

## Handleiding PV-rekenformulier Siderea.

### Introductie.

Het pv-rekenformulier (of api-formulier) is een web-formulier waarmee je een betrouwbare opbrengstberekening kunt maken voor een pv-systeem. Het rekenformulier is geschikt voor zowel zakelijk als particulier gebruik. Via de onderstaande URL kun je het formulier met een browser bereiken:

[https://www.siderea.nl/zonne-energie/api\\_form/index.php](https://www.siderea.nl/zonne-energie/api_form/index.php)

### Beperkingen van het pv-rekenformulier (disclaimer).

Er is geen garantie dat een middels dit formulier ingevoerd (fictief) pv-systeem ook in de praktijk gerealiseerd kan worden.

Je kunt het formulier niet gebruiken voor het ontwerpen (of controleren) van een stringschema.

Het resultaat van de berekening is onbetrouwbaar indien de "skyline" niet representatief is voor het werkelijke "uitzicht" van de zonnepanelen.

### Invullen van het pv-rekenformulier.

- Voer een naam in voor het project. Dit is optioneel.
- Selecteer 2 KNMI meetstations (mogen identiek zijn).
- Kies een rekenperiode (enkel kalenderjaar of een 20 jaar periode).
- Vul "vermogen aansluiting" en "verbruik aansluiting" in als er sprake is van vermogensbegrenzing (power-limiter). Dit is alleen zinvol indien het vermogen van de aansluiting lager is dan het totale vermogen van de omvormers.
- Configureer één of meerdere pv-systemen. Een pv-systeem bestaat uit maximaal 5 "paneelgroepen" (A, B, C, D, E). Een paneelgroep is een groep identieke zonnepanelen met gelijke oriëntatie en hellingshoek. Per paneelgroep geef je het aantal zonnepanelen op, de oriëntatie (Noord=0, West=270) en de hellingshoek (0=plat, 90=verticaal).
- Bij "specificaties" vul je het (piek)vermogen in van het zonnepaneel en voor de omvormers het totale vermogen en het soort omvormer (string-, micro- of omvormer met optimizers). Zie "Vermogen van het zonnepaneel" en "Vermogen en type van de omvormer" voor meer uitleg.
- Bij "skyline" geef je aan welk deel van de hemelkoepel wordt afgeschermd (bijv. door bomen of nabije bebouwing) gezien vanuit de zonnepanelen. Een "skyline" wordt toegewezen aan een paneelgroep. Je kunt meerdere skylines aanmaken. Zie "Beschaduwning en Skylines" voor meer uitleg.
- Het formulier bevat verder diverse knoppen met de volgende functies: "export" bewaart de instellingen van het formulier op je computer "import" opent een bestand met instellingen van het formulier "extra pv-systeem" voegt een pv-systeem toe "reset formulier" opent een "leeg" formulier (aanwezige instellingen worden gewist).
- Druk op "voer berekening uit" om een berekening uit te voeren.
- Het duurt enkele seconden voor het resultaat van de berekening verschijnt. De uitkomsten kun je downloaden (als tekstbestand) door op "download resultaat" te drukken (je kunt de tekst eventueel ook selecteren/kopieren).
- Om de berekening aan te passen druk je op "wijzig berekening".

### Over invoervelden.

- Standaard zijn de velden in het formulier gevuld met een koppelteken ('-' = veld wordt niet gebruikt). Lege velden (helemaal niets ingevuld) zijn niet toegestaan.
- Voor de meeste invoervelden dien je gehele positieve getallen in te voeren. Gebroken getallen zijn dan niet toegestaan.
- Uitzondering op deze regel zijn de velden waar je het vermogen in kW invoert. Deze velden accepteren ook gebroken getallen (bijv. 90,321). Het decimaal-teken mag zowel een 'punt' of 'komma' zijn. Vermogens in kW worden naar beneden afgerond op 3 decimalen.
- Nadat je op "voer berekening uit" hebt gedrukt wordt het formulier gecontroleerd op geldige invoer. Zijn er ongeldige instellingen dan verschijnt een foutmelding.

