

PROCEEDING BOOK

**EUROASIA
JOURNAL OF**
MATHEMATICS-ENGINEERING
NATURAL & MEDICAL SCIENCES

**AVRASYA
4.ULUSLARARASI
UYGULAMALI BILIMLER
KONGRESİ**



**11 - 12 EYLÜL 2021
ODESA - UKRAYNA**

EUROASIA SUMMIT

4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS

Issued: 20. 09. 2021

ISBN : 978-625-7341-54-7





EUROASIA SUMMIT
4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
SEPTEMBER 11- 12 , 2021
ODESA – UKRAINE

Edited By

DR. GÜLTEKİN GÜRÇAY

All rights of this book belong to UBAK Publishing house.

Without permission can't be duplicate or copied.

Authors of chapters are responsible both ethically and juridically.

UBAK Publications – 2021 ©

Issued: 20.09.2021

ISBN: 978-625-7341-54-7

CONGRESS ID

EUROASIA SUMMIT 4 th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS

DATE – PLACE

SEPTEMBER 11 – 12, 2021

ODESA - UKRAIN

ORGANIZATION

UBAK International Sciences Academy

CONGRESS ORGANIZING BOARD

Head of Organizing Board: Dr Gültekin Gürçay

Organizing Committee Member: Dr. Leman Kuzu

Organizing Committee Member: Dr. Mehdi Meskini Heydarlou

Organizing Committee Member: Amaneh Manafidizaji

Organizing Committee Member: Editor of the USE Journal

Organizing Committee Member: Editor of the EuroAsia Journal

Organizing Committee Member: Editor of UBAK Publishing house.

EVALUATION PROCESS

All applications have undergone a double-blind peer review process.

PARTICIPATING COUNTRIES

Turkey –India- Egypt– Czech Republic – Kuwait - Iraq

PRESENTATION

Oral presentation

LANGUAGES

Turkish, English, Russian, Persian, Arabic

Scientific & Review Committee

Dr. Gulmira ABDİRASULOVA
Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

Prof. Dr. Yunir ABDRAHIMOV
Ufa State Petroleum Technological University

Dr. Maha Hamdan ALANAZI
Riyad Kral Abdülaziz Teknoloji Enstitüsü

Dr. Dzhakipbek Altaevich ALTAYEV
Al – Farabi Kazak Milli Üniversitesi

Doç. Dr. Hülya BALKAYA
Atatürk Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Fırat BARAN
Mardin Artuklu Üniversitesi

Dr. Amina Salihi BAYERO
Yusuf Maitama Sule Üniversitesi

Dr. Karligash BAYTANASOVA
Al – Farabi Kazak Milli Üniversitesi

Dr. Baurcan BOTAKARAEV
Hoca Ahmet Yesevi Üniversitesi

Dr. Ahmad Sharif FAKHEER
Ürdün Devlet Üniversitesi

Doç. Dr. Abbas GHAFARI
Tebriz Üniversitesi

Prof.Dr. Ariz Avaz GOZALOV
Moskova Devlet Üniversitesi

Doç. Dr. Ebru GÖZÜKARA
İstanbul Arel Üniversitesi

Prof. Dr. Gulzar İBRAGİMOVA
Bakü Avrasya Üniversitesi

Dr. Gültekin GÜRÇAY

Doç. Dr. Dilorom HAMROEVA
Özbekistan Bilimler Akademisi

Dr. Mehdi Meskini Heydarlou

Dr. Bazarhan İMANGALİYEVA
K.Zhubanov Aktobe Devlet Bölge Üniversitesi

Dr. Keles Nurmaşılı JAYLIBAY
Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

Dr. Mamatkuli Jurayev
Özbekistan Bilim Akademisi

Dr. Kalemkas KALIBAEVA
Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

Dr. Bouaraour Kamel
Ghardaia Üniversitesi

Prof. Dr. Ergün KOCA
Girne Amerikan Üniversitesi

Prof Dr. Bülent KURTIŞOĞLU
Ardahan Üniversitesi

Dr. Leman KUZU
İstanbul Kültür Üniversitesi

Sonali MALHOTRA
Delhi Balbahtri Academy

Dr. Alia R. MASALİMOVA
Al – Farabi Kazak Milli Üniversitesi

Prof. Muntazir MEHDI
Pakistan Language Academy

Dr. Amanbay MOLDİBAEV
Taraz Devlet Pedagoji Üniversitesi

Prof. Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK
Çukurova Üniversitesi

Doç. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ
Munzur Üniversitesi

Dr. Aysulu B. SARSEKENOVA
Orleu Milli Kalkınma Enstitüsü

Dr. Gulşat ŞUGAYEVA
Dosmukhamedov Atyrau Devlet Üniversitesi

Doç. Dr. Yeliz KINDAP TEPE
Cumhuriyet Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Özkan TİMURKAN
Atatürk Üniversitesi

Dr. K.A. TLEUBERGENOVA
Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

Dr. Cholpon TOKTOSUNOVA
Rasulbekov Kırgız Ekonomi Üniversitesi

Doç. Dr. Yıldırım İsmail TOSUN
Şırnak Üniversitesi

Dr. Botagul TURGUNBAEVA
Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

Dr. Dinarakhan TURSUNALİEVA
Rasulbekov Kırgız Ekonomi Üniversitesi

Doç. Dr. Ali Korkut ULUDAĞ
Atatürk Üniversitesi

Doç. Dr. Fahriye Oben ÜRÜ
İstanbul Arel Üniversitesi

Prof. Dr. Akbar VALADBİGİ
Urumiye Üniversitesi

Doç. Dr. C. VIJAI
St.Peter's Institute

Dr. Yang ZİTONG
Wuhan Üniversitesi

EUROASIA SUMMIT
4th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCE CONGRESS
4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCE CONGRESS
SEPTEMBER 11- 12, 2021
ODESA - UKRAINE

CONGRESS PROGRAM
Online (with Video Conference) Presentation

Meeting ID: 842 3933 2841
Passcode: 11092021



IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- To be able to make a meeting online, login via <https://zoom.us/join> site, enter ID instead of “Meeting ID or Personal Link Name” and solidify the session.
- The Zoom application is free and no need to create an account.
- The Zoom application can be used without registration.
- The application works on tablets, phones and PCs.
- Speakers must be connected to the session **10 minutes before** the presentation time.
- All congress participants can connect live and listen to all sessions.
- During the session, your camera should be turned on **at least %70** of session period
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

TECHNICAL INFORMATION

- Make sure your computer has a microphone and is working.
- You should be able to use screen sharing feature in Zoom.
- Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress.
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.
- Before you login to Zoom please indicate your name surname and hall number,

exp. H-..., S- ... NAME , SURNAME

11.09.2021	HALL: 1	SESSION: 1
Meeting ID: 842 3933 2841	Passcode: 11092021	
	10:00 – 12:00 (Turkey time)	MODERATOR: DR. ÖĞR. ÜYESİ GÜLDANE ZENGİN
Authors	Topic title	
DR. ÖĞR. ÜYESİ GÜLDANE ZENGİN	Sponsorship Disclosure On Celebrities' Instagram Posts	
BURAK EKER DR. ÖĞR. ÜYESİ TUĞBA ÇAĞLAK EKER	Karol Szymanowski Ve Bestelerindeki Egzotik Dokular	
DR. ÖĞR. ÜYESİ TUĞBA ÇAĞLAK EKER	Piyano Eğitiminde Caz: Manfred Schmitz'in Jazz Parnass Kitabının Form, Ezgi Ve Teknik Analizi	
ÖĞR.GÖR. AMİNA TABARU	Uzaktan Eğitimde Bireysel Ses Eğitimi “Şan” Dersi	
ÖĞR.GÖR. AMİNA TABARU	Şan Eğitiminde “Nefesin” Önemi	
DR. UMUT GÜLERYÜZ	Türkofis'in Türk Turizmine Katkıları	

11.09.2021	HALL: 2	SESSION: 1
Meeting ID: 842 3933 2841		Passcode: 11092021
	10:00 – 12:00 (Turkey time)	MODERATOR: PROF.DR.HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK
Authors	Topic title	
HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK HASAN KAAK KÜÇÜKERDEM ÜMRAN ATAY HAKAN GÖKER BÜLENT AYHAN SENEM GÖK	Güneş Enerjiyle Sulama Sistemlerinin Ekolojik Etkileri	
HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK ŞİNASİ AKDEMİR HASAN KAAK KÜÇÜKERDEM ÜMRAN ATAY BÜLENT AYHAN SENEM GÖK HAKAN GÖKER	Güneş Enerjisiyle Sulama İçin Ekonomik Teşvik Modelleri	
ASSOCIATE PROFESSOR SEDAT YALÇINKAYA HASAN İHSAN KALELİ FATİH DOĞAN MERT KAYALIK SEVIN UZER	A Gis Based Multi-Criteria Decision-Making Analysis For Siting Potential Compost Plants To Recycle Marketplace Waste	

AHMET KAYA	Non-Life Risk Modelling By Using Hamiltonians
HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK ŞINASI AKDEMİR HASAN KAAAN KÜÇÜKERDEM ÜMRAN ATAY BÜLENT AYHAN KAZIM TURGUT SENEM GÖK HAKAN GÖKER	Güneş Enerjiyle Sulama Sistemlerinin Ekonomik Uygulanabilirliği
HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK BÜLENT AYHAN ÜMRAN ATAY HASAN KAAAN KÜÇÜKERDEM HAKAN GÖKER SENEM GÖK	Güneş Enerjiyle Sulama Sistemleri İçin Fırsatlar Ve Engeller
TURGUT VATAN TOSUN	Gölet Ve Sulama Projelerinde Teknik Rapor Hazırlanması

11.09.2021		HALL: 1	SESSION: 2
Meeting ID: 842 3933 2841		Passcode: 11092021	
	13:00 – 15:00 (Turkey time)		MODERATOR: ÖĞR. GÖR. DR. NAZİF KUTAY ERDEN
Authors	Topic title		
ÖĞR. GÖR. DR. NAZİF KUTAY ERDEN	Corona Virüs Aşısı Yapılırken Öz Çekim Paylaşımı Yapmanın Altında Yatan Nedenler: Waxxie Kavramı		
ÖĞR. GÖR. DR. NAZİF KUTAY ERDEN	Pandemi Sürecinin Toplumsal Yaşama Etkileri: Yüz Yüze İletişimin Pratiklerinin İncelenmesi		
ASSIS. PROF. SAYED MOBIN HASHIMI	The Educational, Social and Political Status of Women in The Period of King Amanullah Khan		
HANAA FAROUK SALEH	Developing New Media Credibility Scale: A Multidimensional Perspective		
DR. ÖĞR. ÜYESİ SONER HAMZA ÇETİN	5549 Sayılı Suç Gelirlerinin Aklanmasının Önlenmesine Dair Kanuna Göre Avukatların Bildirim Yükümlülüğü		
ASSOC. PROF. DR. EBRU GÖZÜKARA ASSOC. PROF. DR. F. OBEN ÜRÜ BURCU SÖNMEZTEKİN	Discovering The Relationship Between Digital Transformation And Digital Mobbing: A Conceptual Study		

11.09.2021		HALL: 2	SESSION: 2
Meeting ID: 842 3933 2841		Passcode: 11092021	
	13:00 – 15:00 (Turkey time)		MODERATOR: DR. ÖĞR. ÜYESİ MURAT ONAY
Authors	Topic title		
HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK BÜLENT AYHAN ÜMRAN ATAY KAZIM TURGUT HAKAN GÖKER SENEM GÖK	Güneş Enerjisiyle Sulama İçin Güncel Eğilimler Ve Gelişmeler		
HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK ŞİNASİ AKDEMİR HASAN KAAAN KÜÇÜKERDEM ÜMRAN ATAY HAKAN GÖKER BÜLENT AYHAN SENEM GÖK	Güneş Enerjiyle Sulama Sistemlerinin Sürdürülebilirliği		
FATİH AKKOYUN ALİ ERÇETİN	Investigation Of The Reinforcement Distributions In The Microstructure Of Mg Matrix Composite Using Computer Vision Technology		
HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK SENEM GÖK ÜMRAN ATAY BÜLENT AYHAN HAKAN GÖKER	Güneş Enerjisiyle Sulama Yönetimi		

HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK
ŞİNASI AKDEMİR
HASAN KAAİN KÜÇÜKERDEM
ÜMRAN ATAY
BÜLENT AYHAN
SENEM GÖK
HAKAN GÖKER

DR. ÖĞR. ÜYESİ MURAT ONAY
İBRAHİM YILMAZ
FATİH KÜÇÜKER
MEHMET KÜTAHNECİ
MEHMET GÖCEN

Tarımsal Sulamada Kullanılan Pompaj Tesislerinde Enerji Giderlerinin Belirlenmesi

Evrişimsel Sinir Ağları(CNN) ile Görüntü Analizi ve Nesnelerin Takibini Yapmak için Belirli Özelliklerin Sınıflandırılması ve Anlamlandırılması: Trafığe Açık Yollardaki Nesnelerin Takibi Ve Yoldaki Bozuk Alanların Tespiti Uygulaması

11.09.2021	HALL: 1	SESSION: 3
Meeting ID: 842 3933 2841	Passcode: 11092021	
	15:00 – 17:00 (Turkey time)	MODERATOR: ASSOC. PROF. DR. AYSUN BÖKE
Authors	Topic title	
HİLAL BÜŞRA TOKGÖZ ERGUN KAYA FİLİZ ALTAN	Synthetic Seed Production By Tissue Culture Technique In Bulbous Plants	
ABEER A. ABDELHAMED	Clinical Parameters Response to Low-Level Laser versus Monochromatic Near-Infrared Photo Energy in Diabetic Patients with Peripheral Neuropathy	
MURAT KÖSE İSTEMİ SERİN SACIDE PEHLİVAN NACİ ŞENKAL MUSTAFA PEHLİVAN ALPAY MEDETALİBEYOĞLU YASEMIN OYACI GÖZDE YEŞİL SAYIN UMMIHAN İŞOĞLU-ALKAÇ TUFAN TUKEK	DNA Onarım Gen Varyantları (XRCC4 VE XRCC1) İle Covid-19 Enfeksiyonu Arasında Bir Bağlantı Olabilir Mi?	
SACIDE PEHLİVAN YASEMIN OYACI	Hücrel Yaşlanmanın Nörodejeneratif Hastalıkların Patogenezindeki Rolü Ve Tedavi Yaklaşımları	
DR. GÜLAY İNLEK	Apsidal Motion Constants Of Eclipsing Binary Stars	

ASSOC. PROF. DR. AYSUN BÖKE

The X-ray Attenuation Characteristics of Human Breast Tissue Equivalent Structures

11.09.2021	HALL: 2	SESSION: 3
Meeting ID: 842 3933 2841	Passcode: 11092021	
	15:00 – 17:00 (Turkey time)	MODERATOR: PROF. DR. HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK
Authors	Topic title	
HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK ŞİNASİ AKDEMİR HASAN KAAAN KÜÇÜKERDEM ÜMRAN ATAY HAKAN GÖKER BÜLENT AYHAN SENEM GÖK	Tarımsal Sulamada Kullanılan Pompaj Tesisleri İçin Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi	
HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK ŞİNASİ AKDEMİR HASAN KAAAN KÜÇÜKERDEM ÜMRAN ATAY BÜLENT AYHAN SENEM GÖK HAKAN GÖKER	Tarımsal Sulama İçin Kullanılan Pompaj Tesislerinin Ekonomik Analizi	
HABİB SHABAN	Synthesis and Characterization of Recycled Isotactic Polypropylene Nanocomposites Containing Date Wood Fiber	
ÖĞR.GÖR.SELİM TAŞKAYA	Bitişik Nizamlı İmar Adalarında Bina Parselleri Kırık Nokta Koordinatlarının Yersel Şekilde Cassini Metodu İle Tayini	

ÖĞR.GÖR. SELİM TAŞKAYA	Blok Nizamlı İmar Adalarında Bina Parselleri Kırık Nokta Koordinatlarının Yersel Şekilde Kaestner Metodu İle Tayini
İBRAHİM ÖZGÜR DEDEOĞLU YUSUF CALAYIR	An Investigation On The Relationship Between Maximum Input Energy And Material Behavior Of Structure In SDOF Systems Subjected To Earthquake Loading

CONTENT

CONGRESS ID	
SCIENTIFIC & REVIEW COMMITTEE	
PROGRAM	
CONTENT	
POSTER and ORAL PRESENTED PAPERS IN THE CONGRESS	
Hasan Hüseyin Öztürk & Ümran Atay & Hakan Göker³ & Bülent Ayhan & Senem Gök⁵	
<i>GÜNEŞ ENERJİYLE SULAMA SİSTEMLERİNİN EKOLOJİK ETKİLERİ</i>	1
Hasan Hüseyin Öztürk & Ümran Atay & Bülent Ayhan & Senem Gök & Hakan Göker	
<i>GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA İÇİN EKONOMİK TEŞVİK MODELLERİ</i>	9
Hasan Hüseyin Öztürk & Ümran Atay & Bülent Ayhan & Kazım Turgut & Senem Gök & Hakan Göker	
<i>GÜNEŞ ENERJİYLE SULAMA SİSTEMLERİNİN EKONOMİK UYGULANABİLİRLİĞİ</i>	29
Hasan Hüseyin Öztürk & Bülent Ayhan & Ümran Atay & Hakan Göker & Senem Gök	
<i>GÜNEŞ ENERJİYLE SULAMA SİSTEMLERİ İÇİN FIRSATLAR VE ENGELLER</i>	36
Sedat Yalçinkaya & Hasan İhsan Kaleli & Fatih Doğan & Mert Kayalık & Sevin Uzer	
<i>A GIS BASED MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING ANALYSIS FOR SITING POTENTIAL COMPOST PLANTS TO RECYCLE MARKETPLACE WASTE</i>	53
Turgut Vatan Tosun	
<i>GÖLET VE SULAMA PROJELERİNDE TEKNİK RAPOR HAZIRLANMASI</i>	54
Hasan Hüseyin Öztürk¹ & Bülent Ayhan & Ümran Atay & Kazım Turgut & Hakan Göker & Senem Gök	
<i>GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA İÇİN GÜNCEL EĞİLİMLER VE GELİŞMELER</i>	62
Hasan Hüseyin Öztürk¹ & Ümran Atay & Hakan Göker & Bülent Ayhan & Senem Gök	
<i>GÜNEŞ ENERJİYLE SULAMA SİSTEMLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ</i>	73
Hasan Hüseyin Öztürk & Ümran Atay & Hakan Göker & Bülent Ayhan & Senem Gök	
<i>GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA YÖNETİMİ</i>	87
Hasan Hüseyin Öztürk & Ümran Atay & Bülent Ayhan & Senem Gök & Hakan Göker	
<i>TARIMSAL SULAMADA KULLANILAN POMPAJ TESİSLERİNDE ENERJİ GİDERLERİNİN BELİRLENMESİ</i>	96
Hasan Hüseyin Öztürk & Ümran Atay & Hakan Göker & Bülent Ayhan & Senem Gök	
<i>TARIMSAL SULAMADA KULLANILAN POMPAJ TESİSLERİ İÇİN YAŞAM DÖNGÜSÜ MALİYET ANALİZİ</i>	107
Hasan Hüseyin Öztürk & Ümran Atay & Bülent Ayhan & Senem Gök & Hakan Göker	
<i>TARIMSAL SULAMA İÇİN KULLANILAN POMPAJ TESİSLERİNİN EKONOMİK ANALİZİ</i>	113
Fatih Akkoyun & Ali Erçetin	
<i>INVESTIGATION OF THE REINFORCEMENT DISTRIBUTIONS IN THE MICROSTRUCTURE OF MG MATRIX COMPOSITE USING COMPUTER VISION TECHNOLOGY</i>	123
Hilal Büşra Tokgöz & Ergun Kaya & Filiz Altan	
<i>SYNTHETIC SEED PRODUCTION BY TISSUE CULTURE TECHNIQUE IN BULBOUS PLANTS</i>	124
Murat Köse & İstemi Serin & Sacide Pehlivan & Naci Şenkal & Mustafa Pehlivan & Alpay Medetalibeyoğlu & Yasemin Oyacı & Gözde Yeşil Sayın & Ummihan İsoğlu-Alkaç & Tufan Tukek	
	125

<i>DNA ONARIM GEN VARYANTLARI (XRCC4 VE XRCC1) İLE COVID-19 ENFEKSİYONU ARASINDA BİR BAĞLANTI OLABİLİR Mİ?</i>	
Abeer A. Abdelhamed	
<i>CLINICAL PARAMETERS RESPONSE TO LOW-LEVEL LASER VERSUS MONOCHROMATIC NEAR-INFRARED PHOTO ENERGY IN DIABETIC PATIENTS WITH PERIPHERAL NEUROPATHY</i>	133
Sacide PEHLİVAN & Yasemin OYACI	
<i>HÜCRESEL YAŞLANMANIN NÖRODEJENERATİF HASTALIKLARIN PATOGENEZİNDEKİ ROLÜ VE TEDAVİ YAKLAŞIMLARI</i>	134
Gülay İnlek	
<i>APSIDAL MOTION CONSTANTS OF ECLIPSING BINARY STARS</i>	144
Habib Shaban	
<i>SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF RECYCLED ISOTACTIC POLYPROPYLENE NANOCOMPOSITES CONTAINING DATE WOOD FIBER</i>	145
Aysun Böke	
<i>THE X-RAY ATTENUATION CHARACTERISTICS OF HUMAN BREAST TISSUE EQUIVALENT STRUCTURES</i>	146
Murat Onay & İbrahim Yılmaz & Fatih Küçüker & Mehmet Kütahneçi & Mehmet Göcen	
<i>EVİRİŞİMSEL SİNİR AĞLARI(CNN) İLE GÖRÜNTÜ ANALİZİ VE NESNELERİN TAKİBİNİ YAPMAK İÇİN BELİRLİ ÖZELLİKLERİN SINIFLANDIRILMASI VE ANLAMLANDIRILMASI: TRAFİĞE AÇIK YOLLARDAKİ NESNELERİN TAKİBİ VE YOLDAKİ BOZUK ALANLARIN TESPİTİ UYGULAMASI</i>	147
R. Knizek & D. Karhankova	
<i>ADVANTAGES OF A NEW MANUFACTURING FACILITY FOR THE PRODUCTION OF NANOFIBER</i>	154
Selim Taşkaya	
<i>LOCAL DETERMINATION OF BROKEN POINT COORDINATES OF BUILDING PLOTS IN CONNECTED RECONSTRUCTION ISLANDS BY LOCAL CASSINI METHOD</i>	155
Selim Taşkaya	
<i>LOCAL DETERMINATION OF BROKEN POINT COORDINATES OF BUILDING PLOTS IN BLOCK RECONSTRUCTION ISLANDS WITH KAESTNER METHOD</i>	164
İbrahim Özgür Dedeoğlu & Yusuf Calayır	
<i>AN INVESTIGATION ON THE RELATIONSHIP BETWEEN MAXIMUM INPUT ENERGY AND MATERIAL BEHAVIOR OF STRUCTURE IN SDOF SYSTEMS SUBJECTED TO EARTHQUAKE LOADING</i>	174

GÜNEŞ ENERJİYLE SULAMA SİSTEMLERİNİN EKOLOJİK ETKİLERİ

HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK¹, ÜMRAN ATAY², HAKAN GÖKER³,
BÜLENT AYHAN⁴, SENEM GÖK⁵

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ORCID ID: 0000-0001-6904-5539

² GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, ORCID ID: 0000-0002-2248-4582

³ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ORCID ID: 0000-0002-1162-0104

⁴ Adana Ziraî Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-5357-0600

⁵ Adana Ziraî Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-2829-9927

ÖZET

Dünya genelinde sulama amacıyla kullanılan su pompalarının çoğu, fosil yakıtlarla (dizel, benzin, gaz) veya şebekeden sağlanan elektrikle (ve dolayısıyla fosil yakıt bazlı jeneratörler tarafından üretilen) çalışan motorlar ile çalıştırılır. Fosil enerji kaynaklarının bulunabilirliği sınırlıdır ve bunların kullanımından kaynaklanan salımların küresel iklim üzerinde olumsuz etkileri vardır. Aynı zamanda, özellikle gelişmekte olan ülkelerde elektrik arzı, kırsal alanlarda büyük ölçüde bulunmasa da, yetersiz ve güvenilmez olma eğilimindedir. Artan yakıt fiyatları ve elektrik tarifeleri, tarımsal üretimden elde edilen brüt kar marjları üzerinde mali bir etkiye sahiptir. Bu durum, PV teknolojinin sulu tarımda yaygın olarak kullanılması için önemli bir potansiyel sunmaktadır. Fotovoltaik (PV) sistemler, maliyet açısından rekabetçi ve güvenilir bir elektrik kaynağı olmanın yanı sıra, bir dizi ekolojik faydalar da sağlar. PV sistemlerin karbon ayak izi çok düşüktür. PV modüllerin üretim sürecindeki hammadde tasarrufu ve iyileştirmeler sayesinde, PV teknolojinin karbon ayak izi son yıllarda yaklaşık % 50 oranında azalmıştır. PV modüllerin geri dönüşümü, PV teknolojinin tüm enerji ve çevre dengesi üzerinde olumlu etkilere sahiptir. Hemen hemen tüm PV modül türleri için geri dönüşüm teknolojileri mevcuttur ve % 95'e varan geri dönüşüm oranlarına ulaşılabilir. Güneş Enerjili Sulama (GES) sistemleri, yeraltı suyunun aşırı kullanımı ve kirlenmesini önlemek ve toprak tuzluluğunu azaltmak konularında olumlu etkilere sahiptirler. GES sistemleri, sera gazı salımları ve gürültü kirliliği bakımından, Dizel motorlu pompalar veya jeneratörler ile çalışan sulama sistemlerine kıyasla, önemli ölçüde daha az çevresel yük oluşturmaktadır. Bu çalışmada, GES sistemlerinin ekolojik etkileri tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, Sulama, Ekoloji.

1. GİRİŞ

Sulama yöntemi, su veya toprak gibi mevcut doğal kaynakları ile çevre üzerinde farklı etkilere sahiptir. Pompalanan su miktarı, doğal yenilenme oranından yüksek ise, suyun toprak altından çıkarılması, güneş enerjisi veya dizel pompaları ile ciddi etkilere neden olabilir ve hatta yeraltı suyunun tükenmesine neden olabilir.

Bazı sulama yöntemleri, özellikle yüzey sulama, yüksek toprak tuzluluğuna neden olabilir. Çünkü, hemen hemen bütün sular (doğal yağışlar bile) çözünmüş tuzlar içerir. Bitkiler suyu kullandığında ya da su buharlaştığında, tuzlar toprakta kalır ve birikmeye başlar. Bu işlemin bitki büyümesi ve verimi üzerinde zararlı etkileri olabilir. Besin elementlerin sızması, yanlış sulamanın neden olduğu başka bir sorundur.

Fotovoltaik (PV) sistemler, maliyet açısından rekabetçi ve güvenilir bir elektrik kaynağı olmanın yanı sıra, bir dizi ekolojik faydalar da sağlar. Geçtiğimiz yıllarda, küresel PV pazarı dikkate değer bir oranda büyümüştür. Aslında, güneş PV, büyük bir küresel enerji kaynağı olma yolundadır. Dolayısıyla PV, geleneksel güç üretiminin yerini almak ve iklim değişikliği etkilerini azaltmak için etkili bir araç olabilir.

2. GÜNEŞ ENERJİLİ SULAMA SİSTEMLERİNİN EKOLOJİK ETKİLERİ

2.1. Fotovoltaik Sistemlerin Karbon Ayak İzi

Fotovoltaik (PV) sistemlerin karbon ayak izi çok düşüktür. Karbon ayak izi, güneş sisteminin ömrü boyunca kilovat-saat (kWh) başına salınan karbondioksit (CO₂) miktarı ve diğer sera gazlarına eşdeğerleri ile tanımlanır.

$$\text{Karbon Ayak İzi (gCO}_2\text{/kWh)} = \text{Toplam salım (gCO}_2\text{)} / \text{Ömür boyu üretilen toplam elektrik miktarı (kWh)}$$

Karbon ayak izi hesaplanırken *Yaşam Döngüsü Analizi* (LCA) olarak bilinen nicel bir yöntem uygulanır. LCA yönteminde, bir ürünün yaşam döngüsü "beşikten mezara" kadar olan süreç olarak tanımlanır. Böylece, tüm çevresel etkilerin belirlenmesine yardımcı olur ve enerji teknolojilerini karşılaştırmalarını kolaylaştırır.

Güneş modüllerinin üretim sürecindeki hammadde tasarrufu ve iyileştirmeler sayesinde, PV'nin karbon ayak izi son yıllarda yaklaşık %50 oranında azalmıştır. Bölge, güneş PV verimi ve teknolojisine bağlı olarak, mevcut küresel elektrik karışımıyla üretilen ortalama 600 g/kWh ile karşılaştırıldığında, kWh başına 16 ile 32 gCO_{2-eq} arasında değişir [1].

Tipik bir dizel jeneratör ünitesinin yerini alan şebekeden bağımsız bir güneş enerjisi sistemi (GESS), kWh çıktı başına yaklaşık 1 kg CO₂ tasarrufu sağlayacaktır.

Örnek olarak, Şili'nin Atacama Çölü'nde günlük ortalama küresel ışıyım 6,9 kWh/m² gün düzeyindedir. Bu koşullar altında, 1,0 kWp'lik bir PV sistem, günde yaklaşık 5,39 kWh elektrik üretecektir. 25 yıllık bir ömürle yaklaşık 48000 kWh elektrik üretilen ve böylece 48400 kgCO₂ emisyonu azaltılacaktır [1].

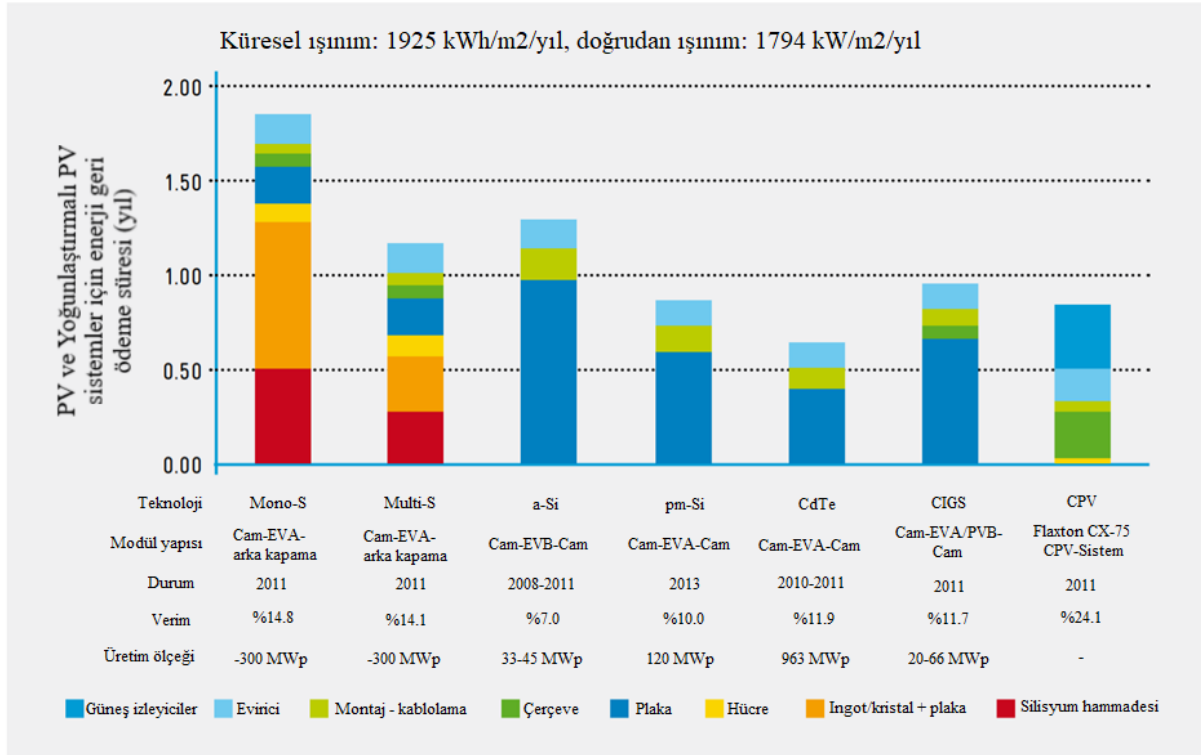
PV sistemlerinin çalışma süreleri boyunca herhangi bir sera gazı yaymadığını belirtmek önemlidir. Emisyonlar, esas olarak üretim sürecinde ihtiyaç duyulan enerjiye ve faydalı kullanım ömrünün ardından PV sisteminin geri dönüştürülmesine bağlıdır. Üretim teknolojisi ilerledikçe PV elektriğinin karbon ayak izinin daha da azalması beklenmektedir.

2.2. Enerji Geri Ödeme Süresi

Fotovoltaik (PV) sistemlerin *Enerji Geri Ödeme Süresi* (EGÖS), PV teknolojinin sürdürülebilirliğinin anlaşılmasında önemli bir ölçüttür. EGÖS, PV modülü üretmek için gereken enerji miktarı, PV modül tarafından yıllık olarak üretilen enerjiye bölünerek hesaplanır. Bu hesaplama ile PV modülün üretimi için tüketilen enerji miktarının, PV modül tarafından üretilmesi için gerekli süreyi yıl olarak belirlenir.

$$\text{Geri Ödeme Süresi (yıl)} = \text{Tüketilen enerji miktarı (kWh)} / \text{Üretilen enerji miktarı (kWh/yıl)}$$

Avrupa Birliği ve Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL) tarafından finanse edilen çeşitli Ar-Ge projelerinde son EGÖS hesaplamaları yapılmıştır. Sonuçlar, üretim teknolojilerinde yapılan gelişmeleri açıkça göstermektedir. Silikon hücreler için malzeme kullanımı, artan verimlilikler ve daha ince silisyum tabaklar nedeniyle son 10 yılda yaklaşık 16 g/Wp düzeyinden, 6 g/Wp düzeyine kadar önemli ölçüde azalmıştır. PV hücre teknolojinin türüne ve coğrafi konuma bağlı olarak, şu anda güneş sistemlerinin EGÖS'leri 0,7 ile 2 yıl arasındadır [1].



Görsel 1. İtalya'daki Farklı PV Füre Teknolojileri İçin Enerji Geri Ödeme Süreleri [2]

Güneş ışıınının daha yüksek olduğu güneş kuşağında yer alan ülkelerde enerji geri ödeme süresi daha da kısadır. Örneğin, Hindistan'da bulunan polikristal Si modüllerine sahip bir PV sistemi yaklaşık bir yıllık EGÖS'e sahiptir. 25 yıl ve üzeri bir ömür varsayarsak, bu tür bir sistem, onu üretmek için gereken enerjinin yirmi beş katını üretebilir.

2.3. Fotovoltaik Modüllerinin Geri Dönüşümü

Güneş modüllerinin geri dönüşümü, PV teknolojisinin tüm enerji ve çevre dengesi üzerinde olumlu etkilere sahiptir. Avrupa Atık Elektrikli ve Elektronik Ekipman (WEEE) direktifi ve elektrikli ve elektronik cihazlarda Belirli Tehlikeli Maddelerin Kullanımının Kısıtlanması (RoHS) direktifi ışığında, PV endüstrisi, ürün yaşam döngüsünün tüm aşamalarında PV'nin çevre üzerindeki etkisini azaltan çözümler sağlamak için çalışmalar yapmıştır. Önde gelen Avrupalı üreticiler, 2007 gibi erken bir tarihte, PV CYCLE adı verilen gönüllü, endüstri çapında bir geri alma ve geri dönüşüm programı oluşturmuşlardır. Japonya, Çin ve ABD gibi diğer büyüyen pazarlarda, PV geri dönüşümünde benzer gelişmeler devam etmektedir. 1990'larda ilk önemli miktarlarda güneş modülü kurulduğundan, önümüzdeki 10-15 yıl içinde önemli sayıda atılmış PV modül beklenmektedir [1].

Hemen hemen tüm PV modül türleri için geri dönüşüm teknolojileri mevcuttur ve % 95'e varan geri dönüşüm oranları elde edilebilir [1]. Çevresel faydalar ve geri dönüşüm etkileri, birkaç pilot proje aracılığıyla değerlendirilmiştir. Projeler, geri dönüşümün çevresel faydalarının, modüllerin geri dönüşümünün gerektirdiği ek çevresel yüklerden (modüllerde kullanılan temel malzemeleri geri kazanmak için ısı, kimyasal işlem) fazla olduğunu açık bir şekilde göstermektedir.

2.4. Yeraltı Suyu Tükenme Riskini Azaltmak

Artan nüfus, genişleyen sulu tarım alanları ve ekonomik kalkınma, dünya çapında giderek artan su talebinin itici güçleridir. Küresel olarak bu tür bir talep yüzey suyu mevcudiyeti ile karşılanabilir de, bölgesel farklılıklar fazladır ve dünyanın birçok yerinde su stresine neden olmaktadır. Su stresi fazla ve büyük akifer sistemlerine sahip bölgelerde, yeraltı suyu genellikle ek bir su kaynağı olarak kullanılır. Yeraltı suyunun çıkarılması, geniş alanlar ve uzun süreler için doğal yeraltı suyu beslemesini aşarsa, aşırı kullanım gerçekleşir veya yeraltı suyu tükenir.



Figure 5.2: End-of-life PV panels

Source: PV CYCLE, 2015

Görsel 2. Kullanım Ömrünü Tamamlamış PV Modüller [2]

Sulu tarımda, çiftçiler genellikle mevcut toprak ve su kaynaklarını tam olarak kullanmaya çalışırlar. Su pompaları için güç kaynağının haftanın yedi günü 24 saat mevcut olması durumunda, çoğu zaman uygun kapasitelerden en yüksek sınırlara kadar yararlanılacaktır.

Pompalama sırasında bir kuyunun tipik davranışı Görsel.3’de gösterilmektedir. Pompa çalıştırdıktan sonra, statik su seviyesi genellikle azalır. Su seviyesinin bu "aşağı çekilmesi", akiferin su tahliyesine ve kararlılığına bağlıdır. Ortaya çıkan dinamik su seviyesi, hidrolik yükü değiştirir ve pompalama süresince farklılık gösterebilir.

Su tahliyesi düzenli olarak kuyu kapasitesini aşarsa, kuyunun zarar görme riski vardır. Yeraltı suyunun tükenmesi riski, PV su pompaları kullanılarak azaltılabilir. Çünkü bunlar yalnızca gündüzleri yaklaşık 10 saatlik bir zaman aralığında çalıştırılabilir. Şili’nin Atacama Çölü’nde kurulu olan Güneş Enerjili Sulama Sisteminde ölçülen dinamik su seviyesi (koyu yeşil) ve günlük su akışı (açık yeşil) Görsel.4’de gösterilmektedir.

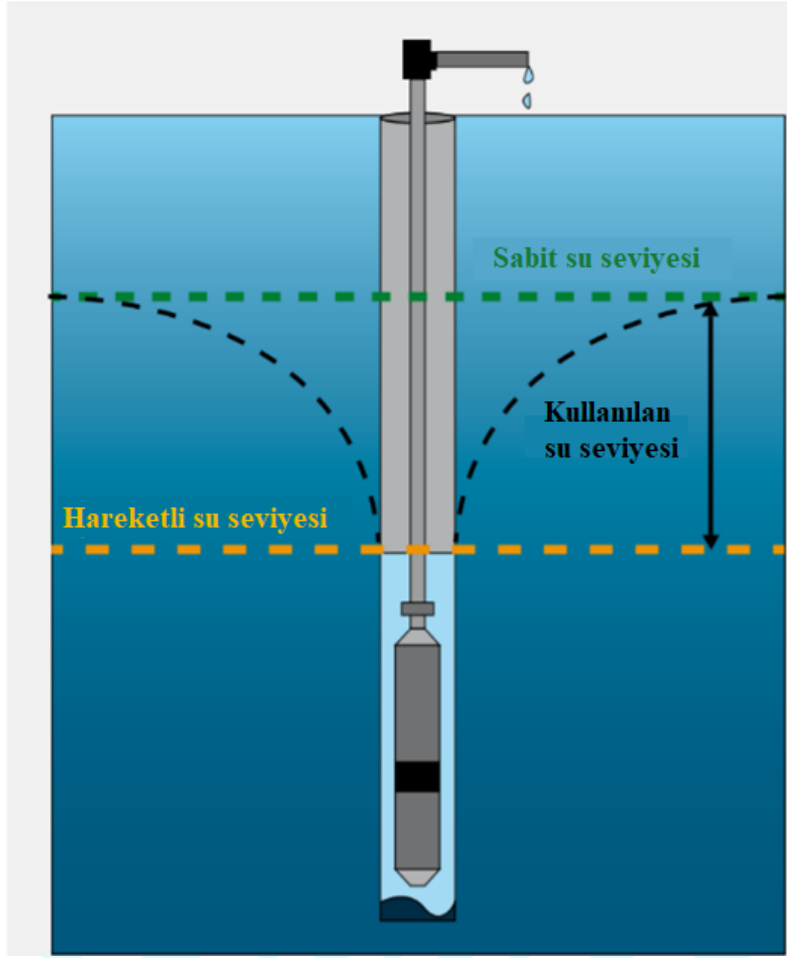
2.4. Yeraltı Suyu Tükenme Riskini Azaltmak

Pompalama sürelerinde su seviyesi, çıkartma hızına bağlı olarak azalır. Gün batımından sonra, akiferin günlük su çekiminden kurtulmak için yeterli zamanı vardır. Ancak, önemli bir ön koşul, sahaya özgü kuyu kapasitesini hesaba katan uygun pompa tasarımıdır.

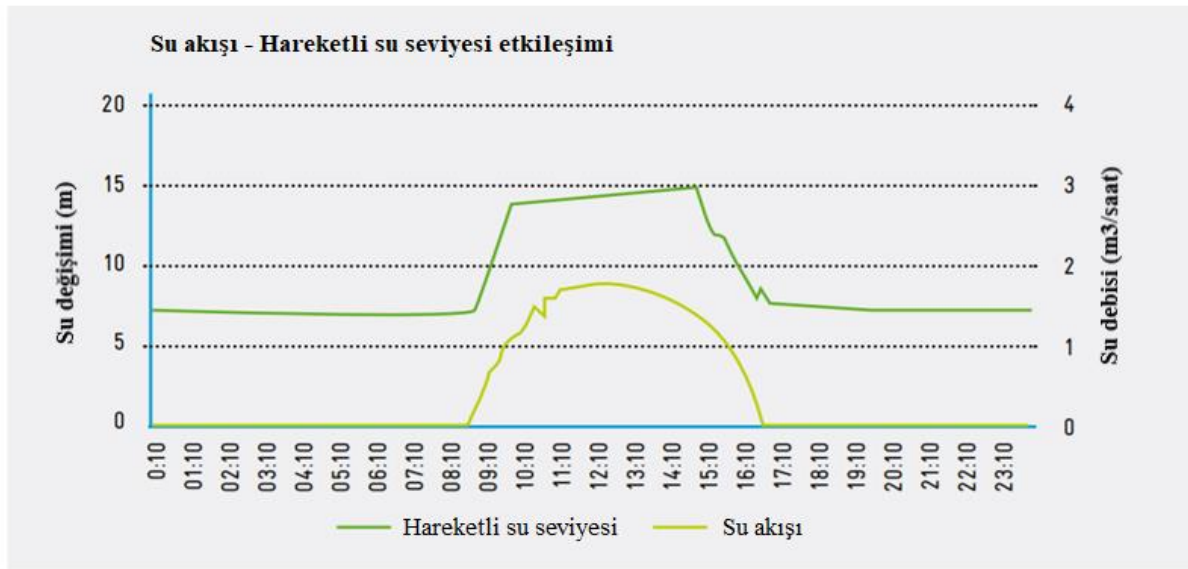
Güneş enerjili sulamanın (ve diğer PV tabanlı su çıkarma yöntemlerinin) mevcut su kaynaklarının aşırı kullanımına yol açabileceği konusunda yaygın bir endişe vardır. Altta yatan varsayım genellikle

- Bedava enerji veya düşük maliyetli enerjinin mevcudiyeti ve
- Yeşil alan sulamanın geliştirilmesinde PV teknolojisinin kullanılmasıdır.

Stok sayımı ve analiz uygulamasından elde edilen deneyim, güneş enerjisiyle çalışan pompalama sistemlerinin büyük çoğunluğunun, aslında geleneksel pompalama çözümlerinin yerini almak üzere tanıtıldığını göstermektedir. Örneğin GESS için yapılan ekonomik analiz, ayrıca PV pompalama çözümlerinin, geleneksel olarak çalıştırılan pompa setlerine göre, her durumda ekonomik bir yarar sağlamadığını ortaya koymaktadır.



Görsel 3. Pompalama Sırasında Kuyudaki Su Seviyesi Değişimi [2]



Görsel 4. Şili-Chaca Vadisi'ndeki Dinamik Su Seviyesi Değişimi [2]

PV pompalar ile ilgili birkaç gerçeğin tekrarlanması gerekmektedir:

- PV pompalar sadece gün içinde sınırlı bir süre (yaklaşık 10 saat) çalıştırılabilir.
- Düşük güneş ışınlı dönemlerinde, düşük performansı telafi etmek için, PV pompalar geleneksel pompalardan daha büyük boyutlandırılmalıdır. Bu durum, yüksek yatırım maliyetlerinin kısmen daha da artmasına neden olur.
- Agronomik ve ekonomik bir bakış açısından, PV pompalar en iyi, su tasarrufu sağlayan sulama yaklaşımları altında yoğun yüksek değerli ürünler için kullanılır.

Bu nedenle, güneş enerjisiyle çalışan pompaların kullanılması durumunda, su kaynaklarının aşırı kullanımının doğasında olan bir riske karşı teknik ve ekonomik engeller vardır. Bir PV pompa ile daha yüksek derecede su çıkarımı sağlayabilmek için;

- büyük bir pompalama kapasitesi tasarımılamak ve
- sulama amaçları için ihtiyaç duyulmayan fazla suyu barındıracak uygun bir depolama tesisi kurmak için önemli bir yatırım gereklidir.

Genellikle karşılık gelen bir yatırım için ekonomik ilkeleri takip eder. Yeşil alan geliştirme durumu haricinde, bu tür bir yatırım, bir sistemin teknik genişlemesine sınırlayıcı bir engel oluşturan mevcut sulama potansiyeline yönlendirilecektir.

Su kaynaklarının aşırı kullanımı ilke olarak herhangi bir pompalama seçeneği ile mümkündür. Yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının sürdürülemez şekilde kullanılmasını önlemenin birincil anahtarı, yasal ve düzenleyici çerçevedir. Dolayısıyla su kaynaklarının planlaması ve yönetimi, su çıkarma lisansı, izleme ve sonuncusu ama en önemlisi, su kaynağı yönetimi ve koşulsuz sübvansiyondan kaçınma ile ilgili yaptırımların etkili bir şekilde uygulanmasıdır.

2.5. Yeraltı Suyunun Kirlenmesini Önlemek

Sulama suyu temini için Dizel jeneratörlerin kullanılmasıyla ilgili temel bir sorun, yeraltı sularının yakıtlar ve yağlar ile kirlenme tehlikesidir. Bir Dizel motor verdiği kWh enerji değeri başına 1 g atık yağ üretir. Bu değer, jeneratörün kullanım ömrü boyunca yaklaşık 300 kg atık yağa karşılık gelir. Gelişmekte olan ülkelerde, bu atık yağların çevreye duyarlı bir şekilde bertarafı garanti edilememektedir.

Bu yaygın kurulum türü, sızan yakıt ve yağ ürünleri doğrudan toprağa ve yeraltı sularına ulaştığı için istenmeyen kirliliğe neden olur. Bu durumda, bir litre atık yağ 1000 m³'e kadar yeraltı suyunu kirletebilir. Bu sular artık içme suyu amaçlı kullanılamaz hale gelir. PV sulama sistemleri kullanıldığında bu sorun tamamen ortadan kalkar.

2.6. Toprak Tuzluluğunu Azaltmak

Güneş Enerjili Sulama Sistemlerinin (GESS) kısmen yüksek yatırım maliyetleri, kesinlikle talebe yönelik bir sistem tasarımına neden olur. Damla sulama gibi, su tasarrufu sağlayan sulama teknolojileri ile birlikte, tarlaya fazla miktarda su uygulanmayacaktır. Böylece, geleneksel yüzey sulamanın tipik uzun vadeli riskleri, örneğin tarla suyu seviyesinin artması ve ardından su kesimi ve toprağın tuzlanması gibi riskler azaltılır.

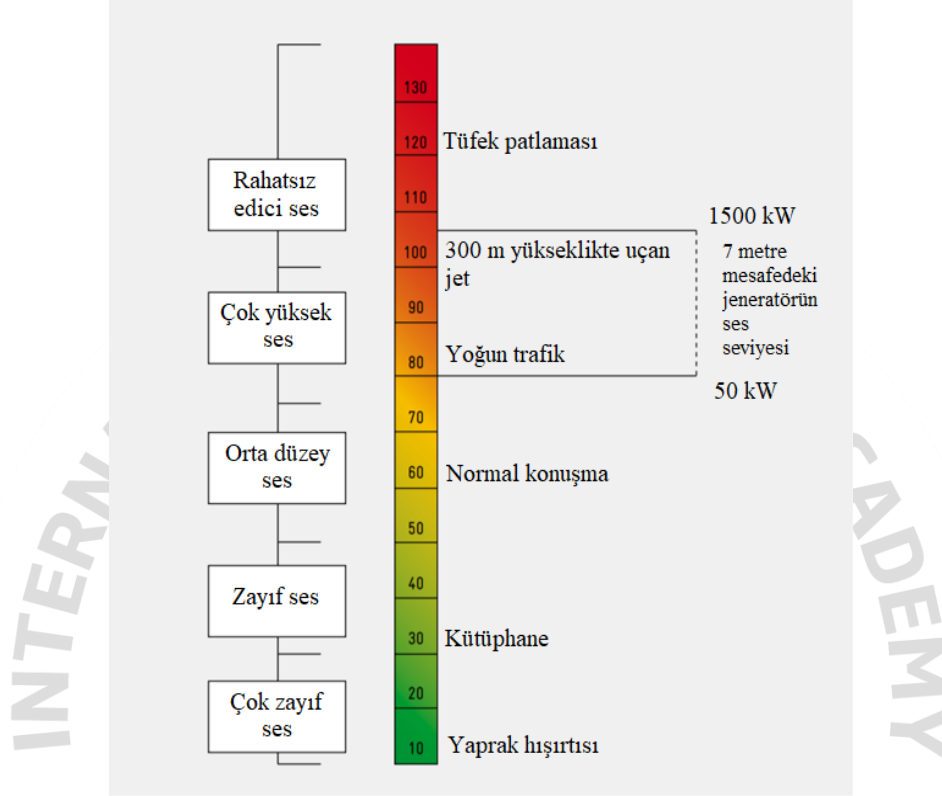
2.7. Gürültü ve Egzoz Gazı Emisyonlarından Kaçınma

Birçok döner makine türü gibi, pistonlu motorla çalışan jeneratör setleri, gürültü ve titreşim üretirler. Bu jeneratörler ister sürekli isterse sadece ara sıra bekleme uygulamalarında çalışsın, çalışma sesi seviyeleri 100 dB (A) veya daha fazlasına yaklaşabilir. Jeneratör setlerinin ürettiği gürültü genellikle can sıkıcıdır ve hatta sağlığa zararlı olabilir.

Çeşitli çevre ve gürültü kaynakları ile ilişkili başlıca gürültü seviyeleri Görsel 5'de gösterilmektedir. Tipik jeneratör setlerinin gürültü seviyesi, yoğun cadde trafiğiyle veya 300 m uçuş seviyesinden geçen bir jetle karşılaştırılabilir düzeydedir [1]. Jeneratör üreticileri, akustik yalıtım ve egzoz susturucuları gibi jeneratör seti gürültüsünü azaltmak için önlemler alsa da, gürültü azaltma için bir sahayı güçlendirmenin maliyeti yüksektir. Bu durum, özellikle gelişmekte olan ülkelerde uygulamayı genellikle engeller.

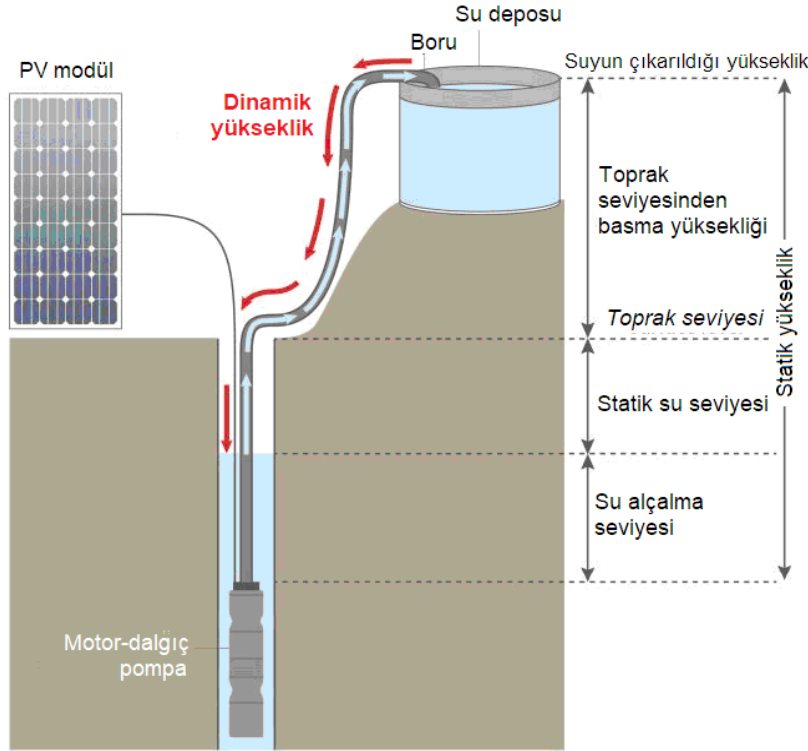
Gürültü emisyonunun yanı sıra, gelişmekte olan dünyada jeneratör setlerinden çıkan egzoz dumanlarına maruz kalma yaygındır. Çoğu geleneksel jeneratör, ham petrolden elde edilen Dizel yakıt ile çalışır. Dizel motorlardan çıkan egzoz, gaz ve kurumdan oluşur. Dizel egzozun gaz kısmı çoğunlukla karbon dioksit, karbon monoksit, nitrik oksit, nitrojen dioksit, sülfür oksitler ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) dahil olmak üzere hidrokarbonlardır. Dizel egzozun kurum (partikül) kısmı, karbon gibi partiküllerden, organik maddelerden (PAH'lar dahil) ve eser miktarda metalik bileşiklerden oluşur.

İnsanlar (örneğin, çiftlik işçileri) Dizel egzozuna esas olarak kurum ve gazları soluma yoluyla maruz kalırlar. Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) bir kurumu olan Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı'na (IARC) göre, Dizel egzozu insanlar için kanserojen olarak sınıflandırılmaktadır. Ayrıca, Dizel egzozun göz tahrişi, baş ağrısı, astım, kalp hastalığı ve muhtemelen bağışıklık sistemi sorunları gibi diğer sağlık sorunlarında rol oynadığına inanılmaktadır.



Görsel 5. Farklı Gürültü Kaynaklarının Tipik Gürültü Seviyeleri [2]

Fosil yakıta dayalı enerji teknolojileri ile karşılaştırıldığında, fotovoltaik sistemler, çalışma sırasında herhangi bir gürültü veya egzoz gazı üretmez. Bu durum, gürültülü ve kötü kokulu Dizel jeneratörünü PV sistem (Görsel 6) ile değiştiren bir çiftçinin kesinlikle takdir edeceği bir özelliktir. Özet olarak, Güneş Enerjili Sulama Sistemleri (GESS), Dizel motorlu pompalar veya jeneratörler ile çalışan referans sistemlere kıyasla önemli ölçüde daha az çevresel yük oluşturmaktadır.



Görsel 6. Güneş Enerjili Sulama (GES) Sistemi

3. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Fotovoltaik sistemler, maliyet açısından rekabetçi ve güvenilir bir elektrik kaynağı olmanın yanı sıra bir dizi ekolojik faydalar sağlar. Bu ekolojik faydalar şunlardır:

- Fotovoltaik sistemlerin karbon ayak izi olumludur.
- Enerji geri ödeme süresi kısadır.
- Güneş modüllerinin geri dönüşümü mümkündür.
- Yeraltı suyunun tükenme riskini azaltır.
- Yeraltı suyu kirliliğinin önlenmesine yardımcı olur.
- Toprak tuzlanmasının azaltılmasına yardımcı olur.
- Gürültü ve sera gazı emisyonlarının önlenmesine yardımcı olur.

KAYNAKÇA

- [1] Öztürk H.H., *Güneş Enerjisiyle Sulama Yönetimi: Yönetim-Etkiler-Güçlü Ve Zayıf Yönler-Fırsatlar-Tehditler*. LAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-620-3-86364-2, 2021.
- [2] Sass, J., Hahn, A., *Solar Powered Irrigation Systems (SPIS) Technology, Economy, Impacts*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Bonn, 2020.

GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA İÇİN EKONOMİK TEŞVİK MODELLERİ

HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK¹, ÜMRAN ATAY², BÜLENT AYHAN³,
SENEM GÖK⁴, HAKAN GÖKER⁵

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ORCID ID: 0000-0001-6904-5539

² GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, ORCID ID: 0000-0002-2248-4582

³ Adana Zirai Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-5357-0600

⁴ Adana Zirai Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-2829-9927

⁵ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ORCID ID: 0000-0002-1162-0104

ÖZET

Fotovoltaik (PV) sistemlerin fiyatları son yıllarda önemli ölçüde azalmış olsa da, kısmen yüksek ilk yatırım, kırsal tarımda PV pompalarının yaygın olarak uygulanmasının önündeki ana engel olmaya devam etmektedir. PV sistemlerinin maliyeti son 30 yılda sürekli olarak azalmaktadır. Temelde akıllı teşvik programları, teknolojik gelişmeler ve ölçek ekonomileri, üretim maliyetlerinin istikrarlı bir şekilde azaltılmasını teşvik etmiştir. Güneş Enerjili Sulama (GES) sistemlerinin tarımsal üretim için kullanılabilirliği ve ekonomik uygulanabilirliğinin olumlu olarak gelişmesi nedeniyle, GES teknolojisi, geleneksel sulama ve pompalama seçeneklerine ekonomik olarak güvenilir ve sürdürülebilir bir alternatif olarak giderek daha fazla teşvik edilmektedir. Sulamada PV sistem uygulaması, çiftçi için çekici bir alternatif olması amacıyla, teknolojinin sübvansile edilmesiyle büyük ölçüde desteklenmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalar, tarımsal ve finansal fizibilite gereksinimlerinin, sulamada PV teknolojisinin uygulama aralığını sınırladığını göstermektedir. GES sistemleri, özellikle son yıllarda değişik ülkelerin politika, mevzuat ve stratejik kalkınma planlarında dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada, dünya genelinde hükümet ve eyalet yetkililerinin politikalar, düzenlemeler ve teşvik yapıları aracılığıyla GES sistemlerini neden ve nasıl teşvik ettiğine ve yönettiğine ilişkin somut örnekler verilmiştir. GES konularında en acil politikalar, yeşil ekonomi, finans-yatırım ve iş modelleri, sosyal adalet ve yer altı suyu yönetimi temalarına göre yapılandırılmıştır. GES teknolojinin teşviki, bu sınırları dikkate almalı ve PV teknolojisinin kullanımının, sistem tasarımı ve geliştirmesi için yüksek ilk sermaye yatırımı ve teknolojik bilgi birikimi gerektirdiği anlayışı ile hareket etmelidir. Sübvansiyonlar, genellikle su tasarrufu sağlayan mikro sulama kavramlarıyla birlikte sulamada PV su pompalamasını desteklemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sübvansiyonlar, kısa vadede GES teknolojisi için artan bir talep yaratır. Ancak aynı zamanda uzun vadede çiftçilerin ihtiyaçlarını karşılayan hizmetler sunan profesyonel bir özel sektör pazarının gelişimini de engeller. Bu sorunlu bağlam, genellikle hibe kurumları tarafından desteklenen politika diyaloglarında ve sektör stratejisi geliştirme çalışmalarında dikkate alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisiyle sulama, ekonomik teşvik modelleri, teşvik politikaları

1. GİRİŞ

Güneş Enerjili Sulama (GES) sistemi, yeni bir teknoloji değildir. Bununla birlikte, değişik ülkelerin GES sistemlerini politika, mevzuat ve stratejik kalkınma planlarında dikkate almaları özellikle son yıllarda gözlemlenmektedir. Bu çalışmada, bazı seçilmiş ülkeler ve Kaliforniya, Rajasthan ve Gujarat gibi eyalet düzeyindeki örnek çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalarda, hükümetlerin ve eyalet yetkililerinin politikalar, düzenlemeler ve teşvik yapıları aracılığıyla GES sistemlerinin risklerini neden ve nasıl teşvik ettiğine ve yönettiğine ilişkin somut örnekler verilmiştir. Bununla birlikte, bu çalışmaların hepsi başarılı olamamış ve şimdiye kadar denenmiş olanlardan çıkarılacak önemli sonuçlar bulunmaktadır.

İncelenen ülkeler, geniş bir coğrafi kapsamı (Afrika, Asya, Kuzey Amerika ve Latin Amerika), farklı bağlamları ve zorlukları kapsamaktadır. Bazı ülkelerde sorun enerjiye erişim iken, diğer ülkeler suya erişimle mücadele etmektedir. Bazı ülkeler tarımsal üretimi iyileştirmeye çalışırken, diğerleri GES sistemlerini diğer enerji kaynaklarının mevcut olmadığı kriz durumlarında kullanmaktadır.

Dikkate alınan örnek ülkeler, güneş enerjili sulama konularında en acil politikaları kapsayan aşağıdaki temalara göre yapılandırılmıştır:

- *Yeşil Ekonomi*: Ekonomik ve çevresel (özellikle iklim) amaç ve hedeflere ulaşmada güneş enerjisinin rolü;
- *Finans, Yatırım ve İş Modelleri*: Farklı sübvansiyon planları, yatırım programları, yenilikçi iş modelleri ve GES sistemlerinin finansla ilgili diğer yönlerini araştırmak;
- *Sosyal Adalet*: Küçük ölçekli çiftçilerin, kadınların ve gençlerin GES sistemi ile ilgili politika, program ve stratejilerde nasıl değerlendirildiğini incelemek;
- *Yeraltı Suyu Yönetimi*: Ülkenin (veya eyaletin) yeraltı suyunun tükenmesi riskleriyle nasıl mücadele ettiğini araştırmak.

2. GÜNEŞ ENERJİLİ SULAMA YÖNETİMİ VE TEŞVİK YÖNTEMLERİ

2.1. Kaliforniya

2.1.1. Dağınık Güç Üretimi

Kaliforniya'daki (Amerika Birleşik Devletleri) çiftçiler artan, değişken perakende enerji fiyatları ile karşı karşıya kalmaktadır. Büyük tarım kullanıcıları için elektrik fiyatları sadece 2008 yılında % 14 oranında artmıştır. Fiyatlar bir şekilde düzenlenebilse de, PV ünitelerin kurulumu birçok üretici için, artan elektrik faturalarına bir çözüm sunmaktadır. Yeni "dağınık güç üretim" tesisleri, uygun sermaye maliyetleri, düşük ya da sıfır yakıt maliyetleri ile tüketicilere yakın bir şekilde eyaletin dört bir yanında inşa edilmektedir. Aynı zamanda, yasal engeller kaldırılmakta, sera gazı emisyonlarının azaltılması için teşvikler verilmekte ve güneş enerjisi için giderek daha rekabetçi bir pazar gelişmektedir. Tüm bu özellikler, Kaliforniya gibi yüksek enerji maliyetleri olan eyaletlerin, kurak iklimlerinde güneş enerjili teknolojilerin kullanımını teşvik etmektedir.

