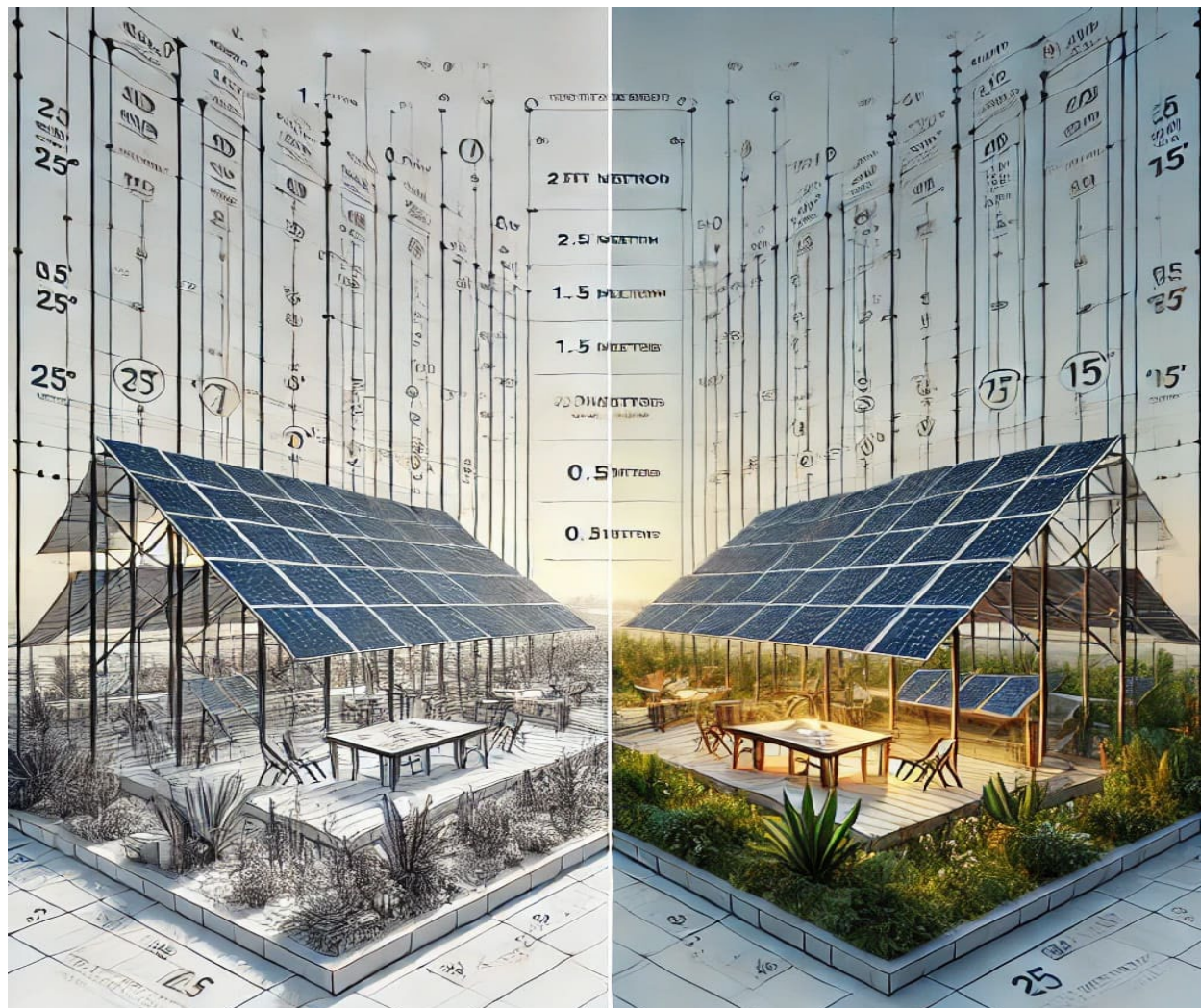
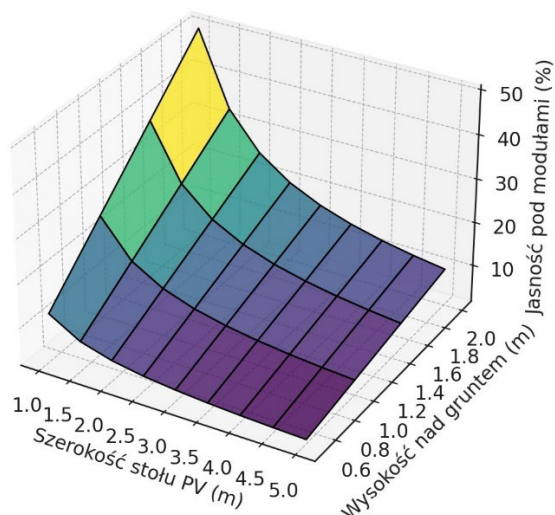
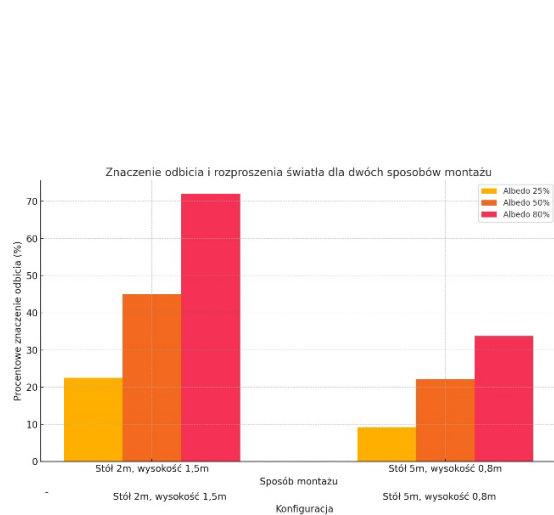