### Keuze KNMI meetstations.

Kies één of twee KNMI meetstations in de nabijheid van het pv-systeem. Gebruik bij voorkeur geen meetstations die aan de kust liggen tenzij ook het pv-systeem "aan zee" ligt. Een kaartje met de ligging van alle KNMI stations is onderaan dit document toegevoegd. De stations IJmuiden, Woensdrecht, Soesterberg en Vlieland kun je niet gebruiken. Station Valkenburg is in 2016 vervangen door station Voorschoten.

### Min. en max. vermogen van zonnepaneel en omvormer.

Het rekenformulier ondersteunt zonnepanelen met een piekvermogen van minimaal 50Wp en maximaal 700Wp. Het totale paneel- of omvormer-vermogen mag niet groter zijn dan 100 MW.

### Vermogen van het zonnepaneel.

Het invoerveld "vermogen zonnepaneel" bevat het piekvermogen van het gebruikte zonnepaneel (enkel zonnepaneel). Worden er verschillende zonnepanelen gebruikt dan geef je per paneelgroep (A t/m E) het piekvermogen aan gescheiden door een "/". Is een paneelgroep niet in gebruik dan geef je "-" op als paneelvermogen.

Voorbeeld:

Paneelgroep A gebruikt een 400Wp zonnepaneel

Paneelgroepen B en C gebruiken een 430Wp zonnepaneel

Paneelgroepen D en E zijn niet in gebruik

Bij "vermogen zonnepaneel" vul je dan in: "400/430/430/-/-"

### Vermogen en type van de omvormer.

Een omvormer heeft een max. vermogen en een begrensd vermogen. Is het max. en begrensd vermogen gelijk dan vul je dat in in het invoerveld "vermogen omvormers". Wordt er begrenzing toegepast op de omvormer dan vul je zowel het max. als het begrensd vermogen in gescheiden door een "/" (bijvoorbeeld: "10/8"). Het type omvormer kun je veranderen door één of meerdere keren op het invoerveld te klikken. Er worden 3 soorten omvormers ondersteund. Een 'normale' string-omvormer ('string'), een string-omvormer met optimizers ('optimizers') en micro-omvormers ('micro'). Zie ook "Skylines en het type omvormer".

### Technische specificaties van zonnepaneel en omvormer.

De technische specificaties van het zonnepaneel en de omvormer(s) worden automatisch geselecteerd op basis van het opgegeven vermogen. Deze "geschatte" specificaties zijn representatief voor markt-conforme zonnepanelen en omvormers voor de opgegeven vermogensklasse.

### Max. aantal pv-systemen/paneelgroepen en skylines.

Het aantal pv-systemen kan uitgebreid worden tot maximaal 5 met in totaal 25 paneelgroepen. Per pv-systeem kun je maximaal 20 skylines aanmaken.

### Beschaduwning en Skylines.

Skylines worden gebruikt om de effecten door beschaduwning te berekenen. Een skyline geeft aan welke delen van de hemelkoepel geblokkeerd zijn door obstakels. Een skyline vertegenwoordigt zo het "uitzicht" van de zonnepanelen. Het is belangrijk je te realiseren dat alles wat boven de horizon uitsteekt in meer of mindere mate bijdraagt aan beschaduwing. Immers, doordat de hemelkoepel deels geblokkeerd wordt ontvangt het zonnepaneel simpelweg minder daglicht en daardoor zal de energieopbrengst afnemen.

De "skyline" in het formulier bestaat uit 26 aparte invoervelden. Het meest linkse invoerveld koppelt de skyline aan een paneelgroep. Dit veld staat standaard op "?" ofwel niet gekoppeld. Door nu één of meerdere keren op dit veld te klikken selecteer je de gewenste paneelgroep (A, B, C, D of E). Skylines toevoegen doe je door op het meest rechter invoerveld (+) te klikken. Om een skyline te verwijderen kun je met een rechts-klik de '+' veranderen in een '-'. Klik vervolgens op de '-' en de skyline wordt, na bevestiging, verwijderd.