2.1.2. Yeşil Ekonomi

Kaliforniya'da güneş enerjisinin kullanımı sadece çevresel açıdan (hava kirliliğini azaltmak) değil, aynı zamanda eyaletin güneş enerjisi ekonomisini destekleyip, çiftçiler için enerji maliyetlerini azaltarak ekonomik bir anlam da ifade etmektedir. Ağır hava kirliliği, Kaliforniya'daki birçok büyük şehir için, konumları ve yerel hava koşulları göz önüne alındığında, önemli bir sorundur. Sulama yapmak amacıyla kullanılan pompalar, bu hava kirliliğinin önemli sebeplerinden biridir. Kaliforniya temiz ağır hizmet motorlarının (Kaliforniya'daki sulama pompalarının ortalama güçleri: 2003 yılında veya 137 kW) artan maliyetini finanse etmek için bir program oluşturmuştur. Kaliforniya Çevre Koruma Ajansı, sulama pompalarının emisyonlarını yakından takip etmektedir. Hava Kaynakları Kurulu, mali teşviklerle yetiştiricileri dizelden elektriğe geçirmeye çalışmaktadır. Ancak yüksek enerji maliyetleri sınırlayıcı bir unsurdur ve bu durum böyle süregelmektedir. 2015 yılında Vali Jerry Brown, Kaliforniya'nın enerjisinin yarısının 2030 yılına kadar yenilenebilir kaynaklardan üretilmesi çağrısında bulunan yasayı kabul etmiştir. Güneş enerjisi sektörü de devlet ekonomisinin önemli bir parçasıdır. Kaliforniya'da 2300'den fazla güneş enerjisi şirketi bulunmaktadır ve 75000'den fazla çalışanı istihdam etmektedir.

Kaliforniya'daki su kaynaklarının % 70-75'i ve birincil enerjisinin yaklaşık % 8-10'unu sulama için kullanılmaktadır. Pompalar, çiftliklerdeki toplam enerji tüketiminin yaklaşık % 98'ine karşılık gelmektedir. Pompalama verimliliğindeki iyileştirmelere ek olarak, yenilenebilir enerji, çiftçiler için daha ekonomik, emisyonlu bir alternatif sunabilir. Yeni bir pompaya yatırım yapılırken, gerekli sulama hacmi başına kaynak akış oranını değiştirmek için yerleşik etkin işlemlere sahip "akıllı pompalara" geçiş, tarımsal su kullanımını daha da optimize etmeye

yardımcı olabilir. Akıllı pompalama, çiftçilerin hem aşırı, hem de yetersiz sulamadan kaçınmalarına yardımcı olmak için, ürün türüne ve sulanan alana göre günlük gerekli debi ve hacmi ayarlayabilir.

2.1.3. Finans, Yatırım ve İş Modelleri

Çiftçiler için güneş enerjisi teknolojilerinin benimsenmesini destekleyen bir dizi politika ve program mevcuttur. Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı'nın (USDA) ilk Tarımsal Enerji Üretimi Anketi'ne göre, fotovoltaik modüller için alınan ortalama mali destek, toplam sistem maliyeti içerisinde %44'lük bir paya sahiptir. Amerika için Kırsal Enerji Programı (REAP) veya Yatırım Vergi Kredis (ITC) gibi federal teşvik programları, eyalet politikaları ve yardımcı programlar bölgeye göre farklılık gösterse de tüm çiftçiler için mevcuttur. REAP, aşağıdakileri destekleyen, devam eden kapsamlı bir programdır:

- Yenilenebilir enerji sistemi ve enerji verimliliğini sürekli iyileştirmek
- Yenilenebilir enerji sistemi fizibilite çalışmaları, enerji denetimleri ve yenilenebilir enerjiyi geliştirmek

Kaliforniya, diğer konuların yanı sıra, Fresno Center tarafından yönetilen, Gelişmiş Pompalama Verimliliği Programı (<http://www.pumpefficiency.org>) ile sulama verimliliğini inceleyen "Tarımda Enerji Programı" gibi sulama teknolojileri programlarına sahiptir. Modesto Sulama Bölgesi-Kaliforniya'daki diğer Sulama Bölgeleri gibi-federal programlara paralel bir Solar Fotovoltaik Programı desteklemektedir.

2.1.4. Yeraltı Suyu Yönetimi

Kaliforniya Üniversitesi'nden kıdemli bir ekonomist olan *Henry Vaux'a* göre, Kaliforniya'daki 431 yeraltı suyu havzasından yalnızca 19'u aktif olarak yönetilmektedir. Yeraltı suyu yönetimi, diğer tüm havzalarda pasiftir ve esas olarak, yüzey suyunun ithalatı ve tedariki yerine, yeraltı suyu kullanıcılarına temin etmek adına altyapı inşa etmek için federal hükümet hibelerinin kullanılmasını içerir. 412 havzada yeraltı suyu çıkarımlarını sınırlandıran herhangi bir düzenleme yoktur.

2014 yılında yayınlanan Sürdürülebilir Yeraltı Suyu Yönetimi Yasası (SGMA) ile Kaliforniya eyalet hükümeti, sürdürülebilir yerel yeraltı suyu yönetimi için bir çerçeve programı oluşturmuştur. SGMA, yeraltı suyuna bağımlı bölgelerin aşırı su çıkarımını durdurmasını, havzaların dengeli pompalama ve yeniden doldurma düzeylerine getirilmesini içermektedir. SGMA'nın ardından, Su Kaynakları Bölümü, yasayı uygulamak ve eyaletteki yerel kurumlara sürekli destek sağlamak için Sürdürülebilir Yeraltı Suyu Yönetimi Programını başlatmıştır. Yeraltı Suyu Sürdürülebilirlik Ajansları aracılığıyla, yerel kurumlar ve halk için kaynaklar, yeraltı suyu havzalarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesinde en son araçlar ve danışmanlık konularına ilişkin bilgiler kolayca elde edilebilmektedir.

Tarımsal su yönetimini iklim değişikliğine uyarlama projeleri devam etmekte ve Kaliforniya Su Eylem İşbirliği (CWAC) adı verilen bir paydaşlar platformu tarafından desteklenmektedir. Suyu sisteme geri döndürmek; sektörler arasında güveni artırmak için sosyal sermaye oluşturmak ve kurumsal su idaresini Kaliforniya Su Eylem Planı (<http://cawateraction.org>) ile uyumlu hale getirmek gibi üç alana odaklanılmıştır. Bu kapsamlı yeraltı suyu politikalarının ve düzenlemelerinin etkileri henüz belirlenmemiştir.

2.2. Hindistan

Hindistan'da, GES sistemi kullanımının hızlı bir şekilde arttığı ve büyük bir PV pazarı potansiyeline sahip olduğu bildirilmektedir. Birçok GES sistem bileşeni Hindistan'da halihazırda üretilmektedir. Ülkede yaklaşık 39 milyon hektarlık sulanan araziye su sağlamak için 12 milyondan fazla elektrik şebekesi ve 9 milyon dizel sulama pompası kullanılmaktadır. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Bakanlığı'ndan (MNRE) alınan son bilgilere göre, 2015 yılında yaklaşık 50 000 adet güneş enerjili pompa sistemi kurulmuştur.

Hindistan hükümeti ve uluslararası hibe kurumları tarafından, GES sistemi teknolojisinin tanıtımı ve gösterimi için hibe ve sübvansiyonlar sağlanmaktadır. Bu nedenle, GES sisteminin rekabet edebilirliği ve kabulü üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir.

Doksanlı yıllardaki GES sistemi tanıtım faaliyetlerinin ilk döneminde MNRE, güneş pompalarının sermaye ve faiz maliyetlerinin sübvansiyon edilmesi için gereken mali desteği sağlamıştır. MNRE'nin finansmanı, uygulayıcı bir kurum olan Hindistan Yenilenebilir Enerji Geliştirme Ajansı (IREDA) ve diğer Devlet Ajansları (SNA) tarafından sağlanmıştır. IREDA, ayrıca sistem maliyetlerinin sübvansiyon edilmemiş kısmı için, kendi bütçesinden ek finansman sağlamıştır.

İlk yıldaki sermaye sübvansiyonları, düşük maliyetli finansman ve % 100 amortisman, çiftçilere PV pompalama sistemlerini gerçek ekipman maliyetinin % 10'u kadar düşük bir oranla imtiyazlı satın almaları için teşvikler sağlamayı amaçlamıştır. Ancak, Gelir Vergisi Dairesi'nin hızlandırılmış amortisman talep etmek için değişkenleri yeniden tanımlamasıyla, mali teşvikler gereksiz hale gelmiştir. MNRE programı amacına ulaşamamıştır. Mart 2012 itibarıyla, hedeflenen 50 000 adet GES sistemi kurulumuna rağmen, 7771 adet PV su pompalama sistemi kurulabilmiştir.

2010 yılında, güneş enerjili su pompalama, Jawaharlal Nehru Ulusal Güneş Enerjisi Girişiminin (JNNSM) şebekeden bağımsız ve merkezi olmayan bileşeninin bir parçası haline gelmiştir. Rajasthan, Gujarat, Chhattisgarh, Uttar Pradesh, Maharashtra, Tamil Nadu ve Bihar gibi bazı eyaletler, JNNSM'nin mali yardımını ve ilgili eyalet hükümetlerinden sağlanan fonları kullanarak PV su pompalama programlarını uygulamak için girişimlerde bulunmuşlardır.

Hükümet, güneş enerjisinden üretilen elektrik ile sulamayı teşvik etmek için sübvansiyon, kredi ve teknik desteklerden oluşan bir kombine bir uygulama gerçekleştirmektedir. PV ile çalışan damla sulama sistemlerinin ve gelişmiş sulama tekniklerinin uygulanmasını kolaylaştırmak için, çiftçilere teknik ve tarımsal yardımın tercihen tek kaynaktan (tek kurumdan) sunulması gerekir.

MNRE (% 30 sübvansiyon) ve eyalet hükümetlerinden (% 30-40) gelen sermaye sübvansiyonlarının yanı sıra, çiftçilerin güneş enerjili PV su pompalama sistemlerini edinmesini destekleyen başka hiçbir özel finansman programı yoktur. Hükümet tarafından sağlanan mali destekle, yaklaşık 50 000 adet yeni kurulum beklenmektedir. Bu kurulum hedefi, yılda 200–250 MWp güce karşılık gelmektedir. Benzer büyüme oranları, ancak geniş alanları sulama yapılan Çin ve Amerika Birleşik Devletleri'nde beklenebilir. GES sistemi sübvansiyon programı, 2019 yılına kadar aşamalı olarak sonlandırılmış, ancak sübvansiyon oranları o zamana kadar, yılda % 10 oranında olacak şekilde kademeli olarak azalmıştır.

Hindistan hükümeti fonlarıyla desteklenen GES sistemlerinin boyutu genellikle sınırlıdır. Tipik olarak, güçleri 3,0 ile 5,0 kWp arasındaki GES sistemleri, kurulumdan sonra, günlük su debisi ve pompalama yüksekliği açısından çiftliğin gereksinimlerini karşılayıp karşılamadığına bakılmaksızın, kamu ihalelerinde belirtilmektedir. Hindistan'da damlama sulama gibi, verimli ve su tasarrufu sağlayan sulama teknolojileri bilinmektedir. Bununla birlikte, çoğu zaman çiftçiler, PV pompaları kısmen yüksek nominal basınçlarda çalışan standart tip yağmurlama sistemleriyle birlikte verimsiz bir şekilde kullanmaktadırlar. Devlet tarafından uygulanan sübvansiyon programı, su tasarrufu için damla sulamanın benimsenmesini talep etmemektedir. Genellikle minimum gereksinim, yağmurlama sulama durumunda 0,5 hektar olmasıdır.

Son yıllarda, Hindistan'da özel sektör GES sistemi bileşenlerini pazarlamaya başlamıştır. Tata Power Solar ve JAIN sulama sistemleri gibi bazı üreticiler, portföylerini çeşitlendirmiş ve hatta çiftçilere anahtar teslim çözümler sağlamışlardır. Bu olumlu eğilim, kesinlikle genel sistem veriminin artmasına katkıda bulunacaktır. Bu arada, GES sistemi inşa etmek için gerekli tüm bileşenler yerel olarak üretilmekte ve piyasada yeni girişimciler ortaya çıkmaktadır. Avrupa, Amerika Birleşik Devletleri ve Çin'de üretilen bazı iyi bilinen ürünler

hala ithal edilmektedir. Bağımsız GES sistemi bileşenleri, geleneksel tarım tedarikçilerinin portföylerinde neredeyse hiç bulunamamaktadır. Bunun yerine, güneş pompası üreticileri, Claro Energy Pvt. Ltd. ve Atom Solar Sistemleri gibi uzman PV dağıtıcıları ve perakendeciler yer almaktadır. Alman Lorentz şirketi ve Danimarkalı Grundfos şirketi gibi uluslararası pompa üreticileri de ürünlerini Hindistan'daki distribütörlere ve montajcılara satmak için kendi temsilciliklerini kurmuşlardır.

2.2.1. Rajasthan Ve Yenilikçi Güneş Kooperatifleri İle Gujarat

Küresel ısınma, rekabetçi arazi kullanımı ve temel altyapı eksikliği gibi karmaşık bir dizi faktör, Hindistan'ın geniş tarım nüfusu için yeni zorluklar yaratmaktadır. Enerji talebi ve arzı ile özellikle elektrik arasında sürekli açılan dengesizlik, özellikle uzak bölgelerdeki çiftçiler için sıkıntılar doğurmaktadır. Muson yağmurlarının istikrarsızlığı ile birleşen bu gerçek, çiftçileri sulama pompalarını çalıştırmak için dizel yakıt gibi alternatif yakıtlara yönelmeye zorlamaktadır. Hindistan'da 2013-2014 yılları arasında yapılan sulama sayımına göre, yaklaşık 15 milyon şebeke elektrikli pompaj tesisi ve 6 milyon dizel/diğer sulama pompaları bulunan pompaj tesisleri kullanılmıştır. Çiftlikler, faturası yıllık 12-14 milyar ABD dolarına yakın olan ücretsiz veya yüksek oranda sübvansiyon edilmiş elektrik kullanmaktadırlar. Dizel pompa setlerinin yüksek işletme maliyeti, çiftçileri ürünlerini açık sulama yapmaya zorlayarak, verimlerini ve gelirlerini önemli ölçüde azaltmaktadır.

Hindistan'daki en yüksek güneş ışınımına sahip Rajasthan bölgesi, bu durumun nasıl aşılabileceğini göstermektedir. Rajasthan güneş enerjili sulamanın kullanımına öncülük eden ve kapsamlı bir sübvansiyon planı geliştiren dünya çapındaki ilk eyaletlerden biri olmuştur. İki yıllık başarılı testlerin ardından, eyalet hükümeti 2011 yılında eyalet çapındaki çiftçilere 10000 sübvansiyonlu fotovoltaiik pompalama sistemi sağlamak için, 515-crore (o yıl için yaklaşık 115 milyon ABD doları) tutarında bir program başlatmış ve çiftçilere pompanın sermaye maliyeti üzerinden % 96 oranına kadar sübvansiyon sağlamıştır. Bu, tarım için enerji ve suya güvenilir erişim sorununun ve bir dereceye kadar tarımsal üretkenliğin ele alınmasına yardımcı olmuştur.

Güneş enerjili su pompaları, tarım için enerji şebeke bağlantıları sağlamada hükümetin eksikliklerine karşı potansiyel olarak güçlü bir çözüm olarak görülmektedir. Güneş enerjili su pompalarının yeraltı suyunun aşırı kullanımı üzerindeki potansiyel etkisi, siyasetler tarafından büyük bir endişe olarak görülmemektedir. İlginç bir şekilde, çiftçiler güneş pompalarını hem pompalama hem de enerji çözümü olarak görmektedirler.

2.2.2. Yeşil Ekonomi

Rajasthan Eyalet Hükümeti, enerji güvenliğini artırmak, güneş enerjisi üretim endüstrisinde istihdam yaratmak ve üçüncü taraflara ve komşu devletlere yenilenebilir enerjinin ana ihracatçısı olmak amacıyla, 2022 yılına kadar toplam 1 ile 1,2 GW büyüklüğünde fotovoltaiik güneş enerjisi tesisleri hedefini belirlemiştir. Hedef, aşağıdaki uygulamalar da dahil olmak üzere birçok şekilde desteklenecektir:

- Elektrik üreticileri için elektrik vergisi muafiyeti
- Endüstri gelişimi için teşvik planları
- Hindistan Güneş Misyonu ve Rajasthan Güneş Politikası kapsamında, güneş enerjisi şebeke erişimi garantisi
- Yenilenebilir Enerji Altyapısı Geliştirme Fonu
- Güneş Araştırmaları Mükemmeliyet Merkezi
- Güneş termal ve PV sistemlerin kurulumu (ihale/doğrudan satış açık artırmaları)
- Hindistan Yenilenebilir Satın Alma Yükümlülüğü kapsamındaki Yenilenebilir Enerji Sertifikaları.

Hindistan'daki eyaletlerde hizmetlerin finansal olarak yeniden yapılandırılması için fonlardan yararlanabilmek için, Yenilenebilir Enerji Satın Alma Yükümlülüğü'ne (RPO) tabi olmak zorunludur. Basitçe ifade etmek gerekirse, RPO'lar, elektrik dağıtım şirketlerinin ve bazı büyük güç tüketicilerinin yenilenebilir enerji kaynaklarından satın almaları gereken toplam

gücün en düşük yüzdelidir. RPO, geleneksel enerji üretimi için fiyatlandırma dışsallıklarının yokluğunda yenilenebilir enerji için bir pazar yaratır.

Fotovoltaik hücreler için hızla düşen fiyatlar, artan dizel fiyatları, azalan saatler ve çiftlik güç kaynağı (insan, hayvan, makine) kalitesiyle birlikte, güneş enerjili su pompalarının önümüzdeki yıllarda Hindistan'ın sulama ekonomisinde yeni bir sayfa açması muhtemeldir. Farklı eyaletlerdeki hükümet sübvansiyon programları, farklı kapasitelerde 100000'den fazla güneş destekli pompa sistemi dağıtmıştır. Güneş enerjisi sektörü, şebekeye bağlı (31000 iş) ve şebeke dışı (72000 iş) uygulamalarda tahmini 103000 kişiyi istihdam etmektedir.

2.2.3. Finans, Yatırım ve İş Modelleri

Güneş enerjili pompaların satın alınması için çeşitli bankalar finansman sağlamaktadır. Bunlar, Ulusal Tarım ve Kırsal Kalkınma Bankası (NABARD), ticari bankalar, bölgesel kırsal bankalar, eyalet ve ilçe merkezli kooperatif bankaları ve devlet kooperatifleri ve tarımsal kırsal kalkınma bankalarıdır. Bu kurum/kuruluşlar, güneş enerjili pompaların satın alınması ve kurulumları için hibe ve kredi şeklinde finansman sağlamaktadırlar.

Hindistan'da güneş enerjili su pompalama konusunda hükümet tarafından yürütülen bir program başlatılmış ve 2014 yılına kadar ülkede yaklaşık 14000 güneş pompası kurulmuştur. 2014 yılında, merkezi hükümet güneş enerjili su pompaları için daha iddialı bir sermaye sübvansiyon planı uygulamaya karar vermiştir. Müşteriler, 5 BG kapasiteye kadar BG başına INR 43200-57600 (670-893 ABD Dolarına eşdeğer) sübvansiyon ve kalan masrafları karşılamak için bir krediye başvurabilirler. 5 BG'den büyük kapasiteler için, 194.400 INR (yaklaşık 3013,00 USD) sabit bir miktar sunulmaktadır. Hükümet tarafından yürütülen güneş enerjisi ile ilgili bir program, başlangıçta NABARD tarafından uygulanmıştır, Ancak, şu anda hükümetin Hindistan Yenilenebilir Enerji Geliştirme Ajansı (IREDA) aracılığıyla yönetilmektedir. Eyalet hükümetleri bunu farklı derecelerde tamamlamaktadırlar. Rajasthan'da, Bahçe Bitkileri Bölümü aracılığıyla sermaye maliyetinin %86'sına varan bir sübvansiyon sağlanmaktadır. Gujarat'ta sübvansiyon, sermaye maliyetinin %80'ine karşılık gelmektedir.

Bu yüksek sübvansiyonlar, Hindistan'daki küçük ölçekli çiftçilerin yerine getiremeyeceği özel gereksinimlerle bağlantılı olması sebebiyle, düşük gelir seviyesine sahip kesime ulaşamamaktadır. Örneğin, Rajasthan'da bir çiftçinin aşağıdaki koşulları sağlaması veya yapması beklenmektedir:

- En az 0,5 hektar araziye sahip olmak
- Arazi üzerinde veya yakınında bir su depolama yapısına sahip olmak
- Damla sulama sistemi kurmuş olmak

Sonuç olarak, sübvansiyon çoğunlukla daha büyük arazilere sahip çiftçilere fayda sağlamaktadır. IWMI tarafından yapılan yakın tarihli bir çalışmada, Rajasthan'daki GES sistemi bulunan ortalama büyüklükteki çiftliğin üretim alanı yaklaşık 7,9 ha, eyaletteki ortalama çiftlik alanı büyüklüğü ise 3,65 ha olarak belirlenmiştir.

Küçük çiftçiler Rajasthan'daki fotovoltaik destekli pompalara sağlanan sübvansiyonlardan doğrudan veya dolaylı olarak neredeyse hiç fayda sağlayamamışlardır. Yüksek sübvansiyonlar, kurulabilecek pompa sayısını sınırlandırmaktadır. Maliyeti azaltan yeni teknolojilerin uygulanmasını kısıtlamakta, güneş enerjisi pompaları için açık bir pazarın oluşmasını sınırlamakta ve PV modül sübvansiyonlarının tarımdan çok daha düşük olduğu diğer kullanımlara yönelmesine sebep olmaktadır.

Güneş enerjisiyle çalışan pompalarla ilgili hırsızlık ve diğer güvenlik sorunlarını kapsayan çeşitli sigorta programları da mevcuttur. Bununla birlikte, bu tür bir sigortayı elde etmek için yerine getirilmesi gereken birkaç ön koşul vardır. Örneğin, bazı sigorta planları tesisin etrafında çitle çevrilmesini gerektirmektedir.

2.2.4. Yeraltı Suyu Yönetimi

Hindistan'ın yeraltı su kaynaklarında ciddi azalmalar yaşanmaktadır. Yüzey suyu mevcudiyeti azaldıkça veya gittikçe düzensiz hale geldikçe, çiftçiler yeraltı sularına yönelmektedir. Su stresi, özellikle tarımsal üretimin azaldığı ve içme suyu kıtlığının arttığı kuzeybatı Hindistan'da ciddi bir sorundur. Kıt kaynağa ek olarak, su kalitesi de tehdit altındadır. Hindistan'ın yeraltı suyu rezervleri, aşırı tüketilmekle kalmıyor, aynı zamanda kanalizasyon, florür, arsenik ve uranyumla da kirlenmektedir. Arsenik kirliliği görülme sıklığında, 2013 ile 2016 arasında dönemde iki kat artış görülmektedir.

Çiftlik güç kaynağı için uygulanan yanlış sübvansiyonlar, 40 yılı aşkın bir süredir, sadece çiftçiler için derin kuyu sulamayı karlı hale getirmekle kalmamış, aynı zamanda enerji israfını ve akiferlerin durmaksızın tükenmesinin de önünü açmıştır. Dördüncü Küçük Sulama Sayımı'ndan elde edilen veriler, Hindistan'ın elektrik kuyularının %90'ından fazlasının ve sulamada toplam yeraltı suyu kullanımının %80'inin ücretsiz veya sübvansiyon edilmiş çiftlik güç kaynağı sunan, on batı eyaletinde yoğunlaştığını göstermektedir. Ayrıca, tarımsal amaçlı çekilen yeraltı sularının %90'ı, su verimliliği düşük, sel veya karık sulama yöntemleriyle uygulanmaktadır. Hindistan, çiftçilerin sürdürülebilir su kullanımını sağlarken, yeşil teknolojiye yararlanmalarını sağlayarak yeraltı suyu sulama-enerji bağına nasıl etkili bir şekilde ele alabilir? Gujarat ve Rajasthan'daki uygulamalar, bu sorunun cevabını bulmada yardımcı olabilmektedir.

2.2.5. Bütünsel Toprak ve Su Yönetimi İçin Güneş Enerjisi

Yenilikçi bir Hintli çiftçi Rajasthan dışındaki Jaipur'da yer alan büyük çiftliğine, kendisine büyük faydalar sağlayan bütünsel bir toprak, su, besin ve enerji yönetimi anlayışıyla güneş enerjisi destekli teknolojiler yerleştirmiştir. *Khema Ram*, İsrail'e 2012 yılında yaptığı ziyaretten sonra, yağmur suyu hasadı, seralar, güneş enerjisi destekli su pompaları, damlama ve yağmurlama sulama sistemleri, ahır gübresi kullanımı, doğal haşere yönetimi, tohum yatakları ve iyileştirilmiş toprak yönetimini içeren bir sisteme önemli yatırımlar yaparak korumalı tarıma geçiş yapmıştır.

Bir devlet sübvansiyon programı, toplam 16 BG kapasitede toplam 82 adet PV modül ve dört pompa için ödeme yapmıştır. Rajasthan'ın resmi güneş enerjisi politikası yalnızca bir pompa ve modüle maksimum 3-5 kW kapasiteye kadar izin vermektedir. *Ram*, o zamandan beri, gelirindeki artışla ödemesini yapabileceği bir banka kredisi desteğiyle finanse edilen 25 kW güce sahip bir sistem kurmuştur. Bu yatırımdan önce sulama için gerekli olan enerjiye erişim sınırlıyken, bu yatırımdan sonra, *Ram*, suyu her an erişilebilir kılmıştır. Güneş enerjisi sistemi, seralarda ve açık arazide salma sulamadan, yağmurlama ve damla sulamaya geçilmesine olanak sağlamıştır. *Ram*, seralarını 2013 ile 2015 yılları arasında kurmuştur. Seralar için gerekli olan sisleme ve soğutma sistemlerini çalıştırmanın maliyeti çok yüksek olacağından, fotovoltaik destekli sistem olmadan gerekli işlemler için enerji sağlanması mümkün olmayacaktı.

Yeraltı suyu ek bir kaynak olarak kullanılmasına rağmen, suyun çoğu yağmur suyu toplama sisteminden pompalanmıştır. Yeraltı suyu yağmurdan daha düşük kalitede olduğu için (mineral ve florür bakımından yüksek) *Ram*, güneş pompalarıyla aynı zamanda bir su filtreleme sistemi kurmuştur. Fotovoltaik sulama sistemi aracılığıyla suya kesintisiz ulaşılabilirken, üretimi yapılan bitki çeşitleri, nohut, hardal, buğday ve sorgum gibi geleneksel ürünlerden, bahçe ürünlerine (salatalık, brokoli, kabak, meyve ve baharat) doğru değişmiştir. Tüm bu değişiklikler sayesinde, Gurha Kumavatan köyündeki çiftlik alanı, çorak arazinin rehabilitasyonu da dahil olmak üzere, 4000 m²'den 30000 m²'ye çıkmıştır. *Ram*, şu anda çiftlikte 40 kişi çalıştırmakta ve orada çalışan aile üyelerine yanı sıra yerel bölgeye istihdam sağlamaktadır. Organik üretim, daha yüksek kalitede ürün ve daha fazla gelir getirmektedir. Bu fazla gelir için rakamlar 2010/11'de 500000 INR (7750 ABD Doları) iken, 2016'da 10 milyon INR değerine artış göstermiştir. Tüm tarla içi harcamalara rağmen *Ram*, yıllık 5 milyon INR kar elde etmektedir.

Ram, aynı zamanda güneş enerjisini farklı alanlardaki uygulamalarda da kullanabilmektedir. 2017 yılında büyük bir akü grubu yardımıyla şebekeden bağımsız şekilde tarımsal faaliyetler ve evsel ihtiyaçlar için gerekli enerjiyi karşılayabilmektedir. Pompa performansı akıllı telefon ile takip edilebilen sistemin servis ekipleri, sistemde sorun olması durumunda maksimum 48 saat tepki süresi ile destek verebilmektedir.

Kullanılan sisteme ait süregelen sorunlar ise; pazara erişimin yerel komiteler tarafından kontrol edilmesidir. Ayrıca, *Ram*'ın ürünlerini satabilmesi için iyi ilişkilerini sürdürmesi ve gelirinin bir miktarını bu amaçlar doğrultusunda harcaması gerekmektedir. Ürün kayıplarını azaltmak için soğuk zincirin daha da geliştirilmesi gerekmektedir.

Ram, elde ettiği başarıların tekrarlanabilmesi için başkalarını eğiterek bilgilerini aktarmaktadır. Büyüme, verimli topraklarda, az verimli alanlardan daha yüksek gelirlerle hızlanırken, *Ram*'ın çiftliği, bütünsel yönetim ve güneş enerjisinin sağladığı avantajlarla iyi bir model olmuştur.

2.3. Kenya

2.3.1. Küçük Çiftçi Odaklı Yaklaşım

Kenya'da, tarım sektörü Gayri Safi Yurtiçi Hasılanın (GSYİH) yaklaşık %30'una katkıda bulunmakta ve özellikle kırsal alanlar ülkenin toplam istihdamının %80'ini oluşturmaktadır. Ülkeler arası tahminler ayrıca, tarım kaynaklı GSYİH büyümesinin, tarım dışı kaynaklardan elde edilen GSYİH'ye göre, yoksulluğun azaltılmasında en az iki kat daha etkili olduğunu göstermektedir.

Küçük ölçekli çiftlikler, genellikle yağmur sularından yararlanmaktadırlar. Bu çiftlikler düzensiz yağışlar ve sık karşılaşılan kuraklıklar gibi, iklim değişikliklerine karşı oldukça savunmasız durumdadırlar. Bu durum, Kenya kırsalındaki küçük ölçekli çiftçiler için, daha düşük ve öngörülemez gelir akışlarıyla sonuçlanmaktadır. Bu tür küçük ölçekli çiftçiler için tarım, verimliliği artırmak, katma değer sağlamak ve Afrika'nın kırsal kesimlerinde küçük ölçekli çiftçiliği uygulanabilir ve sürdürülebilir bir ticarete dönüştürmek için, gerekli olan nitelikleri elde etmek için sınırlı fırsatlara sahip işgücü gerektiren, zahmetli bir faaliyettir.

2.3.2. Yeşil Ekonomi

GES sistemleri bağlamında tedarik zincirleri ve hizmet sunan birçok küçük ve orta ölçekli şirket ile güneş enerjili sulama Kenya ekonomisinde önemli bir uygulama haline gelmektedir. Şu anda Kenya'da uygun bir finansal ödeme sistemi sağlayacak veya ayarlayacak, danışmanlık yapacak, güvenilir bir teklif vermek için saha araştırması yapacak, kurulum, yerinde eğitim, telefonla veya ziyaret yoluyla satış sonrası destek sağlayacak sadece birkaç şirket bulunmaktadır. Bu çözümler, Kenya'nın çeşitli ve parçalı tarım sektörünü ve sektör içerisinde özellikle küçük çiftçileri hedeflemektedir.

Kenya'da, bir fotovoltaiik pompa dağıtım şirketi tarafından yapılan tahmine göre, faaliyette olan yaklaşık 2000 güneş destekli derin kuyu pompası ve yaklaşık 1000 güneş destekli yüzey pompası (2.5 kW altında) bulunmaktadır. Bahsi geçen bu şirketlerde artan sayıda teknisyen ve mühendis istihdam edilmektedir, ancak bu şirketler genellikle personellerini kendileri eğitmek zorundadır.

Hükümet, küçük çiftçileri desteklemeye odaklanmıştır. Kenya Hükümeti ve altı adet kalkınma ortağı tarafından Tarım Sektörü Kalkınma Destek Programı dahil olmak üzere, çeşitli destek programları oluşturulmuştur. Bu programlar, Kenya'nın tarım sektöründeki küçük çiftçilerin rolünü güçlendirmeyi amaçlamaktadır.

Kenya hükümeti, bu programları daha ekonomik hale getirmek için güneş enerjisi uygulamalarına katma değer vergisi uygulamamaktadır. Ülkenin Ulusal Sulama Politikası taslağında, çiftçilerin bu tür cihazları satın almaları için daha düşük ithalat vergileri de dahil olmak üzere daha fazla teşvik önerilmektedir. Yine de hükümet, gerçekçi olmayan hedef belirleme, yasal engeller, karmaşık satın alma yöntemleri ve standartların eksikliği nedeniyle, daha fazla yenilenebilir enerji ve küçük şebeke kurulumlarını engellediği için eleştirilmektedir.

Sabit fiyat garantili tarifeler, özel girişimcilerin orta ve büyük ölçekli yenilenebilir enerji santrallerine yatırım yapmalarını engellemektedir.

2.3.3. Finans, Yatırım Ve İş Modelleri

Equity Bank gibi bankalar ve Juhudi Kilimo gibi çiftçilere ait küçük finans kurumları, güneş enerjili sulama için kredi imkanları sunmaktadırlar. Kredi ön koşulları ve geri ödemeleri için, hasat döneminde geri ödeme gibi, farklı seçenekler de sunulmaktadır. Müşterilerine kredi sunan güneş enerjili sulama için ekipman tedarikçileri de vardır. Kenya'daki alternatif finansman yöntemleri şunlardır:

- *Atlıkarınca*: genel olarak birden çok kişinin birikimleri için havuz oluşturmak ve yatırım yapmak için kullanılan gayri resmi bir kooperatif
- *Kesinti sistemi*: Ürünlerin satıldığı ve aylık geri ödemelerin müşterinin maaşından işvereni tarafından geri alındığı bir kiralama/satın alma düzenlemesidir.

2.3.4. Yeraltı Suyu Yönetimi

Kenya'da, iyi tasarlanmış bir su yönetimi çerçevesine ve Ulusal Sulama Politikası uygulanmaktadır. Bu politikaya göre su kullanımı, kullanım için izin verilen hacim ve süreyi tanımlayan izinlerle düzenlenir. Ulusal Sulama Politikası, sulamanın geliştirilmesi, paydaşların katılımı ve çok kullanımlı su sistemleri ile ilgilidir. Sulama alanındaki gelişmeler, su ihtilaflarını azaltmak için entegre su kaynakları yönetimini (IWRM) benimseyecek yararlanıcılara ve ekosistemlere ayrılmaz hizmetler olarak çevre yönetim planlarının (ÇYP) geliştirilmesine yönelik olarak ilerleyecektir.

Bununla birlikte, bu yasa, politika ve düzenlemelerin uygulanması geçicidir. Su, genellikle arazi sahibine ait özel bir kaynak olarak algılanır ve genellikle, düzensiz tüketimin uzun vadeli sonuçları göz ardı edilerek, kısa vadeli kazanç için kullanılır. Yeraltı suyu yönetimine ilişkin karar verme sektör tabanlıdır ve genel olarak amaca yöneliktir. Koordinasyon veya sektörler arası bağlantıları teşvik edecek bir mekanizma yoktur. Sonuç olarak, yeraltı suyu kaynaklarının yönetimi, arazi ve diğer zemin-temelli kaynakların yönetiminden ayrı bir şekilde yürütülmeye devam etmektedir ve bu fiziksel planlama, arazi kullanım planlaması ve tarımsal faaliyetler gibi kritik alanlardaki yönetim kararlarının sonuçlarının çoğu kez dikkate alınmamasının kaçınılmaz bir sonucudur.

2.4. Meksika

2.4.1. Yeraltı Suyu Yönetimi

Meksika'nın tarım sektörü, bir yandan son derece teknolojik ve dünya pazarlarına entegre olan modern çiftliklere, diğer yandan çoğunluğu oluşturan ve çoğunlukla kırsalda yer alan ve gıda güvencesi olmayan küçük ölçekli ve aile ihtiyaçlarını karşılayan geçimlik çiftçilerden oluşmaktadır. Aynı zamanda, aşırı su tüketimi nedeniyle yeraltı suyunun tükenmesi de kritik bir sorundur.

Hükümet, aşırı su pompalama ve su yönetiminin zayıf bir şekilde uygulanmasının bir nedeni olan tarımsal amaçlı pompa sistemleri için elektriği sübvansede etmektedir. CONAGUA (Ulusal Su Komisyonu), ülkedeki su kaynakları yönetiminden sorumlu kurumdur. Meksika, yeraltı suyu reformları için düzenleyici, ekonomik ve katılımcı olmak üzere üç farklı yapı benimsemiştir. Büyük su kullanıcıları (tarım işletmeleri, endüstriyel ve ticari kullanıcılar) hızlı bir şekilde imtiyazlar için başvuruda bulunup, su ücretlerini ödemişlerdir. Ancak asıl zorluk, birlikte pompalanan toplam hacmin en az % 80'ini oluşturan birçok dağıtık tarımsal kullanıcının su haklarını kaydettirmek ve su çekimlerini izlemektir.

İddialı bir su yasasıyla bile Meksika, kuyuların tescili ve su kullanım izinlerinin verilmesi gibi temel yeraltı suyu yönetimi sorunlarıyla mücadele etmektedir. CONAGUA, kullanıcı tabanlı yeraltı suyu yönetim organizasyonları olarak, yeraltı suları için teknik komitelerin (COTA) kurulmasına yardımcı olmuştur. Amaç, akiferleri yönetme sorumluluğunu kullanıcılara aktarmaktır. Bununla birlikte, COTA'lara tahsis edilmiş başka bir hak veya bütçenin olmaması, onları federal veya eyalet hükümetlerinden gelen mali ve teknik desteğe

bağımlı kılınmaktadır. Yeraltı suyu çıkarımının kendi kendine izlenmesi, bazı açılardan ütopik görünmesine rağmen, COTA'ların yüksek kaliteli halk eğitimi ve bilinçlendirme programları önemli katkılar sunacak gibi görünmektedir.

2.4.2. Yeşil Ekonomi

Meksika'nın, 7 kWh/m² gün güneşlenme değerine sahip Baja California, Sonora ve Chihuahua eyaletlerinde, özellikle ülkenin kuzey ve batı bölgelerinde güneş enerjisi potansiyeli uygun düzeylerde. Son yıllarda Meksika hükümeti ve halk, güneş enerjisi önceliğinde yenilenebilir enerjinin ve enerji verimliliğinin önemini anlamaya başlamıştır. 2005 yılında, federal vergi kanunu, yenilenebilir enerji yatırımları için sermaye giderlerinin ilk yılında % 100 amortismanına izin verecek şekilde değiştirilmiştir. İki yıl sonra, 2007'de, yenilenebilir enerji projeleri için elektrik şebekesine bağlantıları kolaylaştırmak adına bir ara bağlantı modeli anlaşılmıştır. Yenilenebilir Enerji Yasası (LAERFTE) ve Sürdürülebilir Enerji Kullanımı Yasası takip edilmiştir. Bu yeni yasalar, yeni projeler ve teknolojiler için engelleri kaldırmanın yolunu açmaya ve yeni projelerin kurulup geliştirilmesinde büyümeyi teşvik etmeye yardımcı olmuştur.

Şebeke gücünün yeterli olması ve büyük ölçüde sübvans edilmesi (tarife 9CU: 0.033 USD/kWh ve tarife 9N: 0.016 USD/kWh), elektrik pompalarını çalıştırmayı daha uygun hale getirmektedir. Bu durum ise, Meksika'da sulama amacıyla kullanılan büyük boyutlu GES sistemi sayılarının düşük kalmasına neden olmuştur. Kırsal ve merkezi olmayan alanlarda, küçük ölçekli çiftlikler için, güneş enerjili sulama pompaları uygun bir alternatif sağlayabilir.

2.4.3. Finans, Yatırım Ve İş Modelleri

Meksika Tarım Bakanlığı, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) aracılığıyla uygulanan iki farklı program ile güneş enerjili sulamayı desteklemektedir.

- *Tarım sektöründeki yenilenebilir enerjilere yönelik destek programı:* Yüksek verimli iller için tasarlanmış ve GES sisteminin en fazla 6000 \$'a kadar olan kısmı % 50 oranında sübvans edilmektedir.
- *Kırsal kurak alanlara yönelik destek programı:* Çiftçiler güneş enerjili sulama için toplam 22000 \$'a kadar %70'e varan sübvansiyon alabilir.

Her iki program da belirli alanlarla sınırlıdır. Bu alanlar ve bunlara bağlı koşullar her yıl değişmektedir. Program artık doğrudan SAGARPA'nın illerdeki merkezi olmayan ofisleri tarafından yönetilmektedir. Bununla birlikte, programların koşulları oldukça karmaşıktır. Çiftçiler, SAGARPA tarafından doğrulanması gereken bir iş planını uygulamalıdır. Sulama sistemi için kullanılacak su kaynaklarının değerlendirilmesine dikkat edilmektedir. SAGARPA'nın merkeze yakın olmayan ofisleri, genellikle farklı destek programları konusunda bilgi sahibi değildir ve çiftçiler de genellikle bunları bilmemektedirler. İletişim için en iyi kanal, güneş enerjisi ekipmanı tedarikçilerinin, çiftçileri bilgilendirmesi ve ilgili belgeleri uygulamalarına ve doldurmalarına yardım etmeleridir. Bankalar şu anda güneş sulama projeleri için kredi sağlayamamaktadır. Fotovoltaik modüller için mevcut olan banka kredisi "CIBanco" dur. Ancak, bu kredi yalnızca yüksek elektrik tarifelerine sahip tüketiciler için şebeke üstü kurulumlarda geçerlidir.

2.4.4. Sosyal Adalet

SAGARPA'nın kırsal kurak alanlara yönelik destek programı, yüksek yoksulluk oranlarına ve güçlü derecede marjinalleşmeye sahip alanlara odaklanmaktadır. Sübvansiyonlar, yukarıda açıklandığı gibi, sulama sisteminin toplam maliyetinin %70'i kadar yüksek olabilmektedir. Bununla birlikte, ülkenin büyüklüğüne göre kurulu güneş enerjisi pompa sistemlerinin çok az sayıda olması nedeniyle, GES sistemi teknolojisi çoğu çiftçi tarafından bilinmemektedir. Küçük çiftçiler, sübvansiyon başvurusu yapmaya alışkın değildir ve genellikle onay kriterlerini yerine getirememektedirler. Küçük bir çiftçinin yeni bir kuyu açması adına izin alması neredeyse imkansızdır.

2.5. Fas

Fas tarımında, 2010 yılından bu yana, sulama için güneş enerjisinden üretilen elektrik ile çalışan sulama pompaları önem kazanmaktadır. Alman solar pompa üreticisi Lorentz, yerel GES sistemleri pazarına liderlik yapmaktadır. Çoğunlukla özel yatırımcılara olmak üzere, yılda yaklaşık 2 000 adet pompa/kontrol ünitesi satılmaktadır. Uluslararası Finans Kurumu (IFC), Fas'ta bir pazar değerlendirmesi gerçekleştirmiştir. Güneş pompaları için 2020 yılına kadar yaklaşık 800 milyon ile 1,3 milyar ABD doları arasında bir potansiyel pazar büyüklüğü belirlenmiştir.

Fas'taki GES sistemleri piyasası, esas olarak yerel pazar ve ihracat için ürünler üreten küçük ve orta ölçekli özel çiftçiler tarafından yönlendirilmektedir. Diğer pazarlarla karşılaştırıldığında, sistemler kısmen büyüktür ve 40 hektara kadar olan daha büyük tarlalar için yeterli sulama suyu sağlayabilir. Damla sulama gibi, etkili sulama teknolojilerinin kullanımı, devlet tarafından bir sübvansiyon programı (Plan Maroc Vert) aracılığıyla desteklenmektedir. Güneş enerjisi pompalarının kullanımı sadece vergi teşvikleri ile teşvik edilmektedir. Bu nedenle, genellikle ticari finansman planları gereklidir.

Özel yatırımcılar, genellikle ana gelirlerini elde ettikleri şehirlerde yaşamaktadırlar. Orta büyüklükteki çiftlikler, esas olarak ek gelir sağlamak için kullanılmaktadır. Bu çiftlikler, genellikle kendi öz kaynakları ile finanse edilmektedirler. Çiftlik sahipleri genellikle deneyimli girişimcilerdir ve ekonomik getiri sağlamaya çalışmaktadırlar. Aylık elektrik faturalarını azaltmak için ağırlıklı olarak GES sistemlerine yatırım yapmaktadırlar. Fas'ın bazı bölgelerinde, sulama için şebeke elektriği zaten güneş enerjisinden daha pahalı durumdadır. Bu nedenle, birçok Fas'lı çiftçi şebeke elektriği ile çalışan pompaları terk etme ve güneş enerjisi seçeneğini tercih etme eğilimindedir. Elektrifikasyon oranı >% 95 olmasına rağmen, bu gerçek şu anda Fas'taki güneş enerjisinden üretilen elektrik ile çalışan pompa pazarını yönlendirmektedir.

Fas'ta, 2015 yılının başlarından beri 180 milyon ABD Doları tutarında bir hibe programı uygulanmaktadır. Bu durum, GES sistemleri için ana pazar faktörlerinden biri olmuştur. Fas Yeşil Planı kapsamında, yatırım maliyetlerini % 50 oranına kadar azaltan sübvansiyonların daha küçük çiftçileri hedeflemesi beklenmektedir. Açıklanan hükümet sübvansiyonunun başlaması, iyi konumlandırılmış ve bilgili özel sektör paydaşlarına yönelik hızlı büyüme için eşsiz bir fırsat sunmaktadır. Güneş enerjisi ekipmanı, güneş enerjisiyle uyumlu pompalar ve güneş enerjisi bilgisi ve uzmanlığına yönelik önemli ve ani talebin teşvik edilmesi beklenmektedir. 2020 yılına kadar 100 000 adet güneş enerjili pompanın kurulması hedeflenmektedir. Hibe programının, mevcut başarılı bir damla sulama programı ile birleştirilmesi beklenmektedir. Denetim, sertifikasyon ve ödeme dahil olmak üzere, hibe dağıtım mekanizması, Credit Agricole (Fas) tarafından, damla sulama sübvansiyon aracılığıyla işlemektedir.

İkinci el PV modüllerin mevcudiyeti, Fas GES sistemleri pazarında önemli bir yer tutmaktadır. Bu ikinci el PV modüller çoğunlukla İtalya'dan gelmektedir. Şüpheli distribütörler tarafından ithal edilmektedirler ve herhangi bir garanti olmaksızın yaklaşık 0,3 EUR/Wp fiyattan satılmaktadırlar. PV modüllerin şüpheli kalitesi nedeniyle, çiftçilerin güvenilirlik algısı bozulmaktadır. Bu durum ülkede güneş enerjisi teknolojisi için kötü bir imajın oluşmasına neden olmaktadır.

Fas Yeşil Planı kapsamında, su tasarrufu sağlayan damla sulama teknolojisi başarıyla piyasaya sürülmüştür. Bu nedenle, güneş enerjili su pompalarının yüksek derecede otomatikleştirilmiş damla sulama sistemleriyle birlikte kullanılması oldukça yaygındır. Sulama suyu tüketimi genellikle oldukça yüksek olduğundan (örneğin > 1000 m³/gün), güçleri 30 ile 60 kWp arasında değişen kapasitelere sahip GES nadir görülen bir durum değildir.

Kırsal kesimlerde LPG kullanımı için sağlanan sübvansiyonlar, GES sistemlerinin yayılmasına engel teşkil etmektedir. Başlangıçta yemek pişirme amaçlı yüksek LPG maliyetini

düşürmeyi amaçlayan sübvansiyon, artık Fas çiftliklerinde büyük ölçekli sulama için, LPG güdümlü jeneratörlerin yaygın olarak kullanılmasını teşvik etmektedir. Bu eğilime rağmen, son yıllarda yaklaşık 10000 adet GES sistemi kurulmuştur. Fas'ın bazı bölgelerinde, yeraltı suyu genellikle tek sulama suyu kaynağı olarak kullanılmaktadır. Geniş alanlar ve uzun süreler için, yeraltı suyunun aşırı ve sürekli kullanımı, doğal olarak geri beslemesini aşarsa, yeraltı suyunun tükenmesine neden olabilir.

2.5.1. İklim Değişikliğinin Azaltılması

İklim değişikliğinin azaltılması ve adaptasyonu, Fas Krallığı için temel bir önceliktir. Bu bağlamda, sera gazı salımlarının azaltılması için iddialı bir plan hazırlanmış ve 2030 yılına kadar elektrik ihtiyacının %52'sini yenilenebilir enerjiden üretme hedefi ortaya konulmuştur. Sonuç olarak Fas, enerjinin daha verimli kullanımını teşvik etmek ve kaynakları yeşil ekonomiye geçişte yatırım amacıyla serbest bırakmak için dizel, benzin ve fuel oil gibi yakıtlar üzerindeki tüm sübvansiyonları kaldırmıştır.

Aynı zamanda Fas, çiftçileri damla sulama gibi modern sulama teknikleriyle suyu daha verimli kullanmaya teşvik etmek için diğer önlemlerin yanı sıra Vert Plan'ını da uygulamaya koymuştur. Ayrıca, çiftçilerin değişen iklim modelleri ve kuraklıkla başa çıkabilmeleri için, suya güvenilir erişim sağlamaları amaçlanmaktadır. Güneş enerjili sulama, potansiyel olarak su kullanımını verimli bir sulama yöntemi ile birleştirilebilen çiftçilere sıfır emisyon teknolojisi sağlayan bu çabaların bir birleşimini temsil etmektedir. Böylelikle, hem iklim değişikliğinin azaltılması hem de uyum sağlanması mümkün olabilir.

2.5.2. Yeşil Ekonomi

Fas, yeşil ekonomiye geçiş sürecini aktif olarak sürdürmektedir. Bu durumun enerji ve tarım sektörleri için etkileri vardır. Bu durum da güneş enerjili sulama teknolojilerinin uygulanabilirliğini ve alımını etkilemektedir.

Enerji sektöründe, Fas hükümeti hem dizel yakıt hem de bütan sübvansiyonlarını aşamalı olarak kaldırmaktadır. Şu anda sağlanan tek enerji sübvansiyonu, dünya pazarı ile karşılaştırıldığında, fiyatı 90 MAD (Fas Dirhemi) olan, fakat 12 kg'lık bir şişe için önümüzdeki on yıl fiyatı 42 MAD civarında sabitlenen bütandır. Yapay bir şekilde düşük görünen bu fiyatlar dikkate alındığında, ülke genelinde başka kullanımlar için yasadışı bütan kullanımı gözlemlenebilmektedir. Bütan, sulama için güneş enerjisi teknolojilerinin rekabet etmesi gereken, en yaygın kullanılan enerji kaynağı olmaya devam etmektedir.

Bununla birlikte, hükümet yenilenebilir enerji gündemini geliştirmektedir. Güneş teknolojilerini teşvik edip, küçük ölçekli çiftçiler için sübvansiyonların kaldırılmasının olumsuz etkilerini hafifletmenin yollarını aramaktadır. Fas Tarım Bakanlığı, 2013 yılında, Enerji Bakanlığı ve Maliye Bakanlığı, devlet bankası Crédit Agricole ile birlikte, çiftçilerin fosil kökenli enerji türlerinden, yenilenebilir enerjiye geçişini karşılamasına yardımcı olacak bir sübvansiyon programı uygulamak için ortak bir yasa hazırlamıştır. Bu program, 2017 yılında 220 milyon \$ ile desteklenmiştir. Sübvansiyon, güneş modüllerinin sermaye maliyetinin %50'sini ve damla sulama tesisatının %80-100'ünü karşılayacaktır. Fas'ta çiftçiler için ulusal bankalar ve finansman kurumları tarafından başka finansman seçenekleri de halihazırda bulunmaktadır. UNDP/GEF projesi olan "Sulamada fotovoltaik pompalama sistemlerinin geliştirilmesini teşvik etme" (2016-2019) başlıklı proje ile fotovoltaik modüller desteğiyle çalışan damla sulama sistemlerinin benimsenmesini teşvik etmek amacıyla, 73,5 milyon \$ (% 96,5 ulusal ortak finansman ile) yatırım yapacak olan Fas'ta ulusal yenilenebilir enerji programının uygulanması için elverişli bir çerçeve oluşturulmuştur.

Hem enerji hem de tarım sektörleri, Fas'ta istihdamı koruma ve yeni istihdam yaratma için anahtar roller üstlenmektedir. Ülkedeki işgücünün %39'u, Fas'ın GSYİH'sının (2016 itibarıyla) %13'ünü oluşturan tarım sektöründe (2014 itibarıyla) istihdam edilmektedir. Bu arada, yenilenebilir enerji sektörü büyümektedir. Yenilenebilir enerji üretimi yakında GSYİH

üzerinde %1,2-2 aralığında pozitif bir etkiye sahip olacaktır. Tam zamanlı eşdeğer istihdam etkisi 270000 ile 500000 kişi olabilecektir. NOOR gibi güneş enerjisi projelerine yapılan yatırımlar, kaynak temini yerel ürünlere odaklandığından, yerel üretimi de teşvik etmektedir. Bu gelişmeler, Fas'ta güneş teknolojilerinin kullanımını daha yaygın hale getirmektedir.

2.5.3. Finans, Yatırım Ve İş Modelleri

GES sistemleri, Fas için ekonomik olarak uygundur. UNDP-GEF, güneş, bütan, dizel ve elektrik pompalarının maliyetlerini karşılaştırdığı çalışmasında, farklı parsel boyutları ve suyun çekildiği derinlikler düşünüldüğünde bile güneş enerjili su pompalarının daha ucuz olduğu sonucuna varmıştır. Devlet destekli sübvansiyon programı henüz mevcut olmasa da, şu anda Fas'ta GES sistemleri için kullanılabilen bir dizi başka finansman programları bulunmaktadır. Bu programlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Bununla birlikte, çiftliklerin işletme olarak tescil edilmesi, arazi mülkiyetinin onaylanmasını ve teminatın mevcut olmasını gerektirdiğinden, tüm çiftçiler bu tür programlardan yararlanamamaktadır. Ayrıca, çoğu çiftçi için bir engel oluşturan bürokratik işlemler de vardır. Aileler birbirleri arasında çoğu zaman faizsiz veya düşük faizli borçlanmalar gerçekleştirmektedir. Bu tarz uygulamalar, bazıları için gayri resmi finansman yöntemlerini daha cazip hale getirmektedir.

Çizelge 1. Fas'ta GES İçin Mevcut Finansal Modeller, Yararları Ve Olumsuzlukları [1]

Finansal Model	Hedef Kitle	Yararları	Olumsuzlukları
CAM (Crédit Agricole du Maroc)	Enerji tüketimi yüksek çiftlikler	Süreç hızlıdır.	Teminat gereksinimi vardır.
Tamwil El Fellah	Banka tarafından bir sicile sahip çiftlikler	Düşük miktarda teminat yeterlidir.	Faiz oranı yüksektir.
Ardi/Al Amana/Al Baraka	Tarımsal veya tarım dışı küçük işletmeler	Düşük miktarda teminat yeterlidir.	Kredi üst sınırı vardır.
Banque populaire / Attijari / BMCI	İşletmeler veya özel şahıslar	Kredi sınırı yoktur.	Teminat gereklidir.
MorSEFF	Yalnızca kayıtlı işletmeler	% 10 sübvansiyon	Çiftlik bir işletme olarak kayıtlı olmalı ve ilgili bankalar olan BMCE ve BP tarafından iyileştirilmelidir.

Fas'ta güneş enerjisiyle çalışan sulama için alternatif bir iş modeli sağlayan Enerji Hizmetleri Şirketi (ESCO) vardır. ESCO, esas olarak, çiftçi ile güneş enerjisiyle çalışan sulama ekipmanının mühendislik, tedarik, finansman, kurulum ve bakımını devralan bir performans sözleşmesi imzalatır. Çiftçi, kendisine temin edilen enerji veya sulama suyunun bedelini öder. Fas'ta, ESCO'lar camilere yenilenebilir enerjilerin getirilmesi, istihdam yaratılması ve insanları güneş enerjisi teknolojileri konusunda eğitmek için imamlarla çalışma bağlamında kurulmuştur.

Fas'ta planlanan bir diğer iş modeli de mikro kiralama yöntemidir. Bu yöntem, güneş enerjisiyle çalışan sulama ekipmanının, bir finans kurumu (örneğin, kredi ve tasarruf kooperatifi, mikrofinans kurumu veya ticari banka) tarafından küçük çiftçiye kiralandığı bir mekanizmadır. Çiftçiyi desteklemek için ekipmanın sigortası ve kiralanacak ekipmanın çalıştırılması ve bakımı konusunda eğitim gibi ek hizmetler de mevcuttur. Bu model Fas'ta

henüz mevcut değildir ve hizmetlerin nasıl ve ne zaman teslim edilebileceği konusunda daha fazla iyileştirmeye ihtiyaç duyulmaktadır.

2.5.4. Sosyal Adalet

Fas'ta küçük, orta ve büyük çiftçiler, kooperatifler ve Ekonomik Çıkar Grupları (GIE) gibi, GES sistemleri için farklı müşteri grupları vardır. Çiftliklerin % 40'ından fazlası küçük toprak sahibi kategorisindedir (1-3 ha). UNDP-GEF, daha büyük çiftliklerde su ve enerji kullanım verimliliği zaten daha yüksek olma eğiliminde olduğundan, su pompalama maliyetlerindeki tasarrufların özellikle küçük arazilere sahip çiftçiler için dikkat çekici olduğunu belirtmektedir.

Bununla birlikte, finansmana erişim, küçük ölçekli çiftçiler için önemli bir sorun olmaya devam etmektedir. Fas'ın Ulusal Enerji Stratejisi, öncelikle büyük ölçekli yatırımlara odaklanmış durumdadır ve küçük ölçekli dağıtılmış yenilenebilir enerji çözümleri daha az önem arz etmektedir. Yeni sübvansiyon planı, henüz uygulamaya konulmasa da, 1-3 hektarlık parsel büyüklüklerine sahip küçük toprak sahiplerinin mevcut finans programlarından daha fazla yararlanabilmesi amaçlanmaktadır. GES sistemlerin küçük ölçekli çiftlikler için sosyo-ekonomik etkilerinin yanı sıra, kadınların ve marjinal grupların GES sistemi teknolojilerine nasıl erişim sağlayabileceklerinin daha fazla araştırılmasına ihtiyaç vardır.

2.5.5. Yeraltı Suyu Yönetimi

Fas'ta yeraltı suyunun tükenmesi büyük bir sorundur. Yerden doğal olarak birikenden çok daha fazla su çıkarılmakta ve akiferler azalmaktadır. Hükümet, su yönetimi için daha güçlü bir düzenleyici çerçeve oluşturmak adına, su ile ilgili 10-95 sayılı kanunu revize etmiştir. Dahası, hükümet daha fazla yüzey suyu yakalamak ve onu akiferleri yeniden doldurmaya yönlendirmek için yatırımlar yapmaktadır. Aynı zamanda, bölgesel akifer planları ("contrat de nappe") teşvik edilmektedir. Yeni kuyu sondajını ve yasadışı pompalamayı kontrol etmek için bir denetleyici güvenlik grubu oluşturulmuştur.

Hükümet ayrıca, Plan Maroc Vert kapsamında, Ulusal Sulama Tasarruf Planı (d'Economie d'Eau d'Irrigation Programını, PNEEI) uygulamaktadır. Bu program kapsamında, damla sulama ile sulanan mevcut alanın % 38'ini yaklaşık 550000 hektara genişletmek ya da 2010-2020 yılları arasında sulanabilir arazi alanını (yüzey ve/veya yağmurlama) %49'a genişletmek ve programın sonunda m³ su başına katma değeri ikiye katlamak amaçlanmaktadır.

Teknik bir bakış açısıyla, güneş enerjisi destekli pompaların ve damla sulamanın birleştirilmesi, potansiyel olarak artan saha uygulama verimliliğiyle sonuçlanan uygun bir çözümdür. Bununla birlikte, yeraltı suyunun tükenmesi risklerini (veya gerçek sorunları) ele almak için damla sulama uygulamaları yeterli değildir.

2.6. Nepal

Nepal'de, hidroelektrik gücün gelişimi öncelikli bir konu olmasına rağmen, güneş enerjisi teknolojileri çok uzak ve ulaşılması zor alanlara sahip bu ülkede, büyük bir etki potansiyeline sahiptir.

2.6.1. Yeşil Ekonomi

Nepal Hükümeti, yenilenebilir enerjilere bağlılığını defalarca belirtmiştir. Nepal, Ulusal Kırsal ve Yenilenebilir Enerji Programı (NRREP) kapsamında, 600000 güneş enerjili ev sistemi kurmayı hedeflemektedir. Nüfus ve Çevre Bakanlığı, yenilenebilir enerjiyi ana akım bir kaynak haline getirmeyi amaçlayan bir Alternatif Enerji Teşvik Merkezi'ne sahiptir. Dünya Bankası, Katmandu Vadisi yakınlarında şebekeye bağlı 20 MW'lık bir güneş enerjisi santralinin inşasını, işletimini ve bakımını destekleyecek Şebeke Güneş ve Enerji Verimliliği programına fon sağlamaktadır.

Güneş enerjisine verilen desteğe rağmen, az sayıdaki tedarikçi ve finansmana sınırlı erişim sebebiyle Nepal'de, GES sistemleri için pazara erişim bağlamındaki zorluklar devam etmektedir. Aynı zamanda çiftçiler arasında GES sistemleri hakkındaki bilgi düzeyi, tarımsal uygulamalarını değiştirmeye gösterdikleri direnç nedeniyle yetersizdir.

Geniş bir fiyat aralığı, performans ve güvenlik standartları olmaması nedeniyle, güneş enerjisi riskli bir yatırım haline gelmiştir. Bununla birlikte teknolojinin, sezon dışı ürünlerin satılarak gelirlerin artırmalarını destekleyen değer zinciri üretim projelerine dahil edilmesi, finansal faydaların görünürlüğünü arttırmaktadır. Ticarileşmenin önündeki engeller, kalite sistemleri ve eğitim faaliyetlerinin üzerinde duran yenilikçi mikrofinans kurumları ve teknoloji tedarikçilerinin ortaklıkları gibi kamu-özel sektör birliktelikleri ile aşılmaktadır.

2.6.2. Finans, Yatırım Ve İş Modelleri

Sulama Bakanı, 2017 yılının ortalarında, GES sistemlerini teşvik etme emri vermiştir. 2018 mali yılı, özellikle devlet hibelerine başvurmak isteyen çiftçi grupları için GES sistemlerinden faydalanmak adına daha fazla finansmanın sağlanacağı bir yıl olmuştur. Bu arada, Uluslararası Entegre Dağ Geliştirme Merkezi (ICIMOD) çiftçilere GES sistemi desteği için üç finansal model sunmuştur:

- Toplam yatırım maliyetlerinin yaklaşık % 60'ını kapsayan bir hibe modeli
- Hibe bileşenine sahip bir hibe-kredi modeli ve yıllık % 5 faiz oranına sahip ek % 20 oranında kredi modeli
- Çiftçilerin kullanım için aylık kira ücreti ödediği bir kullandıkça öde modeli

GES sisteminin kurulacağı araziye sahip olmaları koşuluyla, kadın çiftçilere %10 oranında ek sübvansiyon teklif edilmektedir. Bu teklif, projenin uygulandığı bölge olan Saptari'de arazinin yalnızca %3'üne sahip olan kadınların düşük arazi mülkiyeti dikkate alınarak düzenlenmiştir. GES sistemi finansmanı için alınan 65 başvuruların %20'si hibe modeli, %46'sı hibe kredisi modeli ve %34'ü kullandıkça öde modeline yöneliktir. Çiftçilere uygun fiyatlı GES sistemi sunmak için, mevcut yerel kooperatiflerle ortaklık yapan bir STK olan SunFarmer tarafından da finansmana erişim sağlanmaktadır. Bu STK'lar, sulama için dayanıklı güneş enerjisi destekli su pompaları kurup, üç yıllık dönemlerle uygun maliyetli kendi kendilerine kiraladıkları sistemleri izleyip ve bakımını yapmaktadırlar. Kooperatifler, tüm bu işler karşılığında çiftlikleri belirlemekte ve SunFarmer adına aylık geri ödemeleri toplamaktadır. SunFarmer ve ICIMOD tarafından uygulanan modeller gibi, piyasa tabanlı modeller, sulamalı tarıma zaten yatırım yapmış olan ve uzun vadeli sulama maliyetlerini azaltmak isteyen tüm çiftçilere katkı sağlamaktadır.

