

Opbrengst van zonnepanelen op het zuiden afhankelijk van de dakhoek (slope) en de maand.

Op 11-3-2024 heb ik de notitie geschreven: “Opbrengst van zonnepanelen in december afhankelijk van de dakhoek (slope) en de stand t.o.v. het zuiden (azimuth)”. Op 20-3-2024 heb ik de notitie geschreven: “Opbrengst van zonnepanelen in juni afhankelijk van de dakhoek (slope) en de stand t.o.v. het zuiden (azimuth)”. Het lijkt zinnig om uit te zoeken hoe hoog de opbrengst voor andere maanden is maar om de zaak niet te gecompliceerd te maken, wordt nu alleen gekeken naar panelen die perfect op het zuiden staan en waarvoor de scheefhoek ofte wel de azimuth dus 0° is. De berekeningen werden uitgevoerd met behulp van de website van PVGIS Europe die als link heeft:

https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis_en

Op deze website klik je eerst op het blok “Photovoltaic performance”. Links op het blad dat dan opent, staat een kaartje. Je moet dan op Nederland klikken want anders werkt er niets. Je kunt dan rechts invullen hoeveel kW piek er totaal geïnstalleerd wordt. Je kunt ook de dakhoek ofte wel de hellingshoek (slope) en de scheefhoek t.o.v. het zuiden (azimuth) invullen. Als je dan klikt op het blok “Vizualize results” dan krijg je een staafdiagram met de opbrengst per maand in kWh. Als je de cursor op de staaf houdt, dan wordt de opbrengst in kWh gegeven.

Stel we kiezen het aantal zonnepanelen zodanig dat het piekvermogen 10 kW is. Hiervoor zijn ongeveer 24 panelen van 1,1 m breed, 1,75 m hoog en 430 W piek nodig. Voordelen van de keuze van 10 kW piek zijn dat de waardes voor een ander piekvermogen eenvoudig van die voor 10 kW piek afgeleid kunnen worden en dat bij afronding van de maandopbrengst op één kWh, maar een kleine fout gemaakt wordt.

De opbrengst wordt per maand gegeven maar de maanden zijn niet allemaal even lang en dit geeft een vertekend beeld. Daarom werd bepaald hoeveel uren er in elke maand zitten. Voor februari werd ervan uitgegaan dat deze maand 28 dagen = 672 uur heeft omdat het totaal aantal uren in een jaar dan precies deelbaar is door 12 en een gemiddelde maand dan 730 uur heeft. Als de maandopbrengst in kWh gedeeld wordt door het aantal uren in die maand dan krijgt men het gemiddelde vermogen in kW. Wordt deze waarde vermenigvuldigd met 1000, dan krijgt men het gemiddelde vermogen in W.

De berekeningen werden op 10-4-2024 uitgevoerd voor de vijf dakhoeken 15°, 30°, 45°, 60° en 75° maar op 10-3-2025 werd een dakhoek van 90° toegevoegd. De waardes voor de andere dakhoeken werden ook opnieuw berekend. De opbrengst in kWh afgerond op 1 kWh en het vermogen in W afgerond op 1 W wordt gegeven in tabel 1.

Maand	Uren	Dakhoek 15°		Dakhoek 30°		Dakhoek 45°		Dakhoek 60°		Dakhoek 75°		Dakhoek 90°	
		kWh	W	kWh	W	kWh	W	kWh	W	kWh	W	kWh	W
januari	744	262	352	338	454	391	526	419	563	422	567	401	539
februari	672	420	622	501	742	551	816	570	844	558	827	513	760
maart	744	808	1086	894	1202	933	1254	922	1239	863	1160	755	1015
april	720	1147	1593	1195	1660	1184	1644	1114	1547	987	1371	804	1117
mei	744	1297	1743	1290	1734	1229	1652	1109	1491	933	1254	715	961
juni	720	1326	1842	1293	1796	1211	1682	1072	1489	881	1224	656	911
juli	744	1282	1723	1260	1694	1187	1595	1060	1425	881	1184	665	894
augustus	744	1138	1530	1159	1558	1126	1513	1040	1398	902	1212	715	961
september	720	911	1265	985	1368	1009	1401	980	1361	899	1249	768	1067
oktober	744	591	794	687	923	743	999	758	1019	731	983	663	891
november	720	323	449	408	567	466	647	495	688	496	689	468	650
december	744	210	282	276	371	323	434	350	470	356	478	340	457
totaal	8760	9715	13281	10286	14069	10353	14163	9889	13534	8909	12198	7463	10223

