



ÕPETAJA METODOLOOGILINE JUHEND: PROJEKTÕPE

MOODUL 3

INTELLECTUAL
OUTPUT 2
2020-1-ES01-KA202-
082440



With the support of the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Selle projekti rahastust on toetanud Euroopa Komisjon. Käesolev väljaanne kajastab ainult autorite seisukohti ning komisjon ei vastuta selles sisalduva teabe edaspidise kasutamise korrektsuse eest.

Autorid:

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



lowcarbon
economy®

AREA EUROPA
DEVELOPMENT CONSULTING

EFA LA MALVESIA
CENTRO EDUCATIVO Y DE PROMOCIÓN RURAL

ESZTERHÁZY KÁROLY EGYETEM
1774

Järvamaa
Kutsehariduskeskus
OPPIHARIDUSKESKUS

EUROPEA
POLSKA

Innovaatiline õppekogemus põllumajandusenergeetika kutseõppuritele

2020-1-ES01-KA202-082440

No se encontraron entradas de tabla de contenido.

Mooduli eesmärgid

Järgnevatel peatükkides on kirjeldatud mitut põllumajandussektoris kasutatavate seadmete praktilist prototüüpi, mis töötavad taastuvenergiaga. Prototüüpide all mõeldakse lihtsustatud väikeseadmeid, mida ehitatakse projektides, et neid kasutada põllumajandusõppes ja -koolitustel. Prototüüpide ehitamiseks saab kasutada praktilisi laboreid ja klassiruumi, et panna õpilased tegema individuaalselt või organiseeritud gruppides põllumajandussüsteeme, mis on praktilises elus kasutatavad ja toimivad. Vastavalt kutseõppe eesmärkidele võib ühte või mitmesse õppeainesse lisada erinevaid projektide valikuvõimalusi.

Et selgitada, kuidas on võimalik taastuvenergiat põllumajandusse kaasata, on projekti Energy4Farming partnerid loonud 2 praktilist põllumajanduses päikeseenergiat kasutavat ja 2 eksperimentaalset prototüüpi. Lugejale on välja toodud iga prototüübi pedagoogilised eesmärgid ning konkreetsed ehitusetaapid ja materjalid, mida tuleb allpool kirjeldatud mudelite loomisel kasutada.

Praktilised prototüübid - projektitöö klassiruumis

Juan Jorro, Lucía Toledo and José Segarra

Soojusvaheti

Kirjeldus

Soojusvaheti on kollektor, mis kogub endasse päikeseenergiaga soojendatud vee. Tavaliselt koosnevad päikeseenergiaga töötavad veekollektorid pealispinnast, mis talletab päikesekiirgusest tekkinud energia, ning torudest valmistatud soojusahelast, mida vesi läbib. Kõrgema temperatuuri saavutamiseks on vaja hästi isoleeritud mahutit ning tuleb paigaldada läbipaistev kate, mis loob kasvuhooneefekti. Järgnevalt kirjeldatud prototüübis toimub veeringlus kollektorist mahutisse loodusliku tsirkulatsiooni teel, kasutades ära külma ja kuumu vee erinevat tihedust (soojusvahetus).

Soojusvahetus toimub, kui kuum vesi tõuseb paaki, kuna selle tihedus on väiksem kui külmal veel, mis laskub paagi põhja poole. Selleks on vaja paigutada veepaak päikesekollektori kohale, nagu on kirjeldatud järgnevatel lehekülgedel.

Pedagoogilised eesmärgid

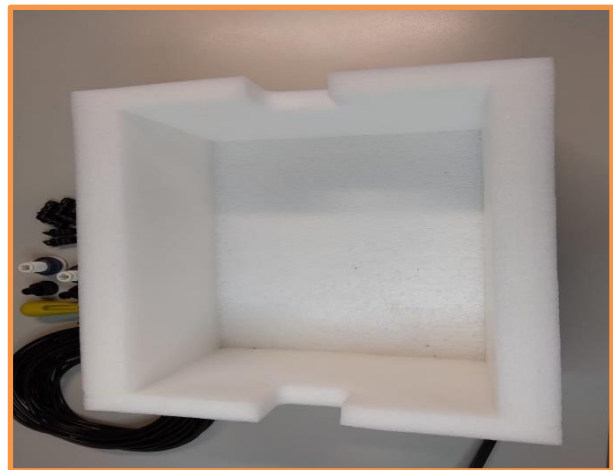
- Omandada teadmised vee tihedusest
- Mõista soojusvahetuse põhimõtet
- Pikkuste arvutamine
- Omandada teadmised päikeseenergiast
- Päikeseenergia praktiline kasutus

Vajalikud materjalid

#	MATERJAL	ÜHIKUD
1.	Suur polüstüreenkast ¹	1 42,5x35x10 ²
2.	plasttoru vee suunamiseks (16 mm)	1 160 cm
3.	Peenike voolik vee ringlemiseks (3 mm läbimõõt)	1 640 cm
4.	Toru ühendusmuhvid (4 mm)	40
5.	Vooliku ühenduspõlved [L-kujulised]	4 16x16
6.	Veemahuti	1
7.	keermestatud PVC-ühendused e. läbiviigid ½"	2
8.	Voolikute ja torude üleminekumuhvid ½ x 16mm	2
9.	Vooliku kiirliitmik	2



Illustratsioon 1. Materjalid



Illustratsioon 2. Suur polüstüreenkast

Vajalikud tööriistad

1. naaskel

2. näpistangid

¹ Kast võib olla ka muust materjalist, nagu puit, kuid see tuleks seest isoleerida.

² Pikkus, laius, kõrgus

- | | |
|--|----------------------|
| 3. trell | 6. universaalnuga |
| 4. lusikpuur ümmarguse ava puurimiseks | 7. liim ³ |
| 5. käärid | |

Ehitusetapid (illustratsioonidega)

1. Lõigake vahtpolüstüreenkasti seinad madalamaks, kui see on liiga kõrge⁴.

NÕUANNE. Põhi võib olla soojuse talletamiseks tumedamat värvi.

2. Mõõtke kast, et toru vastavalt sellele mõõtu lõigata.
3. Lõika veetoru kaheks tükiks nii, et nad oleksid umbes 5 cm pikemad kui kast.
4. Puurige kasti külgedele kokku neli auku. Auke kasutatakse tsirkulatsioonitorude (vooliku) paigaldamiseks.
5. Sisestage kaks eelnevalt mõõtu lõigatud veetoru kasti sisemusse, nendest moodustub soojusvaheti põhitoru.
6. Märkige kasti sisemusse toruotste asukohad (sisemine pool).
7. Mõõtke kahe toru vaheline kaugus ühelt küljelt teiseni.
8. Lõigake tsirkulatsiooni voolikud mõõtu vastavalt kahe toru pikkusele. Lõigata tuleb kokku 20 voolikut.
9. Torgake naaskliga augud põhitorusse. Mõlemasse torusse kokku 20 auku.
10. Kinnitage kiirühendused tsirkulatsiooni voolikute kahte ossa, mis on eelnevalt mõõtu lõigatud. Kokku vajate 20 vooliku jaoks 40 liitmikku.

NÕUANNE: Asetage veevoolikute otsad kuuma vette, et materjali ajutiselt pehmendada ja liitmikud kergemini vooliku otstesse suruda.

11. Ühendage tsirkulatsiooni voolikute külge kinnitatud liitmikud põhitoruga.

NÕUANNE: Kasutage vooliku liitmike ühendamisel põhitoru avadesse näpistange. See muudab protsessi lihtsamaks.

12. Kinnitage vooliku ühenduspõlved põhitorustiku välisküljele. Kokku on vaja nelja ühenduspõlve.
13. Märkige veemahutil kohad, kuhu puurida augud.
14. Puurige veemahutisse kaks auku, et asetada keermestatud PVC-ühendused e. Läbiviigud kasti seintesse.

³ Selleks võib olla liim, toruteip, silikoon...

⁴ Kui kast on liiga kõrge, tekitavad kasti seinad varje.

VALIKUVÕIMALUS: Juhul, kui PVC-ühendusi ei ole võimalik läbi veemahuti seinte sisestada, saab konteineri ülemisse ossa lõigata avad, et ühendused oma kohale sobiks.

15. Asetage läbiviigu väliskeermega osa konteineri seintesse tehtud aukudesse.
16. Keerake sisekeere ühenduse väliskeermega osale.
17. Asetage liitmikud, mis lähevad vooliku ühenduspõlvedest seina läbiviikude sisekeermesse, et ühendada veetorustik mahutiga.
18. Soojuse kontsentreerumiseks kastis kasutatakse pleksiklaasi. Asetage see kasti peale ja kinnitage kasti külge.

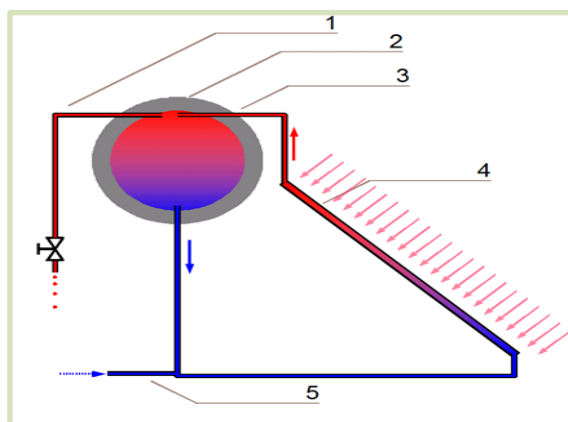
VALIKUVÕIMALUS: kui klaas ei vasta kasti suurusele, võib selle mõõtu lõigata.

19. Kalde saamiseks on vaja teha alus lisatoele, mis tõstab veemahutit ja päikesepaneeli kõrgemale.

NÕUANNE: Kui pidite kasti seinu madalamaks lõikama, kasutage kalde tekitamiseks vahtpolüstüreeni jääke.

TÄHTIS: Soojusvahetuse toimimiseks ja vee loomulikuks tsirkuleerimiseks on vajalik, et päikesekollektori ülemine ava oleks veemahuti ülemisest avast madalamal.

Illustratsioon 3. Soojusvahetus (CC BY-SA 3.0)⁵



Termosifooniga boiler
(skemaatiline):

- 1: veekraan
- 2: isoleeritud paak
- 3: kuuma vee sisselaskeava
- 4: päikesepaneel
- 5: vee sisselaskeava

20. Asetage soojusvaheti oma kohale, ühendage vajalikud tugialused, ja mõõtke kasti seinast väljuvate läbiviikude sisekeermete ja ühenduspõlvede vaheline kaugus. Lõigake veetorud vastavasse mõõtu.
21. Ühendage vahtpolüstüroolist veemahuti kahe mõõtu lõigatud veetoruga.
22. Liimi lisatugi veeanumale.

NÜÜD ON SUL OMA SOOJUSVAHETI!

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

Proovime järgi!

Soojusvaheti katsetamiseks aseta valminud prototüüp otsese päikesevalguse kätte ning jäta see sinna mõneks tunniks seisma. Eelnevalt võiks mõõta vee temperatuuri.

Mõne tunni möödudes võib mõõta mahutis oleva vee temperatuuri eraldi nii mahuti ülaosas kui alaosas. Kui soojusvaheti toimib, on vee temperatuurides oluline erinevus.

Kuidas see töötab?

