

# Hernieuwbare Energie

Fotovoltaïsche zonne-energie



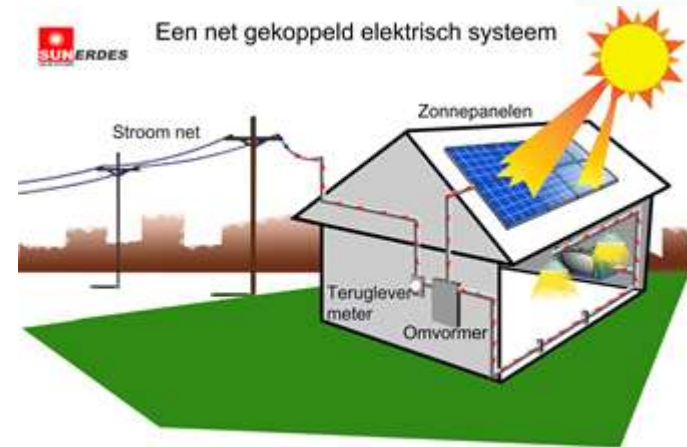
ARTESIS PLANTIJN  
HOGESCHOOL ANTWERPEN

# Geïnstalleerd vermogen

- Geïnstalleerd vermogen in België
- VL: 5,3GW – Wa: 1,6GW – Br: 0,25GW
- Bron: [Observatoire photovoltaïque | APERe asbl](#)



# Autonoom of netgekoppeld



- Hybride systemen: PV aangevuld met generator

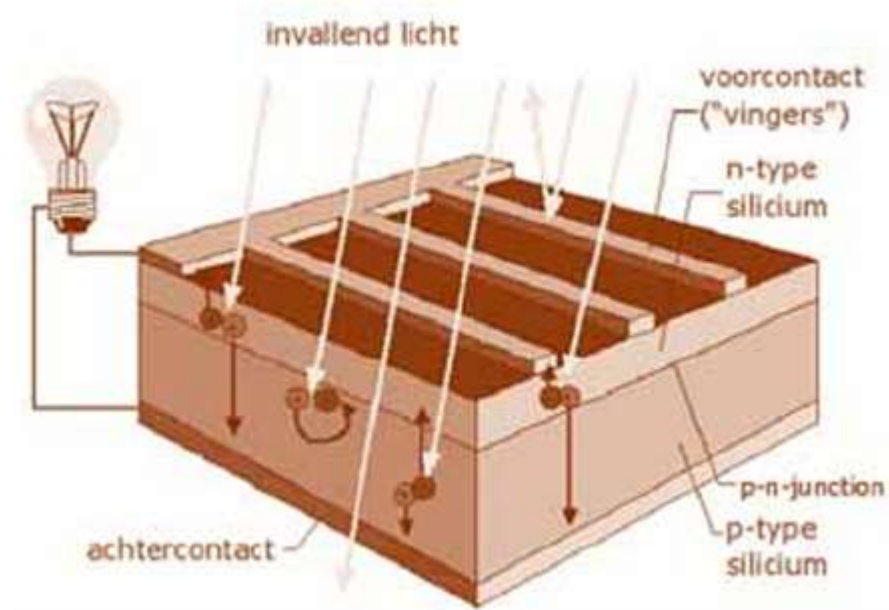


# Toepassingen

- Consumentenproducten binnen  $< 1\text{W}$ : horloges, rekenmachientjes, ...
- Consumentenproducten buiten  $< 50\text{ W}$ : noodverlichting, tuinverlichting, ...
- Autonome industriële toepassingen  $1\text{W}-10\text{kW}$ : telecommunicatie, verkeerssignalisatie, wegverkeer, scheepvaart, milieumetingen, ...
- Autonome elektrificatie van dorpen (vooral in de ontwikkelingslanden)  $100\text{W}-10\text{kW}$ : oppompen van grondwater, ontzilting, verlichting, TV, koeling, ...
- Netgekoppelde systemen  $1\text{kW}-100\text{kW}$ : PV-systemen op gebouwen (daken, gevels, zonneweringen) en andere structuren.
- Centrale vermogeenheden  $>1000\text{kW}$ : elektriciteitscentrales, niet interessant in Vlaanderen.



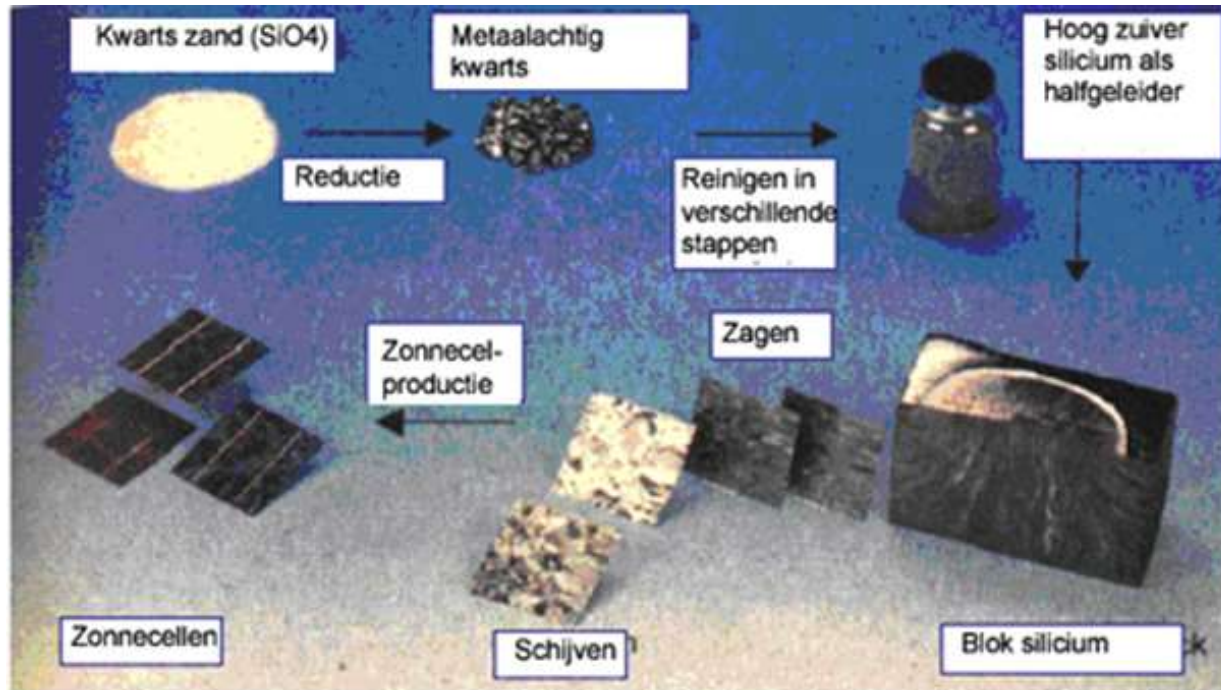
# Bouw



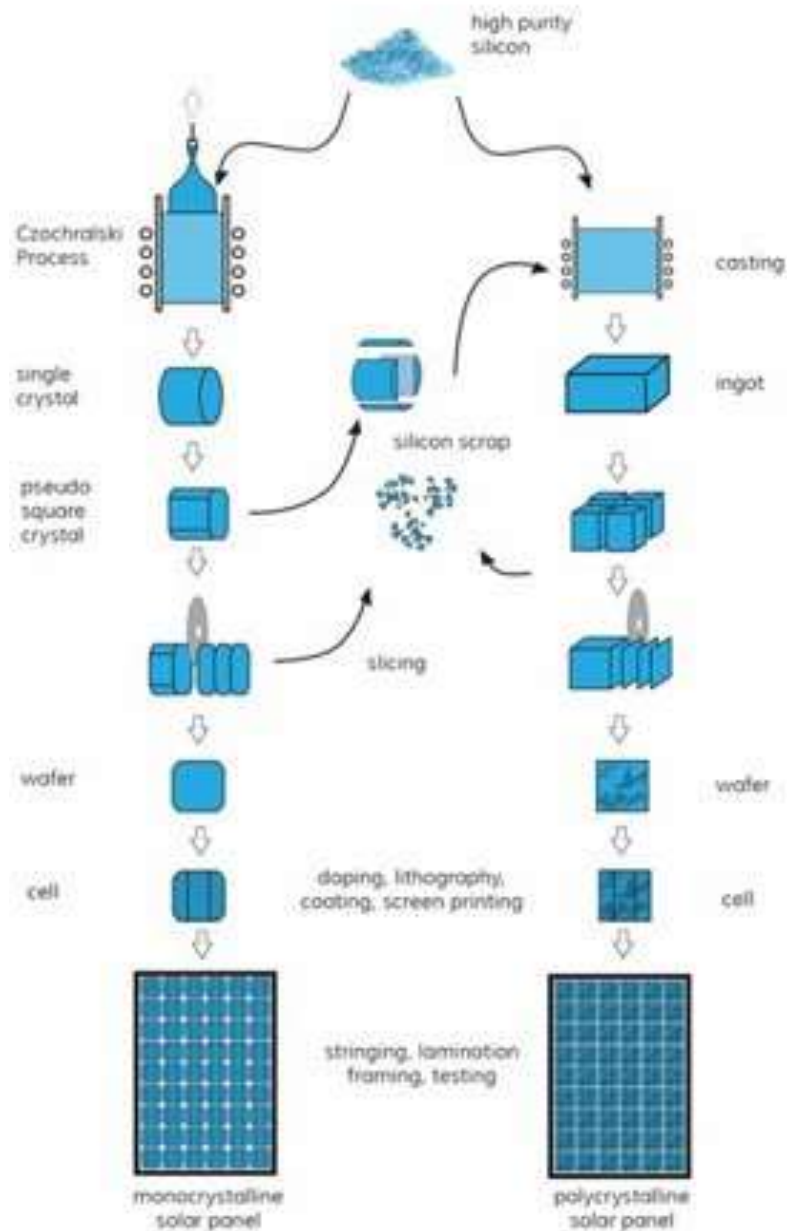
- Bovenlaag: - ; onderlaag +
- Max rendement voor Si: 45%



- Van zand tot silicium



# manufacture of crystalline solar panels

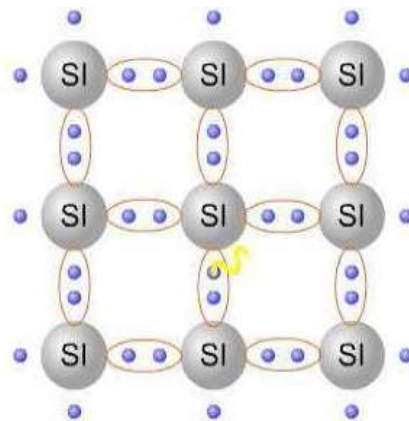


- Aansluitend worden de blokken, of staven in plakken/schijven ( $\sim 10 \text{ cm} \cdot 10 \text{ cm}$  met een dikte van  $\sim 300 \mu\text{m}$  (0,3 mm) gezaagd.
- Daarvoor gebruikt men draadzagen, die ter wille van de noodzakelijke stabiliteit minstens  $300 \mu\text{m}$  sterk moeten zijn. Dat wil ook zeggen dat we op dit moment een zaagverlies van 50% hebben

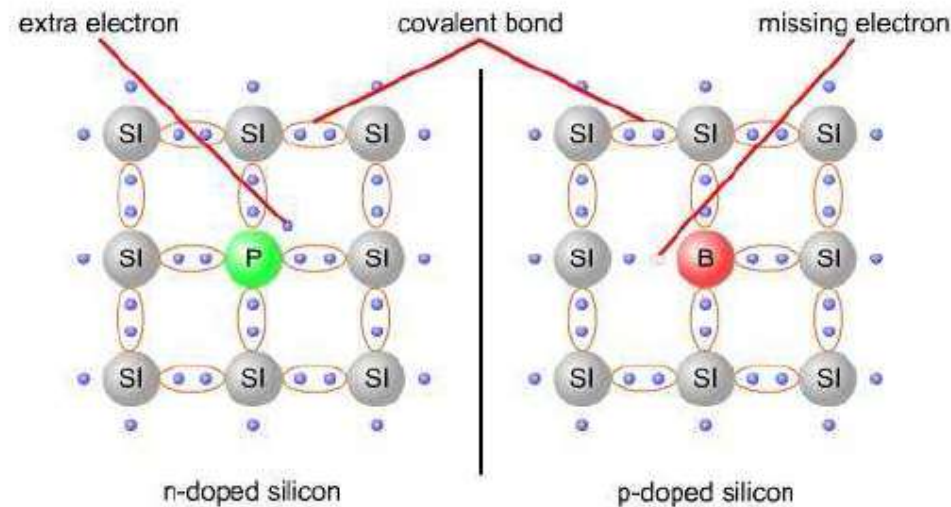


# werkingsprincipe

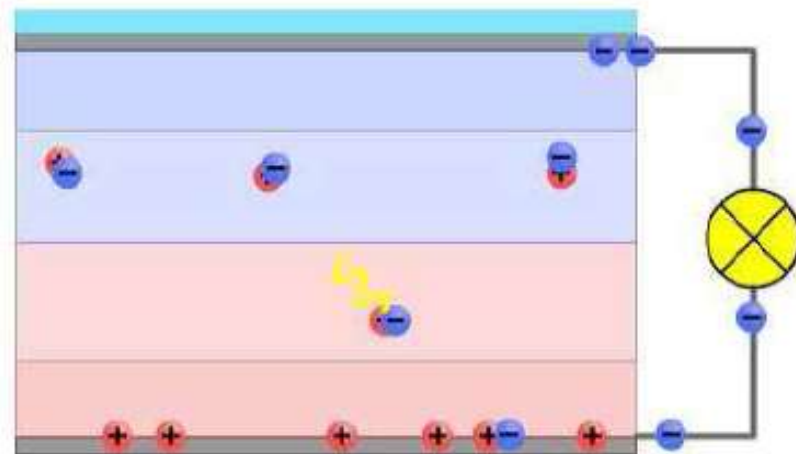
- Silicium heeft 4 vrije elektronen
- Deze vormen “paren”
- Si-kristal is niet geleidend: er zijn geen vrije elektronen
- Energietoevoer (licht) breekt de paren uiteen: Si-kristal wordt geleidend



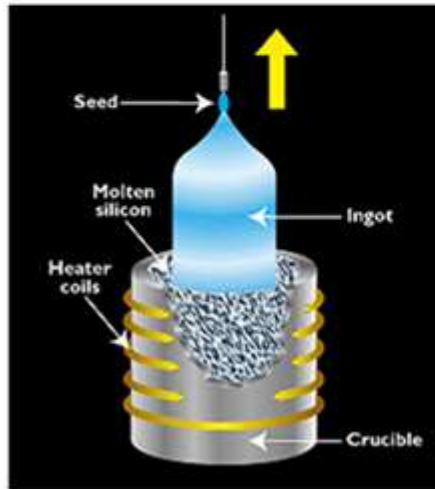
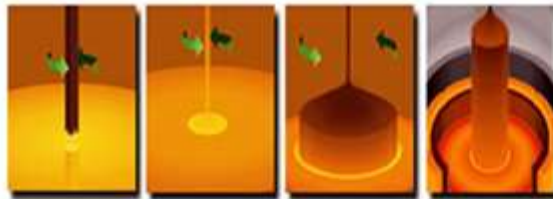
- P & n gedopeerd Si krijgen we door toevoegen of verwijderen van elektronen
- De elektronen van de n-laag willen naar de gaten in de p-laag: elektrisch veld



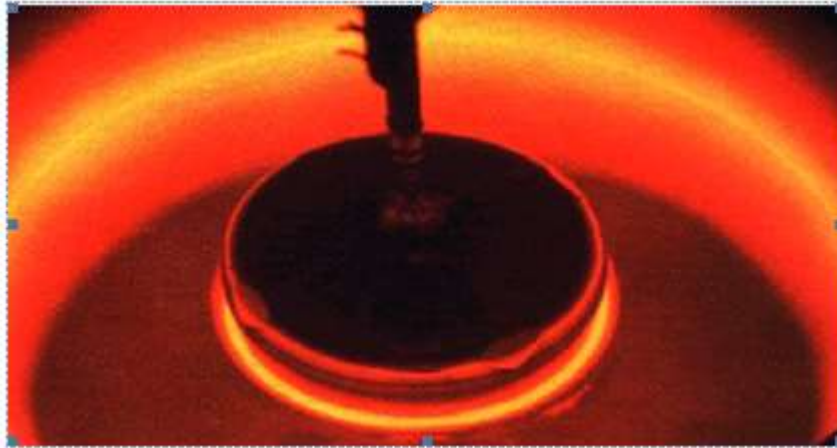
- Licht werkt als activator
- [http://www.youtube.com/watch?v=he\\_JjrxEfN0](http://www.youtube.com/watch?v=he_JjrxEfN0)



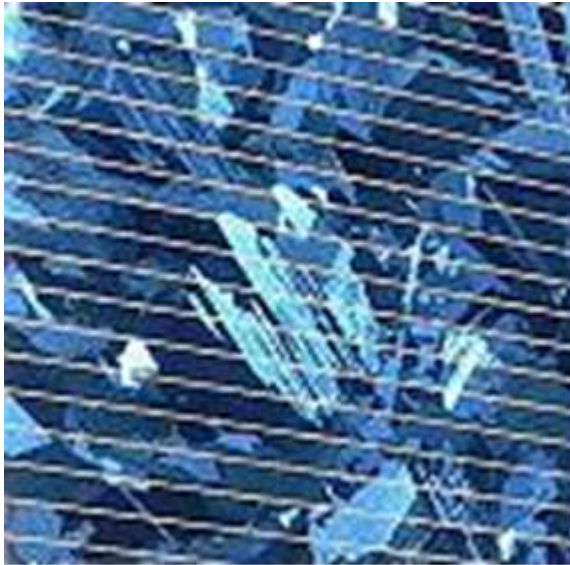
- Monokristallijn



# Monokristallijn



# Polykristallijn



# Amorf

- CIS of CIGS

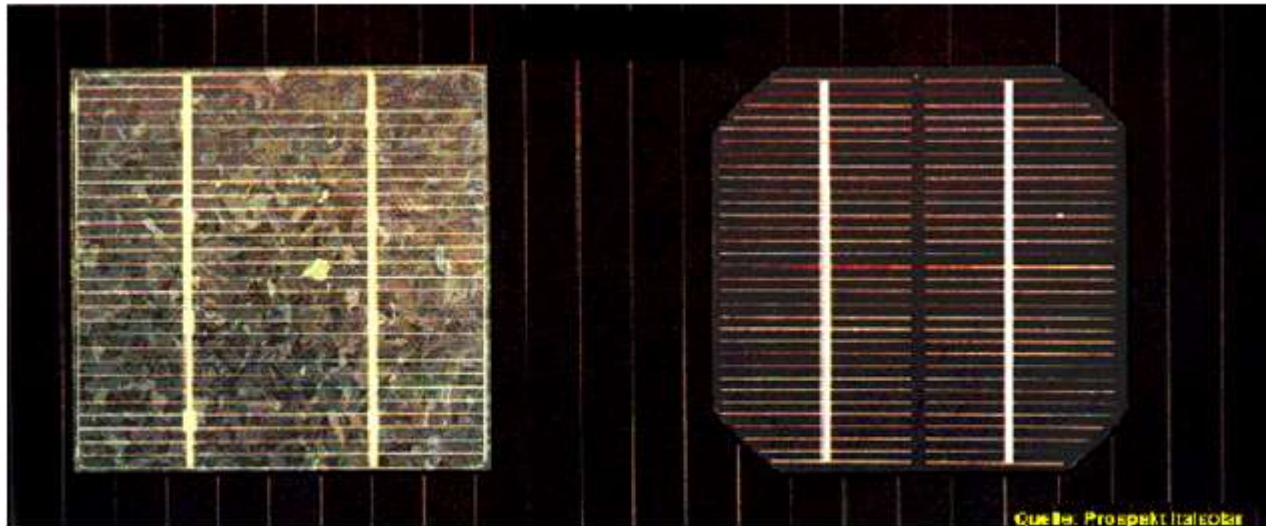


# Amorfe cellen

- Amorf Silicium: eenvoudig productie, minder energie-intensief, worden op ander materiaal “gedampt”, licht en flexibel
- Lager rendement
- Sportpaleis: 51kW



- De 3 types naast elkaar...



Polykristallijne cel

Amorfe cel

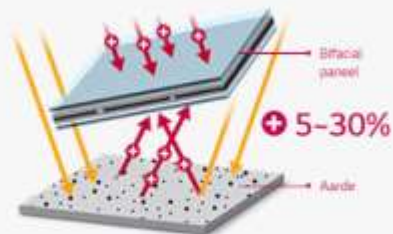
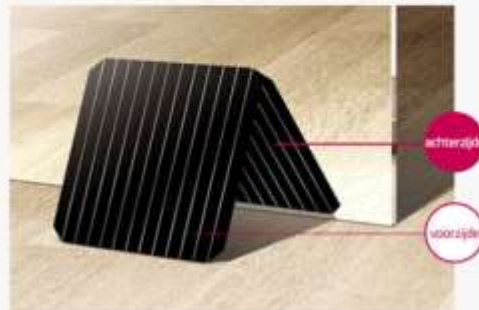
Monokristallijne cel



- Bifacial

De NeON<sup>2</sup> Bifacial maakt gebruik van NeON<sup>2</sup>-cellen die aan beide zijden energie kunnen opwekken.

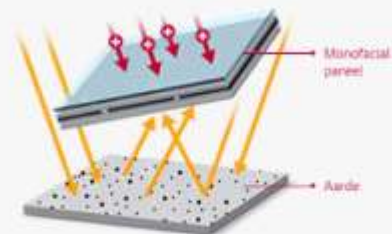
LG NeON<sup>2</sup> Bifacial



Het Bifacial-paneel wekt elektriciteit energie op aan de voor- en aan de achterzijde. Zo ontstaat een maximaal rendement.

Cellstructuren van het P-type wekken alleen aan de voorzijde energie op. Daarom zijn ze niet geschikt voor Bifacial-panels.

