

PV-Privé project bij ECN

Vier jaar ervaring

B. Jablonska
A.L. Kooijman - van Dijk
H.F. Kaan
M. van Leeuwen
G.T.M. de Boer

Verantwoording:

Dit project is ondersteund door het Ministerie van EZ.
ECN basisfinanciering
Projectnummer: 7.4976

ACKNOWLEDGEMENT

This report summarises results of a great effort and enthusiasm of many people. In particular, special thanks to the directorate of ECN for the support of such an unique and ambitious project. The PV-Privé project would literally not be possible without a good will to participate of 48 employees of ECN and NRG with a strong research spirit and passion for solar energy technologies. Their contribution is greatly appreciated. Many thanks goes to all project managers for their effort to make this project a success - Karel van Otterdijk, Annemarije Kooijman - van Dijk and Henk Kaan. Thanks are due to many other project assistants, in particular Martin van Leeuwen, Teun Burgers and Gerard de Boer, their support was essential. Ernst-Jan Bakker, as a co-reader, has given many valuable comments, which is very much appreciated. Last but not least, many thanks for a good co-operation to the supplier and installers who have provided, among other things, for the 'hardware' crucial for the project. (Bronia Jablonska - project manager)

Abstract

The ECN PV-Privé project has been set up in order to investigate the application of small-scale grid-connected PV-systems in the existing built environment.

Employees of ECN and NRG have got a possibility to purchase SunPower® PV-systems with an attractive financial regulation. In exchange for that offer, they co-operate in a monitoring project and report regularly yields of their PV-systems.

The ECN task within this project is the monitoring and dissemination of experience gained in the preparation period, during installation, follow-up care, maintenance and exploitation of PV-systems, as well as providing service to project participants. The monitoring of yields and quality of PV-systems has served as a basis for follow-up research projects.

Within the PV-Privé project, 48 employees of ECN or NRG had let a PV-system installed. After more than three and a half years, up to and including June 2004, this group has shrunk to 36 participants. This is due to the fact that a number of participants has left the company or sold their house together with the PV-system.

If a permit to place the PV-system is granted or not, depends strongly on the interpretation of the regulations and the Building Code by the given municipality authorities. Mostly, they draw a parallel with solar thermal collectors.

The Internet is used to disseminate information on the project to participants as well as to provide a possibility to report electricity yields, fill the questionnaires, etc.

During the whole duration of the project there has been a helpdesk available for the participants. They can ask for any information regarding the project and report the defects and failures. The service has been used rather intensively up till now.

The report focuses on various components of the SunPower® PV-system as well as on occurred failures and experience with the installation.

An important objective of the project has been monitoring and analysis of the yields.

Monitoring will continue at least for a period of five years. For this purpose, ECN has developed its own monitoring software. This software has also been used within other projects. The report treats the issue of compensation for the electricity supplied to the grid and the issue of electricity meters with registers turning backwards.

Within the period of four years, a lot valuable knowledge has been gathered. This has been reached through continuous monitoring of practical experience since the beginning of the project as well as gaining information on non-technical aspects and operation of PV-systems by means of a questionnaire. The helpdesk and the service that shall stay available for five years have certainly contributed to this.

Looking at all this experience it is clear that the project may be evaluated as successful.

INHOUD

ACKNOWLEDGEMENT	2
LIJST VAN TABELLEN	6
LIJST VAN FIGUREN	6
SAMENVATTING	7
1. INTRODUCTIE	9
2. OPZET EN START VAN HET PROJECT	10
2.1 Doelstellingen	10
2.2 Financiële structuur en voorwaarden	11
2.3 Deelnemers	12
2.4 Vergunningen	14
2.5 PV-Privé op het Internet	15
2.6 Helpdesk	16
3. SUNPOWER® PV-SYSTEMEN, INSTALLATIE EN BEDRIJF	17
3.1 Bouwkundige installatie en bevestigingsconstructie	17
3.2 AC-panelen	19
3.3 Bekabeling	20
3.4 Zonnestroomindicator	22
3.5 Inverter manager	23
3.6 Kwaliteit van de installatie van de PV-systemen	23
3.7 Ervaringen van de deelnemers	24
4. OPBRENGSTEN EN MONITORING	26
5. STORINGEN	29
5.1 Algemeen	29
5.2 Specifieke storingen	30
5.2.1 Inverters	30
5.2.2 Bouwkundige en elektrische installatiefouten en gebreken	33
5.2.3 Modules	36
5.2.4 Overige	36
5.3 Garantie	37
6. VERGOEDING TERUGLEVERING	38
7. AANSLUITENDE PROJECTEN	40
7.1 Project “Opbrengsten en betrouwbaarheid van ECN PV-Privé panelen”	40
7.2 Onderzoek naar losse contacten	41
7.3 Het communicatieproject duurzame energie op Texel	41
7.4 PVSAT	42
8. SPIN-OFF	43
9. CONCLUSIES	44
9.1 Geleerde lessen	44
9.1.1 Gemeentes	44
9.1.2 Installatiebedrijven	44
9.1.3 Projectopzetters en gebruikers	45
9.1.4 Leveranciers	45
9.1.5 Onderzoeksinstellingen	46
9.1.6 Energiebedrijven	46
9.2 Aanbevolen vervolgonderzoek en acties	46
9.3 Grootste successen en missers	47

10.	REFERENTIES	49
BIJLAGE A	WIJZE VAN PV-SYSTEEM OPSTELLING	50
A.1	Dak geïntegreerd	50
A.2	Op beugels	55
A.3	Op metalen felsdak	57
A.4	Platdak – op console	58
BIJLAGE B	PV-SYSTEEM COMPONENTEN EN DE INSTALLATIE	60
B.1	Bekabeling	60
B.2	Doorvoer	62
B.3	Installatie	66
B.4	Inverters	70
B.5	Netaansluiting	71
B.6	Zonnestroomindicator	72
B.7	Gebreken	75
BIJLAGE C	ENQUETE FORMULIER	81
BIJLAGE D	FORMULIER AANMELDEN EN MONITOREN	83
BIJLAGE E	UITLEESUNIT OK4	84
BIJLAGE F	INTERFACE	85
BIJLAGE G	PROJECTINFORMATIEFOLDER PV-PRIVÉ	86
BIJLAGE H	PV-PRIVÉ IN DE PERS	89
BIJLAGE I	VOORBEELDEN INGEVULDE TABELLEN T.O.V. LOSSE CONTACTEN ONDERZOEK	91
BIJLAGE J	SOFTWARE INFORMATIE OVER INVERTERS MET STORING	94
BIJLAGE K	HANDLEIDING BIJ HET OPZETTEN VAN EEN PROJECT MET ZONNEPANELEN	97

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 5.1	<i>Overzicht storingen ECN PV-Privé project</i>	29
-----------	---	----

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 2.1	<i>Deelnemers van de verschillende units van ECN en NRG</i>	13
Figuur 2.2	<i>Aantal panelen per deelnemer</i>	13
Figuur 3.1	<i>Een voorbeeld van een PV-systeem op beugels</i>	17
Figuur 3.2	<i>Installatie van een dakgeïntegreerd PV-systeem</i>	17
Figuur 3.3	<i>Bevestiging van de dakpannen met behulp van het PUR-schuim</i>	18
Figuur 3.4	<i>Vervangen van een inverter op de achterzijde van een PV-paneel</i>	19
Figuur 3.5	<i>Ventilatiepijp als doorvoer voor de kabels</i>	21
Figuur 3.6	<i>Afwerking van de kabels door de bewoner</i>	21
Figuur 3.7	<i>'Interieur' van een zonnestroomindicator</i>	22
Figuur 3.8	<i>Zonnestroomindicator wordt vaak geplaatst vlakbij de doorvoer van een kabel door het dak op de zolder</i>	23
Figuur 4.1	<i>Het scherm voor het aanmelden en invoeren van de opbrengsten</i>	27
Figuur 4.2	<i>Het scherm voor het regelmatig invoeren van de opbrengsten</i>	27
Figuur 4.3	<i>Overzicht van alle ingevoerde opbrengsten</i>	28
Figuur 5.1	<i>Aan de zijde van dit PV-systeem is water in de woning gelect</i>	34
Figuur 5.2	<i>Water lekte onder de dakpannen door de woning in</i>	34
Figuur 5.3	<i>Situatie na het openen van de afdekfolie rond de plaats van de lekkage</i>	35
Figuur 5.4	<i>Een brandplek die ontstaan is na een kortsluiting</i>	36

SAMENVATTING

Het ECN PV-Privé project is opgezet om de toepassing van kleine netgekoppelde PV-systemen op bestaande woningen te onderzoeken.

De ECN en NRG medewerkers hebben een mogelijkheid gekregen om een SunPower® PV-systeem aan te schaffen in het kader van een aantrekkelijke financiële regeling. In ruil voor dit aanbod zouden zij aan het monitoringsproject meewerken en de opbrengsten van hun PV-systemen regelmatig aan ECN doorgeven.

De rol van ECN in dit project is het monitoren en verspreiden van de ervaring opgedaan in de periode van de voorbereiding, installatie, nazorg en het gebruik van PV-systemen, alsook het verlenen van service en verstrekken van de informatie aan de deelnemers. Het monitoren van de opbrengsten en de kwaliteit van de PV-systemen is een uitgangspunt geweest voor vervolgonderzoeksprojecten.

Binnen het PV-Privé project hebben 48 medewerkers van ECN en NRG een PV-systeem laten installeren. Na ruim drie jaar, tot en met juni 2004, is deze groep tot 36 deelnemers geslonken omdat een aantal deelnemers uit dienst is of het huis met het PV-systeem verkocht heeft.

Of er een vergunning voor het plaatsen van het PV-systeem verleend werd, hing sterk af van de interpretatie van de richtlijnen en het Bouwbesluit door de betrokken gemeente. Meestal wordt er bij de procedure en de besluitvorming een parallel met de zonneboilers getrokken.

Het internet wordt gebruikt om informatie over het project te verstrekken aan de deelnemers, en ook als invoerpunt voor informatie van de deelnemers aan het project, zoals doorgeven van opbrengsten, invullen enquête, etc.

Gedurende de hele duur van het project, dus vijf jaar lang, is voor de deelnemers een helpdesk via e-mail of telefoon beschikbaar geweest voor het verstrekken van informatie en melden van storingen. Van deze service is tot nu toe veel gebruik gemaakt.

De rapportage gaat op in verschillende componenten van het SunPower® PV-systeem, alsook opgetreden storingen en ervaringen met de installatie.

Een belangrijke doelstelling van het project was de monitoring en de analyse van opbrengsten. De monitoring zal minimaal vijf jaar doorgaan. ECN heeft voor de monitoring eigen software ontwikkeld. Deze software is ook voor andere projecten gebruikt.

De kwestie van de vergoeding van de teruggeleverde stroom en terugdraaiende kWh-meters is ook in de rapportage behandeld.

In de loop van vier jaar is er binnen het PV-Privé project veel waardevolle kennis opgebouwd. Dit is bereikt door het monitoren van praktische ervaring door het hele traject alsook het verkrijgen van de informatie over niet-technische aspecten van de installatie en gebruik van PV-systemen middels een enquête. De helpdesk en service die gedurende vijf jaar beschikbaar zouden blijven, dragen hier ook aan bij. Uit deze opgedane ervaringen is het overduidelijk dat het project een succes mag worden genoemd.

1. INTRODUCTIE

Fotovoltaïsche energie kan op langere termijn een belangrijke bron worden voor duurzame energie op wereldschaal, en ook in minder zonnige landen, zoals Nederland. Om het potentieel van zonne-energie te kunnen benutten is het nodig dat PV niet alleen wordt toegepast op nieuwe gebouwen, maar ook op beschikbare daken van bestaande woningen en andere gebouwen. De Nederlandse overheid heeft als doel gesteld om in 2020 15 miljoen vierkante meter PV-systemen geïnstalleerd te hebben in Nederland.

Voor toepassing op bestaande woningen zijn sinds 1999 verschillende kleine PV systemen beschikbaar, gekoppeld aan publiekscampagnes zoals Solaris (Greenpeace) en Sunpower® (NUON, Shell), waarin de producenten en energiebedrijven de belangrijkste rol spelen. Vanaf dat moment is de toepassing van PV op bestaande woningen snel gangbaarder geworden.

2. OPZET EN START VAN HET PROJECT

2.1 Doelstellingen

Het ECN PV-Privé project is opgezet om de toepassing van kleine netgekoppelde PV-systemen op de bestaande woningen te onderzoeken. Omdat de toepassing relatief nieuw is, en de technologie en de bedrijfstak nog volop in ontwikkeling zijn, valt er nog veel te leren, zoals:

- De procedures en richtlijnen van plaatselijke autoriteiten (met name gemeentes) en de aanpak van de aanvragen;
- De technische aspecten van de installatie van PV op bestaande woningen;
- De opbrengsten van deze PV-systemen;
- Het effect van het PV-systeem op het gedrag van bewoners ten aanzien van het energiegebruik;
- De PR-uitstraling (public relations) van het PV-systeem op de omgeving.

Algemene doelstellingen van het project staan hieronder samengevat:

- Het leveren van een bijdrage aan het aantal geïnstalleerde PV-systemen in Nederland;
- Het opdoen en verspreiden van de kennis bij breed publiek;
- Tevreden deelnemers aan het PV-Privé project;
- Medewerkers van het Energieonderzoek Centrum Nederland in de gelegenheid stellen om zelf praktijkervaring met duurzame energie technologie op te kunnen doen;
- Het vergroten van inzicht in het implementatieproces;
- Formuleren, tot stand brengen en uitvoeren van relevant aansluitend onderzoek op basis van de PV-systemen en met gebruikmaking van de medewerking van de deelnemers aan het PV-Privé project.

Om door de opgebouwde kennis deze vragen te kunnen beantwoorden is bij ECN dit project opgezet. De rol van ECN in dit project is het monitoren en verspreiden van de ervaring opgedaan in de periode van de voorbereiding, installatie, nazorg en het gebruik van PV-systemen. Het monitoren van de opbrengsten en de kwaliteit van de PV-systemen is een uitgangspunt geweest voor aansluitende onderzoeksprojecten.

Voor het PV-Privé project is het SunPower® concept gekozen. SunPower® is een standaard product dat breed toegepast wordt in Nederland en is geschikt voor platte alsook hellende daken.

De installatie van de PV-systemen werd georganiseerd door de leverancier en uitgevoerd door installatiebedrijven. De meeste van deze bedrijven hadden al eerdere ervaring met het installeren van SunPower® systemen.

Om het PV-Privé project op te zetten werd er gekozen uit een aantal concepten. Een van deze concepten, welke serieus overwogen was, was gebaseerd op een contract met een energiebedrijf. Volgens het contract zouden de deelnemers zelf het PV-systeem moeten installeren. Deze benadering diende niet alle doelen van het ECN PV-Privé project.

ECN heeft gekozen voor een leverancier van PV-systemen en uitvoering van de installatie van elk systeem door een installatiebedrijf. Op deze manier werden de PV-systemen daadwerkelijk geïnstalleerd, de monitoring kon van start gaan en er ontstond geen veiligheidsrisico voor ECN en NRG medewerkers.

Ook was het belangrijk dat het bedrijf twee jaar garantie gaf op de installatie, mits de installatie door een installatiebedrijf uitgevoerd was. Bij het zelf plaatsen was er geen service en garantie mogelijk.

De volgende hoofdactiviteiten zijn binnen het project gepland en uitgevoerd:

1. Structureren van het PV-Privé project en projectmanagement;
2. Initiatie en begeleiding van de installatie van PV-systemen;
3. Coördinatie en begeleiding van onderzoek;
4. Vastleggen van ervaringen uit het implementatieproces en kennisoverdracht;
5. Communicatie inclusief de helpdesk (met deelnemers, leveranciers en installatiebedrijven);
6. Oplossen van storingen, inspecties;
7. Monitoring.

2.2 Financiële structuur en voorwaarden

In het kader van het PV-Privé project hebben de ECN-medewerkers de mogelijkheid gekregen om een SunPower® PV-systeem aan te schaffen door middel van een aantrekkelijke financiële regeling. In ruil voor dit aanbod zouden zij aan het monitoringsproject meewerken en de opbrengsten van hun PV-systemen regelmatig aan ECN doorgeven.

Deelname stond open voor een ieder die een dienstverband had bij ECN. Deelname aan het project werd door middel van een schriftelijke overeenkomst tussen ECN en medewerker afgewikkeld.

De naam van het PV-Privé project doet denken aan de PC-Privé regeling. De projecten lijken op elkaar wat de intentie betreft maar bij het PV-Privé project was het niet mogelijk om van het belastingvoordeel gebruik te maken. De financiële bijdrage van de werkgever was middels een directe subsidie op de PV-systemen.

Andere subsidies die op het moment van het bestellen van de PV-systemen beschikbaar waren zijn de subsidie van een deelnemend energiedistributiebedrijf en NOVEM (Nederlandse organisatie voor energie en milieu). De Energiepremieregeling (EPR) was in 2000 nog niet van kracht.

Bij vier panelen bedroeg de subsidie van het energiebedrijf € 545,- en van Novem € 680,-. Consumentenprijs na het aftrekken van de subsidies was € 2.155,- inclusief plaatsing (€ 340,-). Deze bedragen zijn inclusief BTW.

Naast de installatiekosten droeg ECN 50% bij van de aanschafprijs. Voor vier panelen was dit dus € 907 + € 340,- aan installatiekosten. Na vijf jaar wordt de medewerker eigenaar van het systeem voor de prijs van € 907,-.

Indien de medewerker het systeem laat verwijderen wordt 50% van de verwijderingskosten in rekening gebracht. Dit is inclusief de kosten voor het herstellen van panlatten, dichtmaken van dakdoorvoer e.d. Een indicatie van de verwijderingskosten van een vier modulesysteem op een gemiddeld huis bedraagt € 408,-.

Na het plaatsen van de PV-systemen worden de voor het project relevante gegevens en ontwikkelingen gedurende vijf jaar gevolgd. De deelnemers verplichtten zich contractueel tot medewerking aan het onderzoek.

Vóór de installatie van het systeem werd een inventarisatie gemaakt van relevante kenmerken van de woning en de locatie. Na de installatie moesten de deelnemers een vragenlijst invullen, waarin onder meer vragen werden gesteld over de goedkeuringsprocedure, het gebruik van elektrische apparaten en de opbrengsten van het systeem. De deelnemer mocht kiezen uit drie betalingswijzen:

- ineens te voldoen bij plaatsing,
- na vijf jaar vanaf de datum van plaatsing
- gedurende vijf jaar via een maandelijkse aflossing via het (netto) salaris.

Na afloop van het onderzoek - na vijf jaar - krijgt de deelnemer de mogelijkheid om het systeem tegen de restwaarde over te nemen.

Tegenover de kosten voor het PV-systeem staan de opbrengsten, (elektriciteit), die zo'n €36,- per jaar bedragen voor een systeem van vier panelen. Deze opbrengsten komen de ECN-medewerker ten goede.

Het systeem werd geleverd met een zonnestroom-indicator en een inverter-manager ter waarde van €82,- (een interface). Met behulp van interface en de bijgeleverde software is het mogelijk om opbrengsten af te lezen en meer informatie te krijgen (zoals de totale opbrengst, DC en AC-spanning, momenteel vermogen, temperatuur van de inverter en temperatuur buiten) dan alleen met een kWh-meter.

Er werd een garantie van vijf jaar gegeven. Het systeem zou in tien jaar afgeschreven worden en de economische levensduur werd eveneens geschat op tien jaar.

Indien in de gemeente waar de medewerker woont toestemming vereist was om een PV-systeem te (doen) plaatsen, diende de medewerker zelf voor die toestemming te zorgen.

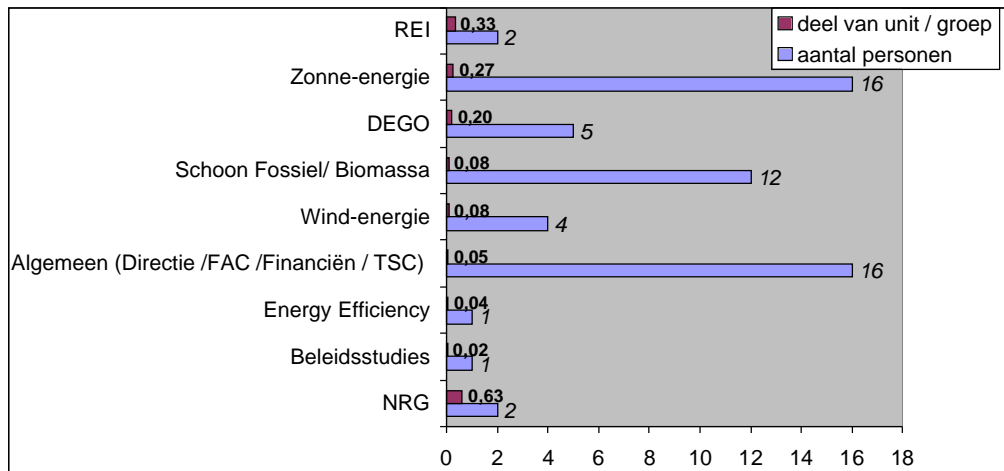
De overeenkomst wordt als beëindigd beschouwd in het geval van einde dienstverband, verhuizing of overlijden. In het geval van einde dienstverband en verhuizing is de medewerker verplicht om de resterende schulden in één keer af te lossen. In het geval van overlijden vindt kwijtschelding plaats en het PV-systeem wordt aan nabestaanden overgedragen.

ECN blijft eigenaar van het systeem gedurende de monitoringperiode van vijf jaar. Juridische overdracht vindt plaats na afloop van de vijfjarige periode. Na de beëindiging van het project is ECN ontheven van zijn aansprakelijkheid.

2.3 Deelnemers

In het PV-Privé project heeft ECN PV-systemen laten installeren op daken van particulieren - allen medewerkers van ECN en het bedrijf NRG (Nuclear Research & consultancy Group).

De 59 personen die zich hebben aangemeld voor deelname aan het project zijn (of waren) verbonden aan verschillende units van ECN en NRG, zoals in onderstaande Figuur 2.1 is weergegeven.



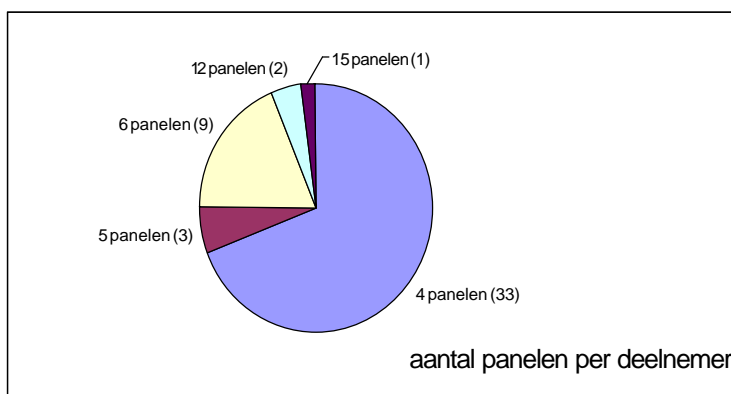
Opmerking: DEGO - Duurzame Energie in de Gebouwde Omgeving; REI - Renewable Energy International; FAC- Facilitaire dienst; TSC - Technologische Services & Consultancy; NRG- Nuclear Research & consultancy Group

Figuur 2.1 *Deelnemers van de verschillende units van ECN en NRG*

Van deze 59 personen hebben elf personen zich inmiddels teruggetrokken. Redenen voor terugtrekking uit het project waren:

- Geen vergunning op grond van een negatief advies van de Welstandscommissie.
- Plaatsing was niet mogelijk doordat het dak niet toegankelijk genoeg was (en het plaatsen van steigers niet inbegrepen bij de installatiekosten).
- Onvoldoende ruimte op het dak.
- Helling van het dak te klein.
- Kosten voor de dakconstructieberekening vereist door de gemeente.
- Verhuizing.
- Verbouwing.

Het onderstaande Figuur 2.2 laat de grootte van de PV-systemen zien en tussen de haakjes de aantallen van systemen van desbetreffende grootte.



Figuur 2.2 *Aantal panelen per deelnemer*

Binnen het PV-Privé project hebben uiteindelijk 48 medewerkers van ECN of NRG werkelijk een PV-systeem laten installeren. Na ruim drie jaar, tot en met juni 2004, is deze groep tot 36 deelnemers geslonken. Hierbij horen ook vijf deelnemers die met pensioen zijn gegaan en daarom kunnen ze blijven deelnemen aan het project

Zeven deelnemers zijn uit dienst en vijf deelnemers hebben hun huis met het PV-systeem verkocht. Zie ook hoofdstuk 2.2 - Financiële structuur en voorwaarden.