2.6.3. Sosyal Adalet

Nepal'de, erkekler şehirlere ve diğer ülkelere iş aramak için göç ederken, arazinin çoğunu kadınlar işletmektedir. Bununla birlikte, kadınlara ait arazi mülkiyeti çok düşüktür. Saptari bölgesinde, arazinin sadece %3'ü kadınlara aittir. ICIMOD, başvurunun bir kadın tarafından sunulması ve GES sisteminin kullanılacağı araziye sahip olması koşuluyla, ek %10 oranında sübvansiyon teklif ederek bu sorunu çözmeye çalışmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, 65 başvurunun %77'sinin kadınlar tarafından yapıldığı tespit edilmiştir. Çoğu durumda, arazi kadınlara devredilmiştir. Bu durum, arazinin yasal mülkiyetini kadınlara devretme ihtiyacının ek indirimden yararlanmanın önünde bir engel olarak görülmediğini göstermektedir. Ayrıca, yapısal eşitsizliklerin yenilikçi kamu politikası müdahaleleri ile azaltılabileceğini de göstermektedir. GES sistemi kurulduktan sonra, birden çok kullanıma hizmet edebilir. Bu durum, su kaynağını daha az maliyetli ve verimli hale getirmektedir. Çoklu kullanım sistemleri oldukça verimli olabilir ve sınırlı su kaynaklarının daha iyi yönetimine izin verebilir. Bu uygulama, kısıtlı kaynaklarla verimli sonuçlar almaya çalışan ve bir sistem gerektiren gelişmemiş toplulukların çoğu için oldukça önemlidir.

2.6.4. Yeraltı Suyu Yönetimi

Nepal'in Terai ovalarında, yüzeye yakın bol yeraltı suyu kaynakları, düşük elektrifikasyon oranları ve yüksek dizel yakıt maliyetleri nedeniyle, yeraltı suyu çıkarma maliyetleri yüksektir. Bu durum, düşük tarımsal büyüme oranlarına ve yüksek kırsal yoksulluğa neden olmaktadır. Su Kaynakları Yasası 2049 BS, ülkedeki her türlü su kaynağının akıllıca

kullanımı, korunması ve yönetilmesini düzenleyen tasarlanmış bir şemsiye yasadır. Erişimde faydalı kullanım ve tarafsızlık, ülkede su kaynaklarının tahsisinde bu kanunla benimsenen önemli ilkelerdir. Su hakkı, “su kaynağından yararlanma hakkı” ile sınırlıdır. Bununla birlikte, sulama söz konusu olduğunda, sulama sektörünün planlanması, yatırımı, gözetimi, izlenmesi ve değerlendirilmesini yürüten güçlü bir kurum hala bulunmamaktadır.

Yeraltı suyu düzenlenmeye ihtiyaç duyar. Yeraltı suyunun belirli sınırlar üzerinde çıkarılmasını uygun düzenleme ve standartlar yoluyla düzenlemeyi amaçlayan bir plan halihazırda mevcuttur. Ancak, bu plan henüz onaylanmamış ve dolayısıyla uygulanmamıştır.

2.7. Senegal

2.7.1. Yeşil Ekonomi

Senegal’de doğal kaynaklar, ülkenin ekonomik performansında belirleyici bir rol oynamaktadır. Ancak, bu kaynaklar üzerindeki devam eden baskı, ülkenin ekonomik güvenliği için tehlikeli bir noktaya kadar ulaşmaktadır. Mevcut olumsuz uygulamalar altında, ülkenin çevresel sürdürülebilirliği ve ekonomik büyümesi birbirinden bağımsız hareket ediyor gibi gözükmemektedir. Yeşil ekonomiye geçiş, Senegal’in ülke için çok ihtiyaç duyulan bu kaynakların tedarikini ve yenilenmesini destekleyen ekosistemlerin korunması açısından önemli faydalar elde etmesine yardımcı olabilir ve ülkenin insani gelişme ve sosyal eşitliği teşvik etme yolunda ilerlemesini de sağlar.

Senegal’deki tarım arazilerinin yaklaşık %90’ını, geçimlik tarımsal üretimle uğraşan küçük ölçekli ve aileler tarafından işletilen çiftlikler oluşturmaktadır. Başta soğan ve domates olmak üzere, çok çeşitli sebzeler içeren sulu bahçe tarımı, ülkenin sulama sektörünün büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Dakar’ın kuzeyindeki St. Louis’e kadar kıyıya yakın yerlerde çoğunlukla küçük dizel pompalarla sulama yapan tahminen 10000 küçük işletme bulunmaktadır. 1 ile 2 hektarlık alanlarda yılda üç sezon bahçe bitkileri yetiştirilebilmektedir. Bu dizel pompalar, ekonomik olarak düşük kullanım ömürleri (2 ile 3 yıl arasında), aylık dizel yakıt giderleri ve kredilerle birlikte gelen faizler ayakta kalmayı zorlaştırdığı için, çok ekonomik değildir. Güneş enerjisi destekli su pompaları, ekonomik anlamda çıkış yolu arayan çiftçilere rahatlatma fırsatı sunarak gerçek ekonomik faydalar sağlayabilir. Güneş enerjisi pompaları için işletme maliyetleri, 2-3 yıllık bir dönem için önemli ölçüde daha düşüktür. Güneş enerjisi pompaları ayrıca, kademeli olarak daha verimli sulama yöntemleri ve gübre ve tarım ilaçları için daha düşük girdi oranlarını ayarlama olanağı sağlar. Senegal’de 2017 yılının başında yapılan bir ankete göre:

- 100’den fazla küçük ölçekli mobil güneş sulama sistemi
- Üretilen elektriği, aydınlatma ve pil şarjı için de kullanan 100’den fazla küçük, çok amaçlı güneş sulama sistemi bulunmaktadır.

Bu uygulamaları doğru bir şekilde planlayıp, montaj ve bakımını yapabilen sınırlı sayıda tedarikçi bulunmaktadır. Bu tedarikçilerin herhangi bir sertifikası bulunmamaktadır. GES sistemi için sübvansiyonlar mevcut değildir.

2.7.2. Finans, Yatırım Ve İş Modelleri

Senegal’deki finans kurumları, hala güneş pompası sistemlerini finanse etmekte tereddüt etmektedirler. Bu sistemler ülkede yenidir ve henüz iyi anlaşılamamıştır. Üreticiler nadiren teminat verebilir ve bankalar henüz teminat olarak pompalama sisteminin kendisini kabul etmemektedir. Şu anda Senegal’de güneş enerjili su pompaları için uygun bir pazar bulunmamaktadır. Bazen çiftçi dernekleri üyeleri adına garanti verebilmektedir. Gelecekte referans olarak kullanılacak öğütme değirmenleri için kredi planları vardır. Dakar ve St. Louis arasındaki kuşaktaki güneş enerjisi pompalarının geri ödeme süreleri (yılda 3 ürün, 1 ha sulama, %15 faiz) 2 ila 2,5 yıldır.

Merkezi olmayan sulama için özel küçük PV üniteler, Kolombiya Üniversitesi Sürdürülebilir Mühendislik Laboratuvarı SEL tarafından Senegal’de gerçekleştirilmiştir. Elektrik, tek bir güneş fotovoltaiik dizi tarafından merkezi olarak üretilir. Özel yapım, batarya

akü grubu olmayan bir AC sistem, 7'den fazla çiftçi için pompanın işleyişini izler ve kontrol eder. Elektrik, cep telefonu kontör sistemlerine benzer bir ön ödemeli kredi sistemi kullanan çiftçilere, yalnızca tükettikleri kadar ödeme yapan bir mikro hizmet tarafından satılmaktadır. Böylelikle çiftçiler, kendi kuyularının ve pompalarının bağımsızlıklarını korurlar. Bununla birlikte, pompalar, doğrudan fotovoltaiik modüllerle birleştirilmiş optimize edilmiş pompalardan daha az verimlidir.

2.7.3. Sosyal Adalet

Senegal'in güneyindeki Aşağı Casamance'de kadın grupları küçük alanlarda bahçe bitkileri yetiştiriciliği yapmaktadırlar. Son 30 yılda yağış miktarındaki azalma, pirinç üretiminde bir azamaya neden olduğundan, pazarda bahçe bitkilerinin hakimiyeti artmıştır. Güneş enerjili su pompaları, kadınların daha iyi koşullarda sulama için su taşımak zorunda kalmadan çalışmasına imkan tanımaktadır. Böylece, bahçelerindeki tarımsal faaliyetlerini geliştirebilir ve evlerinde servis edilen yiyeceklerin beslenme dengesini iyileştirebilirler.

2.7.4. Yeraltı Suyu Yönetimi

Su politikası da dahil olmak üzere Senegal'deki yeraltı suyu ve yüzey suyu yönetimi Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau'nun (DGPRE) sorumluluğundadır. Sondaj ve su çıkartma için izin gereklidir. Şu anda hassas bölgelerde yeraltı suları için yasal koruma bulunmamaktadır ve su kullanımı kontrol edilmemektedir.

Senegal'in önemli yeraltı suyu kaynakları olmasına rağmen, mevcudiyet ve talebin dağılımı birbiriyle örtüşmemektedir. Bu durum, bazı yeraltı suyu sistemlerinin aşırı sömürüldüğü ve yeraltı suyunun tükenmesine yol açtığı anlamına gelmektedir. Güneş enerjili sulama pompaları, yeraltı suyunun tükenme durumunu takip etmek amacıyla su seviyesi ölçme cihazlarıyla donatılabilir. Böyle bir izleme sisteminin mevcut planlaması PERACOD programında (www.peeracod.sn) devam etmektedir.

2.8. Şili

Şili, sağlam ekonomik yönetimi ve küresel ekonomiye entegrasyonu sayesinde Latin Amerika'nın en hızlı büyüyen ekonomilerinden biridir. Şili'deki sürekli ve güçlü ekonomik büyüme, enerji talebindeki önemli artışlarla ilişkilidir. Bu talebi karşılamak için Şili, 1980'li yıllarda elektrik sektörünü özelleştirme ve serbestleştirme sürecini başlatmıştır. Günümüzde Şili'nin enerji politikasının altında yatan gerçekler; özel girişimler, rekabetçi piyasalar ve devletin ikincil rolü ile karakterize edilmektedir. Şili'nin konvansiyonel ve yenilenebilir enerji sektörleri tamamen özelleştirilmiş ve herhangi bir sübvansiyon uygulanmamaktadır. Bunun aksine, Şili kırsalındaki küçük ve orta ölçekli çiftçileri desteklemek için, tarım sektörüne sübvansiyon uygulanmaktadır. Küçük ölçekli sulama programları için, güneş pompaları kullanan birçok çiftçi, devlet sübvansiyonlarından yararlanır. Farklı kuruluşlar tarafından sağlanan sübvansiyon planlarına ve çiftlik büyüklüğüne bağlı olarak, çiftçiler toplam yatırımın % 90'ına kadar sübvansiyon alabilmektedirler. Hükümetin yüksek mali katkısı, çiftçilerin teknolojiyi benimsemelerini teşvik etmekte ve kabul düzeyini artırmaktadır. Ancak, potansiyel tüketicilerin piyasa oranlarının altında sistemler elde etme konusunda gerçekçi olmayan beklentiler oluşturma riski yüksektir.

Kamu ihalelerinde dikkate alınmayan çiftçiler, genellikle sistemlerini kendi başlarına finanse etmekten kaçınmaktadırlar ve gelecekteki sübvansiyon programlarını beklemektedirler. Şili hükümeti, GES sistemi bütçelerinin önemli ölçüde artırılacağını ve sübvansiyon programlarının sonraki yıllarda da devam edeceğini açıklamıştır. Sübvansiyona dayalı Pazar, şimdiye kadar GES sistemlerinin pazar odaklı yayılmasını engellemiştir.

Küçük ölçekli sulama programları için, güneş enerjisinden üretilen elektrik ile çalışan pompaları kullanan çiftçiler, Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), Comisión Nacional de Riego (CNR) ve Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) gibi devlet kuruluşlarından sübvansiyon alabilmektedirler. Çoğu zaman çiftçiler, toplam yatırımın % 100'üne kadar sübvansiyon almaktadırlar. Mevcut sübvansiyon programı kapsamında yaklaşık

1500 adet güneş enerjisinden üretilen elektrik ile çalışan sulama pompası kurulmuştur. Desteklenen çiftçiler ve GES sistemi tedarikçileri, standart sistem planlarına uygun olarak ülke genelindeki kamu ihaleleri yoluyla seçilir. Şili, hala faaliyet gösteren büyük güneş enerjili pompa üreticileri olan Grundfos ve Lorentz firmaları tarafından, GES sistemlerini özel bir temelde tasarlamak ve sunmak için örnek ülke olarak seçilmiştir.

Şili’de hükümet sübvansiyonları tarafından desteklenen standart ve sınırlı sistem kitleri, yalnızca nadiren hedef çiftliklerin bütün gereksinimlerini karşılamaktadır. Çoğu durumda, sistem sınırlaması çiftçiler arasında ciddi kabul sorunlarına yol açmıştır. Çiftçiler/operatörler, güneş enerjili pompalarının çok az su sağladığından ve şebekeden beslenen elektrikli ve dizel motorlu pompalardan elde ettikleri yüksek basınç ve su akışını sağlayamadıklarından şikayet etmektedirler. Bu durum, özellikle suyun doğrudan sulama sistemine verildiği yerlerde fark edilmektedir [1].

Su depoları ve rezervuarlar, güneş ışıınının günlük değişimlerini dengeleme amacıyla kullanılmaktadır. Bu nedenle, değişen su akışının etkisini en aza indirilmektedir. Şili’de sulama suyu genellikle açık rezervuarlarda depolanır. Açık rezervuarlarda su depolamanın başlıca olumsuzlukları, aşırı yüksek buharlaşma kayıpları ve rezervuar içerisine enkaz, tortu ve çöplerin kolay girmesidir. Bu etkiler su depoları kaplanarak önemli ölçüde azaltılabilir. Oluklu sac malzemeden yapılmış kapalı su depoları, günümüzde INDAP tarafından desteklenmekte ve sübvansiyon edilmektedir. Çoğu durumda, Şili çiftlikleri halihazırda kamusal elektrik şebekeleri ile bağlantılıdır veya çok yakındırlar. Bu durumda, sulama suyu pompası da dahil olmak üzere, çiftlikteki tüm elektrikli cihazlar için elektrik sağlayan standart bir şebekeye bağlı PV sistemi kurmak önemli bir alternatif olabilir.

Birkaç istisna dışında, hükümet tarafından güdümlü piyasa koşulları, GES sistemlerinin piyasa odaklı yayılmasını engellemiştir. Ayrıca, GES sistemlerinin bankalar aracılığıyla ticari finansmanı mevcut değildir. Yukarıda belirtilen hükümet organları, GES sistemi bütçelerinin önemli ölçüde artırılacağını ve sübvansiyon programlarının devam edeceğini duyurmuşlardır. Şili’deki yenilenebilir enerji projelerinin finansmanı genellikle zordur. Çünkü, finansman kurumları, tarım sektöründeki küçük ölçekli projeler için borç finansmanı konusunda çok çekingen durumdadırlar. Bu projelerin değerlendirilmesi ve risk yönetimi ile ilgili bilgi ve kapasite yetersizdir. Hükümet tarafından sağlanan yüksek sübvansiyon nedeniyle, PV tabanlı sulama uygulamalarına yeni başlayan çiftliklerin büyük bir bölümü ticari bankalardan kredi kullanmamaktadır.

3. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Güneş Enerjili Sulama (GES) sistemleri konusunda; ABD, (Kaliforniya), Meksika, Şili, Hindistan, Senegal, Nepal ve Fas’ta yapılmış olan bazı çalışmalar değerlendirilmiştir. Ülke seçimi, dünya genelinde bir ortalama bir değerlendirme yapılmasına olanak sağlayacak ve farklı pazarlar hakkında fikir verecek şekilde yapılmıştır.

- **Şili:** Sulamada PV teknolojisi ve güneş enerjili sulama (GES) sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması, hükümet tarafından güçlü bir şekilde desteklenmektedir. Ana hedef grup, küçük ve orta ölçekli çiftlikler (2–5 ha) olup, aynı zamanda 30 hektara kadar daha büyük çiftlikler de desteklenmektedir.
- **Hindistan:** Geleneksel sulama pompalarını PV teknolojisiyle değiştirmeye yönelik iddialı hükümet programı uygulanmaktadır. Başlıca hedef grup, küçük ve orta ölçekli çiftlikler (2–5 ha) ve piyasadaki yerel ürünler/sistemlerdir.
- **Fas:** Lorentz ve Grundfos gibi GES sistemi tedarikçileri için önemli bir pazardır. PV teknolojiden yararlanan orta (10–15 ha) ve büyük ölçekli ticari çiftlikler vardır.

Seçilen GES tesisi örnekleri farklı özellikleri temsil etmekte ve seçim aynı zamanda farklı hedef gruplara da hitap etmektedir. Yatırımın geri dönüş süresi, büyüklüklerinden dolayı örnekler arasında büyük ölçüde farklılık göstermektedir. Örnek hesaplamalar, aynı zamanda yatırıma paralel olarak yüksek değerli ürünlerin benimsenmesinin önemini de artıran oranda

göstermektedir. Bu nedenle, GES sistemi planlaması ve tasarımı sadece PV modül ve pompa tasarımına dayalı olmamalıdır. Gerekli pozitif nakit akışını sağlamak için, sulama sistemi ve ürün üretim yöntemleri uyarlanmalıdır.

Her sulama teknolojisinin, üretimde destekleyebileceği ürün çeşitliliği açısından kendi sınırlamaları vardır. Diğer taraftan, teknoloji seçimiyle bağlantılı yatırım maliyetleri, üretim için seçilecek ürün yelpazesini önemli ölçüde sınırlamaktadır. Genelde basınçlı sulama sistemleri ve özelde mikro sulama sistemleri, sulama altyapısı ve ekipmanı yatırımlarının sermaye yoğun tarafındadır. İncelenen GES tesisleri; boyut, sistem tasarımı ve üretim özellikleri bakımından oldukça farklıdır. Ayrıca, bu sistemlerin sübvansiyon derecesi, tamamen öz sermaye ile finanse edilen özel bir yatırımdan, tamamen sübvansiyon edilmiş bir yatırıma kadar önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Örnek GES tesislerine ilişkin yapılan hesaplamalarda, sulama sistemlerinin 20 yıllık bir yaşam döngüsü düşünülmüştür. Nakit akışı hesaplamalarında % 2'lik bir enflasyon oranı dikkate alınmıştır. NPV ve IRR hesaplamalarında, iskonto oranı % 6 olarak kabul edilmiştir.

Kullanım süresi; PV pompalar için 7 yıl, sulama ekipmanları için 5 yıl olarak varsayılmıştır. Yenileme gereksiniminin, PV sistem ve sulama sisteminin ilk yatırımının % 20'si olduğu varsayılmıştır. Sistemin işletme ve bakım giderleri, ilk yatırım maliyetinin yıllık % 2'si düzeyinde sabit olarak kabul edilmiştir. Bu oran, düzenli teknik bakım ve yedek parçalar/onarımlar için uygun bir orandır. PV tabanlı su pompalama çözümleri, dizel motor tahrikli pompalar veya şebekeden beslenen elektrik ile çalışan pompalar gibi geleneksel pompalama çözümleriyle karşılaştırıldığında, ekonomik uygulanabilirlikleri açısından da oldukça rekabetçi özelliklere sahiptir. Bununla birlikte, kısmen yüksek sermaye gereksinimleri nedeniyle, geleneksel çözümlerden daha yüksek yatırım getirisi elde etmek için, GES sisteminin doğru boyutlandırması ve yoğunlaştırılmış tarımsal üretim gereklidir. Bu nedenle, sübvansiyon edilmiş bir ortamda ekonomik açıdan getiri sağlayacak olan GES sistemlerinin aşırı büyük olarak boyutlandırılmasından kaçınılmalıdır.

Güneş enerjili su pompalarının finansmanı kritik önem taşır. Bu olmadan, güneş enerjili su pompalarına Sahra altı Afrika ve Güneydoğu Asya'daki çiftçilerin büyük çoğunluğu erişemez. Küçük ölçekli bir pompanın fiyatı, tipik bir tarım işletmesi için en az 6-12 aylık gelire eşittir. Bu fiyat, bir tür kurumsal krediye erişimi olmayan çiftçilerin, yalnızca gelirlerinin önemli bir kısmını uzun bir süre boyunca biriktirerek, arkadaşlarından ve akrabalarından borç alarak veya diğer işletmelerle ortak bir şekilde hareket ederek güneş enerjili su pompası satın alınabilmesiyle oluşur. Kenya güneş enerjili su pompası pazarı üzerine yapılan bir araştırma, sulama için küçük ölçekli işletmelerin finansman eksikliğinin, güneş enerjili su pompası satışlarının önündeki kilit bir engel olduğunu ortaya koymuştur. Çiftçilerin güneş enerjili su pompası seçerken satın alma faktörü olarak belirttikleri ilk şey fiyat olmuştur.

Güneş enerjili su pompaları için mevcut finansman çözümleri sınırlıdır ve mevcut birçok seçenek, yüksek maliyetleri ve elverişsiz koşulları nedeniyle küçük çiftçiler için çekici değildir. Kullandıkça öde (PAYGO) çözümleri güneş enerjili su pompası alanında yeni yeni tutunmaya başlamaktadır. Örneğin, SunCulture firması, yalnızca finansman sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda çiftçilerin büyümesini ve daha fazla kazanmasını sağlayan daha geniş bir satın alma sonrası destek yelpazesine duyulan ihtiyacı kabul eden bir "Büyürken Öde" modelini başlatmıştır. Bununla birlikte, PAYGO dışında, güneş enerjili su pompaları için alternatif finansman yöntemleri sınırlıdır. Geleneksel ticari bankalar genellikle küçük çiftçilere doğrudan kredi vermeyi risk olarak görmekteyken, tipik olarak mikrofinans kurumları tarafından sağlanan kredilerin boyutu, güneş enerjili su pompalarının maliyetini karşılayamayacak kadar küçüktür. Dahası, finansal kurumlar, çiftçilerin üretimi için bir pazar kesinliği sağlayabilen ve hatta varlık kredisinin garantörü olarak durabilen güvenilir bir alıcı olduğu durumlarda çiftçilere kredi vermeyi tercih eder. Çoğu durumda, güneş enerjili su pompaları için geleneksel finans kurumları tarafından sunulan finansman koşulları, yüksek

yıllık faiz oranlarına sahiptir ve minimum %30 peşinat gerektirir ki bu, birçok küçük çiftçinin erişemeyeceği bir durumdur. Bu kredi koşulları, genellikle geri ödeme planlarındaki öngörülemezliği hesaba katmaz. Krediler sigortalı gelirse, toplam kredi değerine ekstra maliyet olarak eklenir. Pahalı olmasının yanı sıra, finansman süreci, bir finans kurumu aracılığıyla krediye erişim deneyimi olmayan küçük çiftçiler için zor olabilir. Hindistan'da yapılan bir çalışmada, karmaşık süreç ve banka yetkilileri tarafından verilen rahatsızlık, çiftçilerin bankalardan kredilere erişimde karşılaştıkları zorluklar olarak yüksek faiz oranının önünde yer almıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Öztürk H.H., *Güneş Enerjisiyle Sulama Sistemlerinin Ekonomik Uygulanabilirliği: Farklı Ülkelerden Örnek Uygulamaların Analizi*. LAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-620-3-86266-9, 2021.
- [2] Öztürk H.H., *Güneş Enerjisiyle Sulama Yönetimi: Yönetim-Etkiler-Güçlü Ve Zayıf Yönler-Fırsatlar-Tehditler*. LAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-620-3-86364-2, 2021.
- [3] Sass, J., Hahn, A., *Solar Powered Irrigation Systems (SPIS) Technology, Economy, Impacts*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Bonn, 2020.

GÜNEŞ ENERJİYLE SULAMA SİSTEMLERİNİN EKONOMİK UYGULANABİLİRLİĞİ

HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK¹, ÜMRAN ATAY², BÜLENT AYHAN³,
KAZIM TURGUT⁴, SENEM GÖK⁵, HAKAN GÖKER⁶

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ORCID ID: 0000-0001-6904-5539

² GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, ORCID ID: 0000-0002-2248-4582

³ Adana Ziraî Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-5357-0600

⁴ Adana Ziraî Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-0861-5806

⁵ Adana Ziraî Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-2829-9927

⁶ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ORCID ID: 0000-0002-1162-0104

ÖZET

Güneş Enerjili Sulama (GES) sistemleri, yüksek değerli ürünlerin üretimi için yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu çalışmada GES sistemlerinin ekonomik uygulanabilirliği tartışılmıştır. Ekonomik uygulanabilirlik, işletme giderlerini, finansman ihtiyaçlarını karşılamak ve ideal olarak kar yapmaya olanak sağlamak için yeterli gelir elde etme becerisidir. Ekonomik uygulanabilirlik, genellikle Net Şimdiki Değer (NPV) ve İç Karlılık Oranı (IRR) yaklaşımları ile değerlendirilir. GES sistemleri boyut, sistem tasarımı ve üretim özellikleri bakımından oldukça farklıdır. Ek olarak, bu sistemlerin sübvansiyon derecesi, tamamen öz sermaye ile finanse edilen özel bir yatırım ve tamamen sübvansiyon edilmiş bir yatırıma için önemli ölçüde farklılık gösterir. GES sistemleri için 20 yıllık kullanım süresi düşünülebilir. Tüm nakit akışı hesaplamalarına belirli bir enflasyon oranı dahil edilir. NPV ve IRR hesaplamalarında belirli bir iskonto oranı kullanılır. Kullanılan fotovoltaiik (PV) pompalarının yaşam döngüsü genellikle yedi yıl, sulama ekipmanı ise beş yıl olarak varsayılır. Yenileme gereksinimi, sırasıyla PV sistem ve sulama sisteminin ilk yatırımlarının % 20'si olarak kabul edilir. Sistem donanımı için sabit işletme ve bakım gereksinimleri, ilk yatırım tutarının yıllık %2'si olarak kabul edilir. PV tabanlı sulama uygulamaları, Dizel motordan hareket alan pompalar veya şebekeden beslenen elektrikli pompalar gibi geleneksel pompalama çözümleriyle karşılaştırıldığında, ekonomik uygulanabilirlikleri açısından oldukça rekabet edebilir durumdadır. Bununla birlikte, kısmen yüksek sermaye gereksinimleri nedeniyle, geleneksel çözümlerden daha yüksek yatırım getirisi elde etmek için, GES sisteminin doğru bir şekilde boyutlandırılması ve yoğunlaştırılmış tarımsal üretim yapılması gereklidir. Bu nedenle, sübvansiyon edilmiş bir ortamda kolayca gerçekleşen sistemlerin aşırı boyutlandırılmasından kaçınılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Tarımsal sulama, Güneş enerjisi, Ekonomik uygulanabilirlik

1. GİRİŞ

Ekonomik uygulanabilirlik, işletme harcamalarını, finansman ihtiyaçlarını karşılamak ve ideal olarak kar üretimine izin vermek için yeterli gelir elde etme özelliğidir. Her sulama teknolojisinin, üretimde destekleyebileceği ürün çeşitliliği açısından kendi sınırları vardır. Öte yandan, teknoloji seçimine bağlı yatırım maliyetleri, üretim için seçilecek ürün yelpazesini büyük ölçüde sınırlamaktadır. Genel olarak basınçlı sulama sistemleri ve özelde mikro sulama sistemleri, sulama altyapısı ve ekipmanı yatırımlarının sermaye yoğun tarafındadırlar.

2. EKONOMİK UYGULANABİLİRLİK DEĞİŞKENLERİ

Ekonomik uygulanabilirlik, işletme giderlerini, finansman ihtiyaçlarını karşılamak ve ideal olarak kar yapmaya olanak sağlamak için yeterli gelir elde etme becerisidir. Ekonomik uygulanabilirlik, genellikle *Net Şimdiki Değer* (NPV) ve *İç Karlılık Oranı* (IRR) yaklaşımları ile maliyet ve gelir unsurlarının duyarlılığının tahmin edilmesi ile değerlendirilir. Hem NPV hem de IRR, *Fayda-Maliyet Analizinin* en sık kullanılan karar ölçütleridir.

2.1. Net Şimdiki Değer

Bir yatırımın *Net Şimdiki Değeri* (NPV), bu yatırımın tüm indirgenmiş maliyetlerinin ve faydalarının toplamıdır. Toplam değer, projenin ne kadar kazanacağını yansıtır. NPV, mutlak bir karlılık göstergesidir. Teknik olarak NPV, bugün yatırılan miktarı, yatırımdan gelecek nakit girişlerinin şimdiki değeriyle karşılaştıran bir hesaplama yöntemidir. Diğer bir deyişle, yatırılan tutar, belirli bir getiri oranıyla iskonto edildikten sonra gelecekteki nakit tutarlarıyla karşılaştırılır.

2.2. İç Karlılık Oranı

İç Karlılık Oranı (IRR), indirimli maliyetlerin indirimli faydalara eşit olduğu orandır. IRR, daha sonra yatırımcı tarafından beklenen cari faiz oranı veya minimum eşik bir referans değer ile karşılaştırılabilir. IRR, bir yatırım ile piyasa faiz oranları arasında doğrudan bir karşılaştırma yapılmasına olanak veren göreceli bir göstergedir.

Teknik olarak IRR, bir projeden veya yatırımdan gelen tüm nakit akışlarının (hem pozitif hem de negatif) NPV'in sıfıra eşit olduğu faiz oranının bir hesaplamasıdır.

2.3. Proje Alternatiflerinin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi

Hem NPV hem de IRR, proje alternatiflerini değerlendirmek için kullanılmamalıdır. Proje alternatiflerinin karşılaştırmalı değerlendirmesinde aşağıdaki göstergeler kullanılabilir.

- Alternatiflerin *Yaşam Döngüsü Maliyetlerinin* karşılaştırmalı analizi: Bir mal, hizmet, yapı veya sistemin tam ömrü veya belirli bir dönemi boyunca tüm yinelenen ve bir defaya mahsus (tekrar etmeyen) maliyetlerin toplamı (satın alma fiyatı, kurulum maliyetleri, işletme maliyetleri, bakım ve yükseltme maliyetleri dahil) ve mülkiyet veya faydalı ömür sonunda kalan (artık veya hurda) değer)
- Yıllık işletme maliyetlerinin karşılaştırmalı analizi
- Yıllık finansman maliyetlerinin karşılaştırmalı analizi

Bir GESS yatırımının finansal uygulanabilirliğinin analizinin sadece pompalama teknolojisinin seçimiyle ilgili olmadığını unutmamak gerekir. Analiz aynı zamanda tüm sulama sistemi kurulumunu da içermelidir. Çünkü su çıkarma ve taşıma yaklaşımı değiştirilirse değişebilir.

3. GES SİSTEMLERİ İÇİN ÖRNEK EKONOMİK UYGULANABİLİRLİK

Yukarıda ana hatlarıyla belirtildiği gibi, her sulama teknolojisi seçeneğinin, üretimde destekleyebileceği ürün çeşitliliği açısından kendi sınırlamaları vardır. Diğer taraftan, teknoloji seçimiyle bağlantılı yatırım maliyetleri, üretim için seçilecek ürün yelpazesini önemli ölçüde sınırlamaktadır. Genelde basınçlı sulama sistemleri ve özelde mikro sulama sistemleri, sulama altyapısı ve ekipmanı yatırımlarının sermaye yoğun tarafındadır.

Güneş Enerjili Sulama Sistemleri (GESS), daha yüksek değerli ürünlerle ürün modellerini benimseme ilkesine büyük ölçüde uymaktadır. Aşağıdaki bölümlerde, bu sistemlerden bazılarının örnek bir ekonomik analizi özetlenmiştir. Tüm bu sistemler boyut, sistem tasarımı ve üretim özellikleri bakımından oldukça farklıdır. Ek olarak, bu sistemlerin sübvansiyon derecesi, tamamen öz sermaye ile finanse edilen özel yatırımdan, tamamen sübvansiyon edilmiş bir yatırıma kadar önemli ölçüde farklılık gösterir.

Örnek GESS hesaplaması için, ilgili çiftlik yöneticileri/sahipleri ile görüşmeler sırasında belirlenen üretici fiyatlarına göre yapılabilir. Bazı veriler, özellikle tarımsal girdiler için referans değerler olmak üzere ikincil kaynaklardan elde edilebilir. Sulama sistemleri için 20 yıllık yaşam döngüsü düşünülebilir. Tüm nakit akış hesaplamalarına belirli bir enflasyon oranı (% 2) dahil edilir. NPV ve IRR hesaplamalarında iskonto oranı %6 değeri kullanılabilir. Bu değer, sermaye faizine ilişkin ılımlı bir beklenti oluşturmaktadır.

Kullanılan PV pompalarının yaşam döngüsü genellikle yedi yıl, sulama ekipmanı ise beş yıl olarak varsayılır. Yenileme gereksiniminin, sırasıyla PV sistemi ve sulama sisteminin ilk yatırımının % 20'si olduğu varsayılır. Sistem donanımı için genel kalıcı işletme ve bakım

gereksinimleri, ilk yatırım tutarının yıllık %2'si olarak kabul edilir. Bu oran, düzenli teknik bakım ve yedek parçalar/onarımlar için uygundur.

Seçilen GESS'nin tümü farklı bir bağlamı temsil eder ve seçim aynı zamanda farklı hedef gruplara da hitap eder. Tüm örneklerin ekonomik olarak uygun olduğunu görmek tatmin edicidir. Yatırımın geri dönüş derecesi, büyüklüklerinden dolayı örnekler arasında büyük ölçüde farklılık göstermektedir.

Örnek hesaplamalar, aynı zamanda yatırıma paralel olarak yüksek değerli ürünlerin benimsenmesinin önemini de artan oranda göstermektedir. Bu nedenle, GESS planlaması ve tasarımı sadece PV jeneratörü ve pompa tasarımına dayalı olmamalıdır. Gerekli pozitif nakit akışını sağlamak için, sulama sistemi ve dolayısıyla ürün biçimleri uyarlanmalıdır.

PV tabanlı su pompalama çözümleri, Dizel motordan hareket alan pompalar veya şebekeden beslenen elektrikli pompalar gibi geleneksel pompalama çözümleriyle karşılaştırıldığında, ekonomik uygulanabilirlikleri açısından da oldukça rekabetçidir. Bununla birlikte, kısmen yüksek sermaye gereksinimleri nedeniyle, geleneksel çözümlerden daha yüksek yatırım getirisi elde etmek için, doğru sistem boyutlandırması ve yoğunlaştırılmış tarımsal üretim gereklidir. Bu nedenle, sübvansiyon edilmiş bir ortamda kolayca gerçekleşen sistemlerin aşırı boyutlandırılmasından kaçınılmalıdır.

4. GES SİSTEMLERİ İÇİN İŞ MODELLERİ

İlke olarak, Güneş Enerjili Sulama Sistemleri (GESS), diğer sulama teknolojisi seçeneklerinden farklı özel bir iş modeli gerektirmez. Herhangi bir teknoloji seçiminde kilit belirleyici faktör, yatırım ihtiyacı ve sermaye gereksinimleri için geri ödeme seçenekleridir. Daha önce bahsedildiği gibi, bir GESS için başlangıç sermayesi gereksinimleri, geleneksel pompalama sistemlerinden önemli ölçüde daha yüksektir.

Dünya genelinde GESS'leri, çok çeşitli iş modelleri üzerinde kurulur ve çalıştırılır. Kurulumların çoğu, çiftlik sahiplerinin bireysel yatırımlarına dayanmaktadır. Ek olarak, küçük toprak sahipleri ve kooperatifler için grup planları da mevcuttur. Grup planları, finansal hizmetlere erişimi olmayan küçük işletmeler için ilginç bir seçenektir. Mevcut iş modellerinde, herhangi bir yaklaşım için dikkate alınması gereken üç temel etmen arasında temel bir ayrım yapılmalıdır:

1. *Sahiplik modeli*: Bireysel olarak sahip olunan, toplu olarak sahip olunan, üçüncü bir kişi olarak sahibinden kiralanır.
2. *Çalışma modeli*: Bireysel olarak çalıştırılır, toplu olarak çalıştırılır ve bir hizmet sağlayıcı tarafından işletilir.
3. *Finansman modeli*: Bireysel öz sermaye ve kredi ile finanse edilen, toplu olarak öz kaynak ve kredi ile finanse edilen, sübvansiyon edilen ve verilen/kiralanılan sistemler yer alır.

Yukarıdaki bakış açılarının kombinasyonları farklıdır. Güçlü pazar erişimine sahip daha büyük çiftlikler, öz sermaye veya krediye dayalı bireysel yatırım, bireysel mülkiyet ve bireysel veya dış kaynaklı operasyonu içeren bir iş modeliyle yatırım yapma eğilimindedir. Çiftlik ne kadar küçükse, finansman modeli o kadar önemli hale gelir. Orta ve küçük çiftlikler, sübvansiyon ve hibe finansmanı tercih etme eğilimindedir. Bu ölçekteki çiftlikler, aynı zamanda bireysel mülkiyet ve işletmeyi sürdürürler. Küçük çiftlik sahiplerinin genellikle, sübvansiyon ve hibelere dayalı olarak, toplu mülkiyeti ve işletme gruplandırmasını seçmesi gerekir.

Güneş Enerjili Sulama (GES) sistemleri konusunda; ABD, (Kaliforniya), Meksika, Şili, Hindistan, Senegal, Nepal ve Fas'ta yapılmış olan bazı çalışmalar değerlendirilmiştir. Ülke seçimi, dünya genelinde bir ortalama bir değerlendirme yapılmasına olanak sağlayacak ve farklı pazarlar hakkında fikir verecek şekilde yapılmıştır. Seçilen GES tesisi örnekleri farklı özellikleri temsil etmekte ve seçim aynı zamanda farklı hedef gruplara da hitap etmektedir. Yatırımın geri dönüş süresi, büyüklüklerinden dolayı örnekler arasında büyük ölçüde farklılık

göstermektedir. Örnek hesaplamalar, aynı zamanda yatırıma paralel olarak yüksek değerli ürünlerin benimsenmesinin önemini de artıran oranda göstermektedir. Bu nedenle, GES sistemi planlaması ve tasarımı sadece PV modül ve pompa tasarımına dayalı olmamalıdır. Gerekli pozitif nakit akışını sağlamak için, sulama sistemi ve ürün üretim yöntemleri uyarlanmalıdır.

İncelenen ülkelerde GES sistemleri konusunda yapılan çalışmalarının teknik ve ekonomik sonuçları bu raporda değerlendirilmiştir.

Her sulama teknolojisinin, üretimde destekleyebileceği ürün çeşitliliği açısından kendi sınırlamaları vardır. Diğer taraftan, teknoloji seçimiyle bağlantılı yatırım maliyetleri, üretim için seçilecek ürün yelpazesini önemli ölçüde sınırlamaktadır. Genelde basınçlı sulama sistemleri ve özelde mikro sulama sistemleri, sulama altyapısı ve ekipmanı yatırımlarının sermaye yoğun tarafındadır. İncelenen GES tesisleri; boyut, sistem tasarımı ve üretim özellikleri bakımından oldukça farklıdır. Ayrıca, bu sistemlerin sübvansiyon derecesi, tamamen öz sermaye ile finanse edilen özel bir yatırımdan, tamamen sübvansiyon edilmiş bir yatırıma kadar önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Örnek GES tesislerine ilişkin yapılan hesaplamalarda, sulama sistemlerinin 20 yıllık bir yaşam döngüsü düşünülmüştür. Nakit akışı hesaplamalarında % 2'lik bir enflasyon oranı dikkate alınmıştır. NPV ve IRR hesaplamalarında, iskonto oranı % 6 olarak kabul edilmiştir.

Kullanım süresi; PV pompalar için 7 yıl, sulama ekipmanları için 5 yıl olarak varsayılmıştır. Yenileme gereksiniminin, PV sistem ve sulama sisteminin ilk yatırımının % 20'si olduğu varsayılmıştır. Sistemin işletme ve bakım giderleri, ilk yatırım maliyetinin yıllık % 2'si düzeyinde sabit olarak kabul edilmiştir. Bu oran, düzenli teknik bakım ve yedek parçalar/onarımlar için uygun bir orandır. PV tabanlı su pompalama çözümleri, dizel motor tahrikli pompalar veya şebekeden beslenen elektrik ile çalışan pompalar gibi geleneksel pompalama çözümleriyle karşılaştırıldığında, ekonomik uygulanabilirlikleri açısından da oldukça rekabetçi özelliklere sahiptir. Bununla birlikte, kısmen yüksek sermaye gereksinimleri nedeniyle, geleneksel çözümlerden daha yüksek yatırım getirisi elde etmek için, GES sisteminin doğru boyutlandırması ve yoğunlaştırılmış tarımsal üretim gereklidir. Bu nedenle, sübvansiyon edilmiş bir ortamda ekonomik açıdan getiri sağlayacak olan GES sistemlerinin aşırı büyük olarak boyutlandırılmasından kaçınılmalıdır.

5. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Dünya genelinde artan enerji ihtiyacı, yenilenebilir kaynakların varlığı ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin azalan maliyeti, fotovoltaik (PV) teknolojisi için önemli düzeyde uygulama olanağı yaratmaktadır. Şebeke içi ve şebeke dışı elektrifikasyon için PV çözümlerin kullanılması oldukça yaygın hale gelmiştir. Güneş enerjisine dayalı su pompalama, kırsal alanlar için az bakım gerektiren bir seçenek olarak, içme ve hayvancılık için su temininde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, sulama sektöründe, PV tabanlı su çıkarma ve taşıma teknolojisi seçeneklerinden yararlanmak, hala kısmen nadir bir uygulamadır.

Dünya çapında sulama amacıyla kullanılan su pompalarının çoğu, fosil yakıtlarla (dizel, benzin, gaz) veya şebekeden sağlanan elektrikle (ve dolayısıyla fosil yakıt bazlı jeneratörler tarafından üretilen) çalışan motorlarla çalıştırılır. Fosil enerji kaynaklarının bulunabilirliği sınırlıdır ve bunların kullanımından kaynaklanan emisyonların küresel iklim üzerinde olumsuz etkileri vardır. Aynı zamanda, özellikle gelişmekte olan ülkelerde elektrik arzı, kırsal alanlarda büyük ölçüde bulunmasa da, yetersiz ve güvenilmez olma eğilimindedir. Bu durum, sulu tarıma çok daha geniş kapsamda PV teknolojisine getirilmesi için önemli bir potansiyel sunmaktadır. Sadece Hindistan için çiftliklerin 26 milyon Dizel ve elektrikli pompa çalıştırdığı tahmin edilmektedir. Artan yakıt fiyatları ve enerji tarifeleri, tarımsal üretimden elde edilen brüt kar marjları üzerinde mali bir etkiye sahiptir.

Bu çalışmadaki analiz, henüz çok yaygın olmasa da, PV destekli sulamanın teknik olarak uygun bir seçenek olduğunun altını çizmektedir. Güneş enerjili su pompalama, sulama sistemlerine farklı şekillerde entegre edilebilir. Farklı ülkelere gelen vaka çalışmaları,

teknolojinin geniş uygulama yelpazesine ilişkin bir fikir vermektedir. Teknik bir bakış açısından, fotovoltaiik su pompalama çoğu sulama uygulamasına entegre edilebilir. Yeraltından veya yüzeydeki su kaynaklarından su çıkarılması, yüksek pompalama basınçlarının kullanılması ve fazla ulaşım hizmetleri gerektiğinde bile teknik olarak mümkündür. PV pompaları, sentir pivotlar dahil olmak üzere, kapalı sulama sistemlerine basınç uygulamak için de kullanılabilir. Pompa üreticileri açısından teknoloji gelişimi çok ileri düzeydedir. Bu nedenle pazar hemen hemen her gereksinim ve koşul için uygun bir pompalama çözümü sağlayabilir. Bu durum, PV pompalarının hibrit sistemlere entegrasyonunu içerir.

PV teknolojisinin anlamlı ve uygulanabilir uygulamasına ilişkin kısıtlar, esas olarak agronomik ve finansal uygulanabilirlik yönlerinden kaynaklanmaktadır. Kamusal su tedarikinin tersine, sulama için su pompalama ekonomik bir mantığı takip etmelidir. Bu doğrultuda bir çiftçinin, arazi mülkiyeti ne kadar küçük olursa olsun, bir girişimci olduğu düşünülmelidir. Bir çiftlik hanesinin ana düşüncesi her zaman üretim (gıda) güvenliği ve gelir elde etmektir. Bu nedenle, üretimin artırılması, sabit ve değişken üretim maliyetlerinin en aza indirilmesi gerekmektedir.

Teknolojinin teşviki, bazı sınırları dikkate almalı ve PV teknolojisinin kullanımının, sistem tasarımı ve geliştirmesi için yüksek ilk sermaye yatırımı ve teknolojik bilgi birikimi gerektirdiği anlayışından yola çıkmalıdır. Sulamada PV sistem uygulaması, çiftçi için çekici bir alternatif olması amacıyla, teknolojinin sübvans edilemesiyle büyük ölçüde desteklenmektedir. Ancak sübvansiyon, ekonomik fizibilite ilkelerine uyulmamasına neden olmamalıdır. Örneğin, Hindistan'daki gibi, geleneksel havzalardaki düşük verimli yağlı tohumları sulamak için derin bir sondaj kuyusundan, güneş enerjisiyle çalışan su çıkartma işlemi yapılmamalıdır. Burada maliyetler ve faydalar arasında anlamlı bir ilişki bulunmamakla birlikte, söz konusu sübvansiyon nedeniyle, denklem ihmal edilmektedir.

Sulamada PV teknoloji kullanımı aşağıdaki bağlamlarda en iyi şekilde kullanılabilir:

- *Yüzey sulama:* Nehirler ve göller gibi yüzey su kaynaklarından veya sığ yeraltı suyu kaynaklarından su çekimi ve ileriye dönük su dağıtımı için birincil kanallara su basma
- *Damla sulama:* Yüzey veya yeraltı suyu kaynaklarından su alınması ve (i) depolama tesislerine su basma, (ii) basınçlı bir sisteme doğrudan su basma veya (iii) bir depolama tesisinden basınçlı bir sisteme su basma.

Su yoğun yüzey sulaması için derin yeraltı suyu kaynaklarından PV su pompaları ile su pompalama (veya yüzey su kaynaklarından yüksek bir basınç ile yukarı kaldırma) için, PV sistemin ve pompanın gerekli boyutları nedeniyle, uygun bir seçenek değildir. Aynı şekilde, basınç gerektiren yağmurlama sulaması için yeraltı suyundan veya yüzey suyu kaynaklarından su pompalamak da uygun bir seçenek değildir.

PV su pompaları, performanslarının güneş enerjisi seviyesiyle veya pompaya sağlanabilecek güneş enerjisi verimiyle ilişkili olması gibi karşılaştırmalı bir olumsuzluğa sahiptir. Bu nedenle, günün düşük ışınlı dönemlerinde (sabah/öğleden sonra) bile sulama ihtiyaçları ile ilgili yeterli performans elde etmesi gerektiğinden, bir PV pompası her zaman alternatif Dizel veya şebeke beslemeli elektrikli pompalardan daha büyük boyuttadır. Bu durum, daha büyük boyutlandırma ihtiyacı, günün yüksek ışınlı dönemlerinde (öğlen) aşırı kapasiteye neden olur.

Aşağıdaki ilkelere uyulursa, PV pompalarının sulamada uygun maliyetli ve uygulanabilir bir şekilde çalışması sağlanabilir:

- Su pompalama ihtiyacını azaltmak için su tasarrufu sağlayan sulama yöntemleri kullanılmalıdır. Bu anlamda en uygun sulama yöntemi düşük basınçlı sistemlerde <4 bar düzeyindedir.
- Orta su depolama tankları/havzaları, (buharlaşma kayıplarını önlemek için kapalı depolama tercih edilmelidir), alçak düşümlü bir su kaynağı ve düşük ışınlı

dönemlerde su otonomisi oluşturmak için bir GESS tasarımına entegre edilmelidir. Şebekeye ileriye doğru yerçekimi akışı sağlayabilen yükseltilmiş depolama tankları/havzaları (düşük basınçlı) kullanılabilir.

- Direkt enjeksiyonlu damla sulama sistemi tasarımları, sadece vejetasyon dönemi boyunca herhangi bir günde, sulanan alanın tamamının günde en az bir kez sulanabilmesi koşuluyla, sadece küçük işletmeler için düşünülmelidir.
- PV su çıkarma ve taşıma özellikli sulama sistemleri, bloklar arasında sulama rotasyonunu mümkün kılmak için, belirli pompalama performansına uyarlanmış sulama bloklarına bölünmelidir. Böylece, pompalama sisteminin aşırı boyutlandırılmasını önlenmiş olur.
- PV su pompaları, geleneksel pompalama çözümlerine yedek sistem olarak kullanılmamalıdır çünkü finansal uygulanabilirlikleri, mümkün olduğunca az ek işletme masrafı ile yüksek bir kullanım oranına bağlıdır. Bir PV pompalama sistemi kullanmaya karar verilirse, PV pompaları birincil pompalama bileşeni olmalıdır.
- Sistem tasarımı ve entegrasyonları hemen planlanmasa bile, filtre ve gübreleme sistemi bileşenleri için akış ve basınç gereksinimlerini içermelidir.
- Her su pompalama tesisatında bir izleme cihazı bulunmalıdır. En azından bir su akış ölçer, ideal olarak ayrıca basınç göstergesi bulunmalıdır.

PV tabanlı su çıkarma ve taşıma, özellikle teknolojinin düşük karbon ayak izi, emisyonların önlenmesi ve yeraltı suyu kirlenme risklerinin azaltılması nedeniyle, bir dizi olumlu ekolojik etkiye sahiptir. Su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ile ilgili olarak, PV tabanlı pompalama çözümleri, anlamlı bir şekilde planlanırsa yaygın bir olumlu etkiye sahip olabilir. Güneş enerjisiyle çalışan bir pompanın günlük çalışma aralığı, geleneksel enerji kaynaklarıyla çalıştırılan bir pompaninkinden %60'a kadar daha dardır. Bu sınırlamayı ortadan kaldırmak için modern ve su tasarrufu sağlayan mikro sulama yaklaşımlarının kullanılmasını önerilir. Bu duurm, PV pompalarının aşırı boyutlandırılması ve büyük su depolama kapasitelerinin oluşturulması gerçeğiyle birleştiğinde, hemen hemen tüm durumlarda (yeşil alan geliştirme hariç), teknolojinin yaygın olarak kullanılmasına engel teşkil etmektedir.

GESS'lerinin tasarımına ilişkin deneyimler, neredeyse hiçbir sistemin - mevcut anahtar teslimi çözümlerin bile - sistem kapasitesinin belirli çiftçinin ihtiyacına göre ve su kaynaklarının mevcudiyetine dayalı olacak şekilde planlanmadığını göstermektedir. Ayrıca, GESS'lerin çoğu parçalı bir şekilde tasarlanır ve planlanır. Su kaynağı, PV sistem/pompası ve sulama sistemi ve daha sonra ayrıca ürün deseni ve sulama yönetimi nadiren uyumlu hale getirilir ve çoğu zaman eşleşmez. Çoğu durumda bu, üretimi ve/veya brüt marjları olumsuz etkileyebilecek sistem verimsizlikleri yaratır. Bazı durumlarda, bu duurm, özellikle PV sistemi/pompası önemli ölçüde fazla veya küçük olduğunda veya ağ tasarımı uygun sulama yönetimine izin vermediğinde, sistem arızalarına veya doğası gereği finansal olarak uygulanabilir olmamaya neden olabilir. Özellikle ciddi durumlarda bu durum, su kaynaklarının sürdürülemez şekilde kullanılmasıyla da sonuçlanabilir. Birçok GESS, gerçek su mevcudiyeti ve yeraltı suyu şarjı dikkate alınarak tasarlanmamıştır. Daha da kötüsü, çiftçilerin ve sorumlu sistem geliştiricilerinin belirli su kaynaklarının kapasiteleri hakkında bilgileri yoktur.

Bu çalışmadan çıkan en önemli öneri, boyutu ne olursa olsun bir GESS tasarlarırken ve geliştirirken, doğal olarak su yönetiminin ve entegre planlamanın dikkate alınmasıdır. Güneş Enerjili Sulama Sistemleri (GESS) için bir tanıtım ve planlama kılavuzunun ve araçların öngörülen geliştirilmesi, yukarıdaki konuları dikkate almalıdır. Bir GESS planlamak, önemli düzeyde bilgi ve beceri gerektiren karmaşık bir işlemdir. Bu gereksinimler genellikle tek bir çiftçinin ve bireysel yayım işçisi veya danışmanın kapasitesini ve olanaklarını aşar. Bununla birlikte, tüm bileşenlerin mümkün olan azami ölçüde birbirine ayarlandığından emin olunmalıdır. Burada, yine pratik yönlendirme sağlamak için bir tanıtım ve planlama kılavuzuna ihtiyaç vardır.

Tarımda ve ötesinde suyun verimli kullanımının daha fazla teşvik edilmesi, sürdürülebilir su kaynakları yönetimini destekleyen önlemleri gerektirir. Bu gereklilik, piyasa ilkeleriyle düzenlenemez. Daha çok su kaynakları yönetimi kapasitelerinin oluşturulmasını, farkındalık yaratılmasını ve kapasite geliştirilmesini gerektirir.

Bu bağlamda ters etki yaratan bir uygulama, koşulsuz sübvansiyonların uygulanmasıdır. PV tabanlı pompalama çözümleri, su mevcudiyetine ve su kullanımının izlenmesine, su tasarrufu sağlayan sulama teknolojilerine ve su depolamanın sınırlandırılmasına sıkı sıkıya bağlı kalmadan, büyük ölçüde sübvansiyonla edildiği sürece, aşırı pompalamayla ilgili yaygın endişelere bağlı olarak teknolojinin sürdürülemez kullanım riski ağır basacaktır.

Günümüzde daha büyük bir GESS geliştirmenin önündeki temel engeller, ilk yatırım maliyetlerini ve sahaya uyarlanmış tasarım ve geliştirme için teknik bilgi birikimi ile ilişkilidir. Kurulum ve bakım için profesyonel hizmetler, hızla artan ölçüde mevcuttur. GESS'in son kullanıcılardan (çiftçiler) talep ettiği operasyonel beceriler, sistem geliştiricileri sistemleri uygun bir şekilde belgelediği müşterilerine eğitim sağladığı sürece yönetilebilir durumda olacaktır. Bireysel bir sistemin sürdürülebilirliğinin ve başarısının anahtarı, tarımsal üretim sürecinin uyarlanmasıdır. Burada, tarımsal yayım ve bilgi hizmetlerinin GESS kaynaklı talepler doğrultusunda kapasitelerini geliştirmeleri gerekmektedir.

Yüksek yatırım sermayesi ihtiyaçları, ek teminat seçenekleri olmaması ve uzun geri ödeme süresi nedeniyle, GESS geliştirmenin özel ihtiyaçlarını karşılayan uygun finansman ürünlerinin olmaması teknolojinin yayılması önünde bir engeldir. Hindistan ve Fas'taki gibi iyi örnekler, belirli bir risk yönetimi gerektirse de, karşılık gelen kredi finansmanının bir seçenek olduğunu göstermektedir. GESS tanıtım ve planlama el kitabı için önerilen kavram bunu dikkate alır. Bu nedenle tarım sektörü için finansman ürünleriyle ilgilenen finansman kurumlarının personelinin bilgi ihtiyaçlarını da entegre etmelidir.

Sübvansiyonlar, genellikle su tasarrufu sağlayan mikro sulama kavramlarıyla birlikte sulamada PV su pompalamasını desteklemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sübvansiyonlar, kısa vadede GESS teknolojisi için artan bir talep yaratır. Ancak aynı zamanda uzun vadede çiftçilerin ihtiyaçlarını karşılayan hizmetler sunan profesyonel bir özel sektör pazarının gelişimini de engeller. Bu sorunlu bağlam, genellikle hibe kurumları tarafından desteklenen politika diyaloglarında ve sektör stratejisi geliştirme çalışmalarında dikkate alınmalıdır.

Bir GES sistemi yatırımının ekonomik uygulanabilirliğinin sadece pompalama teknolojisinin seçimiyle ilgili olmadığını unutmamak gerekir. Analiz aynı zamanda tüm sulama sistemi kurulumunu da içermelidir. Çünkü su çıkarma ve taşıma yaklaşımı değiştirilirse, ekonomik uygulanabilirlik de değişebilir.

KAYNAKÇA

- [1] Öztürk H.H., *Güneş Enerjisiyle Sulama Yönetimi: Yönetim-Etkiler-Güçlü Ve Zayıf Yönler-Fırsatlar-Tehditler*. LAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-620-3-86364-2, 2021.
- [2] Sass, J., Hahn, A., *Solar Powered Irrigation Systems (SPIS) Technology, Economy, Impacts*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Bonn, 2020.

GÜNEŞ ENERJİYLE SULAMA SİSTEMLERİ İÇİN FIRSATLAR VE ENGELLER

**HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK¹, BÜLENT AYHAN², ÜMRAN ATAY³,
HAKAN GÖKER⁴, SENEM GÖK⁵**

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ORCID ID: 0000-0001-6904-5539

² Adana Ziraî Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-5357-0600

³ GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, ORCID ID: 0000-0002-2248-4582

⁴ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ORCID ID: 0000-0002-1162-0104

⁵ Adana Ziraî Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-2829-9927

ÖZET

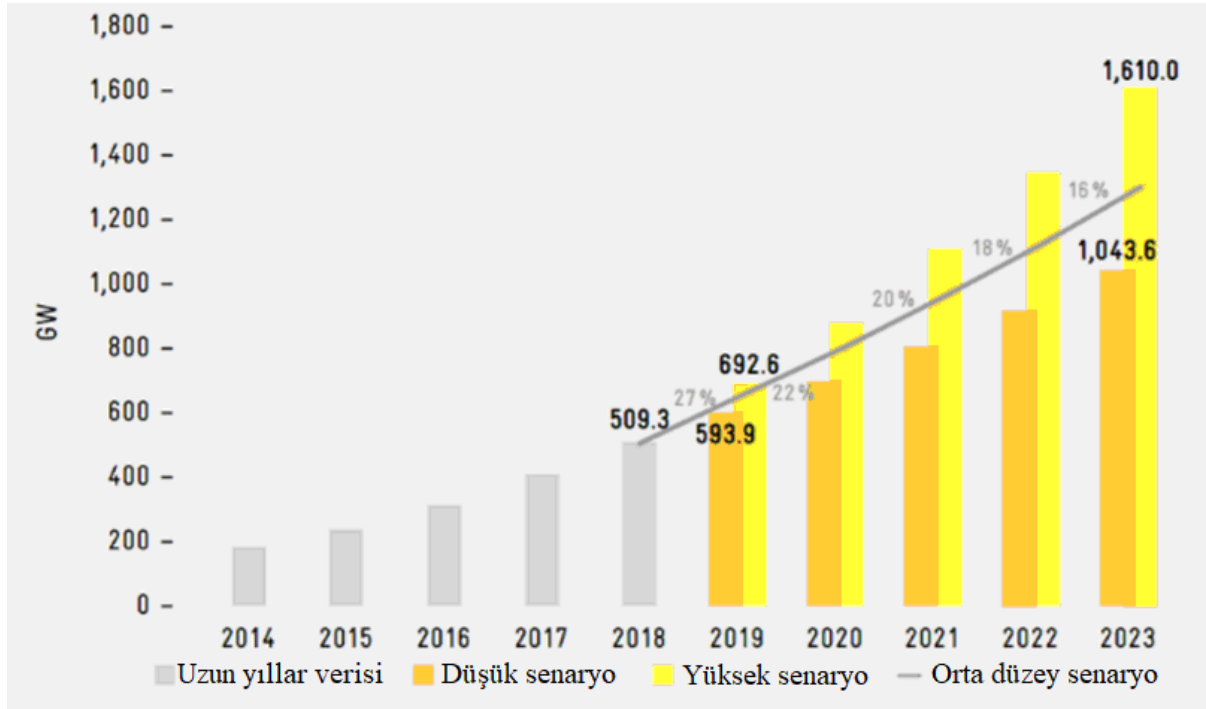
Dünya genelinde artan enerji ihtiyacı, yenilenebilir kaynakların varlığı ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin azalan maliyeti, fotovoltaik (PV) teknoloji için önemli düzeyde uygulama olanağı yaratmaktadır. PV endüstrisi ilerledikçe ve küresel pazar büyümeye devam ettikçe, bu eğilimin önümüzdeki yıllarda da devam etmesi beklenmektedir. Dünya genelinde sulama amacıyla kullanılan su pompalarının çoğu, fosil yakıtlarla (dizel, benzin, gaz) veya şebekeden sağlanan elektrikle (ve dolayısıyla fosil yakıt bazlı jeneratörler tarafından üretilen) çalışan motorlar ile çalıştırılır. Fosil enerji kaynaklarının bulunabilirliği sınırlıdır ve bunların kullanımından kaynaklanan emisyonların küresel iklim üzerinde olumsuz etkileri vardır. Aynı zamanda, özellikle gelişmekte olan ülkelerde elektrik arzı, kırsal alanlarda büyük ölçüde bulunmasa da, yetersiz ve güvenilmez olma eğilimindedir. Bu durum, PV teknolojinin sulu tarımda çok daha yaygınlaşması için önemli bir potansiyel sunmaktadır. PV teknolojinin uygulanabilirliğine ilişkin kısıtlar, esas olarak tarımsal ve finansal uygulanabilirlik ile ilişkilidir. Güneş Enerjisiyle Sulama Sistemleri (GESS), sadece ticari tarımsal üretimin verimliliğini ve karlılığını artırmaya katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda düşük gelişme potansiyeline sahip kırsal alanlarda gıda üretimi ve gıda güvenliği için önemli bir potansiyel de yaratabilir. Dünya genelinde GESS teknolojisi, daha yüksek ticari potansiyele sahip çiftlikler ve işletmeler için kullanılabilir olma eğilimindedir. GESS teknolojisi, genellikle sınırlı olan su kaynaklarının kullanılması açısından, daha yüksek mali kapasiteye sahip çiftlikler için, yüzey veya yeraltı sularının verimli kullanımına ilişkin avantaj da yaratabilir. Toplumun tüm kesimlerine eşit gelişme fırsatlarının yaratılmasıyla ilgili olarak, bu nedensellik kalkınma planlayıcıları tarafından dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada, GESS için teknolojik, ekonomik ve sosyolojik fırsatlar ve engeller tartışılmıştır. Çalışmanın amacı, bir GESS'nin farklı bileşenlerini genellikle gelişmekte olan ülkelerde bulunan zorlu çevre koşullarına uyarlamak ve bunların teknik güvenilirliğini ve ekonomik rekabet gücünü kanıtlamaktır.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, sulama, fırsatlar, engeller

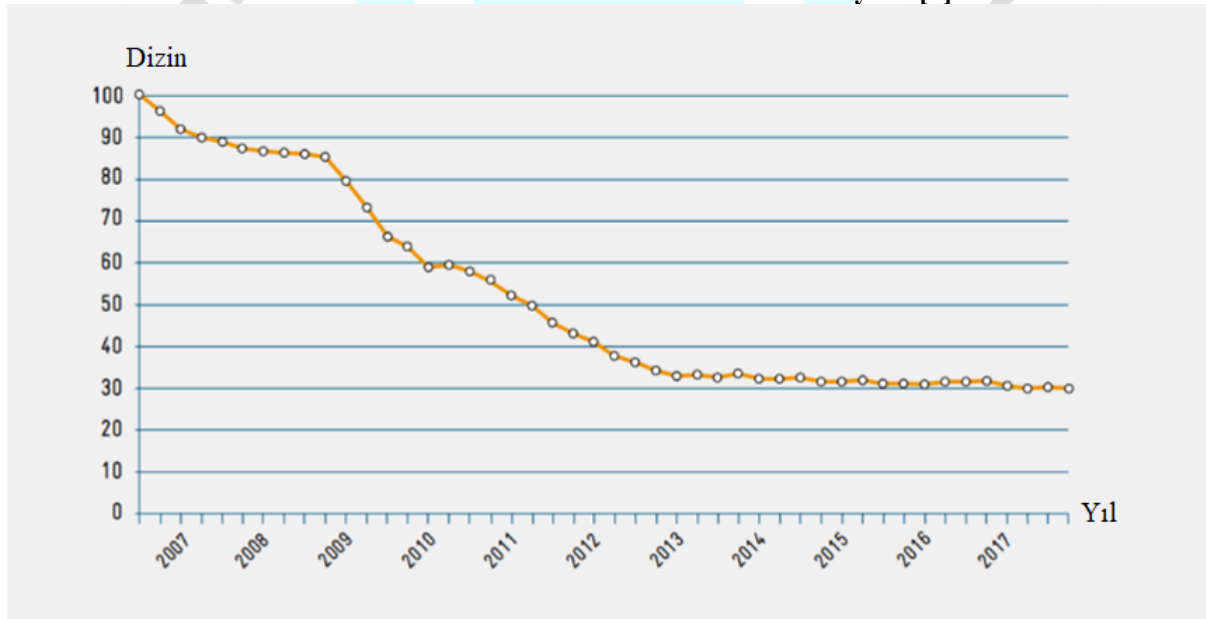
1. GİRİŞ

Zor bir endüstri konsolidasyonu ve ekonomik kriz döneminde bile, küresel fotovoltaik pazarı iyi gelişmektedir. Avrupa Fotovoltaik Endüstrisi Birliği'ne (EPIA) göre, 2013 yılı sonuna kadar dünya genelinde PV kapasitesi en az 38,4 GWp artmıştır. İlk kez, her yıl en az 160 terawatt-saat (TWh) elektrik üretebilecek bir miktara, yaklaşık 140 GWp düzeyinde bir küresel toplam kurulu kapasiteye ulaşılmıştır. Bu enerji miktarı, 45 milyondan fazla Avrupa'lı hanenin yıllık talebini karşılamak için yeterlidir.