Selles lihtsas soojusvaheti prototüübis, mis kasutab vee soojendamiseks päikeseenergiat, asub veeanum süsteemi kõrgeimas punktis. Vesi liigub veepaagist allapoole veetorusid mööda (mille väljavool on paagi põhja lähedal).

Soojenedes vee tihedus väheneb võrreldes külma veega oluliselt ja see kerkib torusid mööda ülesse. Torud viivad vee omakorda tagasi veemahuti lähedal asuvasse punkti. Nähtust, mis põhjustab soojenenud vedeliku voolu ülespoole, nimetatakse loomulikuks soojusjuhtivuseks.

Soojusenergia ja soojusjuhtivus on vaba tsirkulatsioonisüsteemi kaks võtmesõna.

Paagi juurde tagasi jõudes toimub vee kihistumine. Vesi ringleb ka paagis aeglaselt, kuid järk-järgult ladestub paagi põhja külmem vesi, samal ajal kui kuumem vesi jääb paagi ülaossa. Seega on paagis mitu erinevat temperatuuriastet.

Audio-visuaalne materjal

Siin on viide materjalidele, mis aitavad selgitada ehituse erinevaid etappe.

Link: <https://youtu.be/QcAHHdUoQnY>

Pinnase temperatuuri- ja niiskuse mõõtemuundur nn ilmajaam

Kirjeldus

Peatükis kirjeldatakse lähemalt pinnase temperatuuri- ja niiskustaseme mõõtemuunduri tööpõhimõtet. Muunduri kogutud andmed muudab loetavaks Arduino süsteem.

Arduino süsteem on avatud lähtekoodiga elektroonikaplatvorm, mis põhineb lihtsalt kasutataval riist- ja tarkvaral. Arduino emaplaat suudab lugeda sisendeid ja muuta need andmeteks, mida saab kuvada LED-ekraanil, esitleda veebiplatvormil jne.

Kirjeldatavas prototüübis on Arduino süsteemi kasutatud pinnase niiskuse ja temperatuuri mõõtmiseks ning selle toimimiseks vajalik elektrienergia saadakse päikesepaneeliga. Arduino kuvab veebiplatvormil teavet, et süsteem toimiks kaugjuhtimisel sujuvalt. Soovi korral saab kasutada ka LED-ekraani, kuid ekraani energiatarbimist tuleb arvutustega kohandada.

Pedagoogilised eesmärgid

- Mõista reaalses tööelus kasutatava tehnoloogia põhimõtteid
- Arendada inglise keele oskust
- Kujundada arusaamist põllumajanduses kasutatavast taastuvenergiast
- Omandada teadmisi konstrueerides funktsionaalseid seadmeid
- Omandada põhivalemid päikeseenergiaga seotud spetsiifiliste andmete saamiseks

Vajalikud materjalid ja tööriistad

KIRJELDUS	KOGUS
Temperatuuri- ja niiskus-kontrolli süsteem KeeYess ⁶	1
Akumulaator 5V	1
Päikese-paneel 10W VÕI	1
Päikese-paneel 18W	1
Niiskusandur	1
Temperatuuri andur	1

⁶ Sisaldab suurt 1,3" OLED IIC kuvarit, mis on ühendatud ESP8266 NodeMCU ja BME280 mooduliga ilmastiku andmete kogumiseks.

Arvutused

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

TARBIMINE			
	Tarbimine. (mA)	Pinge (V)	Tarbimine (Wh/päevas)
Arduino emaplaat	70		
Soojus- ja temp. andurid	2,5		
Pinnase niiskustase	5		
KOKKU	77,5	3,3	6,138

$$\text{Aku kestus (h)} = \frac{\text{Aku võimsus (mAh)}}{\text{Tarbimine (mA)}}$$

KESTUS (ilma päikseta)		
Aku võimsus (mAh)	Tunnid (h)	Päevad (d)
2000	25.81	1.08
5000	64.52	2.69
10000	129.03	5.38
20000	258.06	10.75

Õpetaja metodoloogiline juhend: projektitöö klassiruumis

Järgnev tabel toob välja päikeseenergia tootmise lähtuvalt kolme erivõimsusega päikesepaneeli kasutusest (5, 10 and 18Wp), kus andmed põhinevad PVGIS madala süsinikusaldusega majandamisel ning päikesepaneeli asimuut on 30° ja 0°.

Kiirgus (W/m ²)		TOOTMINE					
		5 Wp		10 Wp		18 Wp	
		Tootmine (Wh/d)		Tootmine (Wh/d)		Tootmine (Wh/d)	
		JAANUAR	JUUNI	JAANUAR	JUUNI	JAANUAR	JUUNI
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

Innovaatiline õppekogemus põllumajandusenergeetika kutseõppuritele

2020-1-ES01-KA202-082440

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
KOKKU		14.90	27.30	29,79	54,61	53,63	98,30

Nagu kogutud andmetest näha, oleks 5 Wp päikesepaneelide päevane energiatoodang (14,9 Wh/d) enam kui piisav, et tagada süsteemi jaoks vajalik ööpäevane energiakogus (6138 Wh/d).

Arvutused etappidena (illustratsioonidega)

1. Kõigepealt peame arvutama **tarbimise**. Selleks arvutame mõõtemuunduri/ilmajaama ööpäevase energiakulu üksikute komponentide tarbimise summana.

Näide:

- NodeMCU (Arduino): 70 mA at 3.3V
- Õhu temperatuuri- ja niiskusandur: 2.5 mA at 3.3V
- Pinnase niiskusandur: 5 mA at 3,3V

$$\text{Päevatarbimine} = \frac{(70 + 2.5 + 5)}{1000} A * 3,3V * 24h = 6,14 Wh$$

2. Teiseks jätkame tootmist, arvutades välja fotogalvaanilise paneeli tippvõimsuse. Päikesepaneeli tippvõimsuse arvutamiseks on vaja teada päikeseenergia toodangut, mida on võimalik saada ilmajaama asukohas.

Teavet selle kohta saate PGIS-i veebisaidilt:

https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

a. Sisene veebikeskkonda

The screenshot shows the PGIS web interface. The top navigation bar includes 'Home', 'Tools', 'Downloads', 'Documentation', and 'Contact us'. The main content area features a map of Europe and Africa. The right-hand panel is titled 'PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV' and contains several configuration options: 'Solar radiation database' (dropdown), 'PV technology' (Crystalline silicon), 'Installed peak PV power [kWp]' (1), 'System loss [%]' (14), 'Fixed mounting options' (Free-standing), 'Mounting position' (Free-standing), 'Slope [°]' (35), 'Azimuth [°]' (0), and 'PV electricity price' (PV system cost, Interest, Lifetime). The interface also includes a 'Visualize results' button and download options for CSV and JSON files.

b. Vali kaardil asukoht

Innovaatiline õppekogemus põllumajandusenergeetika kutseõppuritele
2020-1-ES01-KA202-082440

The screenshot shows the PVGIS web interface. The map on the left displays a location in La Vall d'Uixó, Spain, with a cursor at coordinates 39.824, -0.231 and an elevation of 121 meters. The right-hand panel, titled 'PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV', contains the following settings:

- Cursor:** Selected: 39.824, -0.231; Elevation (m): 121
- Use terrain shadows:** Calculated horizon; Upload horizon file
- 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; Optimize slope; Optimize slope and azimuth
- PV electricity price:** PV system cost (your currency); Interest [%/year]; Lifetime [years]

Buttons for 'Visualize results', 'csv', and 'json' are visible at the bottom of the settings panel.

c. Vali arvutuste tegemiseks paigaldatud päikesepaneeli suurimaks päikeseenergia

This screenshot is identical to the one above, but with the 'Optimize slope' checkbox in the 'Fixed mounting options' section checked. The 'Installed peak PV power [kWp]' is set to 1.

tootlikkuse võimsuseks [kWp] 1 kWp.

d. Aktiveeri kalde optimeerimise märkeruut.

Innovaatiline õppekogemus põllumajandusenergeetika kutseõppuritele
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 Use terrain shadows: Calculated horizon Upload horizon file

Elevation (m): 121

Grid Connected: **PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV**

TRACKING PV: OFF-GRID

MONTHLY DATA: DAILY DATA: HOURLY DATA: TMY

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

Address: Eg. Ispra, Italy Lat/Lon: Eg. 45.815, Eg. 8.611

e. Tulemuste visualiseerimiseks klõpsake nuppu.

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools

Home Tools Downloads Documentation Contact us

Cursor: Selected: 39.824, -0.231 Use terrain shadows: Calculated horizon Upload horizon file

Elevation (m): 121

Grid Connected: **PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV**

TRACKING PV: OFF-GRID

MONTHLY DATA: DAILY DATA: HOURLY DATA: TMY

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):

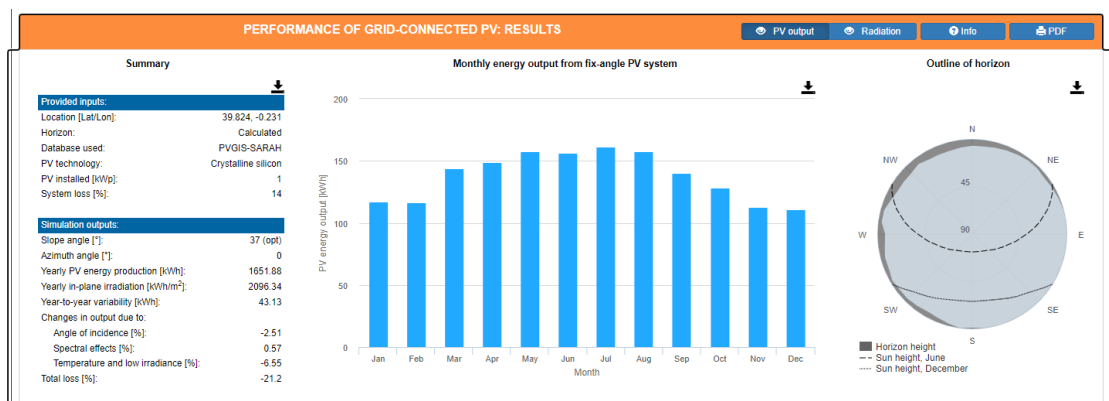
Interest [%/year]:

Lifetime [years]:

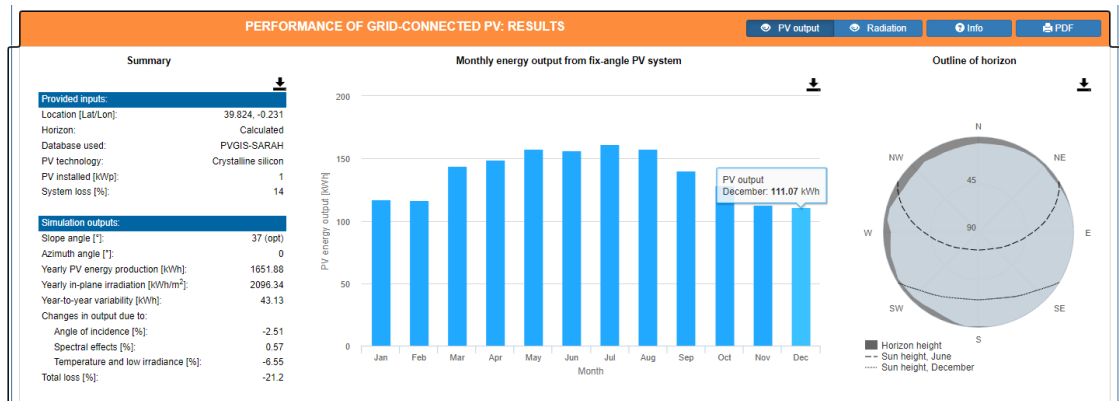
Visualize results

Address: Eg. Ispra, Italy Lat/Lon: Eg. 45.815, Eg. 8.611

f. Vasakul küljel kuvatakse valitud asukoha kaldenurk.