De overige 24 invoervelden is de eigenlijke "skyline". Hier geef je de richting en hoogte aan van obstakels. Boven de invoervelden staat een kompasrichting vermeld van Noord naar Oost naar Zuid naar West en weer naar Noord (0=N, 180=Z, 270=W, enz). In het invoerveld zelf vul je de hoogte in (als hoek in graden) die het obstakel boven de horizon uitsteekt. De hoogte moet een veelvoud van 5 zijn (deelbaar door 5). In het formulier wordt standaard een skyline geladen waarbij de hemelkoepel tot 5 graden boven de horizon is geblokkeerd. Voor Nederland komt dit overeen met zo goed als onbeschaduwde zonnepanelen.

De "hoogte" van een obstakel (in graden) kun je berekenen door het verschil in hoogte tussen de zonnepanelen en de top van het obstakel te delen door de afstand tot het obstakel. Het resultaat is de tangens van de gezochte hoek. De inverse tangens of arctan() van deze deling geeft dan de hoek. Let wel op dat deze in graden staat.

Voorbeeld:

Een boom van 15 meter hoog staat 20 meter verwijderd van de zonnepanelen. De zonnepanelen liggen op een dak 6 meter boven het maaiveld. Gezien vanuit de zonnepanelen steekt de boom dan "arctan((15-6) / 20) = ruim 24 graden boven de horizon uit. In de "skyline" dien je dit getal af te ronden op een veelvoud van 5, dus 25 graden.

Skylines beheren.

Elke paneelgroep die in gebruik is genomen (ingevuld) dient voorzien te zijn van minimaal één skyline. Voor paneelgroepen die niet gebruikt worden geldt deze verplichting niet.

Skylines die gekoppeld staan met niet gebruikte paneelgroepen worden genegeerd.

Het is mogelijk om meerdere skylines te koppelen met één paneelgroep. Dat is vaak noodzakelijk bij nabije obstakels (denk aan dakkapellen, schoorstenen, bomen, bebouwing). Immers, de richting en hoogte van een nabij obstakel zal anders zijn voor de verschillende zonnepanelen in een string (parallax effect).

Een skyline kun je "uitzetten" door deze te koppelen met "?" OF met een paneelgroep die niet in gebruik is.

### Skylines en het type omvormer.

Het aantal skylines dat je per paneelgroep kunt toewijzen is afhankelijk van het type omvormer. Bij stringomvormers wordt meerdere skylines toegewezen omdat de verschillende panelen in een paneelgroep elk een ander "uitzicht" (skyline) hebben vanwege het parallax effect.

Echter, bij micro-omvormers of omvormers met optimizers heeft elk paneel een eigen optimizer waardoor er geen parallax effect kan optreden. Bij micro-omvormers of omvormers met optimizers kun je daarom maximaal één skyline per paneelgroep toewijzen.

### Exporteren van de instellingen.

Je kunt de instellingen van het formulier op elk moment exporteren (bewaren) door op de knop "export" te klikken. Ook in geval van ontbrekende of ongeldige instellingen worden de instellingen bewaard (wel krijg je een waarschuwing te zien). Eventuele pv-systemen die niet zijn ingevuld worden niet bewaard. Je kunt niet-ingevulde pv-systemen laten verwijderen ("wissen") door de instellingen te exporteren en vervolgens weer te importeren.

De instellingen worden bewaard als tekstbestand in de "download" map zoals ingesteld in de browser. Je mag het tekstbestand wel bekijken maar niet wijzigen. Het tekstbestand bevat een zogenaamde "digest" waarmee de integriteit van de tekst wordt gegarandeerd. De naam van het tekstbestand mag je wel wijzigen.

### Over het pv-rekenmodel (simulatie-algoritme).

Het pv-rekenformulier staat gekoppeld met de API van de 'Siderea PV Simulator'. Dit online simulatiemodel wordt ook gebruikt voor andere producten/diensten van Siderea. De 'Siderea PV Simulator' is gebaseerd op o.a. [ISO norm 15469](#) en een keur aan wetenschappelijke publicaties.