2.4 Vergunningen

Of er een vergunning voor het plaatsen van het PV-systeem verleend werd, hing sterk af van de interpretatie van de richtlijnen en het Bouwbesluit door de betrokken gemeente.

In de meeste gemeentes is de installatie toegestaan zonder een bouwvergunning aan te moeten vragen maar het advies van de welstandscommissie is wel vaak vereist.

Meestal was een tekening of een foto met aangegeven lay-out van het PV-systeem al voldoende. Een aantal van de gemeentes vroeg om een gedetailleerde constructietekening met een verslag als een voorwaarde voor de vergunning.

Een van de voorwaarden was de afstand van de PV-panelen tot de randen van het dak of de aslijn van het naastgelegen dak. Gemeentes zijn geneigd om eerder toestemming te verlenen voor geïntegreerde PV-systemen dan de systemen op platte daken of op beugels.

In één geval werd de vergunning pas verleend na het bezoek van de commissie en observatie van het dak ter plekke. Merkwaardig is dat het om een hoog gelegen plat dak ging waar de PV-panelen uit het zicht zouden staan.

Eén van de gemeentes vereiste de vergunning voor het plaatsen van PV-panelen op een plat dak wel terwijl de vergunning op een hellend dak niet nodig was. Dit is opmerkelijk omdat het concept gebruikt op een plat dak alleen door een gewicht van 50 kg geplaatst binnen de bak verzaamd wordt, dus los op het dak staat. Door dakgeïntegreerde PV-systemen wordt wel de integriteit van het dak beïnvloed - de dakpannen worden weggehaald en vervangen door een PV-systeem. De dakintegratie vereist dus een grotere bouwkundige ingreep.

In de gemeentes waar een bouwvergunning vereist was liepen de kosten zeer uiteen: van 0 (dus gratis!) tot €75,-.

De gemeente is niet de enige instantie die eisen en voorwaarden mag stellen aan het plaatsen van een PV-systeem. Eén van de deelnemer was geconfronteerd met een lijst van instellingen om te benaderen voor een vergunning:

- De vereniging van eigenaren van het gebouw.
- Het energiebedrijf - er was een contract waarin stond dat alleen de energie opgewekt door CHP (Combined Heat-Power) van het desbetreffende energiebedrijf in het gebouw gebruikt mocht zijn. Voor het opwekken van energie met PV was dus speciale toestemming nodig.
- De leverancier van het dak - in verband met de garantie van de isolatie en dekkingsmateriaal van het dak zijn er voorwaarden opgesteld voor het plaatsen van een PV-systeem.
- Dakontwerper - een berekening van de dakconstructie was vereist voor het doorlopen van de garantie voor het dak.
- Plaatselijke autoriteiten - voor een bouwvergunning.
- De buurtcontroller - dit was vereist om een vergunning te krijgen voor het transport door het gedeelte van een wijk waar geen autoverkeer toegestaan is.

Deze deelnemer heeft zich uiteindelijk uit het project teruggetrokken omdat de kosten voor de dakontwerper te hoog waren.

In het algemeen valt te zeggen dat het met de kennis van de gemeenten met betrekking tot de procedures rond plaatsing van PV-systemen slecht gesteld is - door gebrek aan ervaring is in een aantal gemeenten nog geen procedure vastgelegd. Hier wordt meestal een parallel getrokken met zonnecollectoren.

De interesse van gemeenten in het onderzoek en de veelal positieve houding maken duidelijk dat gebrek aan ervaring waarschijnlijk de belangrijkste belemmering is bij gemeenten om efficiënte en adequate ondersteuning te bieden bij vergunningverlening voor PV-systemen. Een klein aantal gemeenten stelt zich erg terughoudend op. Vooral de welstandscommissies of

commissie monumentenzorg blijken het uiterlijk van PV-panelen niet in het straatbeeld van klassieke woningen te vinden passen.

Het zou leerzaam kunnen zijn om na te gaan of het PV-Privé project tot aanpassing en verbetering van de procedure bij de gemeente heeft geleid. Het onderzoek naar de regelgeving en procedures in het buitenland zou zeker interessant kunnen zijn en zou de ontwikkelingen bij de gemeentes kunnen inspireren.

De recente ontwikkeling in California in de Verenigde Staten zou als een voorbeeld kunnen dienen. In het stadje Los



gatos in California heeft Akeena Solar, een plaatselijk bedrijf dat zonnepanelen produceert, een PV-systeem van 18 panelen op het dak van het kantoor geplaatst. De gemeente had bezwaar tegen drie zonnepanelen die vanuit de straat zichtbaar waren en verzocht het bedrijf om deze te verwijderen. Akeena Solar heeft het geweigerd en beiden partijen eindigden in de rechtszaal. Akeena Solar heeft het geschil gewonnen en alle panelen werden zichtbaar en op een esthetische wijze geplaatst.

Dit en een aantal andere soortgelijke voorvallen waren de laatste druppel voor de huidige gouverneur, Arnold Schwarzenegger, die een nieuwe wet die de esthetische restricties van de gemeentes minimaliseert, heeft getekend. De wet, Solar Rights Act, zal per 2005 in werking treden. Onder meer mogen de opgelegde restricties in betrekking met de esthetica niet de opbrengst van het PV-systeem met meer dan 20% verminderen en mogen de eigenaar niet meer dan US\$ 2.000 kosten. Daarnaast beperkt de wet de bouwambtenaren tot de beoordeling van alleen veiligheid en specifieke gezondheidsaspecten die de huidige regelgeving eist. Plaatselijke autoriteiten zullen een bepaalde ruimte

voor het opleggen van restricties behouden, maar veel minder dan voorheen. "To me, it was a principle. The town was just against solar panels being visible." (Barry Cinnamon, president of Akeena Solar).[13]

2.5 PV-Privé op het Internet

De deelnemers aan het project dragen bij aan onderzoek naar verschillende aspecten van het gebruik van PV systemen. Het internet wordt gebruikt om informatie over het project te verstrekken aan de deelnemers, en ook als invoerpunt voor informatie van de deelnemers aan het project.

Voorbeelden van de informatie uitwisseling op het Internet:

- algemene informatie over het project;
- PV-Privé voorwaarden;
- technische informatie over de PV-systemen;
- online vragenlijst over de ervaringen van deelnemers;
- foto's van geïnstalleerde PV-systemen;
- formulieren voor het invoeren van opbrengsten;
- weergeven van de gemeten opbrengsten en vergelijken ervan tussen de deelnemers;
- berekenen van de theoretische opbrengsten gebaseerd op instralinggegevens van Petten;
- lijst met veel gestelde vragen en antwoorden hierop.

Een actieve bijdrage van de deelnemers is noodzakelijk voor het onderzoek. Op de PV-Privé internetpagina's is ook ruimte voor opmerkingen en commentaar van deelnemers.

Een aantal deelnemers is inmiddels vertrokken bij ECN of met pensioen gegaan en krijgen dus geen toegang meer tot het Intranet van ECN. Om die reden is de toegang tot de pagina via Internet mogelijk gemaakt.

Om de privacy van de deelnemers te beschermen is de toegang tot de pagina beveiligd met een username-password combinatie.

Van het totale aantal deelnemers van 48 zijn er 45 aangemeld voor het monitoren. Het aanmelden gebeurt door het invullen van de gegevens, zoals Figuur 4.1 laat zien.

Het feit dat drie deelnemers niet aan het monitoren mee wilden doen is te verklaren door gebrek aan interesse en weinig affiniteit met de software en de computers op zich. Helaas was deze situatie door het contract niet gedekt en waren er in de voorwaarden geen gevolgen (bijvoorbeeld financieel) opgenomen indien de afspraken van het contract niet nagekomen zouden worden.

2.6 Helpdesk

Gedurende de hele duur van het project, dus vijf jaar lang, is voor de deelnemers een helpdesk via e-mail of telefoon beschikbaar. Deelnemers kunnen hier vragen stellen over allerlei aspecten inclusief de monitoringsoftware, alsook storingen melden.

Van deze service is tot nu toe veel gebruik gemaakt. Het feit dat de deelnemers een centraal aanspreekpunt kunnen benaderen is een voordeel van het PV-Privé project. Er is van spin-off contacten gebleken dat particuliere eigenaren van een PV-systeem behoefte aan zo'n aanspreekpunt hebben. Een aantal van hen heeft de helpdesk van ECN benaderd. Er ontstaan ook spontaan 'clubjes' waarin de eigenaren van PV-systemen zich groeperen en hun ervaringen, vaak over de storingen, uit kunnen wisselen. (zie 8 spin-off) [12]

Naast de helpdesk kunnen de deelnemers antwoord op hun vraag op de PV-Privé webpagina opzoeken. Vragen die deelnemers het meest gesteld hebben staan samengevat op de PV-Privé webpagina. De 'Veel gestelde vragen' zijn de volgende:

- Hoe presteert het systeem?
- Hoeveel onderhoud moet er gepleegd worden aan de panelen?
- Hoe zit het met de verzekering en aansprakelijkheid?
- Is vervanging van onderdelen na 5 jaar gegarandeerd?
- Is er aanvullende informatie beschikbaar over het PV systeem?
- Draait de kWh-meter terug, indien er meer energie opgewekt wordt dan geconsumeerd?

Antwoorden op algemene vragen over de fotovoltaïsche zonne-energie kunnen de deelnemers opzoeken in het document 'Veel gestelde vragen over de fotovoltaïsche zonne-energie' op de webpagina van ECN (<http://www.ecn.nl>).

3. SUNPOWER® PV-SYSTEMEN, INSTALLATIE EN BEDRIJF

De bestelling van PV-systemen en de installatie zijn uitgevoerd in drie ronden. De leverancier heeft een aantal installatiebedrijven ingeschakeld met verschillende niveaus van praktijkervaring en kennis over de PV-systemen. Dit is te zien aan een redelijk hoog percentage van installatiefouten - 15,5% - in het eerste jaar (zie Tabel 5.1).

Nadat een installatie uitgevoerd was en een PV-systeem in bedrijf was gekomen, heeft een ECN-medewerker een opleveringsinspectie gedaan.

3.1 Bouwkundige installatie en bevestigingsconstructie

De ervaringen met de kwaliteit van de installatie binnen het PV-Privé project lopen zeer uiteen. Er zijn vier typen bevestigingsconstructie toegepast: dakgeïntegreerde systemen, systemen op beugels en op een felsdak worden op hellende daken geïnstalleerd, terwijl op een plat dak zijn de panelen op bakken (ConSoles) geplaatst.



Figuur 3.1 *Een voorbeeld van een PV-systeem op beugels*



Figuur 3.2 *Installatie van een dakgeïntegreerd PV-systeem*

Over het algemeen geldt dat personen die hebben gekozen voor een platdak systeem of voor een systeem gemonteerd op beugels weinig problemen hebben ondervonden.

Bij dakgeïntegreerde systemen bleken er veel moeilijkheden te zijn wanneer dakpannen niet tot de typen behoorden waarvoor het SunPower® systeem is ontworpen.

Bij dakgeïntegreerde PV-systemen zijn de volgende aanpassingen gedaan:

1. Geen aanpassing nodig. Bij dakgeïntegreerde systemen is de aansluiting van de dakpannen op het frame in de meeste installaties niet perfect. De afstand tussen de panelen en de dakpannen is iets te groot.
2. De dakpannen moesten in enkele gevallen worden doorgezaagd of herschikt. De ervaring met dit soort aanpassingen is overwegend niet echt positief. Dit komt deels door te weinig aandacht of weinig ervaring in de dakbouw en deels omdat de andere karakteristieken van daken niet optimaal waren.
3. Bij montage op beugels waren er geen aanpassingen nodig. De montage is eenvoudig en er zijn weinig problemen ondervonden. Feit is dat sommige deelnemers dit een esthetisch minder aantrekkelijke optie vonden.
4. Een systeem is bevestigd op een metaalprofielen dak (felsdak). Hiervoor zijn speciale onderdelen gebruikt, geleverd door de producer van het PV-systeem.

Op platte daken zijn de PV-panelen gemonteerd op kunststof ConSole bakken. Deze zijn gevuld met vijftig kilo baksteen of ander gewicht. Waargenomen is dat de vorm van ConSoles na bepaalde tijd iets vervormt. Het plaatsen van zonnepanelen op platte daken heeft een groot voordeel; er kan altijd oriëntatie naar het zuiden gekozen worden.

Bij vier systemen waarvan twee dakgeïntegreerde, één geplaatst op beugels, en één geplaatst in een ConSole bak op een plat dak, is sprake geweest van (mogelijke) lekkage. Oorzaken van de lekkages bij de dakgeïntegreerde systemen waren een gescheurde loodslab en verkeerde plaatsing.

Bij het systeem op beugels en het platdak systeem kon regenwater en/of condensvocht naar binnen komen langs de kabeldoorvoer. Deze lekkages zijn tegengegaan met siliconenkit of het verplaatsen van de kabel. De panelen worden in sommige gevallen niet op bouwkundig verantwoorde wijze geplaatst (gaten gedicht met PUR of siliconenkit, PUR als bevestiging, slordige afwerking).

De plaatsing van de panelen is in twee gevallen afwijkend van de tekening waarvoor de gemeente toestemming had verleend.

Meer details over de bouwkundige installatiefouten zijn te vinden in hoofdstuk 5.2.2 - Bouwkundige en elektrische installatiefouten en gebreken.



Figuur 3.3 Bevestiging van de dakpannen met behulp van het PUR-schuim

Een opmerkelijk punt is dat de leverancier zich in de toekomst meer gaat richten op montage op beugels. Voornaamste reden is dat de installatie bij afwijkende daken en dakpannen veel eenvoudiger is.

3.2 AC-panelen

In het SunPower® concept worden zogenaamde ‘AC modules’ geleverd, geproduceerd uit multikristallijn silicium. Op deze panelen zijn de inverters op de achterzijde van het paneel bevestigd zodat iedere module wisselspanning levert. Drie deelnemers hebben de inverters losgekoppeld van het paneel en binnen geplaatst. Voordeel van binnen plaatsten is de bereikbaarheid wanneer er iets zou mankeren aan een inverter.



Figuur 3.4 Vervangen van een inverter op de achterzijde van een PV-paneel

De zonnepanelen binnen het ECN PV-Privé project hebben een nominaal piekvermogen van 95 Watt onder standaard testcondities. In de praktijk zullen ze minder leveren, onder andere doordat de instraling van de zon in Nederland slechts zelden overeenkomt met deze condities. De geleverde gelijkstroom van ieder paneel wordt door een inverter omgezet in wisselspanning geschikt voor het elektriciteitsnet.

Bij meerdere systemen zijn sterke afwijkingen in de opbrengst van de panelen onderling geregistreerd. Bij enkele systemen is een regelmatig uitvallende of falende inverter of het beschaduwen de oorzaak hiervan. Dit is nader onderzocht in het project "Opbrengst en betrouwbaarheid van ECN PV-Privé panelen" [2]. De rapportage is te downloaden op <http://www.ecn.nl>.

Bij enkele deelnemers is storing op de radio geconstateerd bij gebruik van een radio dichtbij het PV-systeem. Een coax kabel lost het probleem op.

De kWh-stand van de inverters begint niet bij nul bij alle systemen. De reden hiervoor is waarschijnlijk dat de inverters a-select worden getest.

Elektrische spanning werd waargenomen op frames en inverter omhulsel. De spanning was laag en betekende geen risico, maar zou wel een gevaarlijke reactie kunnen veroorzaken.

Er zijn drie kromme PV-panelen in een systeem gevonden; twee panelen waren krom in de lengte en een in de breedte. De maximale afwijking was 10 mm. De oorzaak hiervan is onbekend; de panelen waren goed ingepakt gedurende het transport. Het vierde paneel was gekromd door foutieve installatie; een kabel raakte klem onder het frame van het paneel. Alle kromme panelen zijn vervangen. De opbrengst van kromme panelen verschilt niet van de andere panelen, maar het glas van kromme panelen staat onder meer spanning. Dit zou op den duur een beschadiging of breuk van het glas kunnen veroorzaken.

3.3 Bekabeling

Er worden verschillende bekabelingssystemen gebruikt: verschillende kabels en verbindingen in een montagedoos (oud), of ingegoten in een huls (nieuw).

De AC-elektricitetskabel die alle kabels van de panelen, voor zover mogelijk, in één bundelt, wordt door middel van één doorvoer naar binnen gehaald.

Het bekabelingswerk is in meeste gevallen naar behoren uitgevoerd. In een aantal gevallen zijn er problemen en kinderziektes geweest, die hieronder beschreven staan. Foto's van deze gevallen zijn te vinden hieronder en in de bijlage B.1 – Bekabeling en B.2 – Doorvoer.

Bij de platdak installaties liggen soms de UV-bestendige elektricitetskabels onbeschermd buiten op het dak. Voor de doorvoer van de kabel van het dak naar binnen wordt soms bij platdak installaties gebruik gemaakt van ventilatieschoorstenen of rioolontluchtingspijpen. De bekabeling is aan de buitenkant vaak onvoldoende bevestigd aan de doorvoerpijp, waardoor ze kunnen bewegen en er kerving kan optreden. Het gebruik van een tiwrap/binder is op advies van ECN opgenomen in de installatierichtlijnen voor installateurs aangesloten bij het SunPower® programma. Bij de doorvoer kan condensatie van de lucht optreden op de kabel.

In één geval was de ventilatiepijp van de badkamer gebruikt om de kabel naar de bovenliggende zolderkamer te geleiden.

Water condenseerde en samen met de vuile lucht kwam dit via het gat waardoor de kabel was getrokken in de werkkamer.

In het algemeen vormde de bekabeling bij de deelnemers binnen het sluitstuk van de installatie. De afwerking binnen is van wisselende kwaliteit. Zwarte kabels, onregelmatige en grote afstanden tussen bevestigingspunten maken de bekabeling in het algemeen onaantrekkelijk voor toepassing in woonruimtes.

Bij de opleveringsinspectie door ECN bleken in een aantal gevallen onvolkomenheden in de binnenbekabeling en netaansluiting door slordigheid in de uitvoering, variërend van losse stroomkabels tot een ontbrekende schakelaar.

Een van de oorzaken van het niet netjes wegwerken van de bekabeling is dat de kabel te kort was. Het is wenselijk dat de installateurs nog voor de installatie de mogelijke routes van de bekabeling binnen met de bewoners bespreken. Bewoners kunnen dan van tevoren de routes toegankelijk maken en aangeven hoeveel meters kabel er ongeveer nodig is om mee te nemen. Op deze manier kan de beste en kortste route voor de kabels worden gevonden en de installatie in versnelling komen. Ook kunnen de meerkosten van de bekabeling en meerwerk vastgesteld worden.

In enkele gevallen was de rest van het bekabelingswerk binnen aan de bewoners overgelaten omdat de installateurs het niet op tijd af konden krijgen of niet voldoende of juist materiaal mee hadden genomen.

De foto's hieronder laten de verschillende kwaliteiten zien van de installatie van bekabeling binnen.

Figuur 3.1 laat de eerdergenoemde doorvoer via de ventilatiepijp zien. Figuur 3.2 laat zien dat de bewoner zelf om de kabel een wit hulsje geplaatst heeft om de kabel minder opvallend te maken in de woonruimte.



Figuur 3.5 *Ventilatiepijp als doorvoer voor de kabels*



Figuur 3.6 *Afwerking van de kabels door de bewoner*

Op basis van de instructies voor de installatie van SunPower® PV-systeem mag er op een groep maximaal 600 Wp aangesloten worden. In één geval heeft de installateur 12 panelen (12 x 95 Wp = 1140 Wp) op een groep aangesloten.

In één geval ontstond er kortsluiting gedurende de herinstallatie toen de installateur vergeten was om de panelen uit te schakelen.

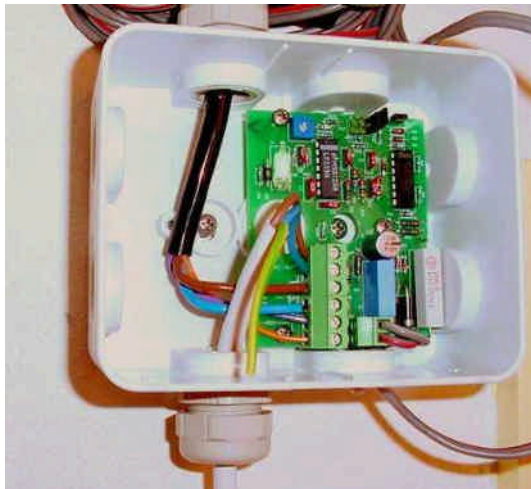
Waarschuwingstickers voor het benodigde afsluiten van het PV-systeem waren niet met alle PV-systemen meegeleverd.

Om de computer voor het monitoren van de opbrengsten aan te kunnen sluiten waren er vaak hele lange kabels nodig. Dit komt doordat de doorvoer op het dak was terwijl de computer één of twee verdiepingen lager in de woonruimtes stond.

3.4 Zonnestroomindicator

Of het PV systeem stroom levert kan afgelezen worden van de zonnestroomindicator: een knipperend of continue brandend lampje laat zien of het systeem werkt. Het bestaat uit elektronica met een knipperlichtje in een kunststof kastje. Enkele bewoners vinden het jammer dat de zonnestroomindicator eigenlijk weinig informatie levert over het functioneren van het PV-systeem.

In geval van storing aan het knipperlichtje werd meestal de hele zonnestroomindicator vervangen.



Figuur 3.7 *‘Interieur’ van een zonnestroomindicator*

De zonnestroomindicator is het “stiefkindje” van het PV-systeem; het ontwerp is puur functioneel. Er is geen aandacht besteed aan de vormgeving van de kastjes of aan de onderhoudbaarheid. De zonnestroomindicatoren zijn in de meeste huishoudens weggemoffeld op zolder of ontoegankelijke plaatsen (uit het oog), terwijl een zonnestroomindicator juist een promotionele werking kan hebben. Het zou de moeite waard zijn om een eenvoudige en goed ogende indicator te ontwerpen die ook meer informatie zou kunnen weergeven.



Figuur 3.8 *Zonnestroomindicator wordt vaak geplaatst vlakbij de doorvoer van een kabel door het dak op de zolder*

3.5 Inverter manager

De gegevens over de panelen, inverters en opbrengsten kunnen op de PC worden afgelezen door tussenkomst van de invertermanager, een interface unit die op de PC wordt aangesloten (voor de tekening zie bijlage F – Interface).

Geconstateerd is dat de fysieke aansluiting op de PC problemen oplevert. De interface neemt te veel ruimte in beslag en/of de computer moet naar voren verschoven worden of er moet een kabel geplaatst worden tussen de computer en de interface. Een andere tekortkoming van de interface is dat deze in sommige gevallen niet achter op een notebook paste en zodoende slecht contact maakte met de connector. Door bijvoorbeeld het afzagen van de randen van de interfacEDOOS was het probleem opgelost.

Ook werd er geconstateerd dat de installatie en het gebruiksgemak van de software te wensen overliet. Met de nieuwe beschikbare software zijn de meeste van de problemen opgelost. Een beperking van de software blijft het feit dat de opbrengsten alleen maar afgelezen kunnen worden als er door het PV-systeem elektriciteit geleverd wordt. Het idee hierachter, onder andere, is dat op deze manier alleen zonnestroom gebruikt wordt en geen stroom uit het netwerk.

3.6 Kwaliteit van de installatie van de PV-systemen

De kwaliteit en uitvoering van de installatie van PV-systemen lopen zeer uiteen. Oorzaken hiervan zijn vaak niet van technische aard:

- Het ontbreken van kennis en ervaring van installateurs, met name wat de bouwkundige aspecten betreft en afwerking na het plaatsen van het PV-systeem, zoals de preventie van lekkage.
- Onvoldoende aandacht geschonken aan de afwerking, details en de esthetica.
- Onvoldoende aandacht geschonken aan de lange termijn effecten van een suboptimale installatie (bijvoorbeeld het slijten van kabels, de kans op lekkages waar een vulstof is gebruikt in plaats van het structureel aanpassen van dakpannen).
- Mogelijk ontbreken van interesse of kennis van de installateur wat de optimale oriëntatie en plaatsing van de PV-panelen betreft. Twee deelnemers hebben hun PV-panelen op plat dak moeten herschikken.
- De handleiding was niet up-to-date en op een aantal punten niet meer geldig voor bepaalde delen van het PV-systeem.

Installatie van PV-systemen is in de meeste gevallen uitgevoerd door installatiebedrijven met kennis van het plaatsen van SunPower® systemen. Twee deelnemers hebben gevraagd om hun PV-systemen anders te laten installeren dan door de betrokken bedrijven. Opmerkelijk is dat het zeer moeilijk was om een installatiebedrijf te vinden dat bereid was om deze types PV-systemen te monteren.

