

**DOKUMENTACJA  
NAUCZYCIELI:  
NAUKA OPARTA  
NA PROJEKTACH**

REZULTAT PRACY  
INTELEKTUALNEJ 2  
MODUŁ 3  
2020-1-ES01-KA202-  
082440

*This project has been funded with support from the European Commission. This document reflects the views only of the author(s), and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.*

Authors:

Area Europa srl

Eszterhazy Karoly Egyetem

Federación EFAS CV la Malvesía

Fundación de la Comunitat Valenciana para una economía baja en carbón

Järvamaa Kutsehariduskeskus

Stowarzyszenie Edukacji Rolniczej i Lesnje EUROPEA Polska

2022

## **Spis treści**

<b>CELE NINIEJSZEGO MODUŁU</b>	<b>2</b>
<b>PROTOTYPY PROJEKTÓW PRAKTYCZNYCH W KLASIE</b>	<b>3</b>
<b>1. TERMOSIPHON</b>	<b>3</b>
1.1 OPIS	3
1.2 CELE PEDAGOGICZNE	3
1.3 WYMAGANE MATERIAŁY	3
1.4 WYMAGANE NARZĘDZIA	5
1.5 BUDOWA KROK PO KROKU (Z ILUSTRACJAMI)	5
1.6 JAK TO DZIAŁA?	8
1.7 MATERIAŁY AUDIOWIZUALNE	8
<b>2. STACJA TEMPERATURY I WILGOTNOŚCI</b>	<b>9</b>
2.1 OPIS	9
2.2 CELE PEDAGOGICZNE	9
2.3 WYMAGANE MATERIAŁY I NARZĘDZIA	9
2.4 OBLICZENIA	10
2.5 OBLICZENIA KROK PO KROKU (Z ILUSTRACJAMI)	13
2.6 MATERIAŁY AUDIOWIZUALNE	17
<b>PROTOTYPY EKSPERYMENTALNE</b>	<b>18</b>
<b>3. SZKLARNIE I NAMIOTY FOLIOWE SĄ JEDNYM Z NAJPROSTSZYCH SPOSOBÓW WYKORZYSTANIA ENERGII SŁONECZNEJ</b>	<b>18</b>
3.1 DZIAŁANIE SZKLARNI I NAMIOTÓW FOLIOWYCH	18
3.2 DLACZEGO STOSUJEMY SZKLARNIE?	18
3.3 MATERIAŁY DO BUDOWY SZKLARNI, NAMIOTÓW FOLIOWYCH	18
3.4 RODZAJE I FORMY SZKLARNI I NAMIOTÓW FOLIOWYCH	19
3.5 NAMIOT FOLIOWY TYPU CHIŃSKIEGO	20
3.6 GRZĄDKI FOLIOWE	21
3.7 SALA KLIMATYCZNA	22
3.8 KORZYŚCI Z JEGO STOSOWANIA	25
3.9 EKSPERYMENTALNE NAMIOTY FILMOWE "ENERGIA DLA ROLNICTWA"	25
<b>4. BADANIE MOŻLIWOŚCI INSTALACYJNYCH SYSTEMÓW HYBRYDOWYCH (SOLARNO-WIATROWYCH)</b>	<b>30</b>
4.1 ETAPY INSTALACJI SYSTEMÓW PRODUKCJI ENERGII SŁONECZNEJ	30
4.2 OCENA PRZYDATNOŚCI KLIMATYCZNEJ	31
4.3 CZYNNIKI OBNIŻAJĄCE EFEKTYWNOŚĆ WYKORZYSTANIA ENERGII SŁONECZNEJ	31
4.4 OCENA POTENCJAŁU ENERGII SŁONECZNEJ.	32
4.5 BADANIE LOKALNYCH WARUNKÓW I OBDAROWAŃ	33
4.6 KORZYSTANIE Z KALKULATORA ORIENTACJI:	35
4.7 WYDAJNOŚĆ OGNIW SŁONECZNYCH	35
4.8 JAKIE CZYNNIKI MOGĄ WPŁYWAĆ NA RZECZYWISTĄ WYDAJNOŚĆ SYSTEMU SOLARNEGO?	36
	0

4.9 CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA WYDAJNOŚĆ OGNIW SŁONECZNYCH TO M.IN.	36
4.10 JAK MOŻEMY WZIĄĆ POD UWAGĘ TE CZYNNIKI?	36
4.11 WARUNKI KLIMATYCZNE ZWIĄZANE Z WIATREM	37
4.12 OCENA POTENCJAŁU WIATRU	37
4.13 CZYNNIKI OBNIŻAJĄCE EFEKTYWNOŚĆ WYKORZYSTANIA ENERGII WIATROWEJ	40
4,14 INSTALACJA SYSTEMÓW HYBRYDOWYCH (ENERGIA SŁONECZNA + ENERGIA WIATROWA RAZEM)	40
<b>ANEKS</b>	<b>49</b>
SŁOWNICZEK	49
WYKAZ SKRÓTÓW	49
<b>REFERENCJE, PRZYDATNE STRONY INTERNETOWE</b>	<b>50</b>



## Cele niniejszego modułu

W poniższych materiałach zamieszczono kilka praktycznych prototypów użytecznych narzędzi dla sektora rolniczego, które pracują z odnawialnymi Źródłami energii. Przywołane tu prototypy są wykonalne dla projektów na małą skalę, które mogą być realizowane w ramach zawodowych kursów rolniczych. Prezentowane tu prototypy można zainstalować w pracowni, tak aby uczniowie pracowali indywidualnie lub w grupie, mając do czynienia z rzeczywistym urządzeniem. W zależności od potrzeb, podane moduły mogą być włączone do jednego lub kilku przedmiotów, zgodnie z potrzebami uczniów VET. Aby pokazać, jak możliwe jest włączenie energii odnawialnych do rolnictwa, partnerzy projektu Energy for Farming stworzyli 2 praktyczne prototypy wykorzystujące energię słoneczną i 2 prototypy eksperymentalne w rolnictwie. Czytelnik znajdzie cele pedagogiczne każdego prototypu, ale także konkretne kroki konstrukcyjne i materiały, które muszą być wykorzystane podczas tworzenia modeli wyszczególnionych poniżej.

Prototypy projektów praktycznych do stosowania w klasie.

Juan Jorro, Lucía Toledo i José Segarra

## 1. Termosiphon

### 1.1 Opis

Termosyfon to kolektor słoneczny do wody. Zazwyczaj kolektory słoneczne do wody składają się z powierzchni, która przechwytuje promieniowanie słoneczne, ale także z obiegu termicznego, często wykonanego z rur, przez który przechodzi woda. Aby osiągnąć wyższą temperaturę, konieczne jest dołączenie przezroczystej pokrywy, która umożliwia powstanie efektu cieplarnianego oraz izolowanej skrzyni. W przypadku poniższego prototypu, obieg wody z kolektora do zbiornika odbywa się poprzez naturalną cyrkulację wykorzystującą różną gęstość pomiędzy zimną i ciepłą wodą (termosyfon).

Efekt termosyfonu polega na tym, że ciepła woda płynie w górę zbiornika, ponieważ ma mniejszą gęstość niż woda zimna, która opada w kierunku podstawy zbiornika. Aby uzyskać efekt termosyfonu, należy umieścić zbiornik na wodę nad kolektorem słonecznym, zgodnie z opisem na następnych stronach.

### 1.2 Cele pedagogiczne

- Nauczanie o gęstości wody
- Nauczanie o efekcie termosyfonu
- Obliczanie długości
- Rozumienie energii słonecznej
- Stosowane zastosowania energii słonecznej

### 1.3 Wymagane materiały

#	MATERIAŁ	JEDN.
1.	Skrzynka z polistyrenu ekspandowanego <sup>1</sup>	1 42,5x35x10 <sup>2</sup>
2.	Rurka do nawadniania kroplowego (16 mm)	1 160 cm

<sup>1</sup> It can be other material, like wood, but it is needed to line it with an insulating material.

<sup>2</sup> Length, Width, Height



2. Szczypce (opcjonalnie)
3. Wiertło
  
4. Wiertło płaskie do wykonania okrągłego otworu
5. Nożyczki
6. Przecinak
7. Klej<sup>3</sup>

### 1.5 Budowa krok po kroku (z ilustracjami)

1. Wytnij podstawę ze styropianu na wypadek, gdyby była zbyt wysoka<sup>4</sup>.

UWAGA: Podstawa może być ciemniejszy kolor, aby zatrzymać więcej ciepła.

2. Zmierz pudełko, aby przyciąć rurę według tej miary.
3. Wytnij rury nawadniania kropelkowego na dwa kawałki, które mierzą około 5 cm więcej niż pudełko.
4. Wywierć łącznie cztery otwory w bokach skrzynki. Otwory te posłużą do przeprowadzenia rur do nawadniania kropelkowego.
5. Włóż dwie rurki do nawadniania kropelkowego w otwory, będzie to główna rura liniowa termosyfonu.
6. Zaznaczyć krawędzie rur zgodnie z krawędzią rury z pudełkiem (część wewnętrzna).
7. Zmierz odległość pomiędzy dwoma rurami z boku na bok.
8. Przyciąć rurki mikrokropelkowe zgodnie z długością pomiędzy dwoma rurami. W tym przypadku przycięto łącznie 20 rurek.
9. Przebić otwory w rurkach linii głównej za pomocą dziurkacza. W sumie 20 otworów na jedną rurę.
10. Zamocować złączki kolczaste w dwóch częściach przyciętych rur nawadniania mikrokropelkowego. W sumie potrzeba było 40 złązek kolczastych dla 20 mikro rurek.

WSKAZÓWKA: Zanurz końce rurek mikrokropelkowych w gorącej wodzie, aby chwilowo zmiękczyć rurki i łatwiej wcisnąć w nie złączki kolczaste.

11. Włóż złączki kolczaste przymocowane do mikrorurek do rurki linii głównej.

---

<sup>3</sup> It can be glue, duct tape, silicon...

<sup>4</sup> It if is too tall, it can create shadows.

**WSKAZÓWKA:** Użyj szczypiec, aby umieścić złączki kolczaste w otworach rurki głównej. Ułatwi to proces.

12. Zamocuj podwójne kolanka w zewnętrznej części rurki linii głównej. W sumie potrzebne są cztery podwójne kolanka.
13. Zaznacz miejsca, w których powstaną otwory w pojemniku na wodę.
14. Wywiercić dwa okrągłe otwory w pojemniku na wodę, aby umieścić gwintowane tuleje ścienne PVC.

**OPCJONALNIE:** w przypadku, gdy nie jest możliwe wprowadzenie tulei ściennych przez pojemnik, można przyciąć górną część pojemnika, aby dopasować elementy do ich miejsc.

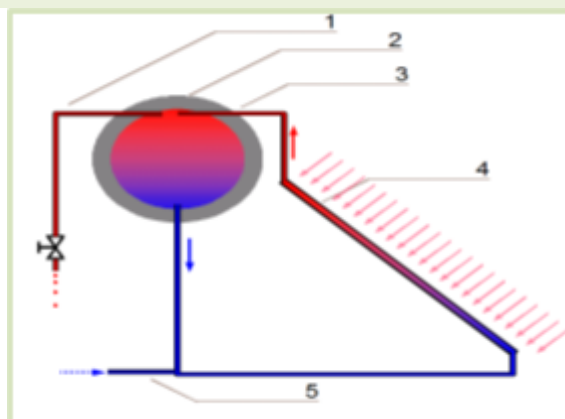
15. Umieścić i przykręcić tuleje ścienne w otworach pojemnika na wodę.
16. Wkręcić gwint wewnętrzny w tuleje ścienne.
17. Umieścić złączki, które przejdą z podwójnych kolanek do gwintów żeńskich tulei ściennych w celu połączenia pojemnika na wodę ze skrzynką.
18. W celu koncentracji ciepła w skrzynce zastosowano szybę z polimetakrylanu metylu. Należy ją umieścić i zamocować na skrzynce.

**OPCJONALNIE:** Jeśli szklanka nie ma rozmiaru skrzynki, konieczne będzie wykonanie jej rozmiaru na zamówienie, aby ją dostosować.

19. Aby mieć pochylenie, konieczne będzie stworzenie dodatkowej podstawy wspierającej, która podniesie pojemnik na wodę i podstawę solarną.

**WSKAZÓWKA:** Jeśli musiałeś przyciąć podstawę, użyj resztek styropianu do stworzenia nachylenia.

**WAŻNE:** Aby umożliwić efekt termosyfonu i naturalną cyrkulację wody, konieczne jest, aby górne wyjście kolektora słonecznego znajdowało się na niższym poziomie niż wejście górnego wejścia do pojemnika na wodę..



Podgrzewacz wody z termosyfonem (schemat):  
1: do kranu z wodą  
2: zbiornik izolowany  
3: dopływ ciepłej wody  
4: płaski kolektor słoneczny

5: dopływ świeżej wody

Graf. 3. Thermosiphon effect (CC BY-SA 3.0)<sup>5</sup>

20. Umieść termosyfon, łącząc dodatkowe podstawy nośne i zmierz odległość od gwintów żeńskich tulei ściennych do kolanek i przytnij rury nawadniania kropelkowego zgodnie z tym pomiarem. Zostanie to wykorzystane do połączenia pojemnika na wodę z podstawą.
21. Połącz pojemnik na wodę ze skrzynką styropianową za pomocą dwóch wykonanych na zamówienie rur do nawadniania kropelkowego.
22. Przyklej klejem dodatkową podporę w pojemniku na wodę i pudełku.