EPIA tarafından geliştirilen tüm farklı büyüme senaryolarında, küresel PV pazarının 2020 yılına kadar istikrarlı bir şekilde büyümesi beklenmektedir (Görsel 1). Çin, 2013 yılında 11,8 GWp yeni eklenen kapasite ile en büyük pazar durumunda idi. Bunun 500 MWp değerini şebekeden bağımsız sistemler oluşturmaktaydı. Önümüzdeki yıllarda en hızlı PV sistem artışlarının, Hindistan, Latin Amerika ve MENA ülkeleri ile birlikte Çin ve Güneydoğu Asya'da devam etmesi beklenmektedir.



Görsel 1. 2023 Yılına Kadar Küresel PV Senaryosu [2]



Görsel 2. BSW-Solar PV Fiyat Endeksi: Vergisiz kW Başına En Fazla 10 kW'a Kadar Olan Çatı Sistemleri İçin Ortalama Son Müşteri Fiyatları [2]

EPIA'ya göre, PV teknolojisini finansal destek olmadan Dizel jeneratörler ile zaten rekabet edebildiği güneş kuşağı ülkelerinin PV potansiyeli 2020 yılına kadar 60 ile 250 GWp ve 2030 yılında 260 ile 1100 GWp arasında değişebilir. Güneş kuşağı ülkelerindeki PV pazarları açıkça gelişmeye başlamış olsa da, yüksek güneş enerjisi potansiyelinden henüz büyük ölçüde yararlanılmamaktadır.

Çoğu durumda, fotovoltaik (PV) teknolojinin pahalı bir teknoloji seçeneği olduğu ve hala geleneksel enerji kaynaklarıyla rekabet edemediği algısı hakimdir. Alman Güneş Enerjisi Endüstrisi Birliği (BSW-Solar) tarafından sağlanan istatistiksel veriler, fotovoltaik sistemlerin fiyatlarının son yıllarda ne kadar büyük ölçüde azaldığını açıkça göstermektedir.

2. RİSKLER VE ENGELLER

Güneş enerjili sulamayla ilgili başlıca fırsatlar şunlardır:

- PV pazarının hızlı büyümesine rağmen, potansiyelinin çoğu kullanılmadan kalır.

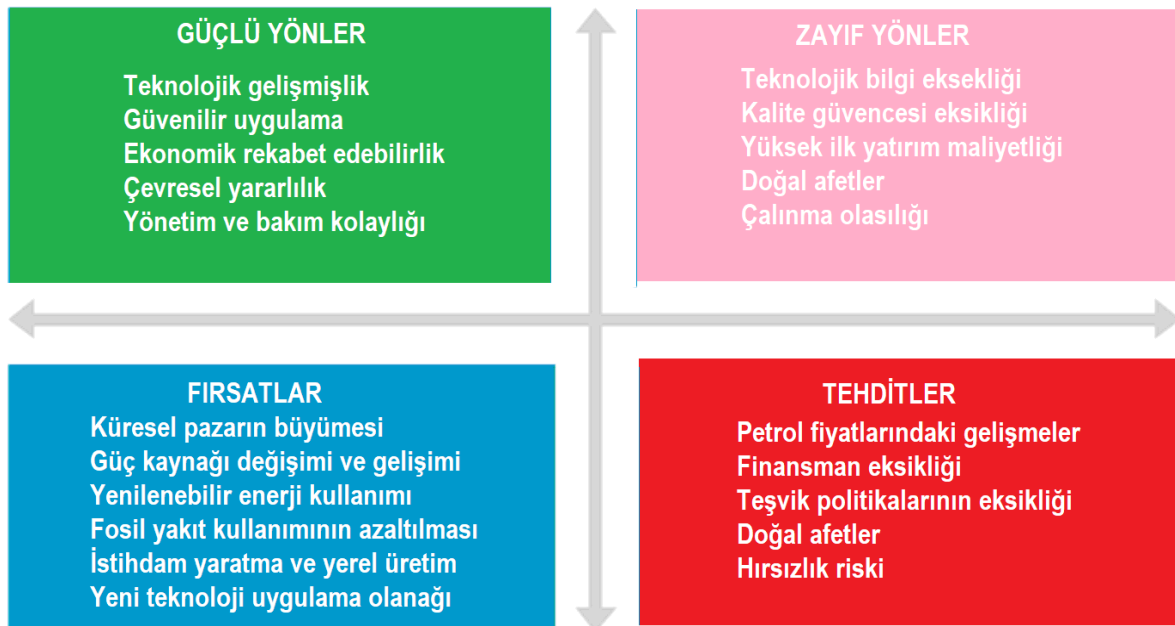
- PV fiyatlarındaki büyük azalmaya rağmen, PV modüllerin pahalı olduğu algısı devam etmektedir. Bu durum, yakın gelecekte pazar gelişmelerini engeller.
- Gelişmekte olan ülkelerin kırsal alan elektrifikasyonu devam etmekte ve PV su pompaları iyi bir şebeke dışı alternatif sunmaktadır.
- Yerel pazarların yüksek potansiyeli-Hindistan örneği: Ülkedeki Dizel pompalarının %50'si PV pompalarla değiştirilirse, Dizel tüketimi yaklaşık 225 milyar L/yıl seviyesine azalabilir.
- GESS, tarımsal üretkenlik açısından fırsatlar yaratır.
- GESS'nin grup veya kooperatif programları gibi toplu kullanımı, mevcut finansman engellerinin aşılmasına yardımcı olabilir.
- PV sistemleri, elektrik giderlerini ve güvenilir güç kaynağı sorunlarını azaltabilir.
- PV pazarı yerel olarak geliştikçe istihdam fırsatları yaratacaktır.
- Yenilik ve iyileştirme için bir faaliyet alanı vardır.

GESS'lerinin yaygınlaşması için başlıca riskler şunlardır:

- PV sistemleri yanlış bir şekilde çok pahalı olarak algılanır ve bu nedenle teknik bir seçenek olarak değerlendirilmez.
- PV sistemleri için uygun fiyatlı finansman hizmetleri henüz mevcut değildir.
- Dalgalı petrol fiyatları, geleneksel pompalama sistemleri için uygun bir ortam yaratabilir.
- Hibelerin ve sübvansiyonların kullanılması, GESS'lerinin yaygınlaşmasının uzun vadeli sürdürülebilirliğini zayıflatır.
- Özellikle gelişmekte olan ülkelerde tarım sektöründe, teknolojik GESS seçeneklerine ilişkin düşük farkındalık hakimdir.
- GESS'nin düşük kaliteli ve yanlış kullanımı, teknik güvenilirlik ve güvenilirliğe ilişkin itibarını zedeleyebilir.
- Hırsızlık gibi riskler, çiftçinin karar verme sürecini olumsuz etkileyebilir.

2.1. Güç Kaynağının Değişimi

Dünyanın elektriksiz bölgelerinde güneş enerjisi, çevreye duyarlı ve güvenilir bir enerji kaynağına erişim sağlamaya yardımcı olur. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, kırsal alanlarda şebekenin genişletilmesi ve güvenilir, kesintisiz bir elektrik arzının kurulması ihtimali uzak bir öngörüdür. Afrika, Asya ve Latin Amerika'nın ekonomik olarak zayıf kırsal bölgelerindeki kırsal elektrifikasyon, büyük ölçüde yerel şebeke dışı çözümlere yapılan yatırıma dayalı olacaktır.



Görsel 2. GESS'leri İçin SWOT Analizi

Güneş enerjisini yüksek olduğu bölgelerde, şebeke gücüne erişimi olmayan veya sadece sınırlı erişime sahip işletmelerde, tarımsal ürünlerin sulama suyu ihtiyacını karşılamak için, fotovoltaiik su pompaları her zaman dikkate değer bir alternatiftir. Kırsal alanlarda sulama suyunun pompalanmasında geleneksel yöntemler Dizel, gaz veya benzinle çalışan pompalardır. Bununla birlikte, bu tür geleneksel pompaların, bakım gereksinimlerinin fazla ve bu bakımların pahalı olmasının yanı sıra, düzenli bir yakıt tedarikine bağlı olmak gibi olumsuzlukları vardır. Bu nedenle gözetimin yapılmadığı bir işlem mümkün değildir. Genellikle, özellikle gelişmekte olan ülkelerin yetersiz yedek parça ve bakım olanaklarına sahip uzak bölgelerinde, geleneksel pompalar birkaç gün süren kesintilere tekrar tekrar maruz kalabilir. Ortaya çıkan su eksikliği, ürünlerin gözle görülür derecede zarar görmesine neden olacak kadar ciddi hasarlaraa neden olabilir. Çiftçi için geleneksel pompalama sistemlerinin kullanılması ekonomik bir risk anlamına gelir. Fotovoltaiik su pompalarının, sayısız bahçe ve tarla uygulamalarında kullanılmasının başlıca nedeni budur. Bu nedenle, Dizel pompaların değiştirilmesi, PV pompalar için ana pazar alanıdır. Fotovoltaiik su pompalarının içme suyu temini ve sulama için daha geniş kullanımına yönelik ilk adımlar, doksanlı yılların başlarında başlamıştır. Çeşitli araştırma kurumları, hükümet ve sivil toplum kuruluşları tarafından çok yıllık saha testleri yapılmıştır.



Görsel 4. Solda: Eski Dizel Pompa, Sağda: Hayvanlar İçin Su Temini

Temel amaç, bir PV pompa setinin farklı bileşenlerini genellikle gelişmekte olan ülkelerde bulunan zorlu çevre koşullarına uyarlamak ve bunların teknik güvenilirliğini ve ekonomik rekabet gücünü göstermektir. Pazara girişin ilk aşamasında, PV pompalar esas olarak içme ve hayvancılık için su temini amacıyla kullanılmıştır. Son yıllarda, binlerce fotovoltaiik su pompası satılmış ve üreticiler ürün verimlerini arttırmak için saha deneyimlerini arttırmıştır.

2010 yılından bu yana, sulama için güneş pompaları önem kazanmakta ve hatta bazı tedarikçilerin portföyüne hakim olmaktadır. Bu pazar gelişmesinin, önümüzdeki yıllarda büyüme yolunda devam etmesi beklenmektedir. Hindistan'da yapılan çalışmalar, PV su pompası pazar potansiyelinin çok büyük olduğunu ve pazarın hızlı bir şekilde büyüdüğü yönünde sonuçlar ortaya koymuştur. Ayrıca, yaklaşık 39 milyon hektarlık sulanan araziye su sağlamak için, 12 milyondan fazla elektrikli ve 9 milyon Dizel sulama pompasının çalıştığı ve bu Dizel pompaların sadece %50'sinin PV su pompası setleriyle değiştirildiğinde, Dizel yakıt tüketiminin yaklaşık 225 milyar L/yıl düzeyine azalabileceği bildirilmiştir.

KPMG tarafından 2011 yılında, Hindistan'daki güneş enerjisiyle çalışan pompaların potansiyelinin 2017-2022'ye kadar yaklaşık 16 GWp olacağını tahmin etmiştir. Hindistan Yeni ve Yenilenebilir Enerji Bakanlığı, 2015 yılında yaklaşık 50000 güneş enerjili pompa sistemi kurulacağını bildirmiştir. Bu hedef, yılda 200–250 MWp kurulu güce karşılık gelmektedir.

Benzer büyüme oranları, sadece geniş alanların sulandığı Çin ve Amerika Birleşik Devletleri'nde gözlenebilir.

2.2. Sıfırdan Gelişme

Gelişmekte olan ülkelerin birçoğu büyük tarımsal potansiyele sahiptir. Ancak, bu potansiyel genellikle büyük ölçüde kullanılmamaktadır. Sıfırdan tarıma hala çok az yatırım yapılmasının nedenleri çok yönlüdür. Yeni ticari çiftçilik girişimleri, başlıca aşağıdaki etmenlerden olumsuz etkilenmektedir:

- Finansmana erişimdeki zorluk
- Arazi açma (temizleme) gibi tek seferlik yüksek başlangıç maliyetleri
- Kötü yol koşulları gibi altyapı eksikliği
- Sulama suyu veya şebeke elektriğinin sınırlı olması veya hiç olmaması durumu
- Pahalı tarımsal girdiler
- Deneyimsiz işçiler ve yöneticiler
- Tarımsal danışmanlık hizmetlerinin eksikliği
- Pazara erişimdeki zorluklar
- Yüksek nakliye giderleri
- Tarım ürünleri fiyatlarının düşük olması

Güneş enerjisi gibi, ekonomik açıdan uygun ve güvenilir bir enerji kaynağı sağlamanın, yeni tarım işletmelerinde sadece birkaç sorunu çözeceği açıktır. Bununla birlikte, bu durum derin kuyulardan veya açık rezervuarlardan sulama suyunu pompalamak olduğunda, ticari tarıma girişin önündeki ilk engellerin aşılmasına yardımcı olabilir. Bu durumun güzel bir örneği, Kuzey Kenya'daki Turkana bölgesidir. Turkana, Kenya'nın en sıcak, en kurak ve en fakir bölgelerinden birisidir ve sık sık yıkıcı kuraklıklardan etkilenir. Bölge sakinlerinin çoğu, özellikle yağmur yokluğuna karşı savunmasız olan göçebe çobanlardır. Son zamanlarda, Turkana bölgesinde, ülkenin su kaynağının yaklaşık 70 yıl boyunca güvence altına alınmasına yardımcı olabilecek büyük bir su kaynağı keşfedilmiştir. Turkana'daki yeni rezervlere, güneş pompaları yardımıyla ulaşmak, bugün en sert bitkilerin bile hayatta kalmak için mücadele ettiği peyzajlarda geniş yeni tarım arazilerinin oluşmasını sağlayabilir.

2.3. Küçük Çiftçilerin Teknolojiye Erişimi

Fotovoltaik teknolojinin fiyatları son yıllarda önemli ölçüde azalmasına rağmen, birçok küçük işletme sahibi Güneş Enerjili Sulama Sistemi (GESS) satın alma konumunda değildir. Devlet teşvikleri ve sübvansiyonları bu hedef grubu desteklemeye kesinlikle yardımcı olur. Ancak, açık bir şekilde piyasaya yönelik yaygınlaştırma yaklaşımlarını engellemektedir. Çok kullanıcı grupların ve kooperatiflerin temeli, küçük çiftlik sahiplerine devlet desteği olmadan GESS teknolojisine erişim sağlamak için umut verici bir iş modeli olabilir. Bu yaklaşımın arkasındaki temel itici güç, bir grup çiftçinin bir fotovoltaik sulama sistemini paylaşması ve finansal kaynaklarını sistemi finanse etmek, işletmek ve sürdürmek için kullanmasıdır. Temel yarar, organize birçok kullanıcı grubun veya çiftçi kooperatifinin ticari finansman programlarına çok daha iyi erişime sahip olması ve finansman kurumu için yapılamayacak ödemelerin düşük riski nedeniyle daha iyi koşullar elde edilmesidir.

Çok kullanıcı sistemlerin uygulanmasında en zor nokta, potansiyel kullanıcıların çıkarlarını birleştirmektir. Başarılı bir uygulama için, tüm kullanıcıların bulunan çözümünden memnun olması ve hepsinin PV sulama sistemini desteklemesi önemlidir. Belirli sosyo-kültürel koşullara ve bireysel çiftçilerin kişiliğine bağlı olarak, bu model her zaman işe yaramayabilir. Bu konuda olumlu örnekler, kullanıcı gruplarının ve kooperatiflerin kuruluşunun oldukça yaygın olduğu ve kırsal alanlarda genel olarak kabul edildiği Hindistan ve Kenya'dan verilebilir. Hindistan'da GIZ, Vaishali Bölgesi Küçük Çiftçiler Derneği'ni (VASFA) desteklemekte ve kar elde etmek amacıyla yetiştirilen ürünlerin sulanması için iki pilot tesis kurmuştur. Yaklaşık 70 çiftçi, sistemi birlikte işletmekte ve PV pompa kullanımı için ücret toplamaktadırlar. Grup tarafından toplanan ücret miktarı, pompa işletmecisinin maaşını

ödemeye yeterli olup, önümüzdeki yıllarda daha fazla Dizel motorlu pompa setinin değiştirilmesine olanak sağlayacaktır. Proje, çiftçilerin nakit akışı potansiyelini açıkça ortaya koymaktadır. Böylece, bankalar son kullanıcı finansmanını sağlamak için uygun geri ödeme mekanizmalarıyla esnek olan kredi ürünlerini geliştirmeye başlamışlardır (Görsel 5).



Görsel 5. Hindistan'daki Finans Kurumları Kredi Görevlilerinin Yerinde Tanıtım Ziyareti

2.4. Şebeke Güç Kesintilerini Dengelemek

Kırsal alanda yer alan bir çiftlik şehir şebekesine bağlı olsa bile, elektrik gücünün sürekli kullanılabilirliği garanti edilemez. Gelişmekte olan ülkelerin bazı kırsal bölgelerinde enerji kesilmesi sık gözlenen bir durumdur ve çiftçiler genellikle birkaç saatlik kesinti yaşamaktadır (Görsel 6)

Fotovoltaik pompalar, elektrik kesintilerini giderebilir ve aylık elektrik faturasını önemli ölçüde azaltabilir. Fas'ta, sulama için şebeke elektriği güneş enerjisinden bile daha pahalıdır. Bu nedenle, birçok Faslı çiftçi, elektrikli pompalarını kullanmamakta ve güneş enerjisini tercih etme eğilimindedirler. Elektrifikasyon oranı $> \%95$ olmasına rağmen, bu durum şu anda Fas pazarını yönlendirmektedir.



Görsel 6. Hindistan, Rajasthan'da Güvenilmez Bir Şebeke Bağlantısı

2.5. İş Yaratma Ve Yerel Üretim

GESS'nin gelişmekte olan ülkelerde yaygın olarak tanıtılmasıyla, yeni istihdam fırsatlarının yaratılması beklenmektedir. Birçok GESS bileşeni hala sanayileşmiş ülkelerde üretilmektedir. Bununla birlikte, büyüyen küresel GESS pazarı, uluslararası üreticilerin üretim kapasitelerini artırmalarına ve böylece daha fazla insanı istihdam etmelerine olanak tanır.

Gelişmekte olan ülkelerdeki bireysel hedef pazarlar, kritik bir gelişmeye ulaşır ulaşmaz, sistem bileşenlerinin yerel olarak üretimi artacaktır.

Günümüzde güneş enerjili su pompalamada en büyük pazar olan Hindistan, iyi bir örnek oluşturmaktadır. Hindistan’da, Güneş Enerjili Sulama Sistemi (GESS) kurmak için gerekli tüm bileşenler, yerel olarak üretilmekte ve her gün pazarda yeni paydaşlar ortaya çıkarak pazar paylarını kazanmaya çalışmaktadır. İmalatta istihdam yaratmanın yanı sıra, nitelikli işlemler değer zinciri boyunca gelişecektir. Distribütörler, gerekli satış kanallarını kuracak ve ürünlerini, tesislerin kullanıcıya özel tasarımından sorumlu sistem entegratörlerine satacaktır. Uygun tesis kurulumu için uzman kurulumcular gereklidir. Bölgesel tarımsal yayım çalışanları ve operatörleri sürdürülebilir tesis işletimi ile ilgilenmektedir. Ucuz ve güvenilir bir su kaynağına erişime sahip olan çiftçilerin üretimlerini artırmaları ve çiftlik çalışanları ve tesis yöneticileri için hem yeşil alan hem de kahverengi alan sulama planlarında yeni işler yaratması beklenmektedir.

2.6. Yenilik Potansiyeli

Güneş enerjisiyle sulamanın teknik yönleri genellikle yeterince gelişmiş olarak kabul edilirken, daha yakından bakıldığında yenilikler, bileşen iyileştirmeleri ve saha araştırmaları için hala geliştirme potansiyeli olduğu görülmektedir.

2.6.1. Güneş Modüllerinin Doğu/Batı Yerleşimi

PV modülleri sürekli olarak güneşe yönlendirmek için, güneş izleme cihazları kullanılır. Özellikle doğrudan beslemeli Güneş Enerjili Sulama Sistemlerinde (GESS), güneşi izleyen sistemler popülerlik kazanmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerin uzak bölgelerinde kullanılan izleyicilerin temel olumsuzluğu, hareketli parçalar ve elektronik kontrol üniteleri nedeniyle düzenli bakım ihtiyacıdır. Bir PV ünitenin sabit durumda doğu/batı yönünde yerleştirilmesi, bir PV pompalama sisteminin performansını ve güvenilirliğini artırmak için, basit ve uygun bir teknik çözüm olarak kabul edilir. Günümüzde, Görsel 7’de gösterildiği gibi, büyük endüstriyel çatılara PV modüllerin yerleşimi için doğu/batı montajı uygulanır.



Görsel 7. Endüstri Tesisi Çatısında Doğu/Batı Yönünde PV Modül Yerleşimi

2.6.2. Tasarım Yazılımı İyileştirme

Gelecek vaat eden doğu/batı montaj tekniği, çeşitli tasarım programlarında henüz yerini bulamamıştır. Daha da önemlisi, günümüzde piyasada fotovoltaiik pompalar ve sulama sistemleri için tasarım özelliklerini entegre eden ticari olarak mevcut bir yazılım çözümünün olmamasıdır. Bu konuda acil bir araştırma ve geliştirmeye ihtiyaç vardır.

2.6.3. Güneş Enerjili Sentir Pivot Sulama Sistemleri

Tarım alanlarında verim artışı sağlamak, günümüz koşullarında sulama ve sulama sistemlerinin önemini gündeme getirmiştir. Gerek tarım alanlarının büyüklüğü, gerekse entegre tesislerin kurulması ile birim alandan en yüksek verimin alınması gerekmiştir. Bu durum sulu

tarımı zorunlu hale getirmiştir. Bununla birlikte; tarım alanlarının büyüklüğü, mevcut sulama sistemlerinin uygulama zorlukları, işçilik maliyetlerinin yüksek olması, mevcut sistemlerde insan gücüne olan gereksinim, topraktaki tuzluluk, sulama suyunun ihtiyaçtan fazla kullanılması, topraktaki drenaj sorunları gibi birçok nedenden dolayı, sulamada modern sistemlerin kullanılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Tarımsal sulamada *merkez eksenli dairesel sulama sistemleri* (sentr pivot) sulama teknolojisindeki önemli gelişmelerde birisidir (Görsel 8). Büyük alanların merkezi sistem ve yapıya uygun projelendirilmesi senter pivot sulama sistemlerinin tamamen ayrı bir kategoride değerlendirilmesini olanaklı kılmaktadır.



Görsel 8. Merkez Eksenli Dairesel Sulama Sistemleri (Sentr Pivot)

Sentr pivot sulama sistemleri ile; yağmurlama ve yüzey sulama yapılabilir. Sistem, dış etkenlere karşı galvanizle kaplı çelik borulardan, suyun temas ettiği yüzeylerde polietilen kaplama ve çelik konstrüksiyondan oluşan dairesel hareket eden otomatik olarak çalışan bir sistemdir (Görsel 8). Sentr pivot sulama sistemleri; 135 metreden 1100 metre yarıçapına kadar sulama yapabilen ve eğimli arazilere adapte edilebilen teknolojik sistemlerdir. Ayrıca, sistem üzerinden sulama ile birlikte gübreleme ve ilaçlama yapmak mümkündür. Sentr pivot sulama sistemleri ile; mısır, buğday, arpa, yonca, şeker pancarı, bodur meyve ve narenciye ağaçları, kavun, karpuz, yem bitkileri, pamuk, soğan, patates, bakliyatlar ve benzeri bir çok bitkinin sulaması yapılabilir. Dairesel sulama olarak da adlandırılan senter pivot sulama, ekipmanın bir pivot etrafında döndüğü ve bitkilerin fiskeyle sulandığı bir sulama sistemidir (Görsel 9). Pivot üzerinde merkezlenmiş dairesel bir alan sulanır ve genellikle yukarıdan bakıldığında ekinlerde dairesel bir desen oluşturur (Görsel 10).

Sentir pivot sistemleri, geniş bir uygulama yelpazesini kapsama üstünlüğüne sahiptir. Eğimli araziler, farklı topraklar ve ürünler verimli bir şekilde sulanabilir ve hektar başına yatırım maliyeti en düşük sulama sistemlerinden birisidir. Sentir pivotların kısmen yüksek basınç ihtiyaçları ve günlük su talepleri nedeniyle, bu sistemler genellikle fotovoltaiik üniteler ile çalıştırılmazlar. Bununla birlikte, son yıllarda artan yakıt fiyatları ve gelişmekte olan ülkelerin uzak bölgelerindeki güvenilirlik şebeke tedariki nedeniyle, bazı şirketler kısmen veya tamamen PV ile çalışan cihazlar geliştirmeye başlamışlardır.

Görsel 11, 50 hektar alanda sulama yapabilen, güneş enerjili sentir pivot sulama sisteminin başlıca bileşenlerini göstermektedir. Yonca üretimi için Sudan'da güneş enerjisi işletimi için optimize edilmiş ilk pilot tesis kurulmuştur ve saha sonuçları umut vericidir.



Görsel 9. Sentir Pivot Sulama Uygulaması



Görsel 10. Sentir Pivot Sulama Yapılan Alanın Üst Görünüşü

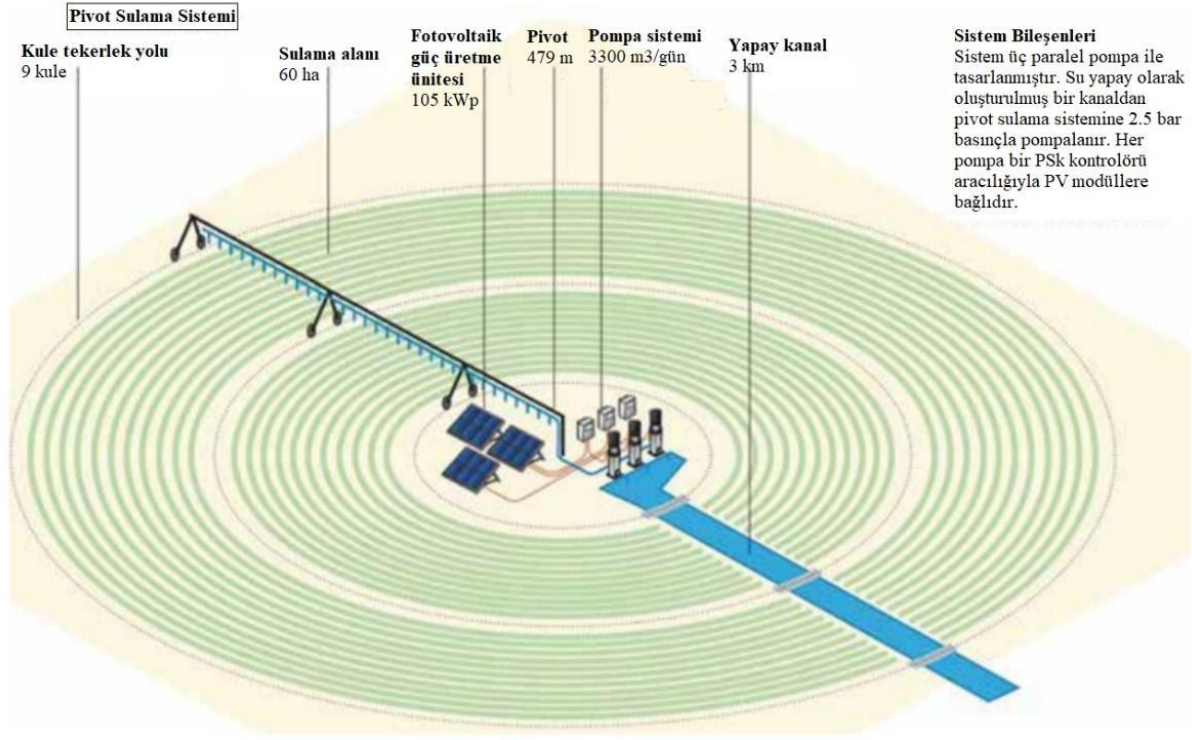
2.6.4. Çok Küçük Ve Marjinal Çiftçiler İçin Pompa Çözümleri

Hindistan'da bir dizi teknoloji geliştiricisi, çok küçük evlerden ve marjinal çiftlik evlerine kadar, bir evin ihtiyacını karşılamak için tasarlanmış taşınabilir güneş pompası çözümlerini geliştirmiştir. Pompalar 1 HP ve altında kapasiteye sahiptirler. Debi olarak 10 m/saate ulaşan miktarlardaki su, 10 m yüksekliğe kadar basılabilmektedir. Bu sistemdeki güç üretme ünitelerinde, 100 W gücünde 12 adet PV modül bulunmaktadır. Yaklaşık 25 hektarlık alan boyutları için daha küçük PV tahrikli sentir pivotlar sistemler; Hindistan, ABD ve Çin'de geliştirme aşamasındadır. Sentir pivot teknolojisi, PV teknolojinin büyük ölçekli sulama alanlarında yaygın olarak kullanılabilir.

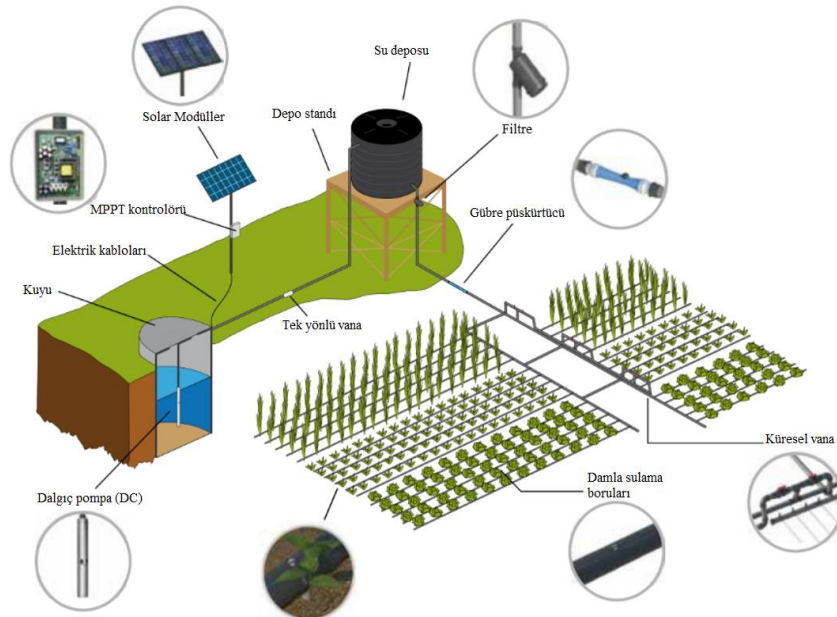
2.6.5. Anahtar Teslim Çözümler

GESS bileşenlerinin çoğu tedarikçisi, zaman içinde uzmanlaşmıştır ve bağımsız sistem bileşenlerinin üretimi ve satışına odaklanmıştır. Fotovoltaiik pompa ve sulama sistemini içeren entegre çözümler, uyumlu bir sistem tasarımına sahip olmak yararlı olsa da, piyasada nadiren

bulunabilmektedir. Kenyalı SunCulture şirketi, AgroSolar Irrigation Kit adlı örnek bir ürün geliştirmiştir (Görsel 12). Kit, kullanıcıların tarıma başlamasını daha ucuz ve daha kolay hale getirmek için, uygun maliyetli güneş enerjisi pompalama teknolojisini yüksek verimli damla sulama sistemiyle birleştirmiştir. Bireysel tarla boyutuna ve ürün türüne göre kolayca ayarlanabilen birkaç standartlaştırılmış güneş enerjisi ve sulama kiti mevcuttur. Tata Power Solar ve JAIN Sulama Sistemleri gibi Hintli üreticiler de portföylerini çeşitlendirmişler ve çiftçiler için tek durak noktası haline gelmişlerdir. Bu olumlu eğilim, GESS'in genel sistem verimliliğine ve performansına kesinlikle katkıda bulunacaktır.



Görsel 11. Güneş Enerjili Sentir Pivot Sulama Sisteminin Başlıca Bileşenleri



Görsel 12. Kenya'dan AgroSolar Sulama Kiti Kavramı

3. ENGELLERİN VE RİSKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Gelişmekte olan ülkelerde, çok fazla olan PV potansiyellerinden yararlanmak için çeşitli engellerin aşılması gerekmektedir. Bu bölümde, GESS'lerinin yaygın olarak kullanılmasını engelleyen başlıca etmenler değerlendirilmiştir.

3.1. Yüksek İlk Yatırım Maliyeti

Daha önce açıklandığı gibi, PV sistemlerinin maliyeti son 30 yılda sürekli olarak azalmaktadır. Temelde akıllı teşvik programları, teknolojik gelişmeler ve ölçek ekonomileri, üretim maliyetlerinin istikrarlı bir şekilde azaltılmasını teşvik etmiştir. PV endüstrisi ilerledikçe ve küresel pazar büyümeye devam ettikçe, bu eğilimin önümüzdeki yıllarda da devam etmesi beklenmektedir.

Güneş PV teknolojisinin yararları açık olsa da, gelişmekte olan ülkelerin kırsal alanlarındaki satın alma kararları, genellikle rakip geleneksel enerji sistemleri lehine alınır. Çalışmaya hazır PV pompalama sistemlerinin maliyeti, karşılaştırılabilir performansa sahip Dizel pompaların yaklaşık iki katı kadardır. Bu nedenle, güneş enerjisi seçeneğinin kısmen yüksek ilk yatırım maliyetleri kritik önem taşımaktadır. Çünkü, fotovoltaiik sulamayı tercih eden çiftçilere yüksek mali yükler getirmektedir. Bununla birlikte, güneş enerjisi sisteminin kurulmasından sonra, bir Dizel pompanın işletme maliyetinin, sadece bir kısmının tahakkuk edilebildiği sıklıkla göz ardı edilmektedir.

Sonuç olarak, farklı teknolojileri sadece yatırım maliyetleri temelinde karşılaştırmak ekonomik bir anlam ifade etmemektedir. Bununla birlikte, PV'nin son derece pahalı olduğu ve günümüz bakış açısından, bunun, sulu tarımda güneş pompalarının yaygınlaşmasının önündeki ana engel olduğu algısı devam etmektedir.

3.2. Pazar Odaklı Finansmanın Eksikliği

İlk maliyet engelini aşmak için karşılanabilir ve erişilebilir finansman mekanizmalarına ihtiyaç vardır. Sübvansiyonlar ve hibelere kıyasla, ticari finansman planları tercih edilir. Bununla birlikte, genellikle yüksek peşinat ödemeleri (temerrütleri en aza indirmek için) ve kısa vadeler içeren düzenli tüketici kredileri, GESS alımlarını yüksek gelirli çiftçilerle sınırlandırır.

Küçük bir çiftçi için kredi almak bazen zordur. Özellikle bankalar, güneş enerjili su pompalama gibi teknolojileri finanse etme konusunda isteksiz kalabilir. Bankalar için, teknolojisini bildikleri ve onlarca yıldır kredi verdikleri, başarısı kanıtlanmış bir Dizel pompa sistemlerine yatırım yapmak, finansman açısından hem daha ucuz hem de daha kolaydır.

Çiftçiler yeterince büyük bir kredi alabilseler bile, genellikle yüksek faiz oranları ödemeleri ve teminat vermeleri gerekir ki bu çoğunlukla kendi arazileridir. Örneğin, Kenya'da çiftçiler bir tarım kredisi için %18'e kadar faiz ödemek zorundadır. Pompa, garanti edildiği gibi çalışmazsa ve hasat kötü sonuçlanırsa, bu krediyi temerrüde düşürmek ve en kötü durumda çiftliklerini kaybetmek anlamına gelebilir.

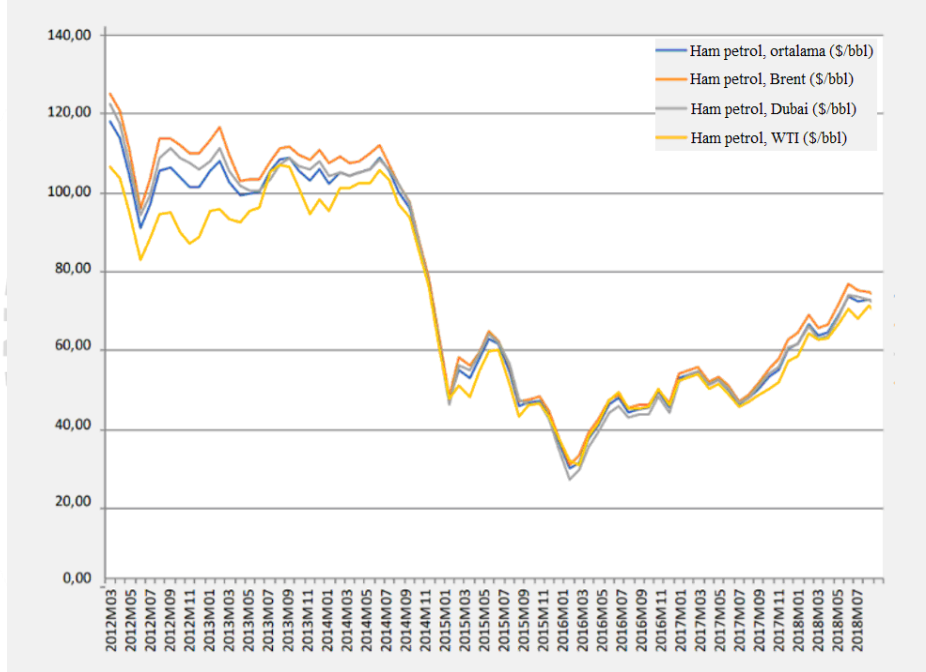
Bu nedenle, borçluların yeterli güvence sağlayamaması, vadeli kredi sunmanın önünde büyük bir engeldir. Bu sorunun üstesinden gelmek için bazı yaklaşımlar; parça güvenliği olarak PV sistemi, öz sermaye fonlarını, kredi garantilerini, tedarikçi kredilerini ve öz sermaye yatırımlarını veya hükümetten borç finansman yardımı olarak kullanmayı kapsar. Ayrıca, düzensiz gelir akışlarına sahip çiftlikler için esnek ödeme planlarına ihtiyaç vardır. Bu kadar düşük maliyetli ve erişilebilir finansman mekanizmaları sağlanamazsa, geleneksel pompaların pazara hakim olmaya devam etme riski yüksektir.

3.3. Petrol Fiyatlarının Gelişimi

ABD kaya petrolü üretiminin artması ve Avrupa ve Çin'in petrole olan talebi azalması sebebiyle petrol fiyatları 2014 yılının ikinci yarısında keskin bir şekilde düşmüştür. Aralık 2014 tarihinde, ham petrol fiyatı 2009'dan bu yana en düşük seviyesine ulaşarak, dört yıllık yüksek ve istikrarlı fiyat dönemi sona ermiştir.

2015 yılının ilk yarısında ortalama ham petrol fiyatları bir miktar toparlanırken, yılın ikinci yarısında tekrar 2003 sonundan bu yana en düşük seviyesine gerilemişti. 2016 yılında petrol fiyatları varil başına 45-55 ABD doları seviyelerine yükselmiştir (Görsel 13).

Dünya Bankası, Nisan 2017 tarihinde, 2017 ham petrol fiyat tahminini varil başına 55 ABD doları olarak sabit tutmuştur. Petrol fiyatları 2018'de ortalama 60 ABD doları ve 2019'da 61,5 ABD doları seviyesine yükselmiştir. Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (OPEC) ve OPEC üyesi olmayan devletlerin üretim kesintileriyle desteklenen yükselen petrol fiyatları, piyasaların kademeli olarak yeniden dengelenmesine olanak tanıyacaktı. ABD kaya petrolü endüstrisindeki toparlanmanın beklenenden fazla olması durumunda, bu petrol fiyatı tahminleri aşağı yönlü risklere tabidir (Dünya Bankası 2017). Son yıllarda, PV pompaların pazar gelişimi esas olarak sürekli artan dizel fiyatlarından kaynaklanmıştır. İstikrar ve hatta dizel fiyatının daha da düşmesi, gelecekteki pazar büyümesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabilir. Diğer taraftan, GESS'lerinin rekabet gücü, sadece Dizel yakıt satış fiyatına bağlı değildir. Gelişmekte olan ülkelerin uzak bölgelerinde, Dizel yakıtı uzaktaki çiftlik sahasına getirmek bazen en önemli maliyet faktörüdür. Bu nedenle, düşük Dizel fiyatının GESS pazarının gelişimi üzerindeki etkisinin oldukça kısa vadeli ve kısmen düşük riskli olduğu varsayılmaktadır.



Görsel 13. Ham Petrol Fiyatlarının Değişimi (2012–2018)

3.4. Pazar Odaklı Politikaların Eksikliği

Hibe ve sübvansiyonların makul bir şekilde kullanılması, küçük ölçekli işletmelerin GESS teknolojilerine erişim sağlamasına yardımcı olabilir. Bununla birlikte, hibe ve sübvansiyonların kullanılması, GESS'nin yaygınlaşmasının uzun vadeli sürdürülebilirliğine zarar verebilir. Örneğin, Şili ve Hindistan'da, sübvansiyonlar yoluyla GESS teknolojisi için güçlü devlet teşviki, özel sektör aktörlerinin pazarı kendileri geliştirme ve müşterilerin ihtiyaçlarına hizmet etme girişimini sınırlamıştır. Her iki ülkede de GESS işlerinin %99'u devlet destekli programlar tarafından yürütülmektedir. Bu durum, sübvansiyonların sistem kurulumu ve kabulünden hemen sonra zamanında ödenmesini daha da önemli hale getirir. Hindistan'da şirketler, GESS için sık sık (bazı durumlarda iki yıldan fazla) ön finansman sağlamak zorunda kaldıklarını bildirmektedirler. Gerekli finansman maliyetlerinin sistem fiyatına eklenmesi ve sistem maliyetlerini yapay olarak artırması beklenen bir durumdur.

Ayrıca, Şili ve Hindistan'da sunulan GESS kitleri standartlaştırılmıştır ve boyutları sınırlıdır ve nadiren çiftliklerin su gereksinimlerinin tamamını karşılar. Birçok durumda, bu sistem sınırlaması çiftçiler arasında ciddi kabul sorunlarına neden olmaktadır. Kamu destek

programlarının ihalesi yaygın bir uygulamadır. Bazı durumlarda sadece yerel olarak üretilen ürünler kabul edilmektedir. Bu durum, yerel üretimi teşvik eder. Ancak, düşük kaliteli veya yeterince deneyim kazanılmamış bileşenler kullanılırsa, sistem güvenilirliğini tehlikeye atabilir. Diğer taraftan, ithal edilen GESS bileşenleri genellikle ithalat ve gümrük vergilerine tabidir. GESS pazar gelişimine karşı ayrımcılık yapılması için, hükümetlerin vergi ve vergi yapılarını ayarlaması tavsiye edilir. Özellikle PV modüller için, kısmen yüksek ithalat vergileri ve diğer vergiler ticari olarak uygulanabilir. Pazar güdümlü GESS programları potansiyelini sınırlayabilir. Örneğin Hindistan'da, ithalatçılar sadece motor/pompa ve kontrol birimi için %14,5 vergi ve harç ödemek zorundadır.

PV sistem bileşenleri üzerindeki harçlar ve vergiler, GESS'nin maliyetlerini açıkça yükseltir. Aynı zamanda, kırsal şebeke hizmeti veya geleneksel yakıt sübvansiyonları, genellikle rekabet eden enerji seçeneklerinin maliyetini ekonomik değerlerinin çok altına düşürür. Fas'ta kırsal haneler için LPG sübvansiyonu buna iyi bir örnektir. Başlangıçta yemek pişirme amaçlı yüksek LPG maliyetini düşürmeyi amaçlayan sübvansiyon, artık Fas çiftliklerinde büyük ölçekli sulama için LPG'li jeneratörleri teşvik etmeye hizmet etmektedir. Örnekler, GESS'i sübvansiyon eden birçok otoritenin politikalarının, piyasaya yönelik yaygınlaştırmayı teşvik etmedikleri için kısıtlandığını göstermektedir. Yanlış tanıtım stratejisi uygulanırsa, bu tür programların başarısız olma riski yüksektir.

3.5. Farkındalık Eksikliği ve Etki İzleme

Güneş Enerjili Sulama Sistemleri (GESS), sulama suyunun pompalanması için yeni olanaklar sağlar. Halihazırda yalnızca birkaç ülke teknolojiyi teşvik ettiği sürece, GESS, özellikle gelişmekte olan birçok ülkenin tarım sektöründe, oldukça bilinmeyen bir teknik seçenek oluşturmaktadır. Aslında, GESS teknolojisi ve potansiyeline ilişkin düşük farkındalık, genellikle çiftçiler arasındaki sınırlı talebin ve bankaların sistemleri finanse etme konusundaki isteksizliğinin başlıca nedenidir. GESS kullanımını tarım politikalarına ve düzenlemelerine dahil etmek genellikle başka bir büyük aşamadır. Bazı hükümetler GESS kullanımını sübvansiyon etmektedir. Bununla birlikte, kırsal pazarların iyi anlaşılabilmesi ve çiftçilerin ihtiyaçları hakkında yetersiz bilgi, teknolojinin özelleştirilmesinin eksik kalmasına neden olmuştur.

Hükümet ve hibe güdümlü girişimlerde genellikle eksik olan şey, proje başarısını veya başarısızlığını ölçmek için izleme programlarının varlığıdır. Çoğu zaman, programların ana amacı, kazanılan gerçek faydayı veya son kullanıcıların gereksinimlerini hesaba katmadan, sadece belirlenen miktarlarda GESS'lerine ulaşmaktır. Finansman kurumu tarafından yapılan teknik kabul testleri de yaygın değildir. Çoğunlukla, su sayaçları (Görsel 14) ve diğer yardımcı ölçüm cihazları eksikliği nedeniyle, sistemlerin temel işlevlerini kontrol etmek bile imkansızdır. Bilgi ağları ve web tabanlı bilgi platformları, farklı paydaşlar arasında bilgi alışverişini iyileştirmeye yardımcı olabilir, ancak bunlar genellikle eksiktir. Güvenilir bilginin sağlanması ve sahada deneyimlenen bilginin paylaşımı, GESS teknolojisinin daha fazla yayılması üzerinde güçlü bir etkiye sahip olacaktır.



Görsel 14. GESS'in Temel Az Kullanılan Bir Bileşeni: Su Sayacı

3.6. Kalite Güvencesi ve Hizmet Eksikliği

Daha önce belirtildiği gibi, GESS yaygınlaştırma programlarının uzun vadeli sürdürülebilirliği, iyi tasarlanmış ürünlere ve kurulum kalitesine bağlıdır. Minimum kalite gereksinimlerini karşılayan, sadece sahada test edilmiş sistem bileşenleri kullanılmalıdır. Düşük kaliteli GESS piyasaya sürülür ve başarısız olursa, fotovoltaik (PV) teknolojinin kırsal alan elektrifikasyonu için güvenilir bir enerji kaynağı olarak güvenilirliği zayıflayabilir.

Gelişmekte olan birçok ülkenin zorlu çevre koşullarını dikkate alarak, sistem kalitesinden veya destek hizmetlerinden ödün vererek maliyetler asla azaltılmamalıdır. Halihazırda mevcut teknik şartnamelerin ve standartların geliştirilmesi ve kullanılması, ihale belgelerinin hazırlanmasında hükümet yetkililerini destekleyebilir ve üreticilerin ortak hedefler doğrultusunda çalışmalarına yardımcı olabilir. Yaygın olarak kabul edildiğinde, teknik standartlar üretim maliyetlerinin azalmasına, kurulum süresinin kısılmasına ve tamir/bakım işlemlerinin kolaylaştırmasına katkıda bulunur. Piyasadaki tüm aktörlerin aynı kurallara göre oynaması gerektiğinden, standartlar aynı zamanda adil ve şeffaf rekabeti teşvik eder. Devlet tarafından finanse edilen programlar, son müşteri kurulumlarının kalite kontrolünü de içermelidir. Bu görev genellikle sistem entegratörlerine ve yeterli yükleyici eğitime de dikkat etmesi gereken üreticilere bırakılır. Alan deneyiminin gösterdiği gibi, bu çoğu gelişmekte olan ülkede zayıf bir noktadır ve yaygınlaştırma programlarının başarılı bir şekilde uygulanmasına yönelik bir tehdittir.

3.7. Doğal Afetler Ve Hırsızlık

Hırsızlık riski, kasırga ve depremler gibi sıklıkla meydana gelen doğal afetler, genellikle çiftçilerin kısmen pahalı PV teknolojisine yatırım yapma konusunda isteksiz olmalarının nedenleri olarak gösterilmektedir. Şili'nin Atacama Çölü'nde güçlü bir deprem nedeniyle, bir kuyunun çöktüğü bir çiftlik arazisinde olduğu gibi, çiftçi kuyuyu kaybetmenin yanı sıra, değerli güneş enerjisi pompasını, kablolarını ve yükseltici boruyu da kaybetmiştir.

İstatistiksel olarak, doğal afetler nedeniyle bir sistemi kaybetme riski kısmen düşüktür. PV panelleri gibi yüksek değerli sistem bileşenlerinin çalınması daha olasıdır. Güneş sistemlerine olan bilinç düzeyi arttıkça, bu sistemlerin popülaritesi de artmış ve PV modül hırsızlıklarının sayısı da aynı doğrultuda artmıştır. PV modül fiyatı, bir PV sisteminin yatırım maliyetinin %50'sine kadar çıktığı için, kurulumun bu kısmını çalmak çok kazançlıdır. Hırsızlık önleyici montaj sistemleri ve PV modüllerin alt tarafının çıkarılamaz boyayla çiftlik adı ve iletişim bilgileriyle işaretlenmesi dahil olmak üzere, sistem hırsızlığı olasılığını azaltmak için çeşitli tekniklerin etkili olduğu kanıtlanmıştır. PV modülleri yüksek direklere monte etmek, genellikle kırsal Afrika'da bulunan başka bir yaygın çözümdür. GESS için en etkili hırsızlık önleme önlemi muhtemelen çiftlik evinin yakınına kurulumdur. GESS'i hırsızlığa ve doğal etkilere karşı korumak için hangi stratejiler uygulanırsa uygulansın, ekipmanı kaybetme riski kalır ve muhtemelen çiftçinin yatırım kararını etkiler.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Dünya genelinde artan enerji ihtiyacı, yenilenebilir kaynakların varlığı ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin azalan maliyeti, fotovoltaik (PV) teknolojisi için önemli düzeyde uygulama olanağı yaratmaktadır. Şebeke içi ve şebeke dışı elektrifikasyon için PV çözümlerin kullanılması oldukça yaygın hale gelmiştir. Güneş enerjisine dayalı su pompalama, kırsal alanlar için az bakım gerektiren bir seçenek olarak, içme ve hayvancılık için su temininde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, sulama sektöründe, PV tabanlı su çıkarma ve taşıma teknolojisi seçeneklerinden yararlanmak, hala kısmen nadir bir uygulamadır.

Dünya çapında sulama amacıyla kullanılan su pompalarının çoğu, fosil yakıtlarla (dizel, benzin, gaz) veya şebekeden sağlanan elektrikle (ve dolayısıyla fosil yakıt bazlı jeneratörler tarafından üretilen) çalışan motorlarla çalıştırılır. Fosil enerji kaynaklarının bulunabilirliği sınırlıdır ve bunların kullanımından kaynaklanan emisyonların küresel iklim üzerinde olumsuz etkileri vardır. Aynı zamanda, özellikle gelişmekte olan ülkelerde elektrik arzı, kırsal alanlarda

büyük ölçüde bulunmasa da, yetersiz ve güvenilmez olma eğilimindedir. Bu durum, sulu tarıma çok daha geniş kapsamda PV teknolojisinin getirilmesi için önemli bir potansiyel sunmaktadır. Sadece Hindistan için çiftliklerin 26 milyon Dizel ve elektrikli pompa çalıştırdığı tahmin edilmektedir. Artan yakıt fiyatları ve enerji tarifeleri, tarımsal üretimden elde edilen brüt kar marjları üzerinde mali bir etkiye sahiptir.

Bu çalışmadaki analiz, henüz çok yaygın olmasa da, PV destekli sulamanın teknik olarak olgun bir seçenek olduğunun altını çizmektedir. Güneş enerjili su pompalama, sulama sistemlerine farklı şekillerde entegre edilebilir. Farklı ülkelerden gelen vaka çalışmaları, teknolojinin geniş uygulama yelpazesine ilişkin bir fikir vermektedir. Teknik bir bakış açısından, fotovoltaiik su pompalama çoğu sulama uygulamasına entegre edilebilir. Yeraltından veya yüzeydeki su kaynaklarından su çıkarılması, yüksek pompalama basınçlarının kullanılması ve fazla ulaşım hizmetleri gerektiğinde bile teknik olarak mümkündür. PV pompaları, sentir pivotlar dahil olmak üzere, kapalı sulama sistemlerine basınç uygulamak için de kullanılabilir. Pompa üreticileri açısından teknoloji gelişimi çok ileri düzeydedir. Bu nedenle pazar hemen hemen her gereksinim ve koşul için uygun bir pompalama çözümü sağlayabilir. Bu durum, PV pompalarının hibrit sistemlere entegrasyonunu içerir.

PV teknolojisinin anlamlı ve uygulanabilir uygulamasına ilişkin kısıtlar, esas olarak agronomik ve finansal uygulanabilirlik yönlerinden kaynaklanmaktadır. Kamusal su tedarikinin tersine, sulama için su pompalama ekonomik bir mantığı takip etmelidir. Bu doğrultuda bir çiftçinin, arazi mülkiyeti ne kadar küçük olursa olsun, bir girişimci olduğu düşünülmelidir. Bir çiftlik hanesinin ana düşüncesi her zaman üretim (gıda) güvenliği ve gelir elde etmektir. Bu nedenle, üretimin artırılması, sabit ve değişken üretim maliyetlerinin en aza indirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada bir araya getirilen bilgi ve analizler, tarımsal ve finansal fizibilite gereksinimlerinin, sulamada PV teknolojisinin uygulama aralığını sınırladığını göstermektedir. Teknolojinin teşviki, bu sınırları dikkate almalı ve PV teknolojisinin kullanımının, sistem tasarımı ve geliştirmesi için yüksek ilk sermaye yatırımı ve teknolojik bilgi birikimi gerektirdiği anlayışından yola çıkmalıdır.

Sulamada PV sistem uygulaması, çiftçi için çekici bir alternatif olması amacıyla, teknolojinin sübvansiyon edilmesiyle büyük ölçüde desteklenmektedir. Ancak sübvansiyon, ekonomik fizibilite ilkelerine uyulmamasına neden olmamalıdır. Örneğin, Hindistan'daki gibi, geleneksel havzalardaki düşük verimli yağlı tohumları sulamak için derin bir sondaj kuyusundan, güneş enerjisiyle çalışan su çıkartma işlemi yapılmamalıdır. Burada maliyetler ve faydalar arasında anlamlı bir ilişki bulunmamakla birlikte, söz konusu sübvansiyon nedeniyle, denklem ihmal edilmektedir.

Bu çalışmada sunulan analize göre, sulamada PV teknoloji kullanımı aşağıdaki bağlamlarda en iyi şekilde kullanılabilir:

- *Yüzey sulama:* Nehirler ve göller gibi yüzey su kaynaklarından veya sığ yeraltı suyu kaynaklarından su çekimi ve ileriye dönük su dağıtımı için birincil kanallara su basma
- *Damla sulama:* Yüzey veya yeraltı suyu kaynaklarından su alınması ve (i) depolama tesislerine su basma , (ii) basınçlı bir sisteme doğrudan su basma veya (iii) bir depolama tesisinden basınçlı bir sisteme su basma.

Su yoğun yüzey sulaması için derin yeraltı suyu kaynaklarından PV su pompaları ile su pompalama (veya yüzey su kaynaklarından yüksek bir basınç ile yukarı kaldırma) için, PV sistemin ve pompanın gerekli boyutları nedeniyle, uygun bir seçenek değildir. Aynı şekilde, basınç gerektiren yağmurlama sulaması için yeraltı suyundan veya yüzey suyu kaynaklarından su pompalamak da uygun bir seçenek değildir.

PV su pompaları, performanslarının güneş enerjisi seviyesiyle veya pompaya sağlanabilecek güneş enerjisi verimiyle ilişkili olması gibi karşılaştırmalı bir olumsuzluğa

sahiptir. Bu nedenle, günün düşük ışınlı dönemlerinde (sabah/öğleden sonra) bile sulama ihtiyaçları ile ilgili yeterli performans elde etmesi gerektiğinden, bir PV pompası her zaman alternatif Dizel veya şebeke beslemeli elektrikli pompalardan daha büyük boyuttadır. Bu durum, daha büyük boyutlandırma ihtiyacı, günün yüksek ışınlı dönemlerinde (öğlen) aşırı kapasiteye neden olur. Aşağıdaki ilkelere uyulursa, PV pompalarının sulamada uygun maliyetli ve uygulanabilir bir şekilde çalışması sağlanabilir:

- Su pompalama ihtiyacını azaltmak için su tasarrufu sağlayan sulama yöntemleri kullanılmalıdır. Bu anlamda en uygun sulama yöntemi düşük basınçlı sistemlerde <4 bar düzeyindedir.
- Orta su depolama tankları/havzaları, (buharlaştırma kayıplarını önlemek için kapalı depolama tercih edilmelidir), alçak düşümlü bir su kaynağı ve düşük ışınlı dönemlerde su otonomisi oluşturmak için bir GESS tasarımına entegre edilmelidir. Şebekeye ileriye doğru yerçekimi akışı sağlayabilen yükseltilmiş depolama tankları/havzaları (düşük basınçlı) kullanılabilir.
- Direkt enjeksiyonlu damla sulama sistemi tasarımları, sadece vejetasyon dönemi boyunca herhangi bir günde, sulanan alanın tamamının günde en az bir kez sulanabilmesi koşuluyla, sadece küçük işletmeler için düşünülmelidir.
- PV su çıkarma ve taşıma özellikli sulama sistemleri, bloklar arasında sulama rotasyonunu mümkün kılmak için, belirli pompalama performansına uyarlanmış sulama bloklarına bölünmelidir. Böylece, pompalama sisteminin aşırı boyutlandırılmasını önlenmiş olur.
- PV su pompaları, geleneksel pompalama çözümlerine yedek sistem olarak kullanılmamalıdır çünkü finansal uygulanabilirlikleri, mümkün olduğunca az ek işletme masrafı ile yüksek bir kullanım oranına bağlıdır. Bir PV pompalama sistemi kullanmaya karar verilirse, PV pompaları birincil pompalama bileşeni olmalıdır.
- Sistem tasarımı ve entegrasyonları hemen planlanmasa bile, filtre ve gübreleme sistemi bileşenleri için akış ve basınç gereksinimlerini içermelidir.
- Her su pompalama tesisatında bir izleme cihazı bulunmalıdır. En azından bir su akış ölçer, ideal olarak ayrıca basınç göstergesi bulunmalıdır.

PV tabanlı su çıkarma ve taşıma, özellikle teknolojinin düşük karbon ayak izi, emisyonların önlenmesi ve yeraltı suyu kirlenme risklerinin azaltılması nedeniyle, bir dizi olumlu ekolojik etkiye sahiptir. Su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ile ilgili olarak, PV tabanlı pompalama çözümleri, anlamlı bir şekilde planlanırsa yaygın bir olumlu etkiye sahip olabilir. Güneş enerjisiyle çalışan bir pompanın günlük çalışma aralığı, geleneksel enerji kaynaklarıyla çalıştırılan bir pompaninkinden %60'a kadar daha dardır. Bu sınırlamayı ortadan kaldırmak için modern ve su tasarrufu sağlayan mikro sulama yaklaşımlarının kullanılmasını önerilir. Bu duurm, PV pompalarının aşırı boyutlandırılması ve büyük su depolama kapasitelerinin oluşturulması gerçeğiyle birleştiğinde, hemen hemen tüm durumlarda (yeşil alan geliştirme hariç), teknolojinin yaygın olarak kullanılmasına engel teşkil etmektedir.

