



Măsurarea radiației solare pentru aplicații bazate pe energie solară



**Monitorizarea precisă a radiației solare
pentru sisteme solare fotovoltaice
și cu concentratoare termice**

De ce este măsurarea precisă a radiației solare indispensabilă pentru energia solară?

Datele de calitate bună despre radiații, și care prezintă încredere, sunt deosebit de importante pentru toate activitățile în sectorul energiei solare. Sistemele fotovoltaice (PV) și cele cu concentratoare solare termice (CSP) pot să aibă cerințe diferite, dar există motive comune pentru care ele au nevoie de informații precise despre radiațiile solare.

Cercetare tehnologică

Progresele în tehnologiile PV sunt deseori graduale, fiecare pas este mic, dar câștigul total poate fi semnificativ. De exemplu, două soluții diferite pot arăta eficiențe de 20% și 22% (o îmbunătățire de 10%) în condiții ideale simulate în laborator. Aceste lucruri trebuie însă verificate în condiții meteo diverse și sub un cer variabil prin comparație cu măsurări 'referință' de calitate a radiațiilor solare.

Controlul calității

Dacă un producător sau un furnizor dorește să asigure ca performanțele celulelor sale PV să varieze în limite cât mai mici, de exemplu sub 5%, el va trebui să măsoare radiația solară cu o precizie mult mai mare decât această variație. Pentru verificarea specificațiilor, producătorul, sau un laborator independent de testare, are nevoie de măsurări de referință de calitate.

Optimizarea locațiilor

Sunt disponibile pe scară largă hărți cu resursele de energie solară și în dreapta puteți vedea o hartă pentru Europa. Astfel de hărți sunt deseori folosite pentru a deduce potențialul de energie electrică solară care se poate obține într-o anumită regiune. Aceste hărți sunt însă generate din date obținute de la sateliți, observații meteorologice de la suprafața solului (deseori răspândite pe suprafețe largi și nu foarte precise) și prin interpolare. Calitatea datelor acestor hărți este de regulă nu foarte bună,

iar scara este prea mare pentru a furniza o bază solidă pentru decizii privind tehnologiile și investițiile. Datorită diferențelor microclimatice și topografice, schimbări în locații cu câteva sute de kilometri pot avea ca rezultat o diferență de câteva sute de ore cu soare anual.

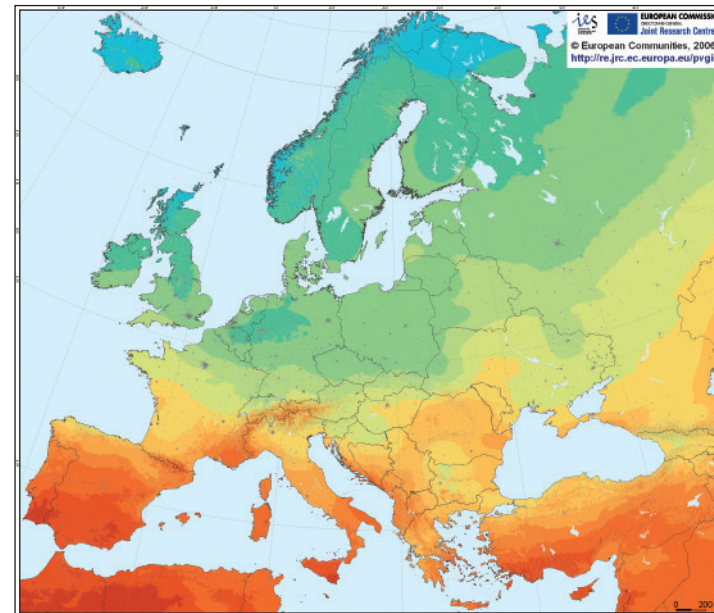
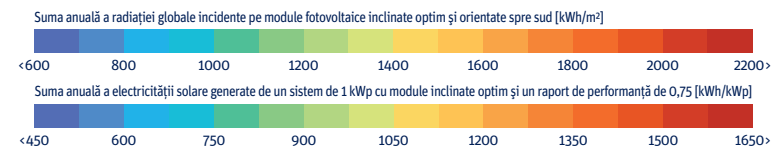


figura 1: hartă cu resursele de energie pentru Europa - arată cantitatea de radiație solară globală disponibilă anual



Șuri M., Huld T.A., Dunlop E.D. Ossenbrink H.A., 2007. Solar Energy, 81, 1295-1305, <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>

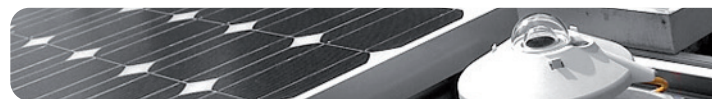
După alegerea amplasamentelor potențiale pe baza hărților cu resurse și pe baza unor alte criterii (căi de acces, distanța față de rețeaua electrică, clima etc.), aceste locații trebuie evaluate prin efectuarea de măsurări de înaltă calitate a radiației solare (energiei) la fața locului pentru o perioadă de cel puțin un an întreg. Rezoluția temporală trebuie să fie suficientă pentru înțelegerea variațiilor în timp real în fiecare zi (de exemplu, într-o anumită locație poate să fie mult soare, dar în cazul în care poluarea este prea mare sau este prea mult praf în anumite perioade, amplasamentul poate fi nepotrivit).

Alegerea tipului sistemului

Pentru a putea evalua care tip de instalație este cel mai potrivit pentru o anumită locație, măsurările efectuate la fața locului trebuie să fie independente de tehnologia folosită pentru generarea energiei.