### Rekensnelheid.

Is afhankelijk van de gekozen periode, het aantal paneelgroepen en skylines.

Voor 1 paneelgroep duurt een berekening circa 2 seconden.

Voor 8 paneelgroepen is dat circa 10 seconden.

### Resultaten van de opbrengstberekening.

De resultaten van de berekening worden in de browser gepresenteerd in een tekstveld. Je kunt de tekst als geheel downloaden of deels handmatig selecteren/kopieren.

### Toelichting resultaten opbrengstberekening.

De berekening wordt stapsgewijs uitgevoerd en na elke stap is er een tussenresultaat. Onder "Radiation and Energy" staan alle tussenuitkomsten van de berekening alsook een opsomming van de belangrijkste verliesposten in het pv-systeem.

### Rekenschema opbrengstberekening.

Het rekenschema voor een opbrengstberekening bestaat uit een aantal stappen. De eerste stap is meten de belangrijkste. In deze stap wordt de door het KNMI gemeten horizontale straling (=daglicht) omgerekend naar het schuine vlak van de zonnepanelen. De "skyline" geeft daarbij informatie welke delen van de hemelkoepel geblokkeerd zijn (geen licht doorlaten). De ontvangen straling op de zonnepanelen wordt, na aftrek van gereflecteerde straling, omgezet in elektrische energie (DC) waarbij het standaard conversie-rendement van het zonnepaneel gecorrigeerd wordt voor temperatuur en (lage) instraling. De energie uit het zonnepaneel wordt, na aftrek van kabelverliezen, aangeboden aan de omvormer. De omvormer begrensd ("aftoppen") eventueel het vermogen uit de zonnepanelen mocht dat te hoog zijn. Ook zal de omvormer het vermogen aanpassen vanwege te hoge stromen of te lage/hoge spanningen. Door deze begrenzingen kunnen verliezen ontstaan ("clipping"). Als laatste stap wordt de DC energie in de omvormer omgezet in AC energie. Dit is de energie die uiteindelijk ingevoerd wordt op het elektriciteitsnetwerk. Ook bij deze laatste stap treden conversieverliezen op ("inverter").

Indien de elektriciteitsaansluiting voorzien is van een vermogensbegrenzer (powerlimiter) zal een extra stap worden uitgevoerd. Wanneer de vermogensbegrenzer op de aansluiting dat vereist zullen de omvormers het vermogen uit de zonnepanelen verder begrenzen. Ook deze verliezen vallen onder "clipping".

Nu de energie-productie van het pv-systeem bekend is kan ook de specifieke productie (kWh/kWp) en de Performance Ratio (PR) berekend worden. De PR is gedefinieerd als de specifieke productie gedeeld door de instraling op het vlak van de zonnepanelen. De PR geeft dus aan welk deel van de instraling wordt omgezet in elektrische energie. Hieruit volgt dat de som van de elektrische verliezen in het pv-systeem gelijk is aan (1 - PR).

Het rekenmodel houdt geen rekening met (subjectieve) verliezen veroorzaakt door vervuiling/sneeuw, degradatie, derating, defecten, onderbreking van de productie of andere calamiteiten.

**Voorbeeld van een berekening.**  
KNMI meetstation: Hoogeveen  
Periode: 2001-2020  
Het pv-systeem bestaat uit 250 zonnepanelen van 400Wp (totaal 100 kWp) op een schuin dak met oriëntatie 135 graden (=zuid-oost) en hellingshoek 20 graden. De zonnepanelen zijn onbeschaduwde. Er wordt een string-omvormer gebruikt met een max. vermogen van 80 kW. De doordatwaarde wordt begrensd (op 55kW) omdat de net-aansluiting een doordatwaarde heeft van max. 55 kW.

Enkele resultaten van de berekening:

- gemiddelde jaaropbrengst 88.655 kWh

- gemiddelde maandopbrengst in augustus 10.747 kWh