GESS'lerinin tasarımına ilişkin deneyimler, neredeyse hiçbir sistemin - mevcut anahtar teslimi çözümlerin bile - sistem kapasitesinin belirli çiftçinin ihtiyacına göre ve su kaynaklarının mevcudiyetine dayalı olacak şekilde planlanmadığını göstermektedir. Ayrıca, GESS'lerin çoğu parçalı bir şekilde tasarlanır ve planlanır. Su kaynağı, PV sistem/pompası ve sulama sistemi ve daha sonra ayrıca ürün deseni ve sulama yönetimi nadiren uyumlu hale getirilir ve çoğu zaman eşleşmez. Çoğu durumda bu, üretimi ve/veya brüt marjları olumsuz etkileyebilecek sistem verimsizlikleri yaratır. Bazı durumlarda, bu duurm, özellikle PV sistemi/pompası önemli ölçüde fazla veya küçük olduğunda veya ağ tasarımı uygun sulama yönetimine izin vermediğinde, sistem arızalarına veya doğası gereği finansal olarak uygulanabilir olmamaya neden olabilir. Özellikle ciddi durumlarda bu durum, su kaynaklarının sürdürülemez şekilde kullanılmasıyla da sonuçlanabilir. Birçok GESS, gerçek su mevcudiyeti

ve yeraltı suyu şarjı dikkate alınarak tasarlanmamıştır. Daha da kötüsü, çiftçilerin ve sorumlu sistem geliştiricilerinin belirli su kaynaklarının kapasiteleri hakkında bilgileri yoktur.

Bu çalışmadan çıkan en önemli öneri, boyutu ne olursa olsun bir GESS tasarlarırken ve geliştirirken, doğal olarak su yönetiminin ve entegre planlamanın dikkate alınmasıdır. Güneş Enerjili Sulama Sistemleri (GESS) için bir tanıtım ve planlama kılavuzunun ve araçların öngörülen geliştirilmesi, yukarıdaki konuları dikkate almalıdır. Bir GESS planlamak, önemli düzeyde bilgi ve beceri gerektiren karmaşık bir işlemdir. Bu gereksinimler genellikle tek bir çiftçinin ve bireysel yayım işçisi veya danışmanın kapasitesini ve olanaklarını aşar. Bununla birlikte, tüm bileşenlerin mümkün olan azami ölçüde birbirine ayarlandığından emin olunmalıdır. Burada, yine pratik yönlendirme sağlamak için bir tanıtım ve planlama kılavuzuna ihtiyaç vardır.

Tarımda ve ötesinde suyun verimli kullanımının daha fazla teşvik edilmesi, sürdürülebilir su kaynakları yönetimini destekleyen önlemleri gerektirir. Bu gereklilik, piyasa ilkeleriyle düzenlenemez. Daha çok su kaynakları yönetimi kapasitelerinin oluşturulmasını, farkındalık yaratılmasını ve kapasite geliştirilmesini gerektirir. Bu bağlamda ters etki yaratan bir uygulama, koşulsuz sübvansiyonların uygulanmasıdır. PV tabanlı pompalama çözümleri, su mevcudiyetine ve su kullanımının izlenmesine, su tasarrufu sağlayan sulama teknolojilerine ve su depolamanın sınırlandırılmasına sıkı sıkıya bağlı kalmadan, büyük ölçüde sübvansiyonla edildiği sürece, aşırı pompalamayla ilgili yaygın endişelere bağlı olarak teknolojinin sürdürülemez kullanım riski ağır basacaktır.

Günümüzde daha büyük bir GESS geliştirmenin önündeki temel engeller, ilk yatırım maliyetlerini ve sahaya uyarlanmış tasarım ve geliştirme için teknik bilgi birikimi ile ilişkilidir. Kurulum ve bakım için profesyonel hizmetler, hızla artan ölçüde mevcuttur. GESS'in son kullanıcılardan (çiftçiler) talep ettiği operasyonel beceriler, sistem geliştiricileri sistemleri uygun bir şekilde belgelediği ve müşterilerine eğitim sağladığı sürece yönetilebilir durumda olacaktır. Bireysel bir sistemin sürdürülebilirliğinin ve başarısının anahtarı, tarımsal üretim sürecinin uyarlanmasıdır. Burada, tarımsal yayım ve bilgi hizmetlerinin GESS kaynaklı talepler doğrultusunda kapasitelerini geliştirmeleri gerekmektedir.

Yüksek yatırım sermayesi ihtiyaçları, ek teminat seçenekleri olmaması ve uzun geri ödeme süresi nedeniyle, GESS geliştirmenin özel ihtiyaçlarını karşılayan uygun finansman ürünlerinin olmaması teknolojinin yayılması önünde bir engeldir. Hindistan ve Fas'taki gibi iyi örnekler, belirli bir risk yönetimi gerektirse de, karşılık gelen kredi finansmanının bir seçenek olduğunu göstermektedir. GESS tanıtım ve planlama el kitabı için önerilen kavram bunu dikkate alır. Bu nedenle tarım sektörü için finansman ürünleriyle ilgilenen finansman kurumlarının personelinin bilgi ihtiyaçlarını da entegre etmelidir.

Sübvansiyonlar, genellikle su tasarrufu sağlayan mikro sulama kavramlarıyla birlikte sulamada PV su pompalamasını desteklemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sübvansiyonlar, kısa vadede GESS teknolojisi için artan bir talep yaratır. Ancak aynı zamanda uzun vadede çiftçilerin ihtiyaçlarını karşılayan hizmetler sunan profesyonel bir özel sektör pazarının gelişimini de engeller. Bu sorunlu bağlam, genellikle hibe kurumları tarafından desteklenen politika diyaloglarında ve sektör stratejisi geliştirme çalışmalarında dikkate alınmalıdır.

KAYNAKÇA

- [1] Öztürk H.H., *Güneş Enerjisiyle Sulama Yönetimi: Yönetim-Etkiler-Güçlü Ve Zayıf Yönler-Fırsatlar-Tehditler*. LAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-620-3-86364-2, 2021.
- [2] Sass, J., Hahn, A., *Solar Powered Irrigation Systems (SPIS) Technology, Economy, Impacts*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Bonn, 2020.

A GIS BASED MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING ANALYSIS FOR SITING POTENTIAL COMPOST PLANTS TO RECYCLE MARKETPLACE WASTE

Associate Professor Sedat Yalçınkaya

Izmir Katip Celebi University

ORCID ID : 0000-0003-3062-2698

Hasan İhsan Kaleli

Izmir Katip Celebi University

ORCID ID: 0000-0002-7221-9234

Fatih Doğan

Izmir Katip Celebi University

ORCID ID: 0000-0003-0430-8443

Mert Kayalık

Izmir Katip Celebi University

ORCID ID: 0000-0002-1666-2215

Sevin Uzer

Izmir Katip Celebi University

ORCID ID: 0000-0002-0125-1384

ABSTRACT

Marketplace waste is one of the major organic waste stream in municipal solid waste system. Marketplace waste is generated regularly at large amounts. Marketplace waste is collected by district municipalities and often sent to landfills. Composting the marketplace waste can reduce the amount of waste sent to landfills as well as the greenhouse gas emissions since landfills are considered among the major methane emitter sectors. The purpose of this study is to investigate potential compost plant sites for proper management of marketplace waste in Izmir, Turkey. Since the selection of potential plant sites is a complex decision-making process that involves many spatial factors, a GIS based multi-criteria decision-making approach was performed. Ten factors were classified into three categories; economic, environmental, and topographic. In light of legal restrictions and previous studies in the literature, unsuitable areas were excluded at the beginning. Since not all factors have equal importance, the factors are weighted using the Analytic Hierarchy Process method. A set of spatial analyses were performed to each factor for determining the spatial membership degree of each factor within the study area. Then, a suitability map was created using the spatial membership maps and weights for each factor. Areas with a suitability index equal or greater than 80 percent are considered as potential compost plant sites. As a result, 323 potential compost plant sites were determined in Izmir. This study can be an exemplary work for other district municipalities in Turkey, since almost all of them send their marketplace waste to landfills.

Keywords: Compost; Organic Waste, Site Selection, GIS; AHP

GÖLET ve SULAMA PROJELERİNDE TEKNİK RAPOR HAZIRLANMASI**Turgut Vatan TOSUN**

Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 0000-0003-4815-0908

ÖZET

Gölet ve sulama projelerine artan nüfus ile birlikte duyulan ihtiyaç da günden güne fazlaşmıştır. Tarım arazilerinin kullanımına dönük sulama projeleri ve içme suyu, elektrik üretimi, su depolanması gibi amaçlarla gölet projelerinin hazırlanması bu elemanların yapımından önce tasarım ve kapasitesinin belirlenmesi açısından önem arz etmektedir. Raporlama yapılırken projenin tanımı, projenin amacı, proje kapsamında yapılan etütler, projenin yeri ve proje karakteristikleri rapor içerisinde yer almaktadır. Proje karakteristikleri içerisinde ise hidrolojik veriler, gövde verileri, rezervuar verileri, dolusavak ve dipsavak verileri, sulama tesisleri ile birlikte güncel birim fiyatları kullanılarak yapılmış maliyet ve ekonomi analiz bulunmalıdır. Rapor içerisinde proje ile alakalı genel bilgiler verildikten sonra harita çalışmaları ve çevre düzeni planı ve çevresel etkilerin görüşlerini kapsayan çevresel etki değerlendirmesi(ÇED) bilgileri de aktarılmalıdır.

Raporun ikinci bölümünde hidroloji, toprak kaynakları ve tarımsal ekonomi başlıklarından bahsedilmelidir. Hidroloji başlığında proje sahasında bulunan meteoroloji istasyonları, proje alanının yağış, sıcaklık, buharlaşma bilgileri verilmelidir. Yapılması düşünülen gölet sulama amaçlı yapılmış ise sulama suyu ihtiyaçları bölgedeki zirai veriler ve bitki patemi göz önünde bulundurularak hassas şekilde hesaplanmalıdır. Sulama yapılacak olan arazide yağmurlama veya damlama gibi farklı sulama yöntemlerinden hangilerinin tercih edileceği belirlenmeli ve gerekli hesaplamalar yapılmalıdır. Bölgenin yıllık toplam su ihtiyacı, içme suyu ihtiyacı ve bölgede oluşan buharlaşma, sızma gibi su kayıpları da mutlaka belirlenmelidir.

Hidroloji çalışmaları dışında tarımsal ekonomi, bölgenin deprem durumu ve mühendislik jeolojisi çalışmalarına da raporda yer verilmeli, yapılan bu çalışmalar göz önünde bulundurularak planlanan gölet ve sulama tesisi projesi için maliyet ve ekonomik analiz yapılmalıdır. Hazırlanan rapor içeriği çalışılan kuruma göre farklılık gösterebilmekle birlikte, projenin tanımına ve büyüklüğüne göre rapor kapsamı genişletilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler : Rapor, ÇED, Gölet, Sulama, Proje

ABSTRACT

With the increasing population, the need for pond and irrigation projects has increased day by day. Irrigation projects for the use of agricultural lands and the preparation of pond projects for purposes such as drinking water, electricity generation, water storage are important in terms of determining the design and capacity of these elements before their construction. While reporting, the definition of the project, the purpose of the project, the studies carried out within the scope of the project, the location of the project and the project characteristics are included

in the report. Project characteristics should include hydrological data, pond body data, reservoir data, spillway and bottom spillway data, irrigation facilities, and cost and economic analysis using current unit prices. After the general information about the project is given in the report, the environmental impact assessment (EIA) information including the map studies and the environmental plan and the views of the environmental impacts should also be included.

In the second part of the report, the headings of hydrology, soil resources and agricultural economics should be mentioned. Meteorology stations in the project area, precipitation, temperature, evaporation information of the project area should be given in the hydrology title. If the planned pond is built for irrigation purposes, the irrigation water needs should be calculated precisely by considering the agricultural data and plant pattern in the region. It should be determined which of the different irrigation methods such as sprinkling or dripping will be preferred on the land to be irrigated and necessary calculations should be made. The annual total water requirement of the region, drinking water requirement and water losses such as evaporation and infiltration in the region must also be determined.

Apart from hydrology studies, agricultural economy, earthquake situation of the region and engineering geology studies should also be included in the report, cost and economic analysis should be made for the pond and irrigation facility project planned to be made considering these studies. Although the content of the prepared report may differ according to the institution, the scope of the report can be expanded according to the definition and size of the project.

Keywords: Report, EIA, Pond, Irrigation, Project

1. GENEL BİLGİLER

Bu çalışmada Karacasu- Çamköy Göleti ve Sulaması Projesi teknik raporuna yer verilmiştir. Rapor içerisindeki ana bölümler gösterilmiş ve teknik bilgiler detaylandırılmıştır.

1.1. Projenin Yeri

Çamköy Gölet yeri; Aydın İli, Yenipazar İlçesi, Çamköy Köyü sınırlarında olup, aks yeri Çamköy Köyü'nün 8.0 km güney-batısında ve Gencer Deresi üzerindedir. Gölet yerinin Karacasu ilçe merkezine uzaklığı 21.0 km'dir. Çamköy Göleti aks yeri ile Aydın il merkezi arasındaki mesafe yaklaşık olarak 75 km'dir. Kuyucak-Tavas yolu 13.km'den Çamköy'e sapılarak asfalt köy yolundan Çamköy'e ulaşılır. Çamköy 'den ham bir orman yoluyla gölet yerine ulaşılmaktadır. (DSİ 21. Bölge Müdürlüğü, 2017)

1.2. Proje Karakteristikleri

Drenaj alanı 1.45 km² , gölet yeri yıllık ortalama yağış miktarı 540.50 mm, regülasyon oranı ise %68'dir. Gölet gövde tipi ön yüzü membran kaplı kaya dolgu, proje amacı sulama, kret uzunluğu 125.00 m, kret genişliği 6.00 m, gövde dolgu hacmi ise 33566 m³'dür. Rezervuar minumum su seviyesi 1353.67 m, normal su seviyesi 1361.52 m, maksimum su seviyesi

1362.34 m'dir. Rezarvuvar ölü hacmi 0.007 hm³, aktif hacmi 0.077 hm³, normal göl hacmi 0.085 hm³, maksimum göl hacmi 0.092 hm³'dür.

Dolusavak yeri sol yamaçta bulunmaktadır, dolusavak tipi karşıdan alışı ve kontrolsüz olarak tasarlanması planlanmaktadır. Taşkın debisi 7.8 m³/s, proje hesap debisi 7.8 m³/s, dolusavak genişliği 5.00 m, dolusavak yaklaşım kanalı taban kotu 1361.02 m, dolusavak eşiği kret kotu 1361.52 m, dolusavak boşaltım kanalı genişliği 5.00 m'dir. Enerji kırıcı havuzu tip III şeklinde tasarlanmış, uzunluğu 5.00 m ve taban kotu 1343.05 m'dir.

Gölet derivasyonu sağ sahilde bulunmakla beraber tipi beton gömlekli çelik boru şeklindedir. Derivasyon iç çapı 0.50 m, derivasyon uzunluğu 73.77 m, derivasyon giriş kotu 1351.02 m, derivasyon çıkış kotu 1349.54 m ve derivasyon taban eğimi %2'dir. Su alma yapısı tipi karesel kule şeklinde, dipsavak tipi ise gömülü çelik boru olarak tasarlanmıştır. Su alma kotu 1353.17 m'dir. (DSİ 21. Bölge Müdürlüğü, 2017)

Sulama tesisi olarak brüt sulama sahası 16 ha, net sulama sahası 14 ha, sulama suyu ihtiyacı 4784,56 m³/ha/yıl, sulamaya verilecek yıllık su miktarı 0.067 hm³, sulama modülü 0.691/s/ha, iletim kanalı uzunluğu 6+585.00 m ve boru çapı 180 mm'dir.

Rapor içerisinde keşif bedeli, tesis bedeli, proje bedeli, yıllık gelir ve gider ile rantabilite değerleri bulunmaktadır.

1.3. Çevre Etki Değerlendirilmesi

Bu proje kapsamında yer alan yapı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 21. Bölge Müdürlüğü Aydın tarafından sulama amaçlı olarak yapılacak küçük bir gölettir.

Çamköy göleti ile Çamköy'e ait brüt 16 ha alanın sulaması yapılacaktır. Ayrıca bölgedeki küçük ve büyükbaş hayvanların içmesuyu ihtiyacı giderilecektir. Çamköy Göleti'nin aktif hacmi 77 000 m³, normal su seviyesi 1361,52 m olarak belirlenmiştir. Aydın ili Karacasu ilçesi Çamköy Köyü sınırları içerisinde inşa edilecektir.

Bu proje için Geçirimli malzeme (kum-çakıl malzeme) alınacak saha, Gölet rezervuarında tanımlanmış olup kırma-eleme tesisleri ile beton santrali kurulacaktır. Bu hususta Çevre kanunu kapsamında tüm mevzuata uygun hareket edilecek ve tüm yasal izin ile başvurular, işin yapımını üstlenen firma tarafından üstlenecektir.

2. HİDROLOJİ

Proje yeri Aydın İli Karacasu ilçesi, Çamköy Köyünün 8 km Güneybatısında Genç Deresi üzerinde 630155 D – 44180797 K koordinatında yer almaktadır. Akdeniz iklimi egemendir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. İlçede dağların denize dikey inmesi, deniz rüzgarlarının çok içlere kadar girebilmelerini sağlar. Bu nedenle Akdeniz Bölgesindeki sıcaklar kadar bunaltıcı sıcaklar görülmez. En yüksek sıcaklık Temmuz en düşük sıcaklık ise Ocak aylarında görülmektedir. Gölet, ismini en yakın köy olan Çamköy'den almıştır.

Genç Deresi üzerinde yer alan 1345.39 m talveg kotundaki Çamköy Göleti yağış alanı 1.45 km²'dir. Projenin amacı Çamköy Köyü arazilerinin sulama suyu ihtiyacını karşılamaktır. Gölet aksı ve yağış alanı M20-b3,sulama sahası ise M21-a4 no'lu 1 / 25 000'lik harita paftaları üzerindedir. (DSİ 21. Bölge Müdürlüğü, 2017)

2.1. İşletme Çalışmaları

Çamköy Göleti için ampirik yöntemle su temini yapıldığından mevsimlik işletme çalışması uygun görülmüştür. Çamköy Göleti hacim-satış değerleri Tablo: 2.19’da grafiği ise Şekil: 2.4’de verilmiştir. Gölet mevsimlik işletme çalışmasında $NSS=1360.39$ m, Talveg Kotu: 1345.39 m, $V_{NSS}=0.085$ hm³, $V_{min} = 0,007$ hm³, Net Buharlaşma =501.4 mm ve $SSİ=4784.56$ m³/ha/yıl olarak alındığında sulanabilir net alan 14 ha (brüt 16 ha) olarak ortaya çıkmaktadır. İşletme Tablosu detaylı olarak Tablo: 2.20’de verilmiştir.

Çizelge 1. Mevsimlik İşletme Çalışması

$V_{ORT.}$	0.099	hm ³	Coutange %80 Net akım
$H_{T\text{alveg}}$	1345.39	m	
H_{NSS}	1360.39	m	Kot-Hacim-Alandan
H_{MIN}	1352.58	m	Kot-Hacim-Alandan
Talvegden Yükseklik	15.00	m	$= (H_{NSS} - H_{T\text{alveg}})$
V_{NSS}	0.085	hm ³	
V_{MIN}	0.007	hm ³	
$V_{AKTİF}$	0.077	hm ³	$=V_{NSS} - V_{MIN}$
$V_{ORT.}$	0.046	hm ³	$= 0.5 \times V_{AKTİF} + V_{MIN}$
$S_{ORT.}$	0.012	km ²	$V_{ORT.}$ daki $S_{ORT.}$ Kot-Hacim-Alandan
Net Buharlaşma	501.4	mm	
Buharlaşma Kaybı	0.0060	hm ³	$= S_{ORT.} \times \text{Net Buharlaşma}$
Sızma Kaybı	0.0042	hm ³	$= 0.05 \times V_{NSS}$
Toplam Kayıp	0.0102	hm ³	$= \text{Buharlaşma Kaybı} + \text{Sızma Kaybı}$
Canlı Hayat Suyu	0.000	hm ³	Net akımlar kullanıldı
Net Aktif Hacim	0.067	hm ³	$= V_{AKTİF} - \text{Toplam Kayıp} - \text{Can Suyu}$
$SSİ$	4784.56	m ³ /ha/yıl	Yıllık Sulama suyu ihtiyacı
Sulamaya verilecek su	0.067	hm ³	
Sulanacak Net alan	14	ha	Sulanacak net alan
Sulanacak Brüt alan	16	ha	Sulanacak Brüt alan
Regülasyon	0.68		$= \text{Net Aktif Hacim} / V_{ORT.}$

2.2 Proje Taşkın Debilerinin Mukayesesi ve Seçimi

Havza yağış akış eğri numarasının tespiti için arazinin topografyası, bitki örtüsü, eğimi dikkate alınmıştır. Buna göre Genç Deresi havzası için eğri no’su CNII=70 olarak belirlenmiş ve muhtelif tekerrürlü taşkınların hesabında kullanılmıştır.

Dsi Sentetik Yönteminde proje alanı için hesaplanan maksimum yağışlar 1.13 maksimize katsayısı ile çarpılmış, yağış alan dağılım katsayısı 1.45 km² için 1.0 olarak yerine konulmuştur. Plüviyograf oranı olarak Nazilli Mİ’nin plüviyograf oranları kullanılmıştır. Proje alanı (A-Bölgesi) için kabul edilen zaman dağılım oranları maksimum yağışlara uygulanmış, ikişer saatlik yağışlar, 70 no’lu eğri yardımıyla akışa çevrilmiştir. İkişer saatlik artım akışlar iki saatlik birim hidrograf koordinatları

ile çarpılarak ötelenmiş, maksimum taşkın debilerini, 2 saatlik yağışların oluşturduğu belirlenmiştir. (DSİ 21. Bölge Müdürlüğü, 2017)

Superpozesiz Mockus Yönteminde ise etkili yağış süresi olarak kabul edilen $D=(1.5)$ saatlik yağışlar, (1.13) maksimize katsayısı, 1.5 saatlik yağışlar, plüviyograf oranı olan (0.52) ve YADK: (1.0) ile çarpıldıktan sonra (70) no'lu eğri yardımıyla akışa çevrilmiştir. $Q_p(k=0.163 \text{ için}) = 0.25 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm}$ ve $Q_p(k=0.208 \text{ için}) = 0.32 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm}$ ile çarpılarak Süperpozesiz Mockus yöntemine göre çeşitli sıklıktaki taşkın yinelenme debileri hesaplanmıştır.

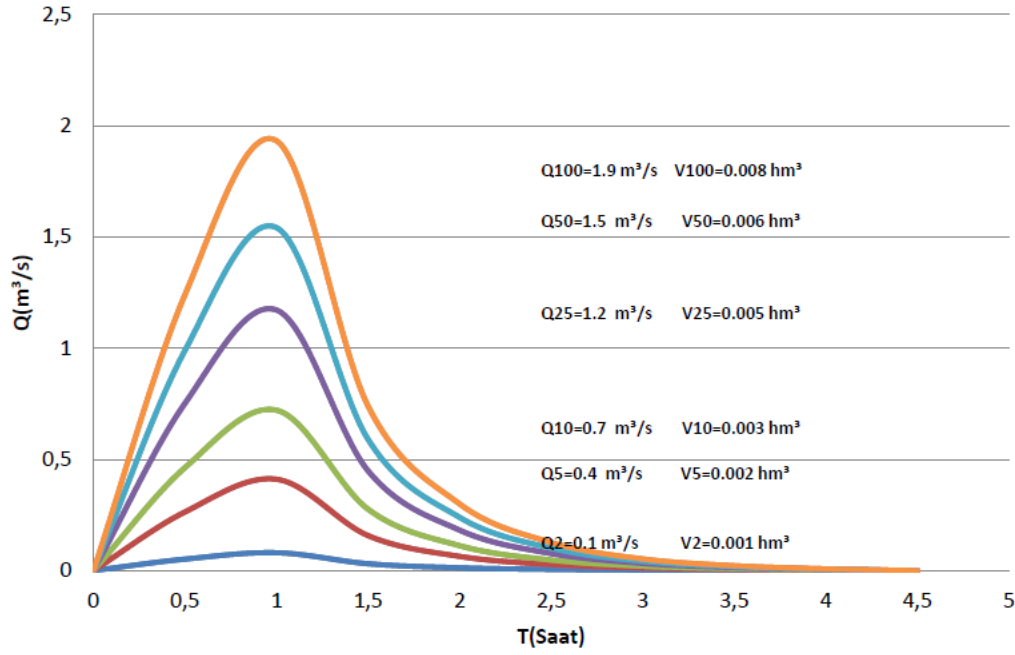
Çizelge 2. Proje Taşkın Debilerinin Mukayesi ve Seçimi

Tekerrür Yılları	DSİ Sentetik Metodu	Mockus Yöntemi (K=0.163)	Mockus Yöntemi (K=0.208)
Q_2	0.2	0.1	0.1
Q_5	0.8	0.3	0.4
Q_{10}	1.3	0.6	0.7
Q_{25}	2.0	0.9	1.2
Q_{50}	2.6	1.2	1.5
Q_{100}	3.2	1.5	1.9
Q_{500}	4.5	2.2	2.8
Q_{1000}	5.1	2.5	3.1
Q_{10000}	7.0	3.4	4.3

Projede, Mockus Metodu ($k=0.208$) ile hesaplanan taşkın debileri esas alınmıştır

DSİ Sentetik ve Mockus yöntemleri kullanılarak yapılan taşkın hesaplarında, yöntemler arasında uyum sağlanmıştır. Yapılan mukayese sonucu $T_p = 0.94$ saat (< 2 saat) olması ve mockus yönteminin küçük yağış alanlarında daha güvenilir bulunması sebebiyle Mockus Yöntemi ile hesaplanan ($K=0.208$) debilerinin projelendirmede kullanılması uygun bulunmuştur. (DSİ 21. Bölge Müdürlüğü, 2017)

Göletin yağış alanı (A), en uzun akarsu kol boyu (L), yağış alanı ağırlık merkezinin en uzun akarsu kol boyu üzerine izdüşüm noktası ile proje kesiti arasındaki mesafe (L_c) haritadan ölçülmüştür.



Görsel 1. Tekerrürlü Taşkın Debi Hidrograf Grafikleri

2.3 Su Kalitesi ve Toprak Kaynakları

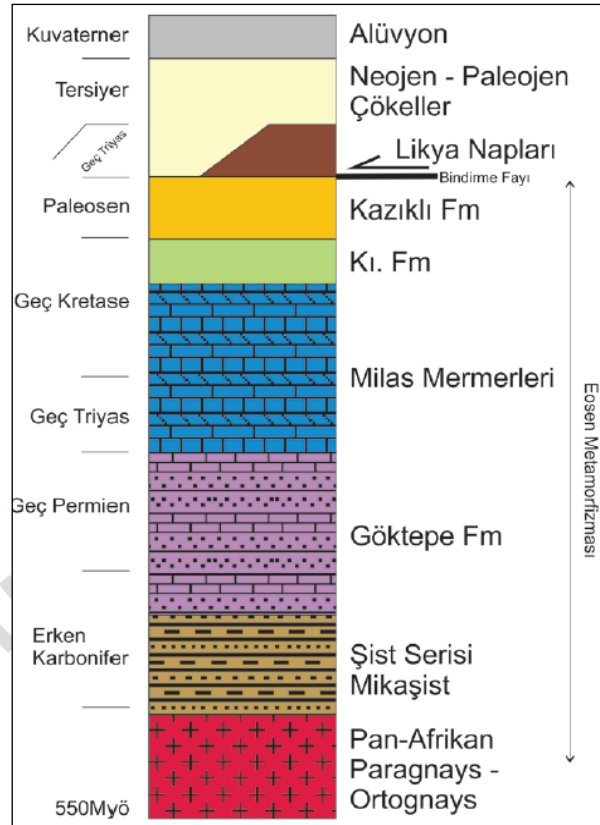
Aydın-Karacasu Çamköy göletinin yapılacağı Gencer deresi Büyük Menderes nehrinin önemli bir yan kolu olan Dardalas çayını beslemektedir. Bu çay üzerinde yapılmış çok sayıda depolama tesisi olup bu tesislerde depolanan su tarımsal sulamalar için uygun vasıflara sahiptir.

Proje alanından alınan toprak örneklerinin laboratuvar analizleri yapılmadığından toprakların çamur pH, 1/5 'lik sulu çözeltideki pH değerleri ile tuzluluk ve sodyumluluk değerleri tespit edilememiştir. Sulama suyunun orta tuzlu olduğu dikkate alınarak, işletme aşamasında toprakların kimyasal analizleri yapılarak, tuzluluk ve sodyumluluk değerlerine göre gerekli ıslah ve drenaj önlemleri alınmalıdır.

Proje alanında yapılan anket çalışmaları sonucunda füylerin dökümü yapılarak ekiliş oranları saptanan bitkilerin dekara verimleri son birkaç yılın ortalaması alınarak bulunmuştur. Bu şekilde elde edilen dekara verim miktarları, çiftlik avlusu fiyatları ile değerlendirilerek dekara toplam üretim değeri bulunmuştur. Bu değer de o ürünlerin ekiliş oranı ile çarpılarak dekara tartılı ortalama ile üretim değerleri bulunmuştur.

3. JEOLJİK VE JEOTEKNİK ÇALIŞMALAR

Proje alanı ve dolaylı genel konumu bağlamında Menderes Masifi üzerinde bulunmaktadır. Proje alanı güneyden bir yay biçiminde İzmir-Ankara Kenet Zonu'nun naplarından birini oluşturan Likya Napları tarafından çevrelenmektedir. Menderes Masifi ve Likya Napları'nı proje alanı ve yakın dolayında Oligosen-Miyosen yaşlı sığ denizel ve karasal tortullar uyumsuz olarak örtmektedir. İzleyen bölümlerde stratigrafik jeoloji jeotektonik bir model olarak yaşlıdan gence doğru bir dizilim içinde sunulmaktadır.

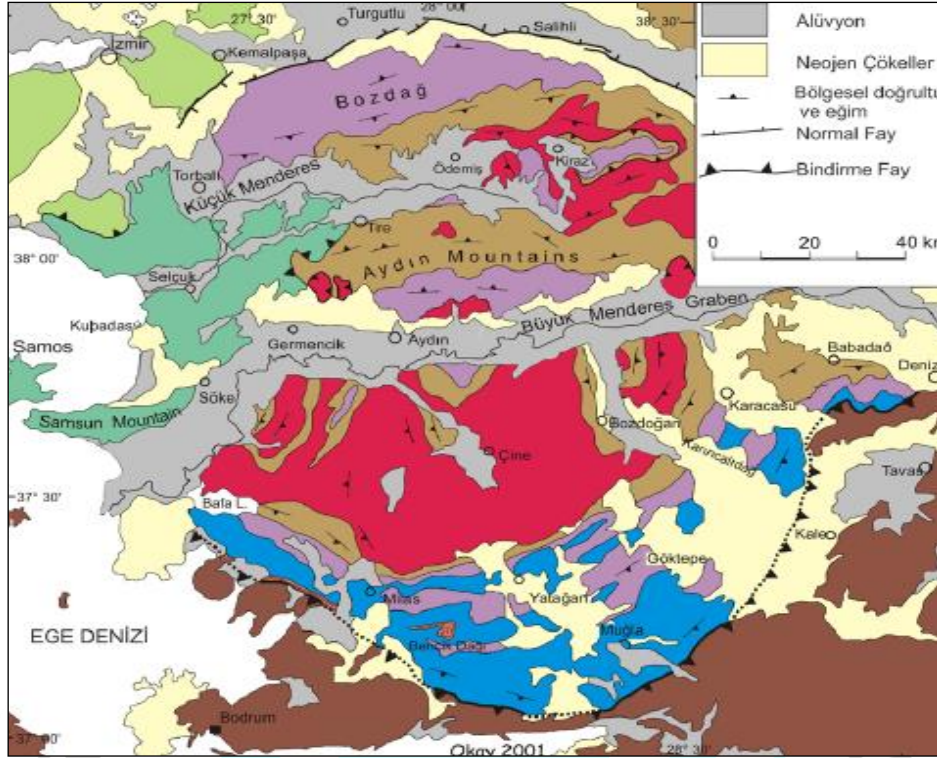


Görsel 2. Çalışma Alanı ve Yakın Çevresinin Stratigrafik Kesiti

Bu gölet alanı, Menderes masifi içinde yer almaktadır. Menderes masifinin temel kayacını oluşturan Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar uzun bir dönem boyunca kıta kalkanı olarak kalmış ve Miyosen dönemine kadar çökelim oluşmamıştır. Orta Miyosenden sonra tüm Anadolu’da egemen olan genişlemeli Neotektonik rejim o döneme kadar rijid bir kütleyle dönüşmüş, Menderes masifini Doğu-Batı doğrultulu derin hatlar boyunca kırarak batı Anadolu’nun ünlü grabenlerini meydana getirmiştir. Masif içerisinde blok tektoniğine koşut olarak graben yönünü denetleyen ve graben uzantısına çapraz büyük, düşey faylar da mevcuttur. Proje alanı ve çevresi, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığının Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası’na göre 1. Derecede Deprem Bölgesinde yer almaktadır. Çalışma sahasının yer aldığı ilgi alanında etkili iki ayrı kaynak zonu bulunmaktadır. Probabilistik sismik tehlike analizinde 50 yıllık ekonomik ömürde % 10 aşılma olasılık ile oluşacak depremin (MDE) yaratacağı en büyük yer ivmesi büyüklüğü ise, 0.343g olarak belirlenmiştir. (BİB, 1996)

Püsodo-statik esaslı şev stabilite analizlerinde, hesaplanan en büyük yer ivmesi değeri, yapı toplam riski dikkate alınarak, azaltmak suretiyle kullanılabilir. Bu amaçla en büyük yer ivmesini temsilen kullanılacak sismikkatsayı, 0.20g’lik bir değer olarak dikkate alınabilir. (Şaroğlu, 1992)

Yenipazar-Karacaören gölet yerinde bulunan gnays tipi metamorfik kayalar birimi, genelde geçirimsizlik arz etmektedir. Gölet aks ve yapı yerlerinde gözlenen gnays, ilksel olarak geçirimsiz olmalarına karşın, bölgedeki yoğun sıkışma ve tektonizmaya bağlı gelişen kırık hatları boyunca birimlerin geçirimsizliği artmıştır.



Görsel 3. Çalışma Alanı ve Bölgenin Genel Jeolojisi

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Gölet yerinin topografyası, bölgedeki doğal yapı malzemelerinin konumu ve özellikleri göz önüne alınarak gölet tipi “ön yüzü membran kaplı kaya dolgu” tipi olarak önerilmiş ve yapılan işletme çalışmaları sonucunda göletin talvegden yüksekliği 15.06 m olarak belirlenmiştir. Çamköy HİS Göleti’nin yapımı Çamköy köyünün hayvanlarının su ihtiyacı karşılanacaktır.

Önerilen tesisler:

Alternatif 1, Gövde tipi: Önyüzü membran kaplı kaya dolgu gövde.

Alternatif 2, Gövde tipi: Önyüzü beton kaya dolgu gövde.

Önerilen tesislerde, gövde tipi “Önyüzü Membran Kaya Dolgu Gövde” olarak seçilmiştir. Dolusavak yerleşimi gövde üzerinde ve derivasyon kondüvisi de sağ sahilde planlanmıştır. Sonuç itibarıyla, hem yakın civardaki malzeme miktarları ve malzeme temin kolaylığı açılarından, hem de keşif bedelleri sonucunda elde edilen maliyet değerleri açısından alternatifler kıyaslandığında, önerilen tesisin en uygun seçim olduğu düşünülmektedir. (DSİ 21. Bölge Müdürlüğü, 2017)

KAYNAKÇA

BİB. (1996). *T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası 1:1 800000 ölçekli*. Ankara.: Harita Genel Komutanlığı.

DSİ 21. Bölge Müdürlüğü. (2017). *21.Bölge 2.Kısım HİS Göletleri Teknik Raporu*. Aydın: DSİ 21. Bölge Müdürlüğü.

Şaroğlu, F. E. (1992). *Türkiye Diri Fay Haritası*. Ankara: MTA Genel Müdürlüğü.

GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA İÇİN GÜNCEL EĞİLİMLER VE GELİŞMELER

**HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK¹, BÜLENT AYHAN², ÜMRAN ATAY³,
KAZIM TURGUT⁴, HAKAN GÖKER⁵, SENEM GÖK⁶**

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ORCID ID: 0000-0001-6904-5539

² Adana Ziraî Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-5357-0600

³ GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, ORCID ID: 0000-0002-2248-4582

⁴ Adana Ziraî Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-0861-5806

⁵ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ORCID ID: 0000-0002-1162-0104

⁶ Adana Ziraî Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-2829-9927

ÖZET

Artan dünya nüfusu için daha fazla gıda üretimine duyulan ihtiyaç ve değişen iklim bağlamında azalan tatlı su arzı nedeniyle, tarımsal sulama için artan bir talep vardır. Yüksek dizel ve elektrik maliyetleri ve genellikle güvenilir enerji hizmetleri, küçük ve büyük çiftçilerin sulamada enerji tüketimini etkiler. Dünyada güneş enerjisiyle çalışan sulama sistemlerine (GESS) artan bir ilgi vardır. Bu durum, gelişmekte olan ülkelerdeki tarımsal uygulamalar, finans ve eğitim için artan taleplerde dikkat çekmektedir. Kırsal alanlarda genellikle, şebeke elektriği yoktur veya sadece ara sıra mevcuttur. Sulama suyu pompalaması için güneş enerjisinin kullanılması, geleneksel elektrik ve dizel tabanlı pompalama sistemlerine ümit verici bir alternatiftir. GESS, doğru akım (DC) veya alternatif akım (AC) ile çalışan motor tabanlı su pompasını çalıştırmak için güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik (PV) teknolojiye dayanır. GESS için yatırım maliyetleri düşerken ve sübvansiyon programları uygulamaya konulurken, güneş enerjisi teknolojileri hem büyük hem de küçük ölçekli çiftçiler için uygun bir seçenek haline gelmektedir. GESS, sulama için enerji maliyetlerini potansiyel olarak azaltarak, güvenilir ve ekonomik enerji sağlar. Dizel yakıtın pahalı olduğu veya elektrik şebekesine güvenilir erişimin olmadığı kırsal alanlarda, nispeten esnek ve iklim dostu alternatif bir enerji kaynağı sağlayabilir. GESS, büyük ölçekli sulama sistemlerinde ve merkezi olmayan, küçük ölçekli sulama sistemlerinde kullanılabilir. Bu çalışma, ilk günlerinden günümüze kadar güneş enerjili su pompalamaya ve bunun yanı sıra yeniliklere ve gelecekteki eğilimlere genel bir bakış sunmaktadır. Bazı ülkeler, tarımdan kaynaklanan emisyonları azaltmanın bir yolu olarak iklim değişikliğiyle ilgili ulusal eylem planları çerçevesinde GESS'i teşvik etmektedir. GESS uygulamalarının hızla yaygınlaşmasının nedeni, sadece temiz, iklime duyarlı ve yenilikçi bir enerji teknolojisi olması değil, aynı zamanda bu teknolojinin yeraltı su kaynaklarının daha sürdürülebilir kullanımını teşvik etmek için nasıl kullanılabileceği hakkında stratejik düşünme, daha kapsayıcı finansman ve yönetim yapıları ve su-enerji-gıda bağlantılarına ilişkin çözümler hakkında daha entegre düşünmeyi teşvik etmek yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, sulama, güncel eğilimler, gelişmeler.

1. GİRİŞ

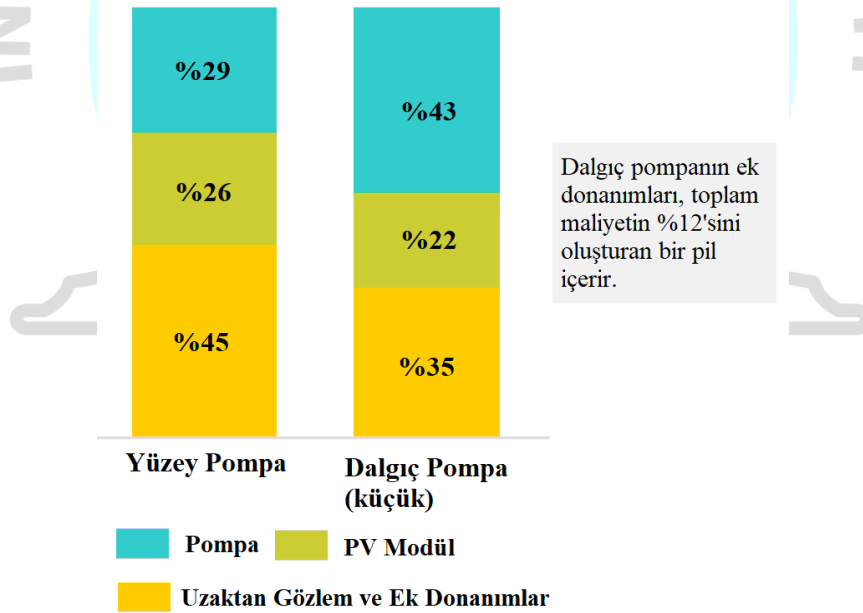
Güneş enerjili sulama teknolojileri küçük ölçekli kullanıcılar için giderek daha yaygın bir uygulama alanına sahip olması ve fiyatlarındaki düşüşler sebebiyle önemli bir noktadadır. Güneş enerjili su pompaları, PV panelleri tarafından sağlanan enerjiyi kullanarak yerüstü veya yeraltı kaynaktan su çekerek çalışmaktadırlar. Birçok farklı işlevi olmasına rağmen, güneş enerjili su pompaları genellikle güneş enerjili sulama sistemlerinin bir parçası olarak kullanılır. Küçük çiftçilerin ihtiyaçlarına uygun, daha küçük pompalar yaklaşık dört dönümlük araziye sulamaya yetecek kadar su çıkaran ve yaklaşık 600 ile 800 \$ fiyattan başlayan farklı çeşitlilikte pompa ve sulama sistemleri pazarda yer almaktadır. Güneş enerjili su pompaları ve ilgili sulama sistemleri, tarımsal verimlilikte iyileştirmeler, çevresel felaketlere karşı direnç, temiz içme

suyuna erişim ve sağlık sistemlerinin güçlendirilmesi gibi konularda yaşayan nüfusa çeşitli şekillerde fayda sağlama potansiyeline sahiptir.

Bu çalışma, günümüzün güneş enerjili sulama (GES) sistemlerine genel bir bakış sağlamayı, ulaşılabilir pazarın boyutunu tahmin etmeyi ve bu potansiyel ölçeğe ulaşmak için ne yapılması gerektiğine dair fikirleri paylaşmayı amaçlamaktadır. Hindistan'ın yanı sıra Sahra altı Afrika'daki altı farklı ülke (Fildişi Sahili, Etiyopya, Kenya, Nijerya, Sierra Leone ve Uganda) değerlendirilmekte, küçük ölçekli kullanım için tasarlanmış güneş enerjili su pompalarına odaklanmaktadır. Sahra altı Afrika'da tipik olan daha küçük pompaları (sistem kapasitesi ~75 W ile ~370 W arasında değişir) ve bir kamu sübvansiyon planı aracılığıyla Hindistan'da finanse edilen daha büyük pompaları (~2 kW ile ~4 kW) kullanılmaktadır. Bu pompa kapasiteleri aralığı, şebeke bağlantısı olmayan kırsal alanlar için uygundur. Çünkü bu tür pompalar, küçük arazi boyutları için en uygun debiyi üretir. Bu analiz mevcut pazara giriş, toplam erişilebilir pazar büyüklüğü ve 2030 yılı itibarıyla beklenen pazar büyüklüğünü incelemektedir. Teknoloji, müşteri talebi, gelişen iş modelleri ve politika gibi alanlarda pazarı şekillendiren temel eğilimler ve engeller belirlenmiştir. Son olarak, özel sektör, endüstri paydaşları ve politika yapımcıların küresel olarak GES sistemlerinin kullanılmasını hızlandırmaya nasıl yardımcı olabileceği konusunda öneriler sunulmaktadır.

2. GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA TEKNOLOJİSİNİN GELİŞİMİ

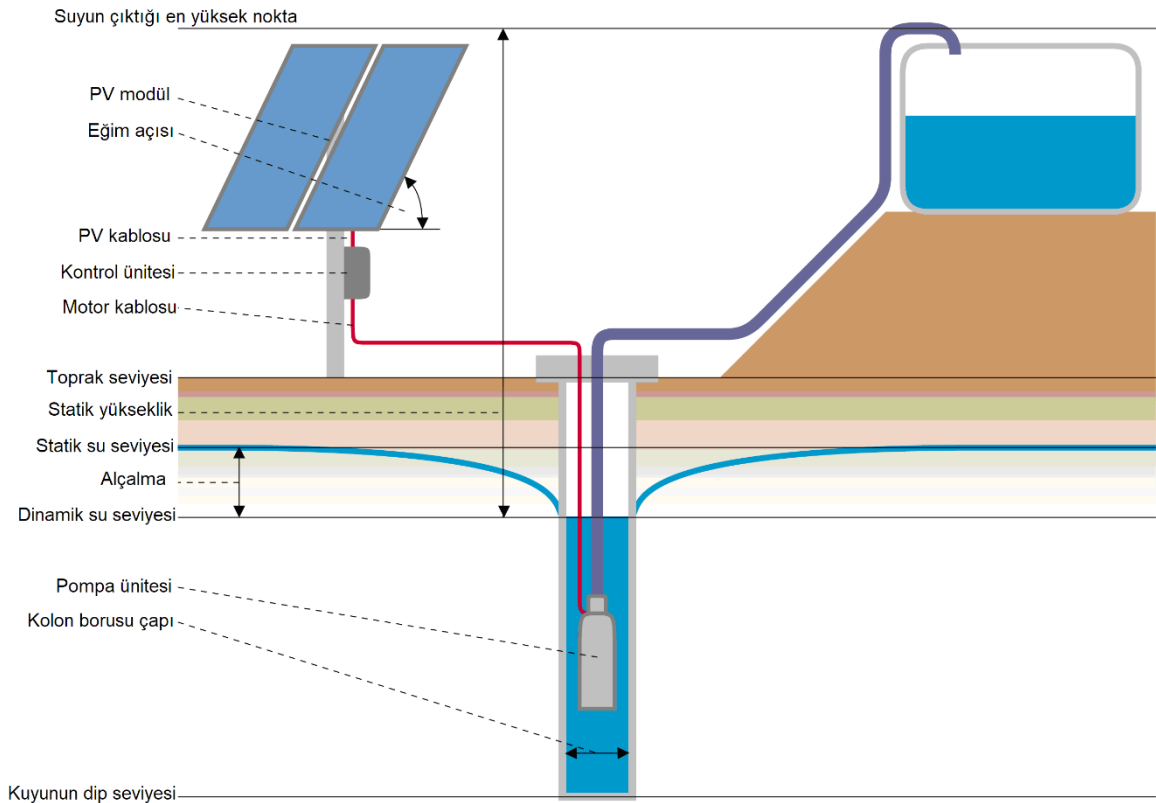
Fotovoltaik (PV) modüllerin maliyetindeki düşüşler ve daha küçük uygulamalarda pompa üreticilerinin artan ilgisi, fiyatların düşmesine ve güneş enerjili su pompası teknolojisindeki gelişmelere katkıda bulunmaktadır. 1970'lerden bu yana, PV modüllerin fiyatı yaklaşık 76 \$/W'dan 0,3 \$/W düzeyine azalmıştır. PV modüller bir GES sisteminin toplam maliyetinin yaklaşık dörtte birini ve kalan dörtte üçlük kısmı ise pompa ve ek cihazlar oluşturmaktadır (Görsel 1).



Görsel 1. Güneş Enerjili Su Pompası İçin Tahmini Maliyet Dökümü [1]

Aynı zamanda, üretim maliyetlerinin düşmesi ve talebin artmasıyla birlikte pazara daha fazla pompa üreticisi girmektedir. Düşen PV modül fiyatlarının ve artan piyasa oyuncularının birleşik etkileri neticesinde son yirmi yılda fiyatlar %80 oranında düşmüştür. Küçük toprak sahibi çiftçileri göz önünde bulundurarak, üreticiler bireysel kullanım için giderek daha küçük uygulamalar geliştirmektedir. Bununla birlikte, ömür boyu maliyetleri daha uygun olmasına rağmen, güneş enerjili su pompalarının ön maliyetleri, dizel alternatiflere kıyasla hala yüksektir. Güneş pompalarının maliyeti 600 ile 800 \$ arasında olabilirken, dizel pompa fiyatları devam eden yakıt maliyetleri hariç 200 \$ düzeyine kadar düşebilir. Kısmen yüksek ön fiyatlar,

güneş enerjili su pompalarını finansmana erişimi olmayan birçok küçük işletme sahibi için karşılanamaz hale getirmektedir. Dalgıç pompanın yardımcı ekipmanları, toplam maliyetin %12'sini oluşturan bir batarya içerir (Görsel 1).



Görsel 2. Güneş Enerjisiyle Sulama (GES) Sistemi

Güneş enerjili su pompalarındaki yenilikler, Nesnelerin İnterneti (IoT) özellikli iyileştirmelere, özellikle sensörler, uzaktan izleme ve fırçasız DC motorlara (BLDC) doğru ilerlemektedir. IoT işlevselliği, GES sistemlerinin genel kullanımını ve verimliliğini artırabilir. Pompa kontrol birimi kurulan GSM özellikli sistemler, aşağıdaki amaçlarla çeşitli şekillerde denenmektedir:

- Üreticilere, ürünlerini iyileştirmeye yardımcı olmaları veya uzaktan bakım sunmaları için müşteri kullanımı, sistem performansı ve kesinti süresi gibi verileri sağlamak
- Çiftçilerin ne kadar su pompaladıklarını izlemelerine olanak sağlamak
- Distribütörlerin PAYGO (dağıtım modeli) teknolojisini kullanarak güneş enerjili su pompalarını uzaktan kapatmalarına izin vermek.

Kullanım verilerine ve uzaktan bakıma erişim, çiftçiler için güneş enerjili su pompalarının verimliliğini artırabilir ve ömür boyu maliyetini düşürebilir. PAYGO distribütörleri için pompalara uzaktan erişim, borç verme işleminin maliyetlerini düşürebilir ve finansmanın küçük çiftçilere genişlemesini teşvik edebilir. Hindistan'daki Ecozen, kullanıcıların solar pompa kurulumlarını cep telefonlarından uzaktan izlemelerine ve kontrol etmelerine olanak tanıyan bir Farm Connect platformu kurulmuştur. Çiftçiler pompayı açıp kapatabilir ve sistemden hem enerji üretimini hem de su çıkışını görüntüleyebilir ve Ecozen'in müşteri desteğiyle iletişime geçebilir. AC indüksiyon ve geleneksel DC motorlara kıyasla daha yüksek verimlilikleri ve daha düşük bakım gereksinimleri nedeniyle güneş enerjili su pompalarında BLDC (fırçasız DC) motorların kullanılması yoluyla devam eden yenilikler de vardır. BLDC motorları ortalama olarak %85-90 verimlidir, geleneksel fırçalı motorlar ise %75-80 verimlidir. Bununla birlikte, birçok yeni ürün BLDC motorlara sahipken, bazı teknik ve pazar engelleri, bunların güneş enerjili su pompalarında tam olarak benimsenmesini

sınırlamaktadır. Bu engeller şunlardır: BLDC motorların ilk yatırım maliyeti daha yüksektir, düşük maliyetli üretim tekniklerine ilişkin araştırmalar sınırlıdır, BLDC motorlarının faydaları hakkında pazar farkındalığı çok düşük düzeydedir ve kırsal alanlarda servis hizmetlerine ulaşım daha zordur.

3. KULLANICI ALIŞKANLIKLARI VE YÖNELİMLERİ

Gelişmekte olan dünyada, GES sistemi müşterileri, pompaları hem ürünlerini sulamak amacıyla hem de hayvancılık dahil olmak üzere bir dizi tarımsal amaç için kullanan çiftçilerdir. Daha büyük ticari çiftçilere hizmet veren bir dizi GES çözümü vardır. Fakat bu çalışmanın odak noktası, küçük çiftçiler tarafından kullanılmak üzere özel olarak tasarlanmış küçük güneş enerjili su pompalarıdır. Bu pompalar, Sahra altı Afrika ve Hindistan'da pirinç, mısır ve bahçecilik gibi en yaygın olarak yetiştirilen ürünlerden bazıları dahil olmak üzere, ürünleri tutarlı bir su kaynağı gerektiren küçük çiftçiler için faydalıdır. Hindistan'da yapılan bir araştırma, çiftçilerin %87'sinin güvenilir sulamanın ürün verimliliğini artıracığına inandığını ortaya koymuştur. GES sistemlerine erişim, özellikle süt üretimi ve çiftlik hayvanları için düzenli bir su kaynağı sağlayabilir. Ortalama olarak ineklerin üretilen her litre süt için 3 litre suya ihtiyacı vardır. Süt ineği başına ortalama çıktının günde 5 litre kadar düşük olabildiği Sahra altı Afrika'da, küçük çiftlik sahipleri inek başına günde en az 15 litre suya ihtiyaç duyacaktır. Doğu Afrika'da, güneş enerjili su pompası müşterilerinin %61'i, özellikle inek ve keçiler olmak üzere, yetiştirilen çiftlik hayvanlarını araştırmıştır [1].

Evsel ve toplumsal ihtiyaçlar için kullanımı, hem birincil hem de ikincil kullanım olarak güneş enerjili su pompaları için diğer önemli uygulamalardır. Doğu Afrika'da yapılan bir araştırma, güneş enerjili su pompası müşterilerinin %22'sinin pompalarını çiftçilik için hiç kullanmadığını, bunun yerine ev içi veya küçük ölçekli ticari amaçlı (örneğin, okullar, ibadethaneler veya şantiyeler için su kaynakları olarak) kullanıldığını bildirmiştir [1]. Benzer şekilde, Hindistan'daki birçok güneş enerjili su pompası kullanıcısı, pompayı çiftçilik yerine evlerde içme suyu için kullanmaktadır. Bu ek kullanım durumunun, özellikle han halkı için su toplamadan sorumlu olma eğiliminde olan kadınlar üzerinde olumlu bir etkisi vardır. Çiftçiler ayrıca, tarım için sulamanın gerekli olmadığı bir ürün yetiştirme periyodunda (ortalama olarak bir mevsimin yaklaşık %30-40'ı) evsel ihtiyaçlar içinde pompaları da kullanabilirler [1].

Mevcut veriler sınırlı olsa da, güneş enerjili su pompası müşterileri daha yüksek bir gelir seviyesine sahiptirler ve çoğu küçük çiftçiye kıyasla daha iyi eğitilimlerdir. Güneş enerjili su pompasının yüksek ilk maliyetleri, daha iyi eğitilmiş müşterilerin sulamanın faydalarının daha fazla farkına varması ve güneş enerjisi ürünleriyle daha yüksek düzeyde konfora sahip olma olasılığı dikkate alındığında bu durum beklenmelidir. Kenya'da veriler, pompa kullanıcılarının ortalama bir kişiden daha zengin olduğunu ve %53'lük ulusal ortalamaya kıyasla kullanıcıların %75'inin günlük 3,10 \$ yoksulluk sınırının üzerinde yaşadığını göstermektedir. Bununla birlikte, %70'i yeni güneş enerjili su pompalarını finanse etmek için kredi kullandığından, finansmana erişim güneş enerjili su pompası müşterileri için önemli bir kolaylıktır. Doğu Afrika'daki güneş enerjili su pompası pazarının gelişmekte olduğu göz önüne alındığında, mevcut müşteriler muhtemelen riske toleranslı ve daha fazla harcanabilir gelire sahip ilk benimseyenler olacaktır. Satın alma ve dinamikleri daha iyi anlamak için tipik güneş enerjili su pompası müşterilerinin demografik özellikleri ve profilleri, satın alma kararlarını nasıl verdikleri ve pompaları ne için kullandıkları hakkında daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

3.1. Farkındalık Ve Teknik Bilgi

Güneş enerjili su pompaları yıllardır piyasada olmasına rağmen, güneş enerjisi teknolojisine ve özellikle su pompalarına güç sağlamak için kullanımına ilişkin farkındalık, birçok pazarda sınırlı kalmaktadır. Bu farkındalık eksikliği, güneş enerjili sulama söz konusu olduğunda daha da önemlidir. Doğu Afrika'da, güneş enerjili su pompası müşterilerinin %64'ü güneş enerjili su pompası satın almadan önce, bir güneş aydınlatma ürününe sahip olmasına

rağmen, %57'si bir pompaya sahip olmadan önce sulama için güneş enerjisi teknolojisini kullandığını duymamıştır [1]. Hindistan'daki araştırmalar da aynı şekilde düşük farkındalık seviyeleri ortaya koymaktadır. Dahası, modern sulama çözümleri yelpazesine ve sulamanın potansiyel faydalarına ilişkin farkındalık da bazı pazarlarda sınırlı kalmaktadır.

Çiftçilere eğitim ve rehberlik olmadan, GES sistemlerine yapılan yatırımların tarımsal kazançlar sağlaması olası değildir. Sulama, bir çiftçinin tarım üretimine karmaşıklık katar. Örneğin, gübre kullanımı ve hasat zamanlaması gibi diğer faaliyetlerin kararlarını etkiler. Pek çok satıcı, kurulum noktasında eğitim imkanı sunarken, ufak bir kısmı satış sonrası servis desteği sağlar. Dizel pompalardan geçiş GES sistemlerine geçiş yapan çiftçiler, sulama tekniklerini yüksek akışlı pompalardan orta akışlı pompalara ayarladıkları için, bir öğrenme eğrisiyle de karşı karşıya kalmaktadırlar. Teknik yardım programlarının bir parçası olmayan çiftçiler için, bu beceri ve teknikleri öğrenmek zor olabilir.

Bir güneş enerjili su pompası satın alma kararı, büyük ölçüde teknolojinin özgünlüğüne ve bir çiftçinin geçimi üzerindeki etkisine olan güvene bağlıdır. Bir güneş enerjili su pompası için satın alma döngüsü (bir satışın dönüştürülmesinde yer alan aşamalar), temel güneş enerjisi cihazlarından daha uzundur. Distribütörler bunun farkındadır ve çoğu, bir satışı gerçekleştirebilmek için bir çiftliği birden çok kez ziyaret etmeleri gerektiğini bildirmektedir. Satışların gerçekleştirilmesinde ürünün kullanımına ait eğitim kritik önem taşır. Bir güneş enerjili su pompasının başarılı bir şekilde çalıştığını gören ve operasyon hakkında olumlu görüşlere sahip olan çiftçiler, bu teknolojiye haberi olmayan çiftçilere kıyasla güneş enerjili pompa satın alma olasılıkları iki kat daha fazladır. Bir güneş enerjili su pompasının kısmen yüksek ilk maliyeti göz önüne alındığında, çiftçiler satın alma için para biriktirmeye karar verdikten sonra genellikle ek zamana ihtiyaç duyarlar.

3.2. Satın Alınabilirlik

Güneş enerjili su pompalarının finansmanı kritik önem taşır. Bu olmadan, güneş enerjili su pompalarına Sahra altı Afrika ve Güneydoğu Asya'daki çiftçilerin büyük çoğunluğu erişemez. Küçük ölçekli bir pompanın fiyatı, tipik bir tarım işletmesi için en az 6-12 aylık gelire eşittir. Bu fiyat, bir tür kurumsal krediye erişimi olmayan çiftçilerin, yalnızca gelirlerinin önemli bir kısmını uzun bir süre boyunca biriktirerek, arkadaşlarından ve akrabalarından borç alarak veya diğer işletmelerle ortak bir şekilde hareket ederek güneş enerjili su pompası satın alınabilmesiyle oluşur. Kenya güneş enerjili su pompası pazarı üzerine yapılan bir araştırma, sulama için küçük ölçekli işletmelerin finansman eksikliğinin, güneş enerjili su pompası satışlarının önündeki kilit bir engel olduğunu ortaya koymuştur. Çiftçilerin güneş enerjili su pompası seçerken satın alma faktörü olarak belirttikleri ilk şey fiyat olmuştur.

Güneş enerjili su pompaları için mevcut finansman çözümleri sınırlıdır ve mevcut birçok seçenek, yüksek maliyetleri ve elverişsiz koşulları nedeniyle küçük çiftçiler için çekici değildir. PAYGO çözümleri güneş enerjili su pompası alanında yeni yeni tutunmaya başlamaktadır. Örneğin, SunCulture firması, yalnızca finansman sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda çiftçilerin büyümesini ve daha fazla kazanmasını sağlayan daha geniş bir satın alma sonrası destek yelpazesine duyulan ihtiyacı kabul eden bir "Büyürken Öde" modelini başlatmıştır. Bununla birlikte, PAYGO dışında, güneş enerjili su pompaları için alternatif finansman yöntemleri sınırlıdır. Geleneksel ticari bankalar genellikle küçük çiftçilere doğrudan kredi vermeyi risk olarak görmektedirken, tipik olarak mikrofinans kurumları tarafından sağlanan kredilerin boyutu, güneş enerjili su pompalarının maliyetini karşılayamayacak kadar küçüktür. Dahası, finansal kurumlar, çiftçilerin üretimi için bir pazar kesinliği sağlayabilen ve hatta varlık kredisinin garantörü olarak durabilen güvenilir bir alıcı olduğu durumlarda çiftçilere kredi vermeyi tercih eder. Çoğu durumda, güneş enerjili su pompaları için geleneksel finans kurumları tarafından sunulan finansman koşulları, yüksek yıllık faiz oranlarına sahiptir ve minimum %30 peşinat gerektirir ki bu, birçok küçük çiftçinin erişemeyeceği bir durumdur. Bu kredi koşulları, genellikle geri ödeme planlarındaki öngörülemezliği hesaba katmaz.

Krediler sigortalı gelirse, toplam kredi değerine ekstra maliyet olarak eklenir. Pahalı olmasının yanı sıra, finansman süreci, bir finans kurumu aracılığıyla krediye erişim deneyimi olmayan küçük çiftçiler için zor olabilir. Hindistan'da yapılan bir çalışmada, karmaşık süreç ve banka yetkilileri tarafından verilen rahatsızlık, çiftçilerin bankalardan kredilere erişimde karşılaştıkları zorluklar olarak yüksek faiz oranının önünde yer almıştır.

3.3. Suya Erişim

Güneş enerjili su pompalama, özellikle Sahra altı Afrika'da, güneş enerjili su pompalarının alımına önemli bir kısıtlama getiren bir yüzey su kaynağı veya bir sondaj kuyusu olan suya erişime dayanır. Sahra altı Afrika'da, büyük ve küçük ölçekli sulama planlarının yaklaşık %78'i yüzey suyu kullanırken, %20'si yeraltı su kaynaklarından yararlanmaktadır. Çiftçiler suya erişimin getirdiği sınırlamaların farkındadır ve su kaynaklarını sulama yöntemi seçiminde kritik bir faktör olarak görmektedirler. Kıta genelinde, Nijerya, Tanzanya, Gana, Zambiya, Burkina Faso, Etiyopya, Nijer, Kenya, Mali, Mozambik, Ruanda, Uganda, Malawi ve 13 ülkede yeraltı suyu kaynakları kullanılarak sulama yapılan toplam alan potansiyel olarak 120 kat artırılabilir. Bahçecilik için damla sulama gibi çevresel sulama yaklaşımlarının kullanılması, yeraltı suyu kullanımını sınırlarken, bu genişlemeyi sağlayabilir. Yüzey suyu önemli bir su kaynağı olmaya devam ederken, yeraltı suyuna olan erişiminin genişletilmesi, sulama yapılan arazinin genişlemesi ve güneş enerjili su pompası kullanımının artması durumunda ele alınması gereken kritik faktörlerden biridir. Yeraltı suyuna erişimin genişletilmesi, ulusal ve yerel yönetimler tarafından yeraltı suyu kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması için önemli bir koordinasyonun yanı sıra bunun aşırı tükenmeyi önlemek için sürdürülebilir bir şekilde yapılmasını gerektirir.