Conventioneel Mono-Facial product

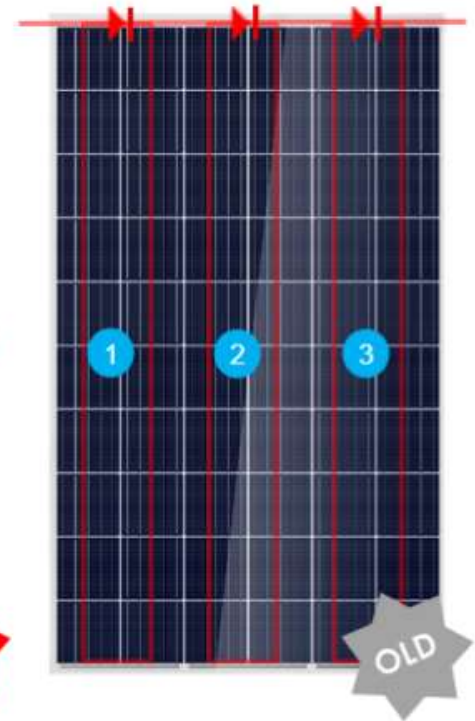
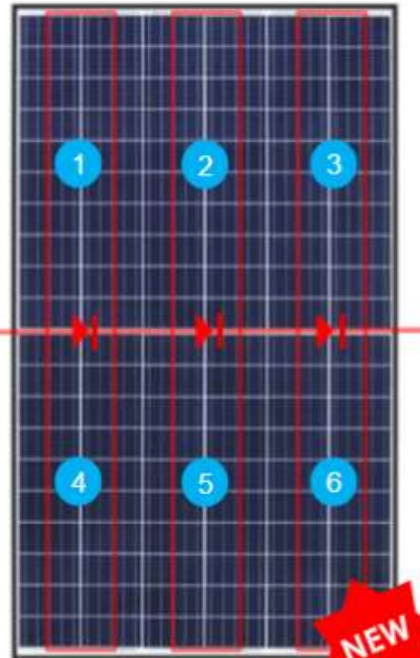


Monofacial module: Mono-facial panelen wekken alleen elektriciteit aan de voorzijde energie op.



# Half-cut cells

- 6 internal cell strings with 20 half-cut cells each
- Respectively 1 cell string of the upper and lower half are connected to one bypass diode
- The split junction box transfers less heat to the cells lying underneath
- Higher yields in specific shading situations

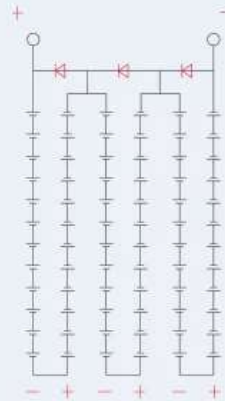


# Half cut cells

## Standard Module / With 6 internal strings of cells



Design Sketch



Circuit Diagram



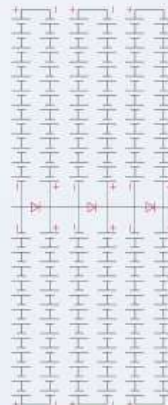
Electrical Mismatch

Module current output is 8.7A, current mismatch series is **0.3A**.

## Half Cell Module / With 2 x 6 internal strings of cells



Design Sketch



Circuit Diagram

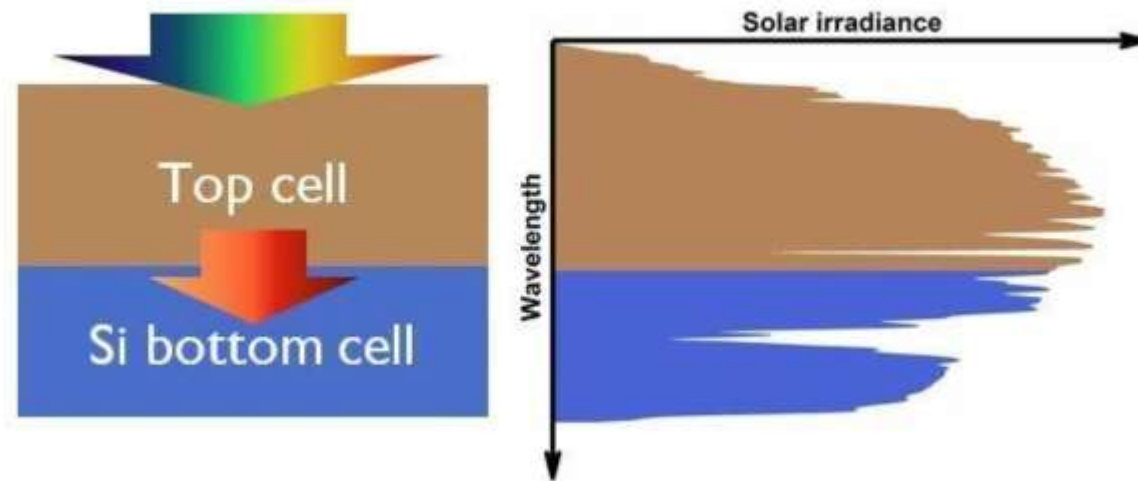


Electrical Mismatch

Module current output is 4.5+4.35=8.75A, current mismatch series is **0.15A**.



# Toekomst

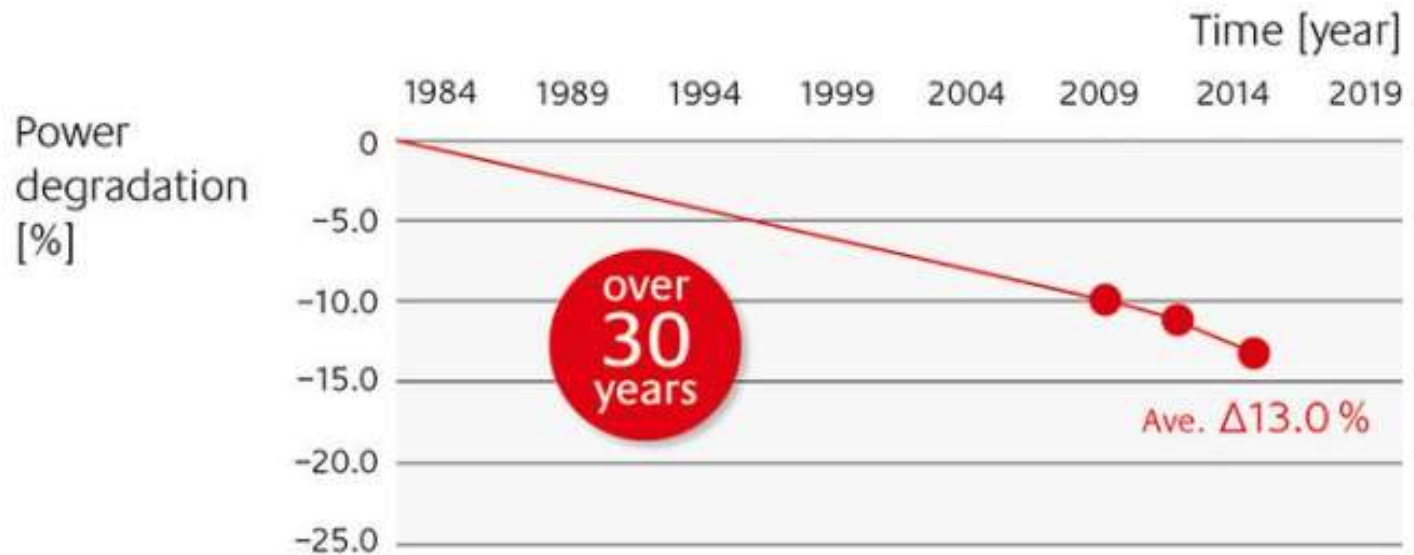


Meerlagig: bv perovskiet + CIGS  
Rendementen naar >25%

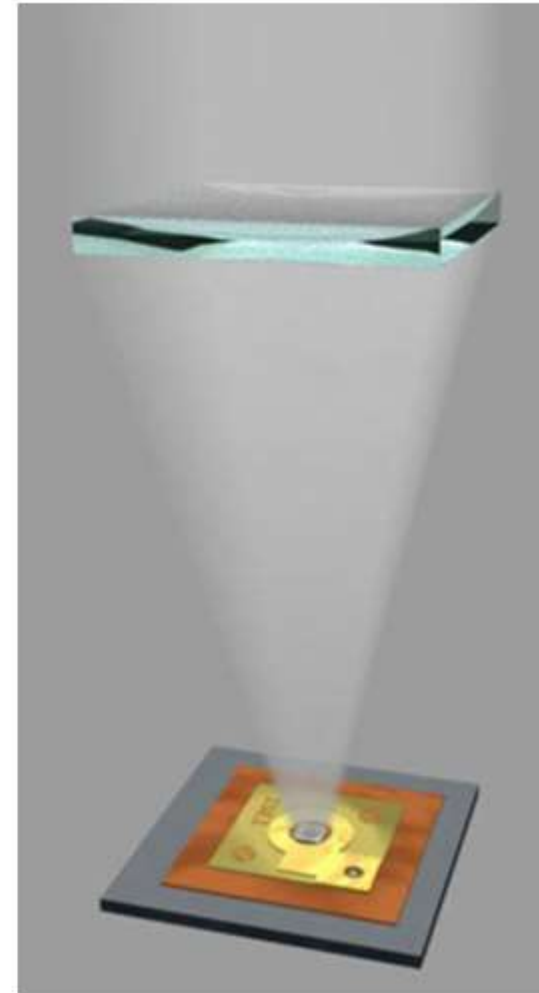
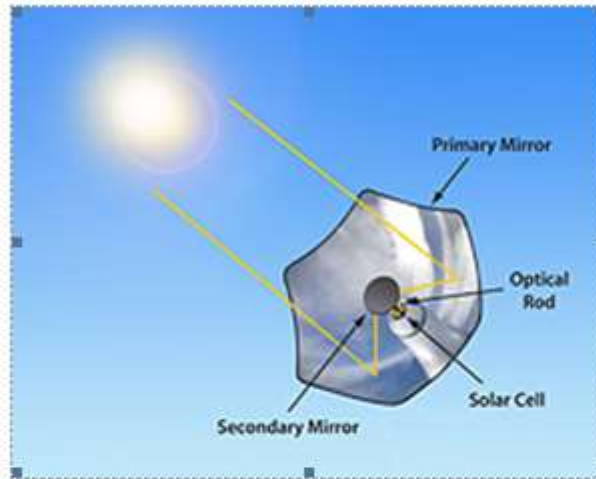


# Degradatie PV-panelen

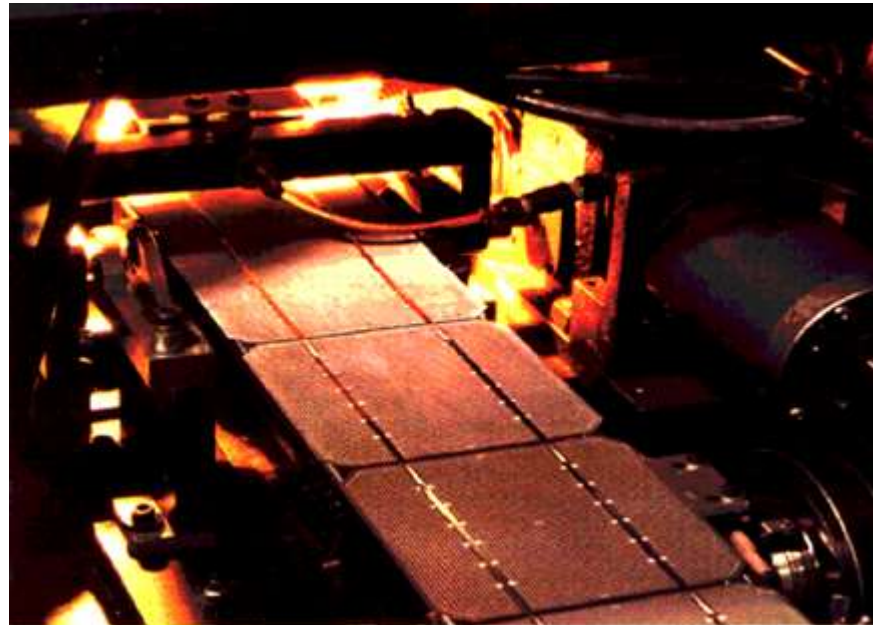
Power output degradation rate of the solar modules



# Concentrerende systemen

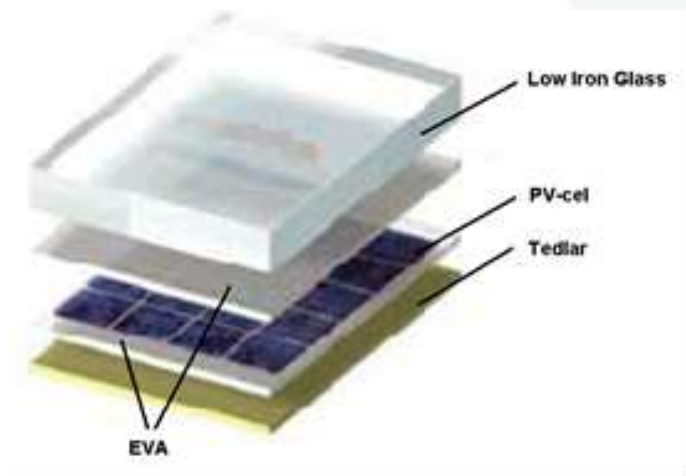


- Meerdere cellen samen tot 1 string
- 1 cel:  $3A, 0.5V = 1,5W$  DC indien U en I max zijn
- Werkelijk:  $1,3W$



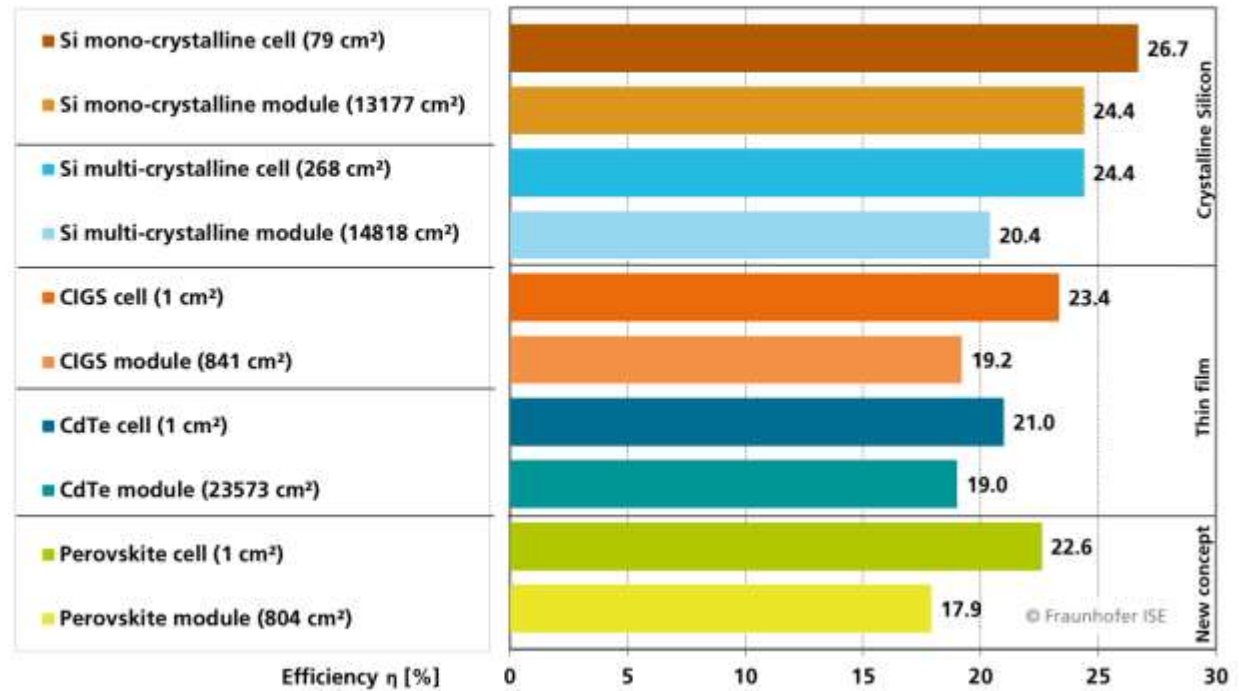
# Een PV-module

- Gehard glas of kunststof
- Water- en dampdichte achterkant
- Achterzijde: Warmte-afvoerend



# Rendement

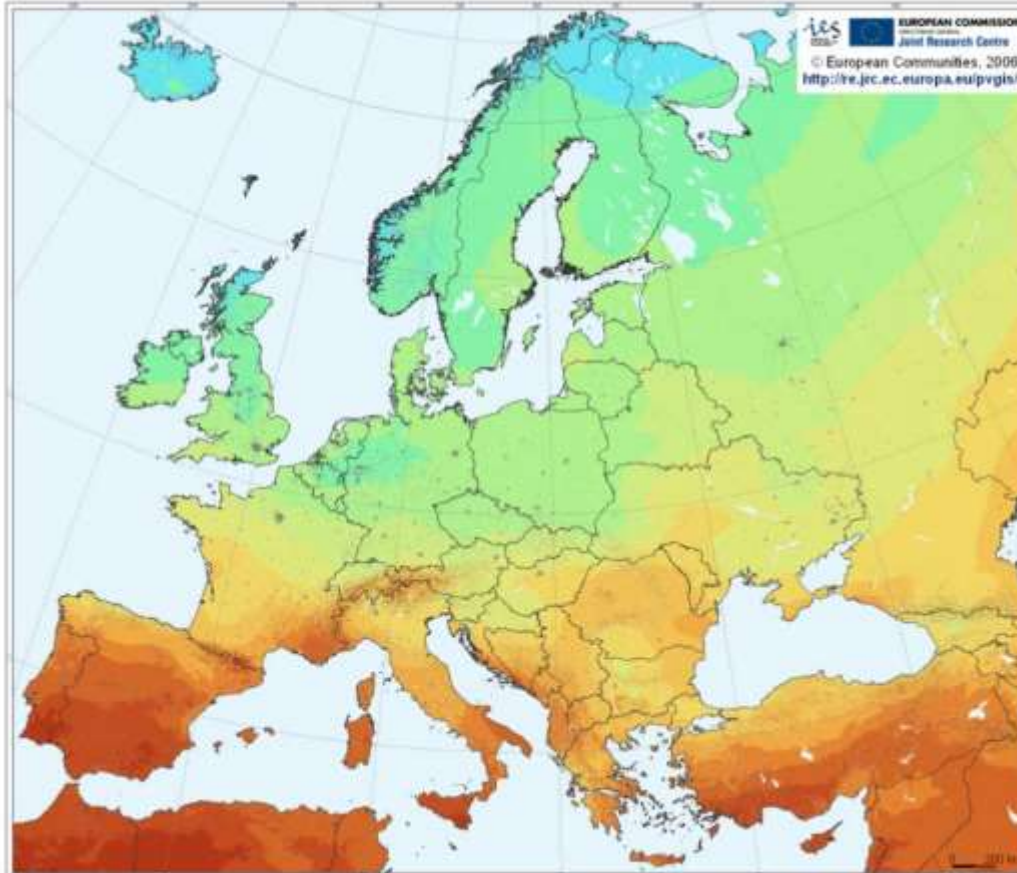
## Best Lab Cells vs. Best Lab Modules



Data: Green et al.: Solar Cell Efficiency Tables (Version 5B), Progress in PV: Research and Applications 2020. Graph: PSE Projects GmbH 2021