- g. Graafikus asetame kursori madalaima toodanguga kuule, et arvutada halvim stsenaarium. Näites on detsembri kuu igakuine toodang 111,07 kWh/kuu paigaldatud 1 kWp kohta.



- h. Arvuta **päevatarbimine** jagades üleval antud arvvaartused kuus olevate päevade arvuga.

$$\text{Päevatarbimine} = \frac{\text{Toodang kuus}}{\# \text{ päevade arv kuus}}$$

Näide:

$$\text{Päevatarbimine} = \frac{111,07 \frac{\text{kWh}}{\text{kuu} \cdot \text{kWp}}}{31 \text{ päeva/kuud}} = 3,58 \frac{\text{kWh}}{\text{päev} \cdot \text{kWp}} = 3,58 \frac{\text{Wh}}{\text{päev} \cdot \text{Wp}}$$

- i. Süsteemi toodetav energia peab olema suurem kui tarbitud energia, mistõttu:

$$\text{Päevatootmine} \geq \text{Päevatarbimine}$$

Paneeli tippvõimsus arvutatakse järgmise valemi abil:

$$\text{Tippvõimsus (Wp)} \geq \frac{\text{Päevatarbimine (Wh/day)}}{\text{Päevatootmine} \left(\frac{\text{Wh}}{\text{Wp} \cdot \text{day}} \right)}$$

Näide:

$$\text{Tippvõimsus (Wp)} \geq \frac{6,14 \text{ (Wh/day)}}{3,58 \left(\frac{\text{Wh}}{\text{Wp} \cdot \text{day}} \right)}$$

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

Näidisprojekti jaoks valitud päikesepaneeli tippvõimsus peab olema vähemalt 1,72 Wp.

3. Nüüd saame arvutada aku mahutavuse.

- a. Aku mahutavus sõltub süsteemi autonoomiast ja selle tarbimisest..

$$\text{Aku mahutavus (Wh)} \geq \text{Päevatarbimine (Wh)} \cdot \text{Autonoomia (días)}$$

$$\text{Aku mahutavus (mAh)} \geq \text{Aku mahutavus} \frac{\text{(Wh)}}{\text{(V)}} \text{Aku võimsustarve (V)} \cdot 1000$$

Following the example and for an autonomy of 5 days, the required battery capacity would be:

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

$$\text{Capacidad bateria (mAh)} \geq \frac{30,7 \text{ Wh}}{3,7 \text{ V}} \cdot 1000 \geq 8.297 \text{ mAh}$$

Selles näites 5 päeva autonoomia saavutamiseks peab aku maht olema suurem kui 30,7 Wh (8,297mAh 3,7 V juures).

4. Pärast kõiki arvutusi on võimalik teada saada, millist päikesepaneeli me vajame niiskus- ja temperatuurijaama toiteks, järgides valitud jaama ehitusjuhiseid.
5. Andmete väljavõtmiseks jaamast kaugseadmesse on võimalik seda teha, kui jaamal on wifi ühendus, ja seda saab saata järgmisele vahendile: Ubidots aadressil <https://ubidots.com/>

Audio-visuaalne materjal

Sellelt lingilt leiate abi ülalpool kirjeldatud pinnase temperatuuri- ja niiskustaseme mõõtemuunduri nn ilmajaama ehitusetappide kohta.

Here is the link: <https://youtu.be/XRxYTHoQ9j8>

Prototüübid katsetusteks

László Lakatos, Tamás Misik and Csaba Patkós (EKCU)

Klaas- ja kilekasvuhooned on lihtsaim moodus päikeseenergia kasutuseks

Klaas- ja kilekasvuhoonete tööpõhimõte

Kasvuhoonete kattematerjal laseb suures osas läbi päikesevalgust ehk lühilainekiirgust, kuid säilitab olulise osa pikalainelisest nn soojuskiirgusest. Tänu sellele võib kasvuhoonetes olla kuni mitu kraadi kõrgem temperatuur. Kõrgema temperatuuri mõjul on siseruumides intensiivsem ka taime- või mullapinna aurustumine, st kasvuhoonetes võib lisaks kõrgemale temperatuurile tunda ka suuremat õhuniiskust.

Miks kasutatakse kasvuhoonet?

Kasvuhoonete kasutamine võimaldab kasvatada saaki enne ja pärast kasvuperioodi. See tähendab, et seda kasutades saame pikendada kasvuperioodi ja ühtlasi kaitsta oma põllukultuure ebasoodsate ilmastikutingimuste (pakane, jää, tuuletorm) ja mõjude eest.

Klaasist ja kilest kasvuhoonete materjalid

Kasvuhooned võivad olla valmistatud ühekordsest klaaspaneelist, klaaspaketist või polükarbonaadist. Kilekasvuhoonete materjaliks on UV-stabiilne läbipaistev kile, mis laseb hästi läbi lühilainekiirgust, kuid säilitab polümeerkatte all pikalainelise kiirguse (joonis 1).

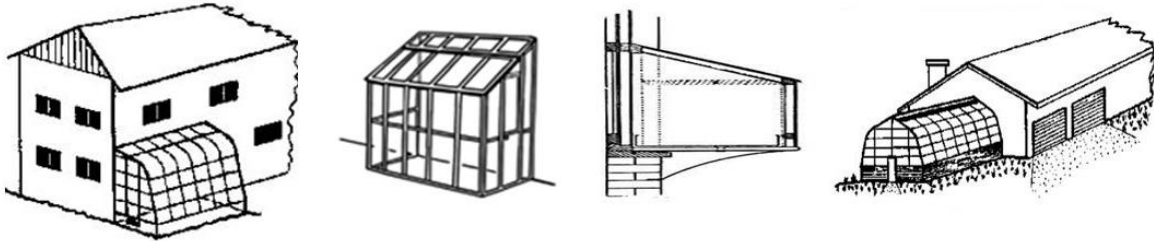


Joonis 1. UV filtriga EVA kilekasvuhoone

EVA-kiled koosnevad kolmest kihist: välimine kiht püüab kinni taimedele kahjulikud UV-kiired, teine hoiab ära suure lainepikkusega soojuskiirguse eraldumise süsteemist ning kolmas kiht tagab kile tugevuse. Kilekorpuse sisekülgi töödeldakse sageli kondenseerumise vältimiseks niiskust eemaldava lisandiga.

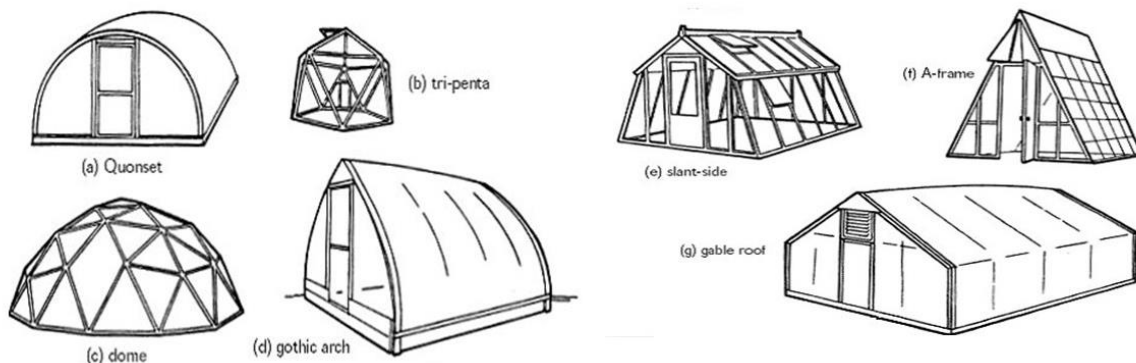
Klaas- ja kilekasvuhoonete tüübid

Kasvuhooneid on kahte põhitüüpi: hoone külge kinnitatud või eraldiseisvad. Hoonega ühendatud kasvuhooned on enamasti palju väiksema põhjapinnaga, kasutusel peamiselt istikute kasvatamiseks või talveaiana. Hoone, mille külge kasvuhoone kinnitub, pakub ka kasvuhoonele toetust ja kütet. Ühenduse hoonega saab teha mitte ainult maa, vaid isegi akna kaudu (joonis 2).



Joonis 2. Maja külge kinnituvad kasvuhooned

Eraldiseisvad kasvuhooned on enamasti sümmeetrilise disainiga, kuid on ka asümmeetrilisi kasvuhooneid. Nende disain on riigiti erinev (joonis 3). Disaini põhieesmärk on tagada selles viibivatele taimedele päevasel ajal pidev kiirgus ja piisav kaitse ebasoodsate ilmastikutingimuste, nagu rahe või pakane, eest.

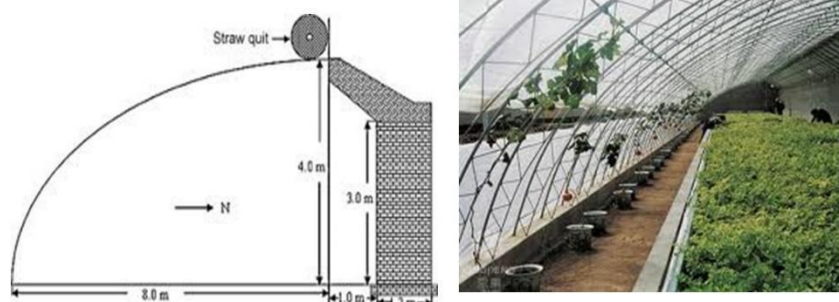


Joonis 3. eraldiseisvate kasvuhoonete tüübid

Nende suur pindala võimaldab laiaulatuslikku kultuurtaimede harimist, kuid nad on sobivad ka hobiaiaduseks ja kasutuseks väikeaedades. Kile- ja klaaskasvuhooneid saab kasutada külmemas kliimaga riikides talvel ainult koos küttega.

Hiina tüüpi kilekasvuhoone

Hiinas on kilekasvuhoone kasutamine väga levinud. Aastasadade jooksul on välja töötatud spetsiaalse kujuga kiletelk, mis võimaldab tõhusat köögiviljatootmist ka talvel (joonis 4).



Joonis 4 Hiina tüüpi kilekasvuhoone profiili läbilõige ja sisemus

Tööpõhimõtte efektiivsuse tagab 1 meetri paksune tagasein ja kilega kaetud matt. Päevasel ajal ei soojene mitte ainult kilehoone sisemus, vaid ka paks tagasein. See eraldab soojust õhku ka öösel. Kilega kaetud matt vähendab oluliselt kiirgust ning ööseks jääb kasvuhoone sisemusse rohkem soojust kui lihtsa kilekasvuhoone puhul. Suuremate kilekasvuhoonete puhul liigutatakse matt ööseks oma kohale elektrimootoriga (joonis 5). Kasvuhoone paigutus lõunapoole on ülimalt tähtis, sest see on ainus viis vajalikuks päikeseenergia kogumiseks.