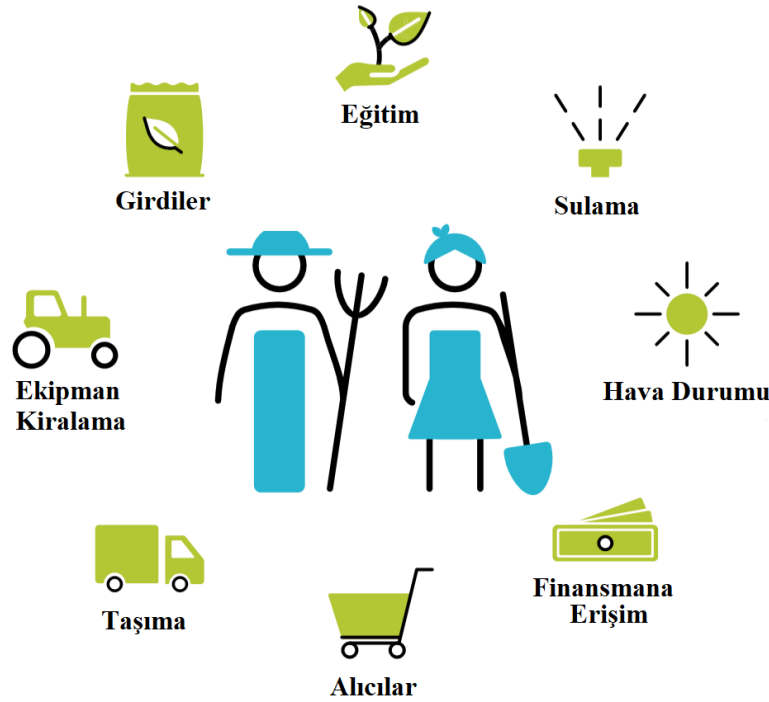
Yeraltı suyuna erişimin Sahra altı Afrika'dan daha gelişmiş olduğu Hindistan'da, yeraltı suyunun tükenmesi büyük bir endişe kaynağıdır. Güneş enerjisi teknolojisiyle, daha uzun süre su pompalamanın marjinal maliyetleri en düşük düzeydedir. Dizel pompalarda ise, pompanın çalışma süresiyle orantılı olarak artan bir yakıt maliyeti vardır. Dizel pompalardan güneş enerjili su pompalarına geçiş, GES sistemi sahiplerinin verimli bir şekilde sulama yapma teşvikinden yoksun olma riskini beraberinde getirir. Bu, yeraltı suyunun tükenmesine yol açma potansiyeline sahiptir. Bu durum, özellikle akiferlerin %30'unun zaten kritik durumda olduğu Hindistan'da endişe vericidir. Halihazırda çeşitli aktörler tarafından test edilmekte olan potansiyel çözümler arasında su tablolarının hükümet tarafından haritalandırılması ve bu verilerin güneş enerjili su pompası şirketleri ve küçük çiftçilerin kullanımına sunulması yer almaktadır. Ayrıca, daha verimli kullanımı artırmak için, pompa paylaşımını teşvik etmeyi ve yeraltı suyu kullanımını düzenlemek için su giriş ve çıkış hesaplarının düzenli tutulması gerekmektedir. Pompalarda akıllı ölçüm sistemleri, çiftçilerin su kullanımını takip etmelerine ve su akışına göre pompa çalışma sürelerini önceden belirlemelerine olanak tanıyan potansiyel bir çözümdür.

4. GES SİSTEMLERİNİN KÜÇÜK ÇİFTÇİLER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

GES sistemleri, tarımsal veya evsel amaçlarla kullanıldığında geçim kaynaklarının ve yaşam kalitesinin iyileştirilmesine önemli ölçüde katkıda bulunabilir. Sulama cihazları olarak, güneş enerjili su pompaları daha yüksek verim sağlar, bazı durumlarda tarımsal üretimi üç katına çıkarır ve maliyetleri düşürebilir. Bunun nedeni, daha büyük ekili alanlardan veya çok mevsimlik tarımdan kaynaklanan artan üretim ve su temini veya alternatif sulama yöntemlerine yönelik azalan harcama olabilir. Bitki türüne bağlı olarak, verim artışları, çiftçiler için, özellikle kısa yetiştirme periyotlarına sahip olan yüksek değerli ürünler için önemli gelir kazanımları ile sonuçlanabilir. Sulama ve GES sistemlerine erişim, çiftçilerin kuraklık ve öngörülemeyen yağış gibi iklimle ilgili risklere karşı direncini artırır. Ayrıca, güneş enerjili su pompaları, dizel pompalar gibi diğer sulama ürünlerine çevresel olarak sürdürülebilir bir alternatiftirler. Bir evde veya bir kamu kurumunda kullanıldığında, GES sistemleri, daha çevreci, sağlıklı ve düzenli temiz su imkanı sağlayabilir. Kadınlar, sebze ve meyve yetiştiriciliğine uygunlukları ve evsel

işler için gerekli olan suyun temini için bir pompa kullanılarak kazanılan zamandan dolayı, hem çiftçi hem de evdeki birincil işçi olarak güneş enerjili su pompalarından olumlu anlamda etkilenmişlerdir.

Bu teknolojiden yararlanmak için, küçük ölçekli çiftçilerin, tarımsal girdilere ve pazarlara erişim de dahil olmak üzere, bir ön koşul temeli üzerine getirilecek GES sistemlerine ihtiyaçları vardır. Küçük ölçekli çiftçilik, entegre bir sistemin parçasıdır. Tek başına bir çözüm üretmeyi denemek, önemli sonuçlar elde etmek için yeterli değildir. Sulama çözümlerini tanıtırken uyumlu bir yaklaşım önemlidir. Çünkü sulama kullanımı bir çiftçinin büyüme ve satış döngüsündeki her adımını etkiler. İlk olarak, girdilere erişim önemlidir. Çiftçilerin GES sistemleri ile sağlanan sulama ile birlikte iyileştirilmiş tohumlara, gübrelere ve böcek ilaçlarına erişimi yoksa tarımsal verim ekonomik eşiğin altında kalabilir. Ayrıca, sulama, çiftçilerin bu girdileri nasıl ve hangi miktarlarda kullandıklarını değiştirmelerini gerektirir. Örneğin, gübre genellikle sulama için kullanılan suya enjekte edilir. Bu tarımsal girdilere erişim tipik olarak yerel tarımsal bayi ağlarının yanı sıra, bir çiftçinin onlar için krediye erişme yeteneğine bağlıdır. İkincisi, ürün yetiştirme periyodu boyunca çiftçilerin, daha gelişmiş sulama teknolojilerinin nasıl çalıştırılacağını anlamak dahil olmak üzere ürünlerinin potansiyel verimini gerçekleştirmek için teknik uzmanlığa ihtiyaçları vardır. Yayım hizmetleri çiftçilere agronomik destek sağlar. Ancak bu hizmetler genellikle bunu verimli bir şekilde yapacak kaynaklardan ve kapasiteden yoksundur. Yağmur sularının kullanıldığı tarımdan sulama yapılan tarıma geçiş, yayım görevlilerinin sulama ile nasıl tarım yapılacağını bilmemeleri nedeniyle bu zorluğu daha da karmaşık hale getirmektedir. Üçüncüsü, sulama uygulamaları çiftçilerin pazara ne zaman ve nasıl gireceğini değiştirebilir. Sulama, çiftçilerin daha uzak pazarlara ulaşımı haklı çıkarmak için yeterli üretim düzeylerine ulaşmasını sağlar. Sulama, ürün verimini iyileştirmenin ötesinde, çiftçilerin büyüme döngülerini ayarlamalarına ve bazı durumlarda fiyatların daha yüksek olduğu yılın üretim açısından yoğun olmayan zamanlarında hasat yapmalarına veya bazı ticari alıcıların gerektirdiği şekilde önceden belirlenmiş programlarda büyümelerine olanak sağlayabilir. Sulama aynı zamanda çiftçilerin düşük değerli ürünlerden daha yüksek değere sahip ürünlere geçmelerine de olanak tanıyarak onların ürünleri için yeni pazarlar bulmalarını gerektirebilir. Üretimdeki bu değişikliklerin her biri, sadece çiftçinin adil bir fiyat sunan alıcılara erişimi olduğunda daha yüksek gelir anlamına gelir. Dördüncüsü, hava durumu bilgileri, ekipman kiralama, nakliye ve eğitim gibi üretim döngüsü boyunca katma değerli hizmetler de çiftçilerin güneş enerjili sulamanın tam etkisini gerçekleştirme becerisi için kritik öneme sahiptir. Genel olarak, çiftçilerin sulamanın faydalarını gerçekleştirmek için yetiştirme ve satış döngüleri boyunca iyi koordine edilmiş, hedeflenmiş desteğe ihtiyaçları vardır.



Görsel 3. Çiftçilerin Temel İhtiyaçları

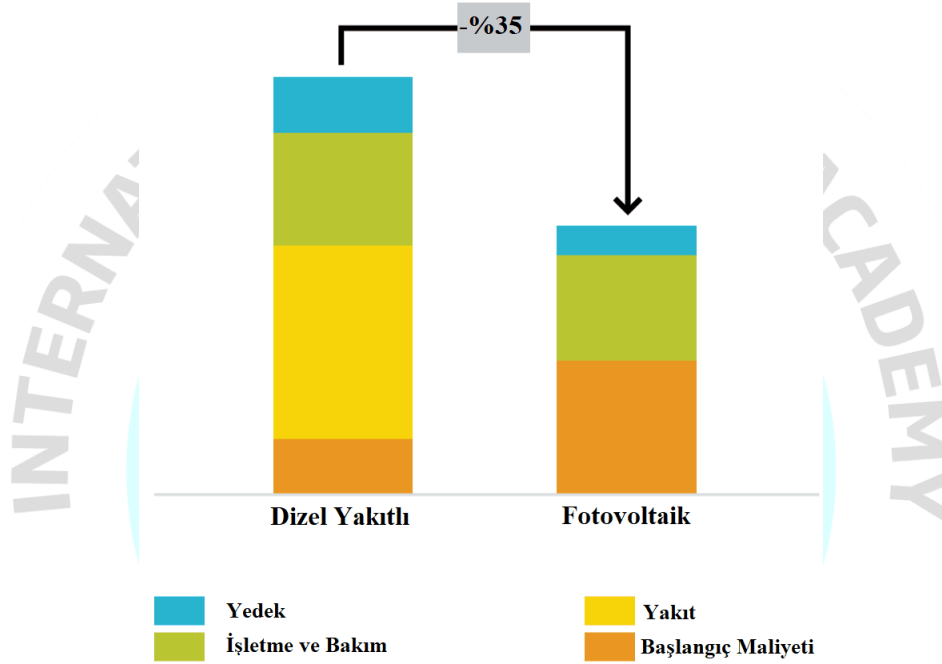
4.1. Üretim

GES sistemleri ürün verimini iyileştirir ve çiftçilerin farklı ürünler de yetiştirmelerine olanak sağlar. Modern sulama yoluyla suya erişim, çiftlik hanelerinin üretkenliğini artırmak için kritik öneme sahiptir. Küçük ölçekli sulamanın çiftçiler üzerindeki etkisine ilişkin çalışmalar yapılmıştır. Sahra altı Afrika için yapılan bir çalışmada sulamanın mısır verimini %141–195 oranında artırabildiğini bildirmiştir. Verimdeki bu farklılık ülkeden ülkeye farklı faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. SunCulture’ın Doğu Afrika’daki etkisine ilişkin bir araştırma, birkaç aydan uzun süredir pompa kullanan çiftçilerin ortalama ürün veriminde yıllık %300’e kadar artış olduğunu bildirmiştir. Asya’da yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, kıtlık riskinin azaldığını ve daha fazla ürün çeşitliliğine de olanak sağladığını göstermektedir. Bu sonuçlar, suya erişimin kolaylaşması ve aynı zamanda bir GES sistemi kullanılarak serbest bırakılan zamandan kaynaklanmaktadır ki bu sürenin haftada 17 saatten fazla olduğu tahmin edilmektedir. Bu tarımsal etkiler, hanehalkı gelirlerini artırabilen ve çiftlik hanelerinin zaman içinde çiftlik düzeyinde daha fazla üretkenlik yatırımı ve iyileştirme yapmasına olanak tanıyan bir "verimlilik merdiveni" için kritik bir ilk adımdır. Örneğin, sulamaya erişimden elde edilen gelirlerle, bir mısır çiftçisi potansiyel olarak zaman içinde silolara yatırım yapabilir veya bir süt çiftçisi süt soğutucusuna yatırım yapabilir.

4.2. Net Gelir

Tarım için doğru şekilde kullanıldığında, GES sistemleri küçük çiftçiler için güçlü bir iş potansiyeli sunar. Sulamadan elde edilen verimin artmasının çiftçilere olan faydaları ürüne göre değişir. Daha yüksek bir yatırım getirisi genellikle daha kısa yetiştirme mevsimlerine sahip ürünler için rapor edilir. Örneğin, iki yıldan fazla bir süredir, GES sistemlerinin yatırım getirisi, bahçe ürünleri yetiştiren çiftçiler için %150-250 arasında değişmektedir. Bahçecilik için yüksek yatırım getirisi, sadece GES sistemi kullanımına bağlı olarak artan verimle değil, aynı zamanda artan sayıda yıllık hasatla (yılıda iki ila üç hasat) da yönlendirilir. Dizel pompadan güneş enerjili su pompalarına geçen çiftçiler, artan yakıt maliyetlerinden tasarruf sağlar. Küçük bir güneş enerjili su pompası kullananlar, güneş sulamaya geçtikten sonra dönüm başına yılda 268 \$ tasarruf sağladığını bildirmiştir. Tipik bir güneş enerjili su pompası sisteminin ilk maliyeti, dizel yakıtlı pompa maliyetinden daha yüksek olsa da, yakıt maliyetlerini hesaba katarken, güneş enerjili su pompası, bir pompanın yaşam döngüsü boyunca %36 daha az maliyetlidir.

Doğu Afrika’da çiftçilerin %40’ından fazlasının bir güneş enerjili su pompasına geçmeden önce bir yakıt pompası kullanması, çiftçilerin güneş enerjisi teknolojisi konusunda yüksek farkındalığın olduğu yerlerde, güneş enerjisi alternatifinin daha yüksek bir ön maliyete rağmen uzun vadeli faydasını anlayabileceklerini göstermektedir. Elle sulamadan geçiş yapan çiftçiler, geçici işçi çalıştırma ihtiyacının azalmasıyla devam eden maliyetlerde de düşüş yaşarlar. Ek olarak, çiftçiler, pompayı diğer çiftçilere kiralamaktan ek gelir elde ederek veya pompanın maliyetlerini birden fazla hane arasında paylaştırarak pompanın getirisini optimize edebilir. Çiftçilerin küçük bir kısmı (%10), güneş enerjili su pompalarını arkadaşlarına ve komşularına ödünç vererek ekstra gelir elde ettiklerini de belirtmişlerdir. Ortalama olarak, bu grubun haftada ek olarak 20,65 \$ kazandığı bildirilmiştir. Net gelirdeki artış, çiftçilerin okul ücretleri gibi daha büyük harcamaları biriktirme ve ödeme yeteneklerini artırır ve öngörülemeyen riskleri azaltmaya yardımcı olabilir.



Görsel 4. Dizel Yakıtlı Ve Güneş Enerjili Su Pompalarının Ekonomik Karşılaştırması [1]

GES sistemlerinin satın alınması, çiftçilerin kredi geçmişi oluşturmalarına ve daha fazla finansman sağlamalarına da yardımcı olabilir. Bir çiftçi "satın al" modeliyle veya PAYGO aracılığıyla bir güneş enerjili su pompası satın aldığı anda, etkin bir şekilde bir varlık finansmanı düzenlemesine giriyor demektir. Kredinin geri ödenmesiyle oluşturulan kredi geçmişi, çiftçi diğer varlıklar için daha fazla finansman aradığında dikkate alınabilir. Buna ek olarak, finans kurumları, güneş enerjili su pompalarının diğer tarımsal kredileri azaltma ve mevcut tarım portföylerindeki temerrüt oranlarını düşürme potansiyeline sahip olduğunu fark etmeye başlamışlardır.

4.3. Cinsiyet

GES sistemleri, kadın çiftçiler üzerinde özellikle olumlu bir etkiye sahip olabilir. Güney Asya ve Sahra altı Afrika’da, tarımsal işgücünün neredeyse %50’sini kadınlar oluşturmaktadır. Kadınlar sulama imkanlarını kullanarak daha çok sebze ve meyve yetiştirebilirler. Güneş enerjili su pompalarının kullanılması, kadınların bu ürünlere bakmak için harcadıkları zamanı azaltabilir. Ek olarak, bazı ülkelerde kadınlar bahçe ürünlerini sadece üretmekle kalmaz, aynı zamanda pazara da sunarlar. Bu gibi durumlarda, kadınların yüksek ürün veriminden kaynaklanan gelir artışlarını ceplerine koymaları muhtemeldir. Kadınların yönetiminde olan ürünlerden elde edilen gelirin, sağlık ve eğitimde kullanılması daha olasıdır ve çocuklar üzerinde zincirleme bir etki sağlar. Kadınlar su temininden sorumlu oldukları için, GES sistemleri daha fazla zaman tasarrufu sağlayabilir.

4.4. İklim Direnci

Sulamaya erişim, çiftçilerin iklim değişikliğine karşı direncini artırır. Bugün, iklimle ilgili afetlerin neden olduğu tüm ekonomik hasarın %25'i tarımla bağlantılıdır. Bu oranın %83'üne kuraklık neden olmaktadır. Araştırmalar ayrıca, Sahra altı Afrika'nın çoğunda temel bir ürün olan mısırın, özellikle yağışların azalmasının beklendiği bölgelerde artan sıcaklıklarla birlikte daha düşük verime sahip olacağını göstermektedir. İklim değişikliğinin bir sonucu olarak, birçok yerde daha sık ve şiddetli olacağı tahmin edilen kuraklıklar, düzensiz yağış modelleri ve sıcaklık artışları nedeniyle, tarımdaki en savunmasız topluluklar olan küçük çiftçiler için bu riskleri azaltacak araçlara sahip olmak çok önemlidir. Sulama, çözümün bir parçasını oluşturabilir ve güneş enerjili su pompaları, bu sulamayı küçük çiftçiler için erişilebilir kılmak adına önemli araçlardır. Özellikle, GES sistemleri, çiftçilerin ek bir su kaynağı ile düşük veya öngörülemeyen yağış risklerinden bazılarını dengelemelerini sağlar. Bu teknoloji aynı zamanda çiftçilerin daha çeşitli ürünleri üretmelerine olanak sağlar ve bir yıl içerisinde yetiştirilecek ürün miktarını artırarak, kazanç imkanlarını çeşitlendirebilir. Kuraklık ve düşük tarımsal getiri aşırılık yanlısı silahlı grupların büyümesiyle alakalı olduğundan, daha istikrarlı gelir akışlarının daha istikrarlı güvenlik ortamlarına yol açtığı da gösterilmiştir.

Daha geniş anlamda, GES sistemlerini teşvik etmek, alternatif teknolojilerden kaynaklanan karbon emisyonlarını önler. Bu durum, hem mevcut dizel pompa kullanıcılarını güneş enerjisi pompalarına geçirmede hem de daha fazla üreticinin makinalı sulama sistemine geçmesiyle artan emisyon miktarlarını azaltmada kritik öneme sahiptir. Örneğin, Bangladeş'te, ülke çapında mevcut 1,3 milyon dizel pompanın güneş enerjili pompalarla değiştirilmesini teşvik eden bir finansman programının yılda 1,2 milyar litre dizel yakıtı veya 3,2 milyon ton sera gazı emisyonunu engellemesi öngörülmektedir [1]. Önümüzdeki on yıl içinde bir ile üç milyon çiftçinin sulu tarım yapması durumunda geçişin potansiyel olarak yüksek çevresel maliyetler olmadan gerçekleşmesi kritik önem taşımaktadır.

5. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

GES sistemlerinin potansiyelini belirlemek için bir takım sorunlar devam etmektedir. Diğer bir deyişle, birçok küçük çiftçi için GES sistemleri ekonomik değildir. Üreticiler ve dağıtım işini yapan bayiler kırsal pazarlara ekonomik anlamda erişim için zorlanmaktadır. Birçok hükümet ve kalkınma aktörü, ekonomik büyüme ve gıda güvenliğine giden bir yol olarak tarımsal üretime öncelik veriyor olsa da, çoğu durumda bu, GES sistemlerinin yaygınlaşmasını desteklemek için herhangi bir politika teşvikine ve finansmana dönüşmemiştir. GES sistemlerinin pazar ve etki potansiyeli çok geniştir. Ancak bu potansiyelin farkına varmak, ürün geliştirme, dağıtım, finans ve politika dahil olmak üzere değer zinciri boyunca inovasyon ve koordinasyonu gerektirebilir.

Politika, finans, teknoloji veya ortaklık alanlarının hangisinde olursa olsun, güneş enerjili su pompası yayılmasını teşvik etmek için en kritik müdahalelerin kombinasyonu, pazarın olgunluğuna bağlıdır. Bu çalışmada daha önce tartışıldığı gibi, pazarlar, tarım sektörünün yapısına, yerleşik teknolojilerin varlığına, güneş enerjisi endüstrisinin gelişimine ve küçük çiftçilerin boyut ve ekonomik gücüne bağlı olarak farklı olgunluk düzeylerine sahiptir. Tarımsal değer zincirlerinin iyi yapılandırıldığı yerlerde, GES sistemi şirketleri, küçük çiftçilere ulaşmak ve bu yapıların gücünden yararlanmak için toplayıcılarla ve mevcut tarım programlarıyla ortaklık yapmalıdır. Finansörler için çiftçilere yatırım yapma riskini azaltan sözleşmeli alıcılar ve yayım hizmeti sağlayıcıları ile ortaklık yapma fırsatları da olabilir. Yerleşik sulama teknolojilerinin bulunduğu pazarlarda, sübvansiyonlar veya ithalat vergisi muafiyetleri gibi hükümet politikaları, güneş enerjili su pompalarına geçişi teşvik etmeye yardımcı olabilir.

Buna karşılık, gelişmiş güneş enerjisi endüstrilerine sahip pazarlarda, ürün yeniliğini genişletmek için finansmanı güneş enerjili su şirketlerine yönlendirmenin yollarını bulmak önemli olacaktır. Akıllı sübvansiyon programları için hükümet veya bağışçı desteği dağıtımı

teşvik edebilir. Son olarak, küçük çiftçi gelirlerinin güneş enerjili su pompaları için önemli bir fırsat sunamayacak kadar düşük olduğu pazarlarda, politika, finansman ve ortaklıklar dahil olmak üzere bir dizi müdahalenin aynı anda uygulanması gerekebilir. Hükümetler tarafından sübvansiyonlar ve vergi muafiyetlerinin bir kombinasyonu benimsenirken, Tarım Bakanlıkları ile koordineli faaliyetler çiftçilere yönelik farkındalık yaratabilir ve yayım hizmetlerini iyileştirebilir. Bağışçı ortaklıkları, yalnızca çiftlik üretkenliğini ve gelirlerini artırmaya yardımcı olacak hizmetleri artırmak için değil, aynı zamanda güneş enerjili su pompalarının kullanımıyla ilgili eğitime öncülük etmek için de kullanılabilir. Kritik olarak, küçük toprak sahibi çiftçiler özdeş yapıda değildir ve hatta pazarlarda bile yaklaşımlar ve müdahaleler hedef çiftçi grubuna göre değişiklik gösterebilmektedir. Ticari aktörler bazı çiftçilere kolayca hizmet edebilirken, diğer aktörler ise politika, yayım hizmetlerini ve finansal erişimi birleştiren daha koordineli uygulamalara gereksinim duyabilirler.

KAYNAKÇA

- [1] SWPO, 2019. *Solar Water Pump Outlook 2019: Global Trends and Market Opportunities*. September 2019 Efficiency for Access Coalition.
- [2] Öztürk H.H., *Güneş Enerjisiyle Sulama Yönetimi: Yönetim-Etkiler-Güçlü Ve Zayıf Yönler-Fırsatlar-Tehditler*. LAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-620-3-86364-2, 2021.
- [3] Sass, J., Hahn, A., *Solar Powered Irrigation Systems (SPIS) Technology, Economy, Impacts*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Bonn, 2020.

GÜNEŞ ENERJİYLE SULAMA SİSTEMLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ**HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK¹, ÜMRAN ATAY², HAKAN GÖKER³,
BÜLENT AYHAN⁴, SENEM GÖK⁵**¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ORCID ID: 0000-0001-6904-5539² GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, ORCID ID: 0000-0002-2248-4582³ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ORCID ID: 0000-0002-1162-0104⁴ Adana Zirai Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-5357-0600⁵ Adana Zirai Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-0861-5806**ÖZET**

GES teknolojisinin sürdürülebilir yayılımının ön koşulu, ilgili tüm sistem bileşenlerinin yerel pazarlarda mevcudiyetidir. Genellikle devlet tarafından finanse edilen yaygınlaştırma programları tarafından yönlendirilen sulama ekipmanı ve güneş enerjili su pompası üreticileri, gelişmekte olan pazarları geliştirmeye başlamışlar ve ilk yerel dağıtım ve hizmet yapılarını kurmuşlardır. Bu çalışmada, sistem bileşenlerinin teknik güvenilirliği, montaj, pompa kontrol ünitesi ve invertör, elektrik motoru, su pompası, hatalı planlama ve tasarım, kurulum hataları, yetersiz bakım işlemleri, sistem bileşenlerinin yerel pazarlarda kullanılabilirliği ve yerli üretimi, yedek parçalar ve satış sonrası hizmet ve Güneş Enerjisiyle Sulama (GES) sisteminin politika yapıcılar ve kullanıcılar tarafından kabul görmesi gibi teknik, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik konuları değerlendirilmiştir. PV teknolojisinin anlamlı ve uygulanabilir uygulamasına ilişkin kısıtlar, esas olarak tarımsal ve finansal uygulanabilirlik yönlerinden kaynaklanmaktadır. Kamusal su tedarikinin tersine, sulama için su pompalama ekonomik bir mantığı takip etmelidir. Bu doğrultuda bir çiftçinin, arazi mülkiyeti ne kadar küçük olursa olsun, bir girişimci olduğu düşünülmelidir. Bir çiftlik hanesinin ana düşüncesi her zaman üretim (gıda) güvenliği ve gelir elde etmektir. Bu nedenle, üretimin artırılması, sabit ve değişken üretim maliyetlerinin en aza indirilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, tarımsal sulama, sürdürülebilirlik**1. GİRİŞ**

Dünya genelinde artan enerji ihtiyacı, yenilenebilir kaynakların varlığı ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin azalan maliyeti, fotovoltaik (PV) teknolojisi için önemli düzeyde uygulama olanağı yaratmaktadır. Şebeke içi ve şebeke dışı elektrifikasyon için PV çözümlerin kullanılması oldukça yaygın hale gelmiştir. Güneş Enerjisiyle Sulama (GES), kırsal alanlar için az bakım gerektiren bir seçenek olarak, içme ve hayvancılık için su temininde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, sulama sektöründe, PV tabanlı su çıkarma ve taşıma teknolojisi seçeneklerinden yararlanmak, hala kısmen nadir bir uygulamadır. GES sistemlerinde kullanılan PV modüller, genellikle konut, endüstriyel ve şebeke dışı uygulamalarda uzun yıllardır kullanılan ve test edilen standart bileşenlerdir. Gelişmekte olan ülkelerin zorlu çevre koşulları altında kurulan PV modüller, sürekli olarak yüksek sıcaklıklara ve UV ışınlarına, toza, neme ve yağmura maruz kalmaktadır. Bu durum, bu bileşenlerin üretiminde kullanılan malzemeler ve elektrik bağlantıları üzerinde çok fazla stres yaratır. Bu nedenle, bazı standartları karşılayan yüksek kaliteli ürünlerin seçilmesi önemlidir.

Güneş Enerjili Sulama (GES) sistemlerinin sürdürülebilirliğinde aşağıdaki etmenler dikkate alınır:

- Sistem bileşenlerinin teknik güvenilirliği
- Algılanan arızalar ve sorun giderme
- GES sistemi bileşenlerinin yerel pazarlarda bulunabilirliği
- Yedek parça ve satış sonrası servis
- GES sisteminin kabulü

- Su yönetimi sorunları

2. SİSTEM BİLEŞENLERİNİN TEKNİK GÜVENİLİRLİĞİ

Herhangi bir PV sulama sisteminin çalışma ilkesi basittir. Bir PV sistem, suyu yükseltilmiş bir su tankına pompalayan veya suyu doğrudan sulama sistemine aktaran bir elektrik motoru ile çalışan pompa için enerji sağlar. PV pompalama sistemlerinin önemli bir özelliği, genellikle pil yedeklemesinin gerekli olmamasıdır. Depolama için, bakım maliyetlerini azaltmak ve genel sistem güvenilirliğini artırmak için bir su deposu kullanılabilir.

Çoğu sistem tasarımında ortak olan, etkili bir şekilde bakım gerektirmemeleri ve genellikle teknik güvenilirlik ile ilgili tüm beklentileri karşılamalarıdır. Su tasarrufu sağlayan sulama teknikleriyle birlikte, yüksek sistem güvenilirliği özellikle önemlidir. Alman Uluslararası İşbirliği Kurumu (GIZ) tarafından yürütülen çok yıllık saha testleri, birçok gelişmekte olan ülkenin zorlu çevre koşulları altında bile yüksek derecede sistem güvenilirliğinin sağlanabileceğini kanıtlamıştır. Yeni bir teknolojinin piyasaya sürülmesiyle ilişkili olağan "başlangıç sorunlarına" rağmen, dünya genelinde bir gösteri programında test edilen yaklaşık 100 adet güneş pompasının ortalama %99 kullanılabilirliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Bu oran, diğer pompa teknolojilerinin elde edemediği bir güvenilirlik derecesidir.

Son yıllarda, binlerce Güneş Enerjili Sulama Sistemi (GESS) satılmış ve üreticiler ürünlerini daha da iyileştirmek için kapsamlı saha deneyimleri kazanmışlardır. Mevcut envanter sayımı ve analiz uygulaması çerçevesinde yürütülen saha çalışmaları, GESS'in yüksek teknik güvenilirliğini doğrulamıştır. Bununla birlikte, güvenli çalışma ve uzun ömürlülüğün bir ön koşulu, tüm sistem bileşenlerinin minimum kalite gereksinimlerini karşılamasıdır.

Güneş Enerjili Sulama Sistemlerinde (GESS) kullanılan PV modüller, genellikle konut, endüstriyel ve şebeke dışı uygulamalarda uzun yıllardır kullanılan ve test edilen standart bileşenlerdir. Gelişmekte olan ülkelerin zorlu çevre koşulları altında kurulan modüller, sürekli olarak yüksek sıcaklıklara ve UV ışınlarına, toza, neme ve yağmura maruz kalmaktadır. Bu durum, bu bileşenlerin üretiminde kullanılan malzemeler ve elektrik bağlantıları üzerinde çok fazla stres yaratır. Bu nedenle, sadece en azından Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) standartlarını karşılayan yüksek kaliteli ürünlerin seçilmesi önemlidir. Standart PV modüller, genellikle IEC 61215 (kristal) ve IEC 61646 (ince film) sertifikasına sahiptirler. Bu onay belgeleri, PV modüllerin kalite göstergelerinden biri olarak dünya genelinde genel kabul görmüştür. Ancak, IEC 61215 standart testinde, PV modüllerin 25 yıl dayanıklılığı değerlendirilmez. Bu nedenle, PV modüller için ek testler tercih edilir. Bazı üreticiler, PV modüllerin üretim hattından çıktıktan sonra, en yüksek kalite ölçütlerini karşılamasını sağlamak için IEC standartlarını bile aşmakta ve iklim odalarındaki PV modüllerin yaşlanmasını simüle etmektedirler. İklim odalarındaki sıcaklık ve nemi değiştirerek, PV modüllerin aşırı iklim koşullarında yaşlanması simüle edilebilir.

Diğer önemli bir değerlendirme ölçütü, üreticinin deneyimi ve verilen garanti süresidir. Standart PV modüller için tipik olarak, 10 yıllık ürün garantisi ve 25. yılın sonunda en az %80 güç çıkışı garantisi eden doğrusal 25 yıllık performans garantisi verilir. Bir fotovoltaik sistemin elektriksel kurulumu için, sadece bu uygulamanın gereksinimlerini karşılayan kablolama sistemi kullanılmalıdır. PV modül veya dizi kabloları, DC ana kablosu ve AC bağlantı kablosu arasında bir ayrım yapılır. Bir PV sistemin ayrı modülleri ile PV üreticinin birleştirme kutusu arasındaki elektrik bağlantı kabloları genellikle açık havada kullanılır. Topraklama hatası ve kısa devre korumalı kablo döşemesi yapmak için, pozitif ve negatif kutuplar aynı kabloda birlikte döşenemez.



Görsel 1. Dış Mekan Uygulamaları İçin PV Modül Ve Dizi Kabloları

Çift yalıtımlı tek telli kabloların pratik bir çözüm olduğu ve yüksek güvenilirlik sağladığı kanıtlanmıştır. Başlıca özellikleri, UV ve hava koşullarına dayanıklı olmaları ve 55 °C ile 125 °C gibi geniş bir sıcaklık aralığı için uygun olmalarıdır. Bazı üreticiler, korumalı kabloların sadece kemirgenlere karşı koruma sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda aşırı gerilimlere karşı korumayı da geliştirdiği metal ağ ile kaplı kablolar bile sunmaktadırlar. Tüm kablolar, kablo kanallarına döşenmeli ve siyah UV'ye dayanıklı kablo bağları ile sabitlenmelidir. PV modüllerin ayrı dizileri, PV dizisi birleştirme kutusunda birbirine bağlanır.

PV dizisi birleştirme kutusu, besleme uçlarını ve izolasyon noktalarını ve gerekirse dizi sigortalarını ve dizi diyotlarını kapsar. Genellikle aşırı gerilimi toprağa yönlendirmek için, aşırı gerilim kesiciler, PV dizisi birleştirme kutularına monte edilir. Güneş enerjili su pompalarının yüksek çalışma voltajları nedeniyle, kalifiye bir elektrikçi tarafından yapılması gereken uygun topraklama sistemi gereklidir. Birleştirici kutu, Koruma Sınıfı II'ye göre gerçekleştirilmeli ve kutu içindeki pozitif ve negatif kısımların net bir şekilde ayrıldığını göstermelidir. Birçok GESS kurulumunda olduğu gibi, harici olarak monte edilirse, en az IP 54 koruma sınıfı ile korunmalıdır.

2.1. Montaj

Güneş Enerjili Sulama Sistemlerinin (GESS) çoğunda, PV modüller açık alana kurulur. Bu nedenle sağlam ve hava koşullarına dayanıklı bir montaj gerektirir. Günümüzde montaj sistemleri galvanizli çelik veya alüminyum profillerden yapılmaktadır. Montaj yapısının temeli, esas olarak kurulum sahasındaki toprak koşullarına göre belirlenir.

Zemine çakılan metal destekler genellikle daha büyük sistemler için önerilir. Bu tarz montaj uygulamaları, beton temellerin kullanımını gereksiz kılarak, hem işçilikten hem de malzeme maliyetinden tasarruf sağlarlar. Bununla birlikte, gelişmekte olan ülkelerde basit beton temeller, daha küçük tesisatlar için son teknoloji ürünü olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu tarz montaj uygulamaları, statik gereksinimler karşılanırsa, uygun bir çözüm olarak işlev yapabilir.



Görsel 2. Sağda: Dış Mekan Uygulamaları İçin Dizi Kabloları, Solda: Beton Temele Monte Edilmiş, Tek Eksenli Bir Güneş İzlemeli PV Sistem

PV modül ve profillerin sabitlenmesi için özel geliştirilmiş braketler, vidalar, pullar ve somunlar kullanılır. Galvanik korozyonu önlemek için, benzer korozyon potansiyeline sahip malzemeler seçmek veya iki metali birbirinden izole ederek elektrik bağlantısını kesmek önemlidir. Bu temel kurallara uyulursa, sabit montaj sistemleri yüksek güvenilirliğe ve güneş modüllerine benzer bir kullanım süresine (+25 yıl) sahip olacaktır.

Bazı GESS uygulamalarında güneş izleme sistemlerinin kullanılması önerilir. Güneş izleme sistemleri, PV modülleri sürekli olarak güneşe yönlendirmek ve sistemin genel verimliliğini artırmaya yardımcı olmak için kullanılır. Bununla birlikte, izleme sistemlerinin teknik güvenilirliği, sabit kurulumlara kıyasla, genellikle daha düşüktür. Çünkü hareketli parçalar ve motorlar dahil edilmiştir. Bu durum, düzenli bakım, onarım çalışması veya hasarlı parçaların değiştirilmesini gerektirecektir.

Güneşi izleyen PV sistemlerin güvenilirliğini artırmak için, manuel izleme de ilginç bir alternatif olabilir. Bu durumda, motorsuz montaj sistemi hareketlidir. Ancak, izleme sisteminin çalışması, günde üç kez olmak üzere, çiftçi tarafından sağlanır. Hindistan'da üretilen bazı el ile çalıştırılan izleme sistemleri, eğim açısının mevsimsel olarak ayarlanmasına bile olanak tanımaktadır.

2.2. Pompa Kontrol Ünitesi Ve İnvertör

Pompa kontrol ünitesi, PV sistem ile motor-pompa ünitesi arasındaki bağlantıdır. Kontrol ünitesi, çıkış frekansını geçerli güneş ışınımı seviyelerine göre gerçek zamanlı olarak ayarlar. Modern kontrol ünitelerinde, yüksek verimli güç elektroniği ve PV sistemden güç kullanımını en üst düzeye çıkarmak için *Maksimum Güç Noktası İzleme* (MPPT) teknolojisi kullanılır. Sistem güvenilirliğini artırmaya yönelik ek özellikler, aşırı ve düşük voltaj korumasının yanı sıra, ters kutuplama, aşırı yük ve aşırı sıcaklığa karşı korumayı içermelidir.

Kontrol üniteleri/çeviriciler (invertörler) aşırı ısınmaya duyarlı olduklarından, hatasız çalışmanın garanti edileceği bir yere kurulmaları gerekir. Dikkate alınacak faktörler arasında; ortam sıcaklığı, ısı dağıtma kapasitesi ve bağıl nem bulunur.

Servis ve bakım amaçları için, kontrol ünitesine kolayca erişilebilmelidir. Ayrıca, PV sistem ile kontrol ünitesi arasında bir devre kesici bulunmalıdır. Son yıllarda, DC/AC inverter teknolojisindeki yenilikler, geleneksel AC motorları çalıştırabilen özel olarak tasarlanmış pompa inverterlerinin geliştirilmesini sağlamıştır. Uyumlu olmayan invertör/motor kombinasyonlarının, geleneksel AC motorun beklenen ömrünü azaltabileceğini bilmek önemlidir. Bu nedenle, sistem güvenilirliğini artırmak için, iyi eşleştirilmiş ve test edilmiş kontrol ünitesi/motor kombinasyonları tercih edilmelidir. Özet olarak, standart durumdaki kalite kontrol ünitelerinin çok güvenilir olduğu kanıtlanabilir. Bir ön koşul olarak, kontrol

ünitesi ve motor-pompa ünitesinin iyi eşleştirilmesi ve kurulumun üreticinin şartnamesine göre yapılması gerekir.

2.3. Elektrik Motoru

Güneş enerjili su pompalarının elektrik motorları, genellikle doğru akım (DC) kaynaklarından veya alternatif akım (AC) kaynaklarından beslenir. DC motorlar çoğunlukla küçük ve orta ölçekli sulama sistemlerinde kullanılırken, AC motorlar daha yüksek çıkış/yük kombinasyonlarının gerekli olduğu uygulamalarda önem kazanmaktadır.

DC motorlar, benzer boyuttaki AC motorlardan genel olarak daha yüksek verim seviyelerine sahip olma eğiliminde olduklarından, genellikle güneş pompası üreticilerinin ilk tercihidirler. Özellikle suyla doldurulmuş fırçasız DC motorlar, bakım gerektirmediklerinden ve güneş enerjili sistemlerde yaygın olan sık çalıştırma/durmalardan muzdarip olmadıkları için önem kazanmaktadır.

Bazı güneş enerjisi pompaları, kısmen ucuz fırçalı DC motorlar ile donatılmışlardır. Fırçalı motorların olumsuzluğu, fırçaların aşınmaya maruz kalması ve düzenli aralıklarla (yaklaşık 2 yılda bir) değiştirme gerekesidir. Bu nedenle, sistem güvenilirliği açısından, fırçalı DC motorların kullanılması önerilmemektedir. Çünkü gelişmekte olan ülkelerin uzak bölgelerinde düzenli bakım garanti edilmemektedir.

2.4. Su Pompası

Güneş enerjili su pompaları, genellikle aşınmayan paslanmaz çelikten yapılır. Herhangi bir katı madde ve lif içermeyen temiz su pompalamak için tasarlanır. Bu tür optimal koşullar altında, güneş enerjili su pompaları, +10 yıl süreyle emniyetli bir şekilde kullanılabilir.

Aslında, dalgıç motorlu bir pompanın ömrü büyük ölçüde suya ve kurulum kalitesine bağlıdır. Çok zayıf kuyularda ve yüksek tortu içeriğine sahip sondajlarda, su pompasının hidrolik kısmının 2-3 yıl sonra değiştirilmesi gerekebilir.

Kazılan kuyudaki kötü su kalitesinin yanı sıra, motorun çamurla çevrelenmesi riski yüksektir. Bu durum, aşırı ısınmaya ve sonunda motorun yanmasına neden olabilir. Pompa kuru çalışmaya karşı korunmuyorsa, pompanın hasar görmesi gibi ek bir risk daha vardır. Bununla birlikte, bunun gibi kalitesiz kuyular istisnai bir durumdur. Pompa, uygun bir kuyu muhafazası ile (ve dolayısıyla tortu girişi azaltılmış) bir sondaj kuyusuna kurulursa, dalgıç pompalar 7-10 yıllık kullanım ömrüne ulaşabilir.

Dalgıç pompalar, su depoları ve kuyulardaki şamandıralı anahtarlar gibi, kontrol anahtarları kullanılarak, otomatik olarak çalıştırılabilir. Bunun aksine, yüzeye yerleştirilen pompalar, genellikle yüzey pompasının hazırlama davranışını düzenli olarak kontrol eden bir operatör tarafından çalıştırılır. Primer odacıkların ve çek valflerin kullanılması, primer kaybını önleyebilmesine rağmen, pratikte kendi kendine başlama ve hazırlama sorunları yaşanmaktadır. Bu nedenle, yüzey pompalarının dalgıç pompalardan daha az güvenilir olduğu düşünülmektedir.

3. ARIZALAR VE ONARIM

Güneş Enerjili Sulama Sistemleri (GESS) pazarının 2010 yılı civarında patlamaya başlaması nedeniyle, çoğu kurulumun uzun bir geçmişi yoktur. Ayrıca, birçok sulama sisteminde Lorentz ve Grundfos olmak üzere iki marka yaygın olarak kullanılmaktadır. Beklenen güçlü pazar büyümesi dikkate alındığında, daha fazla üreticinin pazara girip pazar payı kazanmaya çalışacağı öngörülebilir.

Daha önce özetlendiği gibi, yüksek teknik güvenilirliğin ön koşulu, tüm sistem bileşenlerinin minimum kalite ve güvenlik gereksinimlerini karşılamasıdır. GESS teknolojisi ile ilgili deneyim eksikliği ve bazen sistem tasarımı ve kurulumu için eksik standartlar nedeniyle, sistem entegratörleri ve montajcıları, Güneş Enerjili Sulama Sistemlerini (GESS) uygun şekilde planlama ve kurma görevi nedeniyle genellikle aşırı yüklenirler.

Yapılan çalışmalar sonucunda, genellikle bireysel sistem bileşenlerinin yüksek teknik güvenilirliğini doğrulanmıştır. Bununla birlikte, tüm sistem bileşenlerinin etkileşimi

küçümsenmemelidir. Aşağıdaki bölümlerde verilen örnekler, sadece yüksek kaliteli ürünlerin kullanılmasının önemini ve teknik eğitime ve bileşen geliştirmeye hala ihtiyaç olduğunu açıkça göstermektedir.

3.1. Önemli Arızalara Örnekler

Karşılaşılan en önemli teknik hata, Kenya'daki Kaijado'da Çin menşeli yanmış bir güneş modülünde gerçekleşmiştir (Görsel 3). Yangına muhtemelen sıcak nokta etkisi neden olmuştur. Bir modüldeki bir güneş hücresi, modül veya PV dizi akımından daha az akım ürettiğinde, bir sıcak nokta durumu gerçekleşir. Bu durum, PV hücre tamamen veya kısmen gölgelendiğinde, hasar gördüğünde veya hücreler elektriksel olarak uyumsuz olduğunda (tipik olarak düşük kaliteli modüllerde olduğu gibi) meydana gelir.



Görsel 3. Solda: Sıcak Nokta Etkisi Sağda: Arızalı Kontrol Ünitesi

Şili'de bir güneş modülünde katmanların ayrılması (delaminasyon) belirtileri göstermeye başlamıştır. Delaminasyon, nem girişinden dolayı katmanların ayrılmasıdır. Modülde görünen kabarcıklar, delaminasyonun bir işaretidir. Beyaz lekeler büyürse, PV hücreler paslanabilir ve verimi düşebilir.

Güneş izleme sistemleri Hindistan'da yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, yerel olarak üretilen bazı kontroller henüz teknik olgunluğa ulaşmamıştır. Bu uygulama, izleyici motorunu el ile çalıştıran bazı çiftçiler tarafından da doğrulanmıştır. Kamu ihaleleri durumunda, güneş izleme üniteleri için 5 yıllık garanti verilir. Bazı sistem entegratörleri artık otomatik izleme ünitelerini manuel bir çözüm ile değiştirme eğilimindedir.

3.2. Hatalı Planlama Ve Tasarım Örnekleri

Kenya-Emukutan'da, su kalitesi bağışçı kuruluşun beklediği kadar iyi olmadığı için bir filtreleme sistemi kurulmuştur. Sonradan takılan filtre, içinden suyun pompalandığı kumla doldurulmuş dört bölmeden oluşur. Filtrenin, ilk tasarım sürecinde dikkate alınmayan yüksek bir basınç kaybına neden olması büyük olasılıktır. Sonuç olarak, güneş pompası saat 15:00 civarında çalışmayı bırakmış ve Masai köyünün içme ve sulama suyu talebini karşılamamıştır.

Kenya-Kaijado'daki bir başka sistemde, güneş modülleri hırsızlığa karşı koruma sağlamak için zemin seviyesinden yaklaşık 6 m yükseklikte kırılğan bir metal destek yapısına monte edilmiştir (Görsel 4 sol). Güneş modüllerinin düz yüzeylerinde kir birikmesini önlemek için eğimli bir kurulum yapılmamıştır. Markasız bir Çin'li modül kullanılan bu uygulama, Görsel 3'de gösterilen sıcak noktaya da neden olmuş olabilir. Kenya'daki Holgojo Çiftliği'ndeki PV sistem, ekvatorun yakınında bulunmasına rağmen, çitin özellikle sabahın erken saatlerinde ve öğleden sonra geç saatlerde PV modülleri gölgeleme riski vardır (Görsel 4 sağ). Planlama aşamasında bu tür olumsuz etkiler göz ardı edilmemelidir.



Görsel 4. Solda: PV Modüllerin Yatay Kurulumu, Sağda: PV Modüllerin Gölgelemesi

3.3. Kurulum Hatalarına Örnekler

Elektrik tesisatlarında sıklıkla karşılaşılabilen bir sorun, elektrik muhafazalarının su sızdırmazlığının zayıf olmasıdır (Görsel 5 sağ). Karıncalar ve kertenkeleler gibi diğer küçük hayvanlar, yuvalarını bağlantı kutularına kurmayı severler ve elektronik bileşenleri (örneğin formik asit yoluyla) kolayca tahrip edebilirler (Görsel 5 sol). Bu nedenle, tüm açıklıkların (örn. kablo rakorları ile) uygun şekilde kapatılması önemlidir.

Güneş Enerjili Sulama Sistemlerinde (GESS) kullanılan, denetleyiciler ve anahtarlar gibi, bazı elektrikli bileşenler, dış mekana kurulur. Sistemde sadece mevcut uygulama için gereksinimleri karşılayan bu tür bileşenler kullanılmalıdır. Görsel 5’de (sağ) gösterilen devre kesici, PV ünite ve motor-pompa ünitesinin güvenli bir şekilde ayrılması için doğru bir seçim değildir. Pompa kontrol ünitesi ve su pompasının profesyonel olmayan ve tehlikeli bir bağlantısı Görsel 6 (sol)’da gösterilmektedir.



Görsel 5. Sol: Karıncaların Yaşadığı Bağlantı Kutusu, Sağ: Su Geçirmez Olmayan Devre Kesici



Görsel 6. Sol: Tehlikeli Kablo Bağlantısı, Sağ: İzleme Sistemi Korozyonu

Kurulumcu kabloları yalıtım için lastik bant kullansa da, kablo bağlantısı hala zeminde açıkta kalabilir. Elektrik güvenliği, özellikle sulama sırasında veya yağışlı mevsimde güvenilir değildir.

Metal malzemeler zamanla pas ve korozyona maruz kalırlar. Korozyon normal olarak çelik, çinko ve alüminyum gibi değerli olmayan metallerle ilişkilidir. Hava, su veya tuzun

varlığında bu metaller hızla aşınırlar. Bu nedenle, koruyucu bir sızdırmazlık maddesi ile kaplanmaları gerekir. Görsel 7, bir kontrol sisteminin taban plakasını göstermektedir. Bir yıllık çalışmadan sonra, izleyiciyi yatak plakasına sabitlemek için kullanılan korumasız vidalar, pullar ve somunlar ağır bir şekilde aşınırlar. Bu şekilde gösterilen pompa kontrolör ünitesinin metal muhafazası da büyük ölçüde aşınmıştır. Dahası, mahfazanın doğal havalandırması yoktur ve ön kapısını kapattıktan sonra kontrol ünitesini aşırı ısınması beklenir. DC kablolarındaki kayıplar, fazla kablounun kesilmesiyle azaltılabilir.



Görsel 7. Aşınmış Denetleyici Muhafazası

3.4. Yetersiz Bakım Örnekleri

Güneş modülleri genellikle kendi kendilerini temizler. Ancak özellikle kuru alanlarda veya PV modül eğiminin en az olduğu yerlerde, PV modül yüzeylerinde toz ve kuş pisliği gibi maddeler zamanla birikebilir ve bir PV modülün ürettiği elektrik miktarını etkileyebilir ve PV modülün güç üretimi azalabilir (Görsel 8 sol). Kaliteli PV modülün camı, doğası gereği, temiz su ve bir sünger veya yumuşak bir fırça ile biraz ovularak etkin bir şekilde temizlenebilir.



Görsel 8. Sol: PV Modülün Kirlenmesi, Sağ: Bitki Örtüsünün Gölgelemesi

4. SİSTEM BİLEŞENLERİNİN YEREL PAZARLARDA BULUNABİLİRLİĞİ

GESS teknolojisinin sürdürülebilir yayılımının ön koşulu, ilgili tüm sistem bileşenlerinin yerel pazarlarda mevcudiyetidir. Genellikle devlet tarafından finanse edilen yaygınlaştırma programları tarafından yönlendirilen sulama ekipmanı ve güneş enerjili su pompası üreticileri, gelişmekte olan pazarları geliştirmeye başlamışlar ve ilk yerel dağıtım ve hizmet yapılarını kurmuşlardır.

Bu arada, bu gelişmekte olan pazarların büyüklüğüne ve olgunluğuna bağlı olarak, GESS'in tüm bileşenleri yerel olarak satın alınabilir. Su tasarrufu sağlayan sulama teknolojileri yıllar önce tanıtılmış ve genellikle tarımsal hizmet sağlayıcıları (tedarikçileri) tarafından satılmaktadır. Ancak, bu ürünlerin birçoğunun hala yurt dışından (örneğin İsrail'den) ithal edilmesi gerekmektedir.

Sulama için güneş enerjili su pompaları pazarı, ancak 2010 yılı civarında büyümeye başlamıştır. Bu nedenle, geleneksel tarım hizmeti sağlayıcıları (tedarikçileri) portföyünde bağımsız sistem bileşenleri neredeyse hiç bulunmamaktadır. Bunun yerine pompa üreticileri,

ürünlerini Şili, Hindistan, Fas ve Kenya'nın hedef pazarlarında pazarlamak için uzman PV dağıtıcıları ve perakendecileri tercih etmektedir.

Günümüzde pek çok tanınmış marka, hala Avrupa, Amerika Birleşik Devletleri ve Çin'de üretilmekte ve ithal edilmek zorundadır. Kalkınma işbirliğinin orta vadeli hedefi, yüksek pazar potansiyeline sahip gelişmekte olan ülkelerin GESS'i en az miktarda ithal bileşenle kurmasını, işletmesini ve sürdürmesini sağlamak olmalıdır.

4.1. Sistem Bileşenlerinin Yerli Üretimi

Özellikle kamu ihalelerinde birçok hükümet, kendi iç pazarlarını korumak için yerel olarak üretilen bileşenlere veya sistemlere öncelik vermektedir. Üreticinin bakış açısından, sistem bileşenlerinin yerel olarak üretilmesi, ekonomik açıdan uygun olması için kritik bir pazar boyutu gerektirir. PV modüllerin yerel üretimi, en görünür, değerli ve ayrıntılı bir bileşen olduğu için genellikle ilk seçimdir.

Silikon levhaların ve PV hücrelerin üretimi yüksek teknoloji iken, modüllerin kapsüllenmesi daha az karmaşıktır. Bu nedenle gelişmekte olan pazarlarda kolayca uygulanabilmektedir. Bununla birlikte, bir dizi önemli konu, PV modülleri uluslararası pazarda satın almayı genellikle daha verimli hale getirmektedir:

- PV modüllerin yararlı yerel üretimi kısmen büyük bir yerel pazar gerektirir (> 50 MWp / yıl).
- Teknoloji hızla değişmektedir. Sadece büyük şirketler bu tür değişiklikleri takip edebilir ve gerekli yatırım sermayesi sağlayabilir.
- PV modül üretiminin karlılığı, ürüne olan talebin önerdiği kadar yüksek değildir.
- Ölçek ekonomileri, üreticileri bugünün dünya pazar fiyatları ile rekabet edebilmek için üretim kapasitelerini > 1 GWp/yıl'a çıkarmaya zorlamaktadır.

Benzer durum muhtemelen yüksek kaliteli DC pompalar ve kontrol üniteleri/invertörler için de geçerlidir. Zaten pazarlar belirli bir eşik büyüklüğüne ve olgunluğa ulaştıysa, yerel üretim çok mantıklı ve yerel üretim hatları kurma kararı özel sektöre bırakılmalıdır.

5. YEDEK PARÇALAR VE SATIŞ SONRASI HİZMET

İşleyen bir yedek parça tedariki ve verimli bir satış sonrası hizmet, başarıyı projelendirmenin anahtarlarından birisidir. PV sistemler genellikle bakım gerektirmeyen bir görünüme sahiptir. Ancak, düzenli bakım gerekir ve sistem bileşenlerinin bakımı ve olası değişimleri için bir bütçe ayrılmalıdır. Bu bütçe, ilk yatırım tutarının % 2-3'ü oranında olabilir.

Uygun fiyatlı ve güvenilir hizmetler sağlamak için, mevcut bölgesel destek altyapısına bağlanmak en etkili yöntem gibi görünmektedir. Bunlar, stok tutmayla da ilgilenebilecek montajcılar veya tarımsal hizmet sağlayıcıları (tedarikçileri) olabilir. Bununla birlikte, ortalama bir teknisyenin PV kurulumlarına hakim olmayabileceği ve kapsamlı eğitime, uygun aletlere ve yedek parçalara ihtiyaç duyacağı unutulmamalıdır.

Seçilen hedef ülkelerde, çiftçi ile hizmet sağlayıcı arasında bakım sözleşmelerinin yapılmasının yaygın olmadığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, Hindistan hükümeti kamu ihalelerinde dalgıç veya yüzey pompası dahil tüm sistemin servis ve 5 yıl garantili olmasını talep etmektedir.

Arıza durumunda, arızalı bileşenlerin hızlı bir şekilde değiştirilmesi belirleyici bir durumdur. Çiftçi bakış açısından, sistem tedarikçisinin uzun tepki süreleri ve yedek parçaların (örn. yurt dışından) teslimat süreleri kabul edilemez. Ayrıca, güneş enerjisiyle su pompalama sistemi ile birlikte yerel dilde yazılmış bir çalıştırma ve bakım kılavuzu sağlanmalıdır. Kılavuz, genel olarak güneş enerjisi, fotovoltaiik modüller, DC/AC motor pompa seti, izleme sistemi, montaj yapıları, elektronikler ve anahtarlar hakkında bilgiler içermelidir. Ayrıca, PV modüllerin doğru montajı ve pompalama sisteminin düzenli bakımı ve sorun giderme hakkında açık talimatlara sahip olmalıdır. Başarısızlık veya şikayet durumunda iletişime geçilecek kişi veya firmanın adı ve adresi de verilmelidir. Alıcıya güneş modülleri ve motor pompa seti için bir garanti kartı verilmelidir.

6. GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA SİSTEMİNİN KABUL GÖRMESİ

Güneş enerjisiyle sulama konusunda, birçok hükümet yetkilisi, işçi, araştırmacı, çiftçi ve özel sektör temsilcisiyle yapılan görüşmeler sonucunda, PV teknolojinin sulu tarımda kabul düzeyinin büyük ölçüde aşağıdaki etmenlere bağlı olduğu belirlenmiştir:

- Teknik güvenilirlik ve satış sonrası hizmet
- Mali destek mekanizmaları
- Çiftlik büyüklüğü ve yapısı
- Sistem yapılandırması

6.1. Çiftlik Düzeyinde Kabul

Genel olarak, GESS teknolojisi seçilen hedef ülkelerde yüksek düzeyde kabul görmektedir. Bununla birlikte, bazı istisnalar, kısmen yeni bir teknolojinin uygulanmasının dikkatle ele alınması gerektiğini göstermiştir. Çiftlik düzeyinde yapılan görüşmeler, farklı çiftliklerden oluşan geniş bir yelpazeyi kapsar. Çiftlik boyutları 0,4 hektardan (Hindistan ve Kenya) 37 hektara (Fas) kadar değişmiştir. Kenya'daki iki aile işletmesi haricinde, tüm çiftçiler GESS'i ticari bir şekilde kullanmakta ve ürünlerini yerel pazarlarda satmaktadır.

Küçük ölçekli çiftçiler genellikle çiftliklerinde yaşarlar ve sübvansiyonlara bağımlıdırlar. Diğer taraftan, orta ölçekli çiftçiler (örneğin Fas'ta) genellikle ana gelirlerini elde ettikleri şehirde yaşarlar. Orta büyüklükteki çiftlikler esas olarak ek gelir üretmeye hizmet eder ve genellikle kendi öz kaynakları ile finanse edilir. Sahipler genellikle deneyimli girişimcilerdir ve ekonomik ilkelere göre hareket etmek için kullanılırlar. Diğer taraftan, tarımsal deneyimleri çok azdır ve genellikle tarım danışmanlarının ve çiftlik işçilerinin bilgilerine bağımlıdırlar. Özellikle çiftlik işçileri için modern teknolojinin kullanımı, becerilerinin önemli bir genişlemesini temsil etmekte ve çiftliğin sosyal yapısı içindeki konumlarını güçlendirmektedir.

Ziyaret edilen tüm çiftçilerin kendi arazilerinin sahibi olduğunu belirtmek önemlidir. Ev sahipleri genellikle çiftçi kiracıların bulunduğu bir çiftliğin modernizasyonuna yatırım yapmakla ilgilenmezler. Bu nedenle, arazi mülkiyeti aynı zamanda Şili ve Hindistan'daki kamu ihalelerinde bulunan önemli bir seçim kriteridir. Her iki ülkede de GESS piyasaları esas olarak devlet sübvansiyonları ile yönlendirilir. Toplam yatırımın %90'ına varan küçük ölçekli çiftçiler, GESS için sağlanan sübvansiyonları oldukça takdir etmektedir. Aslında, hükümetin yüksek mali katkısı, çiftçileri yeni bir şeye başlamaya teşvik etmekte ve kabul seviyesini artırmaktadır.

Hindistan'da hükümet, PV sulamayı teşvik etmek için sübvansiyon, kredi ve teknik destek sağlamaktadır. Önemli bir sonuç, PV ile çalışan damla sulama sistemlerinin ve gelişmiş sulama tekniklerinin uygulanmasını kolaylaştırmak için, çiftçilere teknik ve tarımsal yardımın tercihen tek kaynaktan (tek kurum) sunulması gerektiğidir. Sistemin iyi tasarlanmış olması ve hizmetlerin hazır olması koşuluyla, çiftçiler genellikle GESS'ten oldukça memnundur. Yüksek güvenilirlik, kullanım kolaylığı ve düşük işletme maliyetleri en çok takdir edilen faydalar arasındadır. Çiftçiler, güneşlenme seviyelerindeki günlük ve mevsimsel dalgalanmalara göre değişen, fiilen tedarik edilen su miktarlarını ne kadar iyi kullanırsa, bir PV su pompası o kadar kabul görür.

Ne yazık ki, sahadaki su ihtiyaçlarının yetersiz değerlendirilmesi, genellikle küçük PV sistemlere ve dolayısıyla düşük kullanıcı memnuniyetine neden olur. Bu durum ile sistemlerin standartlaştırıldığı ve boyutun sabit olduğu Hindistan ve Şili gibi sübvansiyon odaklı pazarlarda sıklıkla karşılaşılır. Çiftlik ziyaretleri sırasında çiftçiler/operatörler birkaç kez PV pompalama sisteminin çok az su sağladığından ve elektrikli ve Dizel pompalardan alıştıkları yüksek basınç ve su akışını kaçırdıklarından şikayet etmişlerdir. Bu durum, özellikle suyun doğrudan sulama sistemine enjekte edildiği yerlerde belirgindir. Su tankları ve rezervuarlar, güneş ışınımının günlük dalgalanmalarını dengeler ve böylece değişen su akışının etkisini en aza indirir.

Özellikle Kenya'da karşılaşılan bir diğer sosyal sorun, güneş modüllerinin ve diğer sistem bileşenlerinin çalınmasıdır. Kırsal alanlarda, pil şarjı için güneş modüllerinin kullanımı

oldukça yaygındır ve kabul edilmektedir. Güneş modüllerinin çalınması günlük bir olay olduğundan, sistemlerin korunması gerekir. Bu konuda, Görsel 9'da gösterildiği gibi, elektrikli çitle koruma önlemi alınabilir. PV modül gibi değerli sistem bileşenlerini kaybetmek, çiftçi için ekonomik bir risk oluşturur. Bazı gelişmekte olan ülkelerde PV teknolojisinin yaygınlaşmasına engel olabilir.



Görsel 9. Kenya'daki Bir Çiftlikte Elektrikli Çit

6.2. Devlet Düzeyinde Kabul

PV sistemlerin fiyatları son yıllarda önemli ölçüde azalmış olsa da, kısmen yüksek ilk yatırım, kırsal tarımda PV pompalarının yaygın olarak uygulanmasının önündeki ana engel olmaya devam etmektedir. Özellikle küçük ölçekli çiftçilerin çok az sermayesi vardır. Bu durum, yeterli mali destek mekanizmalarına olan ihtiyacı artırır.