Er zijn volgende mogelijke oorzaken bij het ontbreken van interesse:

- Lage winstmarge in het vaste tarief voor de installatie - €340,- per installatie ongeacht het aantal PV-panelen. Dit tarief lijkt te laag te zijn met name voor dakgeïntegreerde PV-systemen.
- Het tekort aan ervaring - slechts enkele bedrijven hadden toen al ervaring met de installatie van PV-systemen opgedaan. Degenen met ervaring geven voorkeur aan grootschalige projecten boven kleine klussen bij particulieren.
- Lage uniformiteit - de installatie bij particulieren op bestaande daken verschilt per geval en het verschilt ook van de installatie van een zonnecollector systeem.

In die twee gevallen waar niet voor één van de installatiebedrijven betrokken bij het project gekozen werd, was één van de PV-systemen geïnstalleerd door de deelnemer zelf, en het andere door een installatiebedrijf dat toen geen eerdere ervaring op dit gebied opgebouwd had. Merkwaardig hieraan is dat het installatiebedrijf zonder de ervaring in PV de handleiding niet voldoende heeft geraadpleegd. De problemen die zich gedurende de installatie voordeden werden als een 'al doende leert men' ervaring gewaardeerd.

Naast regelmatige communicatie heeft ook een bespreking plaatsgevonden met de leverancier nadat de installatie van een aantal PV-systemen afgerond was. De meeste van de besproken punten en opmerkingen zijn al elders in deze rapportage verwerkt. De bespreking betrof de kwaliteit van het installatiewerk, mogelijke verbeteringen en esthetische aspecten van de afwerking van de bekabeling. Verder werden alle componenten van het PV-systeem besproken, bouwkundige aspecten, alsook de monitoringssoftware en de interface, informatie naar de deelnemers en de procedure van de installatie.

De bespreking werd door beiden partijen als zeer nuttig ervaren.

3.7 Ervaringen van de deelnemers

Het onderzoek en het opbouwen van de kennis en ervaringen met de installatie van kleine PV-systemen was niet alleen op technische en procedurele aspecten gericht. Ook het gebruikersgedrag en sociale aspecten zijn in kaart gebracht. Er kunnen enkele waarnemingen op een rij gezet worden:

Door middel van een enquête is de deelnemers gevraagd om een aantal vragen te beantwoorden. De vragen betroffen de technische aspecten maar ook de mening van de andere gezinsleden over het PV-systeem:

- 87% van de huishoudens van de deelnemers is positief over het PV-systeem; 13% is neutraal en er is geen huishouden dat negatief is.
- 48% van de huishoudens van de deelnemers waardeert het PV-systeem als aantrekkelijk; 45% als neutraal en 7% als onaantrekkelijk.
- 84% van de huishoudens van de deelnemers toont wel interesse in de opbrengst van het PV-systeem; 16% niet.

De deelnemers werd ook gevraagd naar de mening van hun burens over het PV-systeem:

- 74% van de deelnemers gaf aan dat de burens een positieve mening hadden; in 24% van de gevallen was de mening van de burens neutraal en er was geen buurman/buurvrouw die het PV-systeem negatief heeft beoordeeld. 1% kreeg geen terugkoppeling van de burens.

- Volgens 35% van de deelnemers vonden de burens het PV-systeem aantrekkelijk; in 65% van de gevallen was hun mening neutraal en er waren geen burens die het PV-systeem onaantrekkelijk vonden.
- 94% van de deelnemers heeft aangegeven dat de burens interesse getoond hebben in de opbrengsten van het PV-systeem.

Een observatie van de deelnemers is dat de burens zich meestal niet bewust zijn van het verschil tussen een PV-paneel en een zonnecollector. Commentaar door burens gaat vaak over de financiële aspecten van een PV-systeem: "loont het wel?" of: "hoeveel kun je hiermee verdienen?".

Enkele citaten van de deelnemers:

- ☐ De kinderen ervaren het als een sport om de meter terug te zien draaien; daartoe worden elektrische apparaten tijdelijk uitgezet.
- ☐ Er zijn thuis wat nieuwe woorden in gebruik genomen. 'Wattjesweer', 'KnipperWattjes', 'Weinig Wattjes vandaag'.
- ☐ Interessant, maar jammer dat het toch relatief weinig opbrengt (t.o.v. totale elektriciteitsverbruik).
- ☐ Het is een fraai gezicht.
- ☐ Het nieuwtje is er inmiddels af.
- ☐ Een lappendeken effect.
- ☐ Dakgeïntegreerd is mooier.
- ☐ Aan de zijkanten is er erg veel aluminium te zien van de gootstukken.
- ☐ Installaties op beugels kunnen mooier worden afgewerkt.
- ☐ PV-systemen in ConSoles voor op een plat dak zijn veel eenvoudiger.
- ☐ De zonnestroomindicator geeft te weinig informatie.
- ☐ De zonnestroomindicator ziet er niet uit.
- ☐ Het ontwerp van de connector voor aansluiting op de computer is erg ondoordacht.

4. OPBRENGSTEN EN MONITORING

Eén van de doelen van het PV-Privé project is het meten en analyseren van de opbrengst van PV-systemen in de praktijk. Daarom registreren de deelnemers aan het PV-Privé project regelmatig de opbrengst van hun PV-systeem.

De totale opbrengst van de 45 geregistreerde systemen (met een totaal geïnstalleerd piekvermogen van 24,8 kWp) halverwege oktober 2004 bedroeg 52340 kWh. Deze hoeveelheid zonne-elektriciteit kan 17 huishoudens het hele jaar door volledig van stroom voorzien. De werkelijke totale opbrengst ligt hoger omdat niet alle deelnemers hun opbrengsten recentelijk ingevoerd hebben, een aantal is uit dienst bij ECN of NRG, of heeft het huis met het PV-systeem verkocht. Opbrengsten van deze PV-systemen worden niet in de database ingevoerd, op enkele uitzonderingen na. Drie deelnemers hebben zich nooit voor de monitoring aangemeld.

Om het onderzoek over de opbrengsten van PV-systemen uit te kunnen voeren en om het project voor de deelnemers extra interessant te maken worden op een ECN intranetpagina de opbrengstgegevens weergegeven en vergeleken met de berekende opbrengst gebaseerd op data van het meteorologische station De Bilt en in Petten.

In de berekende kWh standen is de oriëntatie van de modules reeds verwerkt.

Er zijn verschillen tussen berekende en werkelijke opbrengsten:

- Door beschaduwning kan een systeem minder licht opvangen en daardoor slechter presteren.
- Door deelbeschaduwning van een module kan mismatch optreden tussen de cellen in een module.
- Er kunnen zelfs binnen het kleine gebied waarin, de meeste PV-Privé systemen geïnstalleerd zijn, al kleine klimatologische verschillen optreden. Een locatie aan de kust heeft gemiddeld meer uren zon dan een meer landinwaarts gelegen locatie.
- Onnauwkeurigheden in het invoeren van data.

De deelnemers hebben zich verplicht om hun kWh-standen maandelijks door te geven. Deze gegevens zijn gebruikt in het kader van het al eerder genoemde project "Opbrengst en betrouwbaarheid van ECN PV-Privé panelen" (ECN-C-02-064), maar met name ook als de informatie voor de deelnemer of zijn systeem naar behoren functioneert. Ook kunnen aan de hand van verschillen in de opbrengsten storingen opgespoord worden.

Het uitlezen van de opbrengstgegevens gebeurt via een Interface en een uitleesunit OK4 (ook de zonnestroomindicator genoemd).

De opbrengstgegevens kunnen eenvoudig ingevuld worden. De toegang tot de ingevulde gegevens heeft alleen de deelnemer zelf, daarvoor gebruikt hij een toegangscode.

De onderstaande figuren 4.2 en 4.3 laten zien hoe het invoeren van de gegevens plaats vindt.

Ook de externe PV-systeem eigenaren (dus buiten het PV-Privé project) hebben de mogelijkheid gehad om de opbrengsten te monitoren. Hiervoor was een aparte link gemaakt en een aparte database ontwikkeld. Door omstandigheden en weinig reclame is er geen gebruik van gemaakt. Er is wel een aantal externen aangemeld en in de database van het PV-Privé project opgenomen.

Achternaam Voornaam + evt de/van

E-mail adres Woonplaats

1-e 2 cijfers postcode password

Aantal inverters password

Modules per inverter

Inverter type

Module type

Oriëntatie Hellingshoek (graden)
0 liggend, 90 staand

Module type

Installatiedatum
dag maand jaar

Nummer inverter 0 Nummer inverter 1

Nummer inverter 2 Nummer inverter 3

Nummer inverter 4 Nummer inverter 5

Nummer inverter 6 Nummer inverter 7


Nummer inverter 8 Nummer inverter 9

Nummer inverter 10 Nummer inverter 11

Nummer inverter 12 Nummer inverter 13

Nummer inverter 14 Nummer inverter 15

Figuur 4.1 Het scherm voor het aanmelden en invoeren van de opbrengsten

 **ECN PV-Prive monitoring project: J.M.W. Zandstra**

[\[ECN intranet\]](#) --> [\[PV-Prive\]](#) --> [\[Monitoring\]](#) --> [\[invoer kWh standen\]](#) [\[Zoeken intranet\]](#)

De volgende kWh standen zijn als laatste ingevoerd:

J.M.W. Zandstra		inverter kWh				
datum	tijdstip	totaal	011110	011111	011112	011113
2001-06-16	12:30MEST	310.62	74.774	78.663	79.247	77.939

Voer datum en tijdstip van opname nieuwe kWh standen en de kWh standen (*mag als decimale getallen*) in.
Bij invoeren van kWh standen voor meerdere data is het het handigst deze *chronologisch* in te voeren.

Het is ook mogelijk kWh standen later tussen te voegen.

dag maand jaar uur minuten

kWh inverter 011110

kWh inverter 011111

kWh inverter 011112

kWh inverter 011113

Figuur 4.2 Het scherm voor het regelmatig invoeren van de opbrengsten

ECN PV-Prive monitoring project: J.M.W. Zandstra

[ECN intranet] --> [PV-Prive] --> [Monitoring] --> [kWh standen] [\[Zoeken intranet\]](#)

Voeg kWh standen toe

J.M.W. Zandstra			inverter kWh			
datum	tijdstip	totaal	011110	011111	011112	011113
2001-09-02	15:45MEST	414.77	100.133	104.918	105.760	103.962
2001-06-16	12:30MEST	310.62	74.774	78.663	79.247	77.939
2000-12-03	16:00MEST	161.16	38.864	40.840	41.235	40.222
2000-09-10	18:00MEST	127.36	30.860	32.150	32.540	31.810
2000-05-01	12:00MEST	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000

Figuur 4.3 *Overzicht van alle ingevoerde opbrengsten*

5. STORINGEN

5.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de elektrische en bouwkundige storingen aan PV-systemen beschreven die in de loop van het bedrijf van de systemen opgetreden zijn. De storingen worden samengevat en enkele bijzondere gevallen worden nader omschreven. Enkele storingen zijn al eerder beschreven in hoofdstuk 3 - SUNPOWER® PV-SYSTEMEN, installatie en bedrijf.

De informatie van dit hoofdstuk is ook gebruikt voor een landelijk onderzoek in het kader van het project "De kwaliteit van PV-systemen" (ECN-C--04-031) [4]. De rapportage is te downloaden op <http://www.ecn.nl>.

In het jaar 2000 is in het ECN PV-Privé project door ECN medewerkers 24.8 kWp aan AC-modules gekocht (in totaal 261 modules). Het gaat om Sunpower® PV-systemen, bestaande uit RSM95 panelen van Shell Solar met OK4 inverters van de producent NKF. Van alle PV-systemen zijn energieopbrengsten verzameld. Ook is bijgehouden hoeveel inverters per jaar in storing gingen. Een overzicht hiervan is gegeven in Tabel 5.1. Het jaar 2001 is het eerste volledige jaar waarvan gegevens beschikbaar zijn.

Tabel 5.1 *Overzicht storingen ECN PV-Privé project*

Storing	2000			2001			2002			2003		
	aantal	W	%	aantal	W	%	aantal	W	%	aantal	W	%
Inverter	0	0	0	4	380	1,53	15	1425	5,75	11	1045	4,21
Module	3	285	1,15	1	95	0,38	0	0	0	1	95	0,38
Uitleesunit	0	0	0	1	95	0,38	2	190	0,76	0	0	0
Installatie	9	3848	15,5	2	855	3,45	0	0	0	0	0	0

W – het geïnstalleerd vermogen in W dat bij een storing verloren gaat

In een reactie van NKF op het aantal inverter storingen wist NKF te melden dat van de 60.000 verkochte OK4 inverters er in de afgelopen twee jaar 500 (oftewel 0.8%) defect teruggekomen zijn¹. Waarom in dit project significant hogere percentages defect raken kan niet met zekerheid gezegd worden. Volgens NKF hebben sommige series meer last van uitval dan andere. Een factor die zeker meespeelt in het verklaren van dit verschil is dat veel projecten met kleine inverters niet of nauwelijks bemeten worden en uitval dus niet of minder snel gedetecteerd wordt dan bij het ECN-project. Ook zou er verschil kunnen optreden tussen inverters die binnen of inverters die buiten geplaatst zijn. In het geval van het ECN project zijn de modules buiten achter op de module geplaatst, op drie uitzonderingen na, waarbij zij door de deelnemers zelf binnen zijn geplaatst. Bij deze drie PV-systemen is tot nu toe geen inverterstoring opgetreden.

Het bovengenoemde wordt door het vermoeden versterkt dat deze inverters als gevolg van het ingieten problemen kunnen geven, doordat de uitzettingsgraad van het ingietmateriaal anders ligt dan die van de componenten.¹⁰ Deze bron bevestigt ook dat de symptomen van inverterstoringen die bij het PV-Privé project vastgesteld waren, zoals intermitterende fouten, het gevolg kunnen zijn van de uitzetting en inkrimping van het ingegoten materiaal. De SMD-componenten die gebruikt zijn in deze inverters zijn daar erg gevoelig voor omdat zij door de trek of krimp van hun plaats geschoven worden.

¹ Reactie van H. Luijckx van NKF; email aan B. Jablonska d.d. 04-04-2003

Dit brengt ook de vraag met zich mee of de bestaande procedures waarmee de duurtesten op de nieuwe types inverters uitgevoerd worden voldoende zijn om dergelijke toekomstige problemen te kunnen herkennen. Een nader onderzoek naar thermisch gedrag is gewenst; het resultaat ervan kan ook van belang zijn bij het ontwikkelen van nieuwe types inverters en het ontdekken van de oorzaken van de storingen bij inverters in bedrijf.

De storingen in het jaar 2000, het jaar waarin de meeste PV-systemen geïnstalleerd waren, betreffen met name de installatiefouten, waaronder loszittende bekabeling binnen, doorvoer bijvoorbeeld via een ventilatiekanaal waardoor onder andere kans op condensatie ontstaat, beschadiging van de afdeklaag binnen, bouwkundig niet verantwoorde installatie (aansluiting van dakpannen aan het frame, verkeerd bevestigingsmateriaal), lekkage inclusief de kans daarop, etc.

Het aantal installatiefouten is te verklaren door het feit dat in het jaar 2000 het aanleggen van kleine PV-systemen op verschillende typen daken van bestaande woningen nog een behoorlijk nieuwe branche was. Als gevolg van de diversiteit van de bestaande daken betekent het op-maat werk. Voor die tijd hadden de installateurs nog niet genoeg gelegenheden gehad om voldoende ervaring op te bouwen (zeker niet met het nieuwe SunPower® systeem) en al doende leerden zij. Een andere reden hiervoor is dat de installatiekosten onderschat werden (ca. €340,- voor de aanleg van één PV-systeem binnen) voor een werk ‘op-maat’. Als gevolg hiervan moesten de deelnemers in enkele gevallen de installatie van bijvoorbeeld de bekabeling binnen zelf afronden, omdat de benodigde tijd door onverwachte moeilijkheden veel te lang werd.

Hieronder wordt een aantal storingen en de aanpak bij het oplossen van de storingen nader beschreven.

5.2 Specifieke storingen

5.2.1 Inverters

De meest voorkomende inverter storingen zijn hieronder samengevat. Daarna volgt een meer gedetailleerde omschrijving van individuele gevallen. Omdat de inverters de ‘zwakste schakel’ van het PV-systeem zijn wat de storingen betreft, is het belangrijk om de storingen goed bij te houden.

De lijst van de meest voorkomende storingen :

- De inverter functioneert helemaal niet (1)
- kWh-meter loopt (incidenteel) achter (2; 4; 12; 13; 14; 15)
- kWh-meter liep achter en na bepaalde tijd functioneerde hij niet meer (3)
- Een “gevoelig”contact (5)
- AC-stroom op een inverter te klein (5)
- Inverter schakelt aan en uit en na een bepaalde tijd functioneert hij niet meer (6)
- Op een warme dag varieert het AC-vermogen tussen bepaalde grenzen, tevens levert hij minder op dan de rest van de inverters (8)
- Te lage netspanning (8)
- Probleem met een aansluiting of een contact (9)
- kWh-meter loopt achter, daarna functioneerde hij niet en na een bepaalde tijd leverde hij weer maar liep steeds meer achter (10)
- Een inverter heeft een “black-out” (11)
- Monitoring-software problemen

Voor de liefhebbers volgt hieronder een gedetailleerde omschrijving van een aantal inverter storingen:

1. Een aantal inverters met een vermoedelijke storing is in het laboratorium van ECN onderzocht. De elektrische testen hebben bevestigd dat inverters niet functioneerden. Nader

onderzoek was binnen dit project niet voortgezet, omdat het niet bij doelstellingen van het project hoorde.

2. Bij volle zon genereerde de ene inverter geen vermogen terwijl de andere in hetzelfde PV-systeem dat wel deed. De panelen zijn in twee groepen aangesloten. Op hetzelfde moment knipperde het lampje in de zonnestroomindicator terwijl het andere lampje continue brandde. Er zijn vermoedens dat de netspanningsconnector op de inverter niet goed vastzat en afhankelijk van de temperatuurschommelingen onvoldoende contact maakte (zie ook hoofdstuk 7.2 - Onderzoek naar losse contacten). De inverter is vervangen.
3. Er werd waargenomen dat een kWh-stand van een inverter al twee maanden duidelijk achterliep. Bij nader onderzoek (in het kader van het onderzoek naar losse contacten - zie hoofdstuk 7.2) bleek dat op de koude tijdstippen van de dag de inverter wel functioneerde, maar als het warm werd, schakelde hij uit. Op het moment van de opname bereikte de temperatuur een gemiddelde van 40°C, terwijl de temperatuur van de andere inverters 10 tot 20°C hoger was. De inverter is vervangen.
4. Bij het vervangen van een inverter met storing is het de ECN-medewerker opgevallen dat een andere inverter teveel achterbleef. Er was geen storing gesignaleerd tot die tijd, maar na ongeveer twee weken functioneerde de inverter niet meer.
Het is aanbevolen om een inverter die wantrouwen wekt zo snel mogelijk te vervangen en niet pas als hij helemaal niet meer functioneert. Als het onderzoek op tijd plaats vindt is de kans hoger om erachter te komen wat er speelt. Dit geldt voor een aantal inverters binnen het PV-Privé project.
5. Een deelnemer heeft waargenomen dat AC-stroom op een inverter veel te klein was (12mA) in vergelijking met de stroom op andere inverters (rond 200 mA). Het paneel werd niet beschadigd. Nadat de inverters 'gereset' waren (schakelaar uit, stekker uit het stopcontact, na even wachten weer inschakelen) produceerde het desbetreffende paneel weer de juiste AC-stroom rond 200mA. Bij de metingen een week later werd hetzelfde geconstateerd, deze keer op een andere inverter. De "oplossing" van het probleem was dezelfde als bij de eerste inverter.
Een mogelijke oorzaak hiervan zou een 'gevoelig' contact kunnen zijn of het reageren van inverters op elkaar of op verschillen in de netspanning. Met de leverancier was afgesproken dat voor het vervangen de inverter op locatie zou blijven en gemonitord zal worden.
Het volgende is gebleken: het is bekend dat de inverters blijven 'hangen'. In een nieuwe cyclus (dus nadat de spanning 's nachts nul wordt) zullen ze weer op gang moeten komen; dit blijkt een ontwerpfout te zijn. Aangenomen wordt dat een energiebedrijf ongeveer twee keer per week van het ene net naar het andere over mag schakelen. Spanning- en frequentiebeveiliging zijn, volgens de norm en de wet, wel in de inverter aanwezig.
6. Een gebruikelijke inverter fout is opgetreden. Aan het begin schakelde de inverter aan en uit en na een bepaalde tijd functioneerde hij niet meer. Deze storing is bij meer inverters opgetreden.
7. Een deelnemer kon al een tijd de stand van één paneel niet uitlezen. De inverter had verkeerde (te laag ingestelde) fabrieksinstellingen waardoor hij bij onjuiste spanning schakelde. Na metingen verricht door ECN is de inverter vervangen.
8. In het kader van het onderzoek naar losse contacten (zie ook hoofdstuk 7.2) heeft de deelnemer een tabel met uitgelezen waarden doorgegeven. Hieruit bleek dat de inverter soms geen vermogen leverde als zijn temperatuur rond 70 °C bereikte. (zie ook bijlage I - Voorbeelden ingevulde tabellen t.o.v. losse contacten onderzoek). Dit is niet altijd het geval en de gegevens zijn te beperkt om een verklaring te kunnen geven.
Op een warme dag heeft de deelnemer later in de middag de inverter voor een langere

periode geobserveerd. Bij elke waarneming varieerde het AC-vermogen tussen grenzen die groter werden, naarmate de tijd voortschreed. Aanvankelijk waren de grenzen tussen 0 en 3 Watt, later werden ze 0 en 10, 25 en 40 Watt. De deelnemer zegt dat hij dit verschijnsel al in de beginfase van het project herhaaldelijk heeft waargenomen.

In het verleden heeft de deelnemer over te lage netspanning geklaagd. Het huis werd toen op een andere fase aangesloten. De producent vermoedt dat de storingen door de spikes of fluctuaties in het net (spanning, frequentie en faseverschuiving) veroorzaakt zouden kunnen zijn, door wat te krappe afstelling van de eerder genoemde parameters, maar nog binnen keuringsgrenzen, door het defect aan de inverter of een andere onbekende oorzaak. Dit zou getest moeten worden in bijvoorbeeld een netsimulator.

In ieder geval werd de inverter door de leverancier vervangen want de storing heeft zich nog binnen de garantieperiode voorgedaan.

9. Bij het uitlezen van de opbrengsten werd AC-spanning en ACstroom van nul geregistreerd. DC spanning en DC vermogen waren wel aanwezig. Deze stand van zaken is na een nadere controle niet veranderd en de inverter werd vervangen. De oorzaak van de storing is onbekend. Nadat een andere inverter in het PV-systeem het vermogen van nul aangaf werd hij vervangen. De opbrengst was toch nog steeds nul dus werd aangenomen dat het door een probleem met het PV-paneel kwam. De inverter werd gedemonteerd en gemeten - hij functioneerde naar behoren. Waarschijnlijk ging het om een probleem met een aansluiting of een contact.
10. De deelnemer heeft al in de zomerperiode opgemerkt dat de opbrengst van een bepaald paneel iets achterbleef. In de metingen i.v.m. de 'losse contacten' kwam dit niet naar voren, dus nam de deelnemer aan dat de inverter toch in orde was. Na een aantal maanden was het opeens niet meer mogelijk om data van de inverter uit te lezen, alle waarden van de inverter stonden op nul.
Een paar maanden later meldde de deelnemer dat er een verandering in de status was gekomen. Het was wel mogelijk om waarden van de inverter af te lezen en de opbrengst naderde de normaal verwachte waarden. Inmiddels was de opbrengst van de desbetreffende inverter maar ca. 10% lager dan van de overige inverters. Besloten werd dat de inverter voorlopig niet vervangen zou worden om zijn gedrag te kunnen volgen. Mochten de opbrengstverliezen toch te groot worden, dan zou de inverter nog voor de periode met hoge zoninstraling vervangen worden. Een aantal maanden later leverde de inverter maar 50% van de verwachte opbrengst en werd vervangen.
11. In het kader van het onderzoek naar losse contacten (zie ook bijlage I - Voorbeelden ingevulde tabellen t.o.v. losse contacten onderzoek) is gebleken dat bij het uitlezen van de opbrengsten de inverters regelmatig, soms allen tegelijkertijd, een 'black-out' hadden. Op het computerscherm was het uitlezen van AC-waarden niet mogelijk terwijl het aflezen van het DC-voltage, temperatuur en de totale opbrengst wel mogelijk was. Dit zou op een los contact/stekker kunnen duiden. Op een andere dag en een ander tijdstip van het aflezen waren alle waarden beschikbaar behalve de totale kWh-stand.