# EPBT



Irradiation (GTI, kWh/m<sup>2</sup>/a) EPBT

<math><600</math>

800

1000

1200

1.3 years

1400

1600

1800

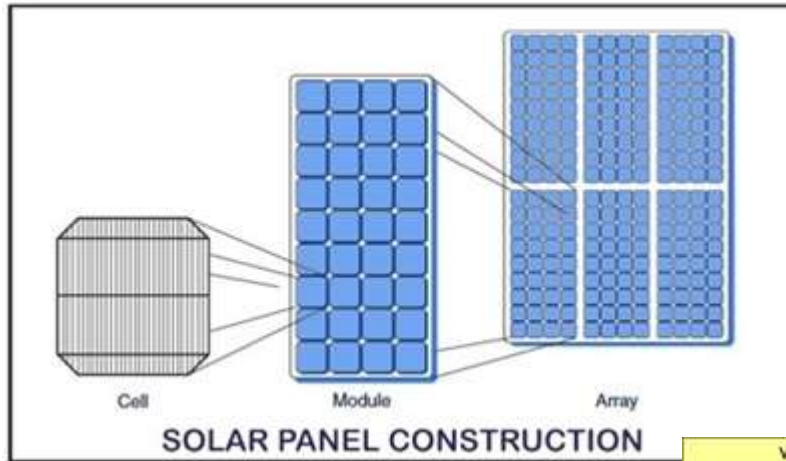
2000

1.0 year

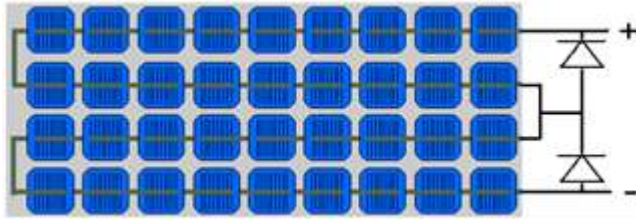
>2200



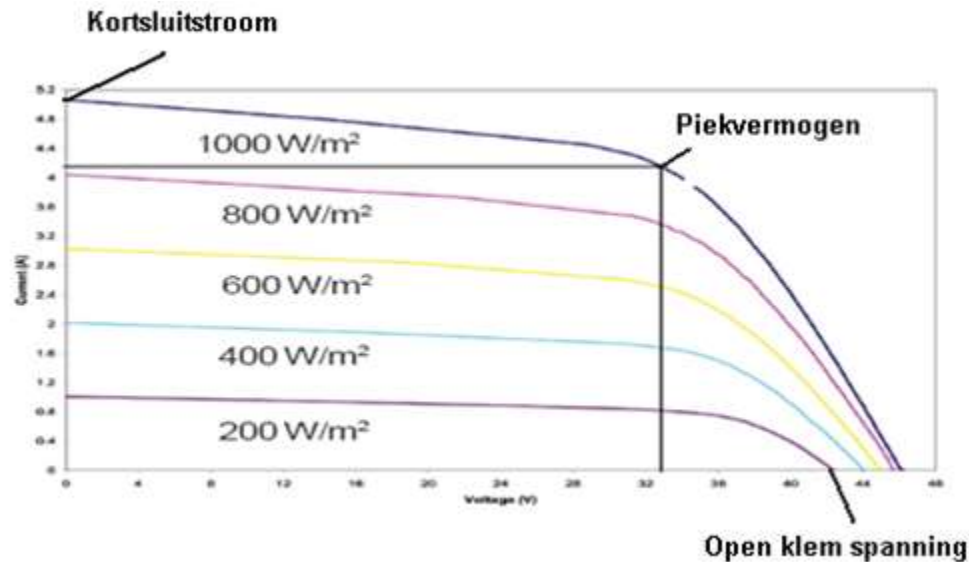
# Constructie



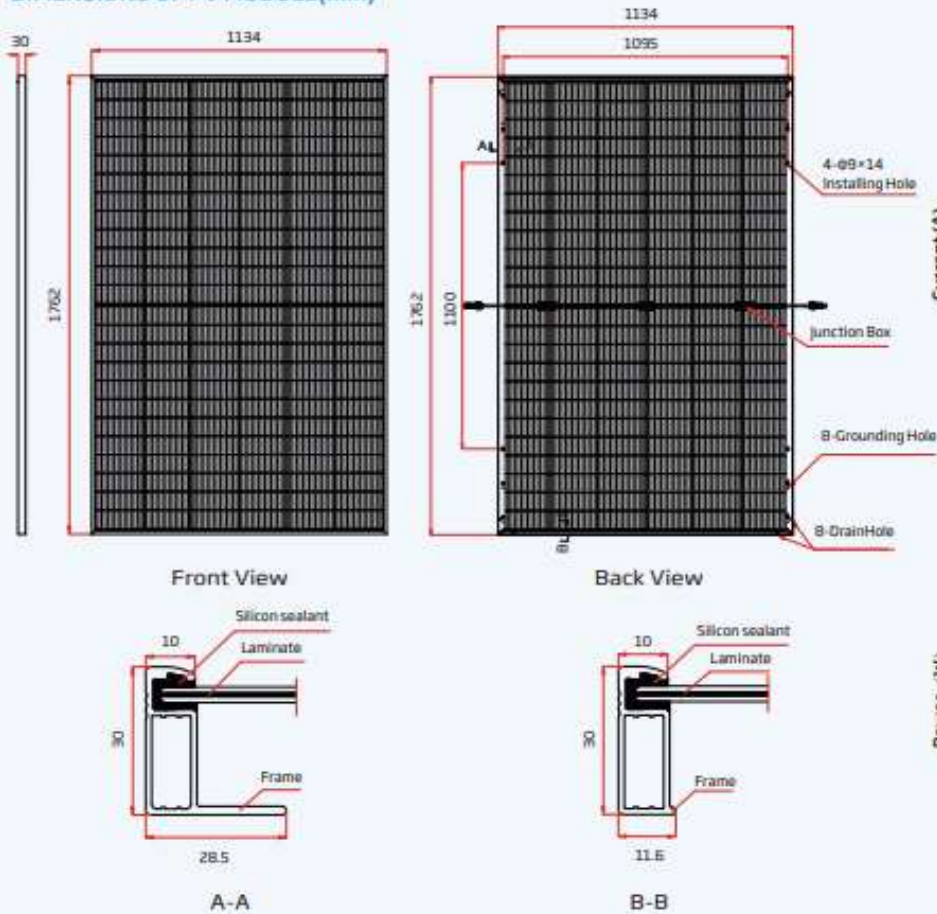
# standaardmodule



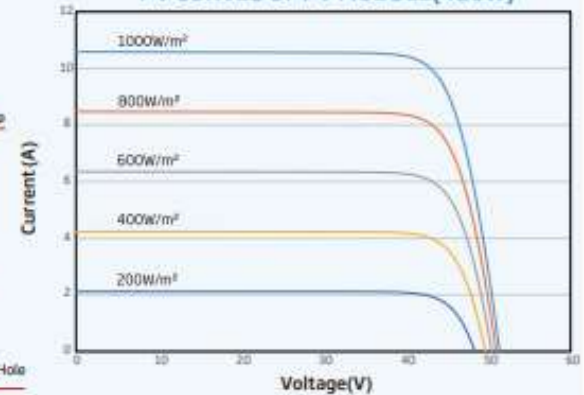
- by-pass diodes
- opbrengst



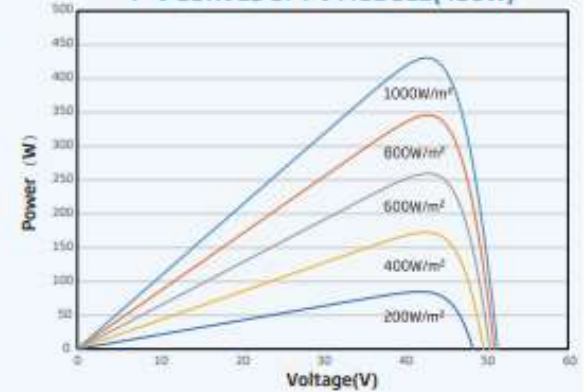
**DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)**



**I-V CURVES OF PV MODULE(430W)**



**P-V CURVES OF PV MODULE(430W)**



### ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- $P_{MAX}$ (Wp)*	415	420	425	430	435	440
Power Tolerance- $P_{MAX}$ (W)	0 ~ +5					
Maximum Power Voltage- $V_{MP}$ (V)	42.1	42.5	42.9	43.2	43.6	44.0
Maximum Power Current- $I_{MP}$ (A)	9.86	9.89	9.92	9.96	9.99	10.01
Open Circuit Voltage- $V_{OC}$ (V)	50.1	50.5	50.9	51.4	51.8	52.2
Short Circuit Current- $I_{SC}$ (A)	10.50	10.53	10.56	10.59	10.64	10.67
Module Efficiency $\eta_m$ (%)	20.8	21.0	21.3	21.5	21.8	22.0

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. \*Measuring tolerance: ± 2%

### Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% irradiance ratio)

Total Equivalent power - $P_{MAX}$ (Wp)	448	454	459	464	470	475
Maximum Power Voltage- $V_{MP}$ (V)	42.1	42.5	42.9	43.2	43.6	44.0
Maximum Power Current- $I_{MP}$ (A)	10.65	10.68	10.71	10.76	10.79	10.81
Open Circuit Voltage- $V_{OC}$ (V)	50.1	50.5	50.9	51.4	51.8	52.2
Short Circuit Current- $I_{SC}$ (A)	11.34	11.37	11.40	11.44	11.49	11.52
Irradiance ratio (rear/front)	10%					

Power Efficiency 93±1%

### ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power- $P_{MAX}$ (Wp)	316	320	324	328	332	335
Maximum Power Voltage- $V_{MP}$ (V)	39.3	39.7	40.0	40.4	40.7	41.0
Maximum Power Current- $I_{MP}$ (A)	8.03	8.07	8.09	8.11	8.15	8.17
Open Circuit Voltage- $V_{OC}$ (V)	47.5	47.8	48.2	48.7	49.1	49.4
Short Circuit Current- $I_{SC}$ (A)	8.46	8.49	8.51	8.53	8.57	8.60

NOCT: Irradiance at 800W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.



## MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	144cells
Module Dimensions	1762 × 1134 × 30 mm (69.06 × 43.15 × 1.18 inches)
Weight	21.0kg (46.30 lb)
Front Glass	1.6 mm (0.06 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	PGE/EVA
Back Glass	1.6 mm (0.06 inches), High Transmission, Heat Strengthened Glass
Frame	30mm (1.18 inches) Anodized Aluminium Alloy, Black
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm <sup>2</sup> (0.006 inches <sup>2</sup> ) Portrait: 350/280 mm(13.78/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EVO2 / TS4 PLUS / TS4*

\*Please refer to regional datasheet for specified connector.

## TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P <sub>MAX</sub>	-0.30%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.24%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.04%/°C

## MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	25A

## WARRANTY

- 15 year Product Workmanship Warranty
- 30 year Power Warranty
- 1% first year degradation
- 0.4% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

## PACKAGING CONFIGURATION

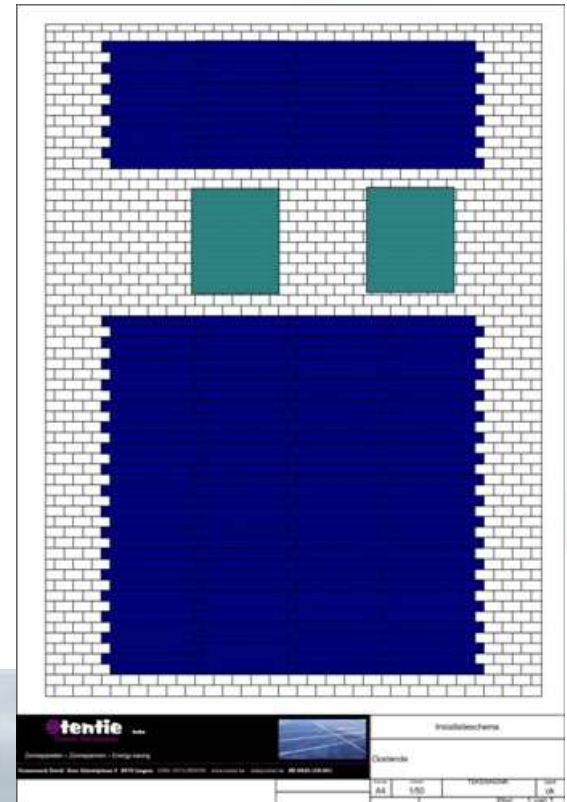
- Modules per box: 36 pieces
- Modules per 40' container: 936 pieces



# Semi-transparante modules

- BIPV







## BIPV

- Gevelbekleding
- Dakpannen
- Zonnewering
- ...



# BIPV

- › Meer beschikbare opp bruikbaar als PV
- › Duurder
- › Lager rendement



Zonnepanelen op de gevel: een interessant alternatief. Bron: Ecopuur



Een houten gevel en zonnecellen zijn niet meer te onderscheiden. Bron: Ecopuur



Duurzaamheid en esthetiek gaan hand in hand. Bron: Pixasolar

- Wel goed afspreken met de buren over de ligging....



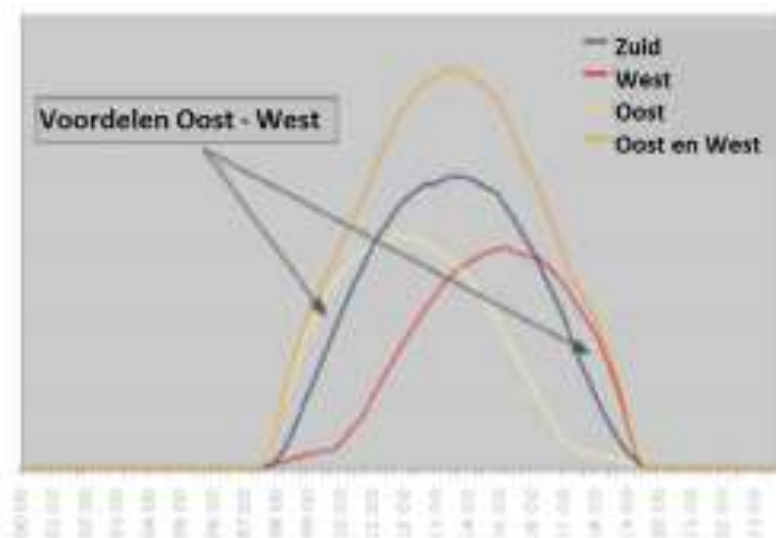
# Drijvende PV



# PV & Landbouw



# Oriëntatie



# Vermogen

- Piekvermogen, uitgedrukt in  $W_p$ , bij STC
- STC:  $1000W/m^2 - 25^\circ$
- De meeste fabrikanten garanderen 90% van het piekvermogen gedurende 10 jaar en 80% van het piekvermogen gedurende 25 jaar.



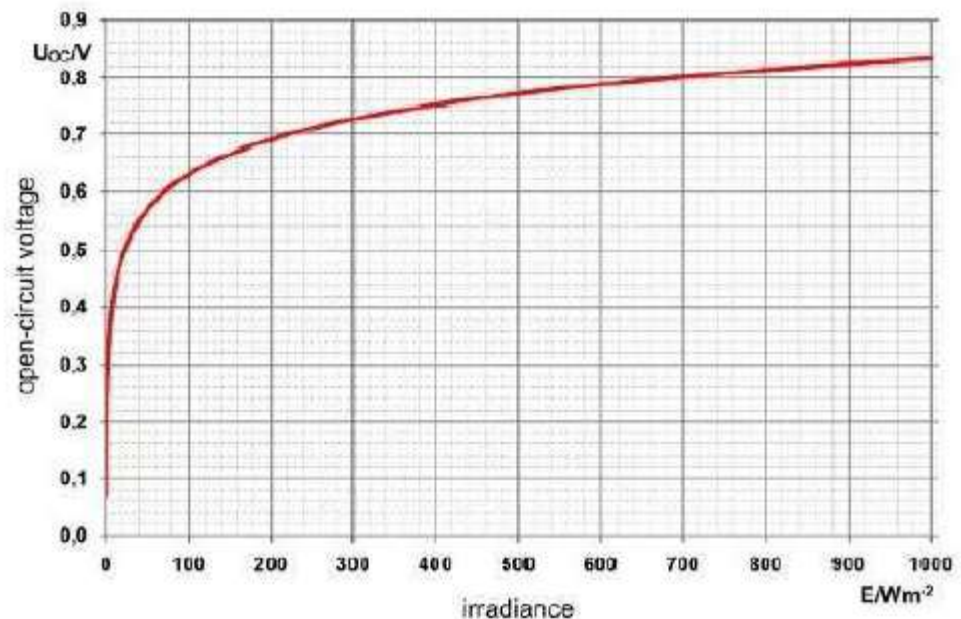
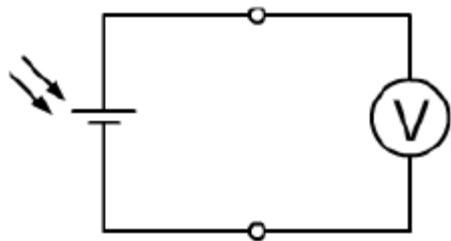
- ## Testcyclus:

- Thermische cyclus:  $-40^{\circ}\text{C}$  tot  $+ 85^{\circ}\text{C}$ , 200 cycli
- Vocht- en warmte duurtest:  $85^{\circ}\text{C}$  - 85% gedurende 1000 uren
- Vocht-koude cycli:  $85^{\circ}\text{C}$  - 85% naar  $-40^{\circ}\text{C}$ , 10 cycli
- Mechanische belasting:  $+ 2.400\text{ Pa}$  naar  $-2.400\text{ Pa}$
- Weerstand tegen hagelinslag: diameter 25 mm, snelheid 23m/s
- Weerstand tegen UV
- Hotspot duurtest
- Zoutneveltest



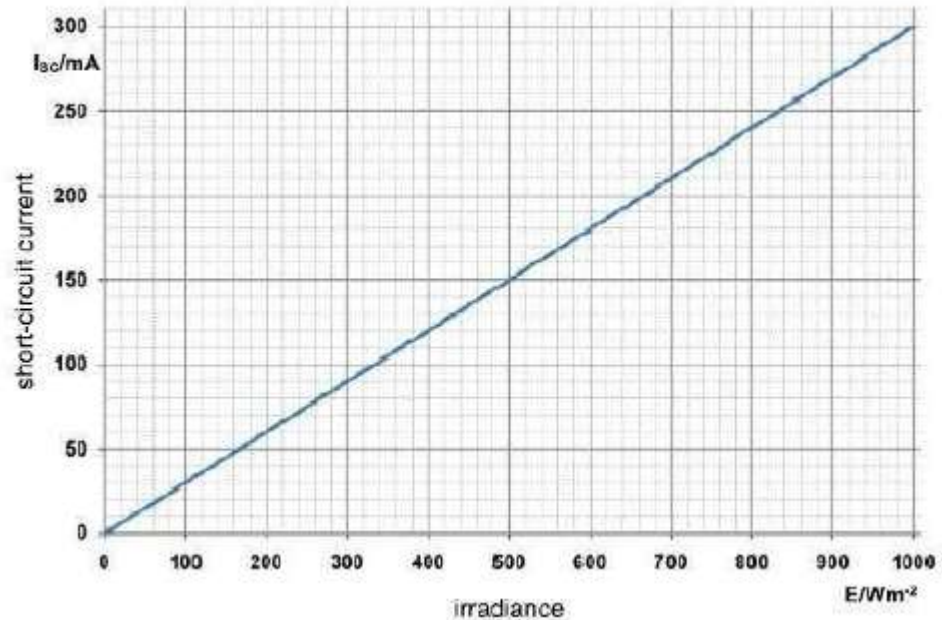
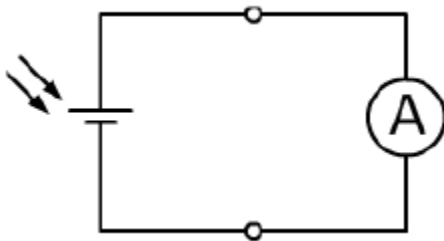
# Openklemspanning $V_{oc}$

- Hoogste spanning die een paneel kan geven
- Onbelast gemeten
- Belangrijk voor de omvormer!



# Kortsluitstroom

- Panelen zijn kortsluitvast
- Let op voor vlambogen!!



# Een volledig PV-systeem

- De fotovoltaïsche modules, de totale oppervlakte wordt ook fotovoltaïsch veld genoemd
- Draagstructuur of bevestigingstechniek
- Elektrische componenten
- Laadregelaars of omvormers
- Batterijen of andere opslag
- Bekabeling, koppelingskast, beveiliging



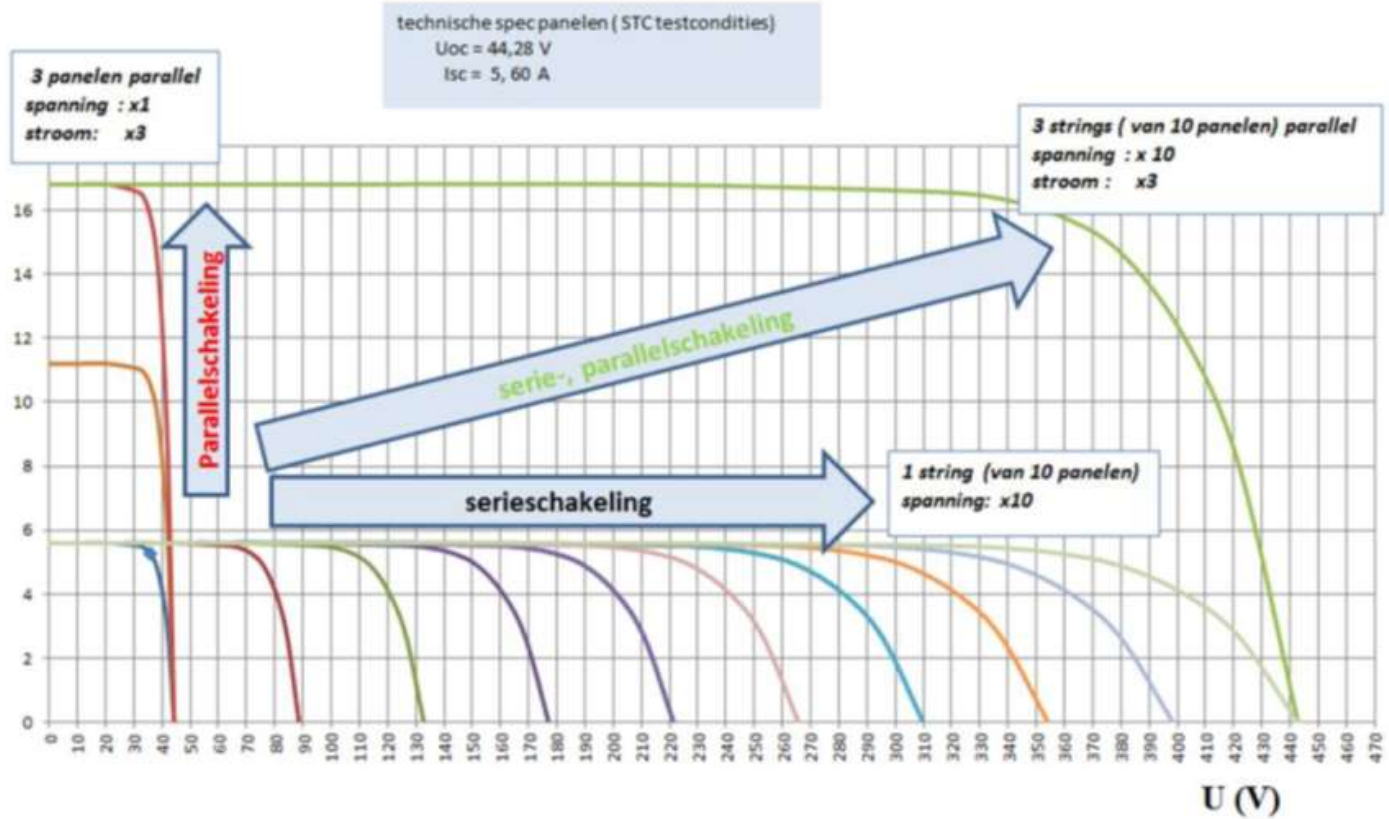
# Serie of parallel

- Teken de grafiek van 2 modules in serie
- Idem in parallel
  
- 2 modules in serie, 1 module beschaduwd

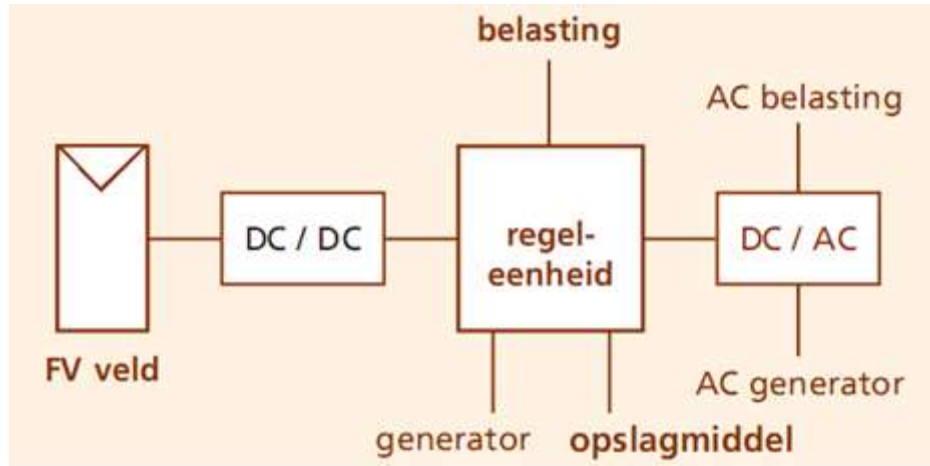


# Serie of parallel van modules

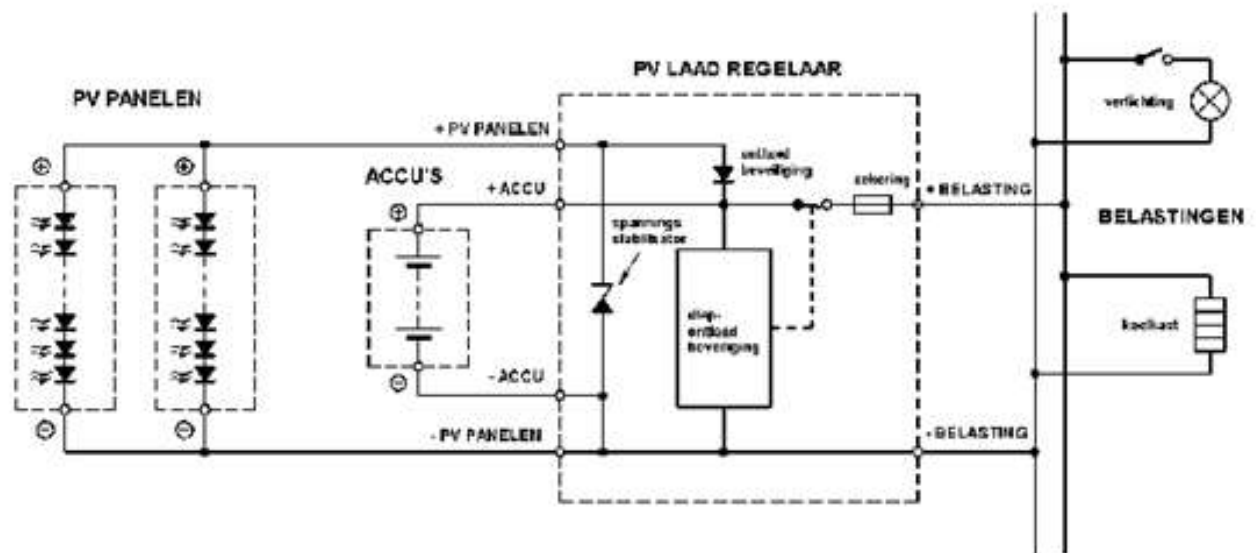
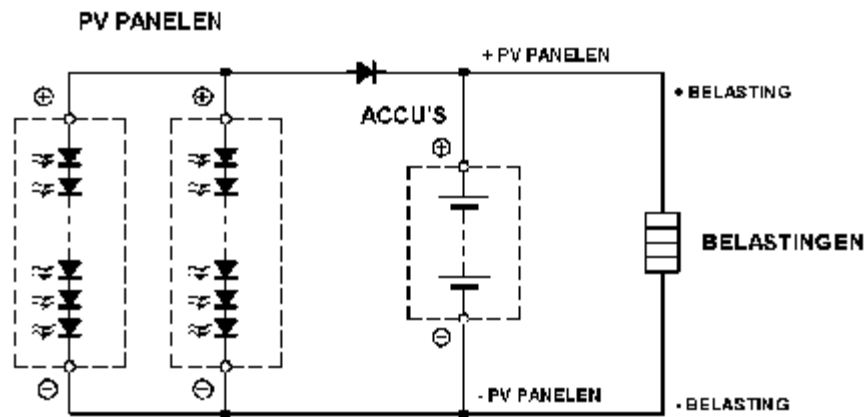
I (A)