Tabel 1 Opbrengst per maand afhankelijk van de dakhoek voor 10 kW piek en een scheefhoek van 0°

Uit tabel 1 blijkt dat de jaaropbrengst in kWh het hoogst is voor een dakhoek van 45° (10353 kWh) maar voor een dakhoek van 30° is hij maar iets lager (10286 kWh). De jaaropbrengst voor een dakhoek van 60° is nog weer wat lager (9889 kWh). Een grotere dakhoek dan 60° of een kleinere dakhoek dan 30° is niet aan te raden als alleen de jaaropbrengst belangrijk is wat het geval is als men mag salderen. Maar als de prijs die men in de winter voor een geleverde kWh ontvangt veel hoger is dan in de zomer, dan is een grote dakhoek juist gunstig.

Voor elke dakhoek kan nu voor elke maand bepaald worden hoeveel procent de maandopbrengst in kWh is van de totale jaaropbrengst in kWh. Maar dit geeft een vertekend beeld omdat de maanden niet allemaal even lang zijn. Als de vermogens in W gesommeerd worden en het maandvermogen in W vergeleken wordt met dit gesommeerde vermogen in W, dan wordt de vertekening opgeheven. Dit geeft dus de percentages voor het geval alle twaalf maanden even lang zouden zijn. Het resultaat van deze laatste procedure wordt gegeven in tabel 2.

Maand	Uren	Dakhoek 15°		Dakhoek 30°		Dakhoek 45°		Dakhoek 60°		Dakhoek 75°		Dakhoek 90°	
		W	%	W	%	W	%	W	%	W	%	W	%
januari	730	352	2,65	454	3,23	526	3,71	563	4,16	567	4,65	539	5,27
februari	730	622	4,68	742	5,27	816	5,76	844	6,24	827	6,78	760	7,43
maart	730	1086	8,18	1202	8,54	1254	8,85	1239	9,15	1160	9,51	1015	9,93
april	730	1593	11,99	1660	11,80	1644	11,61	1547	11,43	1371	11,24	1117	10,93
mei	730	1743	13,12	1734	12,32	1652	11,66	1491	11,02	1254	10,28	961	9,40
juni	730	1842	13,87	1796	12,77	1682	11,88	1489	11,00	1224	9,21	911	8,91
juli	730	1723	12,97	1694	12,04	1595	11,26	1425	10,53	1184	9,71	894	8,74
augustus	730	1530	11,52	1558	11,07	1513	10,68	1398	10,33	1212	9,94	961	9,40
september	730	1265	9,52	1368	9,72	1401	9,89	1361	10,06	1249	10,24	1067	10,44
oktober	730	794	5,98	923	6,56	999	7,05	1019	7,53	983	8,06	891	8,72
november	730	449	3,38	567	4,03	647	4,57	688	5,08	689	5,65	650	6,36
december	730	282	2,12	371	2,64	434	3,06	470	3,47	478	3,92	457	4,47
totaal	8760	13281	100	14069	100	14163	100	13534	100	12198	100	10223	100

Tabel 2 Percentage van de jaaropbrengst als functie van de dakhoek voor gelijke maandlengtes

December is de lastigste maand omdat de opbrengst in die maand het kleinst is. Het geleverde vermogen in december is het hoogst voor een dakhoek van 75° (478 W) maar ook nog behoorlijk hoog voor een dakhoek van 60° (470 W) en voor een dakhoek van 90° (457 W). Het is dus voor een dakhoek van 75° maar $478 - 470 = 8$ W hoger dan voor een dakhoek van 60°. Bij grote dakhoeken is het vermogen het hoogst in april. Het is 1371 W voor een dakhoek van 75° en 1547 W voor een dakhoek van 60°. Een dakhoek van 75° in plaats van 60° geeft dus in april een verlaging van $1547 - 1371 = 176$ W. Dit toont aan dat het niet nodig is om de dakhoek groter dan 60° te kiezen.