Efektywność energetyczna dwustronnych instalacji gruntowych

Wschód-zachód



Albedo gruntu: 25%



Optymalizacja montażu, moduły bifacial muszą być zamontowane w sposób, który sprzyja ich optymalnej pracy. Główne aspekty instalacji, które warto ocenić:

1. **Wysokość montażu:** Moduły są zamontowane na odpowiedniej wysokości, co pozwala na optymalne odbicie promieni słonecznych od powierzchni pod nimi. Wyższe umiejscowienie pomaga w większym doświetleniu tylnej strony modułów, co zwiększa efektywność.
2. **Brak zasłaniających profili:** Brak jakichkolwiek elementów zasłaniających tylne powierzchnie paneli, takich jak profile montażowe, jest kluczowy dla modułów bifacial. Dzięki temu mogą one efektywniej wykorzystać odbite światło.
3. **Doświetlenie boczne:** Obecność przestrzeni i otwarta konstrukcja pozwalają na swobodny dostęp światła, co dodatkowo podnosi wydajność modułów.
4. **Podłoże:** Nawet jeżeli powierzchnia pod panelami (trawa, śnieg) może wpływać na odbicie światła, ich wysoka konstrukcja sprzyja poprawie pracy tylnej strony.

Fizyka działania

Moduły bifacial korzystają z promieniowania odbitego (albedo) i rozproszonego, a ich efektywność wzrasta przy takich warunkach montażowych, jak na zdjęciu. Jasna przestrzeń pod modułami (np. śnieg) dodatkowo wspomaga pracę tylnej strony.

Podsumowując, instalacja na zdjęciu wygląda na zoptymalizowaną dla modułów bifacial, szczególnie pod kątem maksymalizacji efektywności tylnej strony.



