



Universitatea Tehnică a Moldovei

**Combinarea tehnologiilor fotovoltaice și a agriculturii
prin implimentarea tehnologiilor agrofotovoltaice**

Masterand: Rodica Baltag

Conducător: conf.univ. dr. Natalia Beglet

Chișinău 2023

**MINISTERUL EDUCATIEI, CULTURII SI CERCETARII AL REPUBLICII
MOLDOVA**

Universitatea Tehnică a Moldovei

Programul de master ” Ingineria instalațiilor de asigurare a microclimei în clădiri”

Admis la susținere

Șef Departament ACAG și PM: conf. univ. dr. Vera Guțul

Combinarea tehnologiilor fotovoltaice și a agriculturii prin implimentarea tehnologiilor agrofotovoltaice

Teza de master

Masterand:

Rodica Baltag st.gr.IIAMC-211

Conducător:

Natalia BEGLEȚ,dr.

Chișinău 2023

REZUMAT

Tema tezei de master **Combinarea tehnologiilor fotovoltaice și a agriculturii prin implementarea tehnologiilor agrofotovoltaice.**

Teza este structurată pe 6 capitole, fiecare având titluri sugestive.

Capitolul 1 intitulat **Utilizarea eficientă a terenurilor cu agrovoltaică** expune o prezentare succintă a studiului de bază.

În capitolul **2 O abordare pentru a reduce utilizarea terenurilor. Competiție** sunt analizate mai multe țări privind sistemul agrovoltaic.

Capitolul **3 Rezultatele cercetării din Proiectul APV-RESOLA** este prezentată și descrisă selecția culturilor, microclimatul, costurile, autoconsumul.

În capitolul **4 Tehnologia** sunt expuse tehnologiile modulelor, fundațiile, relațiile factorii de risc, implicarea cetățenilor ș.a.

În capitolul **5 Politică și Drept** sunt relaționate expuse cadrul legal, dreptul public, recomandările politice și aplicările viitoarelor oportunități ș.a.

Lucrarea se încheie cu capitolul **6 Analiza statistică** în care este analizată statistica agriculturii, terenurile disponibile, ce culturi avem.

Summary

Master's thesis topic **Combining photovoltaic technologies and agriculture by implementing agrophotovoltaic technologies.**

The thesis is structured in 6 chapters, each with suggestive titles.

Chapter 1 entitled Effective use of land with agrovoltatics presents a brief overview of the background study.

In chapter 2 **Agrophotovoltaic systems: application and current state**, the systems, their application and current state were analyzed.

Chapter 3 **The results of the research from the APV-RESOLA Project** are presented and described the selection of crops, microclimate, costs, self-consumption.

In chapter 4 **Technology**, module technologies, foundations, related risk factors, citizen involvement etc. are exposed.

In chapter 5 **Politics and Law**, the legal framework, public law, political recommendations and applications of future opportunities are presented.

The work ends with chapter 6 **Statistical analysis** in which it analyzes agricultural statistics, how much arable land we have, what crops we have.