In tabel 2 is te zien dat bij een dakhoek van 90° in december 4,47 % van de jaaropbrengst geleverd wordt, dat bij een dakhoek van 75° in december 3,92 % van de jaaropbrengst geleverd wordt en dat bij een dakhoek van 60° in december 3,47 % van de jaaropbrengst geleverd wordt. Bij een dakhoek van 15° is dit in december maar 2,12 %.

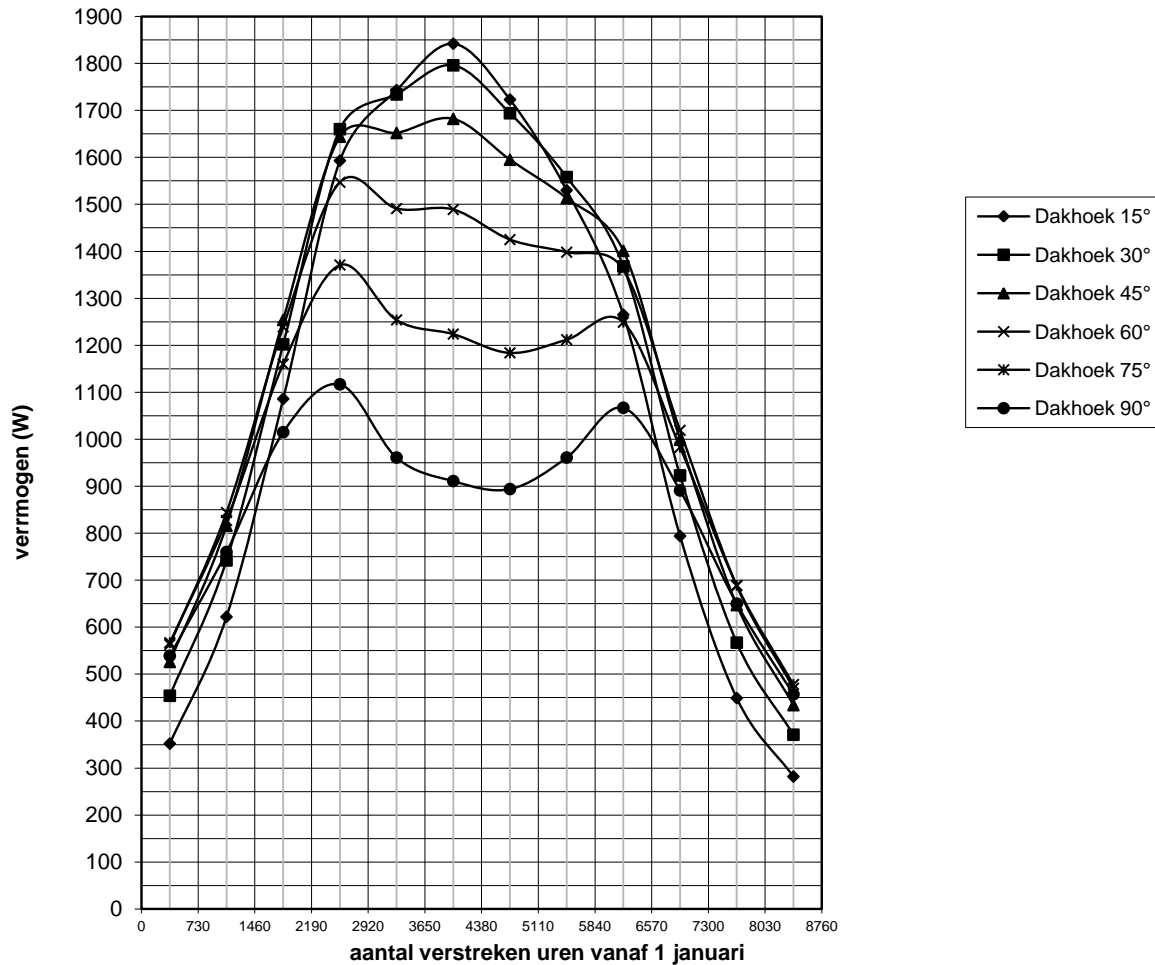
Bij een dakhoek van 15° is het maximum vermogen 1842 W (in juni) en het minimum vermogen 282 W (in december). In december wordt dus een factor $282 / 1842 = 0,153$ van het maximum vermogen geleverd wat een aanzienlijke onbalans van het net veroorzaakt.