1. Wpływ szerokości stołu na doświetlenie tylnej strony modułów

- W wąskich stołach (np. szerokość jednego rzędu paneli, ok. 2 metry) **światło odbite i rozproszone** jest znacznie lepiej dostępne dla tylnej strony paneli. Dzięki temu tylna strona pracuje intensywniej, co bezpośrednio przekłada się na wyższą efektywność systemu.
- W przypadku szerokich stołów (np. 5-6 metrów, gdzie kilka rzędów paneli leży obok siebie), obszar pod panelami jest bardziej zacieniony. Światło trudniej dociera do tylnej strony modułów, ponieważ jest blokowane przez górne moduły w środku stołu. To powoduje zmniejszenie uzysku z tylnej strony.

2. Wpływ wysokości montażu

- Wyższe ustawienie paneli sprzyja lepszemu oświetleniu pod nimi, ponieważ promienie słoneczne mają więcej miejsca, aby odbijać się i docierać do tylnej strony modułów.
- W wąskich stołach wysoko zamontowane moduły pozwalają nawet na **bezpośrednie docieranie światła słonecznego pod panele**, co znacząco zwiększa uzysk z tylnej strony.

3. Znaczenie odbicia i rozproszenia światła

- Podłoże (np. jasne powierzchnie, takie jak śnieg czy piasek) ma duży wpływ na ilość światła odbitego docierającego do tylnej strony paneli.
- Przy węższych stołach i większej ilości światła docierającego pod panele, efekt albedo (odbicia od podłoża) jest w pełni wykorzystywany.

4. Efektywność energetyczna

- Wąskie stoły, szczególnie wysoko zamontowane, zapewniają **nawet kilkukrotnie większy uzysk z tylnej strony paneli** w porównaniu do szerokich stołów. Dzieje się tak dzięki lepszemu oświetleniu i mniejszym ograniczeniom dostępu światła.
- Szersze stoły są mniej efektywne dla modułów bifacial, ponieważ ograniczają dostęp światła do tylnej strony paneli, szczególnie w środkowych rzędach.

Podsumowanie:

W przypadku modułów bifacial:

- **Węższe stoły** są znacznie bardziej efektywne niż szersze, ponieważ pozwalają na lepsze oświetlenie tylnej strony paneli.
- **Wysokie zamontowanie** paneli dodatkowo zwiększa ilość światła odbitego i rozproszonego, co podnosi uzyski energetyczne.

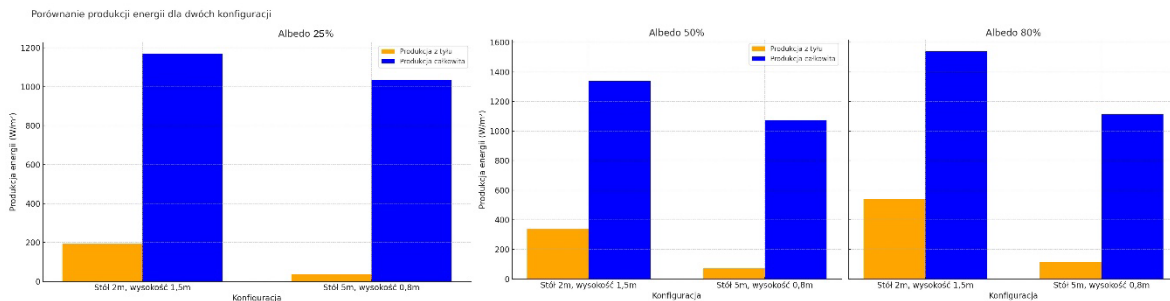
- **Bezpośrednie docieranie światła pod panele** w przypadku wąskich stołów dodatkowo poprawia efektywność, co jest fizycznie uzasadnione i prowadzi do większych zysków energetycznych.

Taka konfiguracja (wąskie stoły, wyższe ustawienie) jest więc najbardziej zalecana, jeśli celem jest maksymalizacja uzysków energii z modułów bifacial.

Wpływ szerokości stołu na doświetlenie tylnej strony modułów

Porównanie produkcji energii dla dwóch konfiguracji wschód-zachód 25°

1. Stół o szerokości 2 m i wysokości 1,5 m
2. Stół o szerokości 5 m i wysokości 0,8 m



Powyższe wykresy przedstawiają porównanie produkcji energii dla dwóch konfiguracji paneli bifacial (szerokość stołu i wysokość nad gruntem) przy różnych wartościach albedo gruntu: **50%** i **80%**.