Decizii documentate pentru investiții și bancabilitate îmbunătățită

Înainte de a lua decizii cu privire la locul de amplasare a centralelor solare și cele mai eficiente tipuri de sisteme de energie solară de utilizat, investitorii doresc informații cât mai certe despre resursele solare în locul în care se va face investiția, despre performanțele echipamentelor și despre siguranța lor în funcționare. Eventualele erori în măsurarea radiației solare pot avea un impact important asupra rentabilității investiției. Date de radiație solară de cea mai bună calitate au un rol crucial în bancabilitatea proiectelor.



Maximalizarea eficienței în funcționare

Instrumentele de monitorizare solară folosite ca referințe la o centrală furnizează datele pentru camera de comandă pe baza cărora se evaluează eficiența lanțului de generare a energiei.

Programarea mentenanței

Intrări de radiație solară de bună calitate la fiecare invertor permit verificarea continuă a eficienței. Schimbările rapide pot indica necesitatea schimbării unui panou, o scădere pe termen scurt înseamnă de regulă că trebuie curățate panourile; o abatere pe termen lung de la valorile obișnuite este probabil datorată îmbătrânirii. În mod evident, pentru o astfel de verificare este nevoie de o măsurare a radiației solare diferită, și mai bună, decât cea efectuată cu celule de siliciu.

Monitorizarea performanței

Folosind măsurări de înaltă calitate a radiației solare obținute la locul unde este amplasată centrala, se poate construi o bază de date cu performanțele centralei, ceea ce permite previziuni mai precise cu privire la producția de energie în viitor și la câștigul financiar.

Previziuni privind productivitatea

Măsurările curente de radiație solară și meteorologice, și o arhivă a bazei de date, pot fi folosite împreună cu date furnizate de sateliți și prognoze meteo ca și intrări pentru a crea modele pe termen scurt și previziuni cu privire la producția centralei. Acest lucru este deosebit de important pentru operatorii rețelelor electrice, deoarece celelalte surse de generare a energiei electrice nu se pot porni de îndată ce norii trec deasupra centralei solare.

Passion for Precision

Introducere în lumea radiațiilor solare

Soarele furnizează 99,98% din energia planetei noastre (diferența este geotermală), fiind responsabil, în mod direct sau indirect, de existența vieții pe Pământ. Soarele este o stea compusă din 71% hidrogen, 27% heliu și 2% material solid. În jurul miezului soarelui temperatura este de aproximativ 16 milioane de grade, iar la nivelul stratului exterior (fotosfera) de aproximativ 5.770 grade Kelvin. Energia emisă de soare este aproximativ 63 MW pentru fiecare m² al suprafeței sale, în jur de 3,72 x 10²⁶ MW în total.

Unitatea SI pentru măsurarea radiației (a fluxului radiativ) este wați pe metru pătrat (W/m²). În cazul distanței medii de 150 milioane de kilometri dintre Pământ și soare, fluxul de radiație solară care ajunge la atmosfera Pământului este 1.367 W/m² (Organizația Mondială de Meteorologie, 1982). Această cantitate este denumită constanta solară. În interiorul și la suprafața soarelui se produc diverse procese, de exemplu, ciclul petelor solare și erupții solare, care produc fluctuații ale radiației emise, dar acestea nu depășesc 0,1%.

Distanța Pământului față de soare variază datorită orbitei sale eliptice și ca urmare a acestui fapt, radiația 'extraterestră' la limita superioară a atmosferei este cu 6,6% mai mare în data de 4 ianuarie (periheliu, cea mai mică distanță) decât în data de 4 iulie (afeliu). Aceste date nu sunt aceleași cu cele ale solstițiului de iarnă și cel de vară (cea mai scurtă și cea mai lungă zi în emisfera nordică), deoarece axa de rotație a pământului este înclinată cu 23,5° față de planul orbital al Pământului în jurul soarelui (planul ecliptic).

Datorită distanței mari dintre soare și Pământ, fasciculul de radiații care ajunge la limita superioară a atmosferei este aproape paralel. Domeniul acestor radiații se întinde de la radiația ultravioletă (UV) de mare energie, urmată de partea 'vizibilă' a spectrului, ajungând în final la radiațiile infraroșii apropiate (NIR). Intensitățile maxime se găsesc în partea vizibilă a spectrului, cu lungimi de undă între 400 și 700 nm. Intensitățile în regiunile UV și NIR ale spectrului sunt mult mai scăzute. Soarele nu emite radiații infraroșii îndepărtate (FIR). Totuși, când Pământul este încălzit de radiații solare, el emite radiații IR și FIR, care sunt absorbite și re-radiate de gazele, particulele și norii din atmosferă.



La trecerea prin atmosferă o parte a radiației solare ajunge neperturbată la suprafața solului, iar o parte este împrăștiată sau absorbită de molecule de aer, particule de aerosoli, picături de apă sau cristale de gheață în nori și gheața din dărele de aburi condensați lăsați de avioane. Absorbția cea mai semnificativă

este cea de la nivelul moleculelor gazoase și al aerosolilor. La nivelul picăturilor de apă și la cel al cristalelor de gheață împrăștierea radiației solare se produce de-a lungul întregului domeniu spectral, pe când moleculele împrăștie mai ales radiații în domeniul undelor scurte, iar particulele de aerosol în cel al lungimilor de undă mai lungi.