Joonis 5. Matt rullitakse üles kasvuhoone katuse alla

Selliselt ehitatud hiina-tüüpi kilekasvuhoonetes saab lisaks köögiviljadele kasvatada ka puuviljade kääbusvorme (joonis 6).



Joonis 6. Puuviljaaed hiina-tüüpi kilekasvuhoones

Kilekattega peenar

Kilekattega peenar on 2-3 m lai, 70-90 cm kõrge ja 10-15 m pikk. Selle karkass on valmistatud kõvast 2 cm läbimõõduga PVC-torust, mille surveaste on P3 ja toruseina paksus 2 mm (joonis 7). Torud asetatakse üksteisest 1 m vahedega ja painutatakse kaarekujuliselt. Nende kaks otsa on torgatud nii sügavale maasse, et 3 m laiuse peenra harja kõrgus on 90 cm ja 2 m laiuse peenra kõrgus 70 cm. Paigaldatud kaared ühendatakse piki harjajoont 2 cm läbimõõduga plasttoruga, et vältida konstruktsiooni pikisuunalist liikumist. Katmiseks kasutatakse 0,1-0,15 mm paksust PE-kilet. Lisaks kaartele tehakse peenra mõlemale välisküljele 25-30 cm süvend kuhu paigutatakse raamile fikseeritud kile, et see kaartele tugevasti pingestuks.

Oma madala harja kõrguse tõttu ei sobi kilepeenrad seisvas asendis töötamiseks. Need sobivad külma taluvate köögiviljade kasvatamiseks.



Joonis 7. Lehtsalati kasvatamine kilepeenral

Kuppelkasvuhoone e. kliimakuppel

Kliimamuutused on tulevase põllumajandustootmise jaoks tohutu väljakutse. Praegu on välja töötatud mitmeid kasvuhoonete mudelid, mida kasutatakse selleks, et püüda välja selgitada, kuidas põllukultuuride suurus tulevikus muutub. Ka kliimakuplil on oma vead. Kuna iga katsetatud süsteemi vead liidetakse, on meie nägemus põllu majandamisest üsna ebatäpne. Taimede kasvatamisel on probleemiks ka see, et need ei sobi taimede kvaliteedi määramiseks, kuigi tänapäeval on paljude taimede puhul toiteväärtus (näitajad: valk, suhkur, hape, vitamiinid, antotsüaniinid) olulisemad kui saagikus ise. Kliimakuplite ja fütotronide e. kasvukambrite kasutamine on nii bioloogilistes kui ka põllumajandusuuringutes väga levinud. Neis võib taimed istutada kultiveerimis-pottidesse või söötmesse. Taimed arenevad nendes kunstliku valgustuse ning kontrollitud temperatuuri ja niiskuse tingimustes. Kuna need seadmed ei paku taimekultuuridele tegelikke põllule omaseid tingimusi, ei sobi need alati viljeluskatsete läbiviimiseks. Väikepõllu või väikese kasvuhoonega eksperimenteerimine on andnud kasulikku infot uute taimesortide tutvustamiseks ja arendamiseks. Selle levinud uurimismeetodiga ei saa aga piisavalt kontrollida ei temperatuuri, niiskust ega süsinikdioksiidi kontsentratsiooni. Probleemi lahenduseks on kliimakuppel. Kliimakuppel on spetsiaalselt projekteeritud kasvuhoone, millel on peaaegu katkematu ligipääs päikesekiirgusele ja keskkonnatingimused (muld, õhk) on täpselt kontrollitud. Selle suurus võib olla väga erinev: siseruum võib olla alates mõnest kuupmeetrist kuni õhumahuga sadu või tuhandeid kuupmeetreid. Väiksemad siseruumid ei ole tavaliselt varustatud kliimaseadmega, seega toimivad need spetsiaalselt kavandatud kasvuhoonena (joonis 8).



Joonis 8. Geodeetiline kuppelkasvuhoone

(Allikas: Guangzhou Hengnuo Tent Technology Co., Hiina)

Spetsiaalse kuplikujulise kasvuhoone suurimaks eeliseks on see, et see kasutab suurepäraselt energiaks päikesekiirgust, keskele saab kõrge lae tõttu paigutada kõrgemaid taimi ja viljapuid ning see võimaldab uurida saagi kasvu ja erinevaid parameetreid (joonis 9).



Joonis 9 Kuppelkasvuhoone

(Allikas: Pilarska et al., 2018)

Crops for the Future Research Center (CFFRC) asutati Nottinghami ülikooli Malaysia ülikoolilinnakus (joonis 10). Teaduskeskuse eesmärk on uurida erinevaid kultuurtaimeliike kontrollitud kliimatingimustes, et näha, kuidas muutub taime toiteväärtus (näitajad) kõrgematel temperatuuridel ja suurema süsihappegaasi tasemega (CFFRC, 2011).



Joonis 10. Tuleviku põllukultuuride uurimiskeskus (CFFRC)

(Allikas: <https://www.linkedin.com/company/crops-for-the-future-research-centre>)

Paljudes riikides on kuppelkasvuhoonesse rajatud botaanikaaed, kuna sees saab hoida piisavalt kõrget temperatuuri, niiskust ja vastavat süsinikdioksiidi kontsentratsiooni taset. Alloleval pildil on 2018. aastal Vietnamis rajatud botaanikaaed (joonis 11).



Joonis 11. Klaasist ja metallist kliimakuppel: Vietnamis Nha Trangi linnas asuv botaanikaaed.

Kasutuseelised

Meie põllukultuuride kasvatamise risk tulevikus on usutavam, kui antud mudeli katsetulemused. Kliimakuplil võib olla väga oluline roll põllumajanduse alusuuringutes, olgu siis praegu kasvatatavate või uute sortide kultiveeritavuse testimisel. See võib toimida mitte ainult uurimislaboratooriumina, vaid ka põllumajandusnäituse saalina. Küllastades selliseid kasvuhooneid, saavad kõik vanuserühmad täpsemalt näha, õppida ja kogeda tulevase muutusi põllumajandustootmises.

Projekti “Energy for farming” katse kilekasvuhoonega

Eksperimentaalsete kilekasvuhoonete ehitamise eesmärk oli välja selgitada, millise disainiga kasvuhooned pakuvad suuremat kaitset varajastele köögiviljadele. Päikeseenergia kasutust silmas pidades oleme konstrueerinud eksperimentaalse kahetasandilise kilekasvuhoone, milles saame ligi 1 m² põrandapinnal kasvatada erinevaid köögivilju ja võrrelda, kui palju areneb taim spetsiaalse konstruktsiooniga kasvuhoones kiiremini võrreldes loodusliku elukeskkonnaga. Kolme kilekasvuhoone ehitus võib anda aednikele kasulikku teavet ka selle kohta, millist tüüpi kilekasvuhoonega tagatakse talve lõpus külmemas kliimas suurem ohutus taimede varajaseks arenguks. Päikeseenergia kasutamise

efektiivsus sõltub kilekasvuhoonete konstruktsioonist. Olemas on ühekordsete ja kahekordsete seintega kasvuhooned. Ühekordse kileseinaga kasvuhooned on levinumad, need on kõige odavama disainiga ja neid saab kõige kiiremini valmistada. Kahekordse kileseinaga vahel on õhk, mis tagab kasvuhoonele parema isolatsiooni kui ühekihiline sein (joonis 12).



Joonis 12. Kahekordse seinaga kilekasvuhoone

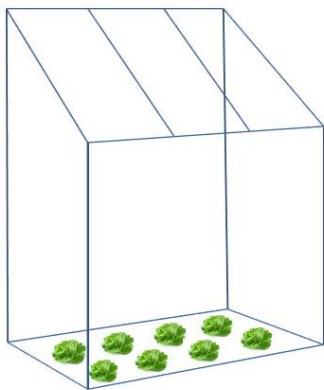
Tänu õhu madalale soojusmahtuvusele ei suuda ka kahekordsete seintega kasuhoonesüsteemid olulist soojusenergiat salvestada. Seetõttu langeb öisel ajal oluliselt ka nende siseruumides temperatuur. Looduslikus keskkonnas on vesi üks suurima soojusmahtuvusega aineid. Seetõttu ei kaitse vesiseinaga kilekasvuhooned taimi mitte ainult soojuskaotuse eest, vaid kiirgavad aeglasema jahtumise tõttu ka öö jooksul energiat kasvuhoone sisse. Sellest tingituna võib kilekasvuhoone sisetemperatuur olla hommikul oluliselt kõrgem välisõhu temperatuurist. Kirjeldatava prototüübi vesisein konstrueeriti veega täidetud plastkanistritest, mis asetati kasvuhoone tagaseina (joonis 13).



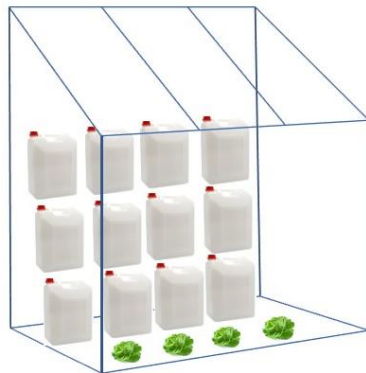
Joonis 13 Kilekasvuhoone soojussalvesti ja täidetud veekanistritega

Päeval paakides olev vesi soojeneb otsese päikesekiirguse mõjul ning kannab vette salvestunud soojusenergia öösel üle kasvuhoone sisemusse. Kolm erineva disainiga kasvuhoonet annavad võimaluse ka ise järele proovida, milline on antud olukorras taimede kasvatamiseks sobivaim. Meie katsetaimed on salat ja tomat. Salatit võib kilekasvuhoonesse külvata juba talvel, kui esinevad veel öökülmad. Erineva disainiga kasvuhoonete efektiivsust ja külmakaitset saab katsetada. Tomat on soojanõudlik taim, kuid seda võib varakevadel kasvuhoonesse külvata. Ka selle taimi puhul saame testida erineva disainiga kasvuhoonete efektiivsust. Võrreldes omavahel kolme erineva disainiga kasvuhoonet, saame teada, millised on ööpäevaste temperatuuride erinevused ühekordse kileseinaga kasvuhoones, kahekordse seinaga kilekasvuhoones ning veepaakidega varustatud nn. soojust salvestavas kasvuhoones. Saame analüüsida, milline kolmest erineva kujundusega ehitisest pakub meie kultuurtaimedele kõige optimaalsemaid kasvutingimusi (joonis 14).

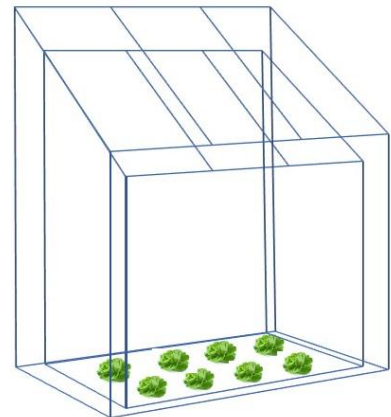
Single-walled without heat storage



Single-walled with heat storage



Double-walled without heat storage



Joonis 14. Kilekasvuhoonete prototüüpide joonised

Materjalid

Kilekasvuhoonete valmistamiseks osteti järgmised materjalid:

- Bramach katuseroov: 60 m
- polümeerkile
- katteliistud
- puidukruvid
- uksehinged
- polüstürentahvlid
- rõdu lillekastid
- lillemuld
- ukسلukk
- plastkanistrid

Kilekasvuhoone valmistamiseks osteti järgmised kogused vajalikke materjale (tabel 1).

