	2012	2013
Solarpark	115%	113%



Figuur 11: Performance in kWh per kWp per maand van de vaste en de Van der Valk Solarpark opstellingen in 2012 en 2013

4 Samenvatting

Op de Zonneweide van ACRRES - Wageningen UR in Lelystad worden verschillende typen zonnepanelen en verschillende vrije veldopstellingen continu gemonitord en vergeleken op performance. (De performance is de stroomopbrengst per geïnstalleerd vermogen.) Er zijn 11 verschillende systemen op de Zonneweide geplaatst, met een gezamenlijk geïnstalleerd vermogen van 24,022 kWp. Ondanks schaduwwerking en een aantal incidenten waardoor enkele systemen tijdelijk niet of onvoldoende functioneerden was de performance in 2012: 1195 kWh/kWp en in 2013: 1097 kWh/kWp. Er is een groot verschil in performance tussen de systemen, deze varieert van 912 tot 1383 kWh/kWp. Wat betreft type zonnepaneel behalen de polykristallijne panelen zowel in 2012 als 2013 een hogere stroomopbrengst per Wattpiek dan de dunne film panelen.

De Schletter Vario Top opstellingen zijn gedurende het seizoen handmatig te verstellen in 5 standen (van een hoek van 10 tot 60°): in de winter staan ze steiler en in de zomer vlakker. Door de schaduwwerking op deze variabele opstellingen is geen eensluidende conclusie te trekken over de mate waarin hiermee hogere stroomopbrengsten worden behaald. In ieder geval blijkt bij de Schott panelen op deze variabele opstelling een 2% (in 2012) tot 5% (2013) hogere opbrengst haalbaar dan met de opstellingen met een vaste hellingshoek van 36°, ondanks schaduwwerking.

Zonnepanelen op een Deger opstelling worden gedurende de hele dag zowel horizontaal als verticaal in de positie met de hoogste lichtinval bewogen, gestuurd door een lichtsensor. Met deze opstelling blijkt een 24 tot 27% hogere stroomopbrengst dan de vaste opstellingen haalbaar.

De Van der Valk opstelling draait onder een vaste hellingshoek gedurende de dag van Oost naar West. Hiermee wordt in 2012 een 15% en in 2013 een 13% hogere stroomopbrengst behaald dan met de vaste opstelling.

Bijlage: technische gegevens van de verschillende opstellingen op de Zonneweide

merk en type paneel	soort paneel	systeem	inverter	aantal panelen	Wp per paneel	totaal Wp	kg paneel	lengte paneel	breedte paneel	m2 per paneel	totaal m2 panelen	vermogen Wp/m2	kg/m2
Sulfurcell SCG 55-HV-F	dunne film CIS	Deger	Sunny Boy 1200	26	55	1430	14.6	125.8	65.8	0.8	21.5	66.4	17.6
Schott ASI 97	dunne film	Deger	Sunny Boy 1200	12	97	1164	18	130.8	110.8	1.4	17.4	66.9	12.4
Solarpark SPP 230	polykristallijn	Deger	Sunny Boy 3300TL HC	14	230	3220	19	167.5	100	1.7	23.5	137.3	11.3
Sulfurcell SCG 55-HV-F	dunne film CIS	verstelbaar	Sunny Boy 1200	26	55	1430	14.6	125.8	65.8	0.8	21.5	66.4	17.6
Schott ASI 97	dunne film	verstelbaar	Sunny Boy 1200	12	97	1164	18	130.8	110.8	1.4	17.4	66.9	12.4
Solarpark SPP 230	polykristallijn	verstelbaar	Sunny Boy 3300TL HC	14	230	3220	19	167.5	100	1.7	23.5	137.3	11.3
Sulfurcell SCG 55-HV-F	dunne film CIS	vast	Sunny Boy 1200	26	55	1430	14.6	125.8	65.8	0.8	21.5	66.4	17.6
Schott ASI 97	dunne film	vast	Sunny Boy 1200	12	97	1164	18	130.8	110.8	1.4	17.4	66.9	12.4
Solarpark SPP 230	polykristallijn	vast	Sunny Boy 3300TL HC	14	230	3220	19	167.5	100	1.7	23.5	137.3	11.3
Solarpark SPP 230	polykristallijn	vd Valk	Sunny Boy 3300TL HC	14	230	3220	19	167.5	100	1.7	23.5	137.3	11.3
Kyocera KD 240 GH-2 PB	polykristallijn	vast (Zelziuz)	Sunny Boy 3300TL HC	14	240	3360	21	166.2	99	1.6	23.0	145.9	12.8
				184		24022					233.7		