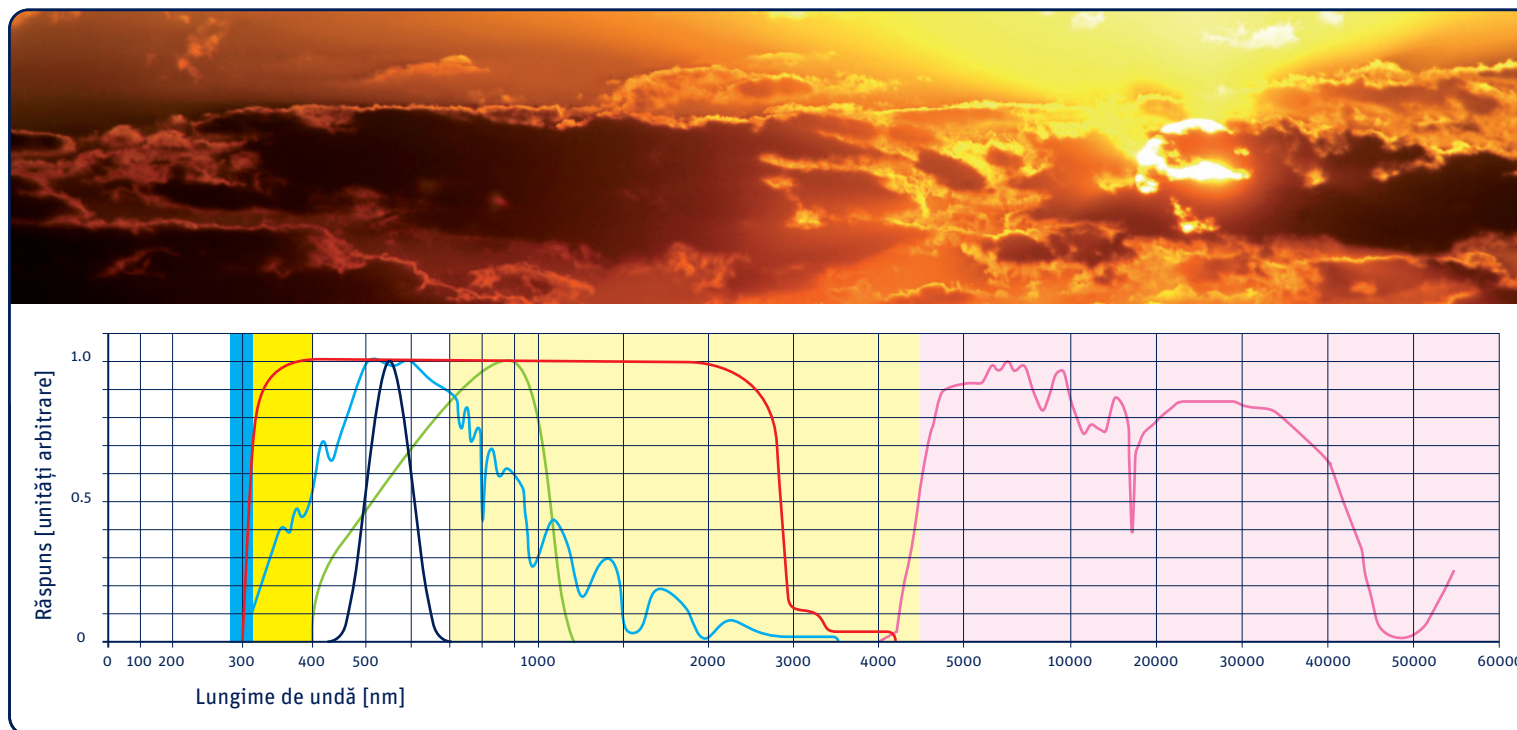


figura 2: lungimile de undă ale radiațiilor, unde albastru reprezintă radiațiile UVB, galben pe cele UVA, alb este lumina vizibilă, crem este pentru infraroșu apropiat (NIR), iar roz pentru infraroșu îndepărtat (FIR). Linia albastră indică radiația solară la suprafața Pământului, curba neagră reprezintă sensibilitatea ochiului uman, curba verde este sensibilitatea spectrală a unei celule fotovoltaice tipice, curba roșie reprezintă sensibilitatea unui piranometru cu termopilă cu cupolă din sticlă, iar curba roz arată sensibilitatea unui pirgeometru cu termopilă. Pentru a putea fi comparate, toate curbele au fost normalizate față de un maxim arbitrar cu valoarea 1,0.

Aceste procese influențează în mod semnificativ spectrul radiațiilor care ajung la suprafața Pământului. Când soarele este chiar deasupra capului, adâncimea/grosimea atmosferică este minimă, și este definită ca având o masă relativă de aer cu valoarea 1,0 pentru acel loc. În timp ce soarele se deplasează în jos, înspre orizont, masa de aer crește de aproximativ 11 ori, iar efectele absorbției și împrăștierii vor fi în mod corespunzător mai mari.

Unele din aceste procese pot fi observate ușor. Radiațiile cu lungimi de undă scurte sunt împrăștiate mult mai puternic de moleculele din atmosferă (împrăștieria Rayleigh) decât cele de unde lungi, ca urmare, când soarele este sus pe cer, cerul 'difuz' apare albastru. Spre deosebire de aceasta, când soarele este aproape de orizont, atât de mult albastru este împrăștiat de atmosfera densă încât cerul diminează și seara devine roșu.

Într-o zi cu un cer senin, radiația care ajunge la suprafața Pământului este în mod tipic în domeniul 700 la 1.300 W/m² la ora de amiază locală; valoarea depinde de latitudine, altitudine și perioada anului.

Pentru studierea radiațiilor la suprafața Pământului, au fost definite două zone de lungimi de undă; radiații de unde scurte, cu lungimi de undă între 300 nm și 4.000 nm, și radiații de unde lungi, de la 4.500 nm (4,5 μm) până la peste 40 μm. Radiațiile de unde scurte cuprind benzile cu lungimi de undă ultraviolete, vizibile și cele infraroșii apropiate.