**OTO MASZ SWÓJ TERMOSYFON!**

---

<sup>5</sup> <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=793066>

Wypróbujmy to! Aby przetestować termosyfon, umieść prototyp w miejscu, gdzie padają promienie słoneczne i pozwól mu być przez kilka godzin. Możesz wcześniej przetestować temperaturę wody.

Po umieszczeniu termosyfonu na słońcu przez kilka godzin, możesz zmierzyć temperaturę górnego pojemnika z wodą i wody w dolnym. Jeśli termosyfon działa, będzie widoczna znaczna różnica w temperaturze

## 1.6 Jak to działa?

W tym prostym prototypie termosyfonowego solarnego podgrzewacza wody, główny korpus wody (zbiornik wody) znajduje się w najwyższym punkcie systemu. Woda jest wypierana w dół ze zbiornika wody w rurze wodnej (która wybiega w pobliżu podstawy zbiornika).

Podgrzana woda ma mniejszą gęstość niż woda zimna, więc unosi się do rurek, które biegną z powrotem do punktu o zbiornika wody. Zjawisko, które powoduje, że podgrzana ciecz biegnie do góry, nazywamy konwekcją naturalną.

Ciepło plus efekt syfonowy to dwa klucze do systemu swobodnej cyrkulacji.

Tymczasem w zbiorniku zachodzi coś, co nazywamy stratyfikacją. Woda krąży powoli również w zbiorniku, ale stopniowo zimniejsza woda osiada na dnie zbiornika, podczas gdy gorętsza pozostaje w pobliżu góry. Tak więc istnieje kilka różnych poziomów temperatury.

## 1.7 Materiały audiowizualne

Ten materiał jest dodatkową pomocą w wyjaśnieniu krok po kroku.  
<https://youtu.be/QcAHHdUoQnY>

## 2. Stacja temperatury i wilgotności

### 2.1 Opis

Ta stacja temperatury i wilgotności została wykorzystana w celu uzyskania informacji o glebie. W celu przekazania informacji otrzymanych przez stację, system Arduino przekształca je w czytelne dane.

Systemy Arduino to platformy elektroniczne o otwartym kodzie źródłowym oparte na łatwym w użyciu sprzęcie i oprogramowaniu. Płytkę Arduino może odczytywać dane wejściowe i przekształcać je w dane (dane te mogą być wyświetlane na wyświetlaczu LED, platformie internetowej itp.)

W tym prototypie zbudowano Arduino do odczytu wilgotności i temperatury gleby, wykorzystując panel słoneczny do uzyskania energii elektrycznej niezbędnej do jego działania. Arduino będzie wyświetlać informacje na platformie internetowej, dla wygodniejszego zdalnego sterowania. W przypadku, gdy jest to preferowane, można również użyć wyświetlacza LED, ale zużycie ekranu będzie musiało być aktualizowane w obliczeniach.

### 2.2 Cele pedagogiczne

- Zwiększenie zrozumienia technologii świata rzeczywistego.
- Kompetencje w zakresie języka angielskiego
- Pogłębienie wiedzy na temat energii odnawialnych w rolnictwie
- Zdobycie wiedzy poprzez konstruowanie funkcjonalnych urządzeń
- Podstawowe wzory do uzyskania konkretnych danych związanych z energią słoneczną

### 2.3 Wymagane materiały i narzędzia

Opis	Jednostki
Temperatura i wilgotność stacja KeeYess <sup>6</sup>	1
Bateria 5V	1
PV panel 10W OR PV panel 18W	1

<sup>6</sup> It includes a 1.3" large OLED IIC display module, combined with the ESP8266 NodeMCU and BME280 module to obtain weather data.



Czujnik wilgotności	1
Czujnik temperatury	1

## 2.4 Obliczenia

$$\text{zużycie (Wh/day)} = \frac{(\text{mA}) \cdot (\text{V}) \cdot (24\text{h})}{1000}$$

<b>Zużycie</b>			
	Zużycie (mA)	Voltage (V)	Zużycie (Wh/day)
płytki Arduino	70		
W & T czujniki	2,5		
Wilg. gleby	5		
<b>Razem</b>	<b>77,5</b>	<b>3,3</b>	<b>6,138</b>

$$\text{Battery Autonomy (h)} = \frac{\text{Bateria pojemność (mAh)}}{\text{zużycie (mA)}}$$

<b>AUTONOMY (without sun)</b>		
Bateria pojemność (mAh)	godziny (h)	Dni (d)
2000	25.81	1.08
5000	64.52	2.69
10000	129.03	5.38
20000	258.06	10.75

Teachers' dossier: practical projects in the classroom

Poniższa tabela przedstawia produkcję PV dla 3 różnych mocy modułów PV (5, 10 i 18Wp), na podstawie danych pobranych z PVGIS dla lokalizacji Gospodarki Niskoemisyjnej oraz dla nachylenia modułu PV wynoszącego 30° i azymutu 0°.

<b>PRODUKCJA</b>								
<b>Stałe napromieniowanie (W/m<sup>2</sup>)</b>		<b>5 Wp</b>		<b>10 Wp</b>		<b>18 Wp</b>		
		<b>Production (Wh/d)</b>		<b>Production (Wh/d)</b>		<b>Production (Wh/d)</b>		
		<b>STYCZEN</b>	<b>CZERWIEC</b>	<b>STYCZEN</b>	<b>CZERWIEC</b>	<b>STYCZEN</b>	<b>CZERWIEC</b>	
0:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00	
1:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00	
3:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00	
4:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00	
5:00	0	0.00	0.09	0,00	0,19	0,00	0,34	
6:00	0	0.00	0.42	0,00	0,84	0,00	1,51	
7:00	0	0.00	1.09	0,00	2,19	0,00	3,93	
8:00	32,86	0.14	1.82	0,27	3,64	0,49	6,55	
9:00	71,57	0.30	2.52	0,59	5,03	1,06	9,06	
10:00	543,92	2.24	3.05	4,49	6,10	8,08	10,98	
11:00	647,54	2.67	3.36	5,35	6,71	9,62	12,08	
12:00	683,57	2.82	3.52	5,64	7,03	10,16	12,66	
13:00	656,57	2.71	3.32	5,42	6,64	9,76	11,96	

14:00	542,42	2.24	2.94	4,48	5,88	8,06	10,58
15:00	394,19	1.63	2.37	3,25	4,74	5,86	8,54
16:00	36,37	0.15	1.62	0,30	3,25	0,54	5,84
17:00	0,03	0.00	0.89	0,00	1,77	0,00	3,19
18:00	0	0.00	0.26	0,00	0,52	0,00	0,94
19:00	0	0.00	0.03	0,00	0,07	0,00	0,12
20:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
21:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
23:00	0	0.00	0.00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>		14.90	27.30	29,79	54,61	53,63	98,30

Jak widać z uzyskanych danych, dzienna produkcja fotowoltaiczna modułu fotowoltaicznego o mocy 5 Wp (14,9 Wh/d) byłaby więcej niż wystarczająca do wyprodukowania dziennej energii wymaganej przez system (6,138 Wh/d).

## 2.5 Obliczenia krok po kroku (z ilustracjami)

1. Przede wszystkim musimy obliczyć **zużycie** energii. W tym celu obliczamy dzienne zużycie energii przez stację pogodową jako sumę zużycia poszczególnych elementów.

Na przykład:

- NodeMCU (Arduino): 70 mA przy 3,3V
- Czujnik temperatury i wilgotności: 2,5 mA przy 3,3V
- Czujnik wilgotności gleby: 5 mA przy 3,3V

Dzienne zużycie= $((70+2,5+5))/1000 \text{ A} \cdot 3,3\text{V} \cdot 24\text{h}=6,14 \text{ Wh}$

2. Po drugie, kontynuujemy **produkcję**, kalkulując **moc szczytową panelu fotowoltaicznego**. **Do obliczenia mocy szczytowej panelu** fotowoltaicznego niezbędna jest znajomość produkcji słonecznej, którą można uzyskać w miejscu lokalizacji stacji meteorologicznej.

Informacje te można uzyskać za pomocą narzędzia internetowego PGIS:

[https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html)

### a. Dostęp do strony internetowej

The screenshot displays the 'PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM' interface. The main map shows a topographic view of Europe and Africa. On the right, the 'PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV' panel is active, showing various configuration options for a PV system. The 'Solar radiation database' is set to 'Crystalline silicon'. The 'Installed peak PV power [kWp]' is set to 1, and the 'System loss [%]' is set to 14. Under 'Fixed mounting options', the 'Mounting position' is 'Free-standing', 'Slope [°]' is 35, and 'Azimuth [°]' is 0. There are also checkboxes for 'Optimize slope' and 'Optimize slope and azimuth'. At the bottom, there are buttons for 'Visualize results', 'csv', and 'json'.

### b. Wybierz lokalizację na mapie.

Innowacyjne doświadczenie edukacyjne dla studiów VET w zakresie energii dla rolnictwa  
2020-1-ES01-KA202-082440

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools

Home Tools Downloads Documentation Contact us

Cursor: Selected: 39.824, -0.231 Elevation (m): 121

Use terrain shadows:  Calculated horizon  Upload horizon file

GRID CONNECTED

PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV

Solar radiation database\* PVGIS-SARAH

PV technology\* Crystalline silicon

Installed peak PV power [kWp] 1

System loss [%] 14

Fixed mounting options

Mounting position\* Free-standing

Slope [°] 35  Optimize slope

Azimuth [°] 0  Optimize slope and azimuth

PV electricity price

PV system cost (your currency)

Interest [%/year]

Lifetime [years]

Visualize results

csv json

c. W polu Zainstalowana szczytowa moc PV [kWp] wybierz do obliczeń 1 kWp.

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools

Home Tools Downloads Documentation Contact us

Cursor: Selected: 39.824, -0.231 Elevation (m): 121

Use terrain shadows:  Calculated horizon  Upload horizon file

GRID CONNECTED

PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV

Solar radiation database\* PVGIS-SARAH

PV technology\* Crystalline silicon

Installed peak PV power [kWp] 1

System loss [%] 14

Fixed mounting options

Mounting position\* Free-standing

Slope [°] 35  Optimize slope

Azimuth [°] 0  Optimize slope and azimuth

PV electricity price

PV system cost (your currency)

Interest [%/year]

Lifetime [years]

Visualize results

csv json

d. Aktywuj pole wyboru Optymalizuj nachylenie.

e) Kliknij na przycisk, aby zwizualizować wyniki.

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools

Home Tools Downloads Documentation Contact us

Cursor: Selected: 39.824, -0.231 Elevation (m): 121

Use terrain shadows:  Calculated horizon  Upload horizon file

GRID CONNECTED

PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV

Solar radiation database\* PVGIS-SARAH

PV technology\* Crystalline silicon

Installed peak PV power [kWp] 1

System loss [%] 14

Fixed mounting options

Mounting position\* Free-standing

Slope [°] 35  Optimize slope

Azimuth [°] 0  Optimize slope and azimuth

PV electricity price

PV system cost (your currency)

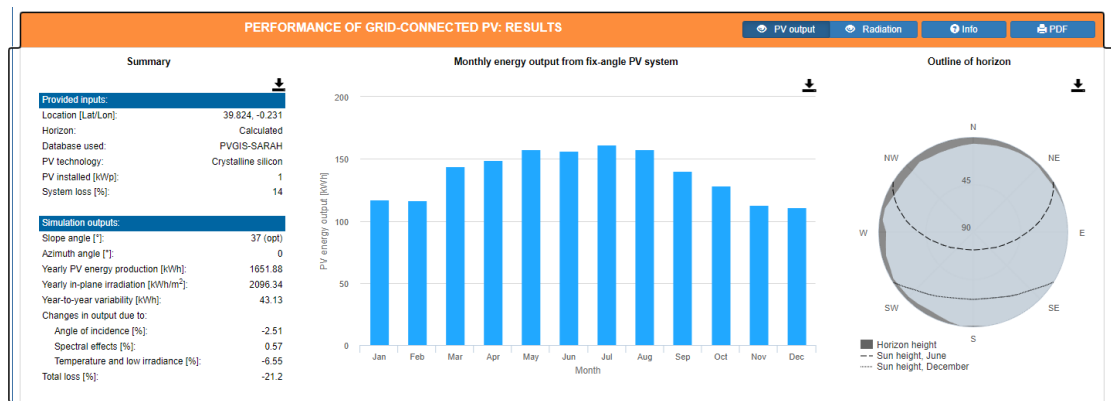
Interest [%/year]

Lifetime [years]

Visualize results

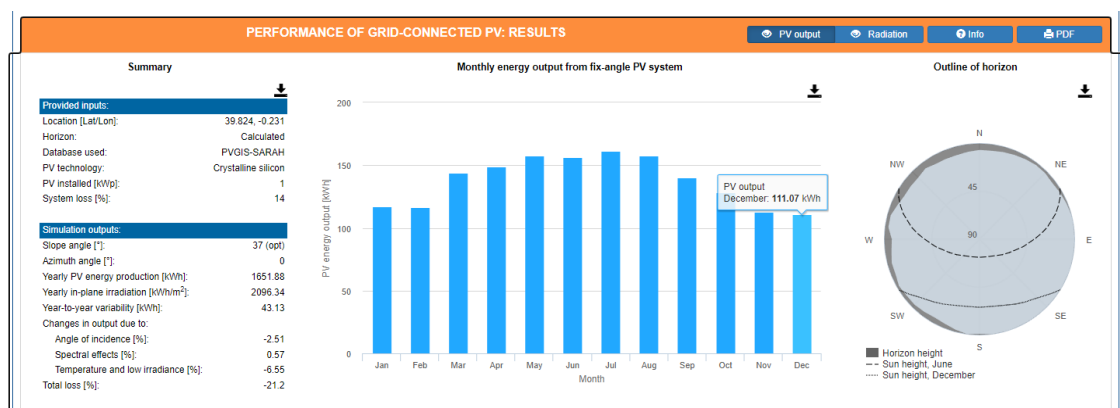
csv json

f) On the left side, it indicates the slope angle for the chosen location.



g) Na wykresie umieszczamy kursor na miesiącu o najniższej produkcji, w celu obliczenia najgorszego scenariusza.