Bazı hükümetler, GESS teknolojisini tanıtmayı ve gösterimi için hibe ve sübvansiyonlar sağlamaktadır. Bu nedenle GESS'in rekabet edebilirliği ve kabulü üzerinde güçlü bir etkiye sahiptirler. Hükümet düzeyinde, güneş enerjili su pompaları, geleneksel su tedarik sistemlerine uygun ve ekonomik olarak rekabetçi bir alternatif olarak değerlendirilmekte ve yüksek düzeyde kabul görmektedir. Şili ve Hindistan'da üst düzey hükümet yetkilileri ile devam eden destek programları ve tartışmalar bunu çok net bir şekilde vurgulamaktadır.

Sübvansiyonlu bir program PV pompalarının hızlı bir şekilde yayılmasını sağlayacaktır. Ancak risk, potansiyel tüketicilerin sistemleri piyasa oranlarının altında edinme konusunda gerçekçi olmayan beklentiler oluşturabilmesidir. Kamu ihalelerinde dikkate alınmayan çiftçiler "otur-ve-bekle" modunda kalabilir ve muhtemelen yaklaşan sübvansiyon programlarını bekleyeceklerdir. Bu durum doğal bir GESS pazar gelişimini kesinlikle engelleyecektir.

GESS'i sübvansiyon eden hükümet politikalarının kendi sınırları vardır. Çünkü sübvansiyonların ve bağışların süresiz olarak devam edeceğine dair hiçbir garanti yoktur. Şirketler devlet tarafından finanse edilen projelere güvenmek zorunda kalırsa, sürdürülebilir yerel iş ve endüstri gelişimi mümkün değildir. Hükümet hibe ve sübvansiyon vermeyi bırakırsa, iş kaybı olasılığı yüksektir.

6.3. Cinsiyetle İlgili Konular

Kadınlar, tüm gelişmekte olan ülkelerin kırsal ekonomisine çiftçi, işçi ve girişimci olarak önemli katkılarda bulunmaktadır. Rollerini çeşitlidir ve hızla değişmektedir. Bu nedenle genellemeler dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Yine de şu gerçek ülke ve bölge bağlamında çarpıcı bir şekilde tutarlıdır: Kadınların tarımsal varlıklara, girdilere ve hizmetlere ve kırsal istihdam fırsatlarına erkeklerden daha az erişimi vardır.

Dünya Çiftçi Örgütü, kadınların Afrika tarım sektöründeki işgücünün en büyük yüzdesini oluşturduğunu, ancak tüm arazi ve üretken kaynaklara erişim ve kontrol sahibi olmadığını bildirmektedir. Özellikle çevreyi bozmadan ekonomik kalkınmayı sağlamak

amacıyla, doğal kaynakları sürdürülebilir bir şekilde kullanan ve yerel koşullara uygun modern tarım tekniklerinin benimsenmesi ile kadınların eğitimi çok önem kazanmaktadır.

Kenya'da Tarım Bakanlığı tarafından koordine edilen ve İsveç Uluslararası Kalkınma Ajansı (SIDA) tarafından desteklenen bir GESS pilot projesi, Garissa İlçesinin kırsal alanlarındaki kadınların durumunu iyileştirme çabalarını üstlenmiştir. Kurak iklime bağlı olarak Garissa ilçesinin nüfusu ağırlıklı olarak deve yetiştiriciliği konusunda uzmanlaşmış göçebelerden oluşmaktadır. Pilot proje kapsamında, göçebeler ortak arazi üzerinde yerleşme ve çiftçilik yapma fırsatına sahiptirler. Ek gelir elde etme hedefiyle, çoğunlukla kadınlar ek işçiler tarafından muz, domates ve karpuz gibi nakit mahsulleri ekip satmaları için eğitilmektedir (Görsel 10 sol).



Görsel 10. Sol: Tarımda Kadınların Gelir Yaratması, Sağ: Yüzer Güneş Enerjili Su Pompası

Proje yaklaşımı hedef grup tarafından olumlu karşılanmış ve bu arada 41 aile Holgojo çiftçi derneğine katılım sağlamıştır. Çiftçi grubu, sulama suyunu doğrudan yakındaki Tana Nehri'nden pompalayan 19 kWp gücünde Güneş Enerjili Sulama Sistemini müştereken işletmektedir (Görsel 10 sağ). Çiftçi birliği, su kullanımı ve sistemle ilgilenen (erkek) pompa operatörünün maaşını ödemek için aylık ücretleri toplar. Ekim 2014'teki kurulumdan bu yana, çiftçiler güvenilir ve güneş enerjili su kaynağından yararlanmakta ve yakında ilk muz hasadının yapılması beklenmektedir.

7. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Güneş enerjisiyle çalışan sistemler, uzak topluluklara temel ve güvenli bir şekilde yönetilen su tedariki sağlamanın uygun maliyetli bir yöntemidir. Genel olarak değerlendirme, topluluklar için güneş enerjisiyle çalışan su tedarik sistemlerinin teknolojik olarak yaygınlaştırmaya hazır olduğunu ortaya koymaktadır. Bu değerlendirme aynı zamanda sürdürülebilir su temin sistemlerinin doğası gereği üç kritik özellik sergilediğini de ortaya çıkarmaktadır. Bu tür sistemler, uygun teknik tasarım, topraklanmış yapılar ve kendi kendine üretilen finansal ikmal ile karakterize edilir. Güneş enerjisi üretiminin seçimi, büyük ölçüde, teknolojiden bağımsız olarak diğer iki kritik sütun tarafından desteklenmesi gereken tasarım yönünü ele almaktadır. Bu konular, Görsel 11'de özetlendiği üzere, sürdürülebilir GESS'nin üç ayağı olarak görülmektedir.



Görsel 11. GESS Sürdürülebilirliği İçin Üç Önemli Ayak

7.1. Tasarım

Sürdürülebilirlik ayağı olarak tasarım, bir su sisteminin kurulması ve işletilmesiyle ilgili teknik konuları ele alır. Bu konular, teknoloji ve ekipman seçimi, sistemin yerleşimi, su kaynağı ve kalitesi ve tasarım özelliklerini içerir. Sistem işlevselliği, bakım ve onarım mekanizmaları, vandalizm ve hırsızlık ve sistem boyutlandırma gibi çeşitli değişkenler değerlendirilerek gerekli dersler çıkarılabilir. Örneğin, uygun sistem tasarımı ve pompa kurulumunun değeri küçümsenemez. Genel olarak, sistemlerin işlevsel olmamasına ana katkının (değerlendirme sırasında suyun mevcut olmadığı durumlarda) pompa arızaları olduğu bildirilmektedir. Bununla birlikte, dalgalı pompalar, uygun şekilde kurulursa, tipik olarak 10-15 yıl ömre sahip olduğundan ve çok az bakım gerektirdiğinden, durum böyle olmamalıdır.

Ek olarak, depolama türü ve boyutunun değerlendirilmesi, bazı su noktalarında genellikle uzun bekleme sürelerine yol açan, tekrarlanan yetersiz boyutta depolama işlemlerini gerektirirken, yüksek su talebinin olduğu zamanlarda genellikle güneş-dizel hibrit sistemleri kullanılır. Buna karşılık, hanelere yakın sistemlerin inşası, PV panellerin yükseltilmesi ve kaynak yapılması, gece muhafızlarının kiralanması, duvarların çitle çevrilmesi gibi güvenlik önlemlerinin uygulanması nedeniyle değerlendirilen sistemler arasında vandalizm ve sistem bileşenlerinin çalınması çok nadirdir.

7.2. İşletme ve Yönetim

Değerlendirilen su noktalarında farklı başarı seviyelerine sahip çeşitli İşletme ve Yönetim Modelleri (İYM) gözlemlenmiştir. Çeşitli bağlamlarda farklı yönetim modelleri başarıyla uygulanabildiğinden, güneş enerjisiyle çalışan sulama sistemlerinin yönetimi için herkese uyan tek bir yaklaşımın benimsenemeyeceği sonucuna varılmaktadır. Belirtilen bağlamda bir İYM'nin başarısızlığı aynı zamanda bunun kötü bir model olduğu anlamına gelmez. Ancak kötü zamanlanmış, kötü yerleştirilmiş veya kötü uygulanmış iyi bir fikir olabilir. Bununla birlikte, sürdürülebilirliğini artırmak için herhangi bir yönetim yaklaşımına dahil edilmesi gereken üç ana faktör olduğu bulunmuştur. Bu faktörler şunlardır:

1. Mali hesap verebilirlik önlemleri
2. Özel ve maaşlı su noktası operatörlerinin ve sistem personelinin istihdamı: Bunlar, geçim kaynakları su sisteminin operasyonel başarısına bağlı olan ve bu nedenle sistem işlevselliğini sağlamaya yetkili kişilerdir.
3. Sistem bakımı ve onarımları için teknik desteğin mevcudiyeti: İlçe su ofislerinin su noktası yönetimine dahil edilmesi, bu dairelerde özel su uzmanları olduğundan uygun bir seçenek olarak belirlenmelidir.

7.3. Finans

Güneş enerjili su pompalama tesisinin sermaye maliyetleri genellikle uygulama kurumları veya yerel yönetim tarafından karşılanırken, bu sistemlerin çoğu topluluklar tarafından yönetilmektedir. Topluluk düzeyinde su pompalamak için, güneş enerjisinin kullanımını yaygınlaştırma çabalarında, alternatif olarak çalışan sistemlere kıyasla, GESS için su temini ile ilişkili tekrar eden maliyetlerdeki azalma ve bunun sonucunda geri ödeme süresi üzerinde odaklanılmıştır. Bu görünüm, arzla karşı karşıya olan kuruluşlar (kalkınma ajansları ve STK'lar) için bir iş vakası oluştursa da, genellikle topluluklara fayda sağlayarak su ücretlerine olan ihtiyacı ortadan kaldıran su pompalama için enerji maliyeti olmadığı şeklinde yorumlanır. GESS'lerini çalıştırmak için düşük yinelenen maliyetler olsa da, uzun vadeli uygulamaların devamını sağlamak için, tek seferlik önemli maliyetlerin olduğu bilinmelidir. Toplulukların bu maliyetlerden tasarruf etmesini sağlamak için banka hesaplarının oluşturulması ve mali hesap verebilirlik konusunda eğitim dahil olmak üzere önlemler alınmalıdır.

KAYNAKÇA

- [1] SWPO, 2019. *Solar Water Pump Outlook 2019: Global Trends and Market Opportunities*. September 2019 Efficiency For Access Coalition
- [2] Öztürk H.H., *Güneş Enerjisiyle Sulama Yönetimi: Yönetim-Etkiler-Güçlü Ve Zayıf Yönler-Fırsatlar-Tehditler*. LAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-620-3-86364-2, 2021.
- [3] Sass, J., Hahn, A., *Solar Powered Irrigation Systems (SPIS) Technology, Economy, Impacts*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Bonn, 2020.

GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA YÖNETİMİ

HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK¹, SENEM GÖK², ÜMRAN ATAY³,
BÜLENT AYHAN⁴, HAKAN GÖKER⁵

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ORCID ID: 0000-0001-6904-5539

² Adana Ziraat Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-0861-5806

³ GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, ORCID ID: 0000-0002-2248-4582

⁴ Adana Ziraat Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-5357-0600

⁵ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ORCID ID: 0000-0002-1162-0104

ÖZET

Güneş Enerjisiyle Sulama (GES) sistemlerinin özel yönetim gereksinimlerini değerlendirmek için, stratejik, taktiksel ve operasyonel yönetim arasında ayrım yapılması önerilir. PV sulama sisteminin tasarımı ve boyutlandırılması, uzun bir zaman süresi ile stratejik bir yönetim kararıdır. Sulama ve gübreleme planının oluşturulması, çok daha kısa bir zaman sürecine sahip olan ve karar çerçevesi stratejik bir kararla belirlenen taktiksel bir yönetim işlevidir. Sulama vanalarının günlük çalışması, taktiksel bir özelliğin uygulanması olarak operasyonel bir yönetim örneğidir. Bu çalışmada, GES sistemleri için çeşitli yönetim düzeyleri ve çiftlik yönetimine olan etkileri tartışılmıştır. GES sisteminin yönetimi ile geleneksel sistemlerin yönetimi arasındaki en önemli fark, stratejik konulardadır. Taktik ve operasyonel yönetim açısından da farklılıklar gözlemlenebilir. Bu farklılıklar bu çalışmada ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bir sulama sisteminin yönetimi, genellikle yönetim alanındaki birkaç paydaşın etkileşimini gerektirir. Yönetim alanını tanımlamak için, mevcut durumda çiftliğin sınırlarının çok ötesine uzanan sistem sınırlarının tanımlanması gerekir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, sulama yönetimi, çiftlik yönetimi

1. GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA YÖNETİMİ

1.1. Yönetim Gereksinimleri

Güneş Enerjisiyle Sulama Sistemlerinin (GESS) özel yönetim gereksinimlerini değerlendirmek için, stratejik, taktiksel ve operasyonel yönetim arasında ayrım yapılması önerilir. PV sulama sisteminin tasarımı ve boyutlandırılması, 15 yıldan uzun bir zaman çerçevesi ile stratejik bir yönetim kararıdır. Sulama ve gübreleme planının oluşturulması ise, çok daha kısa bir zaman sürecine sahip olan ve karar çerçevesi stratejik bir kararla belirlenen taktiksel bir yönetim işlevidir. Sulama vanalarının günlük çalışması, taktiksel bir özelliğin uygulanması olarak operasyonel yönetimin bir örneğidir. Çeşitli yönetim düzeyleri Çizelge 1’de özetlenmiştir. Bir PV sulama sisteminin yönetimi ile geleneksel sistemlerin yönetimi arasındaki en önemli fark, stratejik alandadır. Taktik ve operasyonel yönetim açısından da farklılıklar gözlemlenebilir. Bunlar aşağıdaki bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

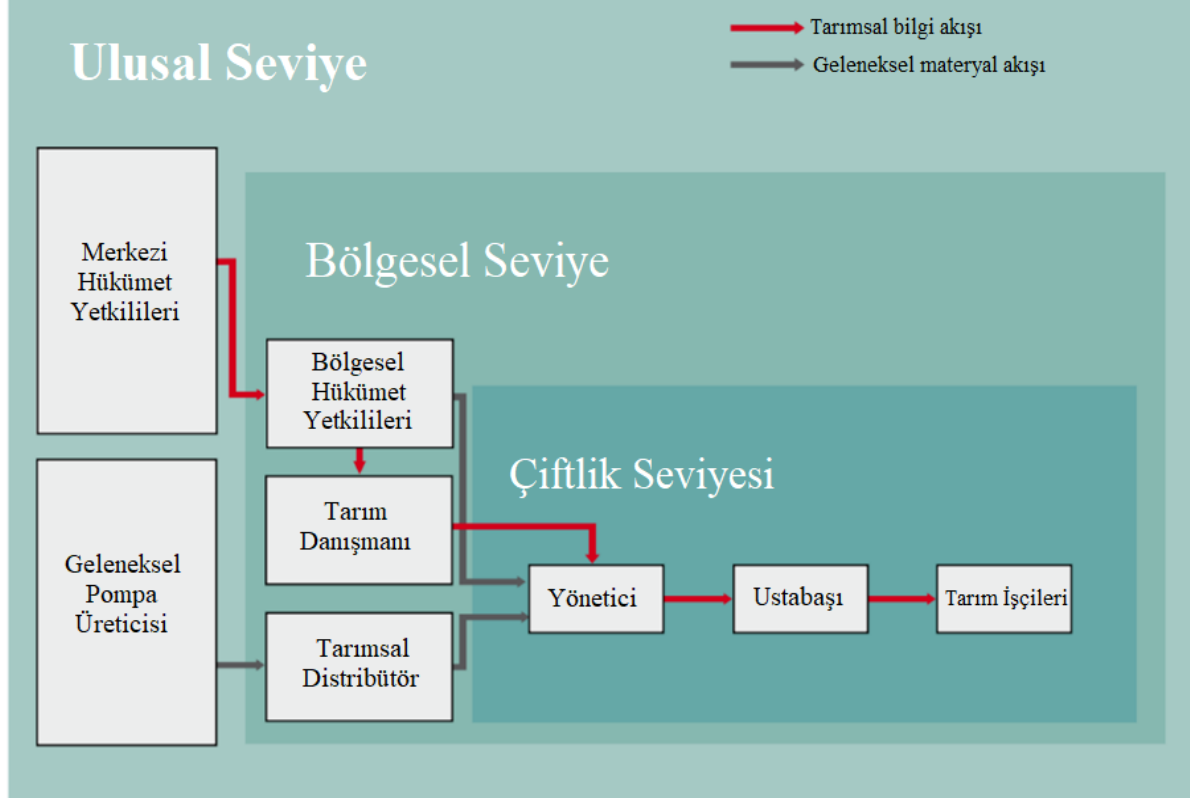
1.2. Güneş Enerjisiyle Sulama Yönetiminde Paydaşlar

Bir sulama sisteminin yönetimi, genellikle yönetim alanındaki birkaç paydaşın etkileşimini gerektirir. Yönetim alanını tanımlamak için, mevcut durumda çiftliğin sınırlarının çok ötesine uzanan sistem sınırlarının tanımlanması gerekir. Geleneksel bir sulama sistemi için ana paydaşlar ve sistem sınırlarının yanı sıra malzeme ve bilgi akışı basitleştirilmiş olarak Görsel 1’de verilmektedir.

Çizelge 1. Tarla İçi Sulama Yönetimi Seviyeleri [1]

Yönetim Seviyesi	Yönetim Kararları
Stratejik seviye:	Çiftlik sistemi seçimi
> 5-20 yıl	GESS planlanması ve tasarımı

	Sulama teknolojisi seçimi
	Finansman stratejisinin belirlenmesi
<i>Taktiksel seviye:</i> < 1 yıl	Ürün rotasyonunun planlanması
	Sulamanın zamanlanması ve miktarlarının belirlenmesi
	Gübre miktarlarının belirlenmesi
	İşletme ve bakım planlanması
<i>İşletimsel seviye:</i> > 1 yıl	Su çıkartma
	Gübre ve bitki koruma uygulamaları
	Filtrelerin ve PV sistemin temizlenmesi
	Sulama sisteminin izlenmesi ve bakımı



Görsel 1. Geleneksel Bir Sulama Sistemi İçin Sınırlar, Paydaşlar, Malzeme Ve Bilgi Akışları

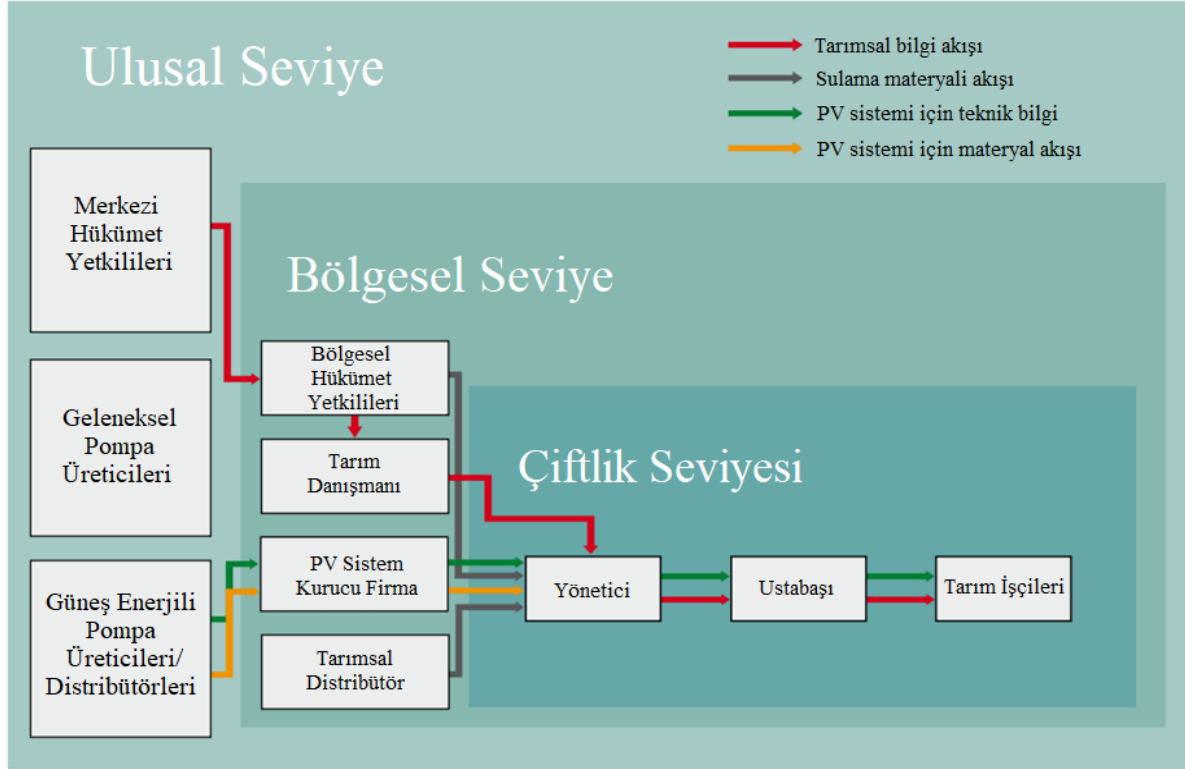
Yönetici ve çiftlik çalışanları, sulama yönetimi alanında çiftlik düzeyinde paydaş olarak hareket ederler. Çiftlik işçileri olarak, aile iş gücünden yararlanılabilir. Ancak bu işçiler, genellikle bölgeden veya komşu ülkelerden gelen göçmen veya yabancı işçiler olacaktır. Sulama yönetimine ilişkin işletim ile ilgili talimatlar, çiftlik yöneticisinden veya sulama ve gübreleme döngülerinin planlanması ve ayrıca su, gübre ve yakıt gibi gerekli kaynakları sağlama şeklinde taktiksel yönetimden sorumlu bir ustabaşı tarafından verilir.

Sulama suyunun yüzey suyu kaynaklarından iletimi, esas olarak devlet tarafından organize edilen bir su kanalları sistemi (örneğin Şili) aracılığıyla gerçekleştirilebilir. Bu durumda ilgili paydaş, su dağıtımı ve muhtemelen faturalamadan sorumlu, bölgesel bazlı bir devlet memuru olacaktır.

Gübre, yakıt, yağlayıcılar, geleneksel pompa ve motor ile sulama sisteminin bileşenleri, tarımsal distribütörlerden temin edilir. Teknik bileşenlerin seçimi, çiftlik yöneticisinin bölgesel tarım danışmanının tavsiyelerinden ve ayrıca tarımsal distribütörlerin deneyiminden yararlanabileceği stratejik bir yönetim kararıdır. Tarımsal distribütör, pompalar ve sulama bileşenleri için, genellikle yerli veya ithal ürünler ile ilgilenebilir.

PV sulamanın başlamasıyla birlikte, yeni paydaşlar ortaya çıkmakta ve bu paydaşlar arasındaki ilişkilerde geçici değişiklikler olmaktadır. PV pompalama sisteminin

boyutlandırılması ve damla sulama sisteminin tasarımı, genellikle bölgesel düzeyde bulunmayan yüksek düzeyde teknik yeterlilik ve güneş enerjisine özel teknik bilgi gerektirdiğinden, bu işlemler genellikle uzmanlar tarafından gerçekleştirilir. Bu uzmanlar genellikle yerel üreticiler, sistem montajcıları ve PV sistem distribütörleridir. GESS sistemlerinde kullanılan pompalar sonuç olarak bölgesel montajcılar aracılığıyla çiftçiye ulaşır. Bu nedenle, yerel kamu tarım danışma merkezleri, stratejik yönetim için danışmanlık işlevini, en azından kısa vadede, uzman kişilere yönlendirir.



Görsel 2. Güneş Enerjili Sulama (GES) İçin Sınırlar, Paydaşlar, Malzeme Ve Bilgi Akışları

Sulama için güneş pompalarının kullanımı, kısmen yeni bir uygulamadır. Bu nedenle, yerel tarımsal distribütör bir tedarikçi olarak kabul edilmemiştir. Damla sulama sisteminin bileşenleri, kısmen bölgesel gereksinimlerden (örneğin, dozaj pompaları) dolayı farklılaşabilir. Böylece, bunlar için yeni dağıtım kanallarından da yararlanır.

Damla sulama kendi başına su tasarrufu sağlamaz. Fakat su ve gübre miktarlarının planlanması yönetimi yoluyla optimum sulama rejimi ile bağlantılı olarak su kullanımında bir azalma söz konusu olabilir. Sulama rejiminin, ürünün mevsimsel olarak değişen ihtiyaçlarına en uygun şekilde uyarlanması, küçük ölçekli çiftlik yöneticilerinden beklenemeyecek düzeyde bilimsel bilgi birikimi gerektirir. Bu nedenle, su ve gübre ihtiyacının hesaplanması genellikle tarım danışmanları tarafından yapılır. Operasyonel yönetim açısından geleneksel sulamada da önemli farklılıklar vardır. Bu nedenle, çiftlik işçilerinin pratik eğitime ihtiyacı olacaktır.

Yukarıda belirtildiği gibi, PV sulama sistemlerinin uygulanması, yönetim alanında çiftlik seviyesinin ötesinde, bölgesel bir etkiye sahip olabilecek değişikliklere neden olur. Bu tür değişikliklerin dikkate alınması, sonraki tüm yaygınlaştırma programlarında katılımcı yaklaşımların esasını oluşturduğundan, farklı yönetim seviyelerindeki olası değişiklikler aşağıdaki bölümlerde daha ayrıntılı olarak değerlendirilmektedir.

2. GÜNEŞ ENERJİSİYLE SULAMA YÖNETİMİNİN ETKİLERİ

2.1. Stratejik Çiftlik Yönetimine Olan Etkiler

Sulama, sulama sistemi üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olan çiftlik sistemi seçimi (tarla bitkileri, meyvecilik vb.) gibi, tüm çiftliğin üst düzey stratejik kararları bağlamında düşünülmelidir. Kurak alanlardaki küçük ve orta ölçekli tarım işletmeleri hedef kitle olarak

kabul edilebilir. Motor, pompan ve sulama sisteminin seçimi ve boyutlandırılması, birkaç yıllık çalışma süresini tanımladığı için, sulama ile ilgili temel stratejik kararlar gerektirir.

Geleneksel fosil yakıtlı motorlar ile çalıştırılan elektrikli pompaların veya kuru çalışan santrifüj pompaların kullanımı, hedef gruplar için özgün uygulamalar olabilir. Elektrikli dalgıç pompalar, genellikle sadece daha derin akiferlerden yeraltı suyu çıkarılırken kullanılır. Dizel motorlar ağırlıklı olarak şehir şebekesine bağlı olmayan uzak bölgelerde güç kaynağı olarak kullanılır. Bu teknik yaygın olarak kullanıldığından ve tarımsal distribütörler bölgesel olarak uygun ürün yelpazeleri sunduğundan, geleneksel pompa seçimi çiftlik yöneticisi tarafından yapılabilir.

En küçük standart dizel motorlar, 5–10 kW güç aralığındadır ve genellikle küçük çiftliklerin ihtiyaçları için yüksek güç üretirler. Piyasada ekonomik olmasa da çoğunlukla büyük güçte pompalar bulunmaktadır. Bu durum, yöneticiyi gerekli motor performansını hesaplama sorumluluğundan kurtarmaktadır. Böylece, pompa sisteminin boyutlandırılması, stratejik sulama yönetimi bağlamında bir kararı ortadan kaldırmaktadır. Verimli su ve yakıt kullanımı için, pompanın aşırı boyutlandırılması, yönetsel anlamda uygun şekilde kısaltılmış pompa çalışma döngüleri ile dengelenmelidir. Bu durum, gerçek su ihtiyaçları veya riskten kaçınma konusundaki bilgi eksikliği nedeniyle genellikle göz ardı edilir.

Tarımsal alet/makine distribütörleri genellikle çiftçilere uygun sulama sistemini seçme konusunda yardımcı olur. Geleneksel sistemlere (yağmurlama ekipmanı dahil) ek olarak, tarımsal distribütörler, yerel olarak üretilen damlama ve mikro yağmurlama teknolojisi ve sulama sisteminin tasarımı konusunda önerilerde bulunurlar. Bir çiftlik yöneticisi, ayrıca boyutlandırma ve kurulum konusunda tarımsal danışmandan fikir alabilir veya diğer çiftçilerin deneyimlerinden öğrenebilir.

Motorlu pompaların aksine PV sulama sistemlerinin boyutlandırılması, yüksek yatırım maliyetleri ve karmaşıklığı nedeniyle, kısmen yeni bir bilgi alanında yüksek düzeyde teknik gereksinimleri içeren önemli bir yönetim kararıdır. Bu karar, günümüz koşullarında eğitilmiş uzmanlar tarafından verilebilir.

Tüm metodolojik yardımlara rağmen, bir PV pompalama sisteminin boyutlandırılması gelecekte çiftlik yöneticisinin görevi olmayacaktır. Çiftlik yöneticisi, ancak bu görevi güvenilir bir profesyonele (örneğin tarım danışmanı) devredebildiği zaman PV sulamayla ilgili bir karar verebilecektir.

PV pompalama sistemleri hakkındaki teknik bilgilerden daha yeni olanı, mikro sulama teknolojilerinin değişen basınç koşulları altında değişken performanslarına uyarlanması hakkındaki bilgilerdir. Burada bilgi hala deneysel aşamadan kaynaklanmaktadır. Hindistan ve Şili’de, kamu ihaleleri bağlamında, çeşitli operasyonel kavramlar ve sistem boyutları tanımlanmış ve gerçek gereksinimler çok az dikkate alınarak tarımsal işletmelerde kurulmuştur. Bazı durumlarda bu uygulama, çiftlik çalışanları ve yöneticileri tarafından kabul sorunlarına neden olmuştur.

2.2. Çiftlik Yönetimine Olan Etkiler

Geleneksel sulamada, çiftlik yöneticisinin taktik sulama yönetimi, ürün rotasyonunu ve mevsimlik işgücünü planlamaya ek olarak, suya erişim ve gübre, yakıt, yağlayıcılar ve motor ve pompa için yedek parçalar gibi diğer işletim malzemelerinin kullanılmasını sağlamak işlemlerinden oluşur. Çiftlik ilgili tedarik merkezlerinden ne kadar uzaksa, ekonomik başarı işletme malzemelerinin başarılı depo yönetimine bağlıdır.

Su ve gübre normal şartlarda bir program dahilinde kullanılmaz. Çiftlikte çalışan işçilerin kendi takdirlerine göre uygulanır. Bu takdir hakkı, işçilerin çiftçilik faaliyetleri sırasında edindikleri deneyime dayanmaktadır. Hindistan ve Kenya’da çoğu zaman sadece yüzey sulama sistemlerindeki deneyimlere dayanmaktadır. Yüzey sulamada, birkaç günlük bir döngüde kısa sürede fazla miktarda su verilir. Bu arka plana karşın, damla sulamada sürekli uygulanan miktarlar çok düşük görünmektedir ve birincil eğilim aşırı sulamaya yöneliktir.

PV sulamanın tanıtılması, yakıt, yağlayıcılar ve onarımlarla ilgili tedarik planlamasının ortadan kaldırılması yoluyla yönetsel rahatlatma sağlar. Sulama planlaması için ürünlerin su talebi, iklim ile ilgili potansiyel evapotranspirasyon temelinde hesaplanabilir. Bu hesaplama sadece yetkili personel tarafından yapılabilir. PV teknolojisi alanının aksine, bunun için gerekli temel anlayış, tarım danışmanlarından elde edilebilir ve uygun eğitimle geliştirilebilir. Bu alandaki büyük destek, mevcut hava durumu verilerini manuel olarak girmek ve ürünler için günlük su ihtiyacını hesaplamak amacıyla kullanılabilen FAO'nun CROPWAT bilgisayar programı tarafından sağlanmaktadır.

Yerel tarım danışmanları genellikle gübre planlaması konusunda donanımlıdır. Bununla birlikte, gübrenin sulama suyuna doğrudan verilmesi, sadece yeterli eğitimle yararlanılabilecek yeni fırsatlar sağlar.

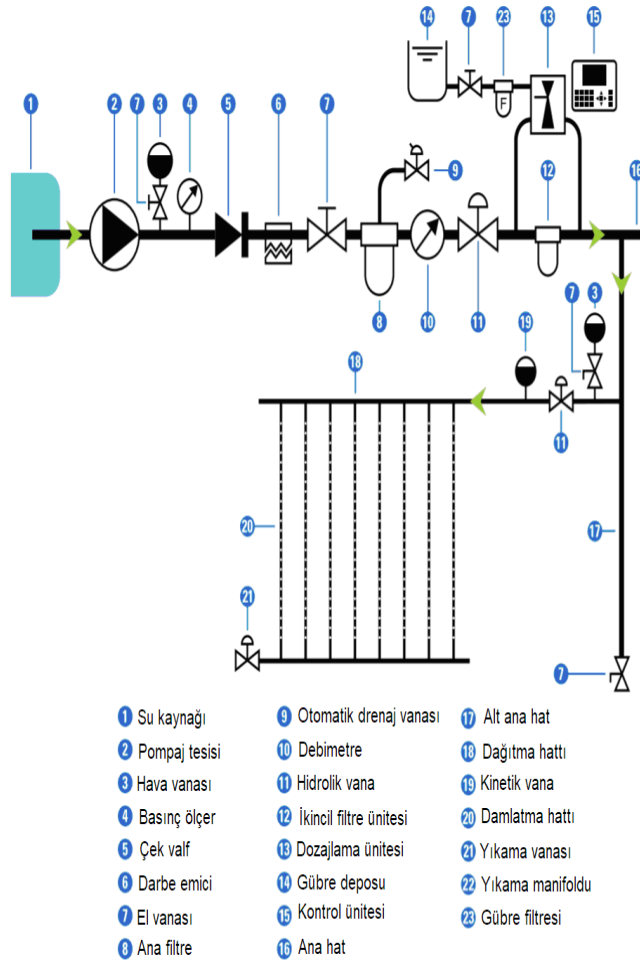
2.3. Operasyonel Çiftlik Yönetimine Olan Etkiler

Geleneksel sulama sistemlerinin operasyonel yönetimi, genellikle çiftlik işçileri tarafından gerçekleştirilir ve motor pompasının (veya diğer su çıkarma yapılarının / cihazlarının) ve sulama sisteminin günlük çalıştırılması ve bakımı ile gübreleme işlemlerini kapsar. Kuru monteli santrifüj pompalar, pompanın tipine bağlı olarak, az çok zaman alan bir uygulama olan her çalıştırmadan önce havalandırılmalıdır. Deponun kuru çalışmasına izin verilmesi, motorun bir teknisyen tarafından havalandırılmasını gerektirebileceğinden, Dizel yakıt zamanında doldurulmalıdır. Yağlayıcıların bakımının yapılmaması, makinenin erken yıpranmasına neden olur.

Çiftlik çalışanlarının teknik becerileri, makinaların bakımı için yeterlidir. Ancak onarımları için yeterli değildir. Bakım işlemleri, yerel bir tamirci tarafından yapılmalıdır ve gidiş-geliş mesafeleri veya sipariş sıkıntıları nedeniyle maliyetli gecikmelere neden olabilir.

Yağmurlama sistemlerinin yönetimi, boruları ve yağmurlayıcıları döndürmekten ve ara sıra gübre uygulamaktan oluşur. Damla sulama sistemlerinin kullanılması, boruların emek yoğun rotasyonunu ortadan kaldırır. Çünkü gerekli hatlar en azından büyüme mevsimi boyunca kalıcı olarak döşenecektir. Su tahsisi için gerekli işgücü, vanaların blok blok açılmasına indirgenmiştir.

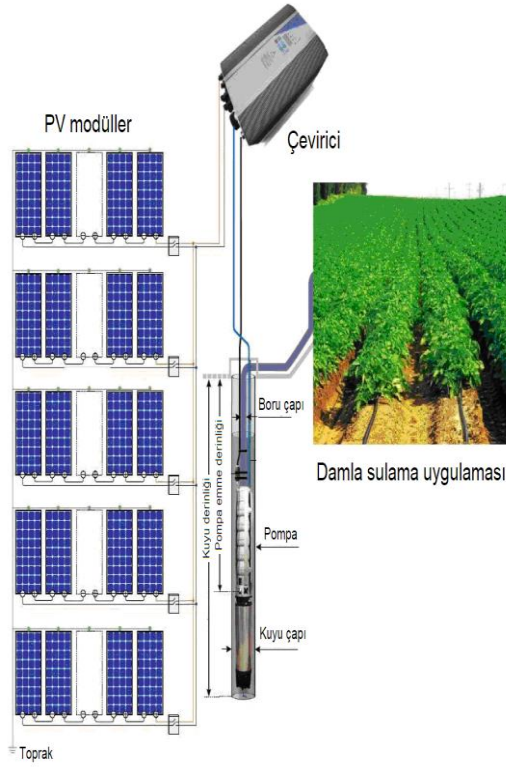
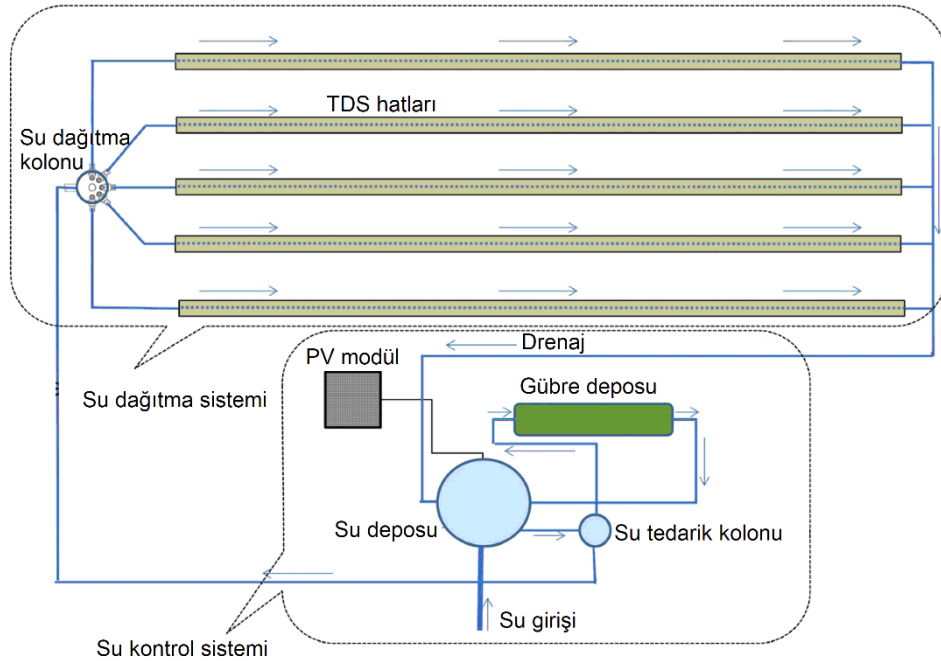
Damla sulama (Görsel 3 ve 4) uygulanırsa, sulama suyu filtrelenmelidir. Çünkü damlatma elemanları için kritik çap, yağmurlayıcılar için olduğundan çok daha küçüktür. Suyun partikül yüküne bağlı olarak, filtrelerin bazen günde birkaç kez temizlenmesi gerekebilir. Bu işlem belirli bir teknik bilgi ve beceri gerektirir. Ayrıca, damlatma hatları düzenli olarak yıkanmalı ve damlatma elemanları tıkanma açısından incelenmeli ve gerekirse değiştirilmelidir. Yağmurlama sulamadan farklı olarak yüzeydeki sulama suyu ile çözülmediği için, sulama suyuna gübre ilave edilmelidir. En basit yöntem, pompanın emme tarafına beslenen bir çözelti oluşturmak için, gübrenin açık bir varil içinde karıştırılmasıdır.



Görsel 3. Damla Sulama Sistemi Bileşenleri

Bir PV sulama sisteminde, motorlu pompalardan kaynaklı yüksek iş yükü ve belirsizlik seviyesi ortadan kaldırılır. PV pompa otomatik olarak açılır ve kapanır ve hatta sulama vanaları otomatik olarak çalıştırılabilir. Gübre girişi, ayrı bir dozaj pompası aracılığıyla da gerçekleştirilebilir. Böylece bu uygulama da önemli ölçüde iyileştirilir. Operasyonel yönetim, filtrelerin ve güneş modüllerinin temizlenmesi, dozaj pompasının ayarlanması ve tüm sistemin izlenmesiyle sınırlıdır. El emeğinin yerini büyük ölçüde teknik anlayış ve ince motor becerileri almıştır.

PV sulama sistemleri (Görsel 4), su ve enerji kaynaklarını korumanın yanı sıra, insan kaynaklarının daha verimli kullanımına da katkıda bulunur. Yorucu el emeğinin yerini, zihinsel olarak zorlu görevler alırsa, tarım, yeterli gelir getiren bir sektör olarak, şu anda büyümekte olan iyi eğitilmiş nesil için yeniden daha cazip hale gelebilir. Bu durum da kentsel bölgelere beyin göçünü engelleyebilir.


Görsel 4. Güneş Enerjili Damla Sulama Sistemi

Görsel 5. Su Kontrol Sistemi

3. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Güneş Enerjili Sulama (GES) sistemlerinin özel yönetim gereksinimlerini değerlendirmek için stratejik, taktiksel ve işletimsel yönetim arasında ayrım önerilir:

- GES sistemlerinin yönetiminde paydaşlar
- Stratejik çiftlik yönetimi üzerindeki etkiler
- Taktik çiftlik yönetimi üzerindeki etkiler
- İşletimsel çiftlik yönetimi üzerindeki etkiler

Güneş enerjili sulama sistemlerinin (GESS) tarımsal üretim için kullanılabilirliği ve ekonomik uygulanabilirliğinin olumlu olarak gelişmesi nedeniyle, GES teknolojisi, geleneksel

sulama ve pompalama seçeneklerine ekonomik olarak güvenilir ve sürdürülebilir bir alternatif olarak giderek daha fazla teşvik edilmektedir. Birçok ülkede bu teşvikler, büyük ölçüde bir yandan özel sektör pazarlamasına, diğer yandan kamu sübvansiyonuna dayanmaktadır. Ayrıca, kalkınma sektöründe aktif olan sivil toplum kuruluşları da teknolojiyi çiftçi toplulukları için uygun bir teknolojik seçenek olarak teşvik etmektedir. Teknolojinin temelde yatan avantajları önceki bölümlerde özetlenmiştir. Teknolojinin yaygınlaşmasına yönelik olası engeller ve fırsatlar bir sonraki bölümde tartışılmıştır. Özet olarak GESS teknolojisi, sadece ticari tarımsal üretimin verimliliğini ve karlılığını artırmaya katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda düşük gelişme potansiyeline sahip kırsal alanlarda gıda üretimi ve gıda güvenliği için önemli bir potansiyel yaratabilir.

Teknolojiye yönelik kısmen yüksek başlangıç yatırım gereksinimleri, GESS teknolojisi seçeneklerinin aile işletmeleri veya çiftçi toplulukları için erişilebilirliğine bir sınır getirmektedir. Genel olarak, yatırım ihtiyaçları çoğu küçük toprak sahibi çiftliklerin ve aynı zamanda geçimlik veya küçük çiftlik gruplarının mali kapasitesini aşmaktadır. GESS teknolojisi, uygun ticari finansman ürünleri (arazi bazlı olmayan teminatlar ile uzun vadeli krediler), kamu tarafından sübvansiyon veya bağışçılardan ve kalkınma ortaklarından hibe tahsisi olmadan, toplumun ekonomik olarak daha zayıf kesimleri için erişilebilir olmayacaktır. Yüksek derecede sübvansiyon uygulansa bile, tarımsal üretimin yoğunlaştırılmış bir şekilde gerçekleştirilmesi, birçok küçük çiftlik sahibi için önemli bir engeldir.

Dünya genelinde GESS teknolojisi, daha yüksek ticari potansiyele sahip çiftlikler ve işletmeler için kullanılabilir olma eğilimindedir. GESS teknolojisi, genellikle sınırlı olan su kaynaklarının kullanılması açısından, daha yüksek mali kapasiteye sahip çiftlikler için, yüzey veya yeraltı sularının verimli kullanımına ilişkin avantaj da yaratabilir. Toplumun tüm kesimlerine eşit gelişme fırsatlarının yaratılmasıyla ilgili olarak, bu nedensellik kalkınma planlayıcıları tarafından dikkate alınmalıdır.

Tarımsal ve tarım dışı amaçlarla yüzey ve yeraltı su kaynaklarından yüksek düzeyde su kullanımı küresel bir sorundur. Artan nüfusu besleyebilmek için artan miktarlarda gıda üretimi ve bunu başarabilmek içinde tarımsal üretimin sulanmayan alanlara yayılması gerekir. İklim değişikliğinin etkileri de daha yüksek derecede su kullanımına neden olmaktadır. İster geçimlik, ister küçük mülk sahibi veya büyük ticari işletme olsun, herhangi bir çiftlik işletmesi, mevcut su çıkarma seçeneğini ister teknik ister finansal olsun, fizibilite dışı bir noktaya kadar kullanma eğilimindedir. Bu durum, temeldeki teknolojik seçenekten bağımsızdır, dolayısıyla PV teknolojinin belirli bir özelliği değildir.

PV teknolojinin sulama amacıyla artan kullanılabilirliği ve satın alınabilirliğinin su kaynaklarının üzerindeki baskıyı ve hatta daha yüksek derecede sürdürülemez kullanımı daha da artırabileceği yönündeki sık sık dile getirilen endişeler ışığında, bu riskin temelde herhangi bir su çıkarma teknolojisi için mevcut olduğu unutulmamalıdır. Sürdürülebilir bir su kaynağı yönetiminin sağlanabilmesi için aşağıdaki iki önemli gereksinimin karşılanması gerekir:

- Su yönetimi ve su kaynakları yönetim ilkeleri ve yönergelerinin oluşturulması
- Su çıkartma ve kullanımının düzenlenmesi

Örneğin Fas'ta, benzin/Dizel ve şebeke elektriğinin çok altındaki fiyatlarla sübvansye edilen ve gıdaların pişirilmesi için kullanılan bütan gazının, küçük toprak sahiplerinin sulamada bütan gazı ile çalışan motorlardan hareket alan pompaların kullanımının artmasına neden olmuştur. Hem Hindistan'da hem de Fas'ta, çiftliklerde büyük ve açık su depolama havuzlarının önemli ölçüde sübvansiyonu, kurak mevsimde su bulunabilirliği sorunlarından kaçınmak isteyen (azaltılmış su tablası) mali açıdan yeterli özel çiftliklerde, büyük su rezervlerinin yaygın olarak kurulmasına yol açmıştır. Bu rezervler, çoğu durumda herhangi bir kısıtlama olmaksızın, yeraltı suyu kaynaklarından sağlanmaktadır. Hindistan'ın kuraklığa meyilli bölgelerinde bu durum, yeraltı suyu tablalarının önemli ölçüde düşmesine ve küçük çiftçilerin kuraklık sorunuyla yüzleşmesinin nedeni olmuştur.

Tüm üretken kullanım kategorileri için, su çıkartma teknolojilerinin artan kullanılabilirliği ve teşviki, sınırlı su kaynaklarının sürdürülebilir ve adil bir şekilde kullanılması için bazı önemli koşulların uygulanmasını gerektirir. Bu koşullar şunlardır:

- Sürdürülebilir su kaynakları yönetimi ilkelerine dayalı olarak su hakları ve su çıkarma imtiyazlarının tahsisi
- Yüzey ve yeraltı suyu kaynaklarından su çıkarmanın izlenmesi ve düzenlenmesi
- Sistem tasarımında su haklarına ve su mevcudiyetine bağlılık
- Herhangi bir verimli su kullanımında su tasarrufu sağlayan teknolojilerin uygulanması ve teşvik edilmesi (damla sulama, basınçlı sistemlere yönelik modernizasyon, su tasarrufu sağlayan sulama modellerinin ve ürün rotasyonlarının benimsenmesi vb.).

Bir GESS'in planlanması ve tasarlanması açısından (diğer sulama sistemlerinde olduğu gibi), ilk düşünce her zaman su gereksinimi ve kullanılabilirliği (su hakları/imtiyazı, kuyu/kuyu verimi) olmalıdır. Ardından, su varlığına ve en uygun ekim modeline göre bir sistem tasarlanabilir. Teknik, finansal ve çevresel uygulanabilirlik açısından, en iyi sonucu elde etmek için, su çıkarma ve sulama sistemi bileşenlerinin birbirine uyulanması gerekir. Ancak uygulamada yaygın olan durum, sistem bileşenlerinin, yukarıdaki hususlar dikkate alınmadan farklı hizmet sağlayıcılar tarafından parçalı bir şekilde planlanması ve tasarlanmasıdır. Tarımda ve diğer uygulamalarda suyun verimli kullanımının daha fazla teşviki, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi ve su yönetimi için eşlik eden önlemleri gerektirir. Bu gereklilik, piyasa ilkeleriyle düzenlenemez. Su kaynakları yönetimi kapasitelerinin oluşturulması, farkındalık yaratılması ve kapasite geliştirilmesi gerekir. Koşulsuz sübvansiyonların mevcudiyeti bu bakımdan ters etki yaratmaktadır. PV tabanlı pompalama çözümleri, su mevcudiyetine ve su kullanımının izlenmesine, su tasarrufu sağlayan sulama teknolojilerine ve su depolamasının sınırlandırılmasına sıkı sıkıya bağlı kalmadan büyük ölçüde sübvansiyon edildiği sürece, teknolojinin sürdürülemez kullanım riski ağır basacak ve "aşırı pompalama" konusundaki yaygın endişeye güven verecektir.

KAYNAKÇA

- [1] Öztürk H.H., *Güneş Enerjisiyle Sulama Yönetimi: Yönetim-Etkiler-Güçlü Ve Zayıf Yönler-Fırsatlar-Tehditler*. LAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-620-3-86364-2, 2021.
- [2] Sass, J., Hahn, A., *Solar Powered Irrigation Systems (SPIS) Technology, Economy, Impacts*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Bonn, 2020.

TARIMSAL SULAMADA KULLANILAN POMPAJ TESİSLERİNDE ENERJİ GİDERLERİNİN BELİRLENMESİ

HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK¹, ÜMRAN ATAY², BÜLENT AYHAN³,
SENEM GÖK⁴, HAKAN GÖKER⁵

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ORCID ID: 0000-0001-6904-5539

²GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, ORCID ID: 0000-0002-2248-4582

³Adana Ziraat Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-5357-0600

⁴Adana Ziraat Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-0861-5806

⁵ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ORCID ID: 0000-0002-1162-0104

ÖZET

Tarımsal sulama için pompaj tesislerinin ilk kurulum ve işletme maliyetleri, sistemin tasarım ve işletilmesinde dikkate alınması gereken önemli etmenlerdir. Bu maliyetler, pompalanan su miktarına göre değişir ve enerji, işletim ve bakım maliyetlerinden oluşur. Tipik olarak, en önemli değişken maliyet, pompayı çalıştıracak güç için gerekli enerji maliyetidir. Pompaj tesisleri için yıllık işletme maliyetlerini tahmin etmek için, mevsimlik su kullanımı ve pompalama süreleri esas alınır. Pompalar genellikle, ayrı üniteler olarak satın alınsa da, pompaj tesisinin sadece bir bileşeni olarak işlev yaparlar. Bir pompaj tesisinde tüketilen enerji miktarı, pompa ve tesis tasarımına ve sistemin çalıştırılma şekline bağlıdır. En düşük enerji ve bakım maliyetleri, ekipman ömrü için birbirleriyle dikkatlice eşleştirilmeli ve çalışma ömürleri boyunca sabit kalmalıdır. İlk satın alma maliyeti, yüksek kullanımlı pompalar için yaşam döngüsü maliyetinin küçük bir kısmını oluşturur. Enerji giderleri, pompanın yaşam döngüsü maliyetindeki ilk yatırım maliyetinden çok daha fazladır Santrifüj pompalar için enerji giderleri yaşam döngüsü maliyetlerinin % 45'ini oluşturur. Enerji giderleri, sulama süresine bağlı olarak saatlik ve yıllık olarak hesaplanabilir. Bu çalışmada; sulama sistemlerinde kullanılan güç üniteleri için enerji giderlerini hesaplama yöntemleri değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tarımsal sulama, Pompaj tesisi, Enerji giderleri

1. GİRİŞ

Farklı tipteki pompa kurulumlarının maliyetleri, özellikle de farklı güç ünitelerinin kullanımının karşılaştırılması gerekebilir. Sulama pompaj maliyetleri sadece enerji maliyetini değil, aynı zamanda pompalar, motorlar, kuyular, dişli sürücü mekanizmaları ve gerekli yapılar için sermaye maliyetlerini ve işletme ve bakım maliyetlerini de kapsar. Sulama sistemlerini planlamak ve üretim maliyetlerini tahmin etmek için, planlamacılar genellikle ortalama yıllık pompalama maliyetlerini dikkate alırlar. Ancak, saatlik işletme maliyeti veya birim su uygulama derinliği başına maliyet, sulama mevsiminde ekonomik kararların verilmesinde daha yararlı olabilir. Bu bölümde sadece pompalama maliyetleri değerlendirilmektedir. Sulama sisteminin su, dağıtım ve saha uygulama maliyetleri daha geniş bir ekonomik analiz ile değerlendirilmelidir.

Üreticiler ile görüşmeler yaparak ve geçmiş kurulumlar incelenerek, ekipman ve inşaat maliyetleri tahmin edilebilir. Gerçek pompalama maliyetlerinin üretici tarafından kabul edilebilir sınırlar dahilinde olması istenir. Bir pompalama sistemiyle ilişkilendirilen yakıt, bakım ve işçilik maliyetleri, mühendislik ve ekonomik referanslar ve maliyet veri tabanlarından alınan bilgiler kullanılarak kolayca hesaplanır.

Pompalama maliyetleri üç gruba ayrılabilir:

1. Değişken maliyetler,
2. Sabit maliyetler
3. Vergiler ve sigorta

Vergiler ve sigorta (sabit maliyetler olsa bile) genellikle en düşük etkiye sahiptirler ve genel pompalama maliyetleri bu bölümde ele alınmamaktadır.

Değişken maliyetler mevsimden mevsime değişir. Bu maliyetler, pompalanan su miktarına göre değişir ve enerji, işletim ve bakım maliyetlerini içerir. Tipik olarak, en önemli değişken maliyet, pompayı çalıştıracak güçtür. Pompaj tesisleri için yıllık işletme maliyetlerini tahmin etmek için mevsimlik su kullanımı ve pompalama süreleri esas alınır. Su taşıma ve sulama uygulamaları için ürün su gereksinimlerini ve verimliliklerini tahmin etmek amacıyla gerekli bilgiler, yerel sulama kılavuzlarında elde edilebilir. Su taşıma ve su uygulama sistemlerinin verimsizliği, toplam değişken maliyetleri önemli ölçüde etkileyebilir.

Sabit maliyetler, pompanın çalışmaması durumunda bile dikkate alınır. Sabit maliyetler, pompaj tesisinin fiziksel bileşenlerine yapılan sermaye yatırımından ve tekrar eden hizmet maliyetlerinden, ayrıca vergilerden, faiz ücretlerinden ve amortismanından oluşur. Pompaj tesisinin fiziksel bileşenleri arasında motor, pompaj tesisi için gerekli yapılar (konut, temeller, çukurlar, kasalar vb.), kuyular ve kuyu muhafazaları, su tesisatı, elektrik bileşenleri ve yakıt ekipmanları yer alır. Tekrarlayan hizmet maliyetleri, örneğin elektrik talep ücretlerini içerebilir.

2. POMPAJ TESİSLERİNDE ENERJİ TÜKETİMİ

Bir pompaj tesisinde enerji kullanımı, gerekli akışkan akışı, akışkanın kaldırıldığı yükseklik ve boru hattının uzunluğu ve sürtünme özelliklerine bağlı olarak belirlenir. Pompaj tesisinde enerji kullanımı, tesis için gerekli güç değeri (P_i) ile pompanın çalıştığı süre (t) ile çarpılarak belirlenir.

$$E = P_i \times t = \text{kW} \times \text{h} = \text{kWh} \dots \dots \dots (1)$$

$$E_h = P_h \times t \dots \dots \dots (2)$$

$$P_h = \frac{Q \times H \times \rho}{102} \dots \dots \dots (3)$$

Burada;

P_h = Hidrolik güç (kW)

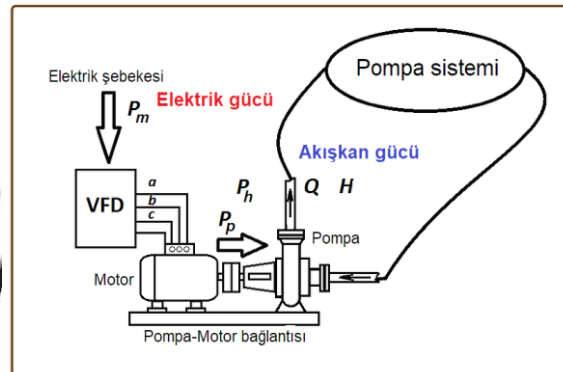
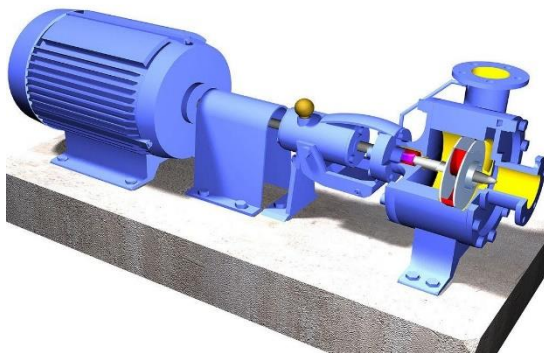
Q = Debi (L/s),

H = Yükseklik (m),

E_h = Hidrolik enerji (kWh) ve

t = Çalışma süresidir (h).

Pompaj tesisinin enerji tüketimini azaltmak için, akışkan hareketini güç ile ilişkili olarak değerlendirmek gerekir. Bu ilişki, bir sistemde ne kadar güce ihtiyaç duyulması gerektiğini, sürtünme nedeniyle ne kadar güç kaybedildiğini vb. etmenleri doğru bir şekilde tahmin etmek için kullanılabilir. Pompalama sistemlerinde enerjinin etkin kullanımını düşünürken, sadece anlamak değil, bu ilişkileri uygulamak çok önemlidir.



Görsel 1. Pompaj Tesisinde Enerji Tüketimi



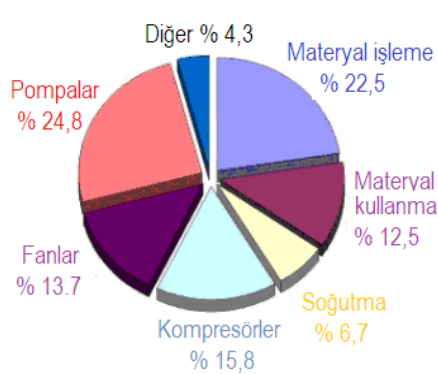
Görsel 2. Sulama Pompaj Tesisleri

3. POMPAJ TESİSİNDE ENERJİ GİDERLERİ

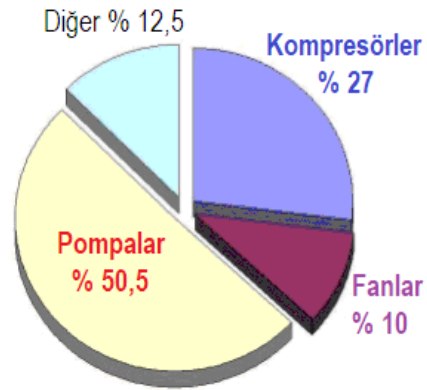
Yapılan enerji tasarrufu çalışmalarında, enerji tasarruf potansiyelinin yüksek olduğu alanlardan birinin de pompalama sistemleri olduğu görülmüştür (Görsel 4). İyi bir sistem tasarımı ve uygun pompaların seçimiyle bu enerjinin % 30–50’sinin tasarruf edilebileceği bildirilmektedir. Bu durum, pompa üretici ve kullanıcılarında sistemin daha verimli üretimi ve işletilmesine yönelik arayışlara neden olmuştur. Ayrıca, bazı ülkelerde bu konuda yasal düzenlemeler yapılmaya başlanmıştır.

Pompalama Sistemlerinde Enerji Kullanımı

Endüstriyel Motorlarda Enerji Kullanımı

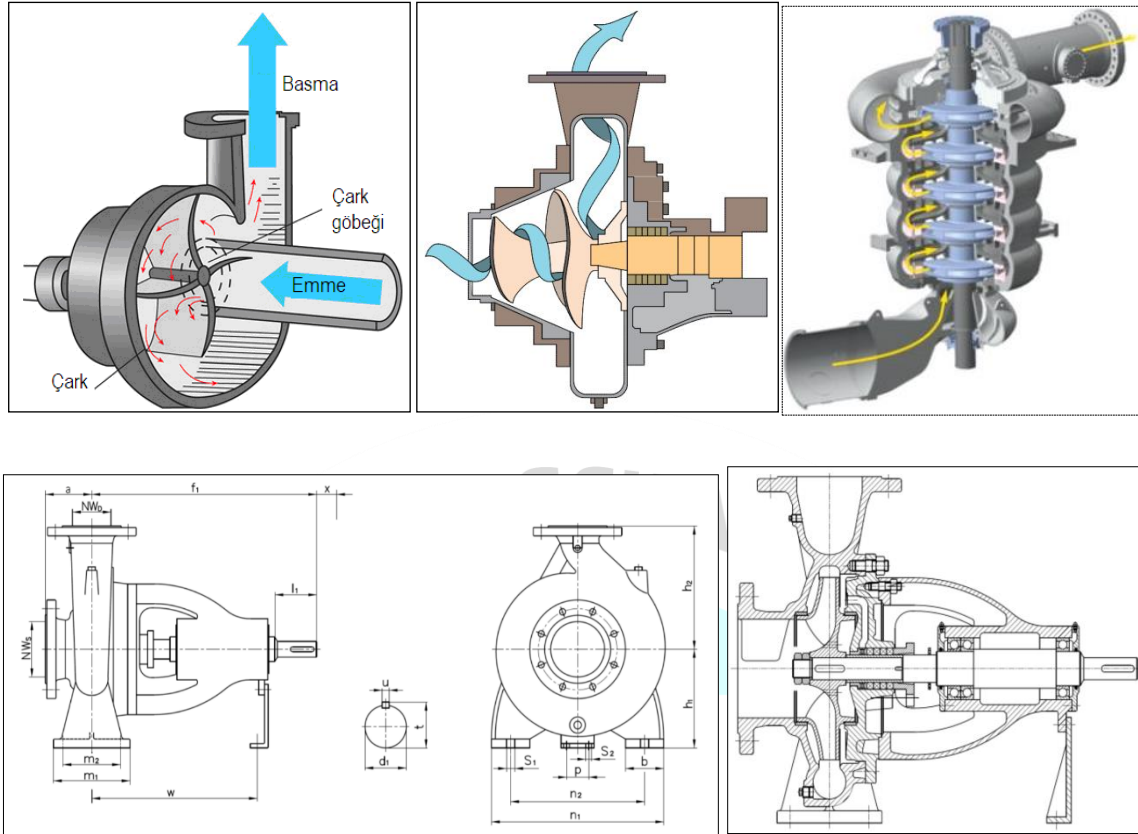


Pompalar İçin Enerji Tasarrufu Potansiyeli



Görsel 4. Pompalama Sistemlerinde Enerji Kullanımı Ve Tasarruf Potansiyeli

Örneğin, Avrupa Birliği’nde ($P < 2,5$ kW) sirkülasyon pompalarının da doğal olarak etiketlenmesi son aşamaya gelmiştir. Almanya’da üretilen sirkülasyon pompalarında da enerji verimliliğini gösteren harflerin pompa etiketlerine konulması mecburi olmuştur. Ayrıca, AB’nde santrifüj pompalar satın alınırken, pompa veriminin uygunluğunun müşteri tarafından kontrol edilebilmesi için, debi, basma yüksekliği ve devir sayısı bilinen pompanın veriminin ne olması gerektiğini belirten diyagramlar yayınlanmıştır. Bir pompa sisteminin maksimum verimli bir şekilde çalışması için, pompaların yüksek verimli olması tek başına yeterli değildir. Pompa sistemlerinin verimli bir şekilde çalışmaları ancak ve ancak, pompa tasarımına (Görsel 5), sistemin bir bütün olarak iyi bir şekilde dizayn edilmesine ve çalışma koşullarına bağlıdır. Aksi takdirde en verimli pompa, yanlış tasarlanan ve yanlış montajı yapılan bir sistemde, verimsiz bir hale dönüşebilir.