Andere mogelijke oorzaken zouden de netspanningfluctuatie of een probleem met de software kunnen zijn. Nadat de spanning zich weer binnen de grens herstelde, heeft de inverter een halve tot een aantal minuten nodig gehad om volledig te kunnen functioneren.

De vermoedelijke oorzaak van de storing - de hoge temperatuur van de inverter - bleek niet de reden van het probleem te zijn. Volgens de data opgenomen door de deelnemer kwamen de black-outs voor op de momenten dat de inverter verschillende temperaturen bereikte en niet in het geval van hoge temperaturen boven 60°C.

De deelnemer werd gevraagd om te volgen of dit verschijnsel zich nog steeds in de koude

wintermaanden voordeed. Inderdaad was de black-out ook tijdens de metingen op een zonnige winterdag waargenomen. De foutmelding zei dat het systeem geen vermogen gaf. In de zomer kwam de black-out veel vaker voor, namelijk ca één keer per minuut, terwijl in de winter maar drie keer per uur. De laatste is gebaseerd op een enkele meting, meer metingen waren door de deelnemer niet uitgevoerd.

12. In het kader van het onderzoek naar losse contacten heeft de deelnemer waargenomen dat het vermogen van een inverter te laag lag ten opzichte van de andere drie inverters, te weten 14 W tegenover ca. 64 W. De deelnemer heeft de meting op de inverter met het lage vermogen vier keer gecontroleerd; de waarde bleef dezelfde. Er was geen sprake van consistent beschaduwden of momenteel beschaduwden door bewolking. De oorzaak is onbekend.
13. De deelnemer was het al eerder opgevallen dat een PV-paneel minder opbrengst leverde. Door het invullen van de tabellen voor het onderzoek naar losse contacten kwam naar voren, dat een PV-paneel altijd de energie leverde, maar vaak aanzienlijk minder dan andere panelen in het systeem. Het is niet bekend hoe vaak en voor welke periode zich de storing voordeed. Na ongeveer anderhalf jaar van bedrijf was het verschil in de totale opbrengst al 10%.
Het verschijnsel was waarneembaar bij helder weer, op verschillende tijdstippen en bij verschillende buitentemperaturen. Er was geen sprake van lokale beschaduwning. Bovendien valt het op dat in de omstreden gevallen de DC-spanning ietsje hoger lag dan bij de rest van de modules, maar dat het geen regel was. Soms ligt de DC-spanning lager en soms is het vergelijkbaar met de rest van de modules. Het gedrag suggereert een slecht functionerende MPP-tracker.
14. De opbrengst van een PV-paneel was al een aantal maanden gehalveerd t.o.v. andere panelen in het systeem. Ook het opgewekte voltage was lager, te weten 24 V DC in vergelijking met 36 V DC van de rest van de panelen. De deelnemer werd gevraagd om beeldschermafdrukken te maken en in de loop van één maand een aantal waarden af te lezen en die door te geven (de tabel zoals gebruikt voor het onderzoek naar losse contacten).
15. De opbrengst van een PV-systeem gaf ondanks de afwezigheid van beschaduwning een lagere opbrengst dan verwacht. Als steekproef werden zes AC-modules onderworpen aan een flashtest. Uit de metingen bleek dat de opbrengsten van de panelen onder de toegestane opbrengst tolerantie lagen. Meer informatie is te vinden in de rapportage "Opbrengst en betrouwbaarheid van ECN PV-Privé panelen" [2].

5.2.2 Bouwkundige en elektrische installatiefouten en gebreken

Samengevat zijn er de volgende bouwkundige en elektrische installatiefouten opgetreden:

- De pannen rond de panelen niet juist aangelegd (1; 4)
- Lekkage (2)
- Incorrecte aansluiting (3; 5)
- Klapperende panelen bij sterke wind (6)
- Loslatend silicone op de rand van het frame (7)
- Vervuiling achter de rubberen randen van het paneel (8)

Nadere beschrijving van de bovengenoemde fouten en gebreken:

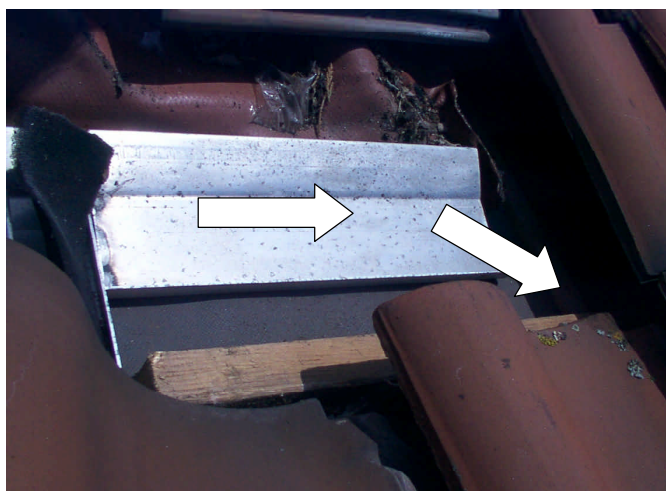
1. De pannen rond de panelen waren niet juist aangelegd waardoor er op lange termijn bij slecht weer lekkage mogelijk is. De deelnemer werd aangeraden om contact met de leverancier op te nemen.

2. De deelnemer heeft al langere tijd lekkage in zijn woning gehad. Hij heeft alle mogelijke oorzaken gecontroleerd zoals de goot, de kilgoot, pannen, balkon en gootaansluitingen vernieuwd. De deelnemer: "Ten einde raad ben ik vorige week in de stromende regen op het dak geklommen en heb aan één kant de buitenste onderpannen weggenomen. Het blijkt dat mijn PV-systeem de kwade pier is. De onderste aluminium goot, waaraan tevens de slab is bevestigd, is naar de zijkant nagenoeg geheel open! In ieder geval loopt van hieruit het hemelwater onder de pannen door naar beneden tussen de goot en het dakbeschot. Het verzamelt zich op het balkonplafond en verdwijnt via allerlei naden, tot in de keuken aan toe". De schade is te zien in de figuur 5.2 en 5.3.

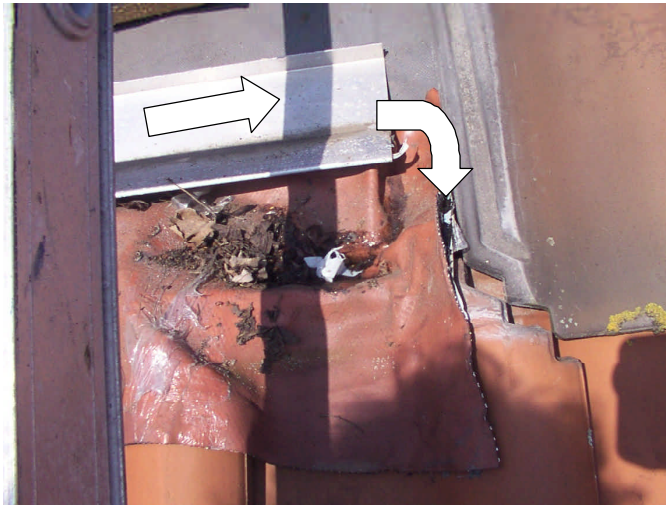
Tijdens de inspectie bleek dat de waterschade hoog opgelopen was. De leverancier heeft toegestemd dat de deelnemer de reparatie zelf zal regelen. Na de reparatie zijn de kosten door de leverancier vergoed.



Figuur 5.1 Aan de zijde van dit PV-systeem is water in de woning gelekt



Figuur 5.2 Water lekte onder de dakpannen door de woning in



Figuur 5.3 *Situatie na het openen van de afdekfolie rond de plaats van de lekkage*

3. De PV-panelen zijn op de schuur/garage door de deelnemer zelf geïnstalleerd. Bij de inspectie van de leverancier is gebleken dat de aansluiting niet correct uitgevoerd was. Om deze reden waren de panelen niet constant op de netspanning aangesloten, wat uit de meetresultaten is gebleken en dit werd ook door de deelnemer bevestigd. Bovendien was er nabij de stroomindicator geen wandcontactdoos gemonteerd die vast op de 220 V installatie aangesloten had moeten zijn. Het systeem was door de deelnemer opnieuw op de juiste wijze aangesloten.
4. De PV-panelen geïntegreerd in het dak waren niet op bouwkundig verantwoorde wijze geïnstalleerd (gaten waren met PUR/siliconenkit gedicht en het PUR werd ook als een bevestiging gebruikt, de afwerking was slordig) zoals de vier foto's in Bijlage B.7 - Gebreken laten zien. Het frame voor zes PV-panelen werd verwijderd en de deelnemer heeft daarna gekozen voor installatie op beugels boven de dakpannen. De leverancier heeft de herhaalde installatie op eigen kosten uitgevoerd.
5. Nadat er een storing in de inverter is opgetreden, werd deze door de leverancier vervangen. Het uitlezen van de gegevens bleek toch niet mogelijk. Er is gebleken dat na de reparatie van de lekkage op het dak de aansluitdraden verkeerd zaten. Dit werd door de ECN medewerker ter plekke opgelost. De tekening, die toen nog steeds bij het PV-systeem meegeleverd werd, gaf verwarring. Dit was waarschijnlijk de reden waarom de aansluiting onjuist uitgevoerd was.
6. Een deelnemer heeft last gehad van klapperende PV-panelen die bij zware wind veel geluidsoverlast veroorzaakten. Door een ECN-medewerker is het al eerder opgemerkt dat de schroeven die het frame op de steunconstructie verbinden te kort waren. Dit is blijkbaar de oorzaak van het probleem. De lengte van de schroeven was volgens de handleiding correct. Aanbevolen werd om het ontwerp aan te passen. Één deelnemer heeft de schroeven al eerder preventief voor langere vervangen.
7. Bij één deelnemer heeft een ECN-medewerker opgemerkt dat het silicone op de rand van het paneel los liet. Door de werking van vuil en/of vocht zou het PV-laminaat in de toekomst kunnen gaan delamineren.
8. Na ruim drie jaar van bedrijf van PV-systemen heeft een ECN-medewerker bij een inspectie ontdekt, dat er bij dakgeïntegreerde PV-systemen vuil en groene aanslag blijven zitten achter de rubberen randen van het paneel. Het gaat om laminaten in rubber frame dat niet tot

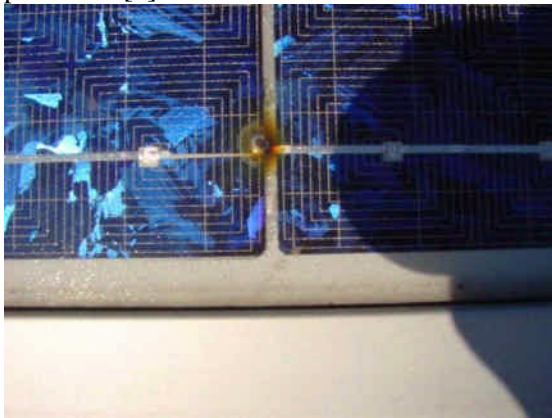
het eind van de laminaten loopt en daardoor laat het vuil, vocht en aanslag toe. Dit blijkt een ontwerpfout te zijn.

De PV-systemen waren niet regelmatig en systematisch hierop onderzocht. De vraag welke invloed dit probleem zou kunnen hebben en onder welke omstandigheden het zich voordoet (bijvoorbeeld: verdwijnt de groene aanslag bij droog weer en onder/boven bepaalde temperaturen?) blijft daarom open.

5.2.3 Modules

Er zijn niet veel mankementen geweest met de modules zelf. Hieronder volgt een samenvatting van deze storingen:

- Kortsluiting met als gevolg een 'hot spot'
 - Lekkage
 - Kromme panelen
1. Een module toonde een productiefout die pas na één jaar een probleem opleverde. Door kortsluiting tussen de eerste en de laatste cel van het paneel ontstond er een brandplek (hot spot). De kortsluiting was veroorzaakt door de onjuiste aansluiting van de contacten. Voor meer details zie de ECN-rapportage "Opbrengst en betrouwbaarheid van ECN PV-Privé panelen". [2]



Figuur 5.4 Een brandplek die ontstaan is na een kortsluiting

2. Tijdens het demonteren van een PV-paneel werd er waargenomen dat er water tussen de aluminium rand en de siliconenkit uitkwam. Het water scheen in de rand te blijven hangen en kwam er uit als er spanning op het paneel aanwezig was. In het PV-systeem van deze deelnemer zijn er tenmiste twee panelen met dit probleem. Zie ook foto's in B.7 - Gebreken.
3. Drie kromme panelen zijn vervangen. Een van de redenen was een kabel die onder de panelen geklemd zat. Zie ook foto's in de B.7 - Gebreken.

5.2.4 Overige

Een aantal overige storingen zijn hieronder samengevat:

- Elektronica van een uitleesunit functioneert niet (1)
- Het groene knipperlichtje van de zonnestroomindicator functioneert niet (2)
- Bij het bereiken van een bepaalde spanning blijft het PV-systeem uitschakelen en opstarten (3)
- Beschadigde dakisolatie bij de installatie van het PV-systeem

1. Uitleesprint van de uitleesunit waarvan al de elektronica niet functioneerde werd door de deelnemer vervangen.
2. Een groen knipperlichtje (een onderdeel van de zonnestroomindicator) functioneerde niet meer, ook als er genoeg zonlicht beschikbaar was. De opbrengst was niet lager dan normaal. Anders dan in een aantal andere gevallen, functioneerde het lampje na een bepaalde tijd weer naar behoren. Het is niet meer mogelijk om vast te stellen of een korte storing aan het systeem zich voorgedaan heeft of dat het probleem alleen het lampje zelf betrof.
3. Een deelnemer heeft in het kader van PV-Privé project zes AC-modules van 95 Wp laten installeren. Later heeft hij buiten dit project nog zes AC-modules van 110 Wp aangeschaft. Op een warme zomerdag (helder, hoge instraling, 29°C; vroeg in de middag) fluctueerde de netspanning tussen 243 en 244 V AC, terwijl de 95-Wp-panelen er geen last van hadden. Vier van de zes panelen van 110 Wp schakelden uit bij het bereiken van 244 V AC spanning en bleven uitschakelen en opstarten. De totale opbrengsten van deze 6 panelen laten duidelijk zien dat dit fenomeen zich regelmatig herhaalt.

In de nabijheid van zijn woning staat een oud type 65 kW windturbine die waarschijnlijk de fluctuaties en/of stoorpieken op het net veroorzaakt. De bereikte piekspanning van 244 V AC ligt nog binnen de specificatie grenzen waarbinnen de inverter zou moeten functioneren. Tijdelijke softwarematige verhoging van de bovenste afschakelgrens gaf geen soelaas. Vermoedelijk komt het uitschakelen door de software-instellingen van de inverter.

4. Tijdens de vervanging van een inverter werd door de bewoner aangegeven en door de medewerker van ECN ontdekt dat tijdens de installatie gaten in het waterdichte dakfolie waren aangebracht door de monteurs. De schade werd ook aan de warmte-isolatie aangebracht. De monteurs hebben de gaten provisorisch gerepareerd met een kunststof zak en de dakpannen teruggezet. De reparatie was onvoldoende omdat het dakbeschot van een dusdanige constructie is dat waterlekkage op termijn waterschade en vochtplekken aan de binnenkant van het dak zouden veroorzaken. De foto's zijn te zien in de B.7 - Gebreken.

5.3 Garantie

Volgens het contract met de leverancier was de garantie op de installatie twee jaar, de fabrieksgarantie op inverters twee jaar en op PV-panelen tien jaar. Andere componenten zoals kabels vallen natuurlijk ook onder de garantie. De leverancier was bereid om gedurende de eerste twee jaar service te verlenen. Na deze periode moest de eigenaar (ECN in de loop van de volgende drie jaar, daarna de deelnemers zelf) zelf de producenten benaderen.

In de loop van het project heeft de inverterproducent de garantieperiode van de inverters verlengd van twee naar vijf jaar. De garantie was verwerkt in de verhoogde prijs van de inverters.

De inverter producent was bereid om ook oudere inverters te vervangen in het geval van een storing. Dit gold ook in het geval van een onregelmatige uitval. Deze inverters werden vanwege evaluatie niet direct vervangen. Een storing na de garantieperiode kon op de webpagina van de producent aangemeld worden. De desbetreffende inverters werden teruggestuurd en de producent heeft nieuwe geleverd. De kapotte inverters werden bij de producent getest en vervangen door andere. Mocht blijken dat de inverter niet defect was, werd de inverter niet vervangen maar geretourneerd. Uiteraard waren de vervangingskosten voor ECN.

6. VERGOEDING TERUGLEVERING

In het begin van het PV-Privé project was er een besparing van ca. 80 kWh per paneel (afhankelijk van de oriëntatie, hellingshoek van het dak en de beschaduwing) op jaarbasis aan de deelnemers in het vooruitzicht gesteld. De leverancier heeft de deelnemers verzekerd dat mechanische kWh-meters inclusief telwerk terug zouden draaien en daardoor een afrekening plaats zou vinden op basis van het saldo van opgenomen en geleverd aantal kWh.

Aan de hand van de observatie van twee jaar, is het bij een van de deelnemers opgevallen dat zijn elektriciteitsverbruik vergeleken met de jaren voordat het PV-systeem van vier modules geïnstalleerd was niet lager werd. Hij kreeg het vermoeden dat een terugdraaiend telwerk misschien niet vanzelfsprekend is. Op momenten dat er meer elektriciteit geleverd werd dan gebruikt, draaide de schijf op zijn kWh-meter wel terug, terwijl het telwerk stil bleef staan.

Nadat de deelnemer contact met de leverancier en het energiebedrijf had opgenomen, kwam hij te weten dat de teruglevering plaats dient te vinden op contractbasis via een energiemeter met een terugtelwerk, dat speciaal hiervoor ontwikkeld is. Deze speciale kWh-meter heeft meer telwerken - voor hoog en laag tarief en dag- en totaalteller teruggeleverde energie. De inductieschijven van bestaande mechanische kWh-meters kunnen wel terugdraaien. Het telwerk zou normaal gesproken geblokkeerd moeten zijn voor het terugdraaien; de meters zijn wel gekalibreerd voor energieverbruik, maar niet voor teruglevering.

De projectcoördinator heeft hierover verder uitgebreid met een energiebedrijf gecommuniceerd. Het is gebleken dat draaispoelmeters van bepaalde kWh-meters beveiligd zijn en het telwerk niet terug kan draaien. Het energiebedrijf heeft aangeboden om na te gaan bij welke deelnemers dit het geval is en hun een aanbod gedaan om een nieuwe meter te installeren. Hieraan waren wel vrij hoge kosten verbonden wat betekende dat de terugverdientijd van de meter daardoor vrijwel onacceptabel zou worden. De tarieven waarmee de teruggeleverde kWh door het energiebedrijf vergoed werden, lagen aanzienlijk lager dan de kosten voor het aanschaffen van de elektriciteit. Indien er een kWh-meter met een draaispoelmechanisme aanwezig was en de meter draaide terug, raadde het energiebedrijf aan om de situatie ongewijzigd te laten; de klant kreeg dan namelijk de één op één vergoeding.

Aangenomen wordt dat bij een PV-systeem dat uit vier modules bestaat het grootste deel van de opbrengst direct gebruikt wordt (koelkast, ventilatoren, pompen, stand-by apparatuur) ook als de bewoners niet aanwezig zijn. Verder liggen de kosten van een nieuwe kWh-meter vrij hoog en is de vergoeding van de teruggeleverde kWh door het energiebedrijf nog steeds ongunstig. Alles samen zou dit waarschijnlijk betekenen dat de meerderheid van de deelnemers niet voor een nieuwe kWh-meter zou kiezen.

Het energiebedrijf werkte aan een nieuwe regeling waarmee de natuurstroom-klanten van het energiebedrijf, die tevens de eigenaren van een PV-systeem zijn tegen een gunstig tarief, zelfs hoger dan het aanschaf tarief, de energie terug zouden kunnen leveren. Deze regeling is in augustus 2002 stopgezet vanwege de op komst zijnde verandering in de wet en regelgeving omtrent duurzame energie.

Er is wel een andere regeling tot stand gekomen. De eigenaar van een PV-systeem sluit met het energiebedrijf een contract af voor het afnemen van de natuur-stroom in de periode van drie jaar en gaat akkoord met de eis dat alle stroom geproduceerd door zijn PV-systeem het energiebedrijf toebehoort. In ruil hiervoor krijgt hij jaarlijks een vergoeding voor de elektriciteitsproductie van zijn PV-systeem. Dit is berekend op basis van het geïnstalleerde piekvermogen, het verwachte rendement en een teruglevering tarief.

Hier dient opgemerkt te worden dat een “boom” in het plaatsen van PV-systemen waargenomen in Duitsland in 2004 te maken heeft met de genereuze vergoeding voor de teruggeleverde energie. Duitsland heeft ook de leidende positie in Europa wat het geïnstalleerd piekvermogen betreft.

Dit laat zien dat voor de grootschalige toepassing van PV de gunstige tarieven voor de teruggeleverde energie cruciaal zijn.

7. AANSLUITENDE PROJECTEN

Een van de doelstellingen van het PV-Privé project was om de kennis verzameld binnen dit project in vervolgprojecten te kunnen gebruiken die een bijdrage zouden leveren aan de promotie van PV-systemen en kennisopbouw. Naar aanleiding van acquisities en vragen die optraden gedurende het bedrijf van de PV-systemen is een aantal projecten uitgevoerd.

7.1 Project “Opbrengsten en betrouwbaarheid van ECN PV-Privé panelen”

Alle deelnemers in het PV-Privé project hebben zich verplicht om de opbrengsten van hun PV-systemen gedurende de periode van 5 jaar na de installatie maandelijks door te geven. Het was de bedoeling om door middel van de verzamelde data zoveel mogelijk kennis over onder andere de opbrengsten en betrouwbaarheid van kleine PV-systemen op te bouwen.

Dit is gerealiseerd in het kader van het project "Opbrengsten en betrouwbaarheid van ECN PV-Privé panelen" [2], waarin data is geanalyseerd van ruim twee jaar bedrijf van ongeveer 50 PV-systemen.

Betrouwbaarheid van PV-systemen en het toetsen van de bruikbaarheid en gevoeligheid van een eenvoudige methode (berekenen van een standaard opbrengst en vergelijken ervan met door een kWh-meter gemeten opbrengst) waren de doelen van het project. Hierbij werd de nauwkeurigheid van de referentie- en gemeten opbrengst en de oorzaken waarom de twee waarden verschillen, onderzocht, alsook een aantal onzekerheden die daarin een rol spelen. De deelnemers waren in de gelegenheid gesteld om de opbrengsten van hun PV-systemen via ECN-Intranet met de referentiewaarden te vergelijken. Bij grote afwijkingen hebben de deelnemers de projectcoördinator gewaarschuwd, die de oorzaak van de vermeende storing heeft vastgelegd en de reparatie bemiddelde met de leverancier. De projectcoördinator heeft zelf regelmatig de opbrengsten geanalyseerd en de verdachte afwijkingen aangewezen.

Samengevat volgens de rapportage "Opbrengsten en betrouwbaarheid van ECN PV-Privé panelen" kunnen de volgende belangrijke conclusies getrokken worden:

- a) *Componentkarakteristieken* - de onzekerheden in het werkelijke vermogen van de panelen onder standaard condities, bij lage instraling en bij systemen met suboptimale oriëntatie spelen een grote rol. Aanbevolen wordt om gebruik te maken van gemeten componentkarakteristieken, niet van nominale gegevens.
- b) *Oriëntatie* - bij zuid-georiënteerde systemen speelt deze onzekerheid nauwelijks een rol, terwijl bij de suboptimale oriëntaties met name in de winter de invloed groot is.
- c) *Tilthoek* - het hele jaar door heeft deze onzekerheid een belangrijke invloed op de PV-systemen van alle oriëntaties. Opvallend is dat bij de zuid-georiënteerde systemen de onder- of overschatting op jaarbasis gebalanceerd wordt.
- d) *Keuze van het weerstation* - zogenaamde 'random' verschillen tussen de opbrengst op locatie en van het weerstation ontstaan als de opbrengsten vaker dan 1 keer per maand doorgegeven worden, deze onzekerheden kunnen groot zijn. Aanbevolen wordt om de duur van de evaluatieperiodes niet veel korter dan een maand te kiezen. Ook wordt aanbevolen om interpolatietechnieken te ontwikkelen en valideren om de instralinggegevens van meerdere weerstations te gebruiken voor een schatting van de instralingwaarden ter plaatse van het PV-systeem.
- e) *Het toepassen van vaste maandwaarden voor het rendement van de PV-systemen (PV-Solex)* - geeft geringe toename van onzekerheden in de zomerperiode bij gunstig georiënteerde systemen en grote in de winter, met name bij ongunstig georiënteerde systemen.
- f) *Monitoringsfaciliteit van de inverter* - het is onzeker in hoeverre de gemeten opbrengsten in vergelijking met gekalibreerde kWh-meters nauwkeurig zijn.
- g) *Vaststellen van een storing door het verschil tussen de gemeten- en referentieopbrengst* - door alle eerder genoemde onzekerheden en indien er geen beschaduwing optreedt kan er

aangenomen worden dat er pas bij een verschil groter dan 40% zeker sprake kan zijn van een storing.