W przykładzie, miesiąc grudzień ma miesięczną produkcję 111,07 kWh/miesiąc na 1 kWp



zainstalowany.

h) Oblicz **produkcję dzienną** dzieląc powyższą liczbę przez liczbę dni w danym miesiącu.

$$\text{Produkcja dzienna} = (\text{produkcja miesięczna}) / (\# \text{ dni w miesiącu})$$

W przykładzie:

$$\text{Produkcja dzienna} = (111,07 \text{ kWh} / (\text{miesiąc} \cdot \text{kWp})) / (31 \text{ dni} / \text{miesiąc}) = 3,58 \text{ kWh} / (\text{dzień} \cdot \text{kWp})$$

i) Konieczne będzie, aby energia produkowana przez system była większa od energii zużywanej, zatem:

$$\text{Produkcja dzienna} \geq \text{Zużycie} \text{ dzienne}$$

Moc szczytową panelu oblicza się za pomocą następującego wzoru:

$$\text{Moc szczytowa (Wp)} \geq (\text{Dzienne zużycie (Wh/dzień)}) / (\text{Dzienna produkcja (Wh/(Wp-dzień))}).$$

W przykładzie:

$$\text{Moc szczytowa (Wp)} \geq (6,14 \text{ (Wh/dzień)}) / (3,58 \text{ (Wh/(Wp-dzień))})$$

$$\text{Moc szczytowa (Wp)} \geq 1,72 \text{ Wp}$$

Moc szczytowa panelu PV, który zostanie wybrany dla przykładowego projektu, powinna wynosić co najmniej 1,72 Wp.

3. Teraz nadszedł czas na obliczenie pojemności akumulatora.

a) Pojemność akumulatora będzie zależała od autonomii systemu i jego zużycia.

$$\text{Pojemność baterii (Wh)} \geq \text{Dobowe zużycie (Wh)} - \text{Autonomia (días)}$$

$$\text{Pojemność baterii (mAh)} \geq \text{Pojemność baterii ((Wh))} / ((V)) \text{ Zużycie baterii (V)} - 1000$$

Zgodnie z przykładem i dla autonomii 5 dni, wymagana pojemność baterii wynosiłaby:

$$\text{Capacidad bateria (Wh)} \geq 6,14 \text{ Wh} - 5 \text{ días} \geq 30,7 \text{ Wh.}$$

$$\text{Capacidad bateria (mAh)} \geq (30,7 \text{ Wh}) / (3,7 \text{ V}) - 1000 \geq 8,297 \text{ mAh}$$

W przykładzie dla autonomii 5 dni pojemność baterii będzie musiała być większa niż 30,7 Wh (8,297mAh przy 3,7 V).

4. Po dokonaniu wszystkich obliczeń można wiedzieć, jaki panel słoneczny potrzebujemy do zasilania stacji wilgotności i temperatury, postępując zgodnie z instrukcją budowy wybranej stacji.

5. W celu wyciągnięcia danych ze stacji do zdalnego sprzętu, jest to możliwe, jeśli stacja ma połączenie wifi, można je wysłać do następującego narzędzia: Ubidots na stronie <https://ubidots.com/>

## 2.6 Materiały audiowizualne

Materiał ten jest dodatkową pomocą w wyjaśnieniu krok po kroku działania wybranej przez nas stacji temperatury i wilgotności.

Poniżej znajduje się link: <https://youtu.be/XRxYTHoQ9j8>



## Prototypy eksperymentalne

László Lakatos, Tamás Misik i Csaba Patkós (EKCU)

### **3. Szklarnie i namioty foliowe są jednym z najprostszyc** **sp**

#### 3.1 Działanie szklarni i namiotów foliowych

W szklarniach lub namiotach foliowych materiał pokrywający w dużej mierze przepuszcza światło słoneczne, czyli promieniowanie krótkofalowe, ale zatrzymuje znaczną część promieniowania długofalowego, tzw. ciepłego. Z tego powodu temperatura wewnątrz szklarni i namiotów foliowych może być wyższa nawet o kilka stopni. W wyniku wyższej temperatury, również parowanie z powierzchni roślin czy gleby będzie intensywniejsze we wnętrzu, czyli w szklarniach i namiotach foliowych możemy mieć do czynienia nie tylko z wyższą temperaturą, ale również z wyższą wilgotnością.

#### 3.2 Dlaczego stosujemy szklarnie?

Dzięki wykorzystaniu szklarni mamy możliwość uprawy przed i po sezonie wegetacyjnym. Czyli dzięki jej zastosowaniu możemy wydłużyć długość okresu wegetacyjnego, a także zabezpieczyć nasze uprawy przed skutkami niekorzystnych warunków atmosferycznych (mróz, lód, wichura).

#### 3.3 Materiały do budowy szklarni, namiotów foliowych

Szklarnie mogą być wykonane z pojedynczego lub izolowanego szkła lub tafli poliwęglanu. Materiałem namiotów foliowych jest stabilna na promieniowanie UV folia transparentna, która dobrze przepuszcza promieniowanie krótkofalowe, ale zatrzymuje promieniowanie długofalowe w przestrzeni namiotu foliowego (rys. 1).

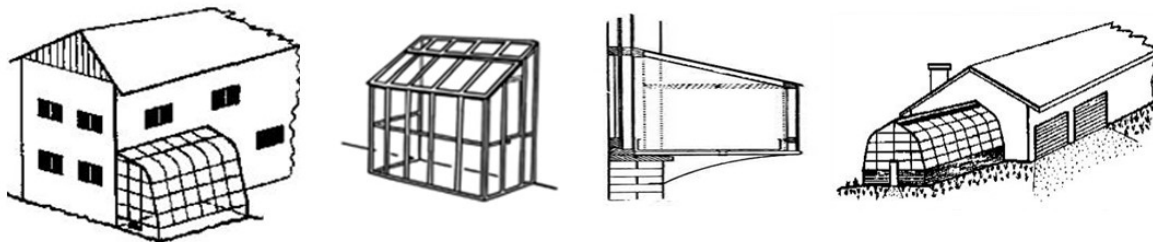
Figure 1 UV filter EVA film tent



Folie EVA składają się z trzech warstw: warstwa zewnętrzna zatrzymuje szkodliwe dla roślin promienie UV, druga zapobiega wydostawaniu się z systemu promieni ciepłych o dużej długości, a trzecia zapewnia wytrzymałość folii. Po stronie skierowanej do wnętrza obudowy folii, folie EVA są często traktowane dodatkiem osuszającym, aby zapobiec kondensacji.

### 3.4 Rodzaje i formy szklarni i namiotów foliowych

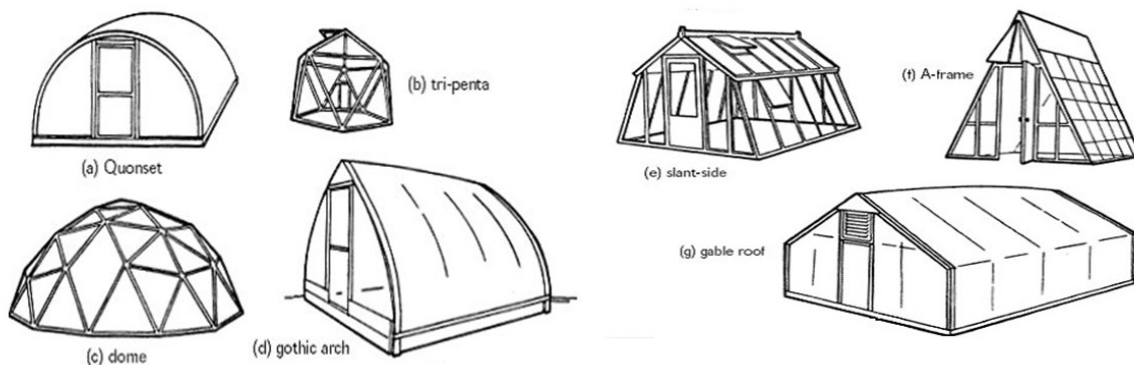
Istnieją dwa podstawowe rodzaje szklarni: połączone z budynkiem lub wolnostojące. Szklarnie połączone z budynkiem mają zazwyczaj znacznie mniejszą powierzchnię użytkową, służą głównie do uprawy sadzonek lub jako ogród zimowy. Budynek, do którego jest przymocowana, zapewnia również ochronę i ogrzewanie szklarni lub domku foliowego. Połączenie z budynkiem może być wykonane nie tylko przez grunt, ale nawet przez okno (rys.



2).

Rysunek 2 Formy projektowe szklarni połączonych z budynkiem

Szklarnie wolnostojące mają zazwyczaj symetryczną konstrukcję, ale istnieją również szklarnie asymetryczne. Ich konstrukcja różni się w zależności od kraju (rys. 3). Głównym celem konstrukcji jest zapewnienie ciągłego promieniowania znajdującym się w niej roślinom w ciągu dnia oraz zapewnienie odpowiedniej ochrony przed skutkami niekorzystnych warunków atmosferycznych, takich jak grad czy mróz.

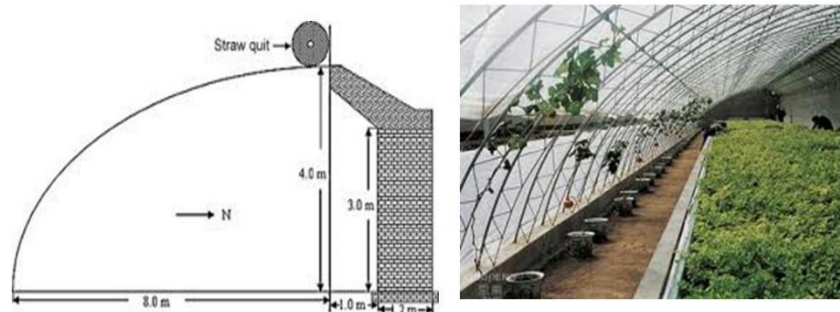


Rysunek 3 Rodzaje szklarni wolnostojących

Ich powierzchnia pozwala na uprawę na dużą skalę, ale nadają się również do hobbystycznego ogrodnictwa w małych ogrodach. Namioty foliowe i szklarnie mogą być używane tylko w zimie, w krajach o chłodniejszym klimacie, z ogrzewaniem.

### 3.5 Namiot foliowy typu chińskiego

Zastosowanie namiotu foliowego jest bardzo powszechne w Chinach. Na przestrzeni wieków opracowano specjalny kształt namiotu foliowego, który umożliwia wydajną produkcję warzyw



nawet w zimie (rys. 4).

Rys. 4 Profil przekroju i wnętrze namiotu foliowego typu chińskiego

Efektywność działania to ściana tylna o grubości 1 m oraz mata, którą można przykryć folią. W ciągu dnia nagrzewa się nie tylko wnętrze folii, ale także gruba ściana tylna. W nocy przekazuje ona ciepło do powietrza. Promieniowanie jest znacznie ograniczone przez matę przykrytą na folii, dzięki czemu w nocy we wnętrzu pozostaje więcej ciepła niż w przypadku zwykłego namiotu foliowego. W przypadku większych namiotów foliowych nocne przykrycie maty zapewniają silniki elektryczne (rys. 5). Ogromne znaczenie ma jego południowa orientacja, ponieważ tylko w ten sposób można właściwie wykorzystać energię promieniowania słonecznego.



Figure 5 The mat is rolled up at the top of the foil tent

In these specially designed Chinese foil tents, not only vegetables but also fruits can be grown using suitable dwarf subjects (Fig. 6).



Rysunek 6 Sad w namiocie foliowym typu chińskiego

### 3.6 Grządki foliowe

Legowiska foliowe to obiekty o szerokości 2-3 m, wysokości 70-90 cm i długości 10-15 m. Ich konstrukcja ramowa wykonana jest z rury z twardego PCV o klasie ciśnieniowej P3 o średnicy 2 cm i grubości ścianki 2 mm (rys. 7). Rury są umieszczone w odległości 1 m od siebie, wygięte w łuk. Ich dwa końce są wsunięte tak głęboko w grunt, że wysokość kalenicy łóżek o szerokości podstawowej 3 m wynosi 90 cm, a łóżek o szerokości 2 m - 70 cm. Zatrzymane łuki połączone są wzdłuż linii kalenicy plastikową rurą o średnicy 2 cm, co zapobiega przesuwaniu się maszyny w kierunku podłużnym. Do pokrycia stosuje się folię PE o grubości 0,1-0,15 mm. Oprócz żeber, na zewnątrz po obu stronach łoża wykonany jest rowek o głębokości 25-30 cm, a rozłożona na ramie folia jest tu szlifowana, dzięki czemu jest mocno napięta na żebrach. Łóżka foliowe ze względu na małą wysokość grzbietu nie nadają się do pracy w pozycji stojącej. Nadają się do zrzucania na zimno gatunków warzyw tolerujących zimno.