Tabel 1 Kilekasvuhoone valmistamiseks vajalike materjalide kogused

	Kogus (m/m²/db)	Ühiku hind (EUR)	Kokku (EUR)
Bramach katuseroov (m)	68	1.0	68.0
Polümeerkile (m ²)	14	2.9	40.5
Katteliist (m)	32	0.7	23.6
Puidukruvid (pcs)	400	0.037	14.7
Uksehinged (pcs)	8	0.5	3.8
Polüstürentahvlid (pcs)	3	1.6	4.7
Lillekastid (pcs)	3	3.6	10.7
Lillemuld (pcs)	2	3.2	6.3
Ukسلukk (pcs)	4	0.5	1.9
Plastkanister	6	5.5	33.2
KOKKU			207.4

Tabeli põhjal võime väita, et ühekordse kileseinaga kasvuhoone ehitusmaksumus on ca. 50 eurot. Topelt seintega ehk soojust salvestava kasvuhoone prototüübi materjalikulu jääb aga 75-80 euro vahele.

Valminud kilekasvuhooned asetati loodusteaduste osakonna õppehoone kõrvale. Kõik kolm on asetatud suunaga lõunasse, saades hommikust hilise pärastlõunani optimaalselt päikesevalgust, mis on vajalik taimede arenguks (joon. 15). Optimaalne kasvuhoone asetus, asukoht ja kokkupuude päikesevalgusega on tõhusaks ja säästlikuks taimekasvuks hädavajalikud faktorid.



Joonis 15. Minikasvuhooned päikeseenergia tõhusaks kasutamiseks

Hübriidenergiasüsteemide (päikese- ja tuuleenergia) uurimine

Hübriidsüsteemide paigaldamisel otsime vastust eelkõige sellele, kas süsteemi paigaldamine parandab energia tootmise efektiivsust ja kättesaadavust. Hübriidsüsteemide puhul võivad kaks energiatootmissüsteemi (päikese- ja tuuleenergia) üksteist täiendada, st. kui päikeseenergiat on vähe, võib tuuleenergiat olla palju ja kui päikeseenergiat on palju, siis tuuleenergiat vähe. Sel juhul on eriti soovitatav paigaldada hübriidsüsteemi. Võib juhtuda ka nii, et nii päikeseenergiat kui ka tuuleenergiat on korraga väga vähe. Kui selliseid olukordi esineb antud piirkonnas sageli, ei pruugi hübriidsüsteemide paigaldamine olla optimaalne lahendus taastuvenergia kasutamiseks. Kuna päikeseenergiat öösel elektrit ei tooda, on küsimus selles, kas antud asukohas saab toota öösel nii palju tuuleenergiat, et see lahendus oleks ökonoomne. Hübriidsüsteem tagab pidevama energiatootmise, kui päikese- ja tuuleenergiasüsteemide eraldi kasutamine.

Päikeseenergiasüsteemide paigaldamise etapid

- Kliima sobivus, kliimapotentsiaali hindamine
- Energia tootmiseks ebasoodsate kohalike keskkonnategurite kõrvaldamine, st. sobivaima koha määramine
- Antud paigalduskohas toodetava päikeseenergia aastase dünaamika määramine
- Tuuleenergia aastase dünaamika kindlaksmääramine: mida ja kui palju saab antud kõrgusel antud paigalduskohas toota (kasutades kohalikku andmebaasi) Tunnipõhised SYNOP-i andmed on saadaval www.meteomanz.com
- Hübriidsüsteemidega toodetava energia aastase dünaamika määramine

Kliima sobivuse hindamine

Päikese- ja tuuleenergia tootmiseadmete paigaldamiseks on hädavajalik leida soodsa kliimapotentsiaaliga asukoht. Kui keegi elab riigi põhjaosas ja kasutab taastuvenergia seadmeid, siis seda ainult seetõttu, et antud taastuvenergiaallika kliimapotentsiaal on selles riigi osas suurem ning see ei takista süsteemide paigaldamist mujale.

Päikeseenergia kasutamise efektiivsust vähendavad tegurid

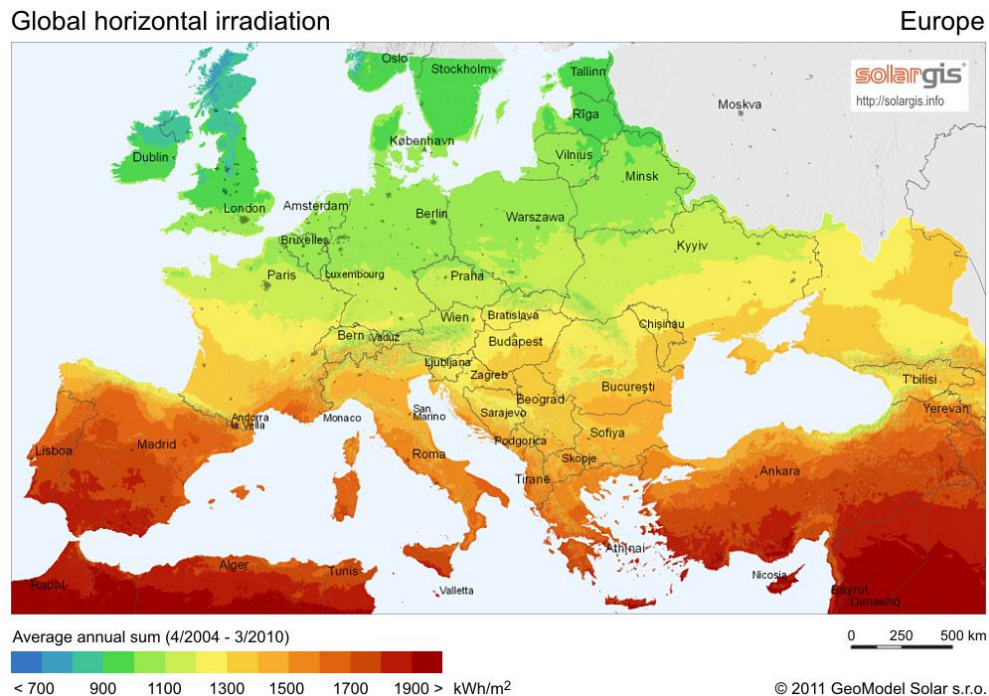
- Keskmisest sagedasema pilvisusega alad
- Mägede vahelised sügavates orgudes asuvad alad, kus silmapiir ei ulatu kaugemale
- Keskkonnas või kõrghoonetega hoonestatud aladel on varjutav mõju
- Äärelinnad ja maapiirkonnad, kus on palju varjulisi puid
- Parkide servades, metsäärsetel aladel, kus puuvõrade varjutav mõju on suur
- Kui päikesepaneelid on paigutatud hoonetele, on oluline, et hoone oleks päikesekiirgusele õige nurga all

Päikeseenergia kasutamine on paljudes Euroopa riikides väga populaarne. Eeldatavalt saab päikesepaneelide ja päikesekollektoritega toota elektrit ja soojust. Ainus ebakindluse tegur toodetava

päikeseenergia prognoosimisel on pilv. Pilvede hulk, tüüp ja paksus mõjutavad oluliselt toodetava päikeseenergia hulka. Sellest tulenevalt ei ole soodne paigaldada päikeseplatteid piirkondadesse, kus pilvkate on õhumasside ringluse tõttu igapäevane.

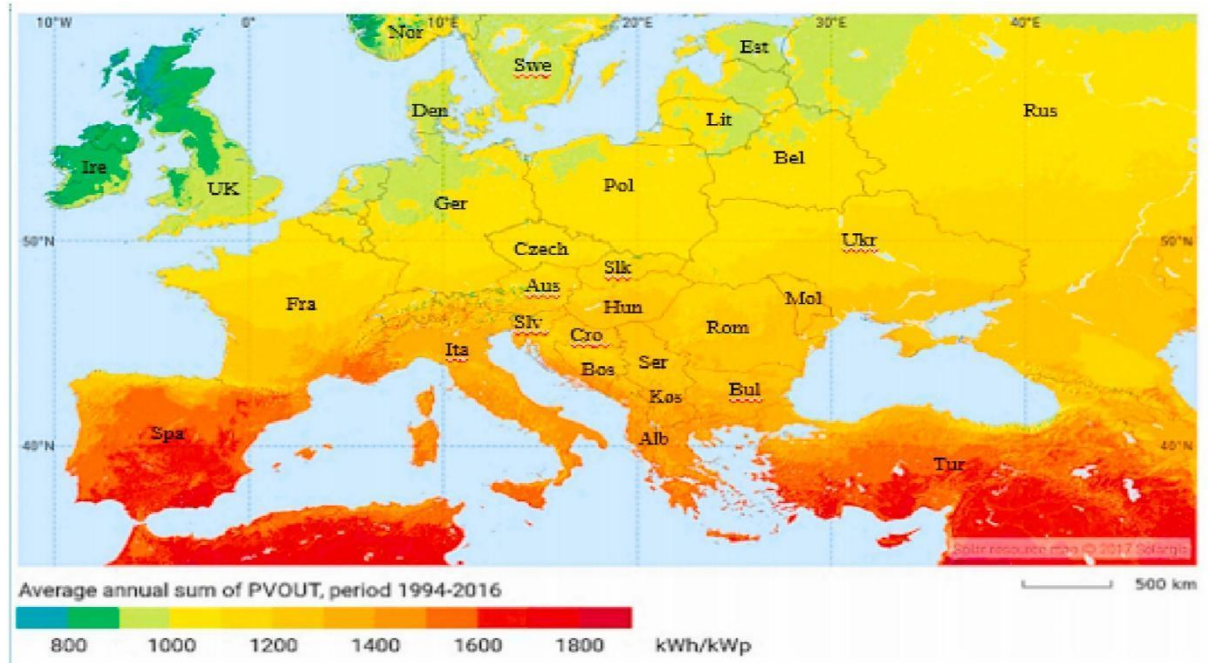
Päikeseenergia potentsiaali hindamine

1. Esimese sammuna analüüsitakse potentsiaalset päikeseenergia kogust, mida on oodata antud geograafilises asukohas, kuhu soovitakse paigaldada päikeseplatte või päikesekollektoreid. Vaadates Euroopa globaalse kiirguse kaarti, näeme, et Lõuna-Euroopa piirkondades on tunduvalt suurem päikesekiirguse potentsiaal tänu kiirte suuremale langemismurgale. Samas näeme, et peaaegu kogu Euroopa maa, välja arvatud Balti riikide põhjapoolsed osad, on päikeseenergia tootmiseks sobiv. Isegi Eestis ulatub aastane kiirgusenergia 1000 kWh/m² (joonis 1).



Joonis 1. Aastase kiirgusenergia hulga territoriaalne jaotus Euroopa mandril

Spetsiifiline fotogalvaanilise võimsuse kaart näitab toodetava päikeseenergia võimsust. Suurimad fotogalvaanilise võimsuse väärtused on Hispaania kaguosas, madalaimad aga Suurbritannia ja Iirimaa põhjaosas (joonis 2).