7.2 Onderzoek naar losse contacten

De monitoring van de PV-Privé systemen liep al anderhalf jaar toen een aantal storingen aan inverters voorkwam die niet eenduidig te verklaren waren. Het leek erop dat sommige inverters in zeer warm weer geen vermogen konden opwekken.

In het jaar 2002 is er een onderzoek ingesteld naar de oorzaak van problemen met het aflezen van opbrengsten en het tijdelijk uitschakelen van inverters. Een verschijnsel beschreven als vermoedelijke losse contacten, in vakjargon ook "kraakcontacten" genoemd, is een aantal keer op PV-Privé systemen voorgekomen. Deelnemers is verzocht om op warme en koude tijdstippen van de dag een aantal gegevens van hun PV-systemen af te lezen.

De deelnemers hebben enthousiast op het verzoek gereageerd; zestien van hen hebben hun medewerking toegezegd.

De deelnemers is gevraagd om een tabel met verschillende gegevens per inverter in te vullen, zoals: opbrengst (kWh), DC spanning, AC spanning, momenteel vermogen, temperatuur van de inverter en de temperatuur buiten. Al deze gegevens kunnen met de monitoring software applicatie, gebruikt voor de PV-Privé systemen, afgelezen worden.

Een direct verband tussen de hoge temperaturen en losse contacten is na de eerste analyse van de ingevulde tabellen niet bewezen. Sommige storingen die wel op losse contacten duiden kwamen op de koude tijdstippen van de dag ook voor.

Wel zijn er, door het invullen van de tabellen, ook andere storingen aan het licht gekomen. Meer details hierover zijn te vinden in hoofdstuk 5.2.1 - Inverters.

Voorbeelden van ingevulde tabellen met storingen aan PV-systeem zijn te vinden in bijlage I.

Inverters met storingen die wel werkten maar door een terugkerende uitval minder opbrengst wisten (er werd zonder een duidelijke reden minder momenteel vermogen opgewekt t.o.v. andere inverters van hetzelfde PV-systeem) werden door de leverancier vervangen; zelfs na de garantieperiode van 2 jaar.

Het was de bedoeling dat na het verzamelen van de benodigde gegevens het onderzoek voortgezet zou worden. Het projectplan hield in een analyse van de gegevens, inspecties van desbetreffende PV-systemen, testen van de inverters en uiteindelijk conclusies en aanbevelingen voor de inverter leverancier en gebruikers van de PV-systemen.

Het onderzoek is uiteindelijk vanwege een tekort aan financiële middelen niet uitgevoerd.

7.3 Het communicatieproject duurzame energie op Texel

Het communicatieproject duurzame energie op Texel is uitgevoerd in het kader van de subsidieregeling "Leren voor Duurzaamheid" en gesteund door de Provincie Noord-Holland.

Een onderdeel van dit project was de monitoring van PV-systemen geïnstalleerd bij particulieren en het opzetten van een webpagina met informatie over de zonnepanelen. Hiervoor is de softwareapplicatie van het PV-Privé project gebruikt. De applicatie was aangepast voor de groep gebruikers op Texel en het klimaat op deze locatie.

De geïnstalleerde PV-systemen op Texel werden oorspronkelijk niet gemonitord, wat betekende dat de eigenaren geen overzicht hadden of de systemen naar behoren functioneerden en wat de werkelijke opbrengsten waren. Door het aanschaffen en uitlenen van een aantal interfaces naar de eigenaren van PV-systemen werd monitoring mogelijk gemaakt.

Behalve monitoring had het project andere doelstellingen zoals het opzetten van een webpagina met informatie over gerealiseerde en geplande duurzame energie projecten op Texel. De gemeente heeft voorlichtingsbijeenkomsten en andere acties georganiseerd waar systeemcomponenten van duurzame energie technologieën tentoongesteld waren. De promotie van duurzame energie technologieën in de media samen met de informatie over het project vond ook plaats.

Resultaten van het project kunnen als volgt samengevat worden:

1. De gemeente Texel heeft een promotiedag over elektrische zonnepanelen georganiseerd. Doel van de dag was voorlichting te verstrekken over elektrische zonnepanelen en particulieren en bedrijven in staat te stellen nieuwe installaties te kopen. Speciaal onderdeel in deze actie was dat particulieren gezamenlijk een bestelling konden plaatsen. Zij ontvingen dan een hoger kortingspercentage wanneer zij gezamenlijk een bestelling plaatsten. De actie was een succes. In totaal is er 500 m² zonnepaneel verkocht.
2. De gemeente Texel is vertegenwoordigd geweest in een tentoonstellingstent in Oosterend. Door middel van een fotopresentatie en een proefopstelling van een zonneboilerinstallatie en een PV installatie werd voorlichting gegeven over duurzame energie. De tentoonstelling is door 15.000 mensen bezocht.
3. Het resultaat van de actie was dat 80 mensen zich hebben aangemeld voor het laten uitvoeren van een Energie Prestatie Advies.
4. Er zijn 5 voorlichtingsavonden georganiseerd over Duurzame Energie in samenwerking met de Stichting Duurzaam Texel.
5. Ten behoeve van de monitoring van zonnepanelen zijn er door de gemeente Texel 40 installaties gemeten.
6. Door de gemeente Texel is een website opgezet over Energie op Texel. Zie www.energietexel.nl. Het doel van deze site is voorlichting te geven over energiebesparing en duurzame energieprojecten op Texel.
7. Door het ECN is een website opgesteld met als doel elektrische zonnepanelen te monitoren en hierover informatie te verschaffen. Zie www.ecn.nl/pvtexel
8. Er is een voorlichtingsavond georganiseerd over elektrische zonnepanelen met als doel de site van het ECN te promoten en ervaringen uit te wisselen.
9. Door ECN is een handleiding opgesteld met als doel nieuwe projecten tot een succes te maken.

7.4 PVSAT

In de zomer van 2004 zijn de PV-Privé deelnemers door een projectleider van het Europees PVSAT-project gevraagd om aan een veldtest mee te doen. Een aantal van de PV-Privé deelnemers heeft enthousiast gereageerd. De veldtest zal een jaar doorgaan.

Binnen het project wordt de instraling gemeten aan de hand van satellietbeelden van METEOSAT. Het gaat om dagelijkse metingen of metingen per uur. De deelnemers aan de veldtest geven de PV-systeem beschrijving door, op basis daarvan wordt de theoretische opbrengst uitgerekend. Indien deze afwijkt van de gemeten opbrengst, zal een automatische foutdetectie een melding naar de PV-systeem eigenaar opsturen. Informatie over dit project is te vinden op: <http://www.pvsat.com>.

Het kan zeer interessant zijn om het resultaat van de metingen binnen het PVSAT-project te mogen vergelijken met de werkelijk gemeten opbrengsten alsook de theoretische opbrengsten van de PVSAT en de PV-Privé monitoring software applicatie.

8. SPIN-OFF

Een van de doelstellingen van het PV-Privé project was het opdoen en verspreiden van de kennis bij een breed publiek. Dit had als gevolg dat steeds meer mensen over het PV-Privé project hebben gehoord en reageerden.

De projectleider is benaderd door een aantal PV-systeem eigenaren die zelf problemen hebben ondervonden met hun systemen. Meestal ging het om inverter storingen en monitoring. Er was een duidelijke behoefte aan een aanspreekpunt of een klachtenmeldpunt om de ervaringen en de problemen te bespreken. Deelnemers van het ECN PV-Privé project kunnen hiervan vijf jaar lang gebruik maken en de helpdesk wordt vaak geraadpleegd. PV-systeem eigenaren buiten dit project organiseren zich in kleine groepen om hun ervaringen te kunnen uitwisselen (zie bijvoorbeeld De Zonnestroom producenten Vereniging op <http://zonnestroomproducenten.nl>). [12]

Het PV-Privé project was ook gepresenteerd op de 9th Conference on Solar Energy in High Latitudes - Northsun - in 2001 in Leiden (zie ook "PV on Existing Roofs". [3]

Op een reguliere vergadering van "een PV-monitoringsgroep" (een project ondersteund door Novem) werd een presentatie gegeven over het PV-Privé project. De presentatie was toegespitst op de ervaringen met installatie en bouwkundige details, die toen nog steeds een zwak punt van het PV-systeem waren.

De pers heeft ook interesse getoond in het PV-Privé project. In het blad Maatschappij Belangen verscheen een artikel hierover, zie bijlage H - PV-PRIVÉ in de pers.

9. CONCLUSIES

In de loop van vier jaar is er binnen het PV-Privé project veel waardevolle kennis opgebouwd. Uit deze opgedane ervaringen is het overduidelijk dat het project een succes mag worden genoemd. Dit kan gezegd worden ondanks het feit dat een groot deel van deze rapportage storingen en gebreken beschrijft. Het project heeft gedurfd om relatief nieuwe toepassingen van de technologie en de bedrijfstak, die toen nog in ontwikkeling waren, in de praktijk te demonstreren en monitoren. Elke ervaring wordt dus als een positieve bijdrage gezien.

Het monitoren en vastleggen van de opgedane praktische ervaringen gedurende deze periode heeft het project een schat aan interessante gegevens opgeleverd. Deze ervaring zou anders ongemerkt verdwijnen of vergeten worden. Met name het installatieproces en opleveringsinspecties alsook de contacten met allerlei instanties binnen diverse gemeentes, leveranciers en installatiebedrijven bleken zeer waardevol. Van groot belang bleek de feedback naar de leverancier, installateurs en de producent voor het verbeteren van installatiemethode en de gebruikte systeemcomponenten. Diverse door ECN voorgestelde verbeteringen zijn opgenomen in de handleiding voor de installateurs van SunPower® systemen.

9.1 Geleerde lessen

Ervaringen in het ECN PV-Privé project tot nu toe hebben geleid tot de volgende geleerde lessen voor verschillende doelgroepen:

9.1.1 Gemeentes

- a. Teneinde de procedurele barrières met betrekking tot het installeren van PV-systemen in de bestaande bouw te verwijderen of minimaliseren zullen de plaatselijke autoriteiten beter geïnformeerd moeten zijn over het PV-onderwerp:
 - Wat is PV?
 - Hoe ziet een PV-systeem eruit en wat zijn de verschillende installatieconcepten?
 - Welke eisen en voorwaarden voor het installeren van PV zijn zinvol?

9.1.2 Installatiebedrijven

- b. Installatiebedrijven van PV-systemen zouden bereid moeten zijn om meer te investeren in scholing en inzicht van installateurs met betrekking tot de volgende onderwerpen:
 - elektrische installatie;
 - bouwkundige aanpassingen;
 - basiskennis over PV, met name het optimaliseren van de opbrengst;
 - advisering wel of niet tot aanschaf en installatie over te gaan op basis van beschaduwning of locatie;
 - kennis van de op de markt beschikbare installatiesystemen zodat installatie en servicevriendelijkheid worden geoptimaliseerd;
 - innovatief durven te denken en adviseren om alternatieve locaties en installatiesystemen toe te passen;
 - aandacht voor detail en afwerking.
- c. De installatiebedrijven zijn minder geïnteresseerd in het installeren van kleine PV-systemen op daken van bestaande woningen. Dit komt door een grote verscheidenheid aan daken en te hoge kosten voor 'op-maat' werk. Grootschalige toepassingen in de nieuwbouw zijn voor de installatiebedrijven interessanter.
- d. Vanwege de uitval en de bereikbaarheid van de inverters wordt aangeraden om inverters binnen (bijvoorbeeld op zolder) te plaatsen.

- e. Indien de installateur van tevoren weet hoe de situatie in het huis is, waar het PV-systeem en de zonnestroom indicator geïnstalleerd zullen worden en waar de kabels zullen lopen, kan er veel tijd bespaard worden. Het is handig om vóór de installatie contact met de klant op te nemen voor wat betreft data en samenwerking.

9.1.3 Projectopzetters en gebruikers

- f. Naarmate het PV-systeem steeds meer als een gewoon onderdeel van het huis gezien wordt en het nieuwtje er af is, wordt er minder aandacht besteedt aan het monitoren. Dit kan nadelig werken omdat de eigenaar dan niet op de hoogte is of zijn PV-systeem naar behoren werkt.
- g. De groep van deelnemers is in de loop van vier jaar 25% kleiner geworden, omdat een aantal deelnemers niet meer in dienst is bij ECN en een aantal het huis met het PV-systeem verkocht heeft. Over het algemeen monitoren de deelnemers, die niet meer betrokken zijn bij het bedrijf, hun PV-systemen nauwelijks.
- h. Vijf jaar lang service en helpdesk is een groot voordeel van het PV-Privé project. Van de service en helpdesk werd, met name in de periode van 'kinderziektes', veel gebruik gemaakt. De helpdesk en bereikbaarheid van de informatie is dus van groot belang.
- i. Het is essentieel dat het contract met de deelnemers consequent is en in overleg met een jurist is opgezet.
- j. Het contract moet ook vaststellen wat de sancties zijn indien een deelnemer zich niet aan de voorwaarden houdt (zoals monitoren).
- k. “Het meten is weten” - in het geval van het PV-Privé project wordt er middels de monitoring gemeten. Hierdoor zijn er behoorlijk meer storingen gerapporteerd dan landelijk gemiddeld.
- l. Het bezuinigen aan de monitoring (kWh-meter, interface, software) loont niet. Indien de projectontwikkelaar (met name bij nieuwbouw) geen monitoring wil toepassen, probeer het dan toch door te zetten. Het punt hierboven suggereert dat er veel PV-sytemen met onopgemerkte storingen op daken zouden kunnen liggen.
- m. Voordat de installateurs komen, zou de deelnemer (in overleg met een expert of het installatiebedrijf indien nodig) de beste route voor de kabels en de plaats waar de zonnestroomindicator komt te hangen, moeten bedenken. Geef de lengte van de kabels door aan het installatiebedrijf, anders kan het voorkomen dat de installateurs te weinig materiaal meebrengen. Zorg voor een goede toegankelijkheid van de plaatsen waar de componenten van het PV-systeem geïnstalleerd zullen worden.
- n. Een handleiding bij het opzetten van een project met zonnepanelen is te vinden in Bijlage K. Het is gebaseerd op de ervaringen opgebouwd binnen het PV-Privé project en uitgewerkt voor het Communicatieproject Duurzame Energie op Texel.

9.1.4 Leveranciers

- o. Het ontwikkelen van een duurzaam en universeel installatieconcept van hoge kwaliteit en flexibiliteit dat op verschillende soorten daken kan worden toegepast, kan de kosten en arbeidsintensiteit van de installatie sterk reduceren.
- p. Er wordt vaak niet aan de kosten van de nazorg gedacht. Bij een grote uitval samen met een slechte bereikbaarheid van de inverters kunnen de nazorgkosten hoog oplopen.

- q. De klant zou meer garantie moeten kunnen krijgen voor de onderdelen van het PV-systeem en voor de installatie. Er zou ook nagedacht moeten worden over een oplossing wat betreft de service in het geval dat de productie van een component van het PV-systeem gestopt wordt.

9.1.5 Onderzoeksinstellingen

- r. Het monitoren van PV-systemen in de periode van 5 jaar is zeer van belang en levert belangrijke informatie op. In het algemeen zijn er weinig data over langdurige prestaties van PV-systemen, daarom wordt aanbevolen om met de monitoring ook na vijf jaar door te gaan.
- s. Het samenwerken met de producent is voor het onderzoek essentieel. Beide partijen kunnen dan van de monitoringsdata en bevindingen profijt hebben en elkaar aanvullen.
- t. Houd nauwkeurig bij welke problemen en mogelijke onderzoeksonderwerpen er in de loop van het project optreden.

9.1.6 Energiebedrijven

- u. Goede en duidelijke afspraken met de klant over de terugdraaiende meters en het registreren en de vergoeding van de teruggeleverde elektriciteit zijn van groot belang.

9.2 Aanbevolen vervolgonderzoek en acties

Binnen het PV-Privé project is onderzoek gedaan naar bepaalde aspecten elders genoemd in dit rapport. Dit onderzoek was een van de doelstellingen van het project.

In de loop van het project is een aantal vragen ontstaan waarop het vervolgonderzoek zich zou kunnen richten. Deze onderwerpen zijn hieronder samengevat:

- a) Betrouwbare kleine inverters.
- b) Thermisch gedrag van inverters (met name van de buiten geplaatste inverters).
- c) Elektrisch gedrag van inverters (met name in storingsituaties).
- d) Invloed van de netspanning op de prestatie van inverters.
- e) Invloed van inverters op elkaar.
- f) Duurtesten van inverters (met name van de buiten geplaatste inverters).
- g) Voortzetten van het onderzoek naar losse contacten (zie hoofdstuk 7.2).
- h) Prestatie en de monitoring van PV-panelen op lange termijn.
- i) Oorzaken en gevolgen van de delaminatie van PV-panelen, van het aantasten van de siliconenkit, de werking van vocht, opgehoopte vuil en groene aanslag.
- j) Nazorg van PV-systemen.
- k) Procedurele barrières bij gemeentes bij het plaatsen van PV-systemen en de mogelijkheden om deze te verwijderen. Men denkt aan het aanpassen van de richtlijnen, ontwikkeling van informatiemateriaal en een cursus voor de betrokken medewerkers, rondleidingen, uitwisseling van de informatie tussen gemeentes, het opzetten van een standaardprocedure voor alle gemeentes (binnen een regio, provincie of landelijk). Het verkennen van de regelgeving en procedures bij de gemeentes in het buitenland zou veel inspiratie kunnen opleveren.
- l) Installatie van kleine PV-systemen in de bestaande bouw versus grootschalige toepassingen in de nieuwbouw. Wat kunnen zij van elkaar leren?
- m) Het ontwikkelen van een duurzaam en universeel installatieconcept (inclusief het installatieproces) van hoge kwaliteit, flexibiliteit en esthetica dat op verschillende soorten daken kan worden toegepast.
- n) Verbeteringsvoorstellen en wensen van PV-gebruikers zoals de prestatie van het systeem, esthetica (van alle componenten buiten en binnen geïnstalleerd), monitoring, nazorg,

verzekering, garantie, samenwerking met het installatiebedrijf en de leverancier, vergoeding van de teruggeleverde energie, etc.)

- o) Acceptatie van de elektrische zonne-energie systemen en de motivatie voor de aanschaf (nieuwbouw en bestaande bouw). Hoe kunnen deze verhoogd en beïnvloed worden?
- p) Het opzetten en bijhouden van een regionaal of landelijk aanspreekpunt voor vragen alsmede klachten over PV-systemen (bijvoorbeeld bij de Consumentenbond, zie ook het initiatief van De Vereniging van de zonnestroom producenten [12], etc.)
- q) Opnemen van de opleiding voor een PV-installateur in het reguliere onderwijs. Wat is de behoefte, wat zijn de eisen en wat is de mogelijke impact?
- r) Vergelijken van uitgevoerde projecten die op het PV-Privé project lijken binnen Nederland en in het buitenland. Welke geleerde lessen kunnen er toegepast worden?

9.3 Grootste successen en missers

Zoals al eerder werd opgemerkt kan de lezer in deze rapportage voornamelijk over storingen en problemen lezen. Koplopers moeten van eigen fouten leren omdat zij geen of weinig voorbeelden hebben over hoe het wel moet. Het PV-Privé project mag zeker als uniek en als een koploper genoemd worden.

Na vier jaar is er veel ervaring op allerlei betrokken gebieden en bij vele doelgroepen bijgekomen. Deze geleerde lessen zijn voor een aantal partijen in hoofdstuk 9.1 samengevat. Het project kent successen en missers. Hieronder volgt een lijst met de meest belangrijke.

Successen:

- a) Een grote groep van bijna 50 enthousiaste medewerkers was bereid om een PV-systeem aan te schaffen en heeft samenwerking aan de monitoring toegezegd.
- b) Deze deelnemers, hun gezinnen en kennissen hebben van dichtbij kennis kunnen maken met het opwekken van duurzame energie middels een PV-systeem. De PR-invloed op de omgeving kan ook als positief gezien worden.
- c) Binnen vier jaar van het bedrijf van de PV-systemen heeft de groep zoveel energie geproduceerd dat het voor 17 gezinnen mogelijk is om het hele jaar volop op schone zonne-elektriciteit te kunnen draaien.
- d) Veel gemeentes hebben bij het PV-Privé project kennis kunnen maken met de PV-technologie en werden voor het eerst hiermee geconfronteerd. Dit heeft een grondslag gelegd voor het uitgeven van vergunningen voor PV-systemen die later geplaatst waren en, hoogstwaarschijnlijk, aanpassen van de richtlijnen alsmede meer interesse en begrip voor deze technologie.
- e) Monitoringsgegevens en gegevens over andere aspecten, verzameld en geanalyseerd binnen vier jaar, hebben veel kennis opgeleverd over de prestatie van PV-systemen en gebruikerskwesties.
- f) ECN heeft een software ontwikkeld die gebruikt werd voor de analyse van de opbrengstgegevens en maakte de vergelijking van de prestatie van alle PV-systemen mogelijk. Iedere deelnemer had er toegang toe.
- g) De bevindingen van het PV-Privé project werden in andere onderzoeksprojecten toegepast.
- h) Middels een internetpagina werd de informatie verspreid en de internetpagina diende ook voor de communicatie tussen de deelnemers zelf en naar andere medewerkers van ECN en NRG.
- i) Het project werd bij een aantal conferenties en in de pers gerepresenteerd en heeft een aantal spin-off effecten opgeleverd.
- j) Het project heeft bijgedragen tot de aanpassingen en verbeteringen van bepaalde componenten en het installatieproces.
- k) De helpdesk werd vaak geraadpleegd en is zeer belangrijk voor het oplossen van problemen en verstrekken van informatie. Het heeft bijgedragen tot het feit dat de meeste deelnemers hebben volgehouden in de monitoring en enthousiast bleven over het project.
- l) ECN heeft voor vijf jaar lang een service en garantie toegezegd, en evenzo een aanzienlijke financiële bijdrage geleverd.. Dit heeft de deelnemers bepaalde zekerheden gegeven.

- m) Installatiebedrijven kregen de gelegenheid om kennis op te bouwen met de installatie van kleine PV-systemen op bestaande daken.

Missers:

- a) Er was veel intensievere service nodig wat de storingen en reparaties betreft dan verondersteld.
- b) De levensduur van componenten, met name inverters, viel tegen.
- c) Het ontwerp van bepaalde componenten verdient meer aandacht.
- d) De kwaliteit van de installatie was in een aantal gevallen verre van optimaal.
- e) Er werd niet voldoende aan de samenwerking tussen de installateurs en de deelnemers gedacht voor wat betreft de voorbereiding van de installatie.
- f) De opzet van het contract met de deelnemers maakte het mogelijk om een aantal punten op meer manieren uit te kunnen leggen. Dit leidde tot spanningen en misverstanden. Een bijdrage van een jurist bij de opzet van het contract is wenselijk.
- g) Het contract bevat geen clause over de gevolgen in het geval dat de deelnemers zich niet aan de voorwaarden, zoals monitoren, willen houden.
- h) Terughoudende en afwijzende houding van sommige gemeentes in verband met de vergunningen, waardoor het voor een aantal medewerkers te moeilijk of onmogelijk werd om aan het project deel te kunnen nemen.
- i) De software voor de analyse van de opbrengstgegevens was ontwikkeld als puur functioneel en informatief. Voor het onderzoek dient het wel zijn doel, maar een meer gebruikersvriendelijke versie zou voor de buitenstaanders toegankelijker kunnen zijn en daardoor in andere projecten beter toepasbaar.

Het PV-Privé project zal nog in het jaar 2005 doorlopen. Daarna zullen de PV-systemen aan de deelnemers overgedragen worden. De meeste deelnemers hebben laten weten dat ze met het monitoren van hun PV-systemen door zullen gaan.