Figure 7 Lettuce cultivation in foil bed

### 3.7 Sala klimatyczna

Zmiany klimatyczne stanowią ogromne wyzwanie dla przyszłej produkcji rolnej. Obecnie istnieje wiele modeli symulacji klimatu i roślin, które są wykorzystywane do próby wytworzenia, jak wielkość upraw będzie ewoluować w przyszłości. Zarówno modele klimatyczne, jak i roślinne mają pewne wady. Ponieważ błędy w każdym systemie sumują się, nasza modelowana wizja rolnictwa jest raczej niedokładna. Kolejnym problemem modeli symulacyjnych roślin jest to, że źle nadają się do przewidywania wskaźników jakości roślin, chociaż dla wielu roślin dzisiaj wskaźniki zawartości (białka, cukru, kwasu, witamin, antocyjanów) są ważniejsze niż sam plon. W badaniach biologicznych i rolniczych bardzo powszechne jest stosowanie komór klimatycznych i fitotronów. W nich można umieszczać niektóre rośliny w doniczkach lub na pożywkach hodowlanych. W nich rośliny rozwijają się przy sztucznym oświetleniu oraz kontrolowanej temperaturze i wilgotności. Ponieważ urządzenia te nie reprezentują rzeczywistych warunków polowych, są mniej odpowiednie do prowadzenia doświadczeń uprawowych. Dane z doświadczeń polowych na małych działkach lub szklarniowych na małych działkach już teraz dostarczają przydatnych danych do wprowadzania i testowania nowych odmian roślin. Jednak przy tej tradycyjnie stosowanej metodzie badawczej nie możemy odpowiednio kontrolować ani temperatury, ani wilgotności, ani stężenia dwutlenku węgla. Rozwiązaniem tego problemu jest hala klimatyczna. Hala klimatyczna to specjalnie zaprojektowana szklarnia z niemal nieprzerwanym dostępem do promieniowania słonecznego i precyzyjną kontrolą warunków środowiskowych (gleba, powietrze). Jej wielkość może być bardzo zróżnicowana, od kilku metrów sześciennych

powierzchni wewnętrznej do setek lub tysięcy metrów sześciennych objętości powietrza. Mniejsze jednostki wewnętrzne nie są zwykle wyposażone w klimatyzację, więc funkcjonują jak specjalnie zaprojektowana szklarnia (rys. 8).



Rysunek 8 Geodezyjna szklarnia kopułowa  
(Źródło: Guangzhou Hengnuo Tent Technology Co., Chiny)

Największą zaletą specjalnej szklarni w kształcie kopuły jest to, że doskonale wykorzystuje energię promieniowania, a w środku można umieścić wyższe rośliny i drzewa owocowe oraz badać wzrost i różne parametry upraw (rys. 9).



Rysunek 9 Hala klimatyczna w kształcie kopuły (Źródło: Pilarska i in., 2018)

Crops for the Future Research Center (CFFRC) zostało utworzone na malezyjskim kampusie Uniwersytetu w Nottingham (Rysunek 10). Celem centrum badawczego jest badanie różnych gatunków roślin uprawnych w kontrolowanych warunkach klimatycznych, aby sprawdzić, jak



rozwijają się wskaźniki zawartości roślin w wyższych temperaturach i poziomach dwutlenku węgla (CFFRC, 2011)



Rysunek 10 Ośrodek Badawczy "Crops for the Future" (Źródło: <https://www.linkedin.com/company/crops-for-the-future-research-centre>)

W wielu krajach ogród botaniczny umieszcza się w hali klimatycznej w kształcie kopuły, ponieważ wewnątrz można utrzymać szczególnie wysoką temperaturę, wilgotność i szeroki zakres stężeń dwutlenku węgla. Poniższy obraz przedstawia ogród botaniczny zbudowany w Wietnamie w 2018 roku (rysunek 11).



Rysunek 11 Budynek szklano-metalowej kopuły Ogrodu Botanicznego w Wietnamie, w mieście Nha Trang

### 3.8 Korzyści z jego stosowania

Ryzyko przyszłej uprawy naszych roślin rolniczych będzie dokładniejsze niż wyniki obecnego modelu. Może odgrywać bardzo ważną rolę w podstawowych badaniach rolniczych, czy to w testowaniu możliwości uprawy obecnie uprawianych, czy nowych odmian. Może funkcjonować nie tylko jako laboratorium badawcze, ale również jako wystawa rolnicza. Poprzez zwiedzających, osoby w każdym wieku mogą dokładniej zobaczyć i poznać oraz doświadczyć przyszłych zmian w produkcji rolnej.

### 3.9 Eksperymentalne namioty filmowe "Energia dla rolnictwa"

Celem budowy eksperymentalnych namiotów foliowych było sprawdzenie, jaka konstrukcja namiotów foliowych zapewnia większą ochronę dla wcześniej uprawianych warzyw. Pod kątem praktycznego wykorzystania energii słonecznej skonstruowaliśmy eksperymentalne namioty foliowe, w których na 2 poziomach wewnętrznych na powierzchni prawie 1 m<sup>2</sup> możemy uprawiać różne warzywa i porównać o ile szybciej rozwija się roślina w namiotach foliowych o różnej konstrukcji niż w środowisku naturalnym. Konstrukcja trzech namiotów foliowych może również dostarczyć przydatnych informacji dla ogrodników, jaki typ namiotu foliowego zapewni większe bezpieczeństwo wczesnego rozwoju roślin w chłodniejszym klimacie pod koniec zimy. Efektywność wykorzystania energii słonecznej zależy od konstrukcji namiotów foliowych. Istnieją namioty foliowe jedno- i dwuścienne. Namioty foliowe jednościenne są najczęściej spotykane, mają najtańszą konstrukcję i można je wykonać najszybciej. Pomiędzy podwójną folią znajduje się powietrze, co zapewnia lepszą izolację namiotu foliowego niż w przypadku namiotu foliowego jednowarstwowego (rys. 12).





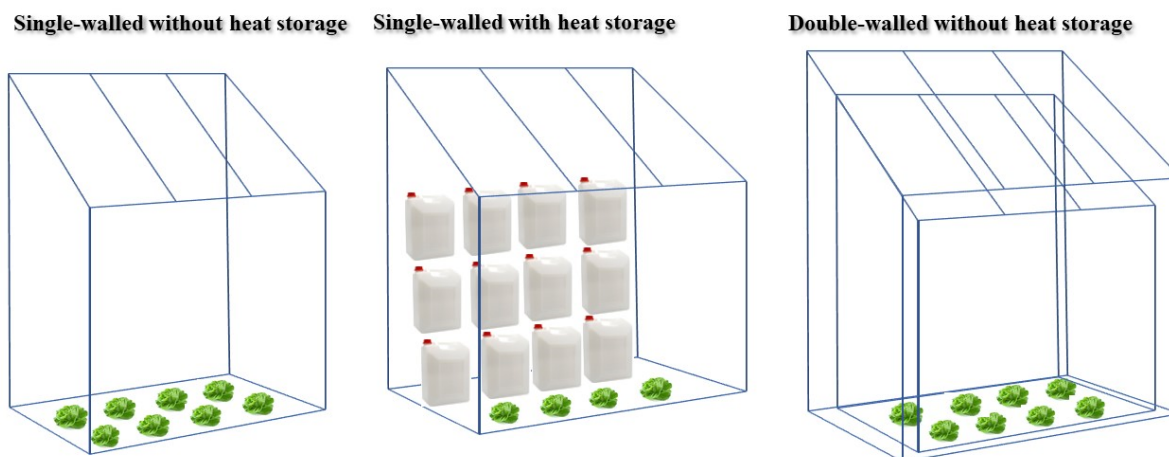
Rys. 12 Namiot foliowy o podwójnych ścianach

Ze względu na małą pojemność cieplną powietrza, systemy dwuścienne nie mogą również magazynować znacznej ilości energii cieplnej. W związku z tym temperatura w ich wnętrzach również w nocy bardziej się obniża. Spośród naturalnych mediów woda jest jedną z substancji o największej pojemności cieplnej. Dlatego namioty foliowe ze ścianą wodną nie tylko chronią rośliny przed promienistą utratą ciepła, ale także w nocy wypromieniowują energię do wnętrza namiotu foliowego ze względu na ich wolniejsze schładzanie. W ten sposób powietrze w namiocie foliowym może być rano znacznie wyższe niż temperatura powietrza zewnętrznego. W naszym przypadku ściana wodna została zbudowana przez umieszczenie balonów wypełnionych wodą przed tylną ścianą namiotu foliowego (Rys. 13).



Rysunek 13 Namiot foliowy z nośnikiem ciepła i balonami z wodą

W ten sposób w ciągu dnia woda w zbiornikach nagrzewa się pod wpływem bezpośredniego światła słonecznego, a w nocy przekazuje tę energię cieplną zmagazynowaną w wodzie do powietrza wewnątrz namiotu foliowego. Trzy różnie zaprojektowane namioty foliowe dają również możliwość wypróbowania, który z nich jest najbardziej odpowiedni do uprawy roślin w danym miejscu. Nasze rośliny testowe to sałata i pomidory. Sałatę można wysiewać w namiotach foliowych już zimą, kiedy jeszcze zdarzają się nocne przymrozki. Skuteczność i ochronę przed mrozem namiotów foliowych o różnej konstrukcji można przetestować osobno. Pomidory są rośliną ciepłolubną, ale można je wysiewać w namiotach foliowych wczesną wiosną. W tym przypadku również możemy sprawdzić skuteczność namiotów foliowych o różnej konstrukcji. Za pomocą trzech różnie zaprojektowanych namiotów foliowych możemy porównać, jak kształtuje się dobowy przebieg temperatury w tzw. namiocie foliowym magazynującym ciepło, wyposażonym w namiot dwuścienny i z balonami wodnymi. Możemy przeanalizować, w którym z trzech różnie zaprojektowanych namiotów nasze rośliny uprawne rozwijają się najbardziej optymalnie (rys. 14).



Rysunek 14 Schemat trzech specjalnie zaprojektowanych doświadczalnych namiotów foliowych

Do produkcji namiotów foliowych zakupiono następujące materiały:

- Reling dachowy Bramach: 60 m
- Folia
- Listwa foliowa
- Śruby do drewna
- Zawiasy do drzwi
- Płyty styropianowe
- Skrzynki balkonowe
- Ziemia do kwiatów
- Zamek do drzwi
- Balon foliowy

W partiach zakupiono następujące ilości materiałów potrzebnych do wykonania namiotu foliowego (tabela 1).

Tabela 1 Ilości materiałów potrzebnych do wykonania namiotów foliowych.

	Ilość (m/m <sup>2</sup> /db)	Szt.cena (EUR)	Razem (EUR)
Łata dachowa Bramach (m)	68	1.0	68.0
Folia (m <sup>2</sup> )	14	2.9	40.5

Listwa foliowa (m)	32	0.7	23.6
Wkręty do drewna (szt.)	400	0.037	14.7
Zawiasy do drzwi (szt)	8	0.5	3.8
Płyty styropianowe (szt)	3	1.6	4.7
Skrzynki balkonowe (szt)	3	3.6	10.7
Ziemia do kwiatów (szt)	2	3.2	6.3
Zamek do drzwi (szt)	4	0.5	1.9
Balon foliowy	6	5.5	33.2
Razem			207.4

Możemy stwierdzić, że koszt budowy 1 namiotu foliowego jednościennego wynosi ok. 50 Euro. Koszt materiałowy eksperymentalnego namiotu foliowego o podwójnych ścianach lub magazynującego ciepło wynosi od 75 do 80 Euro.

Wykonane namioty foliowe zostały ustawione obok budynku Wydziału Nauk Ścisłych. Wszystkie trzy są zorientowane na południe, dzięki czemu zapewniają korzystny dopływ światła słonecznego dla rozwoju roślin w ciągu dnia od rana do późnego popołudnia (rys. 15). Lokalizacja, optymalna orientacja, ekspozycja na światło słoneczne są niezbędne do efektywnej i ekonomicznej eksploatacji.



Rysunek 15 Mikro szklarnie dla efektywnego wykorzystania energii słonecznej

## 4. Badanie możliwości instalacyjnych systemów hybrydowych (solarno-wiatrowych)

W przypadku instalacji systemów hybrydowych szukamy przede wszystkim odpowiedzi na pytanie, czy instalacja systemu poprawia efektywność i dostępność produkcji energii. W przypadku systemów hybrydowych, dwa systemy produkcji energii (słoneczny i wiatrowy) mogą się uzupełniać, tzn. gdy jest mało energii słonecznej, może być dużo energii wiatrowej, a gdy jest dużo energii słonecznej, jest mało energii wiatrowej. W takim przypadku szczególnie zalecana jest instalacja systemów hybrydowych. Oczywiście może być też tak, że gdy energii słonecznej jest mało, to energii wiatrowej również jest bardzo mało. Jeśli takie wieczory występują często na danym obszarze, zastosowanie systemów hybrydowych może nie być rozwiązaniem dla wykorzystania energii odnawialnych. Ponieważ systemy solarne nie generują energii elektrycznej w nocy, należy zadać sobie pytanie, czy miejsce instalacji generuje w nocy tyle energii wiatrowej, ile można wykorzystać ekonomicznie. W ten sposób system hybrydowy pozwala na bardziej ciągłą produkcję energii niż przy zastosowaniu oddzielnych systemów energii słonecznej i wiatrowej.