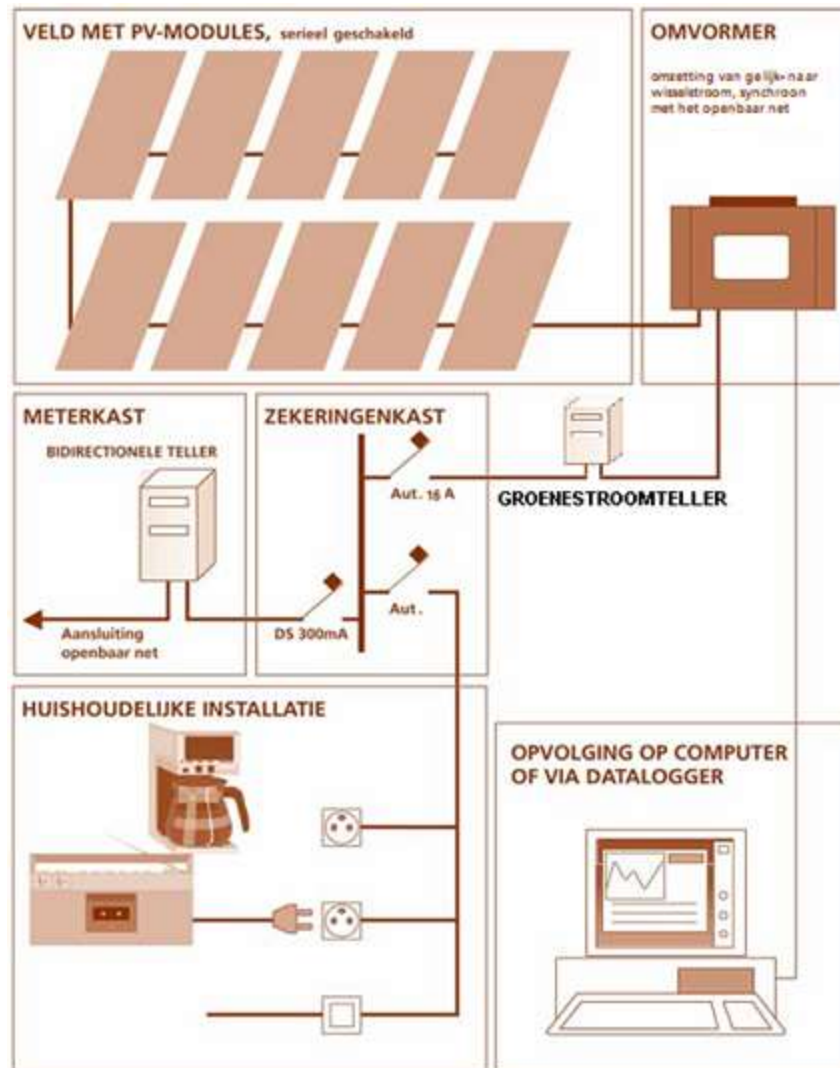
# Autonome systemen



# Stelsel met batterijen

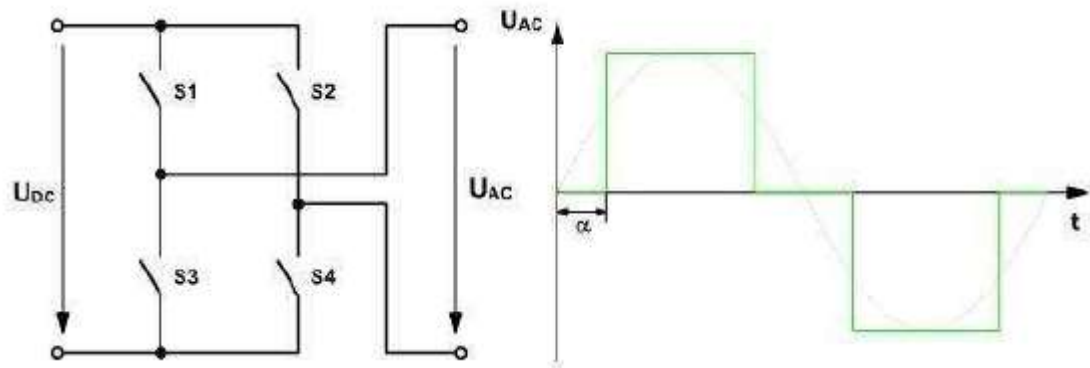
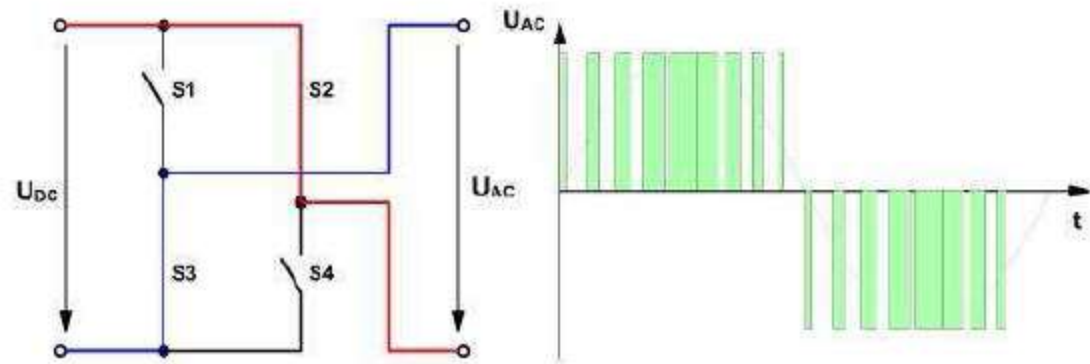


# Netgekoppeld systeem



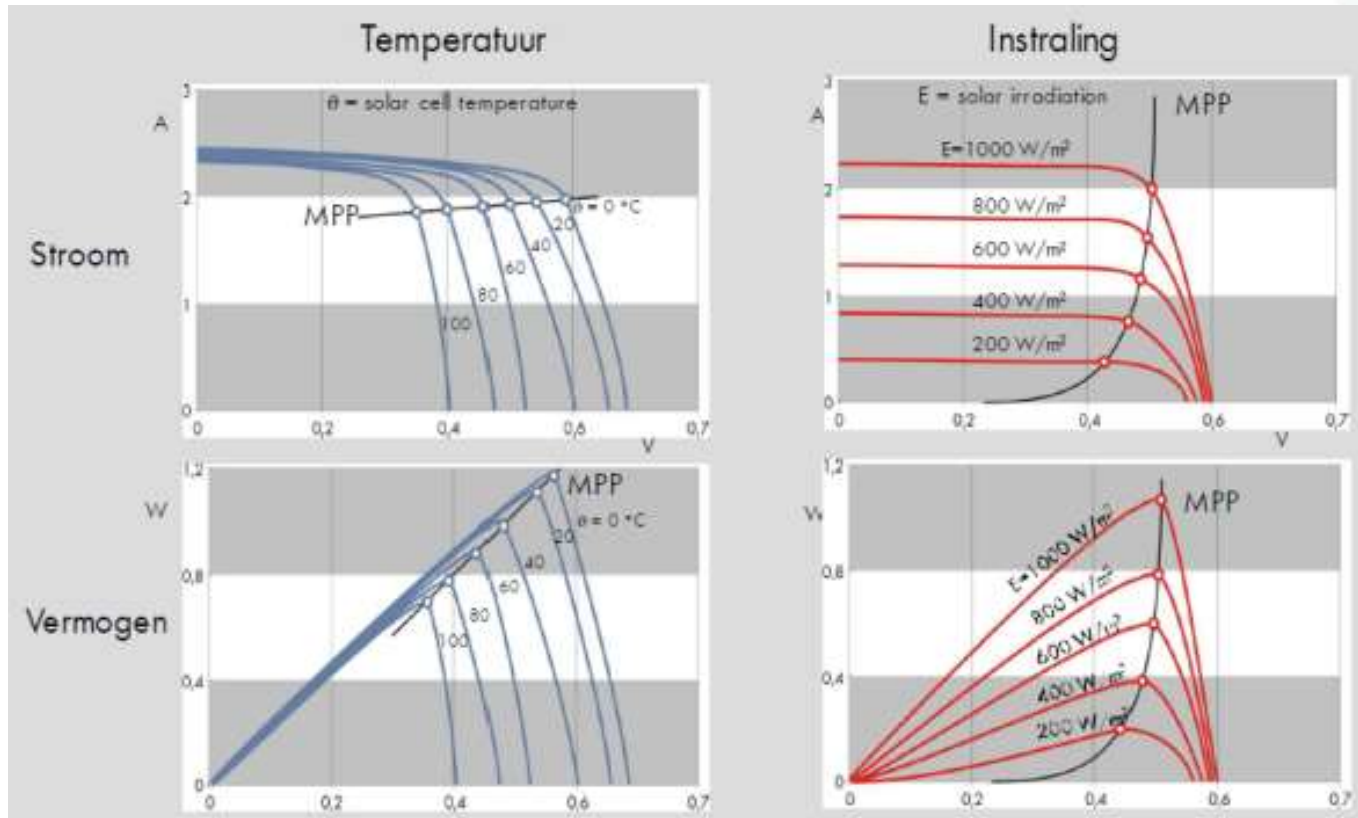
# De inverter

- Gelijkspanning naar wisselspanning brengen, 2 principes:



# De inverter

- *Maximaal vermogen punt (MVP) of MPP*



# Bijkomende taken inverter

- Automatisch opstarten zodra er voldoende licht is en afsluiten 's nachts.
- Voeding van de regelapparatuur vanuit de gelijkstroomzijde
- Veiligheidsfuncties



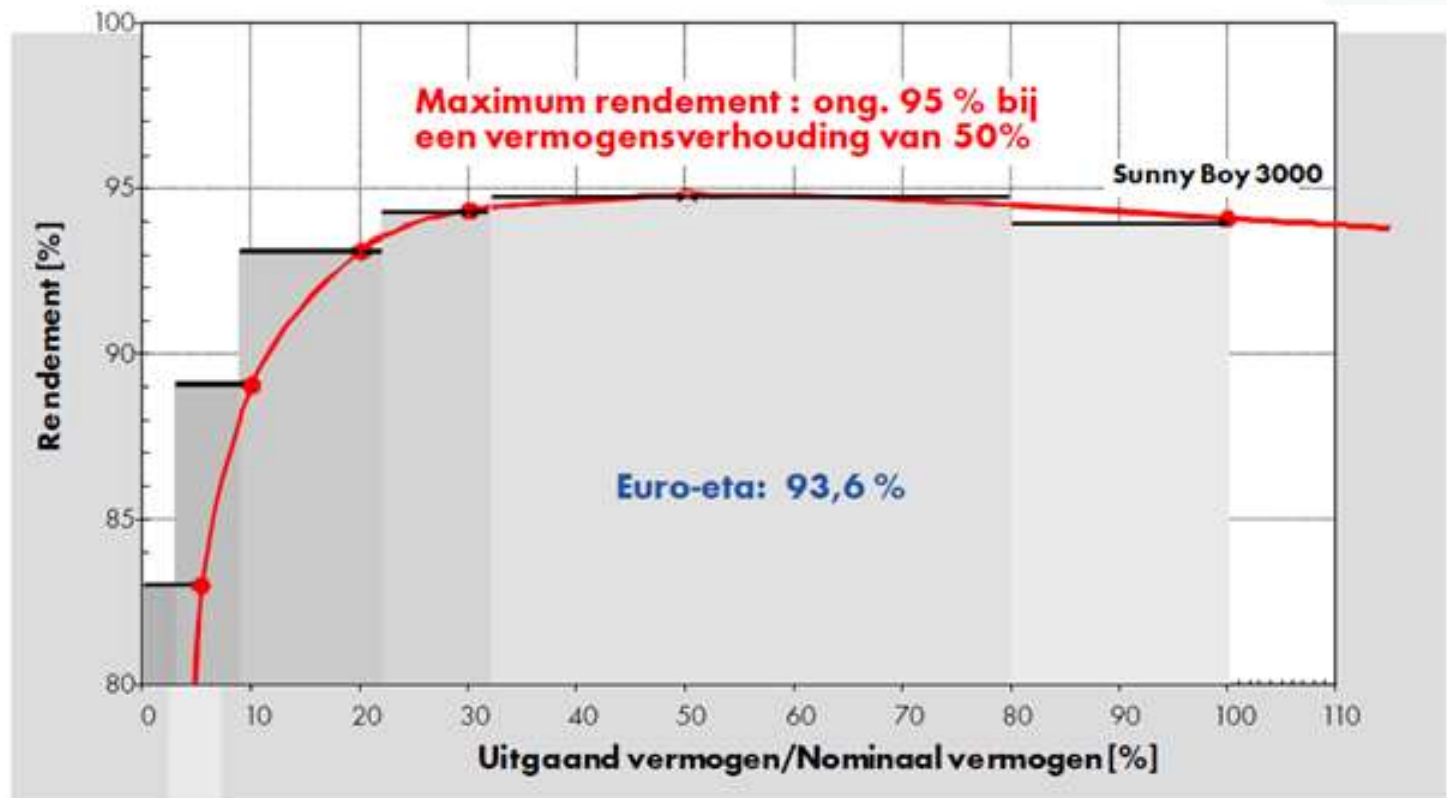
- Het rendement van een omvormer kan als volgt berekend worden:

$$\eta = \frac{\text{Uitgaand vermogen}}{\text{Ingaand vermogen}} = \frac{P_{AC}}{P_{DC}}$$

- Dit rendement is afhankelijk van de belasting. Daarom wordt gebruik gemaakt van het gewogen Europese rendement. Dit rendement houdt rekening met de performance van omvormer onder verschillende last. Op die manier wordt het mogelijk verschillende omvormers met elkaar te vergelijken. Het rendement is als volgt gedefinieerd:

- $$\eta_{\text{euro}} = 0.03 \times \eta_{5\%P_n} + 0.06 \times \eta_{10\%P_n} + 0.13 \times \eta_{20\%P_n} + 0.1 \times \eta_{30\%P_n} + 0.48 \times \eta_{50\%P_n} + 0.2 \times \eta_{100\%P_n}$$





- **Netkwaliteit:**

- **uitschakelparameters van de omvormer correct?** De omvormer moet automatisch worden afgeschakeld als de spanning 264,5V bereikt, of als de gemiddelde spanning over 10 minuten meer is dan 253V. Sommige omvormers zijn echter ingesteld op striktere waarden en schakelen dus sneller uit.

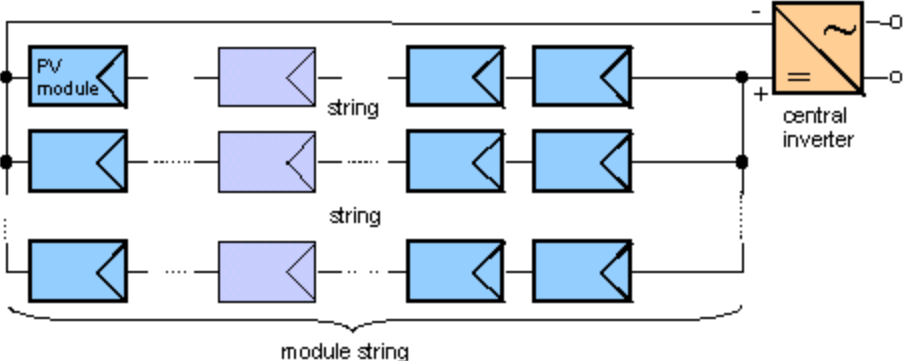
## Aansluitvermogen:

- 5 kVA voor een eenfasige omvormer, aangesloten op een eenfasige of op een driefasige aansluiting
- 10 kVA voor een driefasige omvormer, aangesloten op een driefasige aansluiting

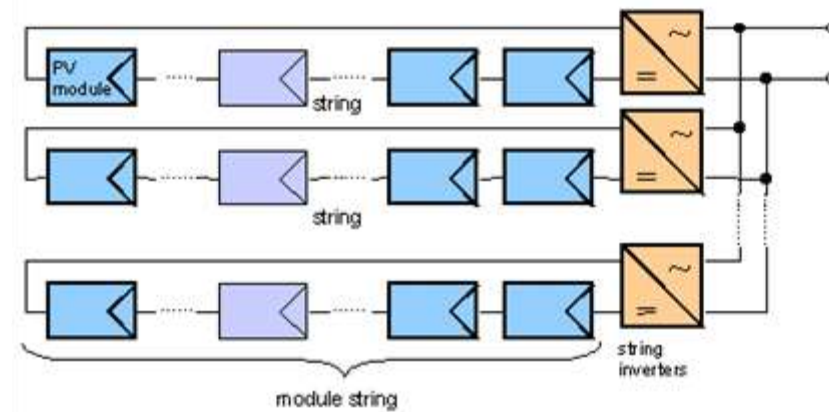
- [WWW.vreg.be](http://WWW.vreg.be)