Een van de doelstellingen van deze rapportage is om een groot publiek in de Nederlandse PV-wereld te bereiken zo dat de opgedane ervaringen en verzamelde kennis benut kunnen worden. Gedacht wordt aan particulieren die van plan zijn om een PV-systeem aan te schaffen of bepaalde feiten in de rapportage kunnen herkennen. Ook bedrijven en groepen belangstellenden die van plan zijn een soortgelijk project op te zetten, kunnen hier veel van leren. De producenten, leveranciers en installatiebedrijven kunnen hierbij zeker niet ontbreken.

10. REFERENTIES

- [1] Shell Solar Energy B.V.: "Installatie Handleiding Systemen SunPower®"; Helmond; 1999
- [2] Borg van den, N.J.C.M.; Eikelboom, J.A.; Burgers, A.R.; en Leeuwen van, M.: "Opbrengst en betrouwbaarheid van ECN PV-Privé panelen; Petten, 2002; ECN-C-02-064 (de rapportage is te downloaden op <http://www.ecn.nl>).
- [3] Kaan, H.F., Dijk van, A.L., Leeuwen van, M.: "PV on Existing Roofs", ECN-RX--01-031; (de rapportage is te downloaden op <http://www.ecn.nl>)
- [4] Molenbroek, E.C., Jablonska B., Deege, P.W.F. en Rooij, P.M.: "De Kwaliteit van PV-systemen"; Petten, 2004; (de rapportage is te downloaden op <http://www.ecn.nl>)
- [5] Maatschappij Belangen (Magazine Nederlandsche Maatschappij voor Nijverheid en Handel), maart-april 2003
- [6] E-mail communicatie met de heer H. Luijcks; NKF Electronics; 2003
- [7] Persoonlijke communicatie met de heer Peter Segaar; 2003
- [8] Persoonlijke communicatie met de heer Bram Vorster; 2003
- [9] Persoonlijke communicatie met de heer Patrick de Klerk; 2003
- [10] Persoonlijke communicatie met de heer D. Boer; materiaaldeskundige; 2004
- [11] Communicatieproject Duurzame Energie op Texel; <http://www.ecn.nl/pvtexel>
- [12] De Zonnestroom producenten Vereniging; <http://www.zonnestroomproducenten.nl>
- [13] Broehl, J.(editor); "California Law Shines on New Solar Energy Projects"; October 14, 2004; <http://www.renewableenergyaccess.com>

BIJLAGE A WIJZE VAN PV-SYSTEEM OPSTELLING

A.1 Dak geïntegreerd





Inspectie van een PV-systeem



Detail van de randafwerking



Detail van de randafwerking en de goot







Detail van de aansluiting aan de dakpannen en de randafwerking aan de onderkant van de PV-panelen



A.2 Op beugels





A.3 Op metalen felsdak



A.4 Platdak – op console



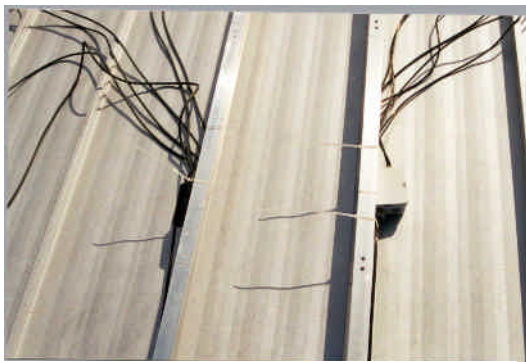


BIJLAGE B PV-SYSTEEM COMPONENTEN EN DE INSTALLATIE

B.1 Bekabeling



Twee bekabeling systemen voor buiten gebruikt in één PV-installatie (hulsje en een aansluitdoos)



Twee bekabeling systemen op een felsdak. Op het metalen frame worden PV-panelen geïnstalleerd.



Slordige afwerking van de bekabeling in een woonruimte



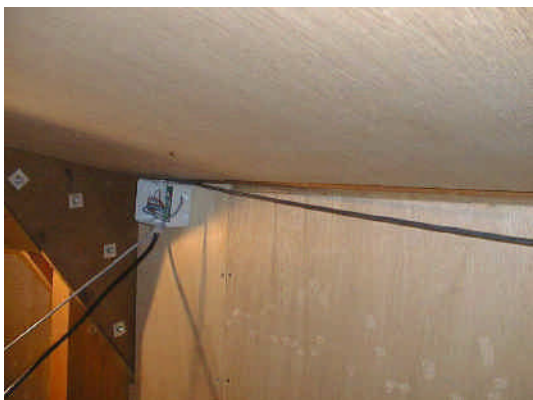
Zwarte kabels langs witte wanden in een woonruimte



Voor de bekabeling is niet altijd de kortste en minst onopvallende route gekozen



De kabel is op voldoende punten bevestigd. Een afdekking van de kabel ontbreekt nog

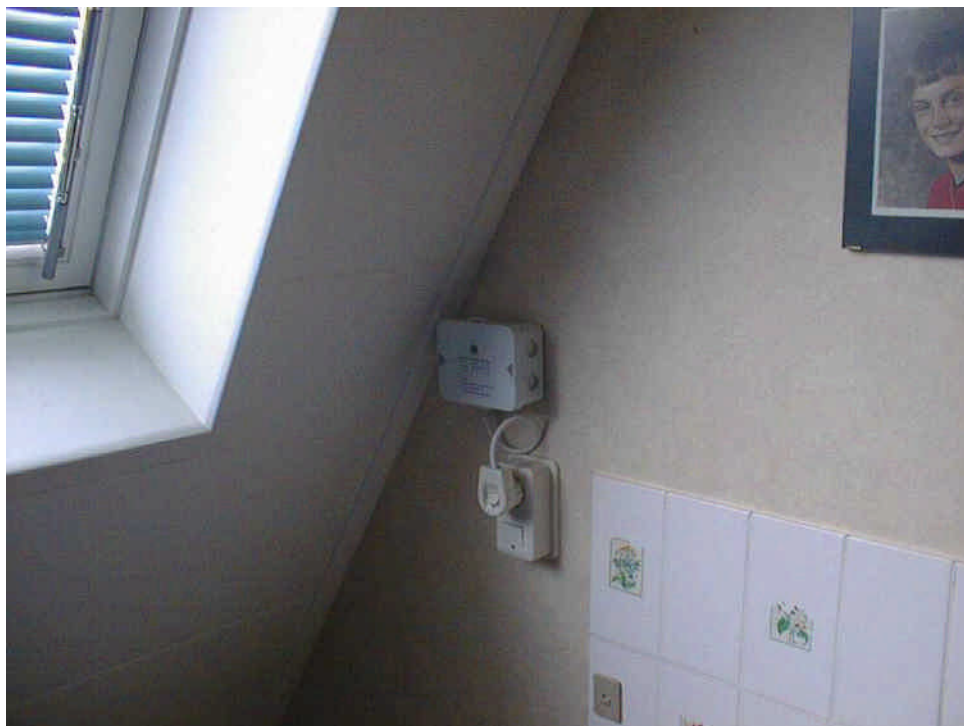


Kabels hangen los in de ruimte



Losse zwarte kabels in de woonruimte

B.2 Doorvoer





Nette en onopvallende afwerking van de doorvoer, zonnestroomindicator en de aansluiting op het netwerk



Verskillende voorbeelden van de doorvoer van een kabel naar binnen



Een voorbeeld van de kabeldoorvoer en aansluiting op de zonnestroomindicator (open)



De zonnestroomindicator geplaatst vlakbij de doorvoer op de zolder. Eén kabel is op voldoende punten bevestigd, maar de andere hangt los in de ruimte

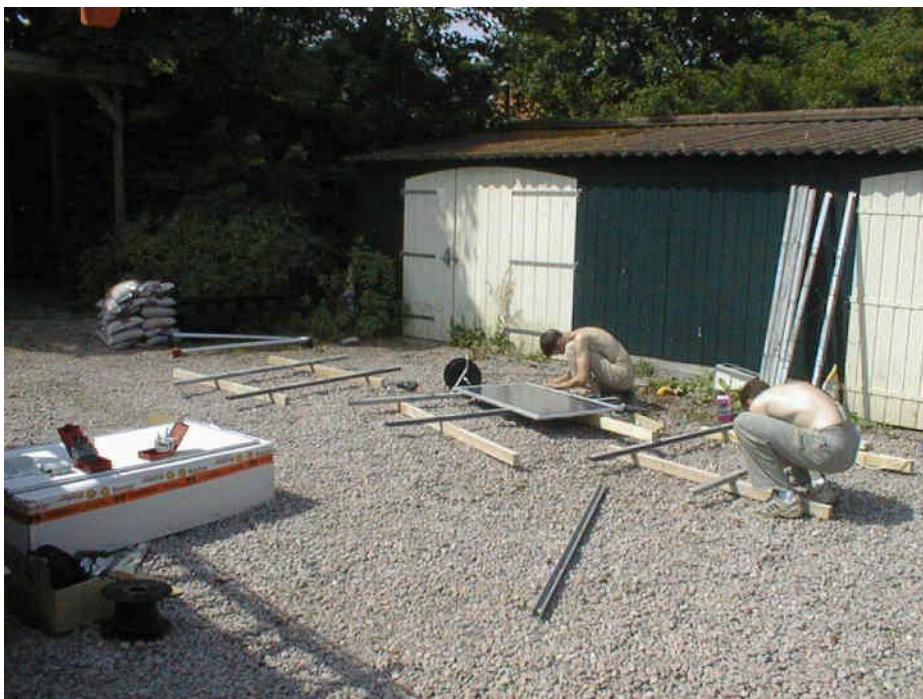
B.3 Installatie



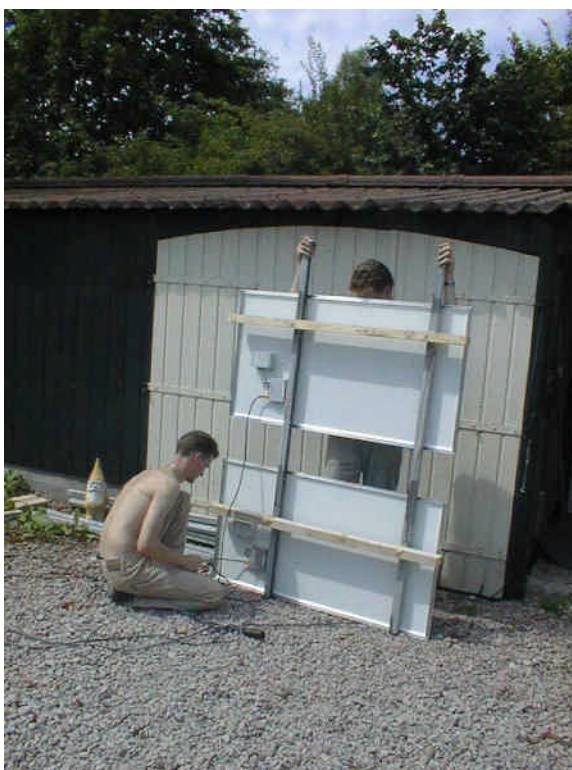
Voor de installatie van het PV-systeem op slecht bereikbare daken was de kraan nodig



Zonder steigers zou de installatie op dit dak niet kunnen



Montage van PV-panelen op frames



Aansluiten van de bekabeling op de achterzijde van PV-panelen



De PV-panelen op frames staan klaar om op het dak geplaatst te kunnen worden



Het PV-systeem op het dak van een schuur



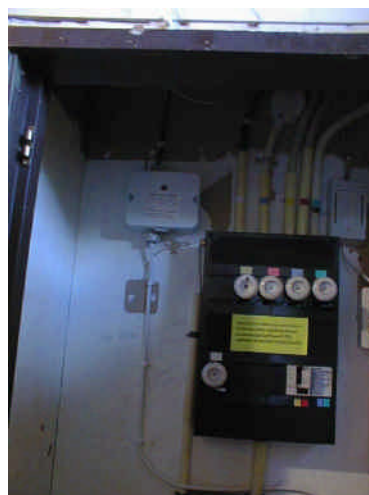
Veiligheid bij de installatie van dit PV-systeem is niet optimaal. De onbereikbaarheid van het dak vereist het gebruik van steigers



De installatie van een dakgeïntegreerd PV-systeem



Nadat het PV-systeem op het dak is geïnstalleerd, wordt ook de zonneboiler geplaatst



De verplichte beveiligingssticker zegt dat, voordat de werkzaamheden op het PV-systeem worden uitgevoerd, de installatie uitgeschakeld moet worden

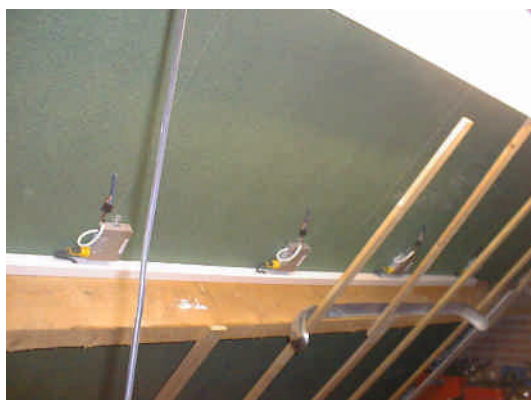
B.4 Inverters



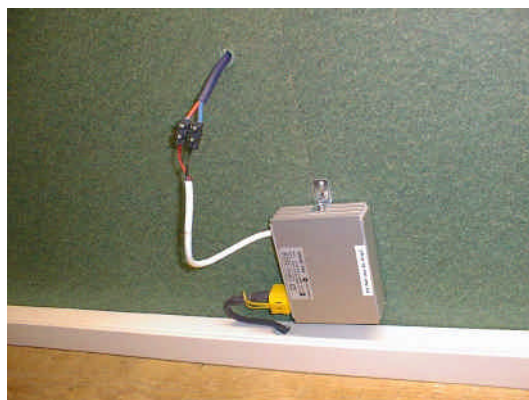
Inverter geïnstalleerd binnen op de zolder



Inverters geïnstalleerd binnen - aansluitdoos en de bekabeling



Inverters geïnstalleerd binnen op de zolder. Er is voor gekozen voor de kortste route tussen het PV-paneel en de inverter



Detail van een inverter geïnstalleerd binnen. De AC-kabel naar de zonnestroomindicator wordt in een hulsje samen met kabels van andere inverters geleid naar een aansluitdoos.

B.5 Netaansluiting



Voorbeelden van de netaansluiting met een schakelaar

B.6 Zonnestroomindicator



Doorvoer van de kabel door het dak, zonnestroomindicator en aansluiting op het paneel



Drie zonnestroomindicators voor 12 PV-panelen, aangesloten in drie groepen



Kabelaansluitingen en een “interieur” van een zonnestroomindicator



Zonnestroomindicator wordt vaak geplaatst vlakbij de doorvoer van een kabel door het dak op de zolder



Aan de zijde van de zonnestroomindicator is de kabel voor de aansluiting op de computer i.v.m. de monitoring



Aansluiting van de computerkabel in de zonnestroomindicator

B.7 Gebreken



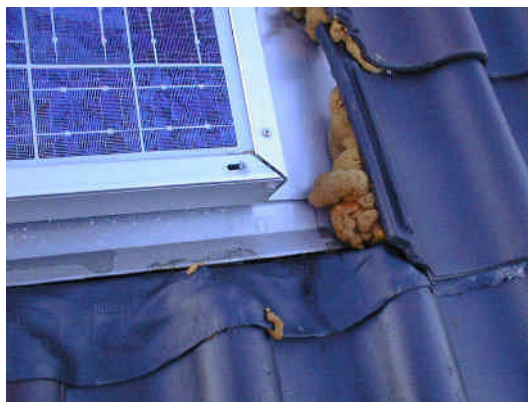
Bij het plaatsen van het SunPower® PV-systeem op daken met afwijkende pannen moest er werk 'op-maat' gedaan worden. De afdichting tussen de zijkant en de PV-panelen is niet optimaal



Het SunPower® PV-systeem is niet voor dit soort dakpannen ontworpen. De ruimte tussen de goot en pannen kan lekkage veroorzaken



PUR-schuim als bevestiging. De dakpannen sluiten niet goed op elkaar aan



PUR-schuim als bevestiging



Het frame van het PV-systeem waar PUR-schuim gebruikt was. De deelnemer heeft gekozen voor een ombouw naar het systeem op beugels



Vervanging van het frame van geïntegreerde PV-panelen waarop dakpannen met PUR-schuim bevestigd waren. Het PV-systeem is later op beugels gemonteerd



Beschadiging van de afdeklaag op zolder door de kabeldoorvoer



Kromme PV-panelen



Mogelijke lekkage, dakpannen sluiten niet goed aan op het frame



Bevestiging van dakpannen en afdichting van openingen met PUR-schuim



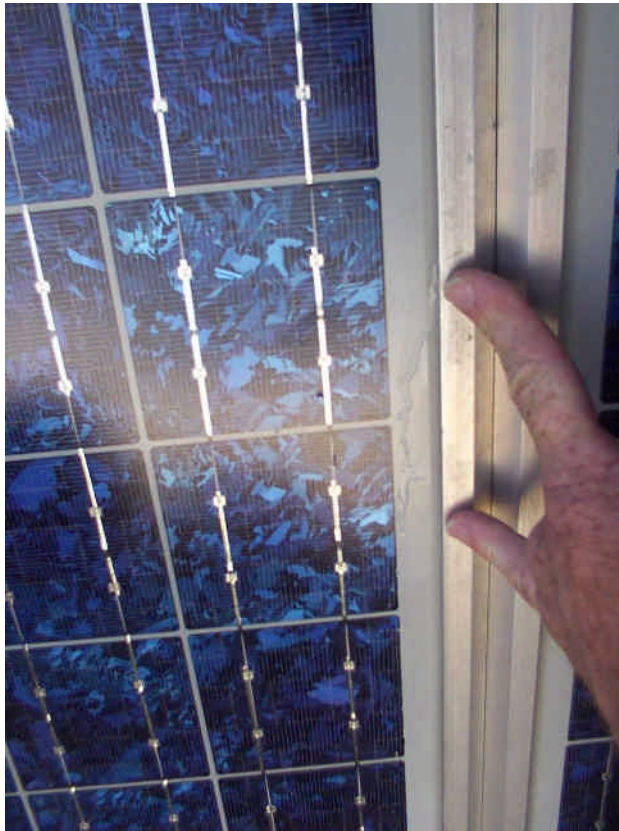
Beschadiging van het dak tijdens de installatie, waar de installateur op heeft gestaan. Bij slecht toegankbare daken moeten steigers gebruikt worden. Zie ook 5.2.4, punt 4.



Detail van het dak waarop ook de beschadigde isolatie te zien is. Na het afronden van de werkzaamheden werd het dak met dakpannen gedicht. Zie ook 5.2.4, punt 4.



Dichten van een gat tussen de goot onder de PV-panelen en betonnen dakpannen



Water blijft hangen tussen het PV-paneel en het frame door het loslaten van de siliconenkit (zie ook hoofdstuk 5.2.3, punt 2)



Ook als het droog is, druppelt het water dat achtergebleven is tussen de rand van het PV-paneel en de siliconenkit op de dakpannen (zie ook 5.2.3, punt 2).

BIJLAGE C ENQUETE FORMULIER

PV-Privé vragenlijst

Opdat de allereerste ervaringen met de installatie van het PV systeem en het bedrijf ervan niet verloren zouden gaan, werden deze formulieren op korte termijn na installatie van de PV-systemen door de deelnemers ingevuld. Een tweede doel van deze vragenlijst is het signaleren van veel voorkomende problemen of klachten.

A. De bestelling

- 1.Heeft u advies gevraagd bij uw keuze van een PV systeem?
- 2.Zo ja, wat was uw vraag?
- 3.Aan wie hebt u die vraag gesteld?
- 4.Heeft u voldoende antwoord gehad?

B. De procedure

- 1.Was een vergunning nodig voor de plaatsing van uw PV systeem?
- 2.Waren er problemen of moeilijkheden of positieve ervaringen met communicatie met de gemeente?
- 3.Toelichting:
- 4.Waren er kosten verbonden aan de vergunning/ beoordeling van de gemeente?
- 5.Zo ja, welk bedrag?:
- 6.Werd er subsidie verleend voor uw PV systeem?
- 7.Zo ja, welk bedrag en uit welk fonds?

C. De installatie

- 1.Naam installatiebedrijf:
- 2.Bent u tevreden over de installatie?
- 3.Zo nee, wat zijn uw opmerkingen hierover?
- 4.Wat waren eventuele problemen of opvallende punten bij de installatie van uw systeem?

D. Het systeem

- 1.Functioneert het PV systeem naar tevredenheid?
- 2.Zo nee, wat zijn uw opmerkingen hierover?
- 3.Is het PV systeem visueel naar tevredenheid?
- 4.Zo nee, wat zijn uw opmerkingen hierover?
- 5.Heeft u storing van radio of televisie die u voorheen niet had?

E. De Zonnestroomindicator

- 1.Functioneert de zonnestroomindicator (het kastje met lampje) naar tevredenheid?
- 2.Bent u tevreden met de geboden informatie?
- 3.Toelichting of opmerkingen over de zonnestroomindicator:

F. De interface

- 1.Maakt u gebruik van de Inverter Manager en bijbehorende software om meetgegevens uit te kunnen lezen op uw PC?

2. Zo ja, bent u tevreden met de bijgeleverde hardware?
3. En met de aangeboden software?
4. Zo nee, waarom maakt u hier geen gebruik van?
5. Toelichting of opmerkingen over de Inverter Manager:

G. Informatie

1. Aan welke informatie had u aanvullend behoefte gehad of heeft u behoefte?

H. Reacties van de omgeving

1. Wat is de houding van de bewoners van uw eigen huishouden ten aanzien van het PV systeem?
(Positief / Negatief / Neutraal)
(Mooi / Lelijk / Neutraal)
Geïnteresseerd in de energieopbrengst van het systeem?
Informerende bekenden over het systeem?
2. Aanvullende opmerkingen over de houding van de bewoners van uw eigen huishoudens ten aanzien van het PV systeem:
3. Wat is de houding van uw burens ten aanzien van het PV systeem?
(Positief / Negatief / Neutraal)
(Mooi / Lelijk / Neutraal)
Geïnteresseerd in de energieopbrengst van het systeem?
4. Aanvullende opmerkingen over de houding van uw burens en andere bekenden ten aanzien van het PV systeem:

I. Overige opmerkingen

1. Als u nog iets kwijt wilt wat in het voorgaande niet aan bod is gekomen, kunt u dat hieronder vermelden.

BIJLAGE D FORMULIER AANMELDEN EN MONITOREN

De kWh meterstand kunt u uitlezen bij de detailinformatie van elke inverter in het software programma OK4 Manager. U wordt verzocht de meterstanden voor elke inverter *minstens* eenmaal per maand in te vullen (indien mogelijk vanaf installatie). Er is een software programma gemaakt waarmee u uw gegevens op ECN intranet in kunt voeren. U wordt verzocht zich eerst aan te melden middels het aanmeldformulier op intranet waarin u de basisgegevens van uw systeem opgeeft. De formulieren zijn te bereiken via ECN intranet. Als hulpmiddel bij het invoeren kunt u ook de onderstaande formulieren gebruiken.