Radiația solară care ajunge la suprafața Pământului este parțial reflectată și parțial absorbită, în funcție de gradul de reflexie (albedoul) suprafeței. Zăpada și gheața sunt reflectori buni (Albedo ridicat), suprafețele întunecate și/sau aspre reflectă în general mai puțin eficient (cu excepția suprafețelor lucioase). O parte din radiația absorbită de

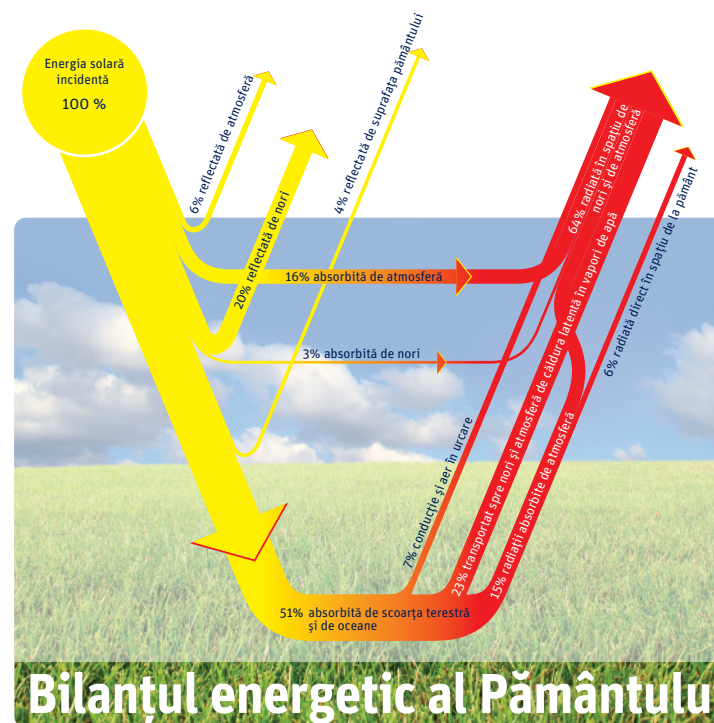


figura 3: reprezentarea schematică a bilanțului energetic al Pământului (sau 'echilibrul energetic')

suprafața Pământului este radiată înapoi în atmosferă în domeniul lungimilor de undă FIR. Bioxidul de carbon (CO₂), gazul metan (CH₄) și vaporii de apă (H₂O) din atmosferă pot absorbi această radiație, ceea ce la rândul ei încălzește atmosfera Pământului. Acesta este bine-cunoscutul 'efect de seră'. Există în general un echilibru, sistemul Pământului primește tot atâta radiație solară cât emite înapoi în spațiu, ceea ce înseamnă că Pământul luat în ansamblu nici nu se încălzește și nici nu se răcește.



Cum se măsoară radiația solară?

Măsurări de înaltă calitate ale radiațiilor solare la nivelul solului se efectuează întotdeauna cu ajutorul unor radiometre care au o caracteristică spectrală palier pentru un domeniu spectral larg. Acest lucru se realizează de regulă folosind un detector cu 'termopilă' cu un strat de acoperire negru care absoarbe radiația incidentă, se încălzește și transformă creșterea de temperatură într-un semnal electric de valoare mică.

Radiația solară globală în plan orizontal (GHI) care ajunge la suprafața Pământului se compune din radiația difuză în plan orizontal (DHI) dinspre cer și radiația directă cu incidență normală (DNI) de la soare. Această radiație este în întregime de unde scurte (UV, vizibil și infraroșu apropiat). Când fasciculul direct de la soare cade oblic pe suprafața Pământului, acesta se 'răspândește' pe o suprafață mai mare decât atunci când soarele este direct deasupra capului, deci energia pe unitatea de suprafață este mai mică și acest lucru trebuie corectat cu o funcție cosinus.

Relația dintre componentele radiației solare este următoarea:

$GHI = DHI + DNI \cdot \cos(\theta)$ unde θ este unghiul zenital solar (vertical deasupra locului este 0° , orizontal este 90°).

GHI se măsoară cu un piranometru instalat orizontal. Detectorul cu termopilă este protejat cu una sau două cupole de sticlă, care stabilesc și caracteristica spectrală, lucru indicat de linia roșie în figura 2. Astfel de instrumente au fost folosite de multă vreme în rețele meteorologice și climatologice, și în cercetările din domeniul energiei solare.

DNI se măsoară cu un pirheliometru. Acesta este tot un radiometru cu termopilă, cu un câmp vizual de 5° și cu o fereastră plată. Se bazează pe ideea că pentru a orienta radiometrul în permanență către centrul soarelui,

instrumentul trebuie să fie instalat pe un dispozitiv automat de urmărire solară de mare precizie. Piranometrul pentru măsurarea GHI poate fi montat simplu pe partea superioară a dispozitivului.

DHI se poate măsura prin instalarea unui al doilea piranometru pe partea superioară a dispozitivului de urmărire solară și a unui dispozitiv de umbrire. Acesta din urmă se va mișca împreună cu dispozitivul de urmărire și va bloca calea de acces a fasciculului direct spre piranometru.

Tipurile de piranometre și pirheliometre, specificațiile de performanță, metodele de etalonare etc. au fost definite de Organizația Meteorologică Mondială (OMM) și Organizația Internațională de Standardizare (ISO). Instrumentele care corespund clasificărilor OMM și ISO furnizează măsurări precise ale radiației solare în orice condiții meteo. Deoarece persoanele care lucrează în lumea meteorologiei și cele din comunitatea științifică folosesc aceleași tipuri de instrumente, datele pot fi comparate cu măsurări provenind de la rețele de stații meteorologice și climatologice și sateliți, aflați în diverse locuri, indiferent de tipul sistemului de energie solară.



Această combinație de instrumente pentru GHI, DNI și DHI formează ‘o stație de monitorizare solară’, la care se poate adăuga un pirgeometru montat orizontal pentru măsurarea radiațiilor FIR de unde lungi conform specificațiilor MMO. Un pirgeometru se bazează pe același principiu ca și piranometrul dar caracteristica spectrală, indicată cu linia roz în figura 2, este stabilită de o fereastră (sau cupolă) din siliciu care permite trecerea radiațiilor infraroșii îndepărtate și are un strat de acoperire special care blochează radiațiile de unde scurte.