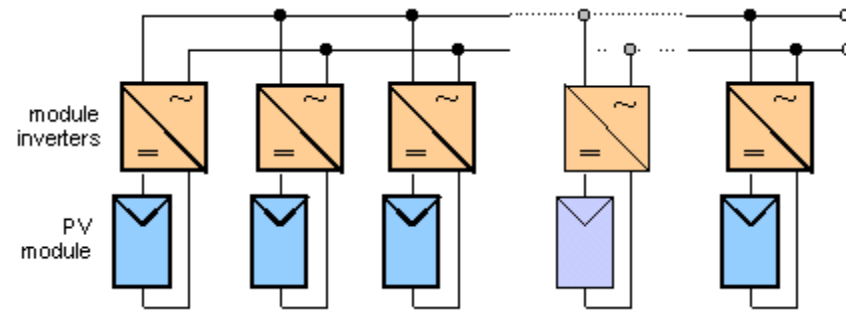
# Centrale inverter



# Serie inverter



# Module inverter



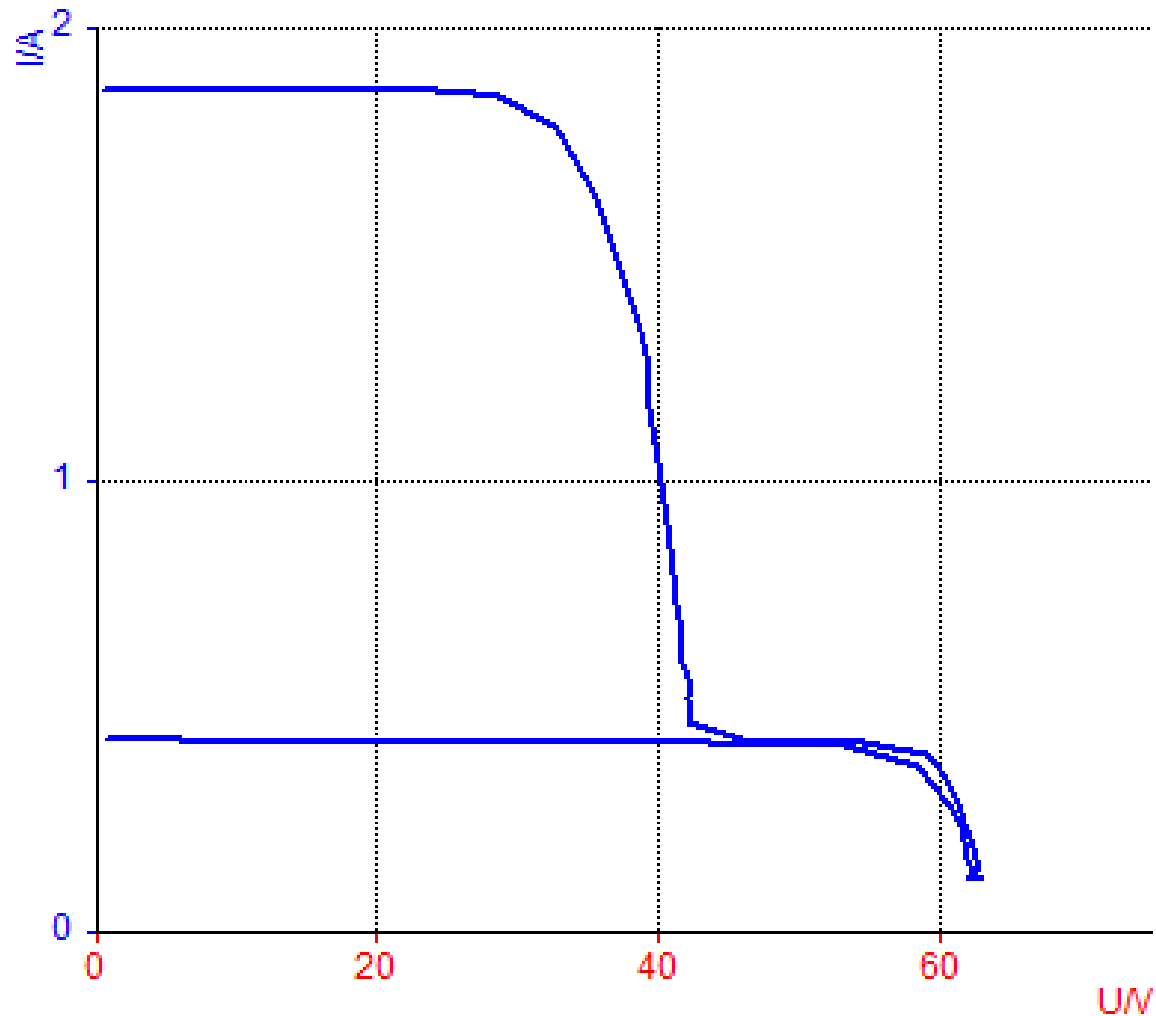
# Kenmerken

- <http://www.sunnydesignweb.com/sdweb/SunnyDesign/Home>

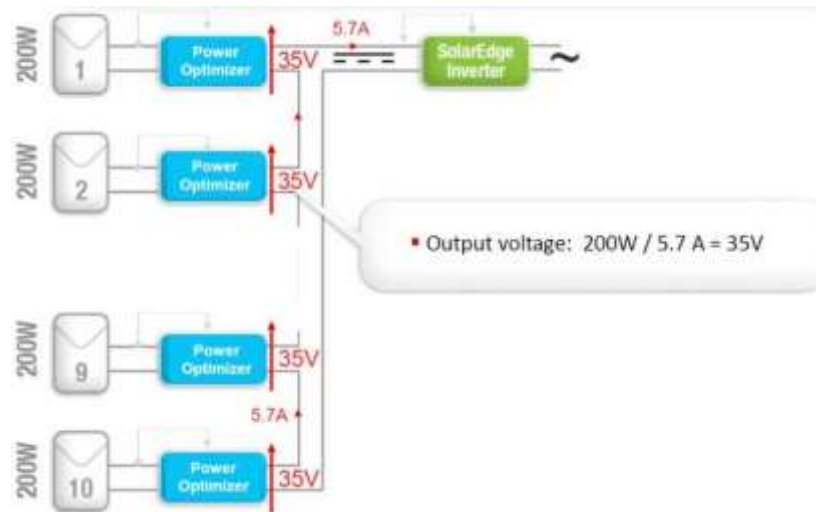
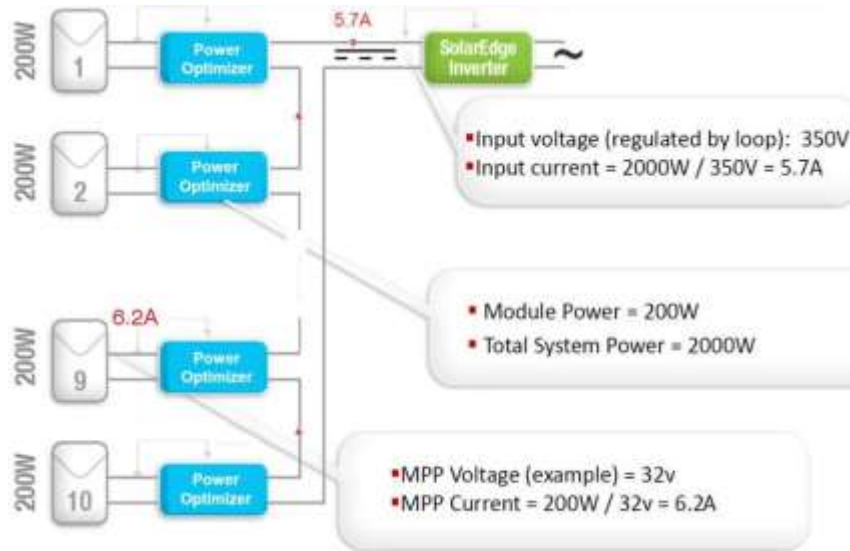
	SB 2500
<b>Input (DC)</b>	
Max. DC input power	2700 W
Max. DC voltage	600 V
PV voltage range, MPPT	224 V - 480 V
Max. input current	12 A
Number of MPP trackers	1
Max. number of strings (parallel)	3
<b>Output (AC)</b>	
Nominal AC output power	2300 W
Max. AC output power	2500 W
Max. output current	12.5 A
Nominal AC voltage / range	220 V - 240 V / 180 V - 260 V
AC grid frequency (self-adjusting) / range	50 Hz / 60 Hz / $\pm 4.5$ Hz
Power factor (cos $\varphi$ )	1
AC connection	single-phase
<b>Efficiency</b>	
Max. efficiency	94.1 %
Euro ETA	93.2 %
<b>General data</b>	
Dimensions (W / H / D) in mm	434 / 295 / 214
Weight	28 kg
Operating temperature range	-25 °C to +60 °C
Operating consumption: Operating (standby) / night	< 7 W / 0.25 W
Topology	low frequency transformer
Cooling concept	convection
Mounting location: indoor / outdoor (IP65)	● / ●



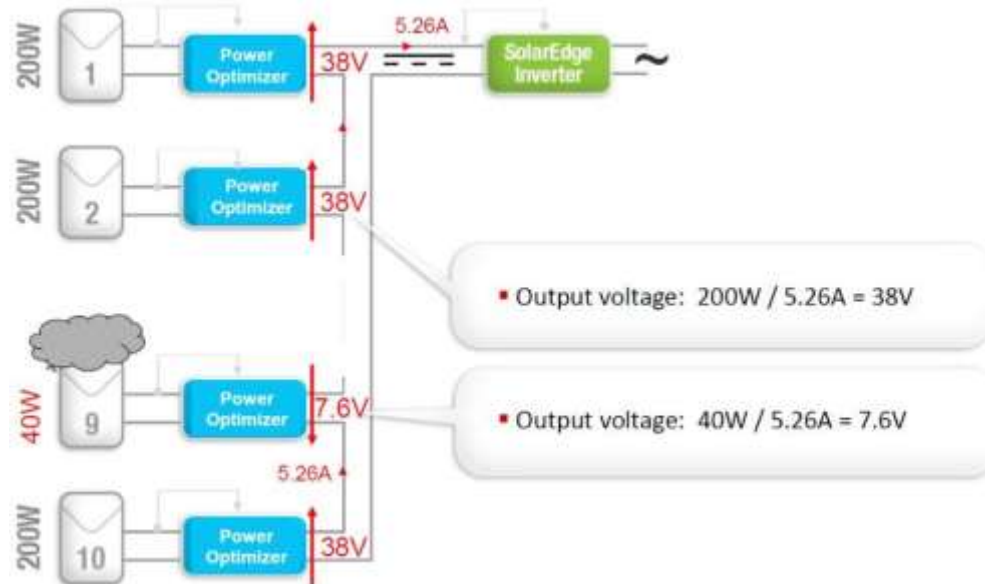
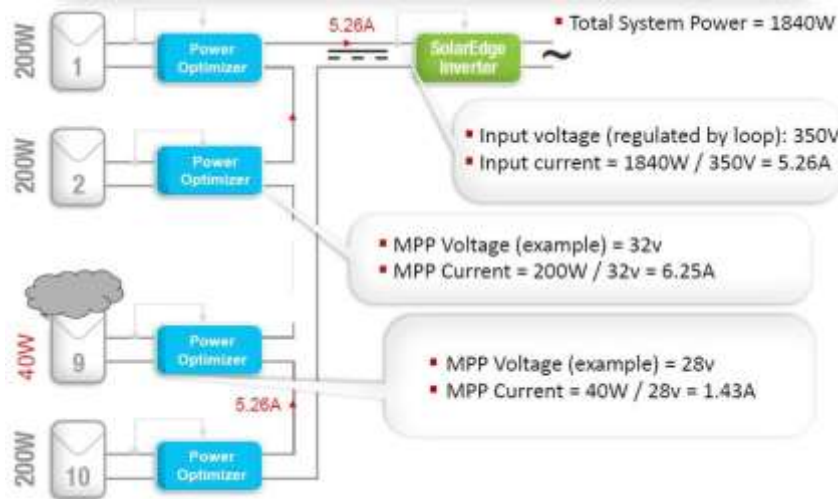
# Impact van de Bypass-diodes



# MPP-tracking per module



# Invloed optimizers bij schaduw



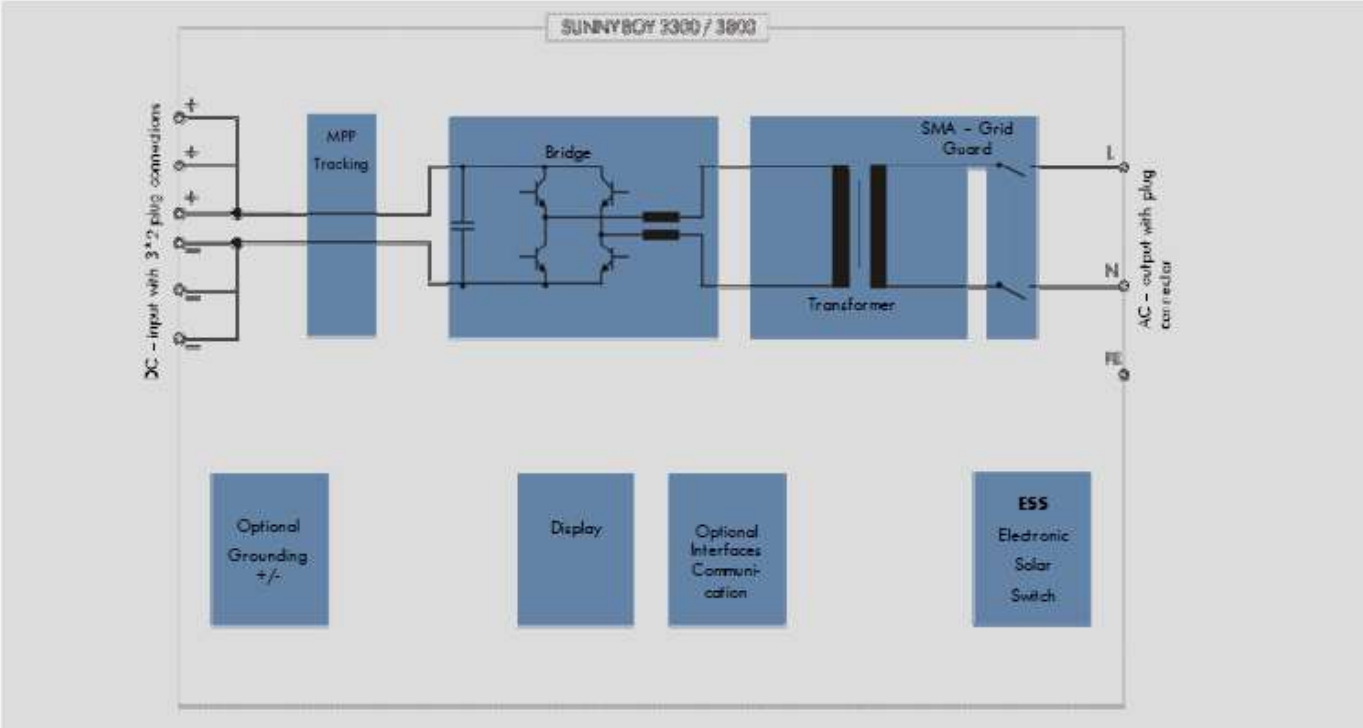
# Beveiliging

- Licht = spanning.
- $I_{sc} = I_{werking}$ .
- DC schakelen: opletten vlamboog  
voorbeeld vlamboog





# Omvormers MET transformator

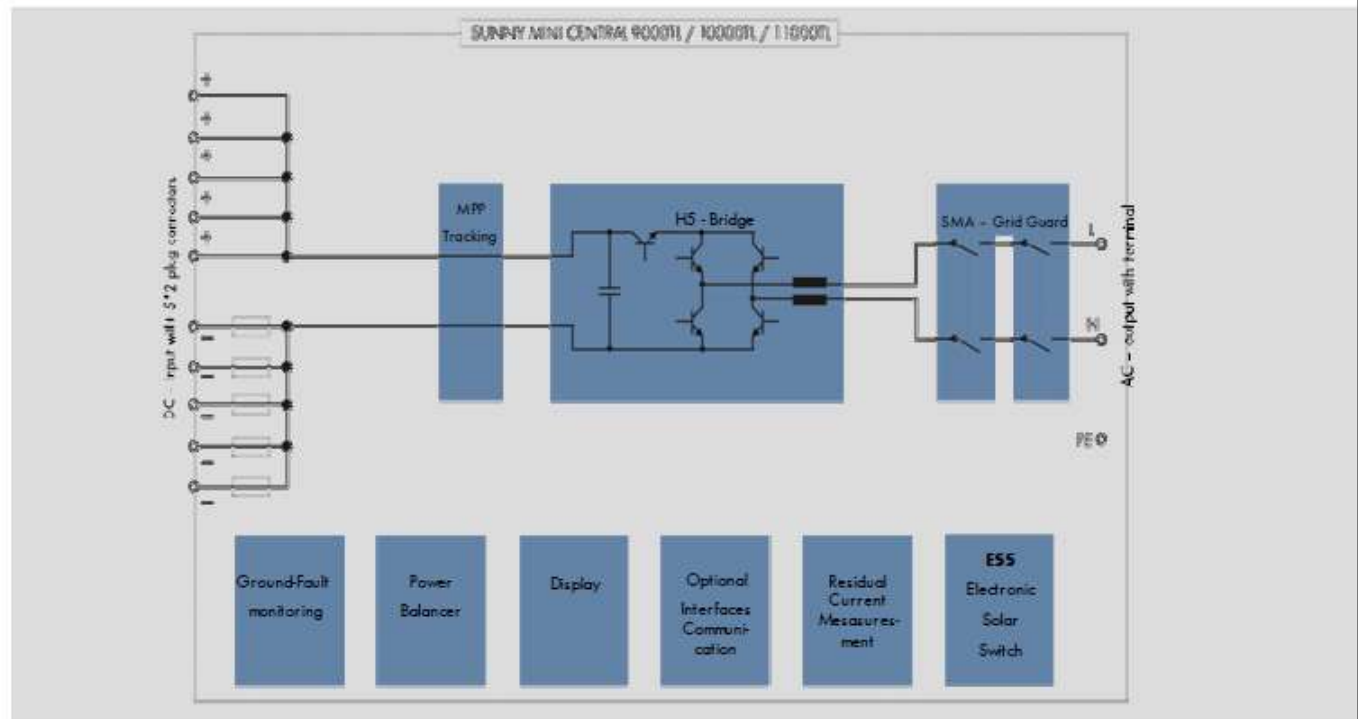


Inverter NL

SMA SOLAR ACADEMY



## Omvormers ZONDER transformator (TL)

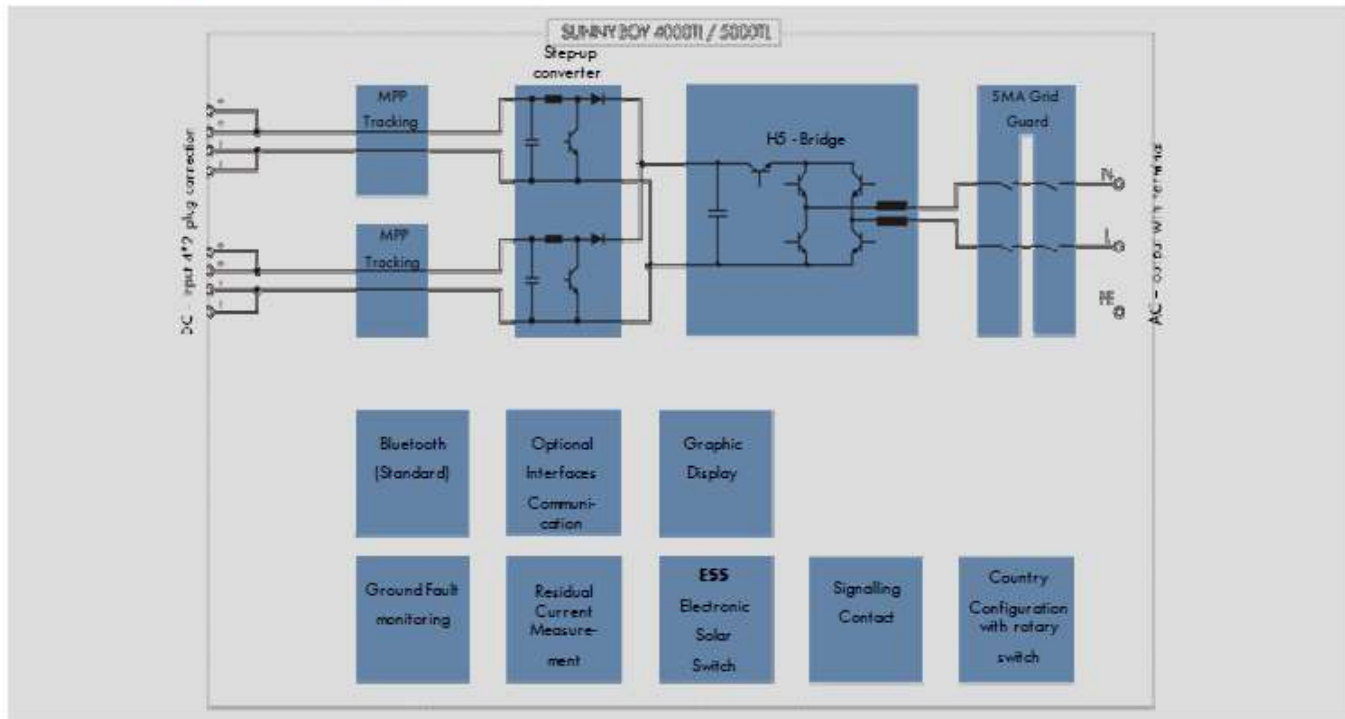


Inverter NL

SMA SOLAR ACADEMY



# Multi-String Technologie



Inverter NL

SMA SOLAR ACADEMY





## Geïntegreerde beveiligingstechnologie

- > Electronic Solar Switch ESS
  - > Zonder verliezen
  - > Geen extra installatiewerk
  - > Geen extra kosten
  - > Voldoet aan Duitse normen



Inverter NL

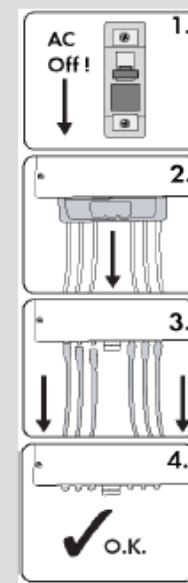
SMA SOLAR ACADEMY  
THE SOLAR EXPERTS





## Electronic Solar Switch (ESS)

- > Is een afschakeling van PV generator
- > Voorkomt vonkboog
- > Afschakelingsprocedure:
  - > Stap 1: Afschakelen AC zijde
  - > Stap 2: Trek de ESS naar beneden
  - > Dit onderbreekt het circuit aan de DC zijde
  - > Stap 3: Trek de DC connectoren los
  - > Geen vonkboog
- ✓ De PV generator is nu veilig afgeschakeld



Inverter NL

SMA SOLAR ACADEMY



ARTESIS PLANTIJN  
HOGESCHOOL ANTWERPEN



## Overspanning DC zijde

Als  $V_{DC} >$  max toegestane waarde dan kunnen condensatoren ontploffen! Gevolg:  
Garantie ongeldig en omvormer onherstelbaar kapot!