### 4.1 Etapy instalacji systemów produkcji energii słonecznej

- Przydatność klimatyczna, ocena potencjału klimatycznego
- Eliminacja lokalnych czynników środowiskowych niesprzyjających produkcji energii, czyli określenie najbardziej odpowiedniego miejsca.
- Określenie rocznej dynamiki energii słonecznej, która może być produkowana w danym miejscu instalacji.
- Określenie rocznej dynamiki energii wiatru, która może być wytworzona na danej wysokości w danym miejscu instalacji (z wykorzystaniem lokalnej bazy danych) Godzinowe dane SYNOP dostępne są na stronie [www.meteomanz.com](http://www.meteomanz.com).
- Wykonanie rocznej dynamiki energii, która może być produkowana w systemach hybrydowych

### 4.2 Ocena przydatności klimatycznej

Znalezienie lokalizacji o korzystnym potencjale klimatycznym jest niezbędne do instalacji urządzeń do wytwarzania energii elektrycznej z energii słonecznej i wiatrowej. Oczywiście, jeśli ktoś mieszka, gospodaruje i korzysta z urządzeń energetyki odnawialnej w północnej części kraju, to tylko dlatego, że potencjał klimatyczny danego źródła energii odnawialnej jest

korzystniejszy w innej części kraju, ale nie zainstaluje tam lub bezpośrednio w pobliżu urzędzeń.

#### 4.3 Czynniki obniżające efektywność wykorzystania energii słonecznej

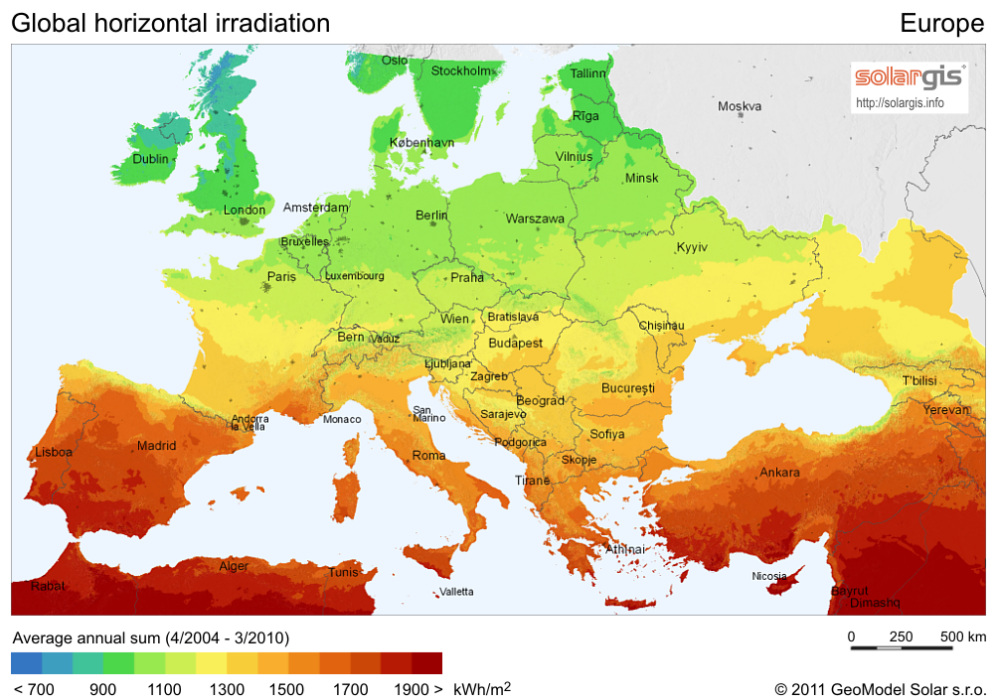
- Obszary o częstszym niż przeciętne zachmurzeniu
- Obszary położone w głębokiej dolinie pomiędzy górami, gdzie stopień ograniczenia horyzontu jest znaczny
- Centrum miasta lub miejsce, w którym znajdują się wysokie budynki, ma znaczący wpływ na zacienienie budynków.
- Środowisko podmiejskie z dużą ilością zacienionych drzew
- Na obrzeżach parków, na terenach przy lasach, gdzie efekt zacienienia przez zadaszenia jest znaczący.
- Jeśli panele słoneczne są umieszczone na szczycie budynków, ważne jest, aby odpowiednio zorientować budynek.

Wykorzystanie energii słonecznej jest bardzo popularne w wielu krajach Europy. Przewidywalna energia elektryczna i ciepła może być wytwarzana za pomocą paneli słonecznych i kolektorów słonecznych. Jedynym czynnikiem niepewności w przewidywaniu energii słonecznej, która może być produkowana, jest chmura. Ilość, rodzaj i grubość chmury znacząco wpływa na ilość energii słonecznej, która może zostać wyprodukowana. W związku z tym nie jest korzystne montowanie instalacji słonecznych na obszarach, gdzie zachmurzenie jest częste ze względu na lokalne warunki cyrkulacji.

#### 4.4 Ocena potencjału energii słonecznej.

1. Pierwszym krokiem jest analiza potencjalnej ilości energii słonecznej, jakiej można się spodziewać w danym miejscu geograficznym, w którym chcemy zainstalować panele słoneczne lub kolektory słoneczne. Patrząc na mapę promieniowania globalnego w Europie widzimy, że możemy spodziewać się wyższego potencjału energii słonecznej w południowych regionach Europy ze względu na większy kąt padania promieni. Jednocześnie widzimy, że prawie cały kontynent europejski, z wyjątkiem północnych części krajów bałtyckich, nadaje się do wykorzystania energii słonecznej, gdyż nawet w Estonii roczna energia promieniowania osiąga 1000 kWh / m<sup>2</sup> (rys. 1).





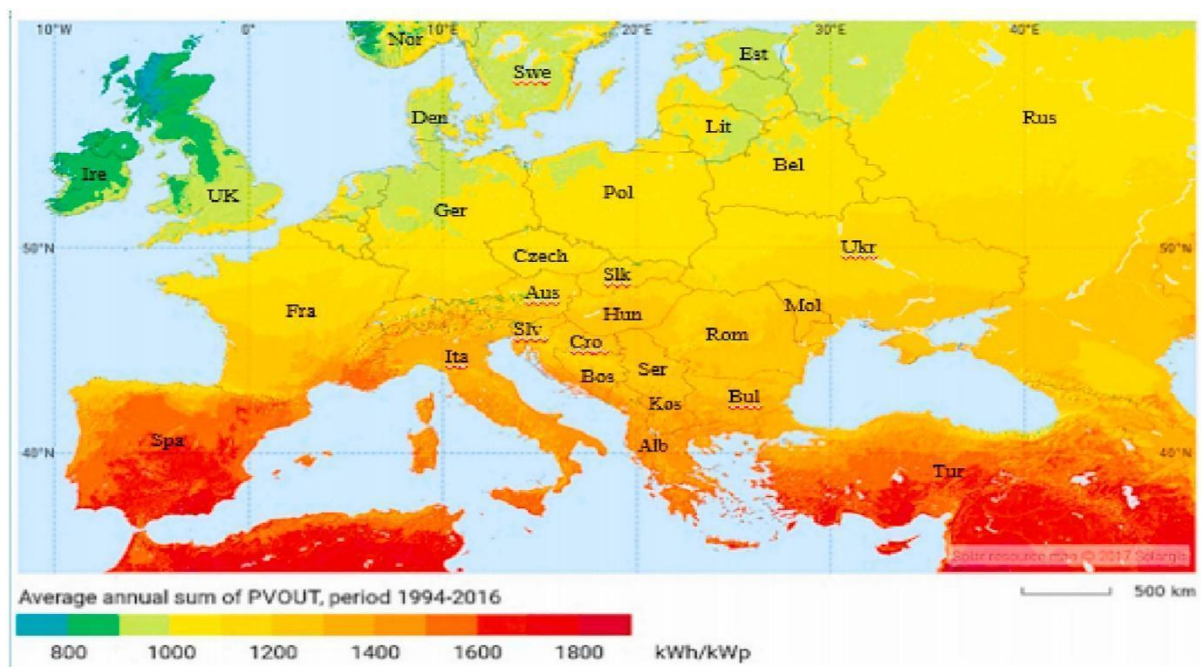
Rysunek 1. Terytorialny rozkład ilości rocznej energii promienistej na kontynencie europejskim

Mapa mocy właściwej fotowoltaiki pokazuje rozwój możliwej do wytworzenia energii słonecznej. Największe wartości mocy fotowoltaicznej występują w południowo-wschodniej Hiszpanii, natomiast najniższe moce właściwe występują w północnej części Wielkiej Brytanii

Irlandii

(rysunek

2).



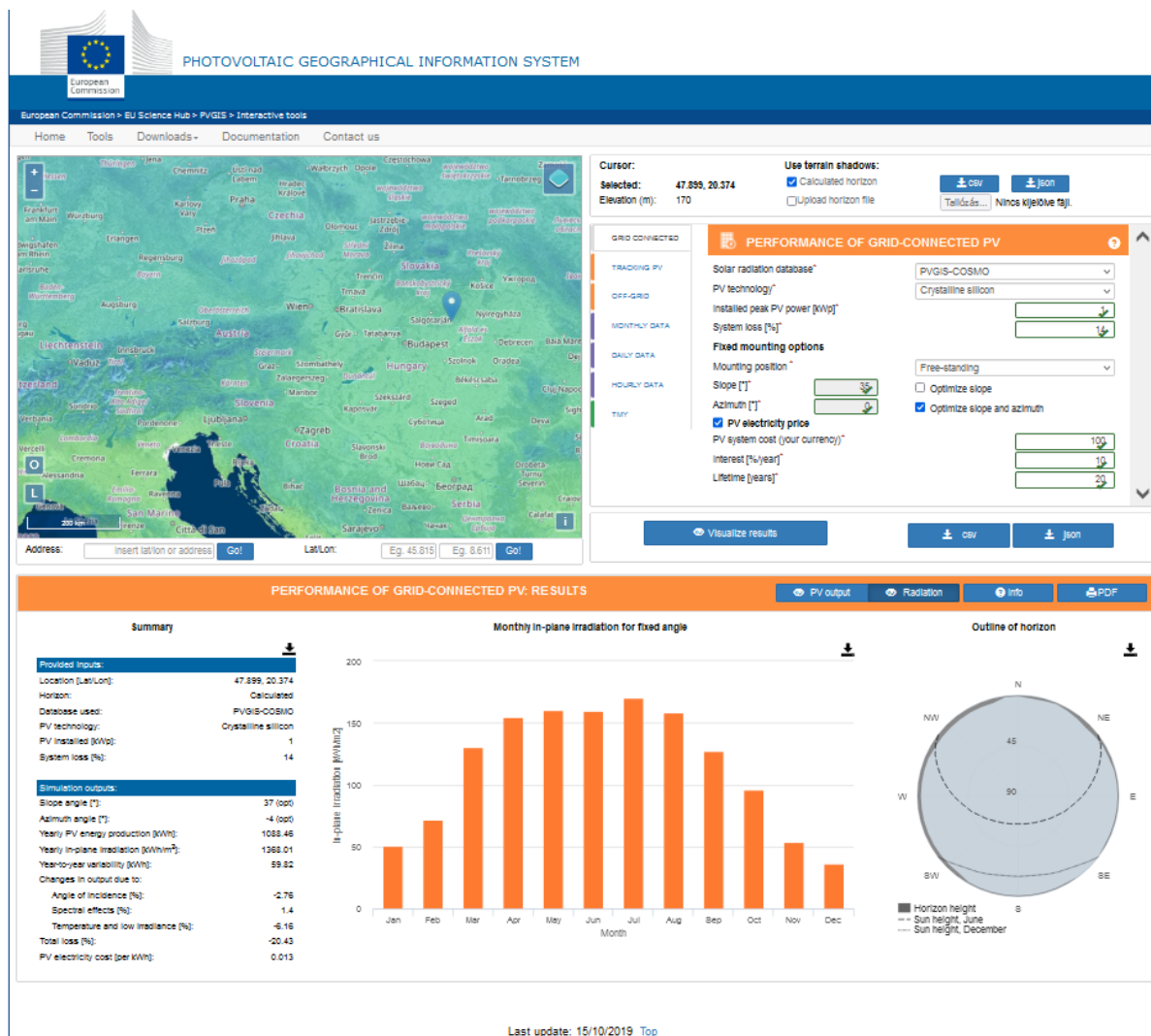
Rysunek 2 Potencjał energii fotowoltaicznej w Europie

#### 4.5 Badanie lokalnych warunków i obdarowań

Oczywiście zakłócająca w skali mikro topografia lub inne czynniki zacieniające, takie jak wysokość otaczających budynków lub zadaszenie drzew, niewłaściwa orientacja konstrukcji dachu budynku, które można zignorować, mogą znacznie zmniejszyć ilość energii możliwej do wyprodukowania. Potencjał fotowoltaiczny danego położenia geograficznego dla obszaru Europy można przeanalizować za pomocą następującego oprogramowania



[https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#PVPi](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVPi) (rys. 3).