Semnalele de ieșire analogice de ordinul milivolților sunt conectate de regulă la un data logger, care înregistrează și stochează măsurările. Datele pot fi transmise mai departe telemetric sau cu ajutorul unei conexiuni cablate, sau descărcate periodic pentru procesare și analiză. Instrumentele din generația nouă de radiometre inteligente ale Kipp & Zonen pot fi interfațate direct la sisteme digitale de achiziție a datelor.



Passion for Precision

Ce fel de instrumente sunt necesare pentru cercetare sau prospectare?

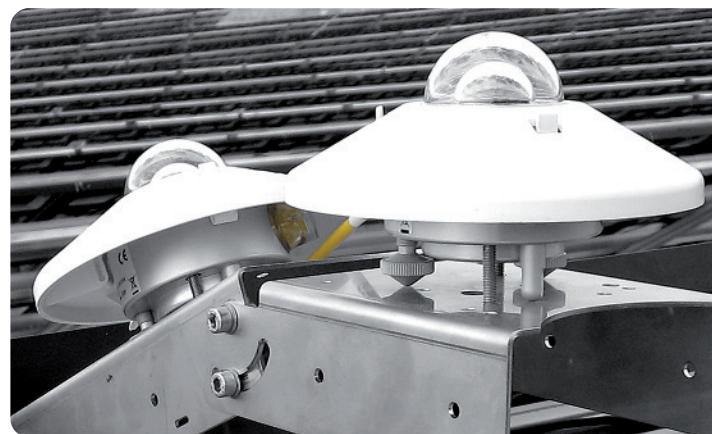
După cum s-a prezentat mai înainte, măsurările piranometrelor de tipul OMM/ISO și ale pirgeometrelor care corespund cerințelor OMM pot fi comparate direct între ele pentru diverse amplasamente oriunde în lume, precum și cu date de la rețele meteorologice, cu informații de la sateliți și cu rezultatele algoritmilor de calcul pentru previziuni de radiații solare. Aceste măsurări nu depind de tehnologie și pot fi folosite pentru orice tip de energie termică solară sau sistem PV și sunt, prin urmare, soluția ideală pentru cercetări de energie solară și prospectarea locațiilor.

Cerința de bază este întotdeauna un piranometru montat orizontal pentru măsurarea radiației globale orizontale (GHI) ca și valoare de referință a amplasamentului. În cercetare și pentru prospectarea amplasamentelor datele de precizie mare (incertitudine scăzută) și de încredere au o importanță deosebită. Acest lucru înseamnă piranometre care satisfac, sau depășesc, clasificarea ISO Secondary Standard. Instrumentele Kipp & Zonen CMP11, CMP21, CMP22, și versiunile 'inteligente' corespunzătoare, pot măsura radiația solară zilnică totală cu o incertitudine foarte mică, de 1 la 2%.

Panourile PV au un câmp vizual larg și trebuie poziționate în așa fel ca să primească cantitatea maximă de radiație solară. În funcție de amplasament și deciziile privind costurile/beneficiile, aceste panouri pot fi instalate într-o poziție fixă, într-un unghi fix. În acest caz singurul instrument de care mai este nevoie va fi un al doilea piranometru. Acesta este de regulă instalat în unghiul ideal pentru acel amplasament pentru a putea măsura 'radiația globală înclinată' cu aceeași vedere ca și cea a panoului fix.

Pentru utilizarea la maxim a energiei solare disponibile, panourile PV sunt deseori instalate pe suporturi care se mișcă pentru a urmări soarele în timpul zilei. În cazul concentratoarelor fotovoltaice (CPV) și

a concentratoarelor de energie solară (CSP) lentilele sau reflectoarele trebuie să fie îndreptate spre soare cu o mare precizie.



Pentru aceste tehnologii este necesară măsurarea radiației directe normale (DNI) cu un pirheliometru și un dispozitiv automat de urmărire a traiectoriei solare. Pirheliometrul trebuie să fie ISO First Class, cum sunt CHP 1 și 'inteligentul' SHP1 ale Kipp & Zonen, care pot măsura cantități totale de radiație solară cu o incertitudine de 1%. Dispozitivul de urmărire solară trebuie să aibă o precizie de orientare de $0,1^\circ$, ceea ce se realizează în cazul aparatelor SOLYS 2 și 2AP ale Kipp & Zonen. Pentru măsurarea GHI, în partea superioară a dispozitivului de urmărire se instalează de regulă un piranometru. Prin adăugarea unui al doilea piranometru și a unui dispozitiv de umbră, se poate măsura radiația difuză normală (DHI). Un al treilea piranometru poate fi montat lateral pe dispozitivului de urmărire, îndreptat spre soare, pentru a se obține o vedere 'global înclinată' în mișcare, identică cu cea al panourilor PV cu urmărire pe două axe.

Materialele semiconductoare fotovoltaice (PV) tradiționale sunt sensibile mai ales pentru părțile vizibile și infraroșii apropiate ale spectrului, de la aproximativ 400 la 1100 nm, cu un vârf tocmai după radiația vizibilă, după cum este indicat de linia verde din figura 2. În funcție de starea cerului, se poate ivi cazul în care este disponibilă o cantitate semnificativă de energie în radiațiile ultraviolete de sub 400 nm, precum și în cele infraroșii îndepărtate care depășesc 1100 nm. Din acest motiv, de la cei care fac cercetări pentru noi materiale se cere să utilizeze și această resursă. Pentru monitorizarea radiației de la 280 la 400nm, în cercetările PV se folosește din ce în ce mai mult radiometrul de radiație 'UV totală' CUV 5 al Kipp & Zonen.