NB: een nieuwe versie van de software is te downloaden van het internet: <http://www.nkf.nl>

Aanmeldformulier

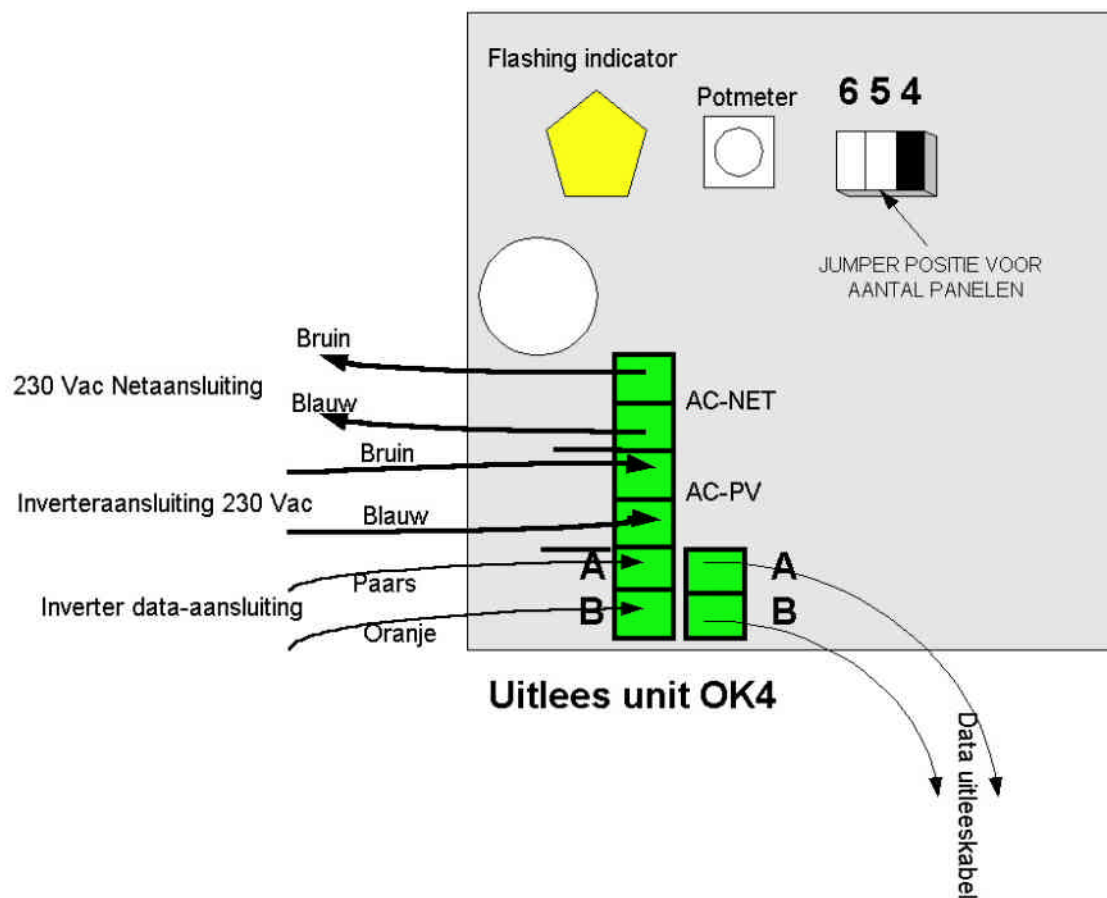
Naam	
Personeelsnummer	
Woonplaats	
E-mailadres	
Aantal panelen	
Datum installatie	
Orientatie (zuid, zuidwest etc)	
Hellingshoek (0 graden is horizontaal, 90 graden is verticaal)	
nummer van inverter 0	
nummer van inverter 1	
nummer van inverter 2	
nummer van inverter 3	
nummer van inverter 4	
nummer van inverter 5	
nummer van inverter 6	
nummer van inverter 7	
nummer van inverter 8	
nummer van inverter 9	
nummer van inverter 10	
nummer van inverter 11	

Invoerformulier kWh meterstanden

Datum van aflezen	Tijdstip van aflezen	KWh van Inverter - nummer :	KWh van Inverter - nummer :	KWh van Inverter - nummer	KWh van Inverter - nummer	KWh van Inverter - nummer	KWh van Inverter - nummer

BIJLAGE E UITLEESUNIT OK4

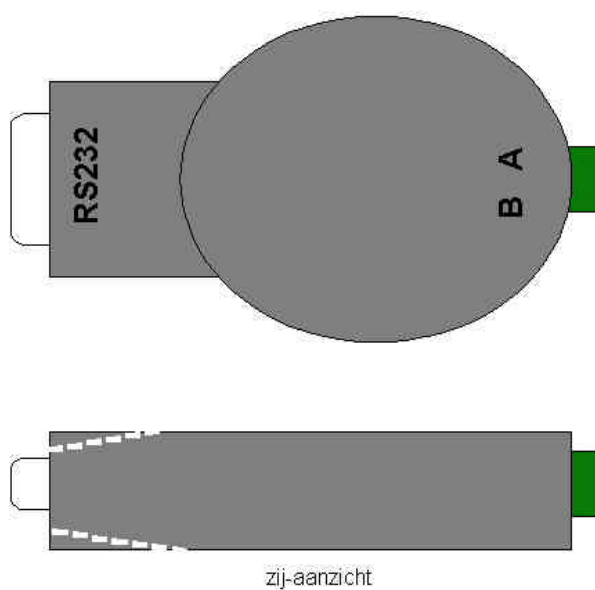
Uitleesunit OK4



ECN PV-PRIVE, Martin van Leeuwen
gewijzigd: 24 -04-01

BIJLAGE F INTERFACE

Interface



Interface

Opmerking:

Bij aansluiting van de interface-unit aan een laptop of notebook is het mogelijk dat de interface-unit niet goed past.

Het dient aanbeveling een verlengkabel te gebruiken of voorzichtig de oppervlakken wat af te schuiven volgens tekening.

ECN PV-PRIVE, Martin van Leeuwen
gewijzigd: 17-01-01

BIJLAGE G PROJECTINFORMATIEFOLDER PV-PRIVÉ

PV-PRIVÉ

De vraag

Fotovoltaïsche energie (PV) belooft in de toekomst een belangrijke bron van duurzame energie te worden, die op mondiaal niveau kan worden toegepast. Om het potentieel van zonne-energie optimaal te benutten is het noodzakelijk dat PV niet alleen wordt toegepast op nieuwbouw, maar ook op daken en gevels van al bestaande woningen en gebouwen. Omdat de toepassing van kleine PV-systemen nog relatief nieuw en de technologie nog volop in ontwikkeling is, zijn er op dit gebied nog vele vragen onbeantwoord. Om hierin beter inzicht te krijgen moet er nog onderzoek gedaan worden naar onder andere:

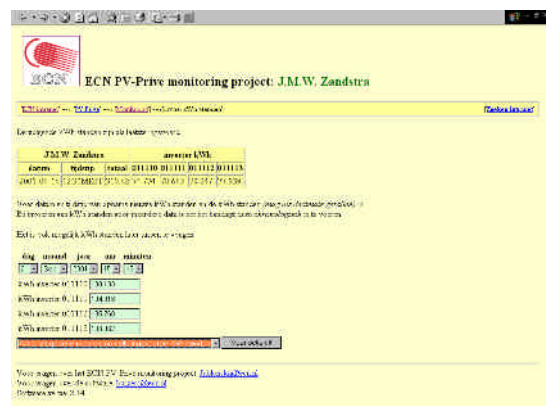
- technische en procedurele aspecten van de installatie van PV op bestaande gebouwen;
- de opbrengsten van deze systemen;
- het effect van PV-systemen op het gedrag van bewoners ten aanzien van het energiegebruik;
- de PR-uitstraling van PV-systemen op de omgeving.



Daken worden uitgerust met PV-systemen

De aanpak

Om op deze vragen een antwoord te vinden is in 2000 binnen ECN het PV-Privé onderzoeksproject gestart. Vijftig deelnemers hebben gebruik gemaakt van een gunstige financiële regeling en hebben een SunPower® PV-systeem op het dak laten installeren. Dit is een gestandaardiseerd product van vier tot zes PV-panelen wat doorgaans op een plat of schuin dak wordt gemonteerd.



Internetpagina voor informatie en invoer van gegevens

Gedurende vijf jaar zullen zij de opbrengstgegevens van het systeem bijhouden en verschillende vragen beantwoorden via enquêteformulieren. In deze periode worden tevens alle storingen geanalyseerd, waarbij vanuit ECN naar oplossingen wordt gezocht. Via een internetpagina wordt aan de deelnemers informatie verschaft over het verloop van het project.

Op hun beurt kunnen de deelnemers hier de opbrengstgegevens invoeren, commentaar leveren, vragen stellen en storingen doorgeven. Op de internetpagina kunnen ook opbrengstgegevens worden afgelezen en onderling worden vergeleken.

Het resultaat

Het PV-privé project heeft een aantal interessante inzichten opgeleverd ten aanzien van het installatieproces en de producten. De opgedane kennis en ervaring kan voor verschillende partijen zoals leveranciers, installatiebedrijven, gemeenten, werkgevers en particulieren van belang zijn.

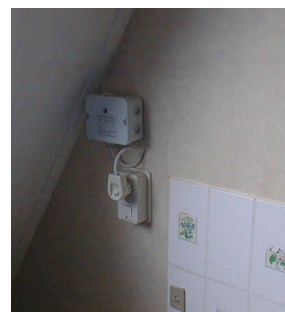
Er zijn vier typen bevestigingssystemen toegepast, namelijk: dakgeïntegreerde constructies, beugelconstructies, felsdakconstructies en op een plat dak geplaatste bakken (ConSoles). Bij dakgeïntegreerde systemen ontstonden bij dakpannen die niet zijn ontworpen voor het SunPower® systeem problemen met de aansluiting van het frame en lekkage. Hier moeten nog vele

verbeteringen plaatsvinden. In de toekomst zullen leveranciers zich meer gaan richten op beugelconstructies, omdat de installatie bij afwijkende daken eenvoudiger is.



Een nette afwerking; buiten en binnen

Wat betreft de bekabeling waren de bevestiging en de doorvoer van buiten naar binnen de voornaamste knelpunten. ECN heeft hierover advies gegeven wat in de installatierichtlijnen van SunPower® PV-systemen is opgenomen. Voor de bekabeling moet vooral aandacht besteed worden aan de voorbereiding en de netheid van de afwerking.



Uit het relatief hoog aantal gemelde storingen bleek dat de inverters de zwakste schakel van het systeem zijn. Ook hierin moeten in de toekomst verbeteringen worden aangebracht.

Ondanks een aantal onverwachte problemen, geeft het PV-Privé onderzoek een unieke mogelijkheid om waardevolle kennis en ervaring op te bouwen met de toepassing van kleine PV-systemen in de bestaande bouw. Verscheidene aangesloten onderzoeken met betrekking tot de opbrengst, betrouwbaarheid en de oorzaken van storingen bij PV-systemen maken dan ook dankbaar gebruik van de uitkomsten van het project. De resultaten van het PV-Privé project geven aan dat er weliswaar nog verbeteringen moeten plaatsvinden, maar dat deze PV-systemen een veelbelovende optie is voor energiewinning. Aan het einde van 2002 bedroeg de totale opbrengst van het project al 31000 kWh, wat gelijk staat aan het jaarlijkse energieverbruik van tien standaard huishoudens. Omgerekend is dat 26 ton vermeden CO₂.

Uw PV-Privé

Gezien de brede ervaring opgebouwd in de loop van dit project kan ECN uitstekend behulpzaam zijn bij het opzetten, begeleiden en ondersteunen van Uw eigen PV-Privé project.

Meer weten?

ECN DEGO
Ir. B. Jablonska
Tel: (0224) 568130, Fax: (0224) 568966
jablonska@ecn.nl
Postbus 1, 1755 ZG Petten

BIJLAGE H PV-PRIVÉ IN DE PERS

(Het blad Maatschappij Belangen; maart-april 2003)

Zonnepanelen voor het personeel

Veel bedrijven hebben een pc-privéproject, maar ECN in Petten heeft een privé-project voor zonnepanelen.

Volgens projectleider Bronia Jablonska is er door de ECN-medewerkers enthousiast op het plan gereageerd. Uiteindelijk bleven er vijftig gegadigden over. Daar waren redenen voor, bijvoorbeeld: een negatief advies van de Welstandscommissie, het dak bleek niet toegankelijk genoeg te zijn of de helling van het dak bleek niet gunstig genoeg voor het gebruikte systeem. Jablonska: "De geïnteresseerde moet bij voorkeur een koopwoning hebben, het dak mag niet zwaar overschaduwd worden en, indien schuin, moet het dak ook de juiste oriëntatie op de zon hebben. En een toe-

gezien de ontwikkelingen in een aantal Europese landen, Japan en Verenigde Staten, zal het ook niet lang meer duren voor het zonnepaneel gaat doorbreken. Maar eerst moet de productie omhoog en de prijs omlaag. Grootschalige projecten is het toverwoord. Jablonska: "In Nederland gebeurt dit al in nieuwbouwwijken. Denk maar aan 'De stad van de Zon' bij Alkmaar – met zijn vijf MW geïnstalleerd vermogen wordt dit het grootste project met netgekoppelde PV-systemen ter wereld. Bij een grootschalige toepassing in een nieuwbouwproject kunnen de kosten verlaagd worden. Ook

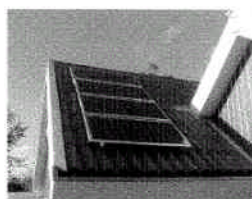


komstige eigenaar van zonnepanelen moet er ook financieel iets voor over hebben."

De ECN-medewerkers hebben maar de helft van hun PV-systeem zelf betaald. De rest was voor de rekening van hun werkgever. Uiteindelijk moest elke medewerker nog 1800 euro voor vier zonnepanelen betalen. Een bedrag dat met een jaarlijkse opbrengst van om en nabij 350 kilowatt zo'n 60 euro per jaar oplevert en pas na zo'n dertig jaar terugbetaald zal zijn. Voorsnag zijn de gebruikers idealisten, voorlopers in een voorzichtig groeiende markt. Jablonska: "Veel deelnemers volgen nauwlettend hun elektriciteitsmeter en vinden het prachtig als hij terugdraait. Dat betekent dat zij energie aan het net leveren en op dat moment een kleine energiecentrale zijn geworden."

accepteert men een kleine prijsverhoging van een nieuwbouwwoning wat gemakkelijker."

Volgens de enthousiaste Jablonska is, indien een bedrijf zijn werknemers graag wil stimuleren om duurzame energie te gebruiken en de samenhangsgeest te verbeteren, een collectief project met zonnepanelen een prima mogelijkheid. "Er zijn allerlei constructies mogelijk en er zijn nu ook subsidieregelingen." In de eerste helft van het jaar zullen de onderzoeksresultaten van Bronia Jablonska bij haar collega-gebruikers op een rij worden gezet en in een rapport aan een breed publiek bekend worden gemaakt. Ook is er al een rapport dat is gefinancierd door NOVEM met als titel 'Opbrengst en betrouwbaarheid van ECN PV-privé-panelen' (ECN-C-02-060). Het is te downloaden via www.ecn.nl



BIJLAGE I VOORBEELDEN INGEVULDE TABELLEN T.O.V.
LOSSE CONTACTEN ONDERZOEK

Monitoring PV-Privé t.o.v. kraakcontacten

Datum en tijd van de opname: 29-1-03 15:00 uur						
Inverter nr.	1	2	3	4	5	6
Opbrengst (kWh)	14.204	15.548	15.566	15.296		
DC Spanning	218.534	219.534	213.805	226.887		
AC Spanning	31.3	34.9	31.6	31.2		
Vermogen (momenteel)	229	230	230	230		
Vermogen inverter	5	9	5	5	6	
Temperatuur inverter	41	13	17	14		
Temperatuur buiten	4	4	4	4		

14%

Datum en tijd van de opname: 31-1-03 12:30						
Inverter nr.	1	2	3	4	5	6
Opbrengst (kWh)	14.709	15.548	15.566	15.296		
DC Spanning	210.601	219.597	213.936	226.954		
AC Spanning	37.0	35.9	36.4	36.2		
Vermogen (momenteel)	236	236	237	238		
Vermogen inverter	31	31	23	40	37	
Temperatuur inverter	21	21	26	21		
Temperatuur buiten	-1	-1	-1	-1		

38%

Datum en tijd van de opname: 5-2-03 13:15 uur						
Inverter nr.	1	2	3	4	5	6
Opbrengst (kWh)	219.105	220.101	214.394	219.503		
DC Spanning	31.0	31.5	35.1	36.4		
AC Spanning	233	230	231	232		
Vermogen (momenteel)	68	68	28	36		
Vermogen inverter	35	34	47	38		
Temperatuur inverter	5	5	5	5		
Temperatuur buiten	5	5	5	5		

52%

licht beschikbaar!

Monitoring PV-Privé t.o.v. kraakcontacten

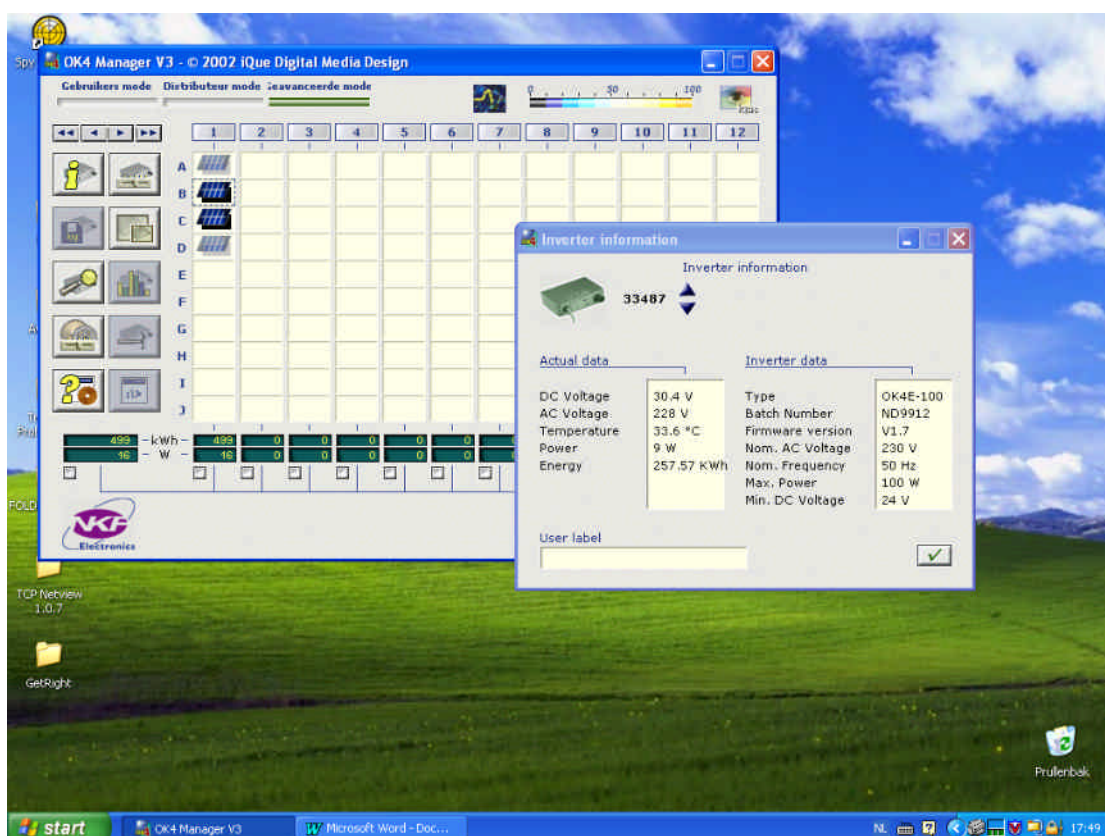
Datum en tijd van de opname: 30-7-02 12:05						
Inverter nr.	1 (11021)	2 (11047)	3 (11333)	4 (10712)	5	6
Opbrengst (kWh)	159.313	162.265	156.956	158.717		
DC Spanning	28.7	30.9	30.5	30.5		
AC Spanning	228	230	230	228		
Vermogen (momenteel)	24	24	24	24		
Temperatuur inverter	39	40	40	40		
Temperatuur buiten	27	27	27	27		
inverter 11333 gaf tijdens de opname een "blackout" (AC vermogen 0 W)						
Datum en tijd van de opname: 2-8-02 15:30						
Inverter nr.	1 (11021)	2 (11047)	3 (11333)	4 (10712)	5	6
Opbrengst (kWh)	160.061	163.026	157.693	159.459		
DC Spanning	26	26	26.2	26.0		
AC Spanning	229	227	226	227		
Vermogen (momenteel)	2	2	2	2		
Temperatuur inverter	39	43	42	43		
Temperatuur buiten	20	20	20	20		
alle inverters gaven tijdens de opname een aantal keren een "blackout" (geen uittezing in Okverse 1) (totale monitoringtijd < 10 minuten)						
Datum en tijd van de opname: 2-8-02 17:35						
Inverter nr.	1 (11021)	2 (11047)	3 (11333)	4 (10712)	5	6
Opbrengst (kWh)	160.158	163.123	157.788	159.555		
DC Spanning	28	29	29	29		
AC Spanning	230	231	231	231		
Vermogen (momenteel)	52	52	50	50		
Temperatuur inverter	59	59	59	60		
Temperatuur buiten	20	20	20	20		

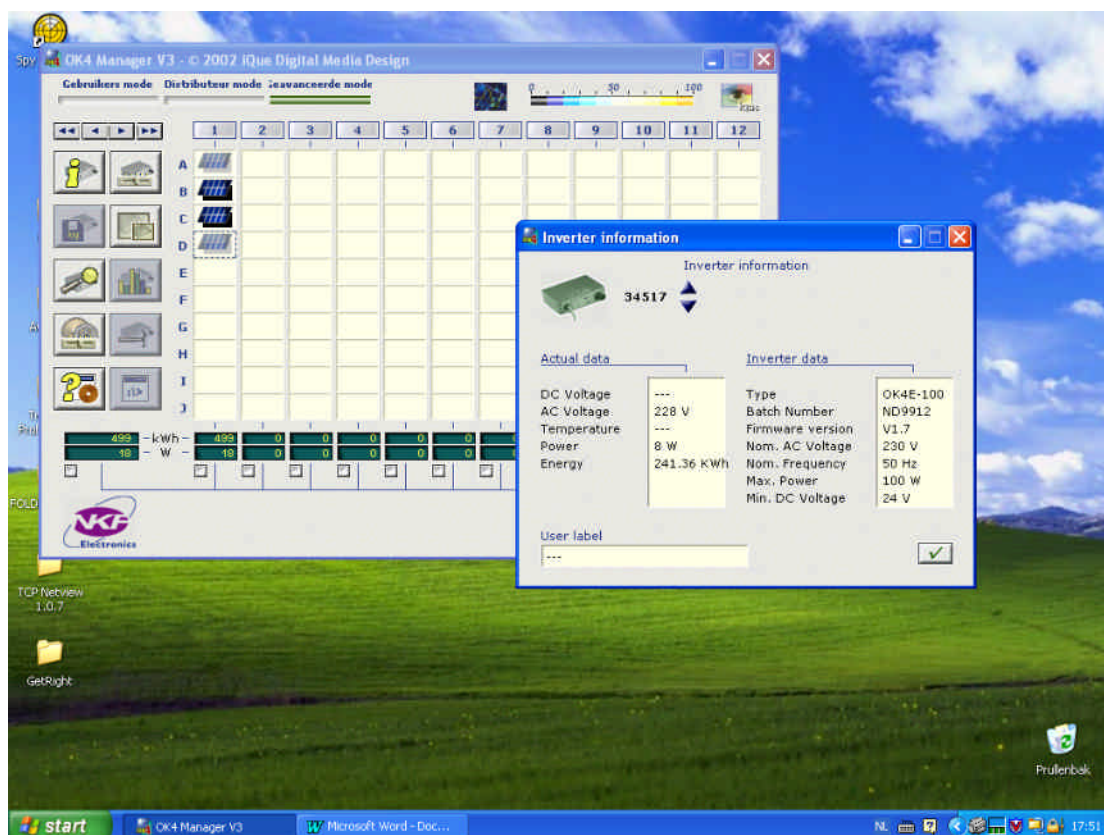
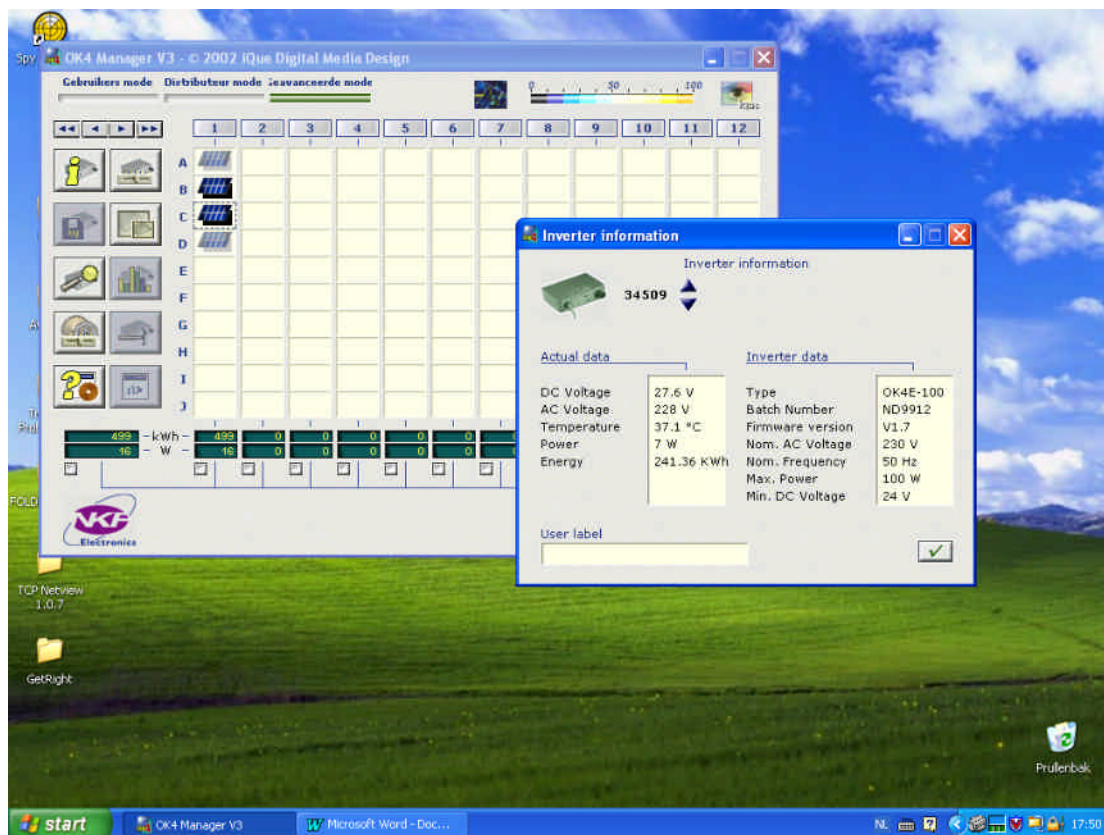
11021, 11333 gaven blackout binnen 1 minuut observatie

BIJLAGE J SOFTWARE INFORMATIE OVER INVERTERS MET STORING



Zwart gekleurde icoontjes van een PV-paneel geven aan dat er een storing is opgetreden. In dit geval betreft het twee inverters. Inverter informatie bevestigt de





BIJLAGE K HANDLEIDING BIJ HET OPZETTEN VAN EEN PROJECT MET ZONNEPANELEN

BELANGRIJKE PUNTEN OM AAN TE DENKEN

Deze handleiding is hét hulpmiddel om van uw zonnepanelenproject een succes te maken!