Rysunek 3. Fotowoltaiczny system informacji geograficznej

Wykorzystanie energii słonecznej jest bardzo popularne w wielu krajach Europy. Przewidywalna energia elektryczna i ciepła może być wytwarzana za pomocą paneli słonecznych i kolektorów słonecznych. Jedynym czynnikiem niepewności w przewidywaniu możliwej do wyprodukowania energii słonecznej jest zachmurzenie. Ilość, rodzaj i grubość chmury znacząco wpływa na ilość energii słonecznej, która może zostać wyprodukowana. W związku z tym nie jest korzystne montowanie instalacji solarnych na obszarach, gdzie zachmurzenie jest częste ze względu na lokalne warunki cyrkulacji.

#### 4.6 Korzystanie z kalkulatora orientacji:

Wybierz strefę czasową i wprowadź jej współrzędne (szerokość i długość geograficzną), aby obliczyć optymalną orientację dla stałych ogniw słonecznych (Tabela 1). Współrzędne geograficzne można znaleźć w wyszukiwarce Google<sup>7</sup>.

<b>Input:</b>		<b>Note: Enter positive latitude for north, e.g., 34.05 for Los Angeles (34.05° N) And negative latitude for south, e.g., -33.87 for Sydney (33.87° S)</b>	
<b>Latitude</b>	34.05		
<b>Output 1:</b>			
<b>Optimal Direction</b>	South		
<b>Output 2:</b>			
<b>For Fixed Solar Panel</b>			
<b>Optimal Tilt Angle</b>	34°		
<b>Output 3:</b>			
<b>For Seasonally Adjusted Solar Panel</b>			
<b>Month</b>	<b>Optimal Tilt Angle</b>	<b>Northern hemisphere</b>	<b>Southern hemisphere</b>
March to May	34°	Spring	Fall (or autumn)
June to August	7°	Summer	Winter
September to November	34°	Fall (or autumn)	Spring
December to February	60°	Winter	Summer

Table 1 Screenshot of the Excel calculator

#### 4.7 Wydajność ogniw słonecznych

Wydajność ogniw słonecznych podawana jest zazwyczaj w Wp, czyli wattpeak. Wp jest mocą szczytową ogniwa słonecznego, tzn. jest ono w stanie osiągnąć tę moc szczytową w standardowych warunkach pomiarowych. Przykładowo, jeśli producent określa moc nominalną panelu na 245Wp, to zespół 20 paneli słonecznych można uznać za system o mocy 4,9kWp.

Tylko kilka godzin w ciągu roku to okres, w którym nasze ogniwo słoneczne faktycznie osiąga swoją najwyższą wydajność (zazwyczaj wtedy, gdy temperatura jest niska, a słońce świeci mocno). Dlatego musimy spojrzeć na kilka czynników razem, aby mieć realistyczny obraz tego, jak potężny system słoneczny potrzebujemy na naszym dachu.

<sup>7</sup> <https://solarsena.com/solar-panel-orientation-calculator/>

#### 4.8 Jakie czynniki mogą wpływać na rzeczywistą wydajność systemu solarnego?

Z definicji jednym z najważniejszych czynników jest to, ile energii słonecznej dociera do systemu, czyli ile energii słonecznej (promieniowania globalnego) jest obecne w miejscu instalacji. Innymi słowy, należy wziąć pod uwagę położenie geograficzne nieruchomości oraz dokładną orientację powierzchni dachu.

Nie bez znaczenia jest również to, jak bardzo nagrzewa się nasz panel słoneczny, ponieważ im wyższa temperatura panelu, tym niższa jego wydajność. Kategorycznie zabrania się sztucznego schładzania nagrzanego panelu, ponieważ szklana płyta chroniąca panele może nawet pęknąć na skutek gwałtownych zmian temperatury.

Jeśli panel słoneczny ma moc znamionową 300 Wp, a słońce zamiast idealnego 1000 W / m<sup>2</sup> osiąga 800 W / m<sup>2</sup>, co nie pozwala utrzymać laboratorium w temperaturze 25 stopni, ale pod wpływem słońca nagrzewa się do 50 stopni Celsjusza, to już 70% Moc szczytowa zmniejsza się do, czyli nasz panel produkuje 210 W zamiast 300.

#### 4.9 Czynniki wpływające na wydajność ogniw słonecznych to m.in.

- Ilość promieniowania słonecznego, promieniowanie globalne
- Ukształtowanie terenu (idealna orientacja: południowa)
- Kąt nachylenia paneli słonecznych (idealne nachylenie: 35 °)
- Warunki pogodowe (idealna temperatura: 25 ° C)
- Technika solarna
- Czystość powierzchni paneli słonecznych
- Prawidłowo zaprojektowany system solarny

Różne rodzaje paneli słonecznych mogą działać lepiej w różnych klimatach. W obszarach o dużym nasłonecznieniu lepiej sprawdza się monokrystaliczne ogniwo słoneczne, natomiast w obszarach bardziej pochmurnych lepiej sprawdzają się ogniwa polikrystaliczne i cienkowarstwowe.

#### 4.10 Jak możemy wziąć pod uwagę te czynniki?

Przede wszystkim wiele znaczy prawidłowa wstępna wizja lokalna, dzięki której projektant i wykonawca instalacji solarnej może zalecić dostosowaną do potrzeb technologii solarną uwzględniającą charakterystykę domu.

Nadmierne nagrzewanie się paneli można ograniczyć np. dzięki ogniwu słonecznemu o połowie długości: przez połowę ogniwa przepływa o połowę mniej prądu, więc będzie się ono mniej nagrzewać. Dzięki obniżeniu temperatury ogniw można zwiększyć ich żywotność, a uzysk będzie wyższy.

#### 4.11 Warunki klimatyczne związane z wiatrem

Istnieją specyficznie wietrzne obszary, które powstają w wyniku warunków orograficznych.

W rejonie szczytów górskich, wierzchołków oraz kanionów i wąwozów następuje przyspieszenie przepływu powietrza na skutek zawężenia pola przepływu.

Wiatr powstający w wyniku orografii może mieć charakter kataboliczny, wówczas możemy mówić o wietrze wiejącym w dół wzdłuż stoku, który powstaje głównie w nocy. Natomiast w ciągu dnia ogrzane powietrze płynie w górę góry, wówczas mówimy o wietrze anabatycznym.

O wiatrach jeziornych lub morskich czy nadmorskich możemy mówić ze względu na wyrównanie znacznej różnicy temperatur między morzem a brzegiem między ośrodkami o różnej pojemności cieplnej lub między morzem a morzami.

#### 4.12 Ocena potencjału wiatru

Badając energię wiatru należy wspomnieć, że prędkości wiatru mierzone są na wysokości 10m. Wysokość ta nie jest odpowiednia do badania wiatru dla celów energetycznych. Wysokość turbin wiatrowych mieści się w granicach 80-120m. Potencjały energetyczne wiatru są więc zwykle podawane dla tych poziomów wysokości.

Jedną z najbardziej akceptowanych i najczęściej stosowanych metod określania prędkości wiatru na większych wysokościach jest relacja Hellmana, która ma następującą postać:

$$v_2 = v_1 \left( \frac{h_2}{h_1} \right)^\alpha$$

(Wzór 1)

Gdzie:

$v_2$  = prędkość wiatru oszacowana na żądanej wysokości,

$v_1$  = prędkość wiatru zmierzona na tej wysokości;

$h_2$  = wysokość żądana;

$h_1$  = dana wysokość, na której zmierzono prędkość wiatru,

$\alpha$  = jej funkcja jako funkcja artykulacji powierzchni i położenia równowagi atmosfery, która ma przebieg dobowy i roczny.

Na podstawie danych literaturowych przyjmuje się na ogół, że wartość  $\alpha$  zawiera się w przedziale od 0,14 do 0,40.

Jeśli przyjrzymy się błędowi estymacji dla różnych wartości alfa, to możemy stwierdzić, że 0,2 wykazywało najlepsze dopasowanie, dlatego w naszej obecnej pracy również obliczyliśmy 0,2  $\alpha$ . Według kilku autorów, dobre przybliżenie do około 250 m można uzyskać przy wartości 0,2 alfa.

Inną stosowaną zależnością jest funkcja logarytmiczna WMO, która ma tę przewagę nad wzorem Hellmanna, że nie zawiera zmiennej zależnej od pory roku i parametrów środowiska:

$$v_h = v_{10} [0,233 + 0,656 \lg(h + 4,75)] \quad (\text{wzór 2})$$

Ruch wiatru zwiększa się wraz z przesuwaniem się w górę wzdłuż pionu. W pobliżu gleby jest większy ze względu na tarcie powierzchniowe, obecność cech powierzchni, budynków i roślinności. Na większych wysokościach ten efekt hamowania jest mniej zauważalny. Pionowa zmiana prędkości wiatru nazywana jest profilem wiatru. Efekt hamowania przez budynki i drzewa, jak również nierówności powierzchni i samo tarcie powierzchniowe tworzą strukturę wirową wiatru. Mniejsza wielkość wiru przy ziemi i większa średnica wiru poruszającego się ku górze charakteryzują ruch powietrza. Ze względu na tworzenie się wirów, wiatr zazwyczaj nie wieje ze stałą prędkością, lecz wykonuje ruch zmienny, fluktuacyjny. W związku ze zmienną prędkością wiatru możemy mówić o podmuchach wiatru.

Wydajność wiatru można obliczyć na podstawie masy i prędkości powietrza przepływającego przez daną powierzchnię w określonym czasie. Na ich podstawie można obliczyć wartość energetyczną powietrza w oparciu o następujące równanie:

$$P_{\text{fajl.elm}} = \rho / 2 * v^3$$

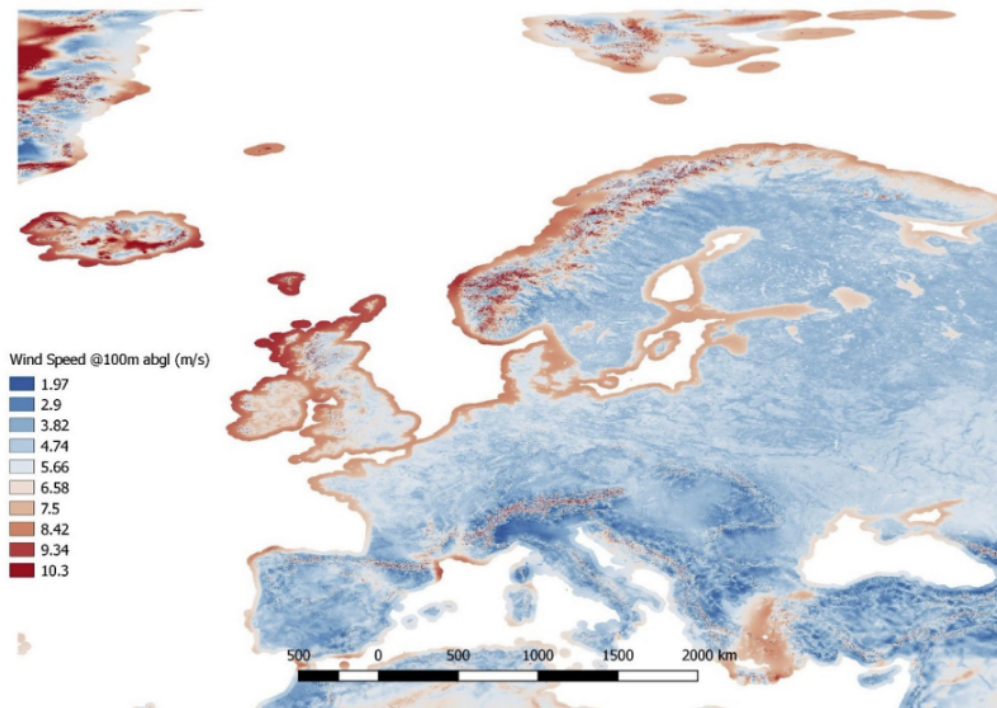
(wzór 3)

Gdzie  $\rho$  to gęstość powietrza,  $v$  to prędkość wiatru (w m/s)

Albert Betz obliczył, że teoretycznie możliwa do uzyskania maksymalna sprawność dla turbin wiatrowych wynosi 59,3%, w praktyce wartości te są znacznie niższe. Większość autorów oblicza zazwyczaj sprawności na poziomie 30%.

Analizując potencjał wiatru energetycznego w Europie, który wyznaczany jest na wysokości 100 m nad powierzchnią ziemi, można stwierdzić, że obszary o najlepszym potencjale

wiatrowym znajdują się w północnych i głównie nadmorskich rejonach kontynentu. Ponadprzeciętny potencjał wiatru obserwuje się również w wyższych partiach Alp, w rejonie Morza Egejskiego, w szczytach Pirenejów oraz na śródziemnomorskim wybrzeżu Francji (rys. 4).