Joonis 2 Euroopa fotogalvaanilise päikeseenergia potentsiaal

Kohalike olude ja sihtkapitali uuring

Toodetava energia hulka võivad oluliselt vähendada topograafia või kiirgust varjutavad tegurid nagu ümbritsevate hoonete kõrgus või puude võrad ja hoone katusekonstruktsiooni vale kalle. Erinevate Euroopa geograafiliste piirkondade fotogalvaanilist potentsiaali saab analüüsida järgmise tarkvara abil https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVPI (joonis 3).

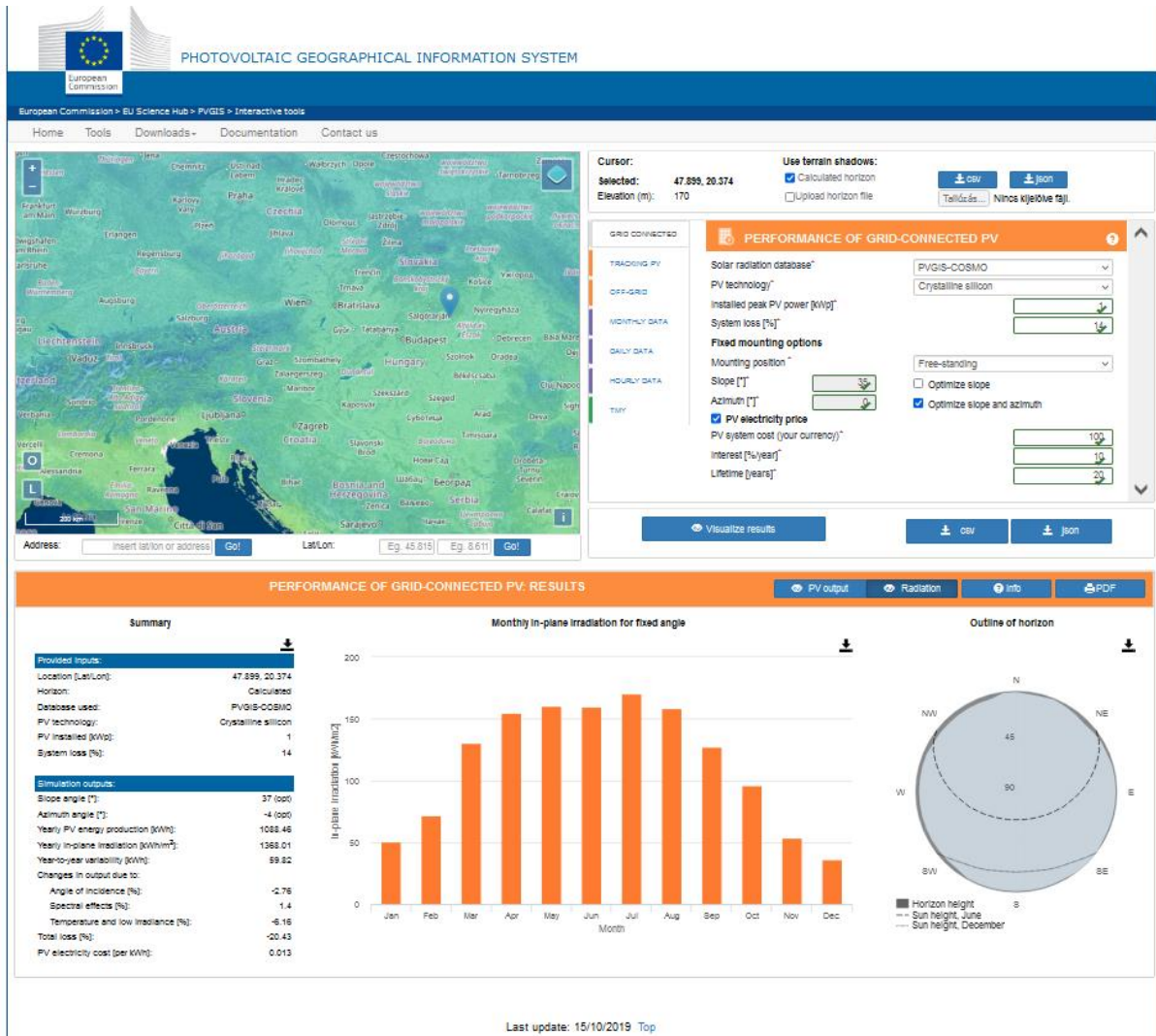


Figure 3. Photovoltaic Geographical Information System

The use of solar energy is very popular in many countries in Europe. Predictable electricity and heat can be generated through solar panels and solar collectors. The only factor of uncertainty in predicting the solar energy that can be produced is the cloud. The amount, type and thickness of the cloud significantly influence the amount of solar energy that can be produced. Consequently, it is not advantageous to install solar installations in areas where cloud cover is common due to local circulation conditions.

Using the Orientation Calculator:

Select the time zone and enter its coordinates (latitude and longitude) to calculate the optimal orientation for the fixed solar cells (Table 1). You can find the geographic coordinates in Google Search⁷.

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

Input:		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)	
Latitude	34.05		
Output 1:			
Optimal Direction	South		
Output 2:			
For Fixed Solar Panel			
Optimal Tilt Angle	34°		
Output 3:			
For Seasonally Adjusted Solar Panel			
Month	Optimal Tilt Angle	Northern hemisphere	Southern hemisphere
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

Solar cell performance

The performance of solar cells is usually given in Wp (Wattpeak). Wp is the peak power of the solar cell, i.e. it is capable of this peak power under standard measurement conditions. For example, if the manufacturer specifies a nominal power of 245Wp for a panel, a unit of 20 solar panels can be considered a 4.9kWp system.

Only a few hours during the year is the period when our solar cell actually reaches its peak performance (typically when the temperature is low and the sun is shining brightly). That's why we need to look at several factors together to have a realistic picture of how powerful a solar system we need on our roof.

What factors can affect the actual performance of a solar system?

By definition, one of the most important factors is how much solar energy reaches the system, i.e., how much solar energy (global radiation) is present at the installation site. In other words, the geographical location of the property and the exact orientation of the roof surface must be taken into account.

It also matters how much our solar panel heats up, because the higher the temperature of the panel, the lower its performance. It is strictly forbidden to cool the heated panels artificially, as the glass plate protecting the panels may even crack due to sudden temperature fluctuations. If a solar panel has a rated power of 300 Wp and the sun reaches 800 W / m² instead of the ideal 1000 W / m², which does not keep the laboratory at 25 degrees but heats up to 50 degrees Celsius when exposed to the sun, it is already 70% The peak power is reduced to, i.e., our panel produces 210 W instead of 300.

The factors influencing solar cell performance are as follows

- The amount of solar radiation, global radiation

- Terrain (ideal orientation: south)
- Tilt angle of solar panels (ideal tilt: 35 °)
- Weather conditions (ideal temperature: 25 ° C)
- Solar technology
- Cleanliness of the solar panel surface
- Properly designed solar system

Different types of solar panels may perform better in different climates. In areas with plenty of sunshine, a monocrystalline solar cell performs better, while in more cloudy areas, polycrystalline and thin-film solar cells perform better.

How can we take these factors into account?

First of all, a proper preliminary on-site survey means a lot, so the designer and contractor of the solar system can recommend a customized solar technology taking into account the characteristics of the house.

Excessive heating of the panels can be reduced, for example, with a half-cell solar cell: half as much current flows through half the cell, so it will heat up less. By lowering the temperature of the cells, their lifespan can be increased and the yield will be higher.

Wind climatology conditions

There are specifically windy areas that are created as a result of orographic conditions. In the area of mountain peaks, tops, and canyons and gorges, the air flow accelerates due to the narrowing of the flow field.

The wind created as a result of orography can be catabolic, in which case we can speak of a downwind wind along the slope, which is mainly created at night. While the warmed air flows up the mountain during the daytime, this is called the anabatic wind.

We can speak of lake or sea or coastal winds due to the equalization of the significant temperature difference between the sea and the shore between media with different heat capacities, or between the sea and the seas.

Wind potential assessment

When examining wind energy, it is important to mention that wind speeds are measured at 10m altitude. This height is not suitable for testing wind for energy purposes. The height of the wind turbines is between 80-120m. Energy wind potentials are therefore usually given for these altitude levels.

One of the most accepted and most commonly used methods for determining wind speed at higher altitudes is the Hellman relation, which has the following form:

$$v_2 = v_1 \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^\alpha \quad (\text{Formula 1})$$

Where v_2 = wind speed estimated at the desired height, v_1 = wind speed measured at that height; h_2 = desired height; h_1 = the given altitude at which the wind speed was measured, α = its function as a function of the articulation of the surface and the equilibrium position of the atmosphere, which has a daily and annual course. Based on literature data, the value of α is generally considered to be between 0.14 and 0.40.

If we look at the estimation error for the different alpha values, we can state that 0.2 showed the best fit, so we calculated 0.2 α in our present study as well. According to several authors, a good approximation of about 250 m can be achieved with a value of 0.2 alpha. Another relation used is the WMO logarithm function, which has the advantage over the Hellmann formula that it does not include a variable depending on the season and environmental parameters:

$$v_h = v_{10} [0.233 + 0.656 \lg(h + 4.75)] \text{ (Formula 2)}$$

The movement of the wind increases as it moves upwards along the vertical. The soil nearby is larger due to surface friction, the presence of surface features, buildings, and vegetation. At higher altitudes, this braking effect is less noticeable. The vertical change in wind speed is called the wind profile. The braking effect of buildings and trees as well as the unevenness of the surface and the surface friction itself create a vortex wind structure. A smaller vortex size near the ground and a larger vortex diameter moving upwards characterize the movement of the air. Due to the formation of vortices, the wind usually does not blow at a constant speed, but makes a fluctuating, fluctuating motion. We can talk about gusts of wind due to fluctuating wind speeds.

Wind performance can be calculated from the mass and velocity of air flowing through a given surface over a given period of time. From these, the energy content of the air can be calculated based on the following equation:

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

(Formula 3)

Where ρ is the density of the air, v is the wind speed (in m / s)

Albert Betz has calculated that the theoretically obtainable maximum efficiency for wind turbines is 59.3%, in practice these values are significantly lower. Most authors typically calculate efficiencies of 30%.

Analysing the European energy wind potential, which is determined at an altitude of 100 m above the surface, we can conclude that the areas with the best wind potential are in the northern and mainly coastal areas of the continent. Above-average wind potential is also observed in the higher peaks of the Alps, in the Aegean region, in the peaks of the Pyrenees and on the Mediterranean coast of France (Figure 4).