Wnioski:

1. Albedo 25%:

- **Stół 2m, wysokość 1,5m:** Produkcja z tyłu wynosi około **168 W/m²**, a łączna produkcja (przód + tył) to **1168 W/m²**.
- **Stół 5m, wysokość 0,8m:** Produkcja z tyłu wynosi około **36 W/m²**, a łączna produkcja to **1036 W/m²**.

2. Albedo 50%:

- **Stół 2m, wysokość 1,5m:** Produkcja z tyłu wynosi około **336 W/m²**, a łączna produkcja (przód + tył) to **1336 W/m²**.

- **Stół 5m, wysokość 0,8m:** Produkcja z tyłu wynosi około **72 W/m²**, a łączna produkcja to **1072 W/m²**.
- Wyraźna przewaga wąskiego i wyższego stołu (2m, 1,5m), który lepiej wykorzystuje odbite światło.

2. Albedo 80%:

- **Stół 2m, wysokość 1,5m:** Produkcja z tyłu wynosi około **538 W/m²**, a łączna produkcja to **1538 W/m²**.
- **Stół 5m, wysokość 0,8m:** Produkcja z tyłu wynosi około **115 W/m²**, a łączna produkcja to **1115 W/m²**.
- Przy wysokim albedo efekt większej jasności pod modułami znacząco zwiększa korzyści w konfiguracji z wyższymi modułami i mniejszą szerokością stołu.

Wnioski:

- **Stół o szerokości 2 m i większej wysokości (1,5 m)** znacznie lepiej wykorzystuje odbicie światła od podłoża, co zwiększa produkcję tylnej strony.
- Szeroki stół (5 m) i niska wysokość (0,8 m) ograniczają dopływ światła do tylnej strony paneli, obniżając całkowitą produkcję.

Rekomendacje:

- Optymalna konfiguracja dla maksymalizacji produkcji energii z obu stron modułów bifacial to stół o mniejszej szerokości i większej wysokości nad gruntem.

Kluczowe obserwacje:

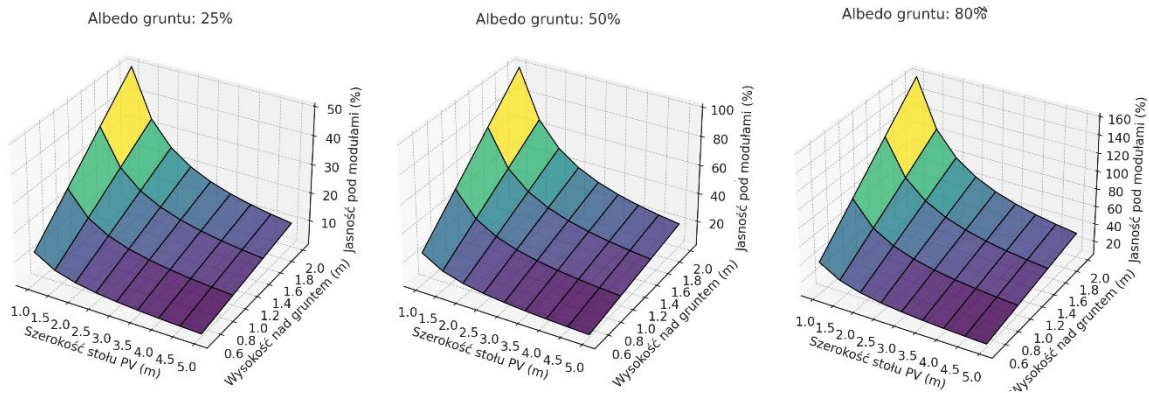
- Wysokie albedo (np. 80%) maksymalizuje potencjał tylnej strony paneli, szczególnie przy optymalnej konfiguracji (2m szerokości, 1,5m wysokości).
- Szeroki i niski stół (5m, 0,8m) generuje znacznie niższą produkcję z tylnej strony, nawet przy wyższym albedo.