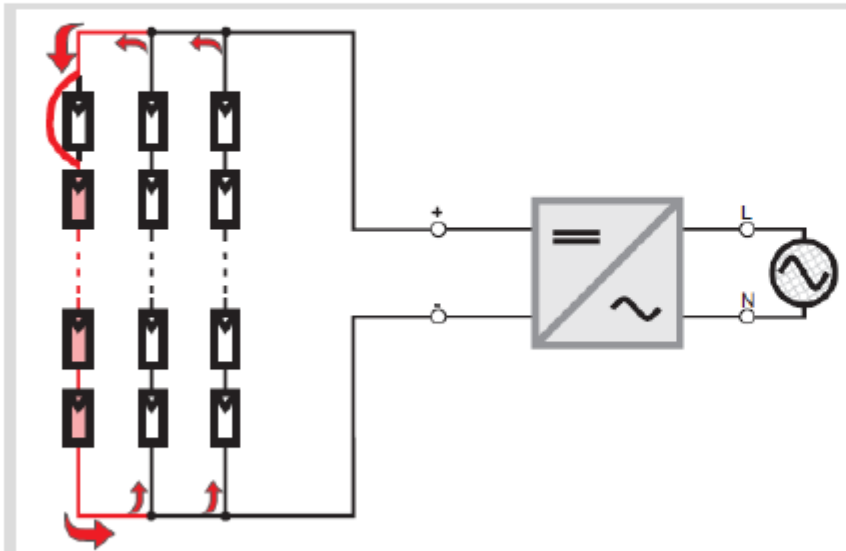


Inverter NL

SMA SOLAR | ACADEMY  
For the smart



## Terugkeerstromen

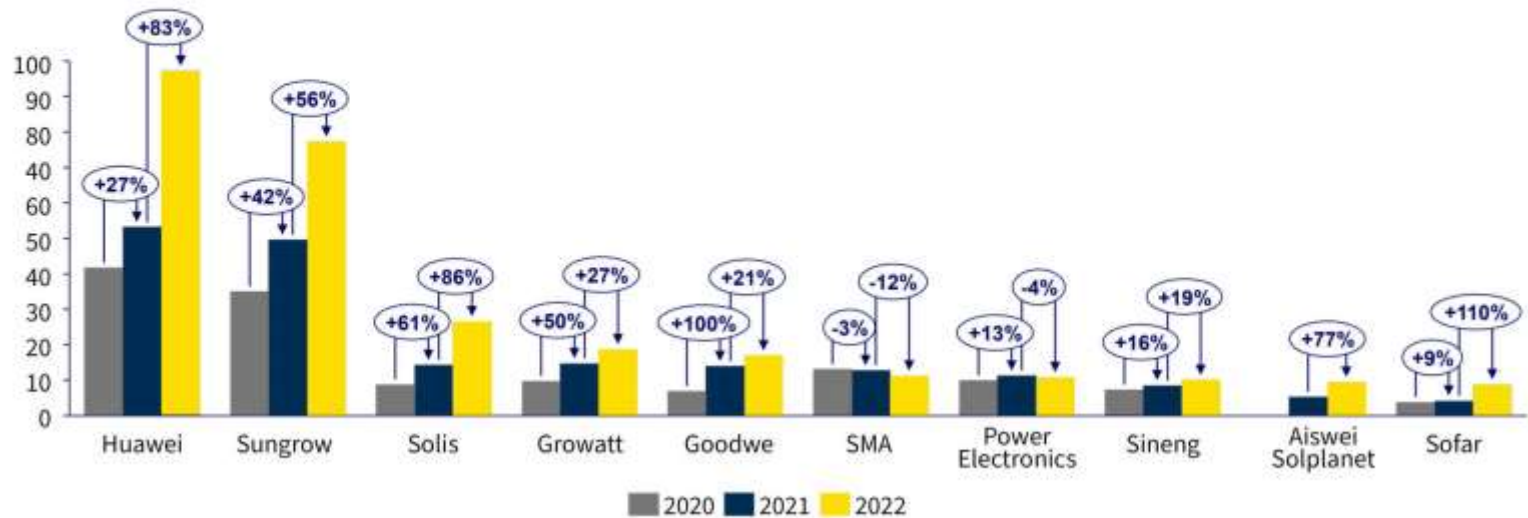


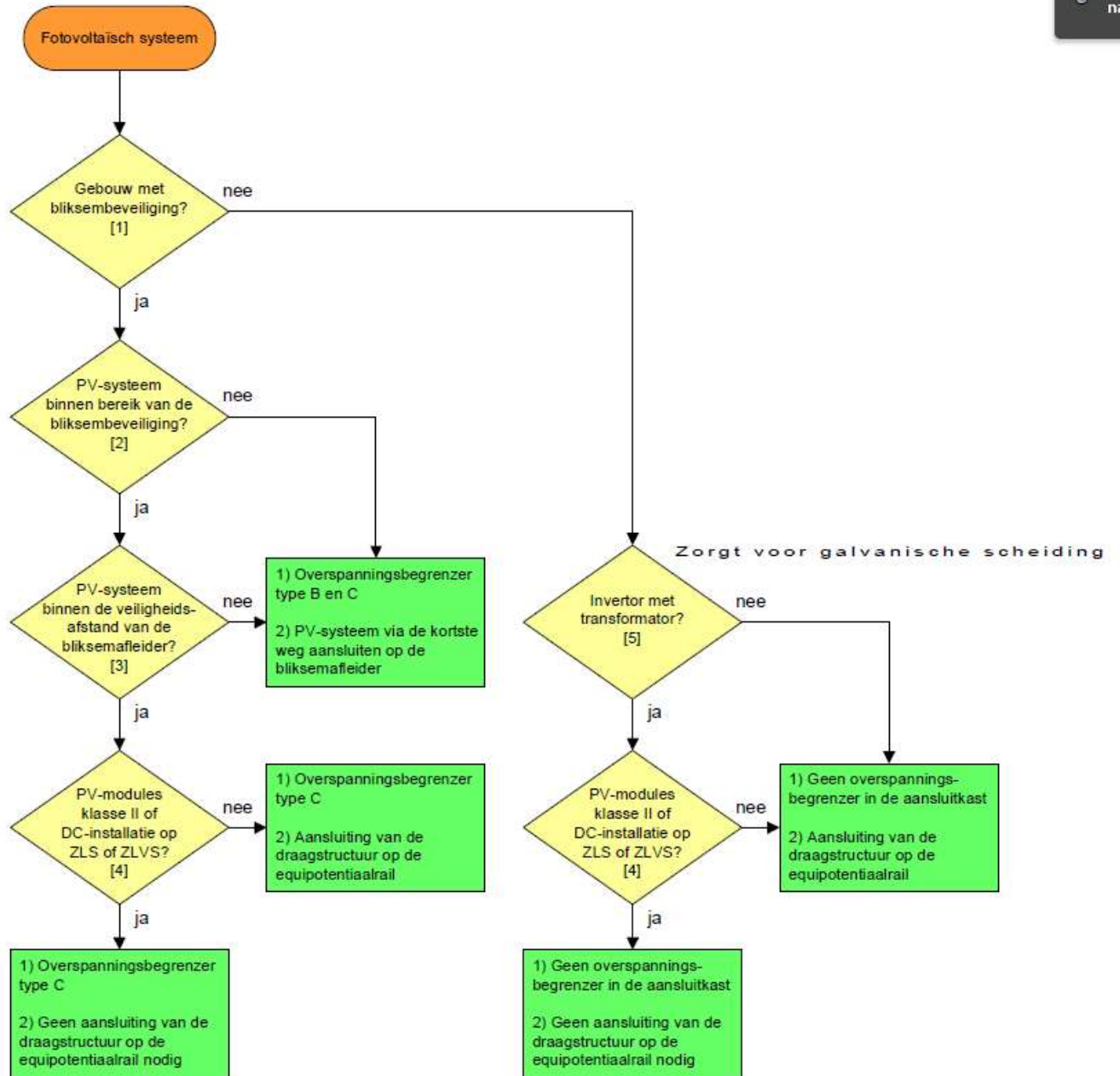
Een defect in een string kan ertoe leiden dat de gezamenlijke stroom van andere strings in tegengestelde richting door de defecte string gaat vloeien: Risico op verdere beschadiging en oververhitting

# Grote omvormermerken

## Top 10 leveringen en procentuele groei 2020-2022

(in gigawatt omvormervermogen en in procenten)





# WETGEVING installatie

- Zie document infrax
  - [reglement voor aansluiting van fotovoltaïsche cellen infrax.pdf](#)

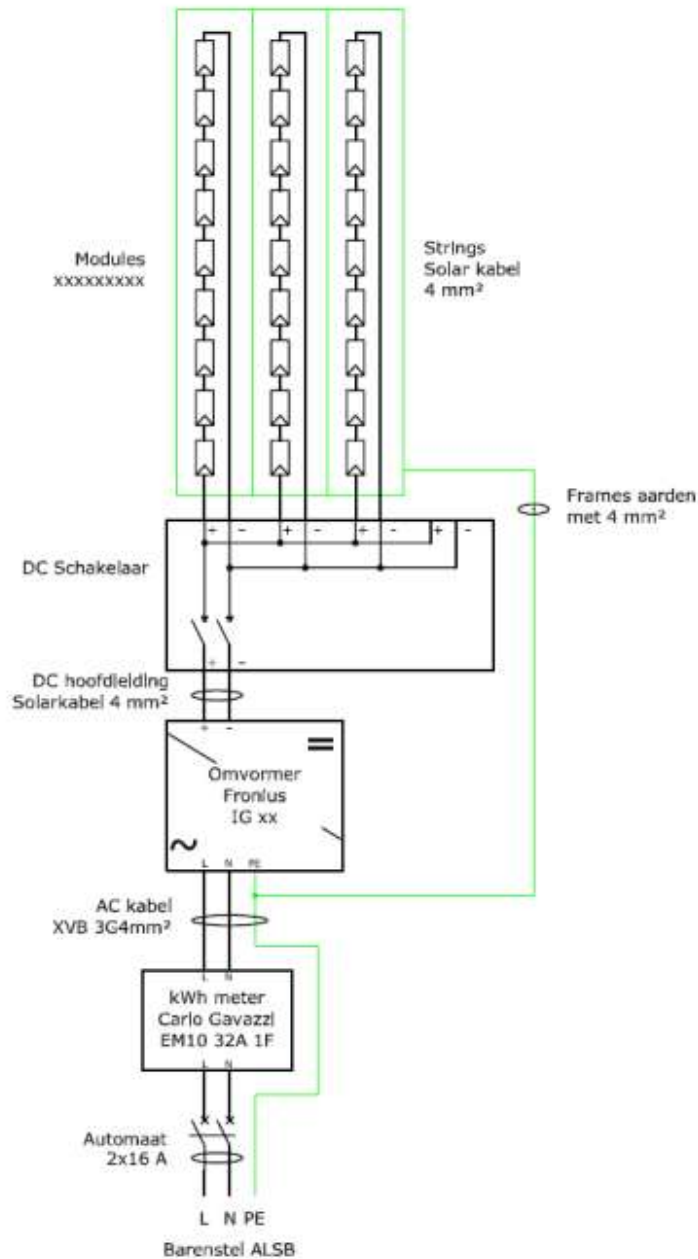


# Installatie PV

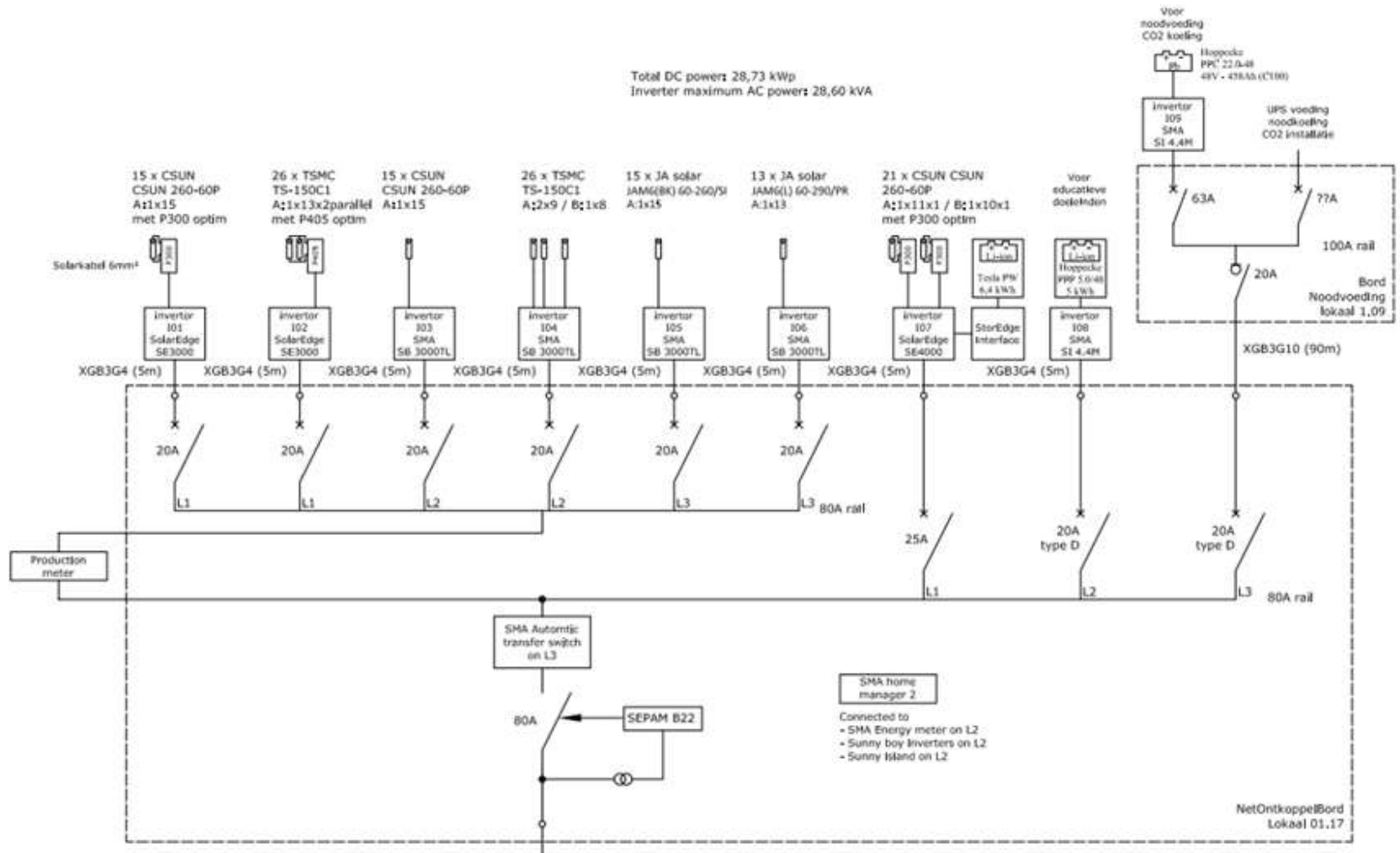
- Alle strings moeten genummerd worden tenzij er maar één omvormer en één string is. vb. A1S1+, A1S3-
- Verschillende tools in de handel verkrijgbaar
- Alle omvormers moeten genummerd worden
- Alle zekeringen moeten genummerd worden
- De hoofdzekering moet gelabeld worden met PV



Array 1  
X string(s) van  
X modules



Total DC power: 28,73 kWp  
 Inverter maximum AC power: 28,60 kVA



# Data-logging: belangrijk!

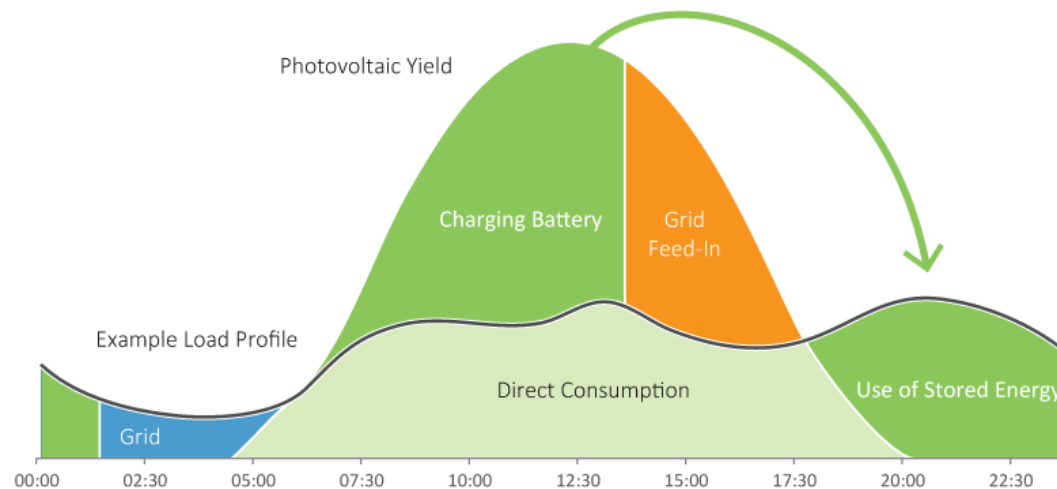
- Voorbeeld opvolging PV
  - SMA portaal
  - Solaredge Portaal

Overzicht			
Energie vandaag	Energie maand	Totale energie	Totale inkomen
<b>8,36 kWh</b>	<b>165,06 kWh</b>	<b>11,34 MWh</b>	<b>€659,82</b>



# E-opslag

- Voordelen:
  - eigen aandeel verhogen
  - Net ontlasten



# Batterijen

- Loodzuur batterijen:
  - Vergelijkbaar met de batterij in onze auto's
  - Relatief goedkoop, veel gebruikt
  - Diepontladen is niet goed! (tot 50% van hun capaciteit is OK) - DOD
  - Enkele honderden tot 2000 laadcycli



# Batterijen

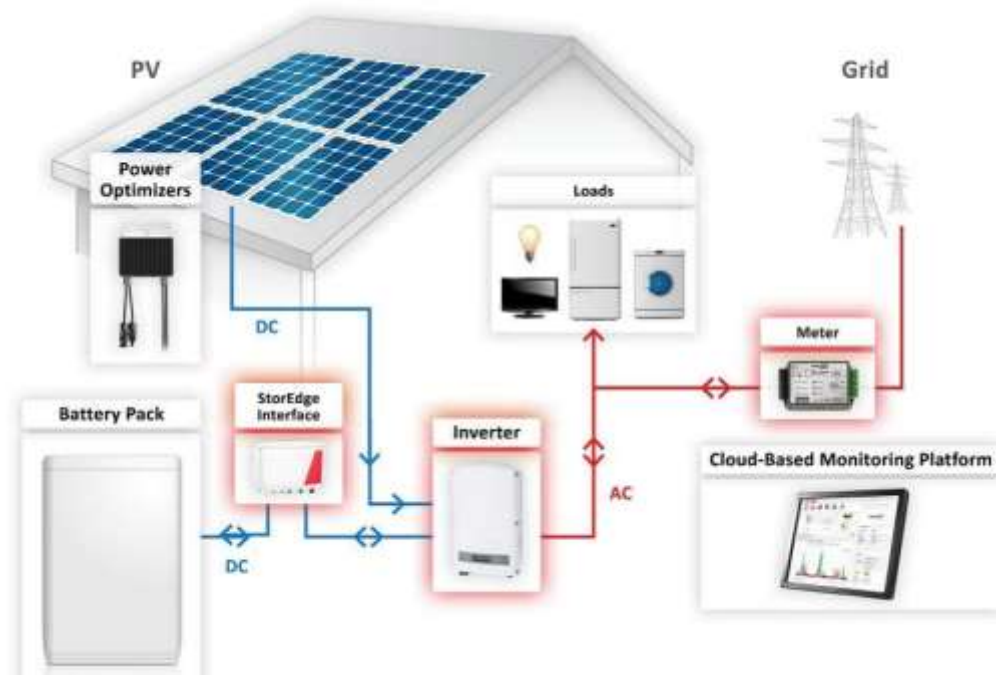
- Lithium-ion batterij:
  - Gekend van E-voertuigen, gsm, laptop
  - Hoge energiedichtheid: klein en licht
  - Enkele malen duurder dan loodzuurbatterij
  - Tot 80% ontlaadbaar
  - 5000 laadcycli en meer
  - Hoog rendement
  - Hebben een batterijmanagement systeem nodig (anders gevaar voor ontbranding)



# Batterijen: zoutwater

- Veiliger
- Milieuvriendelijker
- Lage energiedichtheid
  - Zwaar
  - Veel Volume
- 100% ontlading mogelijk
- Minder geschikt piekstroom





# Tesla powerwall

## Electrical Specifications

Power, continuous & peak	3.3 kW
Energy*	6.4 kWh
DC Voltage	350V-450V
DC Current, continuous & peak	9.5 A
Insulation Coordination	Overvoltage Category III on a 277/480V system
Round Trip Efficiency (Beginning of Life)*	92.5% (for a 400V-450V DC bus)

\*Values provided for 25°C, 2kW charge/discharge power

## Environmental Specifications

Operating Temperature	-20°C to 50°C Humidity: <95% condensing
Storage Conditions:	
<24 hours	-30°C to 60°C, <95% RH
<1 month	-20°C to 45°C, <95% RH
<12 months	-20°C to 30°C, <70% RH non-condensing, SOE: 50% initial
Altitude	3000m
Impact Rating	IK09
Ingress Rating	IP35 & NEMA 3R (full Pack) IP67 (battery Pod)

## Mechanical Specifications

Dimensions	L: 1300 mm
	W: 860 mm
	D: 180 mm
Weight	95 kg



## Type overview **sun** | powerpack premium

### Capacities, dimensions and weights

	Energy content kWh	Nominal voltage V	Amount of required systems	Height H mm	ca. Width W <sup>1</sup> mm	Depth mm	ca. Weight kg
<b>sun</b>   powerpack premium 5.0/48	5.0	51.2	1	600	500	350	85
<b>sun</b>   powerpack premium 7.5/48	7.5	51.2	1	600	500	350	100
<b>sun</b>   powerpack premium 10.0/48	10.0	51.2	2	600	1300	350	170
<b>sun</b>   powerpack premium 15.0/48	15.0	51.2	2	600	1300	350	200
<b>sun</b>   powerpack premium 20.0/48	20.0	51.2	4	600	2900	350	340
<b>sun</b>   powerpack premium 30.0/48	30.0	51.2	4	600	2900	350	405

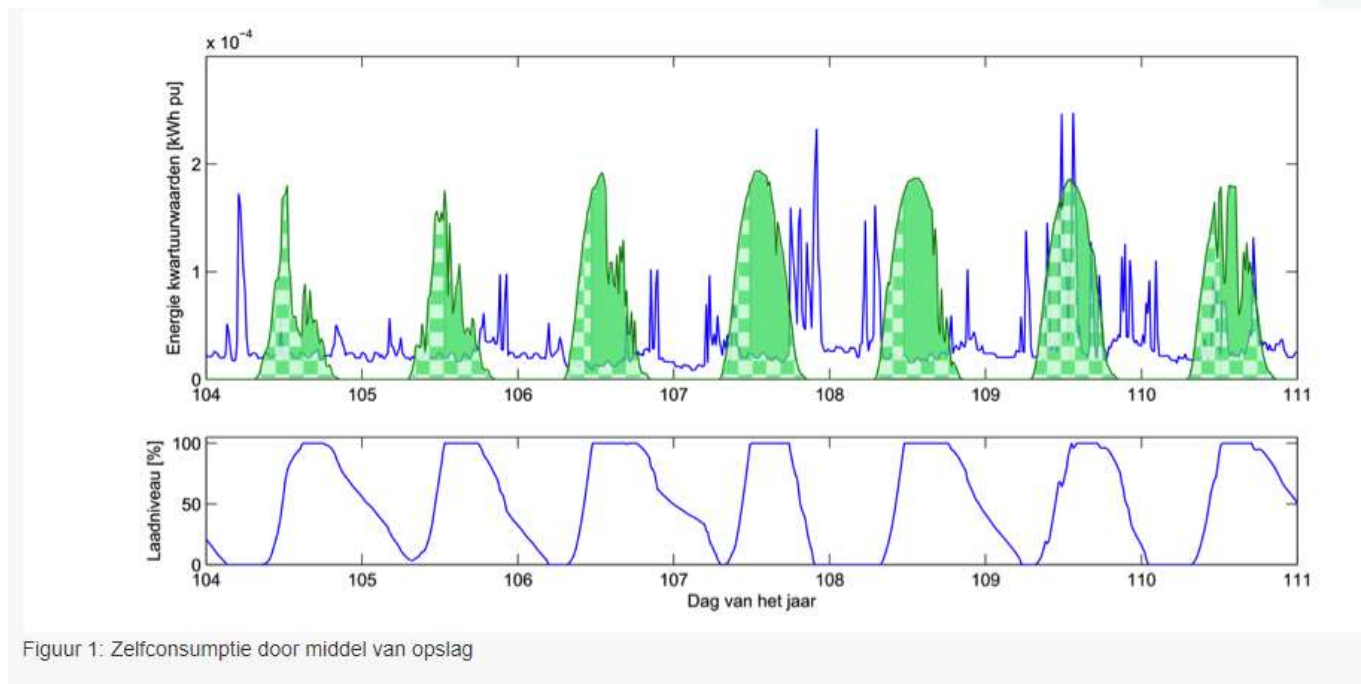
<sup>1</sup> Ca. width refers to side by side mounted multiple systems with minimum clearance.