CUPRINS

Introducere	1
1.Utilizarea eficienta a terenurilor cu agrovoltaica.....	4
1.1.Combinarea pansurilor fotovoltaice cu producerea culturilor agricole.....	8
1.2. Sisteme agrofotovoltaice: aplicare și starea actuală.....	14
Conceptul de agrofotovoltaice(APV).....	14
1.3. Proiecte și tehnologii existente.....	16
1.4. Aspecte agronomice.....	17
1.4.1. Implicații în managementul terenului.....	17
1.4.2. Modificări microclimatice și impactul lor asupra culturii cultivate.....	19
1.4.3. Efectul umbrii asupra randamentului și calității.....	20
1.5. Abordări de modelare în proiectarea APV.....	22
1.6.Date și figuri.....	23
2. O abordare pentru a reduce utilizarea terenurilor. Competiție.....	25
2.1. Definiție și potențial.....	25
2.2. Locuri de cercetare din Germania.....	26
2.3. Uzina de cercetare Heggelbach:Context și rezultate.....	28
2.3.1. Informații generale.....	28
2.3.2. Rezultate 2017.....	29
2.3.3. Rezultate în viza fierbinte a anului 2018.....	29
2.4. Dezvoltare internațională.....	30
2.4.1. Proiect de cercetare în Chile.....	32
2.4.2. Franța.....	32
2.4.3. USA.....	32
2.4.4. Germania.....	34
2.4.5.Republica Moldova.....	34
3.Rezultatele cercetării din Proiectul APV-RESOLA.....	37
3.1. Cultivarea și selecția culturilor.....	38
3.1.1. Reglarea structurii de montare pentru utilaje agricole.....	38
3.1.2 Microclimat în sistemele agrovoltaice.....	38
3.1.3. Culturi alecivate.....	40
3.2. Viabilitatea economică și modele de afaceri.....	44
3.2.1. Costuri de investiție.....	44
3.2.2 Costuri de exploatare.....	45
3.2.3 Costul nivelat al energiei electrice.....	45
3.2.4 Autoconsum și venituri din energie electrică.....	46
3.2.5 Modele de afaceri.....	46
4. Tehnologie.....	48
4.1. Abordări pentru agricultură.....	49
4.2. Tehnologii ale modulelor.....	52
4.3.Structura de montare și fundație.....	54
4.3.1.Proiectarea structurii de montare.....	54
4.3.2.Urmarire cu una și doua axe.....	54
4.3.3. Ancorare și fundații.....	55
4.4. Managementul luminii.....	56
4.5. Managementul apei.....	57
4.6.Dimensiunea sistemului fotovoltaic.....	58
4.7. Aprobare, instalare și exploatare.....	59
4.7.1. Procesul de aprobare pentru sistemele agrovoltaice.....	59
4.7.2. Instalarea unui sistem Agrovoltaic, utilizarea Heggelbach ca exemplu.....	60

4.7.3. Agrovoltajica in exploatare	61
4.8. Societatea	62
4.8.1. Implicarea cetatenilor si partile interesate	62
4.8.2. Abordari si metode pentru implicare	63
4.8.3. Factori de risc	64
5. Politica si drept	67
5.1. Cadrul legal	67
5.1.1. Plati directe UE	67
5.1.2. Drept public	67
5.1.3. Legea Energiilor Regenerabile	68
5.2. Recomandari politice	68
5.2.1. Privilegiul explicit pentru sistemele agricole	68
5.2.2. Criterii si scenarii posibile de subventionare	68
5.3. Promovarea agrovoltajicilor	69
5.3.1. Perspectiva si aplicarea viitoarelor oportunitati	70
6. Analiza statistica	71
6.1. Festelita – primul sat inteligent energetic din RM	76
CONCLUZII	79
BIBLIOGRAFIE	80

INTRODUCERE

Soarele și vântul sunt sursele eterne de energie, acestea fiind întotdeauna disponibile. Cu aceste surse de energie 100%, omenirea își poate produce propria energie durabilă.

Energia solară fotovoltaică este energia produsă prin celule fotovoltaice solare, care convertesc lumina soarelui direct în energie electrică. Celulele solare erau înainte folosite adesea pentru alimentarea, fără baterii electrice, a calculatoarelor de buzunar și a ceasurilor. Ele sunt fabricate din materiale semiconductoare similare cu cele utilizate în electronică la cipurile semiconductoare din componența dispozitivelor semiconductoare.

Când lumina soarelui este absorbită de aceste materiale, energia solară este convertită cu ajutorul participării particulelor subatomice, iar fluxul dirijat de electroni ce ia naștere reprezintă electricitatea. Acest proces de conversie a energiei luminii în energie electrică se numește efect fotovoltaic. De aceea, celulele fotovoltaice nu trebuie confundate cu alte sisteme de conversie ale energiei solare. Ele sunt notate cu simbolul PV.

Celulele solare utilizează straturi de materiale semiconductoare doar câțiva microni grosime. Saltul de tehnologie a făcut posibil ca acestea să poată fi integrate perfect în fațade, pe acoperișuri, etc. Unele celule solare sunt proiectate pentru a funcționa cu lumină de soare concentrată. Aceste celule sunt construite bazându-se pe concentrare a luminii folosind o lentilă corespunzător poziționată. Această abordare are atât avantaje și dezavantaje în comparație cu panourile plate. Principala idee este de a folosi foarte puțin costisitoarea parte de semiconductor din panourile fotovoltaice în timp ce colectarea de lumina solară să fie optimizată cât mai mult. Dar, pentru că lentilele trebuie să fie permanent orientate spre soare, utilizarea de colectoare solare concentrate este deocamdată puțin răspândită.