Rekomendacja:

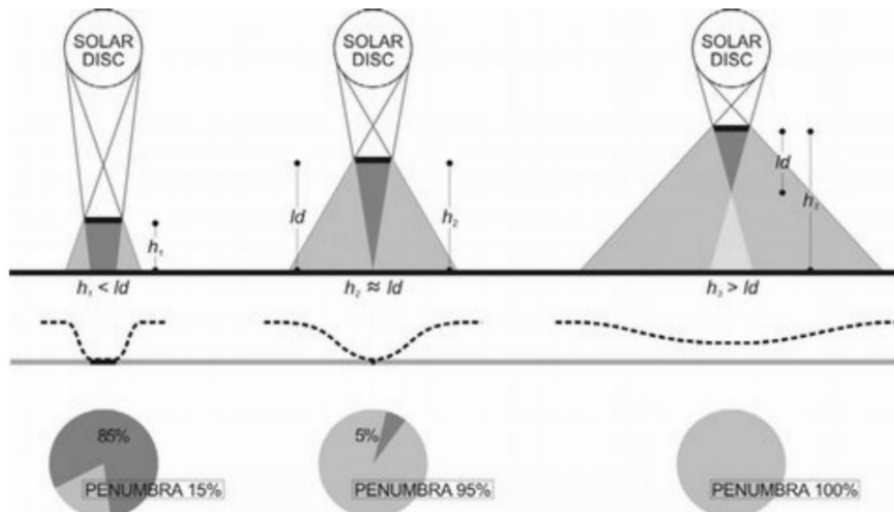
Aby zoptymalizować uzysk energii, należy dążyć do:

- Węższych stołów (ok. 2m szerokości).
- Większej wysokości paneli nad gruntem (ok. 1,5m).
- Stosowania jasnych powierzchni o wysokim albedo (np. biały żwir, śnieg) w celu poprawy odbicia światła.

Wpływ wysokości montażu



Powyższe wykresy przedstawiają zależność jasności pod modułami bifacial od szerokości stołu PV oraz wysokości nad gruntem dla różnych wartości albedo gruntu:



Zmienność proporcji między cieniem a półcieniem.

Im większa wysokość nieprzezroczystego obiektu h , tym bardziej zmniejsza się rozmiar jego cienia.

Strefa półcienia zwiększa się wprost proporcjonalnie do wysokości obiektu nieprzezroczystego, a odwrotnie proporcjonalnie do jego szerokości aż osiągnie graniczną odległość l_d w którym cień znika i całkowicie staje się półcieniem

Wnioski:

1. Albedo 25%:

- Jasność pod modułami jest najniższa, co oznacza mniejsze korzyści dla tylnej strony paneli.
- Konfiguracje z wyższą wysokością modułów i węższą szerokością stołu są nieco bardziej korzystne, ale wpływ jest ograniczony.

2. Albedo 50%:

- Znaczna poprawa jasności pod modułami, szczególnie przy większej wysokości modułów.
- W tym przypadku moduły na wysokości około **1,5–2 m** nad gruntem i szerokość stołu do **2–3 m** zapewniają najlepsze efekty.