### Technical data

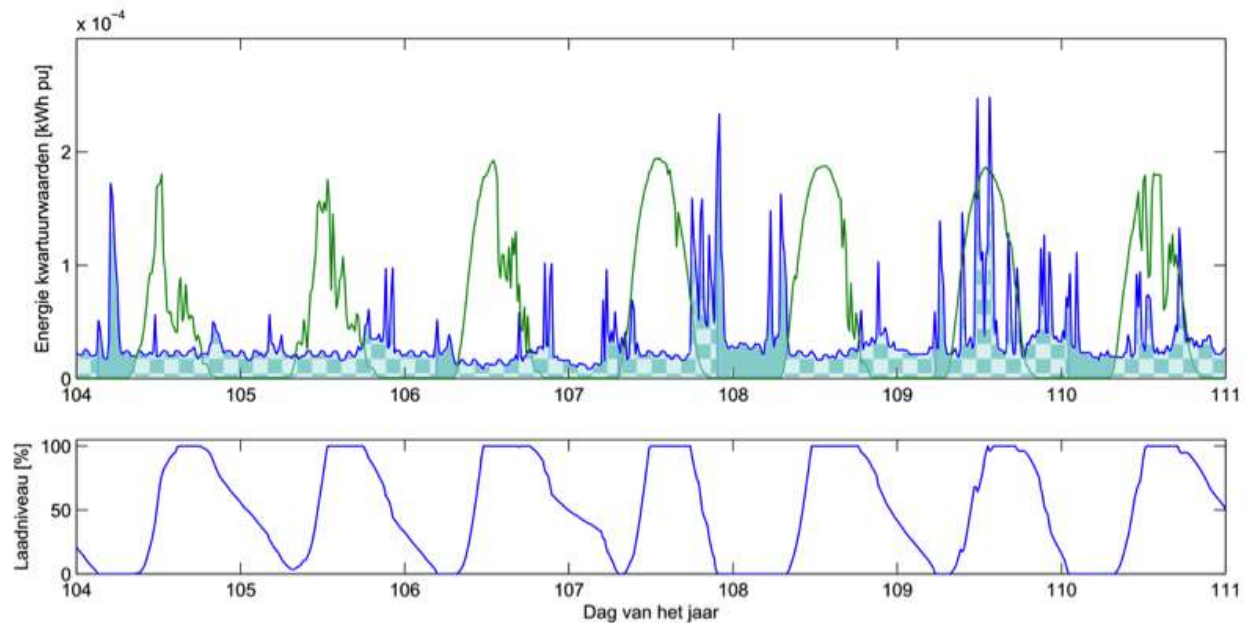
Technology:	LiFePO
Max. discharge power:	Ca. 5kW / 7.5kW (for single system with 5kWh / 7.5kWh capacity)
Number of cycles:	Max. 7000 cycles at depth of discharge up to 80%
Design life:	up to 20 years
Protection class:	IP21
Operating temperature range:	0 °C to 45 °C
Battery efficiency factor (Wh):	98% (Charge and discharge at 0.5 C)
Operating mode:	Applicable in one or three phase systems
Scope of delivery:	Per system: Two battery stacks, cabinet for wall mounting, assembly frame, integrated BMS with disconnecting function, DC-connecting line, communication line
Standards:	DIN EN 50272-2, EN 62109-2, DIN EN 62620:2011-05, IEC 61010-1, EN 61427-2, EN 61508, VDE-AR-N 4105, IUN38.3

# Dimensionering batterij

- Zelfconsumptieverhouding ( $Z_c$ ): welk % van de **produktie** verbruik je zelf?



- De zelfvoorzieningsverhouding  $Z_v$  : % van je **verbruik** dat je zelf kan dekken.



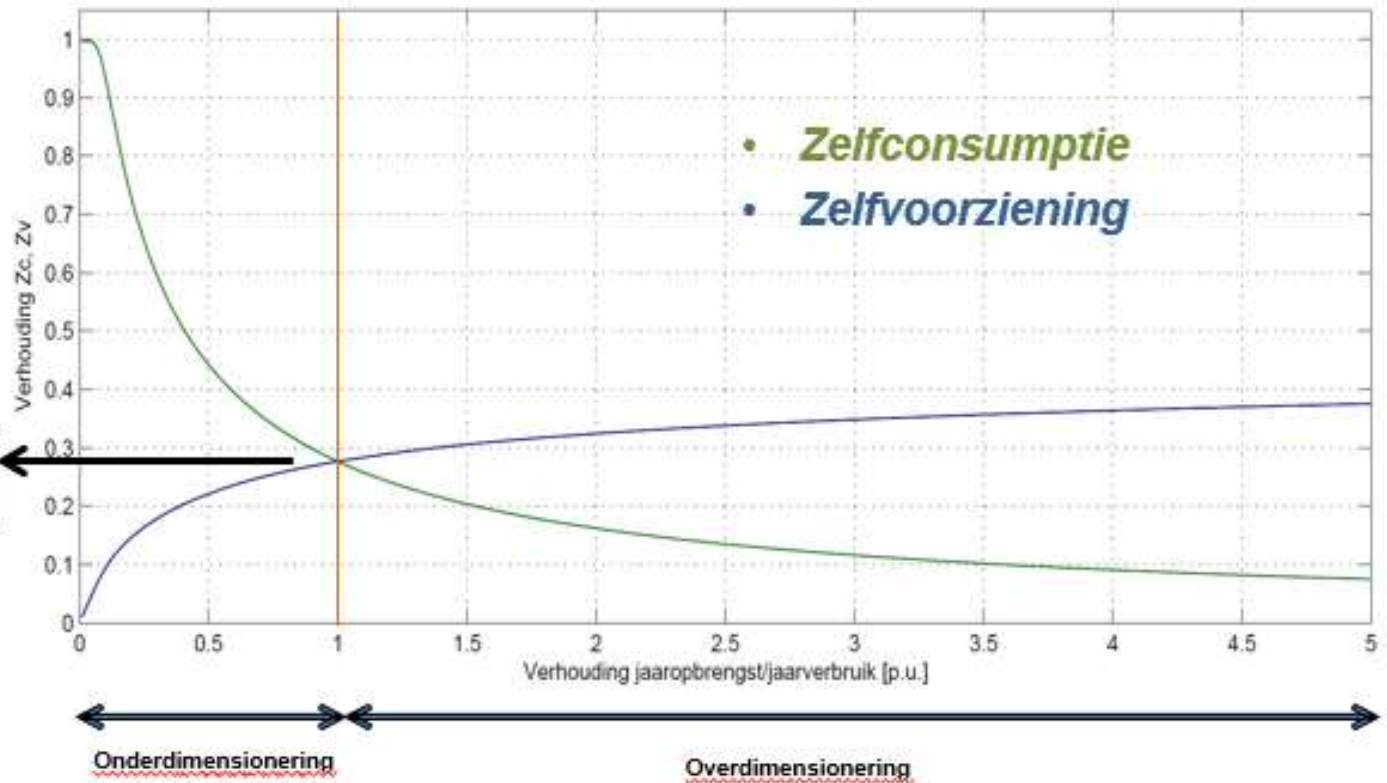
Figuur 2: Zelfvoorziening door middel van opslag.

- Een voorbeeld: stel je woning verbruikt ca. 3.600 kWh per jaar en je zonne-installatie produceert ongeveer evenveel op jaarbasis. Dan is:
- de dekking van je jaarverbruik = 100%
- je zelfconsumptie op jaarbasis = ca. 28%. Het is relatief laag, omdat de zon meestal schijnt op momenten dat je niet thuis bent en dus weinig verbruikt. En omdat je in de winter vaak meer verbruikt dan je zonnepanelen kunnen opleveren. De overige 72% injecteer je op het net, om er later ('s avonds, in de winter, ...) opnieuw af te halen.
- je zelfvoorziening in dit voorbeeld is eveneens 28%, immers je jaarverbruik en zonneproductie zijn gelijk.



- Stel je woning verbruikt 4.800 kWh per jaar, dan wordt:
- de dekking van je jaarverbruik = 75% (3600/4800)
- je zelfconsumptie = 34%, immers je produceert minder stroom dan je nodig hebt, maar je kan er verhoudingsgewijs meer direct van verbruiken
- je zelfvoorziening = 26%, want je hebt minder zonnestroom ter beschikking

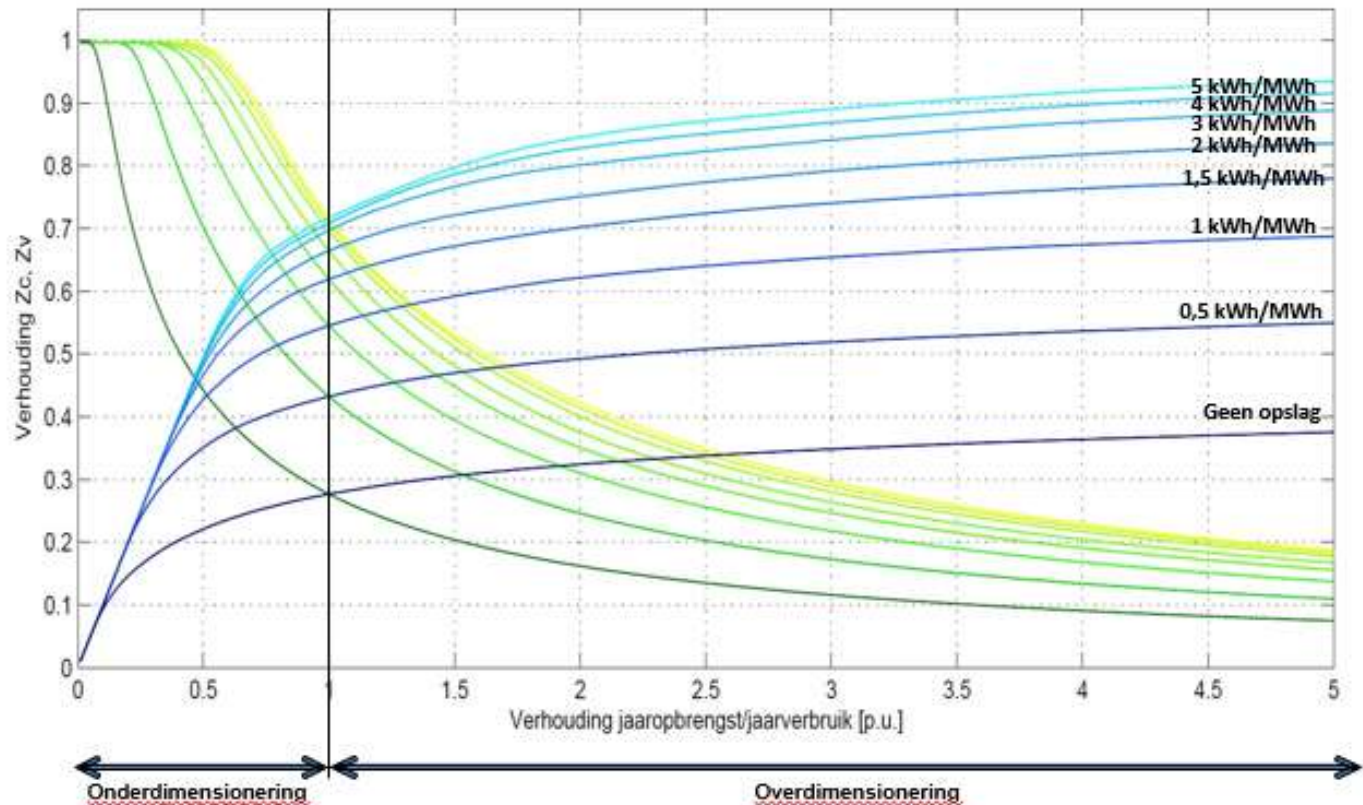




*Lemcko. Linear-studie Hombeek - Leest*



- zelfconsumptie  $Z_c$  = % van de opgewekte energie die ogenblikkelijk verbruikt wordt
- zelfvoorziening  $Z_v$  = % van de benodigde energie die ogenblikkelijk kan aangeleverd worden



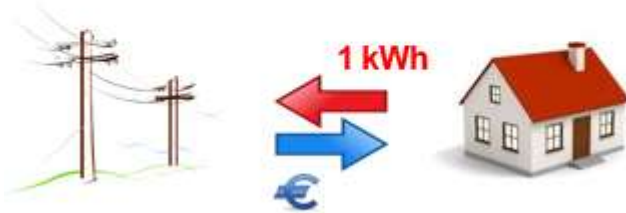
Lemcko, gebruikprofiel Hombeek - Leest



- Momenteel geen drijfveren...
- 1kWh opslag / 1MWh verbruik is een goede verhouding

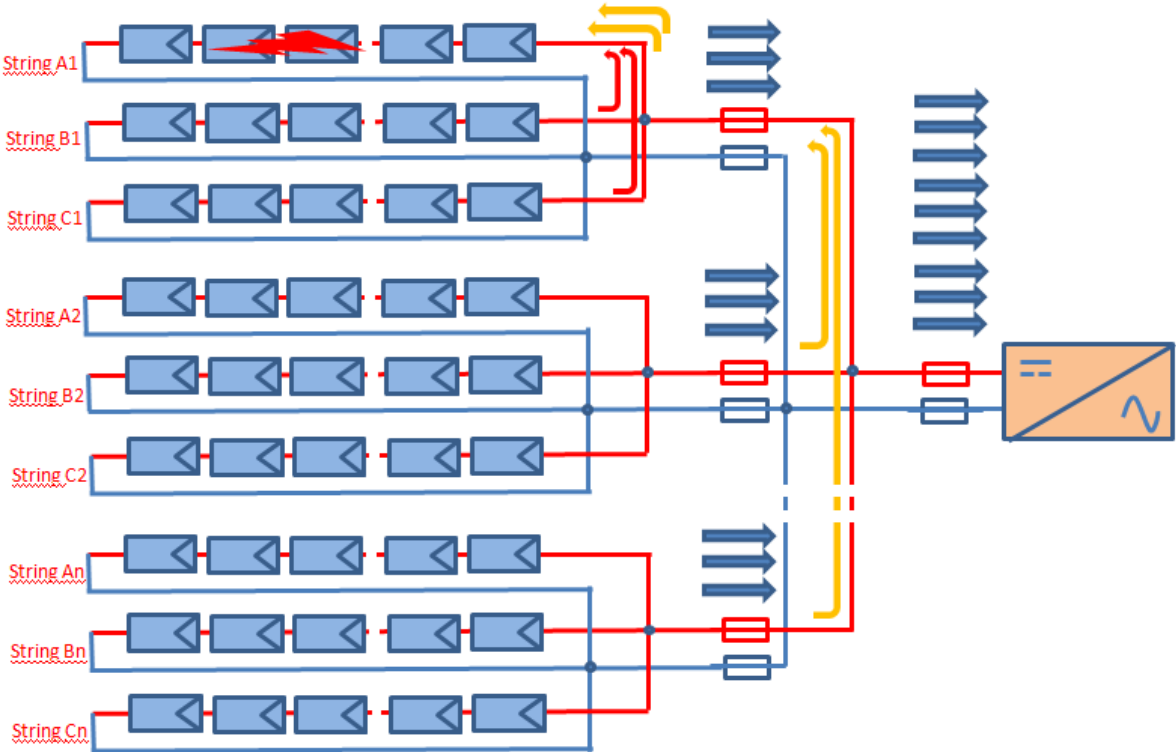
→ Uitgangspunt:

prijs geïnjecteerde kWh < kostprijs afgenomen kWh

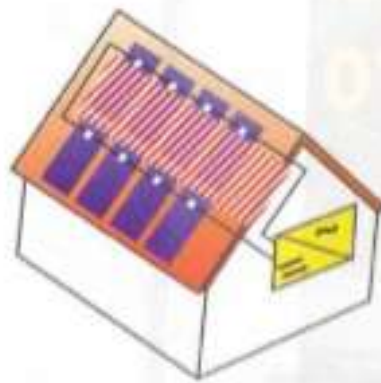




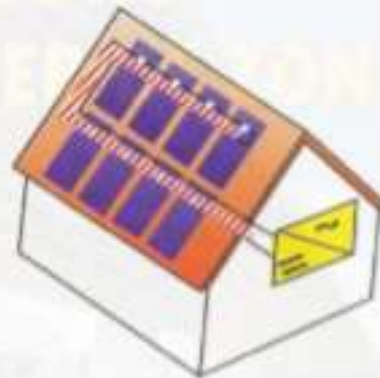
# stringzekeringen



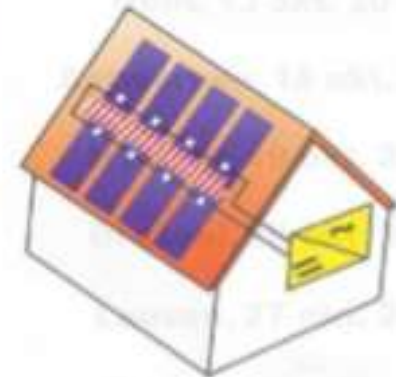
# Kabeltraject op het dak



Fout



Goed



Goed

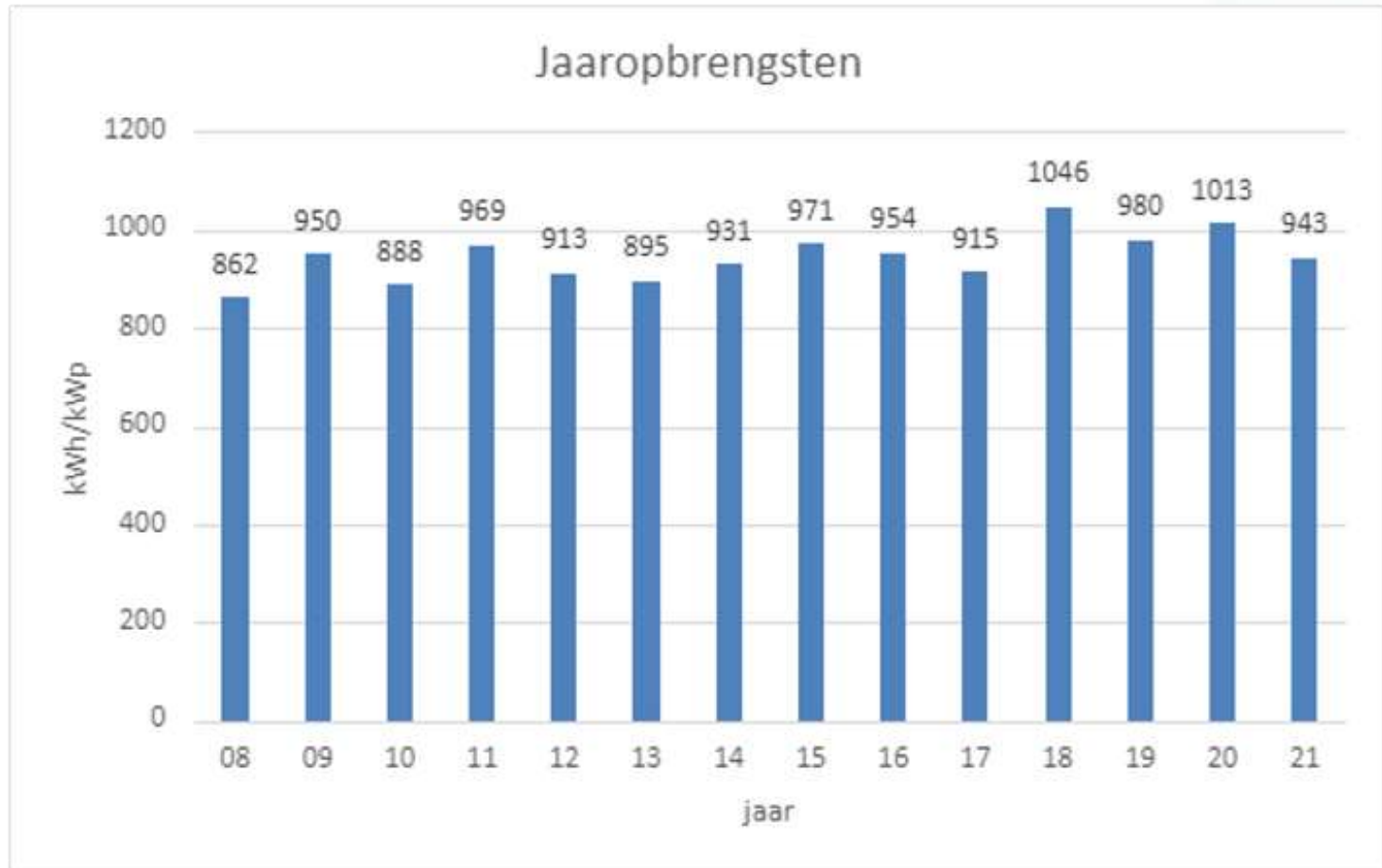


# Stappenplan ontwerp autonoom systeem

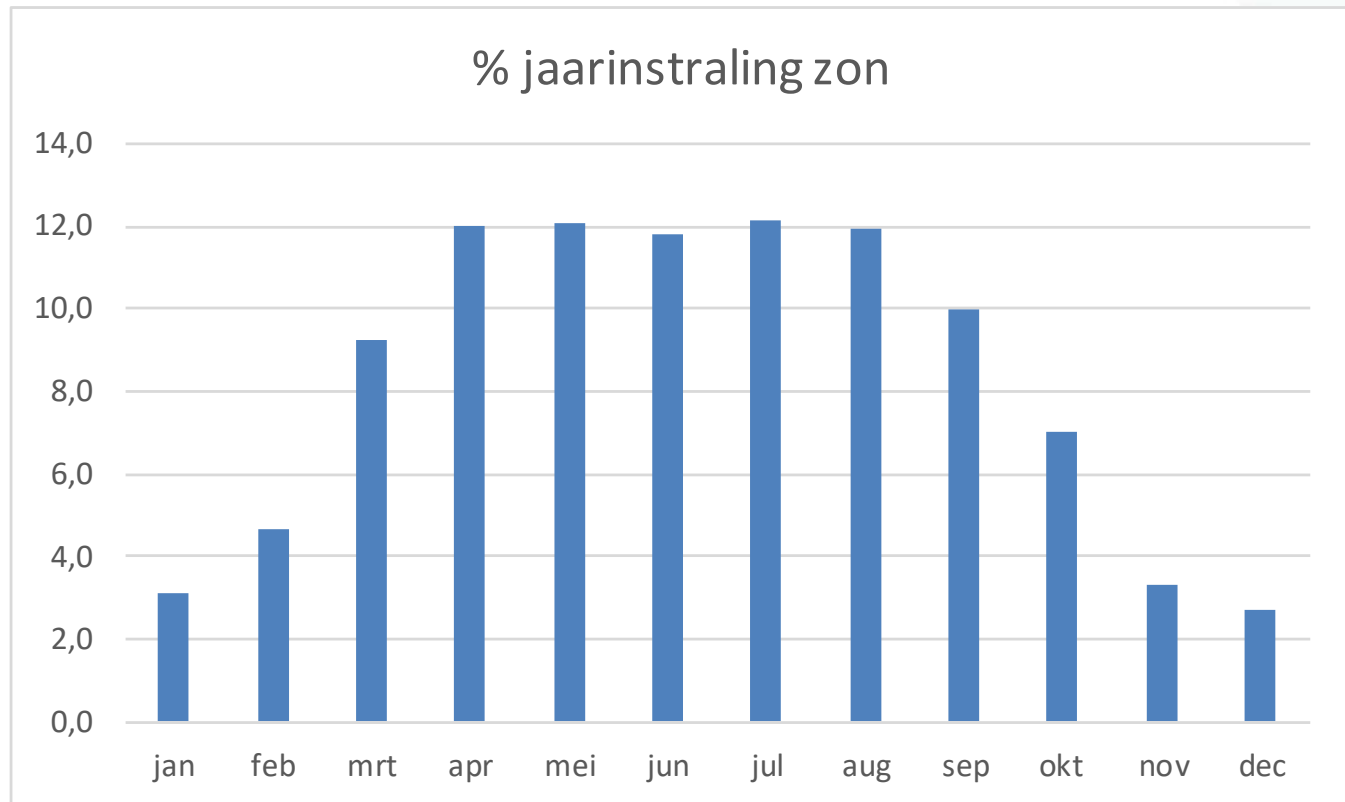
- Wat is het verbruikspatroon?
- Instraling: juni tot  $5\text{kWh/dag.m}^2$   
december tot  $1/2\text{kWh/dag.m}^2$
- Hoe betrouwbaar moet de levering zijn?
- Hoek en oriëntering
- Bepaal  $\text{m}^2$  zonnepaneel
- Batterij-opslag