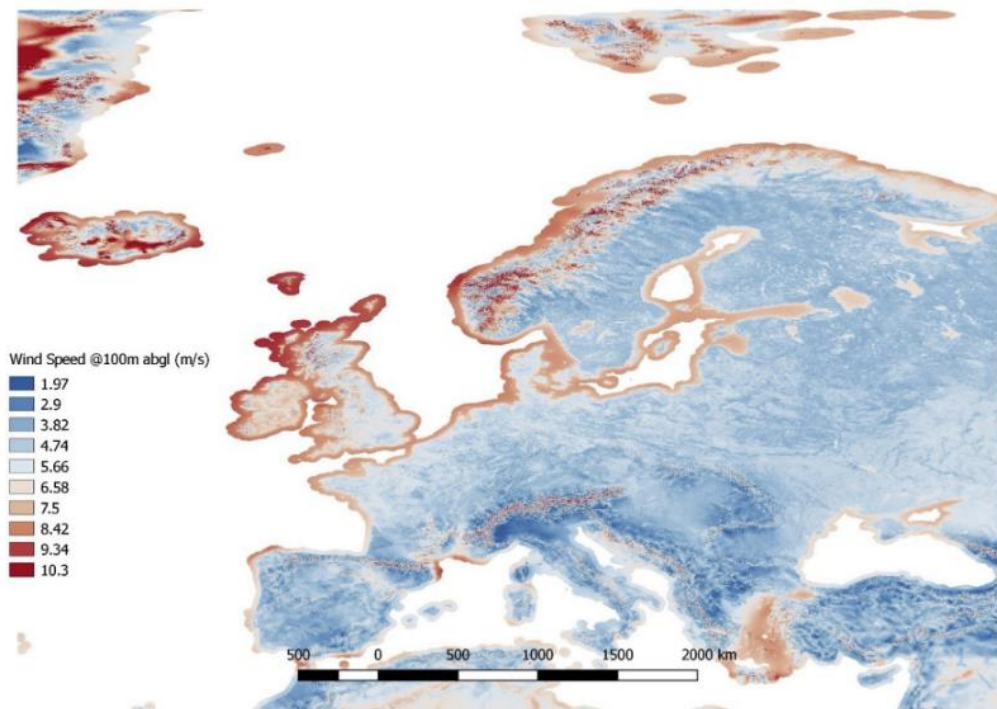


Figure 4 Annual mean wind speeds at 100 m above ground level in Europe

Source: Wind data from (The Global Wind Atlas, 2017)

The potential for wind energy is also favourable across Europe. The conditions for wind energy production are particularly favourable in the northern European region (Figure 5). The favourable wind energy potential in many countries does not mean that favourable wind conditions are being used to a significant degree. Also, the fact that a country does not have a particularly high wind potential may still be particularly popular for energy produced from wind, and overall, this country may also produce significant amounts of energy using wind.

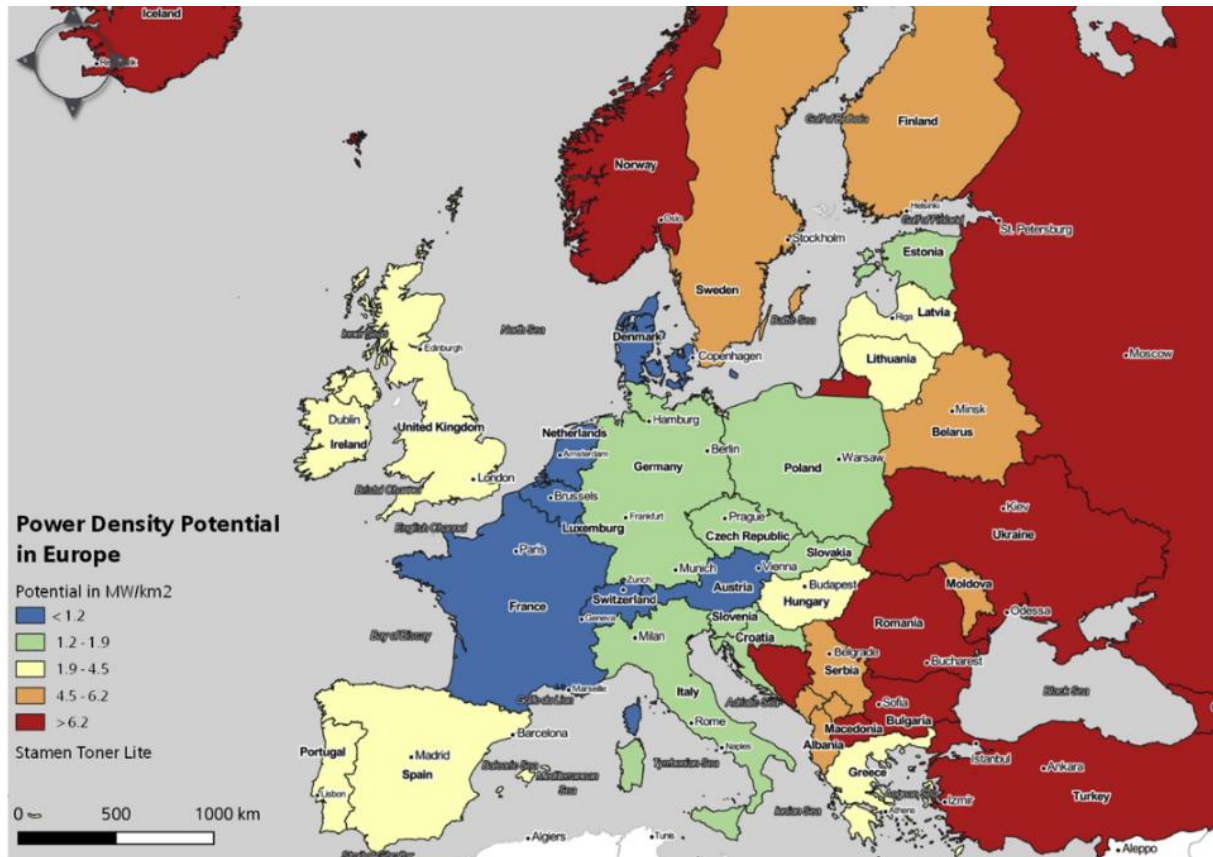


Figure 5. The onshore potential for wind energy in Europe (MW/km²)

(Source: Enevoldsen et al. 2019)

Factors reducing the efficiency of wind energy use

- In the shadow of the mountains, the speed of air movement inside the pools usually decreases. The slope of the valleys and the direction of the prevailing air flow have a fundamental effect on the magnitude of the wind potential.
- In the city centre, narrow, alley-like streets significantly reduce wind speeds
- Forest strips, wooded groves and in the vicinity of park sites wind speeds can also be significantly reduced.

Installation of hybrid systems (Solar + wind energy together)

If the conditions for solar installations are favourable at a certain time of the year, ie in one season, while the wind potential increases in another time of the year, it is worth considering that the installation of hybrid systems in this place is a more economical technical solution (Figure 6). Of course, it is not a problem if both forms of energy are available at the same time, because even in this case the amount of energy increases that can be produced.



Figure 6. Hybrid (solar + wind) energy service system

In areas where the incidence of cloud cover increases significantly during the time of day or at certain times of the year, less solar energy can be expected during this period, however, in these areas, the magnitude of wind potential usually increases during this period. Therefore, hybrid systems allow much more efficient energy production in these regions than installing solar or wind-only equipment.

The presence of cloud cover in the confluence areas, which is located along the equator and the latitude 60, is significantly more common (Figure 7).

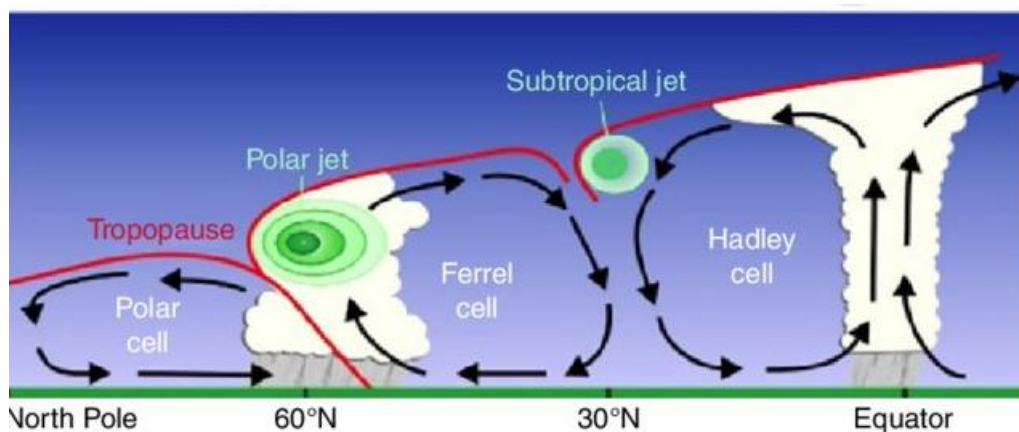


Figure 7. Global wind circulation patterns. 1, Hadley cell; 2, Ferrel cell; 3, Polar cell
(Source: NOAA's National Weather Service, Southern Region Headquarters, Fort Worth, Texas)

In the areas along the slopes, the so-called anabatic wind occurs on a daily basis, as a result of which we can expect the occurrence of anabatic clouds. Due to the favourable radiation exposure, solar energy can be produced efficiently at certain times of the day, especially in the morning, but as anabatic clouds thicken in the early afternoon, conditions for wind energy production will improve significantly. Therefore, the most stable way to produce energy in these areas is to install hybrid systems (Figure 8).

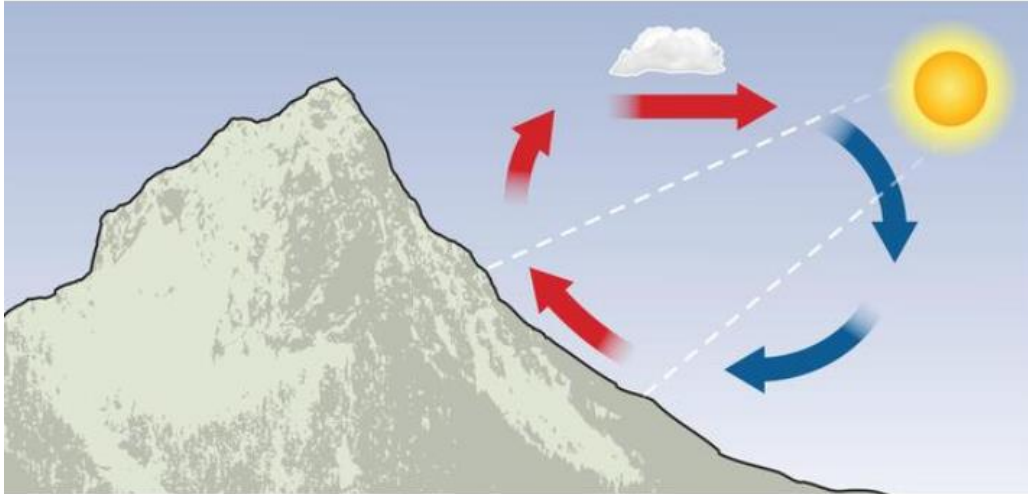


Figure 8. Formation of anabatical clouds on a mountainside exposed to air flow during the daytime hours

In the areas affected by lake or sea winds, the conditions for the production of solar energy in the morning are particularly favourable, followed by the resulting clouds.

Offshore wind is caused by the temperature difference between the ocean, sea and land. Due to its lower heat capacity, the land heats up faster than the water surface. Air above the warmed land or coastal area begins to rise, forming a low-pressure area near the mainland. As a result, the high-pressure cold air above the colder water surface spreads over the water and flows over the land. Where it warms up and rises. When it reaches higher heights, it cools down, the water vapor inside it precipitates and a cloud or even precipitation may form. The cooled air flows back to the ocean or sea surface. This creates a closed circulation cell (Figure 9). This process lasts until equilibrium is established. In this cycle, warm, rising air can form a cloud. Under suitable conditions, smaller thunderstorms may occur along the sea breeze.