Performanța unei celule fotovoltaice este măsurată după intensitatea curentului electric produs de ea. Din acest motiv panourile solare fotovoltaice au în cel mai bun caz o eficiență de 15 %. O eficiență atât de mică a unui panou conduce la un număr mare de panouri necesare și deci înseamnă costuri mai mari. Îmbunătățirea celulelor solare este principalul obiectiv actual și de viitor al industriei fotovoltaice pentru îmbunătățirea randamentului. Primele celule fotovoltaice aveau 4% eficiență și au fost produse în anul 1950. Astăzi a treia generație de panouri fotovoltaice conțin celule cu o eficiență de 20% și se pare că în câțiva ani aceasta să crească.

Tehnologia agrovoltaică generează energie electrică regenerabilă fără a elimina terenul arabil pentru producția agricolă.

Agricultura se confruntă din ce în ce mai mult cu probleme majore din cauza schimbărilor climatice. Lipsa de apă, vremea extremă și creșterea temperaturilor globale necesită noi măsuri pentru a proteja plantele și solul împotriva influențelor negative ale mediului.

Utilizarea dublă a terenurilor arabile este o abordare posibilă: în cazul agriculturii, sistemele fotovoltaice mari montate la sol sunt instalate pe terenurile agricole care sunt utilizate simultan pentru producția agricolă. Creșterea capacității fotovoltaice este esențială, deoarece este văzută ca un pilon important al viitoarei aprovizionări cu energie pe termen lung. În același timp, integrarea eficientă a unui sistem fotovoltaic oferit de un sistem agrovoltaic poate proteja plantele și solul împotriva impacturilor negative asupra mediului, contribuie la protecția și rezistența climei.

Dezvoltarea surselor regenerabile de energie ca mijloc de satisfacerea cererii globale de energie și înlocuirea simultană combustibilii fosili sunt unul dintre principalii factori ai schimbărilor climatice să devină una dintre provocările majore ale societății ale timpului nostru. În acest context, sistemele fotovoltaice (PV) oferă un mare potențial și sunt considerate și mai eficiente în captarea luminii solare decât fotosinteza. Faptul ca instalarea acestor sisteme pe spații deschise este opțiunea cu cel mai mic cost a dus, de asemenea, la instalarea sistemelor fotovoltaice pe terenuri agricole. În orice caz, acest lucru poate duce la un conflict de utilizare a terenurilor între energie și alimente producție și poate reprezenta o preocupare majoră în special în regiuni cu suprafață de teren limitată sau cu o populație densă. Instalarea extinsă de instalații fotovoltaice la sol la scară largă a condus la scăderea acceptării societății în unele regiuni și la creșterea acestora preocupări cu privire la pierderea terenurilor arabile pentru terenuri mai profitabile la producția de energie fotovoltaică. Având în vedere această conflict, dezvoltarea sistemelor agrovoltaice (APV) poate fi văzută ca o modalitate de a combina PV și producția de alimente pe aceeași suprafață de teren (Fig. 1).



Fig. 1 Cultură de cartofi sub o instalație APV.

După cum au demonstrat mai multe studii, APV poate crește productivitatea terenurilor.

Pe lângă impactul asupra producției vegetale, implementarea de APV crește profitabilitatea agriculturii prin generare de venit suplimentar prin producerea de energie . Prin urmare, APV poate fi o componentă importantă a viitoarelor surse regenerabile ale sistemelor de producere a energiei, asigurând în același timp producția de alimente și viabilitatea economică a agriculturii. Cu toate acestea, în ceea ce privește utilizarea terenului conflict, valoarea reală a APV a combinat alimente și energie ale sistemul de producție care necesită o delimitare clară în primul rând a sistemelor fotovoltaice producătoare de energie prin menținerea unei recolte suficiente de productivitate. Primele experimente de teren care abordează utilizarea a acestei tehnologii și impactul ei asupra culturilor au arătat că eficiența utilizării terenului a PV combinată și sistemele de culturi alimentare pot fi îmbunătățite în comparație cu producția separată. Randamentul electric și profitul economic pot fi îmbunătățite prin creșterea densității modulului fotovoltaic, care reduce simultan disponibilitatea culturilor. Acest lucru subliniază importanța găsirii unei relații adecvate între producția de alimente și energie. Impactul APV asupra dezvoltării și performanței culturilor este inevitabil, dar până acum a fost investigat științific doar pentru un număr mic de specii de cultură, cum ar fi salata verde, castraveții și grâul dur. Aceasta arată necesitatea pentru cercetări ulterioare. Această lucrare de revizuire rezumă literatura existentă privind sistemele APV și oferă o privire de ansamblu asupra tehnologiei APV cu exemple de aplicații actuale, recente dezvoltării și domenii de aplicare viitoare. Primele rapoarte despre experiențele cu producția de culturi în sistemele APV sunt analizate cu scopul de a evalua cunoștințele actuale privind APV și efectele umbririi asupra producției de culturi. În plus, se discută diverse aspecte tehnice și agronomice ale sistemului APV, concentrându-se în special pe impactul lor asupra microclimatului și producția de culturi pentru a evalua aplicabilitatea lor în producția alimentară agricolă.