Sistemele cu concentratoare de energie solară (CSP) folosesc de regulă reflectoare în formă de jgheab sau oglinzi de urmărire (heliostate) pentru focalizarea radiației solare asupra unui tub sau turn colector, în care o substanță lichidă sau un gaz este încălzit la temperaturi foarte ridicate (400 la 1.000 °C). Agentul fierbinte este folosit de regulă pentru generarea de aburi care vor acționa asupra unor turbine convenționale pentru producerea de energie electrică. Ca urmare a designului orientat spre reflectare, este ușor de înțeles că în cazul sistemelor CSP lungimea de undă a radiațiilor este mult mai puțin importantă decât în cazul instalațiilor PV. Aceste sisteme pot concentra toate radiațiile disponibile UV DNI, cele din zona vizibilă și cele de unde scurte NIR de la soare și, într-o zi cu nori, radiațiile de unde lungi din atmosferă și de la nori care sunt în câmpul reflectoarelor și oglinzilor. Pentru aceste sisteme, un pirgeometru CGR 3 sau CGR 4 poate fi adăugat pentru măsurarea radiațiilor de unde lungi.

Pentru prospectarea amplasamentelor sistemelor solare, adeseori se mai adaugă și o stație meteo automată simplă. Aceasta va furniza informații suplimentare care pot fi de ajutor în alegerea locului. Eficiența celulelor PV depinde de temperatură și în cazul unor vânturi puternice, s-ar putea

să fie nevoie de elemente de montare foarte rezistente, în caz contrar existând riscul avarierii panourilor. Amplasamentele se află deseori în locuri îndepărtate, iar pentru sistemul de prospectare s-ar putea să fie nevoie de alimentare bazată pe panouri solare și baterii. Kipp & Zonen poate oferi soluții de la un singur piranometru și până la stații complete de monitorizare solară, care cuprind parametri meteorologici, achiziția și stocarea datelor, soluții telemetrice și vizualizarea datelor.

Întreținerea radiometrelor Kipp & Zonen este simplă; trebuie avut grijă ca cupolele și ferestrele să fie curate, iar periodic trebuie schimbat desicantul pentru ca interiorul să rămână uscat. Frecvența operațiunii de curățare poate fi scăzută, și crescută perioda pentru care instrumentul furnizează date de calitate, prin utilizarea unei unități de ventilație, cum este aparatul CVF 3 al Kipp & Zonen, care suflă aer curat peste cupola piranometrului, contribuind în acest fel la îndepărtarea prafului și înlăturarea picăturilor de ploaie și rouă. Pentru topirea zăpezii și a gheții, curentul de aer poate fi încălzit.



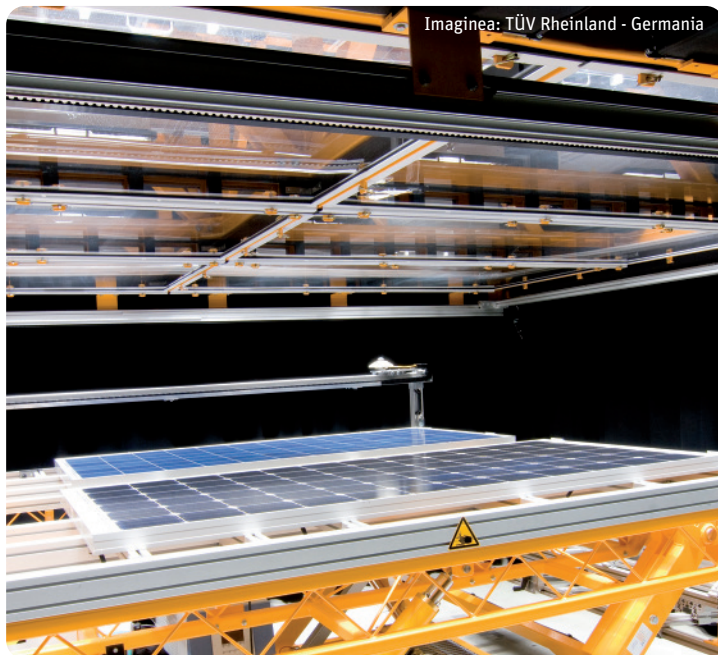
În afară de întreținerea prezentată mai sus, radiometrele trebuie etalonate periodic pentru a asigura funcționarea lor conform specificațiilor. Kipp & Zonen recomandă reetalonarea radiometrelor sale cel puțin din doi în doi ani. Toate certificatele de etalonare Kipp & Zonen sunt furnizate cu calcule complete de incertitudine și trasabilitate la standardele World Radiation Centre din Davos, Elveția.

Passion for Precision

Ce fel de instrumente sunt necesare pentru centrale solare specifice?

În cadrul unei singure centrale s-ar putea să fie nevoie de diverse tipuri de instrumente de măsurare a radiației solare. Alegerea instrumentelor depinde de tehnologia folosită pentru obținerea energiei și de scopul măsurărilor în cadrul funcționării centralei și a procesului tehnologic.

Una din cerințe este cea pentru instrumente de ‘referință’, care sunt folosite pentru cuantificarea energiei solare disponibile la locul amplasamentului. Acestea sunt instrumente de calitate și precizie ridicată, care pot furniza date ce urmează a fi comparate cu cele de la alte amplasamente și alte surse de măsurare, de genul date de la sateliți, și folosite pentru crearea de baze de date de arhivă, curente și cu tendințele pentru o anumită locație.



Există deseori o stație meteorologică automată de înaltă calitate care furnizează informații pentru arhivare și cu privire la tendințele ce pot fi observate în variația parametrilor referitori la vreme. Aceste informații pot fi folosite împreună cu datele de radiații solare ca și date de intrare pentru modele referitoare la prezent și la viitor despre producția centralei. În cazul unei centrale de amploare mare pot exista două sau mai multe stații meteo la margine.