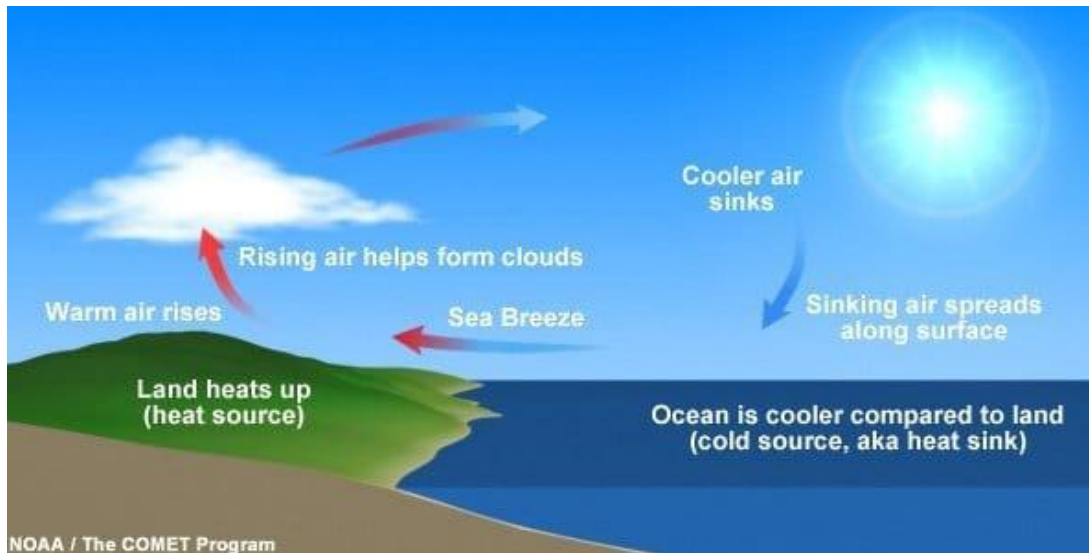


Figure 9. Tengeri szél nappali áramlási iránya

Before the clouds form in the morning and after the clouds subside in the late afternoon, the coastal areas are excellent for producing solar energy, and in the intervening periods it is possible to produce wind energy efficiently (Figure 10).



Figure 10. Summer Sea Breeze Drives Cloud Formation Over Land, Western France by Ross Salawitch Taken on 24 July 2018

The so-called coastal wind blowing from the mainland at night makes the coastal areas particularly suitable for the wind energy production.

It is a particularly important the complementarity in energy production when installing hybrid systems. When one form of energy, such as solar energy, is not available, the other energy source, the wind, provides an adequate amount of energy. Since the sun does not shine at night, an important question is whether a sufficient amount of wind energy can be produced at night. As solar energy also plays a significant role in the generation of wind energy, it is not surprising that the wind energy of the day exceeds the amount of wind energy that can be produced at night. At the same time, our studies also

show that the amount of wind energy that can be produced at night during the lower daytime periods (from September to April) exceeds the amount of solar energy that can be produced during the day (Figure 11). This means that hybrid systems enable more efficient energy production than separate solar and wind power generation systems.

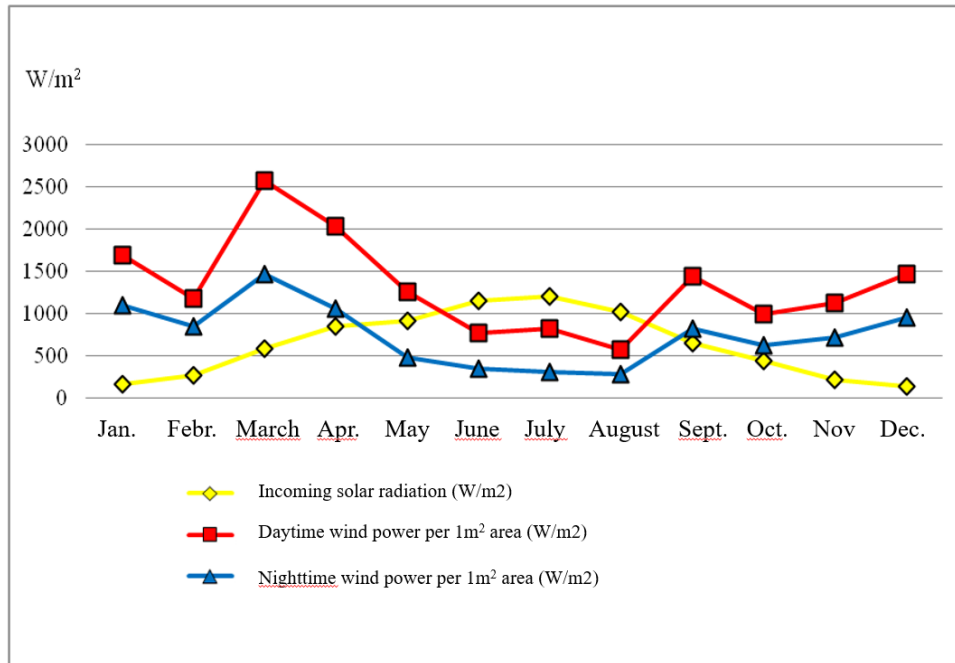


Figure 11. Annual distribution of 80m altitude wind power and solar radiation per unit area in Szolnok between 2011-2020

Looking at the development of the hybrid performances that can be obtained every month, we can observe the March maximum and the August minimum (Figure 12). That is, energy yields range from 2000 to 4500 W/m². The amount of energy that can be generated from the night wind exceeds the amount of solar energy in the period from autumn to spring, which means that hybrid systems mean more efficient and continuous energy production not only in seasonal but also in daily energy production cycles.

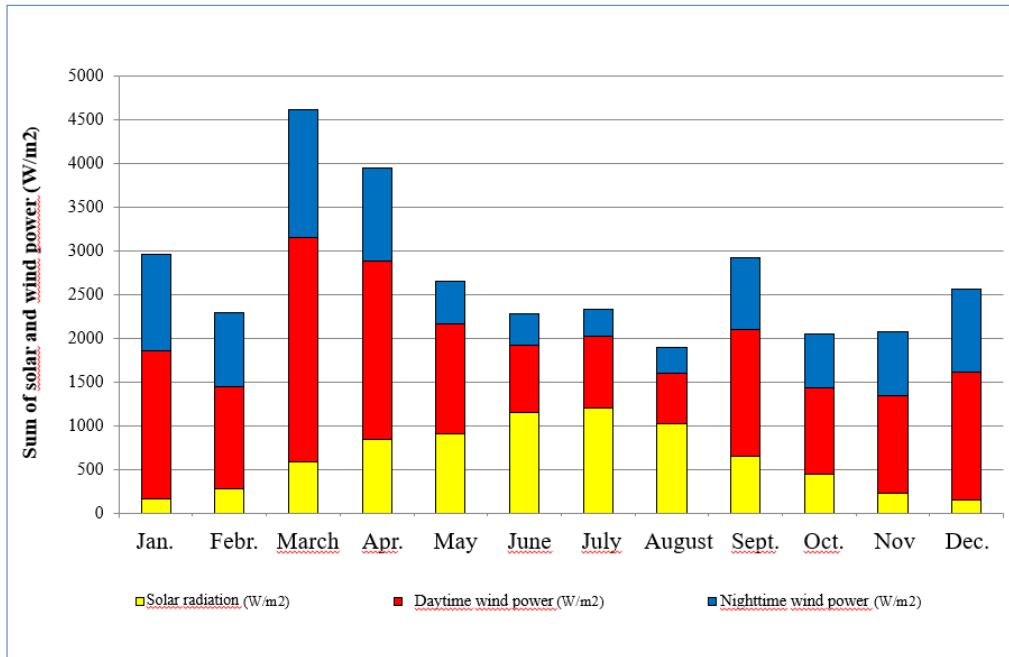


Figure 12. Annual distribution of the total energy supply that can be extracted from the solar and the wind power at an altitude of 80 m, in Szolnok (2011-2020)

In many European countries, hybrid systems have already been used at the level of family farms and households, which provide effective help to reduce the energy costs of households, and in many cases can fully cover the energy used.

The countries on the North Sea coast are known to have much more favourable conditions for the use of wind energy. Many people believe that pools are not suitable for generating wind energy. This statement is by no means correct. The pool-like location has the potential to utilize wind energy. Think of downwind, downhill drains, valley winds, or catabolic winds. These are all local opportunities that occur with high frequency and have not yet been sufficiently exploited in the areas in the basin.

Solar systems are known to be very space consuming, meaning they can take up a large area. Wind turbines require less space and agricultural production can be carried out even under the turbine propellers. In the case of hybrid systems, the use of space can be improved, which can be further improved by the special placement of solar panels. Today, we can even grow crops under solar energy supply systems (Figure 13) (Scott, 2019).



Figure 13. Agrivoltaics" studies in Massachusetts are finding many crops that pair well with solar panels.

Although the south-facing solar module gives the highest electrical energy value for all selected angles, it can be dispensed with in some cases due to the multi-purpose utilization. The orientation of solar panels is an important part of the sizing of photovoltaic and solar systems. Because the solar energy produced is directly proportional to the orientation of the solar panels, proper orientation not only maximizes solar energy but also reduces installation costs. Orientation consists of two parameters: direction and angle of inclination.

Certain plants, such as beans and cucumbers, tolerate semi-shady conditions well and can be grown successfully under scattered radiation. Thus, these plants are particularly suitable for cultivation under solar panels (Corbley, 2021) (Figure 14).



Figure 14. Jack's Solar Farm – Photo by Werner Slocum: NREL

Lisad

Terminoloogiline sõnastik

Tihedus: nimetatakse ka mahuliseks massitiheduseks, see on aine mass ruumalaühiku kohta. Tavaliselt tähistatakse seda sümboliga ρ . Matemaatiliselt on tihedus defineeritud kui mass (m) jagatud

$$\text{mahuga}(V): \\ \rho = \frac{m}{V}$$

Loomulik tsirkulatsioon: vedeliku võime süsteemis pidevalt tsirkuleerida gravitatsiooni, tiheduse jne tõttu.

Loomulik soojusjuhtivus: vedeliku liikumine, mida ei tekita väline allikas, vaid vedeliku tihedus.

Kihistumine: nähtus, kus erinevad osakesed on paigutunud eraldi rühmadesse.

Sifooni efekt: sifoon on toru, mis transpordib vedeliku ühe anuma ühelt tasandilt üles ja sealt välja teise, madalamal asuvasse anumasse. Sifooni efekt avaldub siis, kui atmosfäärirõhk surub vedeliku üles ja gravitatsioon tõmbab vedelikku alla.

Soojusmuundur on süsteem, milles vedelik tsirkuleerib põhjustatuna soojemate ja külmemate vedelikuosakeste tiheduse erinevusest.

Lühendite loend

H: humidity - niiskus

LED: light emitting diode - valgusdiod

PV: photovoltaic – päikeseenergiat töötav

PVC: polyvinyl chloride - polüvinüülkloriid

T: temperature - temperatuur

VET: Vocational Education and Training – kutseõpe

Wp: Wattpeak

Viited, kasulikud veebilehed

Arduino juhend kutsekoolidele abiks digitaliseerimisel:
<https://www.youtube.com/watch?v=r0KErKHxHf0>;
<https://www.arduino.cc/education/remoteteaching>

Arduino veebisait Arduino valikute konfigureerimiseks: <https://www.arduino.cc/>

CFFRC, 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/
- European Commission (2022). Photovoltaic Geographical Information System. Retrieved from 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
- 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/>