BIBLIOGRAFIE

1. [Productia vegetală \(gov.md\)](#)
2. https://ro.wikipedia.org/wiki/Energie_solar%C4%83_fotovoltai%C4%83
3. <https://unimedia.info/ro/news/438446fa0e8a88ba/agricultura-si-energetica-au-mers-pe-drumuri-separate-agrovoltaiica-aduce-beneficii-ambelor-domenii.html>
4. GHID PENTRU COMBINAREA PANOURILOR FOTOVOLTAICE CU PRODUCEREA CULTURILOR AGRICOLE
https://aee.gov.md/storage/publicatii/35.%20Ghid%20pentru%20combinarea%20panourilor%20fotovoltaiice%20cu%20producerea%20culturilor%20agricole%20Agrovoltaiica.pdf?fbclid=IwAR2JedH6xDc3WRY9DMbx4URcMiWtvq3VqAbgwCDf9YpdN_aWjclvv8r08Cc
5. <https://agri-pv.org/en>
6. www.ise.fraunhofer.de/en
7. <https://www.youtube.com/watch?v=BIXPf-e1a0U>
8. https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und
9. Service/Publikationen/Energie/Handlungsleitfaden_Freiflaechensolaranlagen.pdf
10. <https://www.ise.fraunhofer.de/en/business-areas/photovoltaics/photovoltaic-modules-and-power-plants/integrated-photovoltaics/agrivoltaics.html>
11. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), APV-RESOLA – Innovationsgruppe Agrophotovoltaik: Beitrag zur ressourceneffizienten Landnutzung (o. J.).
12. D. Ketzer, Dissertations in Physical Geography, Vol. 4: Land Use Conflicts between Agriculture and Energy Production. Systems Approaches to Allocate Potentials for Bioenergy and Agrophotovoltaics (Department of Physical Geography, Stockholm University, 2020) [English].
13. D. H.-J. Luhmann, P. D. M. Fishedick, and S. Schindele, Stellungnahme zur BMWi-Konsultation „Eckpunkte für ein Ausschreibungsdesign für Photovoltaik-Freiflächenanlagen.“: Agrophotovoltaik (APV) als ressourceneffiziente Landnutzung (2014)
14. K. Schneider: Agrophotovoltaik: hohe Ernteerträge im Hitzesommer (Freiburg, 2019).
15. K. Schneider: Agrophotovoltaik goes global: von Chile bis Vietnam (Freiburg, 2018).
16. E.ON Energie Deutschland GmbH, Solaranlage Kosten » Was kostet Photovoltaik 2020? (o. J.).
17. <https://www.eon.de/de/pk/solar/photovoltaik-kosten.html>. Accessed 7 August 2020.
18. Solaranlage Ratgeber, Anschaffungskosten für Photovoltaik-Anlagen (o. J.).
<https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-wirtschaftlichkeit/photovoltaik-anschaffungskosten>. Accessed 7 August 2020.

19. https://ro.wikipedia.org/wiki/Agricultura_Republicii_Moldova
 20. Statistica.gov.md
 21. <http://www.e-democracy.md/parties/docs/pprm/201209271/>
 22. <https://www.abcd.md/panouri-fotovoltaice>
 23. <https://www.jurnal.md/ro/news/56daa559f36719ae/video-festelita-primul-sat-inteligent-energetic-din-republica-moldova.html>
 24. <https://eu4moldova.eu/ro/primul-centru-de-excelenta-in-eficienta-energetica-a-fost-inaugurat-in-satul-festelita-cu-suportul-uniunii-europene/>
- 