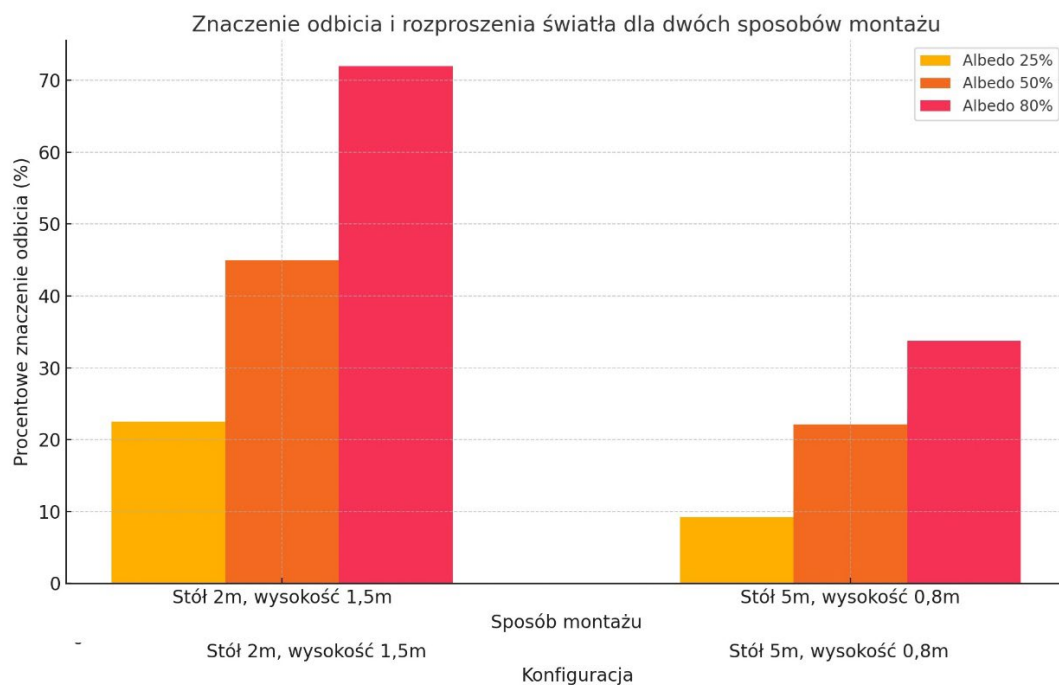
3. Albedo 80%:

- Maksymalny wzrost jasności pod modułami, co znacznie poprawia uzysk z tylnej strony paneli bifacial.
- Wyższe moduły (1,5–2 m) nad jasnym podłożem o wysokim albedo (np. śnieg, biały żwir) w połączeniu z wąskim stołem (do 2 m szerokości) dają najbardziej efektywną konfigurację.

Optymalizacja:

- Wysokie albedo (np. 80%) znacząco zwiększa potencjał tylnej strony paneli bifacial, szczególnie w konfiguracjach z wyższą wysokością i wąskim stołem.
- Jeżeli albedo gruntu jest niskie (np. 25%), instalacja powinna być zoptymalizowana przez zwiększenie wysokości modułów i zastosowanie jasnego podłoża w celu poprawy odbicia światła.

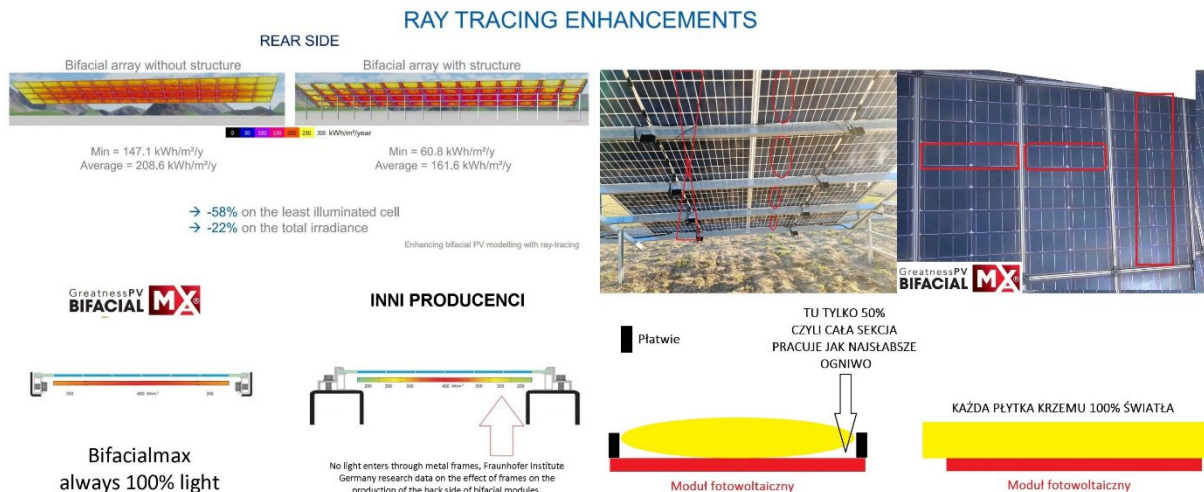
Znaczenie odbicia i rozproszenia światła