Het wijst u de weg bij het opzetten van een project met zonnepanelen op daken of gevels van een groep bewoners in uw gemeente of medewerkers in uw bedrijf.

In deze handleiding wordt gebruik gemaakt van de ervaringen opgebouwd in het Communicatieproject Duurzame Energie op Texel, uitgevoerd door de gemeente Texel in samenwerking met het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) en het PV-Privé project dat is gerealiseerd bij ECN.

Uw project kan zich in verschillende etappes van uitvoering bevinden. Het kan nog maar een idee zijn, maar er kunnen ook al daadwerkelijk zonnepanelen (ofwel PV-systemen - van photovoltaïsch) op de daken liggen. Deze handleiding kan gebruikt worden als een bron van informatie in alle gevallen.

1. Verkenning

Als uw projectidee al tot stand gekomen is, is dit is de eerste stap: het verkennen van de belangstelling van de deelnemers en mogelijkheden van de markt.

Voorlichting over de geplande actie kan door middel van een e-mail naar de medewerkers gestuurd worden of via locale kranten, bedrijfsnieuws of locale radio-omroep.

Wilt u dat de deelnemers nog enthousiaster en meer betrokken raken? Zoek dan een groep bij een ander bedrijf of een gemeente die ook een project wil opzetten. Op deze manier kunnen de deelnemers niet alleen binnen een groep communiceren en ervaringen uitwisselen, maar ook tussen de groepen deelnemers. Zo ontstaat een soort rivaliteit in de goede zin tussen deze groepen.

2. Campagne en Voorlichting

Als de verkenning heeft aangetoond dat er genoeg interesse is, stapt u over naar een campagne en voorlichting. In de campagne zult u gericht adviseren en belangstellenden laten weten wat het projectplan is.

U kunt het best een voorlichtingsbijeenkomst organiseren als de belangstellenden zich al hebben aangemeld. Dit geeft de mogelijkheid om vragen te stellen en het projectplan in detail te bespreken.

Voor een verspreide groep deelnemers is het maken/gebruik van een website een alternatief.

3. Financiële Planning en opzet

Let u op de subsidiemogelijkheden voor zonnepanelen. Deze veranderen in principe elk jaar. In het jaar 2004 is de energiepremieregeling voor particulieren afgeschaft. Voor particulieren zijn er momenteel nagenoeg geen mogelijkheden om nieuwe acties te organiseren.

Wel komen bedrijven voor een subsidie in aanmerking. Hierbij valt te denken aan de EIA en de Vamil regeling.

Sommige provincies, gemeenten en energiebedrijven verstrekken ook subsidies voor duurzame energie systemen; informeer hiernaar. Een energiebedrijf kan dan eisen dat de subsidieontvanger een klant van haar is en de groene stroom afneemt.

Er zijn ook andere mogelijkheden voor het financieren van het project, zoals 'soft loans' bij banken of leasing bij energiebedrijven.

Uw bedrijf kan zelf aan de medewerkers een financiële bijdrage geven en een lening verstrekken. Met de deelnemers zal dan een contract of een overeenkomst gesloten moeten worden met de voorwaarden van deze regeling. Het is belangrijk dat dit in overleg met een jurist gebeurt.

U kunt ook denken aan het opzetten van een project in samenwerking met de Europese Unie of een Nederlandse verstrekker van subsidies, zoals Novem (Nederlandse organisatie voor energie en milieu).

Denkt u aan de mogelijkheid om de kWh (kilowatturen) die teruggeleverd zijn aan het net vergoed te krijgen. Informeer hiernaar bij uw energiebedrijf.

4. Voorbereiding

Laat u adviseren door ervaren en deskundige partijen voordat u begint met het opzetten van het plan. De beste oriëntatie, voorkomen van de beschaduwning door bomen of andere gebouwen, de juiste bouwkundige integratie en vele andere aspecten kunnen op deze manier goed aangepakt worden.

Probeer zo veel mogelijk informatie over het onderwerp te verschaffen, alsook informatie over potentiële leveranciers en het verlenen van assistentie. Lessen geleerd in andere projecten kunnen veel ellende en problemen voorkomen.

5. Vergunningen

In sommige gemeenten zijn er bepaalde vergunningen of adviezen vereist om zonnepanelen op een dak te mogen plaatsen. In veel gemeenten is er nog geen procedure vastgesteld met betrekking tot het plaatsen van een PV-systeem. In deze gevallen wordt vaak een parallel met zonnecollectoren getrokken, samen met de interpretatie van het Bouwbesluit.

Het kan gaan om een vergunning van de welstandscommissie, commissie monumentenzorg en een bouwvergunning. Het kan voorkomen dat er meer vergunningen worden gevraagd van bijvoorbeeld een eigenarenvereniging van het gebouw, het energiebedrijf, de leverancier van het dak (in verband met garanties), dakontwerper etc.

Een tekening of een foto met aangegeven lay-out van het te plaatsen PV-systeem is meestal al voldoende. Sommige gemeenten vereisen een gedetailleerde constructietekening met een berekening.

Het is, indien er een tekening is vereist, belangrijk dat het PV-systeem daadwerkelijk volgens de tekening wordt geplaatst. Anders kan bijvoorbeeld de welstandscommissie eisen dat het PV-systeem op de goedgekeurde manier opnieuw moet worden geïnstalleerd wordt of moet worden weggehaald.

Kosten voor de vergunningen kunnen verschillen per gemeente; in sommige gemeenten worden de vergunningen zelfs gratis verstrekt.

6. Monitoring

De monitoring van de opbrengsten is zeer belangrijk maar wordt vaak onderschat. Er zijn te veel PV-systemen die op geen enkele wijze gemonitord worden. Ook projectontwikkelaars houden er vaak weinig rekening mee. Via het monitoren van PV-systemen kunnen de eigenaren een overzicht krijgen of hun PV-systeem naar behoren functioneert. Een PV-systeem is een te grote investering om het met een ongemerkte storing te laten liggen.

De leverancier van een PV-systeem kan u de benodigde informatie verschaffen over de mogelijkheden om de PV-systemen te monitoren.

Sommige inverters (ofwel omvormers) hebben monitoringssoftware ingebouwd. De informatie kan dan met behulp van een interface op een PC afgelezen worden.

Het is niet nodig dat elke deelnemer een interface aanschaft. Een gemeente of een bedrijf kan zelf een aantal interfaces aanschaffen en deze uitlenen. Het één keer per kwartaal aflezen van de opbrengsten is voldoende. Op deze manier worden dus opbrengsten per inverter afgelezen.

Niet elke inverter heeft deze software ingebouwd. Een andere mogelijkheid om een PV-systeem te monitoren is het installeren van een kWh-meter. Dat betekent meestal dat de opbrengsten niet per inverter maar per PV-systeem als geheel worden afgelezen.

Deze afgelezen opbrengsten kunnen dan in de software op een PC ingevoerd worden. De deelnemers kunnen op deze manier hun opbrengsten vergelijken met de verwachte opbrengsten voor hun type zonnepanelen, inverter en klimaat. Een voorbeeld van het project op Texel kunt u vinden op: <http://www.ecn.nl/pvtexel/>.

7. Service

Zorgt u dat u weet wat de garantieperiode is voor de componenten van een PV-systeem. Bijvoorbeeld: inverters hebben een garantieperiode van 2-5 jaar, zonnepanelen meestal minimaal 10 jaar. Maak een plan hoe de storingen na deze periode aangepakt zullen worden.

Installatiebedrijven geven ook garantie op de installatie zelf. Dat kan ongeveer 2 jaar zijn. Indien de deelnemer zelf iets aan het PV-systeem verandert, kan de garantie vervallen.

Vanzelfsprekend is, dat de deelnemers die het PV-systeem zelf hebben geplaatst, geen garantie op de installatie kunnen krijgen.

Een punt van aandacht is om goed na te denken en het liefst van tevoren afspraken te maken met de leverancier over de vervanging van componenten en andere storingen, ook in het geval dat de deelnemers hun PV-systeem zelf hebben geïnstalleerd. In dit geval kan de leverancier de kapotte componenten in de garantieperiode ter beschikking stellen, maar kan hij weigeren de reparatie zelf uit te voeren.

8. Installatie

Zoek naar een installatiebedrijf met ervaring in de PV-branche.

Zorg dat de installateurs op het schema nummers van de zonnepanelen noteren zoals ze daadwerkelijk geïnstalleerd zijn. Dit kan veel tijd besparen bij het identificeren van de storing en de reparatie.

Het is handig om van tevoren na te denken waar de bekabeling binnen zal komen en op die plaatsen ruimte te maken voordat de installateur aankomt. Geef de installateur van tevoren de benodigde lengte van kabels door, anders kan het voorkomen dat de installateur onvoldoende tijd heeft om zijn werk af te ronden en het aan de bewoners overlaat.

Indien mogelijk, laat de inverters binnen installeren, bijvoorbeeld op de zolder. Zo zijn ze beter toegankelijk en worden ze minder door de weeromstandigheden beïnvloed.

Plaats standaard een opbrengstmeter in de installatie. Zo kan de eigenaar zien wat zijn installatie oplevert.

9. Opleveringsinspecties

Opleveringsinspecties nadat het PV-systeem al geïnstalleerd is, kunnen nog onvolkomenheden ontdekken. Sla deze opleveringsinspectie niet over en meld ook de gebreken die de deelnemer zelf heeft ontdekt.

Indien mogelijk, laat de opleveringsinspectie door een ander installatiebedrijf of ten minste door een andere medewerker van het gegeven installatiebedrijf uitvoeren.

10. Nazorg

Een PV-systeem dat eens geïnstalleerd is, heeft een bepaalde nazorg nodig. Hierin wordt begrepen het monitoren, oplossen van de storingen, periodieke controle en schoonmaken van de zonnepanelen (in het beginsel is het schoonmaken een keer per jaar voldoende).

11. Communicatie met de deelnemers

Deelnemers zullen een aanspreekpunt nodig hebben voor allerlei vragen. De helpdesk kan deze functie vervullen.

Een bijeenkomst vóór de installatie van de PV-systemen en nadat zij al enige tijd in bedrijf zijn is zeer belangrijk. Zorg ervoor dat de deelnemers voldoende informatie krijgen over het PV-systeem, de service en de voorwaarden en dat ze weten waar ze de benodigde informatie en instructies kunnen vinden.

In ieder geval: maak duidelijke afspraken met de deelnemers in welke gevallen u assistentie kunt geven en in welke gevallen ze zelf het probleem moeten oplossen.

Zet een internetpagina op met informatie over het project en de voortgang ervan. Maak deze internetpagina, voor zover mogelijk, openbaar.

De kWh-opbrengsten kunnen op deze internetpagina bekend gemaakt worden. Ook kan er een mogelijkheid zijn tot het stellen van vragen, het leveren van commentaar en onderlinge communicatie tussen de deelnemers, of het plaatsen van de foto's van een eigen PV-systeem.

12. Communicatie met de leverancier

Houdt regelmatig contact met de leverancier. Spreek een evaluatiebijeenkomst af nadat alle PV-systemen geïnstalleerd en opgeleverd zijn. Dit is leerzaam voor beiden partijen.

13. Ervaringen vastleggen en bekendmaken

Maak de ervaringen en voortgang van het project bekend aan de deelnemers maar ook aan buitenstaanders. Elk project levert veel waardevolle informatie op.

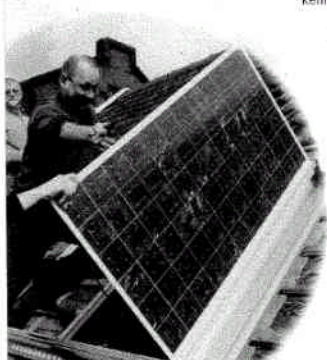


Een zonnige toekomst met een lagere EPN

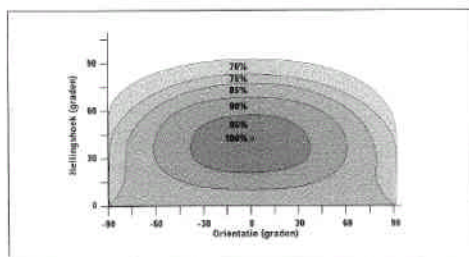
De Energie Prestatie Norm (EPN) moet omlaag naar 1,0. Als opdrachtgever, ontwerper/ontwikkelaar, bouwverzorger of beheerder van woningbouwprojecten heeft u met dit gegeven steeds vaker te maken. Niet alleen bij de ontwikkeling van bijvoorbeeld VINEX-locaties, maar ook bij kleinschaliger projecten schrijven lokale overheden het gebruik van energiebesparende maatregelen vaker dwingend voor. Met alle gevolgen voor bestek, uitvoering en

bouwkosten. SunPower zonnepanelen bieden u de goedkoopste oplossing om de EPN daadwerkelijk te helpen verlagen.

SunPower zonnepanelen zijn gemakkelijk en betaalbaar te monteren, zeker bij een grootschaliger aantal. De gebruiker kan door de inschakeling van deze duurzame energiebron een aardige besparing bereiken op de elektriciteitsrekening. Bij een woning kan dit naar schatting oplopen naar 10 tot 15 procent van de gebruikelijke kosten. Op lange termijn gezien verdient de investering zich grotendeels terug (de levensduur is tenminste 20 jaar!) en levert de inzet van SunPower zonnepanelen, zeker bij toepassing in projecten, een interessante bijdrage aan de vermindering van de CO₂-uitstoot.



Zongericht verkavelen is een belangrijke voorwaarde om optimaal zonne-energie toe te kunnen passen. In de figuur wordt aangegeven hoe de totale lichtinstraling op jaarbasis afhangt van de oriëntatie.

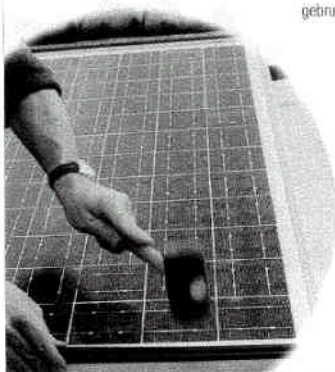


In zonnecellen wordt licht rechtstreeks omgezet in elektrische energie, die we Photo-Voltaïsche energie (PV) of zonnestroom noemen. Ondanks de noordelijke ligging is de lichtinstraling in Nederland aanzienlijk. De productie in Nederland is het grootst wanneer de zonnepanelen op Zuid-Zuid-West zijn georiënteerd en de hellingshoek van het paneel ten opzichte van het horizontale vlak tussen de 30 en 40 graden bedraagt.



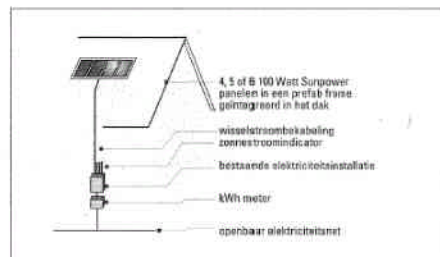
Pure zonnekracht, klaar voor gebruik

De SunPower panelen zijn zowel geschikt voor nieuw te bouwen als voor bestaande woningen en worden direct, zonder infrastructurele aanpassingen, op de elektrische installatie aangesloten. Daardoor is de schone zonnestroom direct te gebruiken, zonder extra handelingen.



De constructie past goed in elk bestaand of nieuw architectonisch ontwerp. Achter op de panelen is een omvormer geplaatst die de opgewekte gelijkstroom

omzet in wisselstroom. Hierdoor is er in de woning geen extra ruimte nodig om apparatuur te plaatsen.



SunPower®



Product

4, 5 of 6 SunPower panelen, voorzien van op de panelen gemonteerde omvormers, beide met een KEMA keur, en een draagconstructie van klikprofielen. De constructie van 4 panelen is 1,30 m hoog en 3,00 m breed, heeft een totaalgewicht van 60 kg. 6 Panelen is 4,50 m breed en weegt ca. 90 kg.

Waterdichtheid

Gecertificeerd door BDA en TNO (per juni 1999).



Montage

Op hellende daken op het dakbeschot, in plaats van de pannen. De maatvoering sluit aan op de zogeheten

'RBB sneldekkers', maar is toepasbaar bij de meeste pantypen. Een constructie voor platte daken is beschikbaar.

Aansluiting

De panelen (maximaal 6) worden met behulp van een stekker, voorzien van een schakelaar, via een stopcontact op een bestaande of gewone eindgroep van het elektriciteitsnet in de woning aangesloten of via een vaste verbinding. Wanneer meerdere systemen worden gebruikt (meer dan 2,25 Ampère) is een separate groep nodig.

Levensduur

Zowel de SunPower panelen als de omvormers hebben een levensduur van tenminste 20 jaar.

Garanties

2 jaar garantie op het systeem.

Energie opbrengst

300 - 350 kWh per jaar, wat overeenkomt met 10 tot 15% van het gemiddeld gebruik per huishouden. Afhankelijk van het woningtype wordt de Energie Prestatie Coëfficiënt (in het kader van de Energie Prestatie Norm) verlaagd met 0,03 - 0,15 punten.

Subsidie(-gevers)

Deelnemend energiedistributiebedrijf f 1.200,- incl. BTW
(bij 4 panelen)
geldend in 1999

NDVEM ca. f 1.500,- incl. BTW
(bij 4 panelen)
geldend in 1999

Consumentenprijs in het verzorgingsgebied van de deelnemende distributiebedrijven

Na subsidie: f 4.749,- incl. BTW en plaatsing (gebaseerd op een

hellend pannendak met de mogelijkheid om in het beschot te schroeven), exclusief een desgewenst onderhoudscontract (curatief). Bij projectaanpak zijn lagere tarieven mogelijk.

Eigendom

De SunPower panelen zijn eigendom van de bewoner/eigenaar van de woning.

Financieringsvormen

SunPower zonnepanelen dragen in belangrijke mate bij tot het verkrijgen van een zogenaamde 'groenverklaring', waarmee een 'Groen Hypotheek' kan worden afgesloten. Ook is er een leaseconstructie in voorbereiding.

Andere opties

Er bestaat een koppelmogelijkheid aan een PC voor het uitlezen van de opgewekte hoeveelheid energie.

Aan deze omschrijving kunnen geen rechten worden ontleend.

Eenvoudig te installeren

Het SunPower systeem bestaat uit zonnepanelen met omvormers en een zonnestroomindicator. Elk paneel is opgebouwd uit een aantal in serie geschakelde kristallijne silicium zonnecellen hetgeen een lange levensduur verzekert. Deze cellen worden aan de voorzijde door een glasplaat en aan de achterzijde door kunststof tegen weer en wind beschermd. De omvormers op de achterzijde zijn zo ontworpen dat de opgewekte energie zelfs bij lage instraling efficiënt wordt omgezet in stroom. Met de zonnestroomindicator, geplaatst op of voor de verbinding met het elektriciteitsnet, kunt u zien of de SunPower panelen goed functioneren.

Het gewicht van de zonnepanelen is vergelijkbaar met dat van dakpannen. Ze kunnen door ervaren installateurs snel worden geplaatst, zonder bouwkundige aanpassingen. Met een speciaal profiel worden de panelen eenvoudig direct op de tengels tussen de pannen geplaatst.

Het SunPower systeem vervangt de dakpannen en sluit waterdicht aan op de rest van de dakbedekking. Na plaatsing van de profielen worden de panelen er gewoon ingeklikt. Vervolgens kan het systeem via een vaste verbinding of via een stekker, voorzien van een schakelaar, rechtstreeks worden aangesloten op het net.



Keuze uit 4, 5 of 6 panelen

Zonder aanpassing van de elektrische installatie kunt u kiezen voor 4, 5 of 6 panelen. Deze kunnen zowel staand als liggend worden geplaatst. Volgens de KEMA richtlijnen mogen maximaal zes 100 Watt SunPower panelen op een bestaande groep in de meterkast worden aangesloten.

Vanzelfsprekend zijn alle elektrische onderdelen KEMA goedgekeurd.

Deze brochure geeft u een primair beeld van de techniek en de eenvoudige toepasbaarheid van SunPower zonnepanelen bij nieuwe of bestaande woningen. En is tegelijk een uitnodiging om met een van de initiatiefnemers (zie achterzijde omslag) verder te praten over de concrete mogelijkheden bij uw project, om te 'bouwen op de zon'.

DE VOORDELEN OP EEN RIJ:

- verlaging van de EPN;
- geheel te integreren in het dak;
- moderne uitstraling;
- belangrijke bijdrage puntenaantal Groen Hypotheek;
- interessant geprijsd door standaard productie;
- eenvoudig en snel te installeren;
- nauwelijks tot geen onderhoud;
- levensduur van tenminste 20 jaar.

SunPower in het kort

**SUN
POWER**

Omschrijving:	Standaard = 4 panelen, inclusief KEMA-keur omvormers en een draagconstructie van klikprofielen. Hoogte: 1,3 m, breedte: 3 m, gewicht: 60 kg. Bij aanschaf keuze mogelijk voor 4, 5 of 6 panelen.
Waterdichtheid:	Goedgekeurd door BDA en TNO (per juni 1999).
Montage:	Hellende daken: op het dakbeschot, in plaats van de pannen. Een constructie voor platte daken is beschikbaar.
Dakpannen:	Geschikt voor pannendak, opgebouwd uit betonpannen. De toegepaste gootsystemen zijn geschikt voor de RBB sneidekker, Verona en Stonewold dakpan, uitgaande van een nieuwbouwsituatie of gelijkwaardig.
Aansluiting:	Via een vaste verbinding of een stekker met schakelaar op een gewone eindgroep van het elektriciteitsnet. Bij een gebruik van meer dan 2,25 ampère is er een aparte groep nodig.
Levensduur:	Panelen en inverters, tenminste 20 jaar.
Garanties:	2 jaar garantie op het systeem.
Energie opbrengst:	300 - 350 kWh per jaar. Verlaging van het Energie Prestatie Coëfficiënt tussen de 0,03 - 0,15 punten.
Eigendom:	De panelen zijn eigendom van de eigenaar van het pand.

SunPower, zonnestroom van eigen huis.

SunPower® is verkrijgbaar bij:



Rochussenstraat 200,
Postbus 2499,
3000 CL Rotterdam,
(010) 457 6293



Afdeling SunPower,
Postbus 1096,
1500 AB Zaandam,
(075) 655 86 12



Prins Bernhardlaan 1,
Postbus 6,
2400 AA Alphen aan den Rijn,
0800 1890



Nijverheidsweg 15,
Postbus 8868,
3503 SG Utrecht,
(030) 297 5911

In nauwe samenwerking ontwikkeld met:



Voor meer informatie of vragen over SunPower kunt u telefonisch contact opnemen met een van de bovenstaande energiebedrijven.

Foto's: Zonnepanelen: Martin Ken Concept, tekst & productie: DMM Marketingcommunicatie bv, Amersfoort

035011