Radiometrele folosite pentru diverse tipuri de centrale de energie solară sunt aceleași cu cele care au fost prezentate în secțiunea anterioară referitoare la cercetare și prospectare. Centralele comerciale vor avea de regulă o stație completă de monitorizare solară pentru GHI, DNI și DHI. Deoarece aceste instrumente sunt incluse într-un proces industrial, de regulă vor fi cel puțin două sisteme, unul din ele fiind de rezervă. Acesta va fi folosit atunci când celălalt set de radiometre este trimis la un laborator pentru etalonare.

O altă cerință este aceea ca piranometrele să verifice eficiența panourilor și a parcurilor centralelor PV. Acestea pot fi instalații fixe sau cu urmărire a traiectoriei. Fiecare invertor are de regulă o intrare pentru un piranometru de ‘referință’, care este folosit pentru calcularea eficienței panourilor conectate la acel invertor. Piranometrul este montat de regulă pe unul din suporturile de panou astfel ca să fie în același plan cu panourile PV. Numărul piranometrelor în cadrul unei stații poate fi mare, așa că în loc de modelele CMP 11, CMP 21, CMP 22 și ‘inteligentul’ SMP11 ISO Secondary Standard ale Kipp & Zonen se folosește modelul CMP 3 sau ‘inteligentul’ SMP3 ISO Second Class.

Piranometrele, de exemplu, CMP 3 și SMP3, au înlocuit în mare măsură ‘celulele de referință’ care erau deseori folosite ca și intrări ale invertoarelor pentru calcularea eficienței. Există numeroase explicații pentru acest lucru.

Modulele PV sunt caracterizate în condiții de test standard. Acest lucru înseamnă că sunt folosite simulatoare solare care pot supraaprecia semnificativ performanțele pe care le va avea modulul în condiții de funcționare reale, cu temperaturi variabile, depuneri de murdărie, efectele liniarității etc. O celulă de ‘referință’ de același tip va avea aceleași probleme, se va murdări în același ritm și va îmbătrâni în același ritm, ceea ce va duce la indicarea unei eficiențe de 100 %, ceea ce e departe de realitate.

Există momentan numeroase tipuri de panouri PV și de celule de referință, ceea ce face dificilă compararea unui tip cu altul, mai ales atunci când au caracteristici spectrale (reduse) diferite. Această nepotrivire spectrală poate atinge cu ușurință valori de 10% și poate avea ca rezultat calcule de eficiență de peste 100%! Celulele de referință și panourile de referință sunt, de fapt, ele însele deseori calibrate în laborator, folosindu-se ca și referință un piranometru Kipp & Zonen.

Deoarece piranometrele cu termopilă au o caracteristică spectrală palier pentru un domeniu spectral larg, ele măsoară toată radiația solară disponibilă pentru panoul PV și este ușor de urmărit cât de eficient este folosită acea energie de panouri de orice tip, fiind posibilă și realizarea de comparații care prezintă sens. Panourile solare plate se murdăresc mult mai repede decât piranometrele cu cupole de forme speciale. Acest lucru înseamnă că se poate vedea scăderea eficienței panoului pe termen scurt ca urmare a murdăririi, pe termen lung ca urmare a îmbătrânirii, precum și o schimbare bruscă cauzată de defectarea panoului sau a invertorului.

Unele standarde internaționale, cum este, de exemplu, IEC 61724 ‘Monitorizarea calităților de funcționare a sistemelor fotovoltaice - Recomandări pentru măsurarea, transferul și analiza datelor’, precizează că trebuie folosite piranometre pentru calculele de eficiență.



Passion for Precision

Instrumente Kipp & Zonen pentru toate măsurările de radiație solară de care aveți nevoie



Kipp & Zonen proiectează și fabrică echipamente de măsurare a radiației solare din anul 1924 și a livrat instrumentele sale timp de decenii la rând pentru organizații de vârf din domeniile meteorologiei, climatologiei și științei atmosferei, pentru institute de cercetare și companii energetice peste tot în lume.

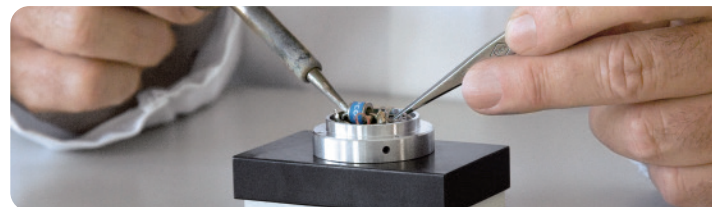
Pe lângă radiometre și dispozitive de urmărire solară, Kipp & Zonen furnizează o gamă largă de accesorii, data loggere și soluții de interfațare. Etalonările instrumentelor noastre sunt trasabile în totalitate la World Radiometric Reference în World Radiation Centre din Davos, Elveția, și la standarde internaționale relevante.

Cea mai nouă generație de radiometre este cea a celor 'inteligente' care au convertoare analog-digitale integrate și microprocesoare cu procesare digitală a semnalului. Aceste instrumente realizează corectarea polinomială a temperaturii, au timp de răspuns mai rapid și sunt prevăzute cu comunicare bidirecțională RS-485 cu protocol Modbus®, care permite conectarea directă la sisteme industriale digitale de achiziție a datelor și de control (SCADA, PLC etc.). Radiometrele sunt adresabile individual, ceea ce face posibilă conectarea împreună a multor instrumente de-a lungul unui singur cablu multidrop. Acest lucru face instalarea mai simplă și reduce prețul cablurilor.

Radiometrele 'inteligente' sunt prevăzute și cu convertoare digital-analogice. Acestea asigură performanțe îmbunătățite prin ieșirile de 0 la 1 V sau 4 la 20 mA. Atât ieșirile digitale, cât și cele analogice, au domenii standardizate, ceea ce permite o instalare rapidă și asigură interschimbabilitatea instrumentelor în cazul reetalonărilor.