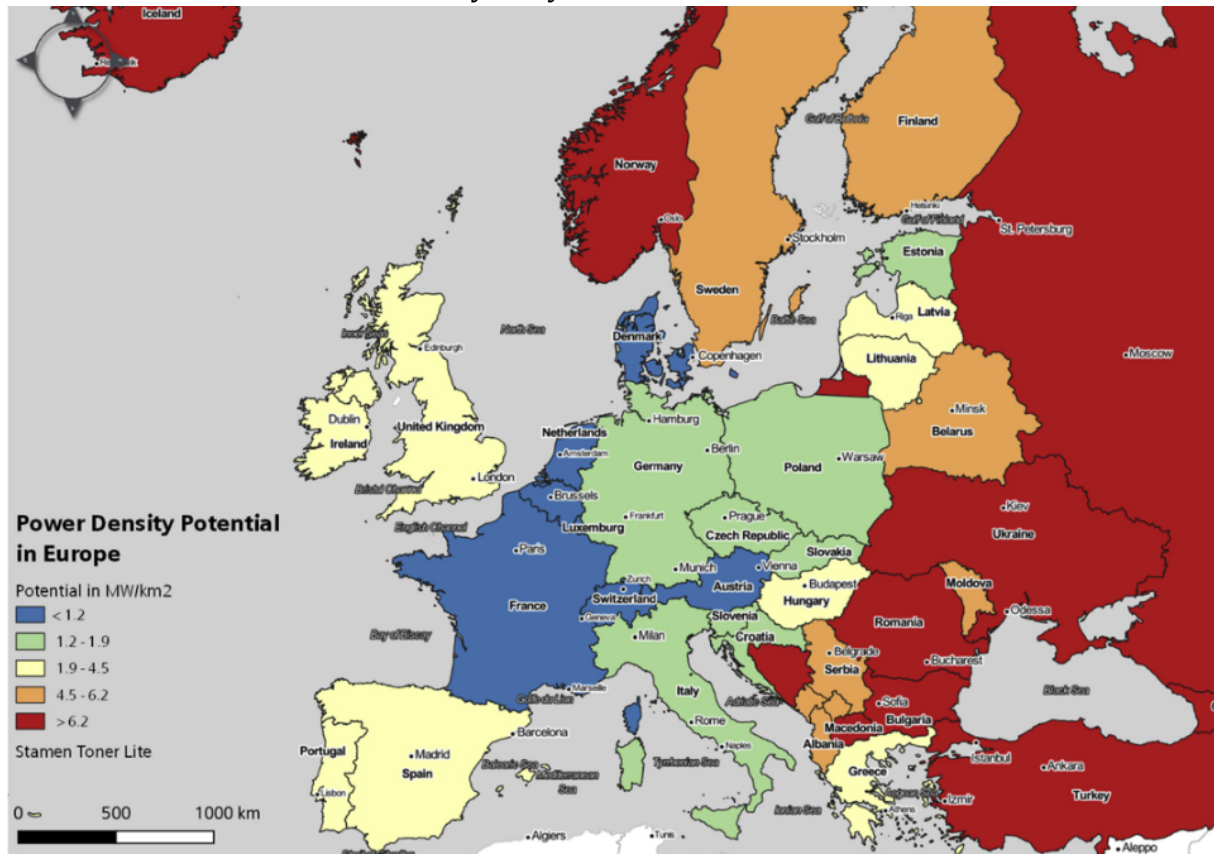


Rysunek 4 Średnie roczne prędkości wiatru na wysokości 100 m nad ziemią w Europie

Źródło: Dane dotyczące wiatru z (The Global Wind Atlas, 2017)

Potencjał dla energetyki wiatrowej jest również korzystny w całej Europie. Warunki do produkcji energii wiatrowej są szczególnie korzystne w regionie północnej Europy (rysunek 5). Korzystny potencjał energii wiatrowej w wielu krajach nie oznacza, że korzystne warunki wiatrowe są wykorzystywane w znaczącym stopniu. Również fakt, że dany kraj nie ma szczególnie wysokiego potencjału wiatru, może być nadal szczególnie popularny dla energii produkowanej z wiatru i ogólnie kraj ten może również produkować znaczne ilości energii z

wykorzystaniem wiatru.



Rysunek 5. Potencjał lądowej energetyki wiatrowej w Europie (MW/km<sup>2</sup>)  
(Źródło: Enevoldsen et al. 2019)

#### 4.13 Czynniki obniżające efektywność wykorzystania energii wiatrowej

- W cieniu gór prędkość ruchu powietrza wewnątrz basenów zwykle maleje. Zbocza dolin i kierunek przeważającego przepływu powietrza mają zasadniczy wpływ na wielkość potencjału wiatru.
- W centrum miasta wąskie, alejowe uliczki znacznie zmniejszają prędkość wiatru
- Pasy leśne, zadrzewione zagajniki i okolice parków również mogą znacznie zmniejszyć prędkość wiatru.

#### 4.14 Instalacja systemów hybrydowych (energia słoneczna + energia wiatrowa razem)

Jeżeli warunki dla instalacji solarnych są korzystne w określonej porze roku, tj. w jednym sezonie, natomiast potencjał wiatru wzrasta w innej porze roku, warto rozważyć, że instalacja



systemów hybrydowych w tym miejscu jest bardziej ekonomicznym rozwiązaniem technicznym (rys. 6). Oczywiście nie ma problemu, gdy obie formy energii są dostępne w tym samym czasie, ponieważ nawet w tym przypadku wzrasta ilość energii, którą można wyprodukować.

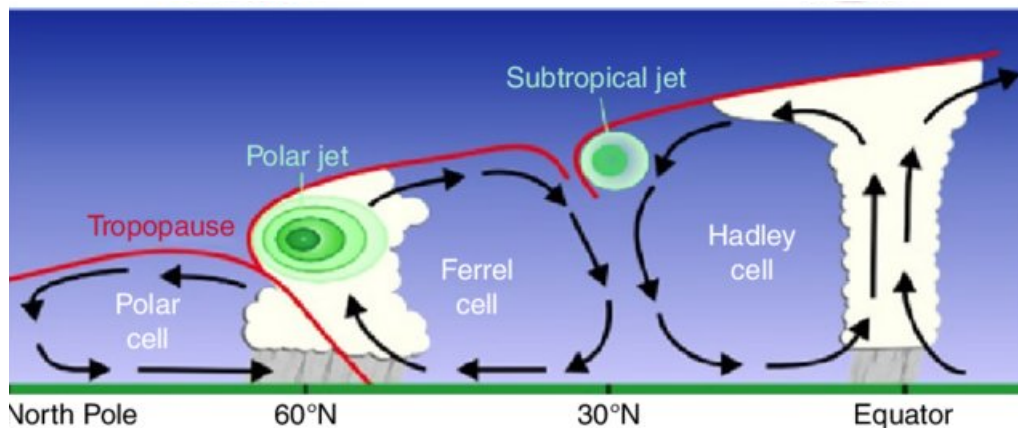


Rysunek 6. Hybrydowy (solarny + wiatrowy) system obsługi energetycznej

W rejonach, w których występowanie zachmurzenia znacznie wzrasta w ciągu doby lub w określonych porach roku, można spodziewać się w tym okresie mniejszej ilości energii słonecznej, jednak w tych rejonach wielkość potencjału wiatru zwykle wzrasta w tym okresie. Dlatego też systemy hybrydowe pozwalają na znacznie bardziej efektywną produkcję energii w tych regionach niż instalacja urządzeń wykorzystujących wyłącznie energię słoneczną lub wiatr.

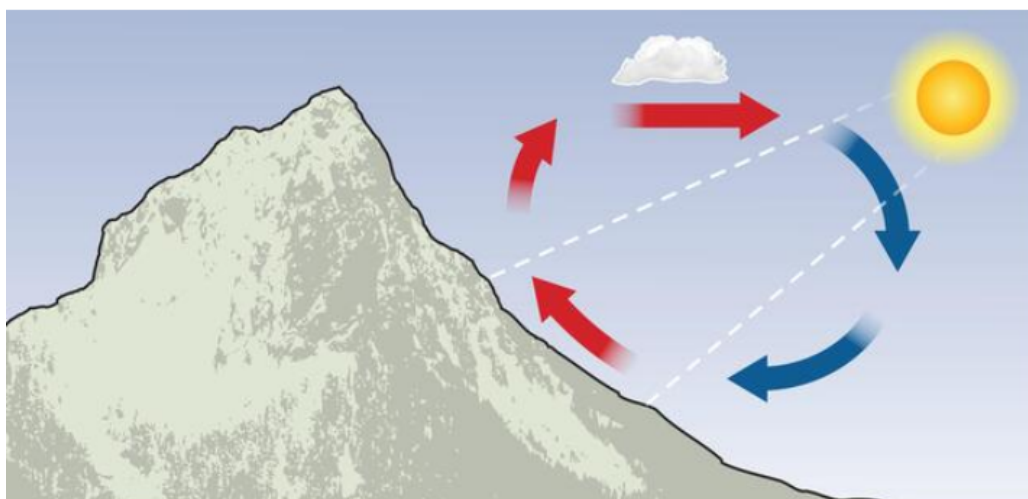
Występowanie zachmurzenia na obszarach zbiegu, który znajduje się wzdłuż równika i szerokości geograficznej 60, jest znacznie częstsze (rysunek 7).





Rysunek 7. Globalne schematy cyrkulacji wiatrów. 1, komórka Hadleya; 2, komórka Ferrela; 3, komórka polarna  
(Źródło: NOAA's National Weather Service, Southern Region Headquarters, Fort Worth, Texas)

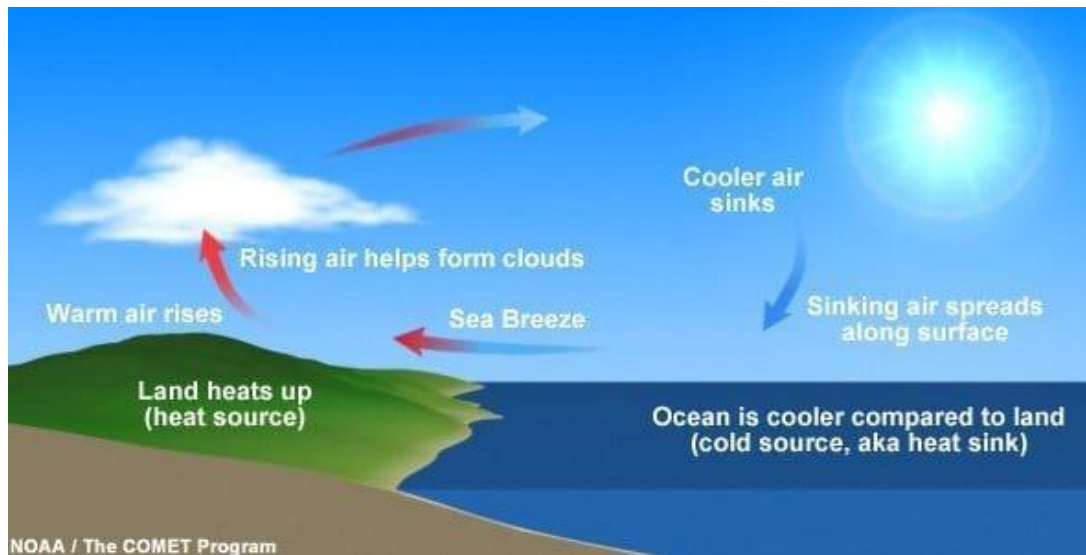
Na terenach wzdłuż stoków codziennie występuje tzw. wiatr anabatyczny, w wyniku którego możemy spodziewać się występowania chmur anabatycznych. Ze względu na korzystną ekspozycję promieniowania, energia słoneczna może być efektywnie produkowana w określonych porach dnia, zwłaszcza w godzinach porannych, jednak wraz z zagęszczaniem się chmur anabatycznych we wczesnych godzinach popołudniowych, warunki do produkcji energii wiatrowej ulegną znacznej poprawie. Dlatego najbardziej stabilnym sposobem produkcji energii na tych obszarach jest instalacja systemów hybrydowych (rys. 8).



Rysunek 8. Formowanie się chmur anabatycznych na zboczu górskim narażonym na przepływ powietrza w godzinach dziennych

Na obszarach znajdujących się pod wpływem wiatrów jeziornych lub morskich szczególnie korzystne są warunki do produkcji energii słonecznej w godzinach porannych, po których powstają chmury.

Wiatr morski jest spowodowany różnicą temperatur pomiędzy oceanem, morzem i lądem. Ze względu na mniejszą pojemność cieplną, ląd nagrzewa się szybciej niż powierzchnia wody. Powietrze nad rozgrzany ląd lub obszarem przybrzeżnym zaczyna się unosić, tworząc obszar niskiego ciśnienia w pobliżu lądu. W wyniku tego, wysokociśnieniowe zimne powietrze nad chłodniejszą powierzchnią wody rozchodzi się nad wodą i przepływa nad lądem. Gdzie ogrzewa się i wznosi. Gdy osiągnie większe wysokości, ochładza się, para wodna w jego wnętrzu wytrąca się i może powstać chmura, a nawet opad. Ochłodzone powietrze spływa z powrotem do oceanu lub powierzchni morza. W ten sposób powstaje zamknięta komórka cyrkulacyjna (rys. 9). Proces ten trwa do momentu ustanowienia równowagi. W tym cyklu ciepłe, wznoszące się powietrze może utworzyć chmurę. W odpowiednich warunkach wzdłuż bryzy morskiej mogą wystąpić mniejsze burze.