Znaczenie odbicia i rozproszenia światła

- Podłoże (np. jasne powierzchnie, takie jak śnieg czy piasek) ma duży wpływ na ilość światła odbitego docierającego do tylnej strony paneli.
- Przy węższych stołach i większej ilości światła docierającego pod panele, efekt albedo (odbicia od podłoża) jest w pełni wykorzystywany.

Wpływ zacienień tworzonych przez konstrukcje wsporcze.



Analiza i załączone grafiki bardzo trafnie pokazują, jak sposób montażu wpływa na efektywność modułów bifacial. Sposób instalacji przedstawiony na grafikach, w którym:

1. Brak zacienień – konstrukcja wsporcza nie zasłania żadnej części tylnej strony modułów.
2. Moduły nie leżą na profilach – profile są umieszczone pomiędzy modułami, dzięki czemu cała powierzchnia tylna modułu jest równomiernie oświetlana.
3. Pełne doświetlenie każdej płytki krzemu – nawet w miejscach przy ramkach modułu.

Zysk energetyczny

Taki sposób montażu rzeczywiście może zapewnić bardzo znaczący wzrost produkcji energii z tyłu modułów. Dlaczego?

1. Zasada najłabszego ogniwa: Jak wspominałeś, efektywność modułu bifacial zależy od najłabszej doświetlonej ogniwa. Nawet niewielkie zacienienie

jednej płytki krzemu powoduje spadek efektywności całego modułu. Brak zacienień konstrukcyjnych eliminuje ten problem.

2. Idealne doświetlenie na całej powierzchni: W przypadku instalacji, gdzie moduły są w pełni odsłonięte i ustawione w odpowiedniej odległości od podłoża, światło odbite i rozproszone równomiernie dociera do tylnej strony. Zwiększa to produkcję z tyłu o nawet 150–200%, jak wskazałeś.
3. Eliminacja strat od konstrukcji: Typowe konstrukcje, w których profile wsporcze znajdują się pod modułami, mogą powodować zacienienie, co obniża efektywność. Brak takich elementów (lub umieszczenie ich pomiędzy modułami) pozwala wykorzystać pełny potencjał światła odbitego.

Czy 150-200% więcej energii to realistyczne założenie?

Tak, jest to realistyczne w idealnych warunkach. Różnica efektywności zależy od:

- Jakości światła odbitego (jasne podłoże, np. śnieg, piasek, jasna trawa).
- Braku zacienień konstrukcyjnych.
- Wysokości instalacji, która pozwala na większe rozpraszanie i odbicie światła.

Według badań i symulacji (jak na Twojej grafice), brak zacienień może podnieść efektywność tylnej strony o ponad 50–100% w porównaniu do standardowych instalacji. Jeśli dodatkowo tylna strona modułów otrzymuje bezpośrednio światło słoneczne (np. dzięki wysokości i wąskim stołom), zyski te mogą wzrosnąć jeszcze bardziej.