Kipp & Zonen are o reputație mondială în ceea ce privește calitatea, seriozitatea, experiența și asistența oferită. Toate produsele noastre sunt livrate cu o perioadă de garanție de doi ani. Există și posibilitatea extinderii garanției cu încă 3 ani.

Pentru mai multe informații vă rugăm să vizitați pagina noastră web la www.kippzonen.com.



Câțiva dintre beneficiarii cei mai importanți

Brazilia

SONDA • Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais

Chile

Mainstream Renewable Power
Pontificia Universidad Católica de Chile

Franța

Akuo Energy
Bertin Technologies
CNR • Compagnie Nationale du Rhône
CSTB • Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
EDF • Energies Nouvelles
Eole-Res
INES • Institut National de l'Énergie Solaire
LE2P Université de la Réunion
Université de Corse
Veolia Environnement Recherche & Innovation

Germania

Alfred-Wegener-Institute
CSP Services GmbH
Deutscher Wetterdienst
DLR • Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Forschungszentrum Jülich
GE:NET GmbH
IBC Solar
ISE • Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme
Meteocontrol GmbH
Skytron Energy GmbH Berlin
Soitec Solar GmbH
TÜV Rheinland
University Potsdam and others in Germany
ZSW • Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung

Italia

Albarubens
AES Sole Italia
CAE
Comitato Ev-K2
Elettrica Riese
ENEA
juwi Energie Rinnovabili
Rebaioli
RSE
SIEMENS

Coreea de Sud

KIER • Korea Institute of Energy Research

Olanda

KNMI • Royal Netherlands Meteorological Institute

Singapore

Precicon D&C Pte. Ltd

Africa de Sud

Centre for Renewable and Sustainable Energy Studies
Stellenbosch University, Faculty of Engineering

Spania

Abengoa Bioenergía
ACCIONA Energy
CENER • Centro Nacional de Energías Renovables
Endesa
Enho
Iberdrola
Medioambientales y Tecnológicas
PSA-CIEMAT • Plataforma Solar de Almería-Centro de Investigaciones Energéticas Renovables SAMCA
Solucar

Elveția

EPFL • École Polytechnique Fédérale de Lausanne
ETH Zürich • Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Interstaatliche Hochschule Buchs
Meteolabor AG
MeteoSwiss
Oerlikon Solar
University Basel

United Kingdom

Lightsource Renewable Energy Ltd

SUA

Campbell Scientific
GroundWork
juwi solar inc.
Surya Design

Passion for Precision

Configurații de sisteme

Monitorizare solară de bază

Pentru panouri fixe (înclinate)

- 1 piranometru orizontal pentru radiația globală
- 1 piranometru înclinat pentru radiația globală înclinată

Instrumente recomandate:

CMP 3 | SMP3 | CMP 6 | CMP 11 | SMP11

Monitorizare solară avansată

Pentru sisteme cu concentratoare și /sau cu urmărire

- 1 piranometru orizontal pentru radiație globală
- 1 pirheliometru cu dispozitiv de urmărire solară pentru radiația directă
- 1 piranometru înclinat atașat de dispozitivul de urmărire solară
- 1 pirgeometru orizontal pentru radiații infraroșii (sisteme termice)

Instrumente recomandate:

CMP 11 | SMP11 | CHP 1 | SHP1 | SOLYS 2 | CGR 4

Sistem complet de monitorizare solară

Cuprinde măsurarea radiației globale, directe, difuze și a celei globale înclinate

- 1 piranometru pentru radiația globală
- 1 pirheliometru cu dispozitiv de urmărire solară pentru radiația directă
- 1 piranometru înclinat atașat de dispozitivul de urmărire solară
- 1 piranometru umbrat pentru radiația difuză (ansamblul de umbrire se găsește pe dispozitivul de urmărire)
- 1 pirgeometru orizontal pentru radiații infraroșii (sisteme termice)

Instrumente recomandate:

CMP 11 | SMP11 | CMP 21 | CHP 1 | SHP1 | SOLYS 2 | CGR 4

Standarde IEC relevante pentru testarea panourilor PV

IEC 60904 Dispozitive fotovoltaice

Partea 1: Măsurarea caracteristicilor curent - tensiune ale dispozitivelor fotovoltaice

IEC 61215 Module fotovoltaice (PV) cu siliciu cristalin pentru aplicații terestre
Certificarea concepției și omologare

IEC 61646 Module fotovoltaice (PV) în straturi subțiri pentru aplicații terestre
Calificarea proiectului și omologare

IEC 61724 Monitorizarea calităților de funcționare a sistemelor fotovoltaice
Recomandări pentru măsurarea, transferul și analiza datelor

IEC 61853 Incercări de performanță și caracteristici nominale de energie ale modulelor fotovoltaice (PV)

IEC 62108 Module și ansambluri fotovoltaice concentratoare
Calificarea proiectului și omologare

Standarde EN relevante pentru panouri solare termice

EN 12975 Instalații termice solare și componente ale acestora. Captatoare solare

Standarde ISO relevante pentru piranometre

ISO 9060 Specificații și clasificarea instrumentelor

ISO 9847 Etalonarea piranometrelor de teren

Trasabilitate

Toate instrumentele de radiație solară ale Kipp & Zonen sunt trasabile în totalitate la World Radiometric Reference (WRR) în Davos, Elveția, unde instrumentele Kipp & Zonen fac parte din Grupul de Etalon Mondial.



Kipp & Zonen B.V.

Delftechpark 36, 2628 XH Delft
P.O. Box 507, 2600 AM Delft
The Netherlands

T: +31 (0) 15 2755 210

F: +31 (0) 15 2620 351

info@kipppzonen.com

www.kipppzonen.com

Go to www.kipppzonen.com for your local distributor