Bij een dakhoek van 60° is het maximum vermogen 1547 W (in april) en het minimum vermogen 470 W (in december). In december wordt dus een factor $470 / 1547 = 0,304$ van het maximum vermogen geleverd waardoor de onbalans die op het net veroorzaakt wordt, aanzienlijk kleiner is dan voor een dakhoek van 15°.

Bij een dakhoek van 75° is het maximum vermogen 1371 W (in april) en het minimum vermogen 478 W (in december). In december wordt dus een factor $478 / 1371 = 0,349$ van het maximum vermogen geleverd waardoor de onbalans die op het net veroorzaakt wordt nog kleiner is dan voor een dakhoek van 60°.

Bij een dakhoek van 90° is het maximum vermogen 1117 W (in april) en het minimum vermogen 457 W (in december). In december wordt dus een factor $457 / 1117 = 0,409$ van het maximum vermogen geleverd waardoor de onbalans die op het net veroorzaakt wordt nog weer kleiner is dan voor een dakhoek van 75°.

Om het geleverde vermogen uit tabel 1 of 2 grafisch te kunnen weergeven werd het totaal aantal uren per jaar op de x-as gezet. Er werd aangenomen dat elke maand $8760 / 12 = 730$ uur heeft. De gevonden vermogens werden weergegeven voor het midden van de maand en voor januari dus na $730 / 2 = 365$ uur. Voor februari dus na $365 + 730 = 1095$ uur. Voor maart dus na $1095 + 730 = 1825$ uur, enz. De gevonden vermogens worden gegeven in figuur 1 als functie van het aantal uren dat verstreken is vanaf 1 januari, 0 uur.



Figuur 1 Opgewekt vermogen bij 10 kW piek als functie van de dakhoek en het aantal verstreken uren vanaf 1 januari voor gelijke maandlengtes en een scheefhoek van 0°

Bij een maand van 730 uur loopt januari dus van 0 tot 730 uur. Februari loopt van 730 tot 1460 uur. Maart loopt van 1460 tot 2190 uur, enz.

In figuur 1 is te zien dat er voor grote dakhoeken voor de zomermaanden een dip in de krommen zit. De dip is het grootst voor een dakhoek van 90°. Voor kleine dakhoeken is de opbrengst juist het hoogst gedurende de zomermaanden. De dip bij grote dakhoeken wordt veroorzaakt doordat vanwege de grote maximale zonshoogte in juni, het oppervlak van het paneel, geprojecteerd haaks op de zonnestrallen, aanmerkelijk kleiner is dan het werkelijke paneeloppervlak.

Een dakhoek van 60° levert in december 470 W. Een dakhoek van 30° levert in december 371 W. Een dakhoek van 60° levert in december dus een factor $470 / 371 = 1,267$ meer dan een dakhoek van 30°. Een dakhoek van 60° levert in mei 1491 W. Een dakhoek van 30° levert in mei 1734 W. Een dakhoek van 60° levert in mei dus een factor $1491 / 1734 = 0,860$ minder dan een dakhoek van 30°. Het absolute verschil in december is $470 - 371 = 99$ W. Het absolute verschil in mei is $1734 - 1491 = 243$ W. Het voordeel van een kleine dakhoek in mei is dus groter dan het voordeel van een grote dakhoek in december.

Als we de jaaropbrengsten, zoals die in tabel 1 gegeven worden, met elkaar vergelijken dan zien we dat voor een dakhoek van 60° een jaaropbrengst van 9889 kWh geldt en dat voor een dakhoek van 30° een jaaropbrengst van 10286 kWh geldt. Dat scheelt dus $10286 - 9889 = 397$ kWh. Zolang de salderingsregeling geldt, is een kleine dakhoek dus goed te verdedigen. Maar als deze afgeschaft wordt, dan is 's winters geleverde energie veel meer waard dan 's zomers geleverde energie en dan is de hogere opbrengst in december en januari bij een grote dakhoek juist erg belangrijk om een hoog rendement van de investering te verkrijgen.