Rys. 9. Tengeri szél nappali áramlási iránya

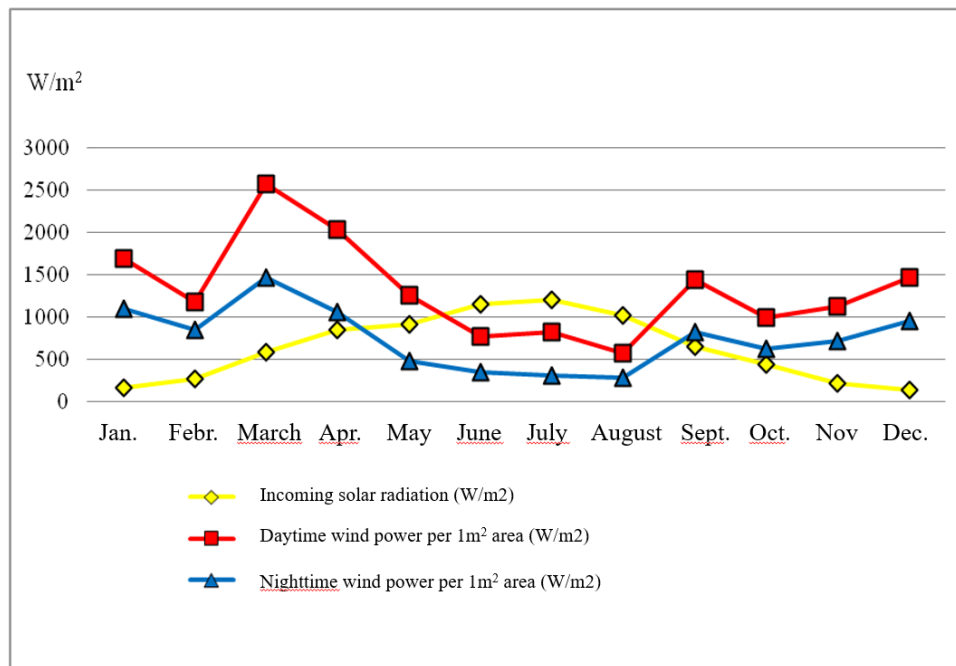
Przed powstaniem chmur rano i po ich ustąpieniu późnym popołudniem, obszary przybrzeżne są doskonale do produkcji energii słonecznej, a w okresach przejściowych możliwa jest efektywna produkcja energii wiatrowej (Rysunek 10).



Rys. 10. Summer Sea Breeze Drives Cloud Formation Over Land, Western France by Ross Salawitch - 24 VII 2018 r.

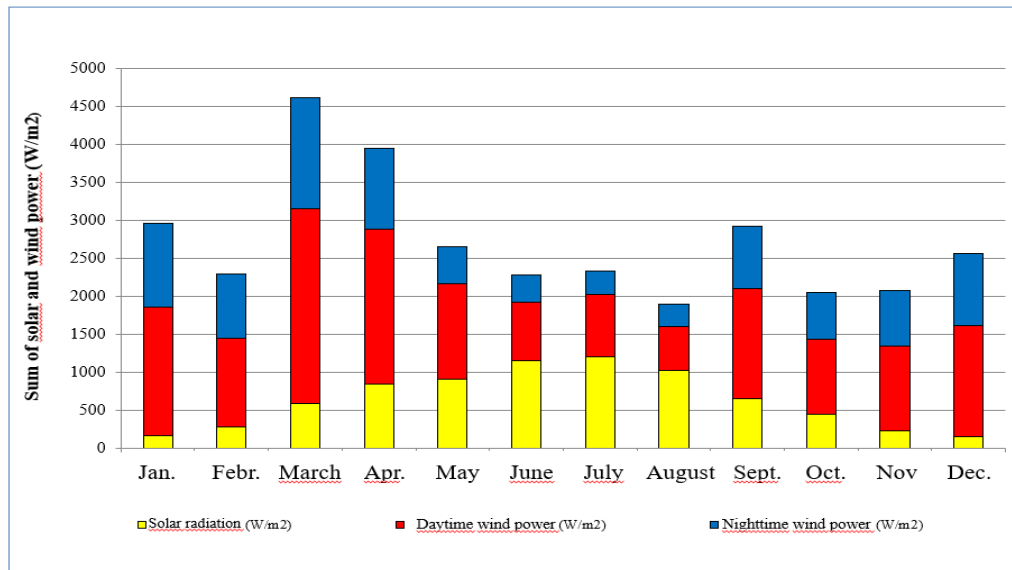
Tak zwany wiatr przybrzeżny wiejący nocą od lądu sprawia, że tereny nadmorskie są szczególnie predysponowane do produkcji energii wiatrowej.

Jest to szczególnie ważna komplementarność w produkcji energii przy instalowaniu systemów hybrydowych. Kiedy jedna forma energii, taka jak energia słoneczna, nie jest dostępna, drugie źródło energii, wiatr, zapewnia odpowiednią ilość energii. Ponieważ słońce nie świeci w nocy, ważnym pytaniem jest, czy wystarczająca ilość energii wiatrowej może być produkowana w nocy. Ponieważ energia słoneczna również odgrywa znaczącą rolę w wytwarzaniu energii wiatrowej, nie jest zaskakujące, że energia wiatru w ciągu dnia przekracza ilość energii wiatru, która może być produkowana w nocy. Jednocześnie nasze badania pokazują również, że ilość energii wiatru, która może być produkowana w nocy w niższych okresach dziennych (od września do kwietnia) przekracza ilość energii słonecznej, która może być produkowana w ciągu dnia (rysunek 11). Oznacza to, że systemy hybrydowe umożliwiają bardziej efektywną produkcję energii niż oddzielne systemy wytwarzania energii słonecznej i wiatrowej.



Rysunek 11. Roczny rozkład mocy wiatru na wysokości 80 m oraz promieniowania słonecznego na jednostkę powierzchni w Szolnok w latach 2011-2020

Patrząc na kształtowanie się wydajności hybrydowych, które można uzyskać w każdym miesiącu, możemy zaobserwować maksimum marcowe i minimum sierpniowe (rysunek 12). Czyli wydajność energetyczna waha się od 2000 do 4500 W/m<sup>2</sup>. Ilość energii, którą można uzyskać z nocnego wiatru przekracza ilość energii słonecznej w okresie od jesieni do wiosny, co oznacza, że systemy hybrydowe oznaczają bardziej wydajną i ciągłą produkcję energii nie tylko w sezonowych, ale również w dziennych cyklach produkcji energii.



Rysunek 12. Roczny rozkład całkowitej podaży energii, którą można pozyskać z energii słonecznej i wiatrowej na wysokości 80 m n.p.m. w Szolnok (2011-2020)

W wielu krajach europejskich na poziomie gospodarstw rodzinnych i domowych zastosowano już systemy hybrydowe, które skutecznie pomagają w obniżeniu kosztów energii w gospodarstwach domowych, a w wielu przypadkach mogą w pełni pokryć koszty zużytej energii.

Wiadomo, że kraje położone nad Morzem Północnym mają znacznie korzystniejsze warunki do wykorzystania energii wiatrowej. Wiele osób uważa, że baseny nie nadają się do wytwarzania energii wiatrowej. To stwierdzenie nie jest w żadnym wypadku poprawne. Lokalizacja przypominająca basen ma potencjał do wykorzystania energii wiatru. Pomyśl o wiatrach zstępujących, spływach z góry, wiatrach dolinowych czy katabatycznych. Są to wszystko lokalne możliwości, które występują z dużą częstotliwością i nie zostały jeszcze dostatecznie wykorzystane na terenach położonych w basenie.

Systemy solarne są znane z tego, że zajmują dużo miejsca, co oznacza, że mogą zajmować dużą powierzchnię. Turbiny wiatrowe wymagają mniej miejsca, a produkcja rolna może być prowadzona nawet pod śmigłami turbin. W przypadku systemów hybrydowych można poprawić wykorzystanie przestrzeni, co można dodatkowo poprawić poprzez specjalne rozmieszczenie paneli słonecznych. Obecnie możemy nawet uprawiać rośliny pod systemami zasilania energią słoneczną (rys. 13) (Scott, 2019).





Rysunek 13. Badania "Agrivoltaics" w Massachusetts wykazały, że wiele upraw dobrze współgra z panelami słonecznymi.

Chociaż moduł słoneczny skierowany na południe daje najwyższą wartość energii elektrycznej dla wszystkich wybranych kątów, w niektórych przypadkach można z niego zrezygnować ze względu na wielofunkcyjne wykorzystanie. Orientacja paneli słonecznych jest ważnym elementem doboru wielkości systemów fotowoltaicznych i solarnych. Ponieważ wytwarzana energia słoneczna jest wprost proporcjonalna do orientacji paneli słonecznych, właściwa orientacja nie tylko maksymalizuje energię słoneczną, ale także zmniejsza koszty instalacji. Orientacja składa się z dwóch parametrów: kierunku i kąta nachylenia.

Niektóre rośliny, takie jak fasola i ogórki, dobrze tolerują warunki półcieniste i mogą być z powodzeniem uprawiane przy promieniowaniu rozproszonym. Dlatego rośliny te szczególnie nadają się do uprawy pod panelami słonecznymi (Corbley, 2021) (rys. 14).



Rysunek 14. Jack's Solar Farm - zdjęcie Wenera Slocuma: NREL

## Aneks

### Słowniczek

Gęstość: zwana również gęstością objętościową masy, jest to masa przypadająca na jednostkę objętości substancji. Zazwyczaj przedstawia się ją za pomocą symbolu  $\rho$ . Matematycznie, gęstość jest definiowana jako masa (m) podzielona przez objętość (V):

$$\rho = m/V$$

Cyrkulacja naturalna: zdolność płynu w układzie do ciągłego krążenia, ze względu na grawitację, gęstość itp.

Konwekcja naturalna: ruch cieczy, który nie jest generowany przez żadne zewnętrzne źródło, ale z powodu gęstości cieczy.

Stratyfikacja: gdy różne części są ułożone w oddzielne grupy.

Efekt syfonu: syfon to rurka, która transportuje ciecz w górę i z pojemnika na jednym poziomie do drugiego pojemnika na niższym poziomie. Efekt syfonowy występuje, gdy ciśnienie atmosferyczne wypycha ciecz do góry, a grawitacja ściąga ją w dół.

Termosyfon: system, w którym chłodziwo krąży w wyniku konwekcji spowodowanej różnicą gęstości pomiędzy gorącymi i zimnymi częściami cieczy.

### Wykaz skrótów

H: wilgotność

LED: dioda emitująca światło

PV: fotowoltaika

PVC: polichlorek winylu

T: temperatura

VET: Kształcenie i szkolenie zawodowe



## Referencje, przydatne strony internetowe

Arduino tutorials as an educational resource for VET schools for digitalisation purposes:

<https://www.youtube.com/watch?v=r0KErKHxHf0>;

<https://www.arduino.cc/education/remoteteaching>

Arduino website for configuring Arduino options: <https://www.arduino.cc/>

CFRC,

2011:

<https://www.nottingham.ac.uk/biosciences/documents/community/public-talks/crops-for-the-future-may11.pdf> (latest download:08.05.2022.)

Corbley, A.: 2021: Largest Farm to Grow Crops Under Solar Panels Proves to Be a Bumper Crop for Agrivoltaic Land Use (<https://www.goodnewsnetwork.org/agrivoltaics-of-solar-power-and-farming-are-a-big-success-on-this-boulder-farm/>)

Enevoldsen, Peter; Permien, Finn-Hendrik; Bakhtaoui, Ines; Krauland, Anna-Katharina von; Jacobson, Mark Z.; Xydis, George; Sovacool, Benjamin K.; Valentine, Scott V.; Luecht, Daniel; Oxley, Gregory (2019). How much wind power potential does Europe have? Examining European wind power potential with an enhanced socio-technical atlas. *Energy Policy*, 132(), 1092–1100. doi:10.1016/j.enpol.2019.06.064

European Commission (2019). Photovoltaic Geographical Information System. *Interactive Tool*. Retrieved from [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)

European Commission (2022). Photovoltaic Geographical Information System. Retrieved from [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#PVPi](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVPi)

Free Energy Planet (2021). How Do Thermosyphon Systems Work. Retrieved from <https://www.freeenergyplanet.biz/solar-water-heater/how-do-thermosyphon-systems-work.html>

Johnson, S. K. (2019). Crops under solar panels can be a win-win. *Ars Technica*, September, 5.

KeeYess

weather

station

Kit:

<https://www.amazon.es/KeeYees-meteorol%C3%B3gica-Temperatura-Barom%C3%A9trica-Breadboard/dp/B07T2H5QXC>

Meteomanz (2022). <http://www.meteomanz.com/>

PGIS website tool: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html)

Pilarska, Dominika; Beben, D.; Rak, A.; Perkowski, Z. (2018). Octahedron-based spatial bar structures - the form of large areas covers. MATEC Web of Conferences, 174(), 03007-. doi:10.1051/mateconf/201817403007

Solar Sena (2021). Solar Panel Orientation Calculator. Retrieved from <https://solarsena.com/solar-panel-orientation-calculator/>

Ubidots (2021). Website for reflecting values from the arduino system: <https://ubidots.com/>