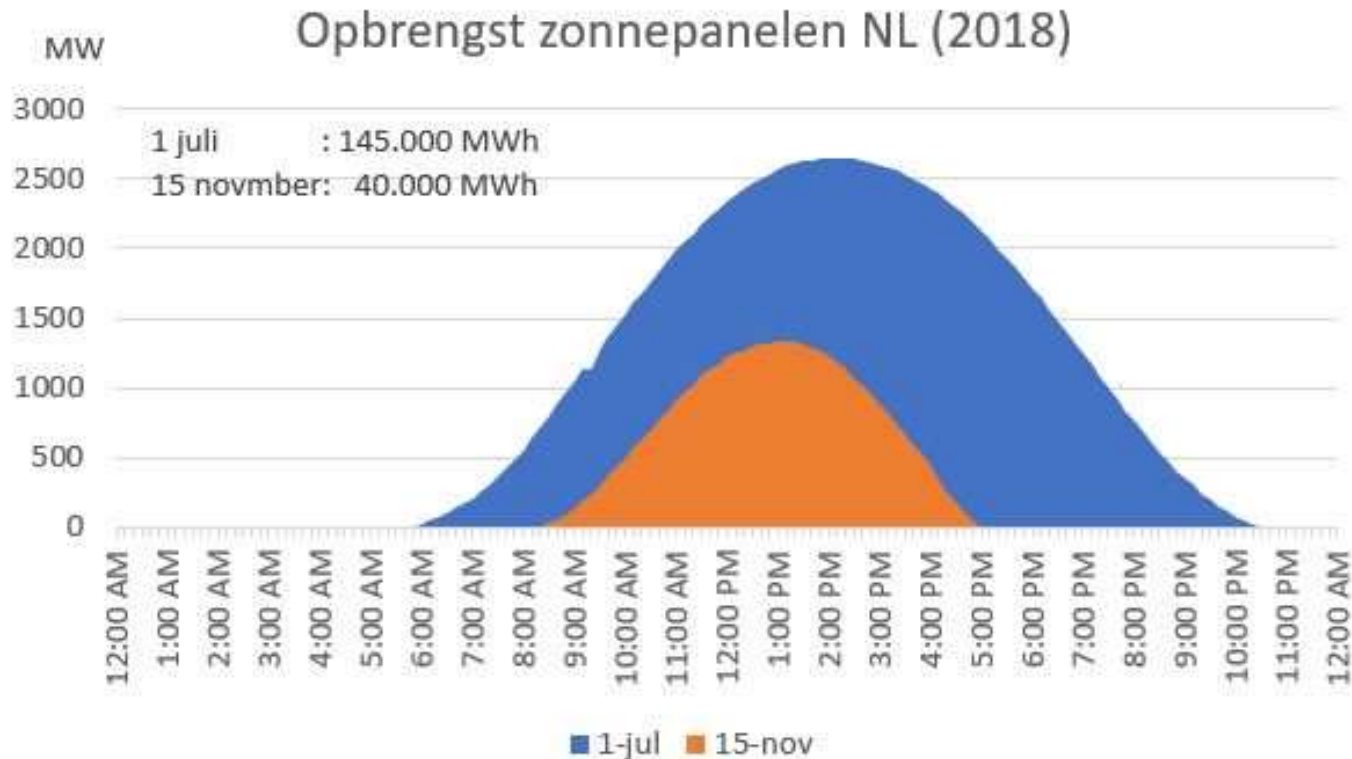
# Gemeten opbrengst 1 installatie



# Verdeling opbrengst gedurende 1 jaar

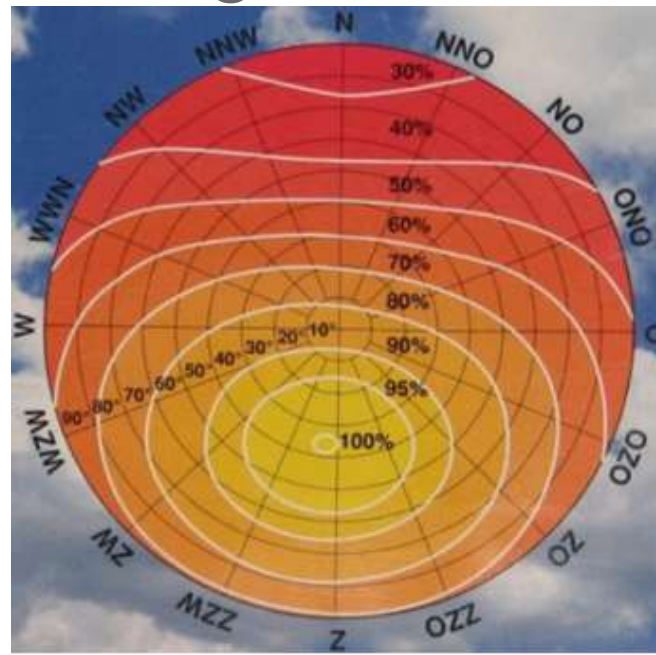


# Verskil zomer/winter

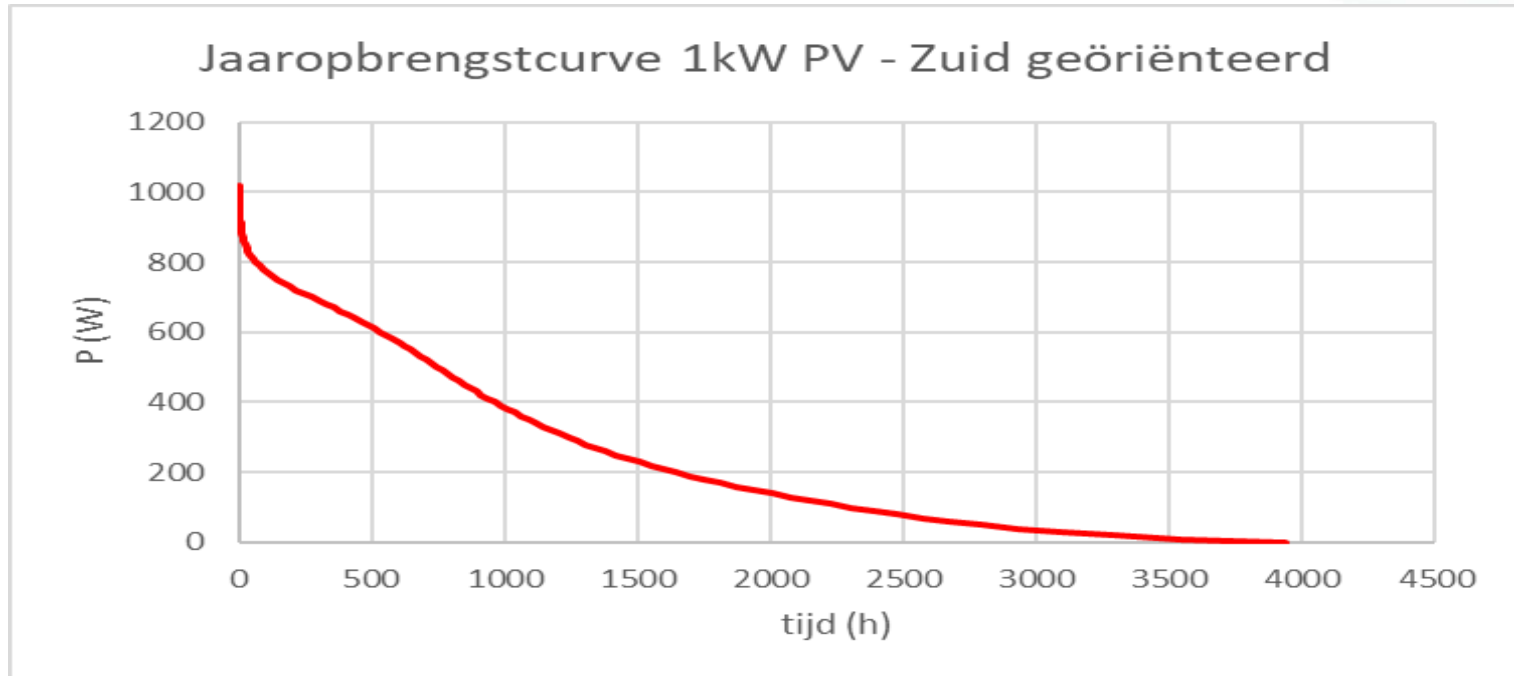


# Ontwerp netgekoppeld systeem

- Streefvermogen  $W_p$  vastleggen
- $1000W_p$  – opbrengst 900-950kWh/jaar
- Hardware kiezen: panelen – omvormer
- Controleer: DC spanning per inverter, panelen per string – aantal strings



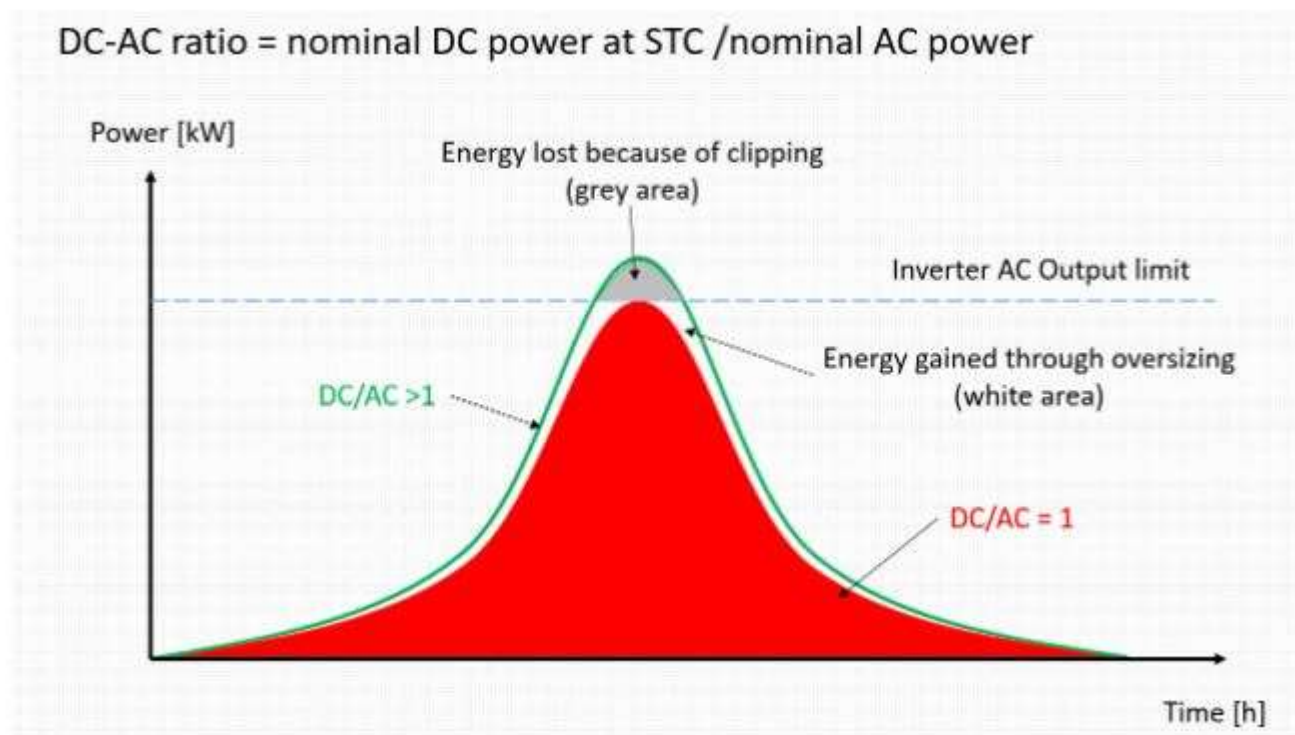
# Verhouding PV/omvormer



Opbrengst zonder derating	946 kWh/kWp
Opbrengst aftopping 900W	945 kWh/kWp
Opbrengst aftopping 800W	942 kWh/kWp
Opbrengst aftopping 700W	927 kWh/kWp
Opbrengst aftopping 600W	886 kWh/kWp
Opbrengst aftopping 500W	821 kWh/kWp



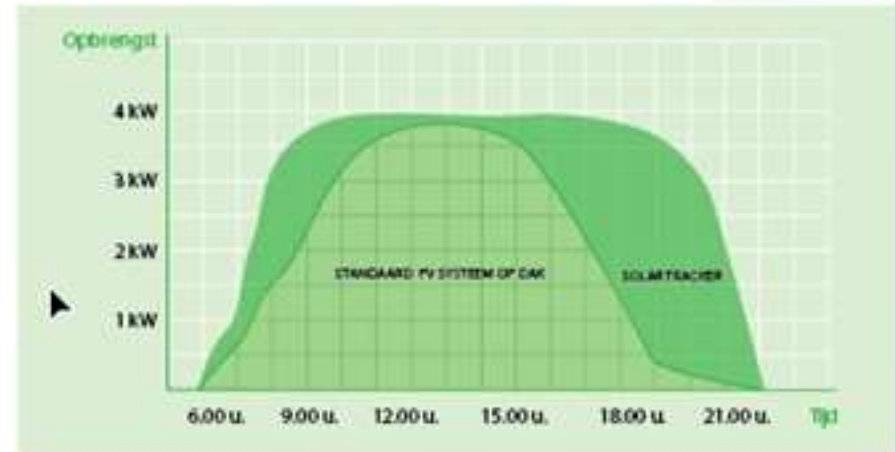
# Dimensionering omvormer



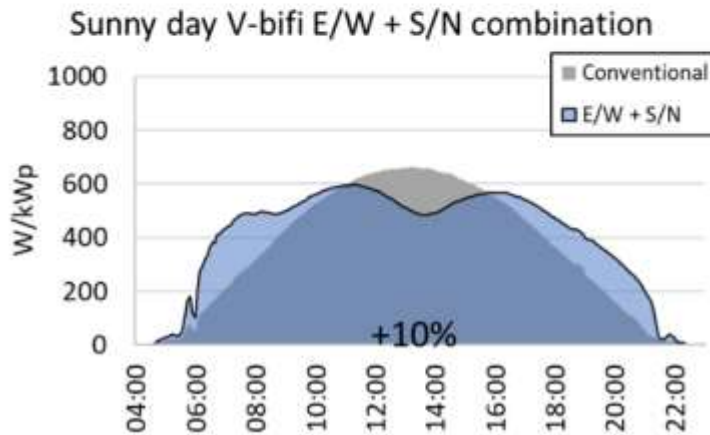
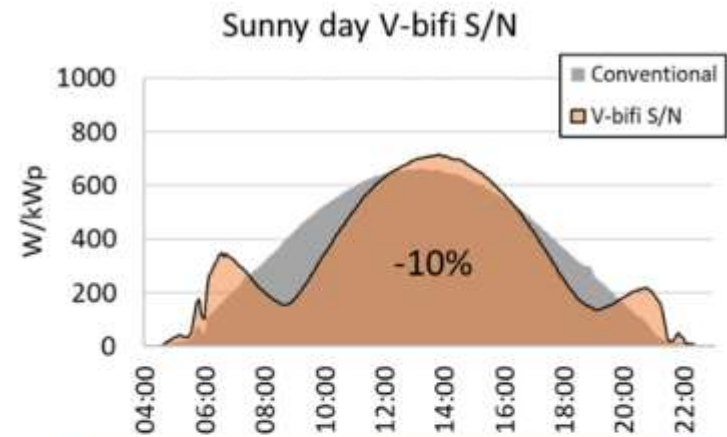
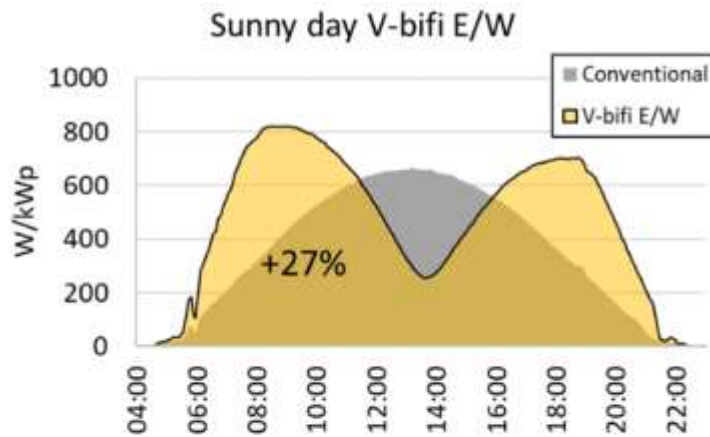
Vermogen omvormer 1,2x tot 2x kleiner  
vermogen PV



# Zonnevolgsteem



# Verticale opstelling



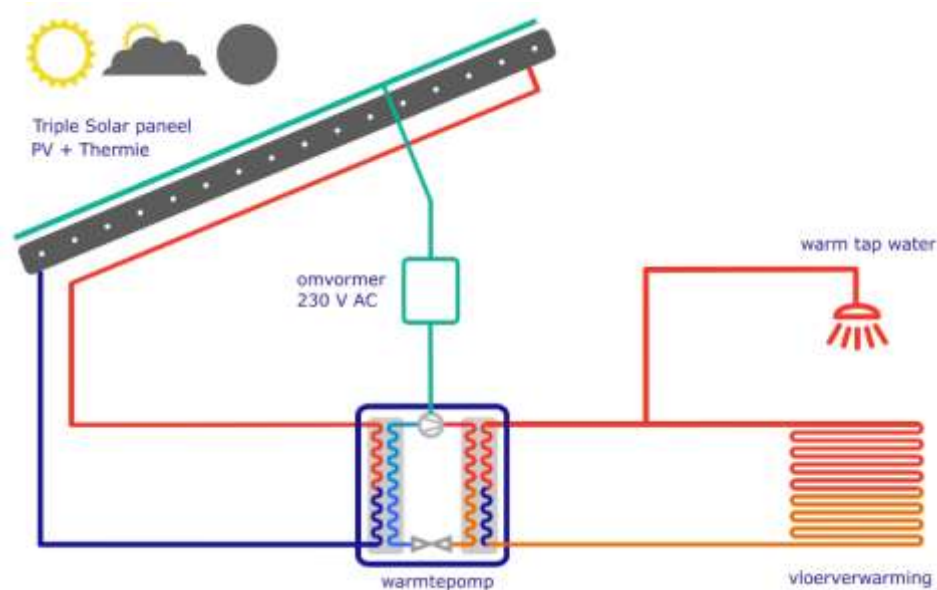
# Hybride panelen

- PV-panelen voor elektriciteit, in combinatie met een warmtewisselaar gekoppeld aan een zonneboiler (PVT)



# Hybride panelen

- Of warmtepomppanelen: achterkant van het paneel is warmtewisselaar (glycol) die de warmtepomp voedt
- Iets hogere opbouw dan klassieke panelen (10cm tov 4cm)



# Netproblemen door decentrale opwekking

Over welke lokale productie gaat het voornamelijk?

	kW-schaal (laagspanning)	MW-schaal (middenspanning)
Zon	Veel	Enkele
Wind		Veel
Biomassa		Tamelijk veel
WKK	Enkele	Tamelijk veel



# Probleemstelling

- Meer lokale productie dan verbruik!!!
- Het netwerk is gebouwd om energie van de centrales naar de verbruikers te brengen, en niet omgekeerd



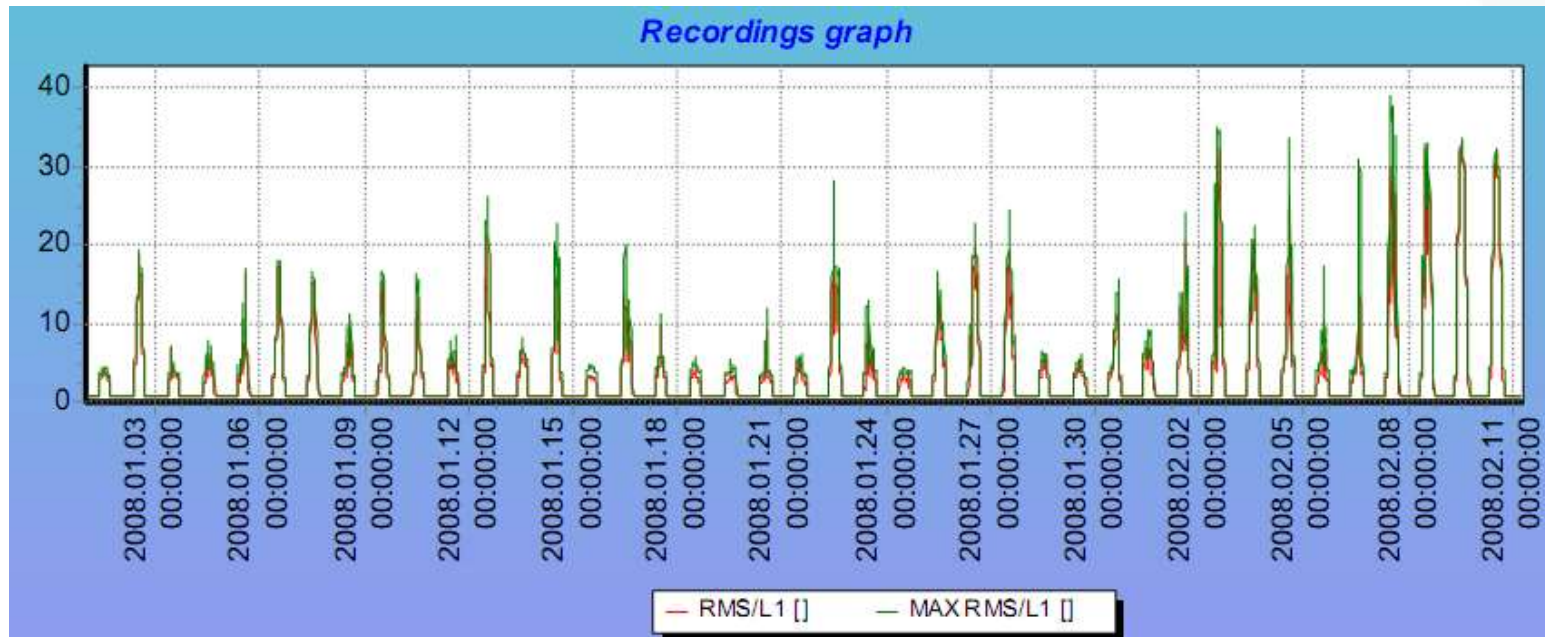
# Eisen aan het net:

- De distributienetbeheerder wil vooral zorgen voor:
  - Een bedrijfszeker netwerk, zonder pannes
  - Een kwalitatief netwerk
    - 95% v.d. tijd tussen 207 en 253 Volt
    - 100% v.d. tijd tussen 196 en 253 Volt
- Lokale producenten zorgen voor bepaald piekvermogen



# Vb. PV-installatie

- Veel pieken maar weinig opbrengst



Recordings graph