Wnioski

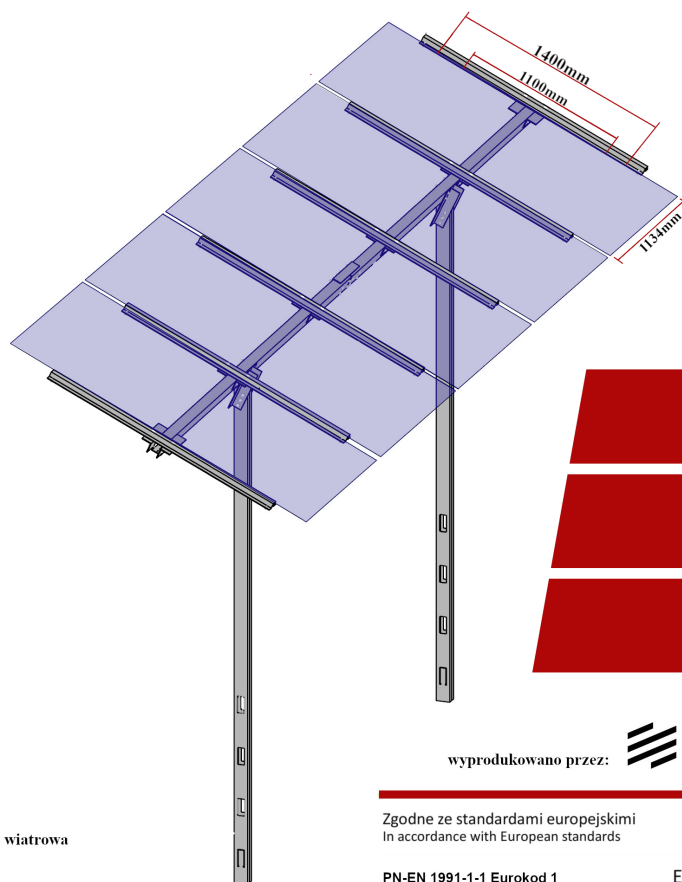
Taki sposób montażu, jak na Twoich grafikach, to znakomite rozwiązanie dla modułów bifacial. Minimalizacja zacienień, pełne wykorzystanie odbicia i rozproszenia światła, a także idealne doświetlenie każdej płytki krzemu, mogą realnie zwiększyć uzysk energii o 150–200% z tylnej strony w porównaniu do tradycyjnych konstrukcji. Jest to szczególnie widoczne w przypadku instalacji w regionach o dużym nasłonecznieniu i jasnym podłożu.

KONSTRUKCJA 1x5 BIFACIALMAX

Konstrukcja gruntowa 1x5 BIFACIAL MAX została wykonana z wysokiej jakości stali pokrytej dodatkową powłoką zabezpieczającą, która zapewnia długotrwałą ochronę powierzchni elementów stalowych, zapewnia wysoką odporność na korozję i ścieranie oraz posiada właściwości samoregeneracji.

Konstrukcje BIFACIALMAX produkowane są w polskiej fabryce profili stalowych w wolentale według najwyższych norm europejskich potwierdzonych certyfikatami.

Wszystkie prawa zastrzeżone przez BIFACIALMAX sp. z o.o.



Najwyższej jakości stal



1x5
Układ pionowy



25°
Kąt nachylenia



Dla modułów:
Szer. 1134mm z rozstawem
śrub 1100mm lub 1400mm



1
Strefa wiatrowa



119kg
Waga konstrukcji



Montaż do otworów
montażowych na modułach:
rozstaw: 1100mm lub 1400mm



1, 2, 3, 4
Strefa Śniegowa



SUNBERG
CONSTRUCTIONS

wyprodukowano przez:

Zgodne ze standardami europejskimi
In accordance with European standards

Certyfikaty
Certificates

PN-EN 1991-1-1 Eurokod 1
PN-EN 1991-1-3 Eurokod 1
PN-EN 1991-1-4 Eurokod 1
PN-EN 1993-1-3 Eurokod 3
PN-EN 1993-1-8 Eurokod 3

EN 1090-5:2017
EN 1090-2:2018
EN 1090-4:2018
EN 1090-3:2019

Przykład prawidłowego montażu modułów bifacial



Przykład nieprawidłowego montażu modułów bifacial