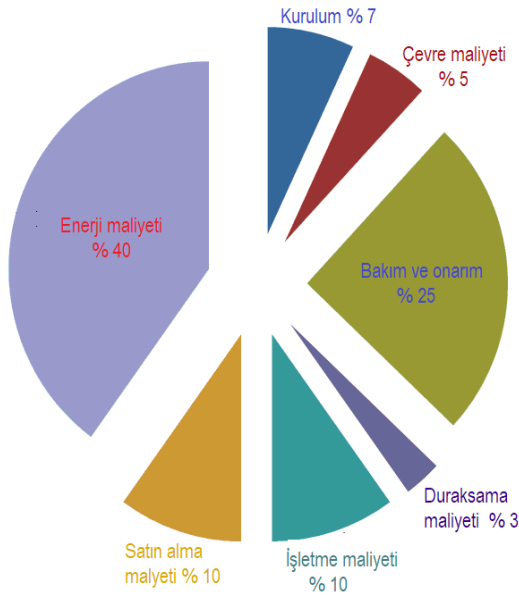
Görsel 5. Santrifüj Pompanın Çalışma İlkesi Ve Boyutları

Pompa ve motor satın alınırken, sadece ilk satın alma maliyetine göre değil, *Ömür Boyu Maliyet* (ÖBM) hesabına göre tercih yapılmalıdır. Endüstriyel ve kentsel pompalama sistemlerinin genellikle 15 yıl veya daha fazla hizmet süreleri vardır. Projenin toplam maliyetinde, toplam enerji maliyetini, bakım ve diğer etkenleri dikkate almak için bu geçerli bir süredir. ÖBM analizi projelerin toplam maliyetlerini belirlemek için etkili bir yöntemdir. Ömür boyu maliyet içinde satın alma, bakım, enerji maliyeti, arıza halinde üretim kaybı maliyeti, söküp atma maliyeti, gibi tüm maliyet etmenleri dikkate alınmaktadır. Bir pompa sistemindeki ÖBM etmenlerinin dağılımı Görsel 6’da verilmiştir. Bir pompaj sisteminde genel olarak; pompa satın alma maliyeti % 10’luk bir paya sahipken, enerji maliyeti % 40 ve bakım ve onarım maliyeti % 25 olarak verilmektedir. Pompa alımı sonrası maliyetlerin toplamı ise % 90’a ulaşmaktadır.

3.1. Pompaj Tesisleri İçin Enerji Giderlerinin Belirlenmesi

Pompaj tesislerinde kullanılan enerji miktarı, dünya elektrik tüketiminin yaklaşık % 20’sini oluşturur. Pompalama sistemlerinde enerji kullanımı oranı, belirli endüstriyel tesis çalışmalarındaki enerji kullanımının % 25–50’si arasında değişir. Pompalama sistemleri; evsel hizmetler, ticari ve tarımsal hizmetler, belediye su/atık su hizmetleri ve gıda işleme, kimya, petrokimya, ilaç ve mekanik endüstrilerinde yaygın olarak kullanılırlar.

Pompaj tesislerinin ilk kurulum ve işletme maliyetleri, sistemin tasarım ve işletilmesinde dikkate alınması gereken önemli etmenlerdir. Pompalar genellikle, ayrı üniteler olarak satın alınsa da, sadece bir sistemin parçası olarak çalışırken hizmet verirler. Bir sistem tarafından kullanılan enerji ve malzemeler, pompa tasarımına, tesis tasarımına ve sistemin çalıştırılma şekline bağlıdır. Bu faktörler birbirine bağlıdır. En düşük enerji ve bakım maliyetleri, ekipman ömrü için birbirleriyle dikkatlice eşleştirilmeli ve çalışma ömürleri boyunca sabit kalmalıdır. İlk satın alma maliyeti, yüksek kullanımlı pompalar için YDM’nin küçük bir kısmını oluşturur. İşletme gereksinimleri bazen enerji maliyetini geçersiz kılabilirken, en uygun çözüm yine de mümkündür.



Görsel 6. Bir Pompa Sisteminin Toplam Maliyetini Oluşturan Bileşenler

Hidrolik bir sistemde, herhangi bir akışkanı pompalamak için toplam maliyet, başlıca aşağıdaki etmenlere bağlıdır:

- Boru yapımı maliyeti
- Pompaj tesisinin tasarım maliyeti
- Sistemin ömrü boyunca pompa çalışması için enerji maliyeti

Bakım ve çalıştırma gibi maliyetler, doğrudan pompa veya boru boyutuna çok bağlı olmadıkları için ihmal edilebilir.

$$\text{Toplam maliyet} = \text{Boru yapımı} + \text{Pompaj tesisi tasarımı} + \text{Enerji}$$

Sulama sistemlerinde kullanılan güç ünitelerinin toplam giderleri Çizelge 6.1’de verilen hesaplama yöntemleri ile belirlenebilir. Amortisman giderlerinin hesaplanması sırasında, % 10 faiz oranı için sermaye geri kazanım faktörü (SGKF) olarak aşağıdaki değerler kullanılabilir.

- Doğal gaz ve sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ile çalışan motorlar için $SGKF = 0,1468$
- Dizel motorlar için $SGKF = 0,1278$
- Elektrik motorları için $SGKF = 0,1102$

Çizelge 1. Sulamada Güç Ünitelerinin Giderlerini Hesaplama Yöntemi

Amortisman Giderleri (TL/kWh)	
$AG = \frac{SGKF \times İYM}{YKS}$	AG = Amortisman giderleri (TL/kWh), $SGKF$ = Sermaye geri kazanım faktörü, $İYM$ = İlk yatırım maliyeti (TL/kW) ve YKS = Yıllık kullanım süresidir (h).
Tamir/Bakım Giderleri (TL/kWh)	
$TBG = \frac{TBF \times İYM}{\%100 \times YKS}$	TBG = Tamir/bakım giderleri (TL/kWh), TBF = Tamir/bakım faktörü (%), $İYM$ = İlk yatırım maliyeti (TL/kW) ve YKS = Yıllık kullanım süresidir (h).
Vergi/Sigorta Giderleri (TL/kWh)	
$VSG = \frac{\%1.5 \times İYM}{\%100 \times YKS}$	VSG = Vergi/sigorta giderleri (TL/kWh), TBF = Tamir/bakım faktörü (%), $İYM$ = İlk yatırım maliyeti (TL/kW) ve

	YKS = Yıllık kullanım süresidir (h).
Yakıt Giderleri (TL/kWh)	
$DYG = \frac{1.15 \times DYF}{3.2}$	DYG = Dizel yakıtı gideri (TL/kWh) ve DYF = Dizel yakıtı fiyatı (TL/L),
$LPGYG = \frac{1.15 \times LPGF}{1.825}$	LPGYG = LPG yakıtı gideri (TL/kWh) ve LPGF = LPG yakıtı fiyatı (TL/L),
$DGYG = \frac{1.15 \times DGF}{2.65}$	DGYG = Doğal gaz gideri (TL/kWh) ve DGF = Doğal gaz yakıtı fiyatıdır (TL/m³).
$EG = 0.83 \times EF$	EG = Elektrik gideri (TL/kWh) ve EF = Elektrik fiyatıdır (TL/kWh).

Pompalama süresine dayalı güç maliyetleri, aşağıda verilen (4) ve (5) nolu eşitlikler kullanılarak saatlik ve yıllık olarak hesaplanabilir.

$$\text{Saatlik enerji gideri} = \text{Motor giriş gücü (kW)} \times \text{Enerji bedeli (\$/kWh)} \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{Yıllık enerji gideri} = \text{Saatlik enerji gideri (\$/h)} \times \text{Çalışma süresi (h/yıl)} \dots\dots\dots(5)$$

Bir sulama pompaj tesisinde enerji giderleri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$C_e = \frac{H \times Q \times \rho \times g \times t \times e}{3,6 \times 10^6 \times \eta_{m-p}} \dots\dots\dots(6)$$

Burada:

- C_e = Enerji giderleri (TL),
- H = Toplam yükseklik (m),
- Q = Pompa debisi (m³/h),
- ρ = Akışkan yoğunluğu (kg/m³),
- g = Yerçekimi ivmesi (9,81 m/s²),
- t = Yıllık çalışma süresi (h/yıl) ve
- e = Özgül elektrik maliyetidir (TL/kWh).

Bir pompaj tesisinin elektrik giderleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$C = \frac{Q \times H \times t \times e}{\eta_p \times \eta_{m-p} \times \eta_d} \dots\dots\dots(7)$$

Burada; t - sistemin çalışma süresi ve e - elektrik fiyatıdır. Eşitlikten de görülebileceği gibi, pompalama sisteminin giderlerini azaltmak için, pay kısmındaki değişkenlerin (Q , H , t , e) azaltılması, payda kısmındaki verim değişkenlerinin (η_d , η_m , η_{m-p}) ise artırılması gerekir.

3.2. Pompaj Tesisleri İçin Enerji Giderlerinin Azaltılması

Daha verimli bir motor, gücüne ve kullanım modeline bağlı olarak kullanım ömrü boyunca birkaç avrodan birkaç on bin avroya kadar tasarruf sağlayabilir. Mevcut düzenleme kapsamındaki daha verimli motorlar, 2020 yılına kadar AB’de 57 TWh yıllık enerji tasarrufu sağlayacaktır. Revize edilen yönetmeliğin genel etkisi dikkate alındığında, yıllık tasarruf 2030’a kadar Hollanda’nın elektrik tüketimine eşdeğer olan 110 TWh değerine yükselecektir. Bu durum, her yıl 40 milyon ton CO₂ emisyonunun önleneceği ve AB hane halkları ve endüstrisinin yıllık enerji faturasının 2030 yılına kadar yaklaşık 20 milyar € azaltılacağı anlamına gelmektedir.

En iyi tasarım uygulamaları kullanılarak elektrik motorlarının enerji verimliliği ortalama olarak % 20 ile % 30 oranında artırılabilir. Çoğu iyileştirmenin geri ödeme süresi 1 ile 3 yıl arasındadır. Bu durum, ayrıca küresel sera gazı emisyonlarının azaltılması üzerinde büyük bir potansiyel etki anlamına gelir. Elektrik motoru sistemleri büyük miktarda elektrik tüketir ve önemli miktarlarda enerji tasarrufu için bir fırsat sağlayabilir. Enerji giderleri,

motorun kullanım ömrü boyunca toplam motor işletme maliyetlerinin % 97'sinden fazlasını temsil eder. Bununla birlikte, yeni bir motorun satın alınması genellikle tüketeceği elektriğe değil, satın alma fiyatına bağlı olma eğilimindedir. Verimlilikteki küçük bir iyileşme bile önemli ölçüde enerji ve maliyet tasarrufu sağlayabilir. Daha verimli bir motor için önceden biraz daha fazla yatırım yapmak, genellikle enerji tasarrufu olarak geri ödenir. Enerji verimliliğinin iyileştirilmesi, sera gazı emisyonlarını azaltır.

3.2.1. Yük Faktörü

Enerji verimliliği denetiminin bir parçası olarak, enerjinin boşa harcanıp israf edilmediğini anlamak için, normalde pompaya takılı motorun veriminin ayrı ayrı değerlendirilmesi önerilir. Her bir bileşenin verimini ayrı ayrı değerlendirmek, bir enerji tasarrufu planına dahil edilecek eylemler hakkında daha iyi kararlar almak için yararlıdır.

Yöntem, elektrik motorlarının verimini (η_m) ve dolayısıyla boşa harcanan enerji seviyesini belirlemeye odaklanmalıdır. Motor eğrisi yöntemi, verimi belirlemek için kullanılacak en uygun mühendislik yöntemidir. Bu, motor yük faktörüne (YF) dayalı olarak hesaplanan verim ve verim eğrisi arasındaki karşılaştırmaya dayalı yinelemeli bir yöntemdir. Motorun ölçülen aktif gücüne bağlı olarak YF aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$YF = \frac{P_e / \eta_m}{HP_{nom} \times 0,746} \dots\dots\dots(8)$$

Burada;

- YF : Motorun yük faktörü,
- P_e : Motorun sahada ölçülen aktif gücü (kW),
- η_m : Motorun çalışması sırasındaki gerçek verim ve
- HP_{nom} : Motorun etiketinde yazan anma gücüdür (HP).

Hesaplanan YF değerlerine karşılık gelip gelmediğini görmek için motor verimi kontrol edilir. Değilse, her iki değer eşleşene kadar verim eğrisinde hesaplanan YF değerine karşılık gelen verim değeri kullanılarak önceki aşama tekrarlanır. Verimin son değerleri ve YF, motor için gerçek değerlerdir. Orijinal verim ve YF belirlendikten sonra, verim aşağıdaki ölçütlere göre amortismanına tabi tutulmalıdır:

- Motor 10 yıldan daha eskiyse, belirli bir yüzde puanı ile verim azalması uygulanır.
- Motor sarıldıysa, verim % 2 puan azaltılır. Sarma işlemi sırasında motor sıcaklığı biliniyorsa, verim değeri Çizelge 2'ye göre değerlendirilir.

Çizelge 2. Motor Sarmanın Sıcaklığa Göre Verim Azalmasına Etkisi [2]

Sıcaklık (°C)	Verim Azalma Değeri
633	0,0053
683	0,0117
733 (Kaynak hamlacı kullanımı)	0,0250
Kimyasal kullanımı	0,0040

3.2.2. Elektrik Motoru İyileştirmeleri

Bir elektrik motorunun gücünü küçülterek enerji tasarrufu sağlanabileceği, yaygın bir yanılgıdır. Elektrik motorları, bir elektrik motorunun miline uygulanan yük ile tanımlanan gücü tüketirler. Pompaj tesisinde, elektrik motoru miline uygulanan yük pompadır. Motor iyileştirmelerinde aşağıdaki ölçümlere bağlı olarak motorun mevcut durumu belirlenir:

- Elektriksel ölçümler
- Motor devre analizi
- Kızılötesi termografi
- Verimlilik

Motorun onarım/değiştirme seçenekleri için önceden planlama yapılmalıdır:

- Tasarrufları değerlendirmek için motor yazılımları kullanılır.
- Değişken hızlı sürücü uygulaması yeni motor tipini etkiler.

Pompa iyileştirmelerinin motora olan etkileri değerlendirilir:

- Motoru yeniden boyutlandırma fırsatı
- Değişken hızlı sürücünün etkisi
- Motor servis faktörüne etkisi

Motor güncellemelerinin pompa verimine olan etkileri belirlenir:

- Daha yüksek devirli verimli motorlar, pompa verimi ve gücünü artırır.
- Çekilen güç, yaklaşık olarak hızın küpüyle orantılıdır.
- Hızda % 2'lik bir artış, % 8 oranında daha yüksek güç kullanımına neden olabilir.

Çizelge 3. Pompaj Tesislerinde Enerji Tüketimini Azaltmak İçin Uygulanan Yöntemler [1]

Enerji Kullanımını Azaltma Yöntemleri	Enerji Tasarrufu Potansiyeli (%)
Kısma kontrolünün hız kontrolü ile değiştirilmesi	10 – 60
Sabit değişkenli sistemlerde pompa hızının azaltılması	5 – 40
Pompaların paralel çalıştırılması	10 – 30
Pompa çarkının düzeltilmesi	20'ye kadar (ortalama 10)
En fazla yüklenme sırasında ek rezervuar uygulaması	10 – 20
Verimli elektrik motorlarının kullanılması	1 – 3
Daha verimli pompaların uygulanması	1 – 2

4. ENERJİ GÖSTERGELERİNİN HESAPLANMASI

Bir pompaj sisteminin ekonomik ve enerji etkililiğini ve verimliliğini ölçmek için çok gösterge geliştirilmiştir. Bununla birlikte, enerji verimliliği açısından, yaygın olarak aşağıdaki göstergeler kullanılmaktadır:

- Enerji İndeksi (EI; kWh/m³) enerji endeksini
- Enerji Maliyeti (EM; \$/kWh)

Pompaj tesislerinde, sağlanan ilerlemenin belirlenebilmesi ve enerji verimliliğini artırmak için daha fazla politika ve program oluşturulabilmesi için bu göstergelerin sürekli olarak belirlenmesi, kaydedilmesi ve değerlendirilmesi önemlidir.

4.1. Enerji İndeksi

Enerji endeksi (EI; kWh/m³), bir pompaj tesisinde, pompalama sistemi tarafından tüketilen enerji ile üretilen ve dağıtım şebekesine sağlanan toplam su hacmi arasındaki ilişkiyi belirtir. Üretilen su hacmi yılda metreküp (m³) olarak belirtilir. Pompalama sisteminde tüketilen enerji miktarı, yerel elektrik şirketinin geçmiş fatura beyanlarından belirlenir. Kilovat-saat (kWh) biriminden tüketim yıllık olarak toplanır. EI aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Enerji İndeksi (EI)} =$$

Enerji endeksi için referans bir değer yoktur. Çünkü, bu değer su temin sistemindeki mevcut su kaynağının türüne ve arazinin topografyasına bağlı olarak değişir. Sadece pompa istasyonları kullanılarak su sağlayan tepelik topografyalarda bulunan pompaj tesislerinde enerji endeksi değerleri daha yüksek olacaktır. Ayrıca, şebekede çok fazla su sızıntısı olan sistemlerde, su çekme ve tedarikinde artış olacağından, daha fazla enerji tüketilecektir. Diğer taraftan, bir pompaj tesisinin enerji endeksi, daha verimli pompalama ekipmanları kullanılarak ve boru hatlarındaki su sızıntıları en aza indirilerek azaltılabilir.

4.2. Enerji Maliyeti

Enerji Maliyeti (EM; \$/kWh), tüketilen birim enerji başına maliyet değeridir. Pompaj tesislerinde EM değeri, başlıca aşağıdaki etmenlere bağlı olarak değişir:

- Elektrik tarifi sözleşmesinin türü
- Günde 24 saat tam zamanlı çalışmaya göre gerçek çalışma saatlerini yansıtan belirli yük faktörü
- Elektrik tesisatlarının güç faktörü (GF) gibi enerji tüketimini etkileyen diğer etmenler

Birim enerji maliyeti (UEC), pompaj tesisinin yıllık toplam enerji tüketimi (kWh/yıl) ve yıllık toplam enerji faturaları (\$/yıl) esas alınarak, aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Enerji Maliyeti (EM)} =$$

Enerji indeksi gibi, enerji maliyetinin de ortalama bir referans değeri yoktur. Bu göstergeler elektromekanik altyapıya ve ilgili maliyetlere bağlıdır ve her pompaj tesisi için ayarlanmalıdır.

4.3. Enerji Dengesi

Pompaj tesisi bileşenlerinin enerji verimlilikleri değerlendirildikten sonra, ekipmanın gerçek enerji dengesi belirlenmelidir. Gerçek enerji dengesi, en fazla enerjiyi tüketen ve tasarruf önlemlerinin planlanması için temel bir işlev yapan pompalama sistemi bileşenlerinin bir göstergesidir.

Bu gösterge ile elde edilen en önemli değer, sistemin su pompalama için fiilen kullandığı enerji olan faydalı işten ayırt edilerek, enerjinin temini ve kullanımında kaybedilen tüm enerjinin parçalanmasıdır. İşe yaramayan her şey enerji kaybıdır. Denge, ikisi arasındaki farkı ayırt etmeyi mümkün kılar. Enerjinin dağılımını ve önemli enerji tasarrufu fırsatlarının en büyük etkiye sahip olduğu yerleri ve nerede bulunabileceğini belirtir.

Gerçek enerji dengesinde, bütün pompalama sistemi bileşenlerinin enerji kayıpları ve verimlilikleri hesaplanır. Enerji kayıpları ve verimlilikleri, her bir enerji tüketimi değeri gerçek enerji dengesine bölünerek belirlenir ve Çizelge 4’de verilmektedir.

Çizelge 4. Bir Pompaj Tesisindeki Enerji Dengesi Örneği

Değişkenler	Miktar	Birim
Enerji tüketimi	73,651	kWh/yıl
Motor verimi	77,92	%
Pompa verimi	33,72	%
Sızma kayıpları	40	%
Faydalı yükseklik	35	mSS
Elektrik kayıpları	1 538	kWh/yıl
Motor kayıpları	15 920	kWh/yıl
Pompa kayıpları	37 242	kWh/yıl
Emme ve basma boru hattı kayıpları	52	kWh/yıl
Şebeke basınç kayıpları	4 562	kWh/yıl
Sızma kayıpları	5 698	kWh/yıl
Faydalı iş	8 548	kWh/yıl

Gerçek enerji dengesini oluşturan başlıca değişkenler şunlardır:

Enerji tüketimi: Bütün bir çalışma yılı boyunca pompaj tesisi tarafından tüketilen toplam elektrik miktarıdır (kWh).

Motor verimi: Gerçek motor verimidir (birimsiz).

Pompa verimi: Pompa verimidir (birimsiz).

Sızma kayıpları: Şebekenin önceki çalışmalarına göre, su dağıtım hattındaki sızıntılar nedeniyle kaybedilen tahmini su oranıdır (birimsiz).

Faydalı basma yüksekliği: Fiziksel ve topografik yüksekliklere bağlı pompa yükü ve emme ile en yüksek dağıtım noktası arasındaki dikey mesafedir ve metre su sütunu (mSS) biriminden tanımlanır.

Elektrik kayıpları: İletkenden enerji kayıpları nedeniyle, elektrik ögelerindeki enerji kayıplarıdır.

Motor kayıpları: Gerçek motor verimine bağlı olarak motordaki enerji kayıplarıdır.

Pompa kayıpları: Pompanın verimsizliğinden kaynaklanan enerji kayıplarıdır.

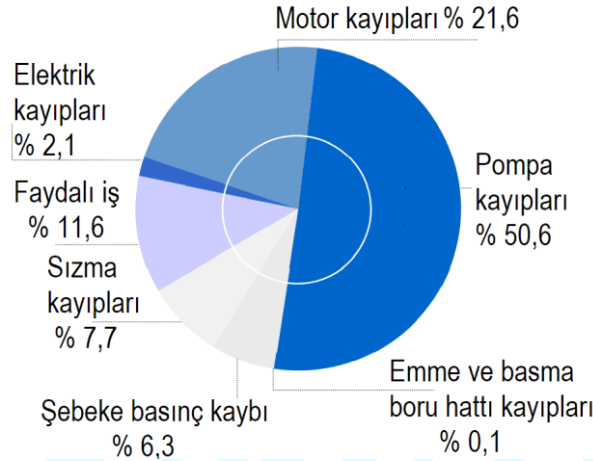
Emme ve basma borusu kayıpları: Akışkanın boru emme ve basma boru hatlarındaki sürtünmesinden kaynaklanan enerji kayıplarıdır.

Şebeke yük kayıpları: Net pompalama yüksekliği ile karşılık gelen basınç boşluğu arasındaki farka bağlı olarak hesaplanan toplam pompalama yükü kayıplarıdır.

Kaçak kayıpları: Dağıtım şebekesindeki sıvı sızıntılarından tahmin edilen ve kaçak faktörüne göre hesaplanan enerji kayıplarıdır.

Faydalı iş: Pompalama sistemi tarafından gerçekten ihtiyaç duyulan enerji birimleriyle tanımlanan gerçek iş veya başka bir deyişle, sıvıyı iletmek için pompalama sisteminde fiilen kullanılan enerjidir.

Pompaj tesisinin her bir değişkeni için kayıplar hesaplandıktan sonra, gerçek enerji dengesinin daha iyi algılanması için, Görsel 7’de verildiği gibi, bir pasta grafik yapılabilir.



Görsel 7. Enerji Dengesi Bileşenleri [1]

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Pompalarda enerjinin etkin kullanılması, tasarım sırasında ve işletme süresinde olmak üzere iki aşamada düşünülebilir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Pompalarda Enerjinin Etkin Kullanımı [1]

Pompa Tasarımında	Pompa Kullanımında
- Uygun kapasitede ve tipte pompa seçimi ve boru tesisatı tasarımı yapılmalıdır. - Uygun güçte elektrik motoru seçilmelidir. - Yüksek verimli elektrik motoru tercih edilmelidir. - Değişken debili sistemler için ekonomik bir sistem (frekans dönüştürücü) seçilmelidir. - Uygun yardımcı ekipmanlar (salmastra, yatak vs.) seçilmelidir. - Pompa sayısının artırılması ve pompaların paralel olarak ihtiyaca göre devreye girmesi, özellikle değişken debili sistemlerde enerji tasarrufu sağlayabilir.	- Vana, boru hattı ve pompalarda oluşabilecek tıkanmalar giderilmelidir. - Boru devresi sızdırmazlığı sağlanmalıdır. - Kayış, kasnak ve yatakların bakımı yapılmalıdır. - Filtrelerin bakımı düzenli yapılmalıdır. - Isıtma devrelerinde ısı yalıtımı yapılmalıdır. - Titreşim önlenmelidir. - Mevcut pompalarda frekans kontrolü uygulaması incelenmelidir. - Aşınan pompa fanlarında yüzey kaplama yapılmalıdır.

Sulama uygulamalarında enerji etkinliğinin belirlenmesi için aşağıdaki göstergelerden yararlanılır:

- Pompalanan su hacmi başına kullanılan enerji miktarı (kWh/m³)
- Sulama sisteminde yıllık olarak kullanılan enerji miktarı (kWh/yıl)

- Doğrudan ve dolaylı olarak kullanılan toplam enerji miktarı
- Doğrudan enerji tüketimi
- Aşırı enerji kullanımı

Pompaj tesislerinin enerji verimliliğini arttırmak için aşağıdaki önlemler alınabilir:

- Pompaj sistemi ile ilgili bütün veriler toplanır.
- Her bir sistem yükü için debiler saptanır.
- Saptanan debiler için sistem dengelenir.
- Dengelemek için sistem kayıplarını azaltacak önlemler alınır.
- Azalan kayıplara uygun olarak pompada değişiklikler yapılır.
- Bakım maliyeti yüksek olan pompalara dikkat edilir.



Görsel 8. Enerji Verimliliği Çözümleri

Tarımsal üretim sırasında, sulama uygulamaları için fazla miktarda enerji tüketilir. Sulama uygulamalarında enerji tüketimini azaltmak için Çizelge 6'da verilen önlemler alınabilir.

Çizelge 6. Sulama Uygulamalarında Enerji Tüketimini Azaltmak İçin Gerekli Önlemler [1]

1) Enerji Etkinliğinin Artırılması İle İlgili Önlemler
• Elektrik bedelinin ucuz olduğu saatlerde sulama yapılmalıdır. • Elektrik bedelinin ucuz olduğu gece dönemlerinde sulama yapılabilir. • Pompaların verimli bir şekilde çalışıp/çalışmadığı kontrol edilmelidir. • Sulama uygulamalarında, verimi yüksek motorlar gibi, enerji tüketimi bakımından daha etkin ekipmanlar kullanılmalıdır. • Yük özelliklerine uygun motor seçilip-seçilmediği kontrol edilmelidir.
2) Ekipman Verimliliğinin Korunması
• Bağlantı noktalarındaki sızmaların az olmasına özen gösterilmelidir. • Pompa ve sulama sisteminin önerilen debi ve basınçta çalışıp/çalışmadığı kontrol edilmelidir. • Sulama kanalları ve donanımlarının temiz olmasına özen gösterilmelidir. Boru iç yüzeylerinin kirli olması, sürtünme kayıplarını arttırdığından, pompalama için enerji giderlerinin artmasına neden olur.
İşletimsel Önlemler
• Gerekli miktar kadar su uygulandığı kontrol edilmelidir. • Sistemin suyu tekdüze olarak dağıtıp/dağıtmadığı kontrol edilmelidir. • Ürüne istediği zaman, istediği kadar su verilmesine özen gösterilmelidir.

KAYNAKÇA

[1] Öztürk H.H., *Güneş Enerjisiyle Sulama Yönetimi: Yönetim-Etkiler-Güçlü Ve Zayıf Yönler-Fırsatlar-Tehditler*. LAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-620-3-86364-2, 2021.

[2] Sass, J., Hahn, A., *Solar Powered Irrigation Systems (SPIS) Technology, Economy, Impacts*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Bonn, 2020.

TARIMSAL SULAMADA KULLANILAN POMPAJ TESİSLERİ İÇİN YAŞAM DÖNGÜSÜ MALİYET ANALİZİ

HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK¹, ÜMRAN ATAY², HAKAN GÖKER³,
BÜLENT AYHAN⁴, SENEM GÖK⁵

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ORCID ID: 0000-0001-6904-5539

²GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, ORCID ID: 0000-0002-2248-4582

³ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ORCID ID: 0000-0002-1162-0104

⁴Adana Ziraî Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-5357-0600

⁵Adana Ziraî Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-0861-5806

ÖZET

Yaşam döngüsü maliyetleri (YDM), bir pompa sisteminin hizmet ömrü boyunca ortaya çıkan toplam maliyetlerdir. Yaşam döngüsü maliyeti (YDM) analizinde, satın almadan kullanıma kadar geçen süreçteki pompalarla ilgili tüm maliyetler dikkate alınır. Çeşitli teknik tasarımların ekonomik verimliliğini karşılaştırmak için kullanılır. Bir pompa veya pompa sisteminin çalışmasıyla ilişkili yaşam döngüsü maliyetleri, çeşitli alternatifler için yıllık işletme maliyetlerine ek olarak, makine ve binalar gibi sabit varlıkların faiz ve amortismanları hesaplanarak belirlenir. Projenin toplam maliyetinde, toplam enerji maliyeti, bakım ve diğer maliyetler dikkate alınır. YDM analizi projelerin toplam maliyetlerini belirlemek için etkili bir yöntemdir. YDM içinde; satın alma, bakım, enerji maliyeti, arıza halinde üretim kaybı maliyeti, söküp atma maliyeti, gibi tüm maliyet etmenleri dikkate alınmaktadır. YDM analizi, yatırım alternatiflerinin maliyetini hizmet süreleri boyunca değerlendirmek için kullanılır. Bu yaklaşım, beklenen gelecek gelirin ve alternatif yatırım oranlarının makul bir kesinlikle öngörülebilir olduğu ekonomilerde (istikrarlı emtia fiyatları ve sabit faiz oranları) iyi çalışır. Yatırım sermayesinin yüksek belirsizlik veya düşük mevcudiyet dönemlerinde, kararlar geri ödeme süresi analizinin uygulanmasına dayanabilir. Sulama pompaj maliyetleri sadece enerji maliyetini değil, aynı zamanda pompalar, motorlar, kuyular, dişli sürücü mekanizmaları ve gerekli yapılar için sermaye maliyetlerini ve işletme ve bakım maliyetlerini de kapsar. Bir pompaj sisteminde genel olarak; pompa satın alma maliyeti % 10'luk bir paya sahip iken, enerji maliyeti % 40 ve bakım ve onarım maliyeti % 25 olarak verilmektedir. Pompa alımı sonrası maliyetlerin toplamı ise % 90'a ulaşmaktadır. Pompa ve motor satın alınırken, sadece ilk satın alma maliyetine göre değil, YDM analizine göre tercih yapılmalıdır. Bu çalışmada, tarımsal sulamada kullanılan pompaj tesisleri için YDM analizinin uygulanması tartışılmıştır.

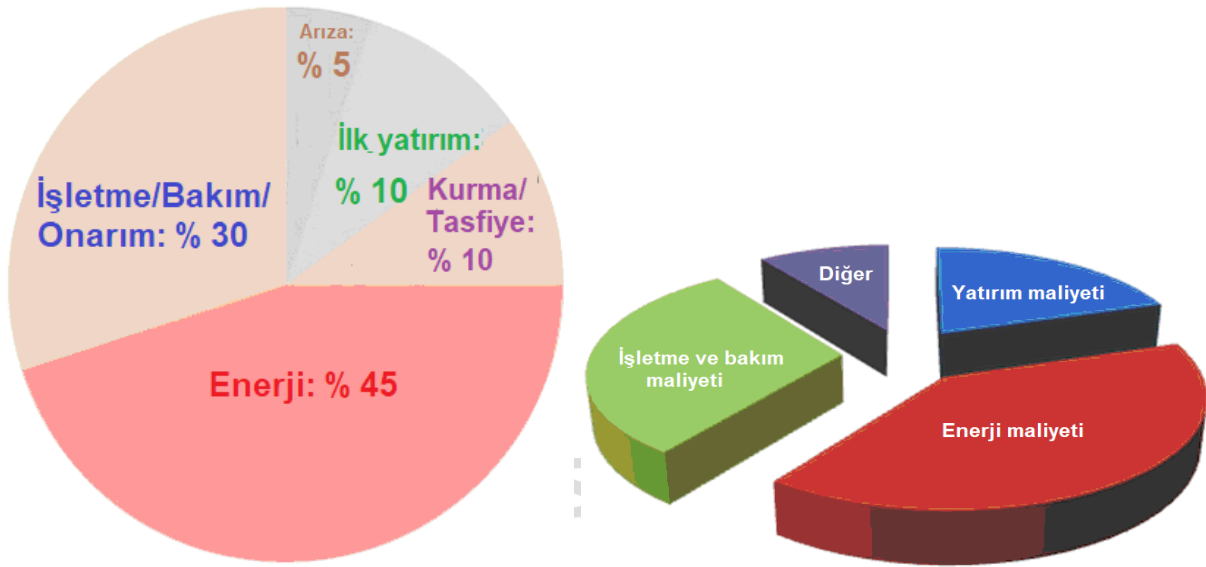
Anahtar Kelimeler: Tarımsal sulama, Pompaj tesisi, Yaşam döngüsü maliyeti

1. GİRİŞ

Santrifüj bir pompa bulunan bir pompaj tesisi için başlıca maliyet bileşenleri Görsel 1'de verilmiştir. Pompaj tesisinin maliyet bileşenleri (Görsel 1) dikkate alındığında, aşağıdaki çıkarımlar yapılabilir:

- Pompaj tesisine tamamen enerji maliyeti hakimdir.
- Enerji ve bakım, YDA maliyetlerinin en büyük kısmını oluşturmaktadır.
- Enerji maliyeti, pompanın YDA maliyetindeki ilk yatırım maliyetinden çok daha büyüktür.
- Bu nedenle, verimlilik ve güvenilirlik en önemli rolü oynamaktadır.

Bununla birlikte, müşteriler gelecekte elektrik ve servis için çok daha fazla ödeyecek olmasına rağmen, genellikle en ucuz pompayı seçmektedir. Bu durum, genellikle, pompaların satın alınmasından ve çalıştırılmasından farklı kişiler ve şirketlerin sorumlu olmasından kaynaklanır.



Görsel 1. Santrifüj Pompalar İçin Yaşam Döngüsü Maliyetleri

2. POMPAJ TESİSİ YAŞAM DÖNGÜSÜ MALİYETLERİ

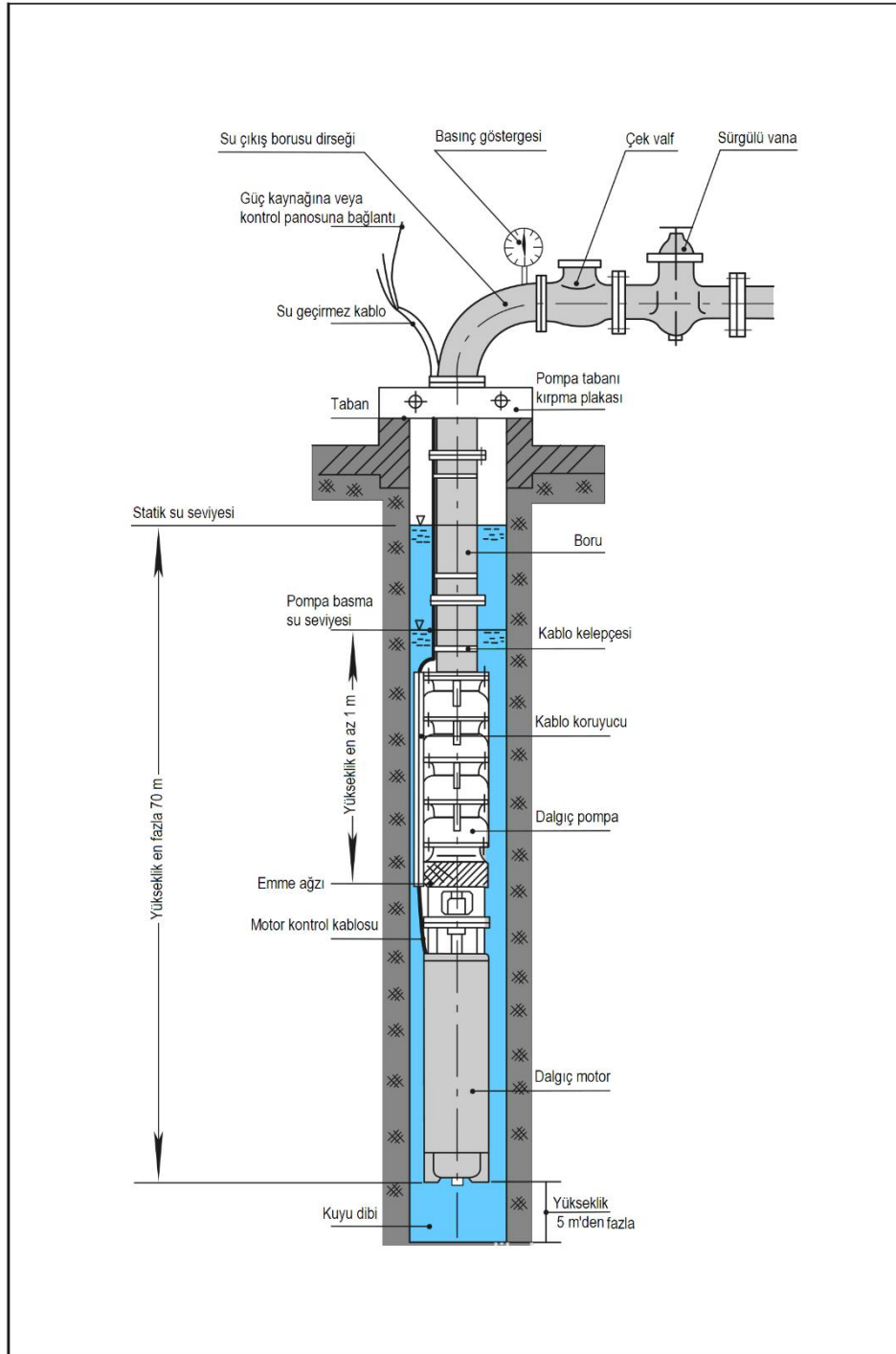
Yaşam döngüsü maliyeti (YDM) analizinde, satın almadan kullanıma kadar geçen süreçteki pompalarla ilgili tüm maliyetler dikkate alınır. YDM analizi, pompaj tesisi optimizasyonunun farklı yöntemlerinin değerlendirilmesi için uygun ve şeffaf bir yöntemdir.

$$YDA = C_{ic} + C_{in} + C_e + C_o + C_m + C_s + C_{env} + C_d \dots (1)$$

Burada:

- C_{ic} = İlk yatırım maliyeti veya satın alma fiyatı (pompa, sistem, boru, vanalar, kontrol sistemi, yardımcı ekipman),
- C_{in} = Personel için eğitim dahil kurulum ve devreye alma maliyeti,
- C_e = Enerji maliyetleri (pompa sürücüsü, kontrol üniteleri ve tüm yardımcı hizmetler dahil sistem çalışması için tahmini maliyet),
- C_o = İşletme maliyetleri (normal sistem denetiminin işçilik maliyeti),
- C_m = Bakım ve onarım maliyetleri (rutin ve öngörülen onarımlar),
- C_s = Arıza süresi maliyetleri (üretim kaybı),
- C_{env} = Çevresel maliyetler (pompalanan sıvı ve ekipmandan oluşan kirlenme) ve
- C_d = İşletmeden çıkarma/tahliye maliyetleridir (yerel çevrenin restorasyonu ve yardımcı hizmetlerin bertarafı dahil).

Yaşam döngüsü maliyetleri (YDM), bir pompa sisteminin hizmet ömrü boyunca ortaya çıkan toplam maliyetlerdir. Çeşitli teknik tasarımların ekonomik verimliliğini karşılaştırmak için kullanılır. Bir pompa veya pompa sisteminin çalışmasıyla ilişkili yaşam döngüsü maliyetleri, çeşitli alternatifler için yıllık işletme maliyetlerine ek olarak, makine ve binalar gibi sabit varlıkların faiz ve amortismanının hesaplanmasıyla belirlenir. Santrifüj pompalar için, enerji (C_e), işletme (C_o) ve bakım maliyetleri (C_m), yaşam döngüsü maliyetlerinin en büyük oranını oluşturur (Görsel 3).

安装示意图 Installation diagram

Görsel 2. Dalgıç Pompa Kullanılan Pompaj Tesisi

Hesaplama sadece belirli bir işletme noktası için geçerlidir. Pompa çalışmasının genellikle geniş bir akış hızı (debi) aralığı içerdiği dikkate alındığında, farklı akış hızları için orantılı bir hesaplama yapılmalıdır. Daha sonra bireysel sonuçlar, yük profili dikkate alınarak toplanır. İşletme ve bakım maliyetleri aşağıdaki etmenlere bağlıdır:

- Otomasyon seviyesi
- İşletme süresi
- Sistemin bakım gereksinimi

2.1. Finansal Faktörler

YDA için başlıca finansal faktörler şunlardır:

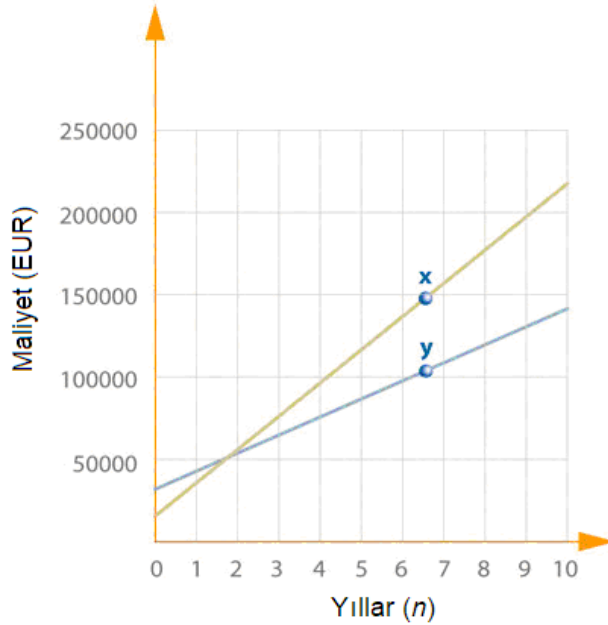
- Enerji fiyat artışı (enflasyon)
- Faiz ve iskonto oranı
- Beklenen sistem ömrü (hesaplama süresi)

Maliyet bileşeniyle ilişkili cari maliyetler aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$C_p = \frac{C_n}{[1 + (i - p)]^n} \dots\dots\dots(2)$$

Burada; C_p - maliyet bileşeninin cari maliyeti, C_n - n yıl sonra gerçekleşecek maliyet, $(i-p)$ - gerçek iskonto oranı, i - faiz oranı, p -öngörülen enflasyon oranı ve n -yıldır.

Bir pompaj tesisi için değişken hızlı pompa sürücülerıyla (y) ve basma hattındaki vanaların (x) kısılmasıyla, ilgili tüm yaşam döngüsü maliyetlerini hesaba katarak geri ödeme dönemini gösteren grafik Görsel 2’de verilmiştir.



Görsel 3. Pompaj Tesisi İçin Yaşam Döngüsü Maliyetleri

2.2. Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi

Yaşam döngüsü maliyet analizi (LCCA), yatırım alternatiflerinin maliyetini hizmet süreleri boyunca değerlendirmek için kullanılır. Bu yaklaşım, beklenen gelecek gelirin ve alternatif yatırım oranlarının makul bir kesinlikle öngörülebilir olduğu ekonomilerde (örneğin, istikrarlı emtia fiyatları ve sabit faiz oranları) iyi çalışır. Yatırım sermayesinin yüksek belirsizlik veya düşük mevcudiyet dönemlerinde, kararlar geri ödeme süresi analizinin uygulanmasına dayanabilir. LCCA süreci aşağıdaki etmenlerin birleştirilmesini içerir:

- İlk sermaye yatırımı maliyetleri
- İşletme, bakım ve onarım maliyetleri
- Yenileme maliyetleri
- Artık veya hurda değerler

Bireysel bileşenlerin hizmet sürelerinin eşit olmadığı durumlarda, bu bireysel serilerin en küçük ortak katı (LCM) olan bir değerlendirme zaman periyodu kullanılır. LCM değerlendirme dönemi, maliyet karşılaştırmasının geçerli olabilmesi için yatırıma sahip olunması gereken zaman aralığı değildir. Çıkarma, onarım, değiştirme ve hurda değerleri için maliyetler değerlendirmeye dahil edilmelidir. Örneğin, 15 yıllık ömrü olan bir pompa ve 30 yıllık ömrü olan bir motor, 30 yıllık bir değerlendirme süresi gerektirir (30, 15 ve 30'un en az ortak katıdır). Yeni bir pompanın veya mevcut pompanın onarımının maliyeti, sökme ve değiştirmeye ilgili maliyetlerle birlikte, 15. yılın sonunda hesaba katılacaktır. İki alternatifin değerlendirildiği durumlarda, değerlendirme süresi her bir alternatifin bileşenlerinin en az ortak

katı olacaktır. LCM yıl sayısının, üreticinin planlama ufkunun çok ötesinde olabileceği, ancak bu sayının yalnızca karşılaştırmalı bir değerlendirme sağlamak için gerekli olduğu unutulmamalıdır. Belirsizlikler nedeniyle, karar verme genellikle önemli ölçüde daha kısa bir geri ödeme süresine dayanır.

Gelecekteki bir maliyetin (FV) şimdiki değeri (PV), eşitlik (3) kullanılarak hesaplanır. Burada, i periyodik faiz oranıdır ve n bileşenlerin zamanlanmış değişim veya onarımdır ve aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir:

$$PV = \frac{FV}{(1+i)^n} \dots\dots\dots(3)$$

Eşitlikte (3) genellikle az sayıda bileşen yer alır ($P / F, i, n$). n ve i için zaman birimleri aynı olmalıdır. Örneğin, faiz oranı yıllık % bir değer ise, n 'nin birimleri yıl olmalıdır. Faiz oranı aylık bileşik oran ise, n 'nin birimleri ay olmalıdır). Eşitlik (3) kullanarak şimdiki değer faktörleri türetilir.

3. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bir pompaya güç sağlamak için bir elektrik motoru veya bir Dizel motor kullanma alternatifleri ile yaygın olarak karşılaşılmaktadır. Analiz, yalnızca her bir güç kaynağının kurulu maliyetini değil, aynı zamanda farklı bakım gereksinimlerini, bileşenlerin ömrünü ve hem dizel yakıt hem de elektrik için maliyet artışını dikkate almalıdır. Genel olarak, kuyular ve boru tesisatı gibi diğer yapıların maliyeti her iki uygulama için aynı olacaktır.

Ampirik kanıtlara dayanarak, ekonomik açıdan verimli bir pompaj tesisi veya boru tesisatı boyutlandırmak için aşağıdaki çıkarımlar yapılabilir:

- Dar borularda yüksek akış hızlarına (debi) sahip olmak, sistem maliyetini azaltırken, enerji gereksinimini ve aşınmayı artırır.
- İşletme süreleri uzun ise, enerji maliyetleri baskın faktördür. Bu durum, hız ayarı gibi enerji tasarrufu önlemleri için herhangi bir ekstra maliyetin çok hızlı bir şekilde karşılığını vereceği anlamına gelir.
- İşletme süreleri kısa ise, yatırımlar düşük olmalıdır. Akış hızları yüksek olabilir.
- Daha az sayıda oldukça büyük bir pompa, genellikle daha yüksek verim sağlar. Bu durum, daha düşük enerji maliyetleri ile sonuçlanır. Bununla birlikte, yedek pompaların sayısı arttıkça, yatırım giderleri de artar.

Bir pompa için elektrik gücü ve Dizel gücü arasındaki karar, şimdiki en düşük değere sahip seçenekten ziyade, başlangıçtaki sermaye harcamasına dayanabilir. Elektrikli pompa durumunda, enerji nakil hattı birinci yılın başında büyük bir sermaye harcaması gerektirebilir. İletim hattı uzun ise, elektrik hattı için ilk harcama, mal sahibinin harcamaya istekli olduğundan çok daha fazla ilk nakit harcaması yaratabilir (özellikle diğer kalemler için tahakkuk eden borç ile). Kararı formüle etmek için yıllık maliyetleri daha kısa bir süre boyunca (5 veya 10 yıl) değerlendirmek faydalı olabilir.

- Motor değer kaybı, üreticiler arasında ve hatta aynı üreticinin modelleri arasında farklılık gösterir. Değer kaybı faktörleri için üreticiye danışılır.
- Bileşen maliyetleri, kullanım ömrü ve bakım sadece örnektir ve gerçek maliyet tahminleri için temel olarak kullanılmamalıdır.
- Sulama pompaj tesisinin ekonomik değerlendirmeleri kuyu veya boru hatları vb. maliyetleri içermelidir.
- Kapsamlı bir analiz, ek bileşenlerin değerlendirilmesini gerektirebilir.
- Kamu tedarik şirketleri, güç kullanımına ek olarak bekleme güç kullanım ücretlerini ve kullanım süresi ücretlerini değerlendirebilir.
- Kısmi yük altındaki motorlar önemli verimlilik düşüşü yaşayabilir.
- Gücü 1 BG'den büyük motorların nominal gücün % 50'sinin altındaki yüklenmeleri durumunda verimleri önemli oranda azalabilir.

KAYNAKÇA

- [1] Öztürk H.H., *Güneş Enerjisiyle Sulama Yönetimi: Yönetim-Etkiler-Güçlü Ve Zayıf Yönler-Fırsatlar-Tehditler*. LAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-620-3-86364-2, 2021.
- [2] Sass, J., Hahn, A., *Solar Powered Irrigation Systems (SPIS) Technology, Economy, Impacts*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Bonn, 2020.



TARIMSAL SULAMA İÇİN KULLANILAN POMPAJ TESİSLERİNİN EKONOMİK ANALİZİ

HASAN HÜSEYİN ÖZTÜRK¹, ÜMRAN ATAY², BÜLENT AYHAN³,
SENEM GÖK⁴, HAKAN GÖKER⁵

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ORCID ID: 0000-0001-6904-5539

²GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, ORCID ID: 0000-0002-2248-4582

³ Adana Ziraî Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-5357-0600

⁴ Adana Ziraî Üretim İşl. Tar.Yay.ve Hiz. Eğ.Mer. Müd., ORCID ID: 0000-0002-0861-5806

⁵ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, ORCID ID: 0000-0002-1162-0104

ÖZET

Bu çalışmada, sulama pompası ve motorlarının seçimine yönelik farklı ekonomik yaklaşımlar değerlendirilmiştir. Pompaj tesisinin farklı bileşenleri için faydalı ömür ve bakım maliyetleri incelenmiştir. Pompaj tesislerinin maliyet etkinliğini değerlendirmek için basit bir yaklaşım, geri ödeme süresini veya ek sermaye yatırımının geri kazanımı için gereken süreyi belirlemektir. Şimdiki ve gelecekteki değer yöntemleri, aynı anda farklı noktalarda meydana gelen nakit akışlarının anlamlı bir karşılaştırmasını sağlar. Şimdiki değer yöntemi, gelecekteki nakit akışlarını şimdiki bir toplama göre sıralarken, gelecekteki değer yöntemi nakit akışlarını gelecekteki değerlere eşitler. Bir yatırımın gelecekteki değeri, yatırımın şimdiki değeri gelecekteki bir değer faktörü ile çarpılarak belirlenir. Son yıllarda, enerji maliyetleri enflasyondan daha yüksek bir oranda artmaktadır. Yükselen enerji maliyetleri, yükselen tek tip bir yıllık ödeme veya artan bir yıllık gelirin şimdiki değeri olarak, enerji maliyeti artışlarını değerlendirmek için şimdiki değer hesaplamalarında bir değişiklik uygulanarak değerlendirilebilir. Enerji fiyatı artış oranı, geçmiş enerji fiyatlarından belirlenebilir. Ancak, ıskonto oranında olduğu gibi, enflasyonun etkileri enerji fiyatı artış oranında dikkate alınır. Reel ıskonto oranını belirlemek için, enflasyonun etkilerinin ortadan kaldırılmasına benzer bir süreçte, reel enerji fiyatı artış oranı belirlenir.

Anahtar Kelimeler: Tarımsal sulama, pompaj tesisi, ekonomik analiz.

1. SULAMA SİSTEMLERİNİN GENEL MALİYETLERİ

Dünyanın herhangi bir yerinde bulunan farklı sulama çözümlerinin maliyetleri ve finansal sonuçları, belirli sistem tasarımına ve sistem bileşenlerinin yerel fiyatlarına bağlı olarak değişir. Farklı sulama çözümlerinin çiftlik yönetimi üzerindeki etkileri buna göre değişir. Belirli bir sulama çözümünün maliyeti, finansal olarak değerlendirilmesi gereken bir dizi faktörün toplamıdır (Çizelge 1).

Bu faktörler küresel bir şekilde karşılaştırılmaz. Ancak, farklı sulama çözümlerinin bu faktörler üzerindeki etkisi, Görsel 1-3'de gösterildiği gibi genelleştirilebilir. Yüzey sulama yaklaşımları, yukarıda belirtildiği gibi, çok fazla arazi hazırlama işlemleri gerektirir. Ancak bu sistemler genellikle saptırma savakları veya nehir kenarı girişleri gibi basit su çıkarma tesislerinde çalışırlar. Basınçlı sistemler genellikle bir sondaj kuyusu veya derin bir kuyu gerektirir. Bu durum daha yüksek ilk yatırım maliyetleri anlamına gelir. Yağmurlama ve damla sulama, fazla arazi hazırlığı gerektirmez (Görsel 1).

Pompalama sistemi, su iletimi ve su dağıtımına gelince (Görsel 2), basınçlı sistemler daha yüksek yatırım gerektirir. Pompalama için enerji tüketimi nedeniyle orta ile yüksek düzeylerde işletme giderlerine neden olur. Yağmurlama sulama sistemleri, damla sulamaya kıyasla daha yüksek basınç oranlarında çalıştığı ve mekanik yağmurlama ekipmanının düzenli olarak değiştirilmesini gerektirdiği için işletme giderleri yüksektir. Su akışı genellikle yerçekimi yoluyla dağıtıldığından ve ikincil seviye dağıtımı el ile yapıldığından, yüzey sulama yöntemleri yüksek işletme giderlerine neden olmaz.

Çizelge 1. Sulama Sistemleri İçin Dikkate Alınması Gereken Başlıca Maliyet Bileşenleri

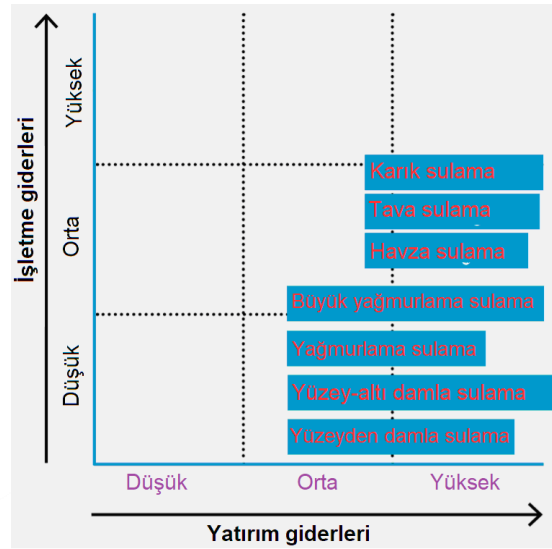
Maliyet Faktörü	Maliyet Bileşenleri
<i>Arazi Geliştirme / Hafriyat / Tesviye</i>	- Sermaye maliyetleri (satın alma, yatırım) - Finansman maliyetleri (kredi hizmetleri)
<i>Su kaynağı/Kuyu</i>	- Sermaye maliyetleri (yatırım) - Finansman maliyetleri (kredi hizmetleri) - Amortisman maliyetleri (değiştirme)
<i>Pompalama sistemi</i>	- Sermaye maliyetleri (yatırım) - Finansman maliyetleri (kredi hizmetleri) - Amortisman maliyetleri (değiştirme)
<i>Su iletim sistemi / Kanal / Boru hattı</i>	- Sermaye maliyetleri (yatırım) - Finansman maliyetleri (kredi hizmetleri) - Amortisman maliyetleri (değiştirme)
<i>Su dağıtma sistemi</i>	- Sermaye maliyetleri (yatırım) - Finansman maliyetleri (kredi hizmetleri) - Amortisman maliyetleri (değiştirme)
<i>Sistem ve su yönetimi</i>	- Sabit maliyetler (abonelikler) - Değişken işletme maliyetleri (yakıt / elektrik, ücretler)
<i>İşçilik</i>	İşçilik maliyetleri (sistem işletimi, sulama yönetimi)

Basınçlı sulama sistemlerinin, otomasyonu nedeniyle, gerçek işletme maliyeti düşüktür. Özellikle mikro sulama sistemleri en az personel ile çalıştırılabilir. Yağmurlama sulama sistemleri, yağmurlama ünitelerini hareket ettirme ihtiyacı nedeniyle, daha yüksek düzeyde iş gücü girdisi gerektirir. Tarla seviyesinde el ile su yönetimi nedeniyle, yüzey sulama yöntemleri emek yoğunudur (Görsel 3).

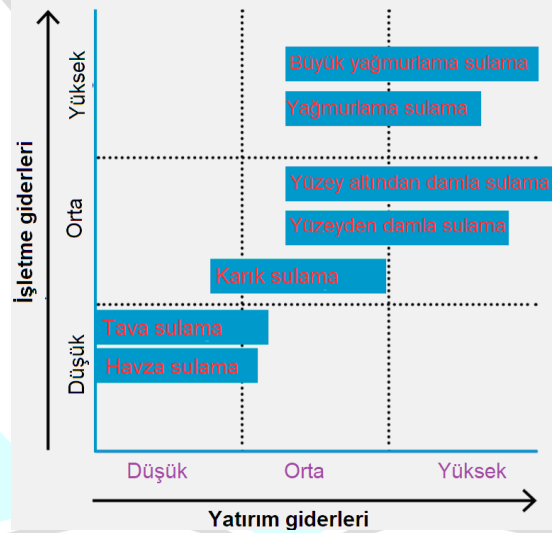
Yatırım ve işletme giderlerinin tüm ilgili faktörleri ve bileşenlerinin dikkate alınması, her zaman belirli bir sistemdeki su maliyeti için belirli bir değerle sonuçlanacaktır. Bu durum, sulama geliştirme seçeneklerini karşılaştırırken anahtar değişkenlerden biridir. Geleneksel olarak, böyle bir karşılaştırma çoğunlukla m^3 sulama suyu başına maliyet esas alınarak yapılmıştır. Ancak, yerçekimi akışı ve kaldırma sulama sistemlerini karşılaştırırken, pompa basma yüksekliği dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, $m^3 \times \text{yükseklik (m)} = m^4$ başına maliyeti hesaplamak yararlıdır.

1.1. İşletme Bütçeleri Üzerindeki Mali Etki

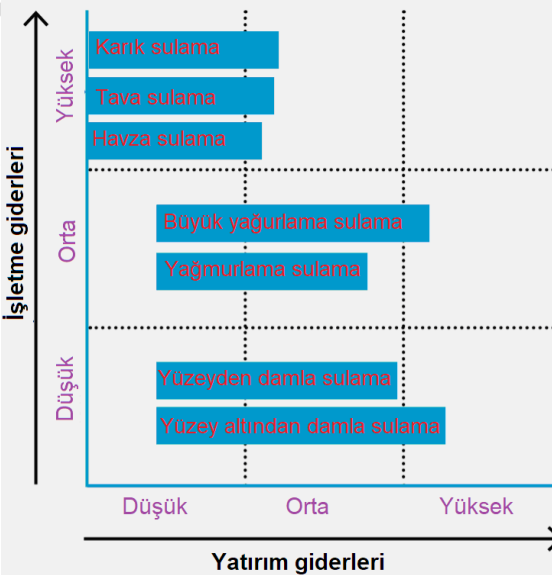
Sulama suyu, tarımsal üretimde önemli bir üretim faktörüdür. Dünyanın birçok yerinde sulamasız pazar odaklı tarımsal üretim mümkün değildir. İşletme sahiplerinin üretimleri için sulamaya ne ölçüde bağımlı oldukları, coğrafi veya daha ziyade iklimsel konumlarına, yerel hidrolojik ve toprak koşullarına ve gerçek ürün su gereksinimlerine bağlıdır. Sulamanın önemi, sıfırdan (yıl boyunca su dengesinin pozitif olduğu ılıman bölgelerde, yağmurla beslenen tarıma olanak sağlar) ara sıra ve geçici ek sulamanın (periyodik su açığı/su stresi olan bölgelerde) gerekli olması durumunda giderek artan düzeylere ve yarı-kurak ve kurak bölgelerde, yarı kalıcı negatif su dengesi ve içsel kuraklık/su stresi koşullarında ise en yüksek düzeylere kadar değişebilir.



Görsel 1. Sulama Yöntemlerinin Arazi Ve Su Kaynağı Geliştirme İle İlgili Yatırım Ve İşletme Maliyetlerine Etkisi [2]



Görsel 2. Sulama Yöntemlerinin Pompalama Sistemi, Su İletimi Ve Dağıtımı İle İlgili Yatırım Ve İşletme Maliyetleri Üzerindeki Etkisi (Toplu Tedarik Yok) [2]



Görsel 3. Sulama Yöntemlerinin Sistem Ve Sulama Yönetimi Ve İş Gücü Gereksinimleri Üzerindeki Etkisi [2]

Gerçek sulama yöntemi veya daha doğrusu belirli sulama yöntemiyle ilgili yatırım ve işletme maliyetleri, bir dizi faktör aracılığıyla başlıca üç değişkene bağlıdır:

1. Sermaye maliyetleri ve ilgili finansman hizmeti ücretleri
2. İşletme maliyetleri
3. İşçilik maliyetleri

Bu maliyetler, çiftlik bütçesini farklı düzeylerde etkiler. Yatırımlar için sermaye maliyetleri ve finansman hizmeti ücretleri (arazi geliştirme, sulama altyapısı ve sulama ekipmanı) genellikle toplu bir düzeyde bütçelendirilir. Bunlar, çiftlik işletmesinin sabit maliyetlerini oluşturdukları için, özel olarak bireysel ürün marjlarına tahsis edilmez.

Pratik anlamda, bu maliyetlerin gerçek ürün marjı hesaplamasına net bir şekilde tahsis edilmesini sağlamak için, sermaye maliyetleri ve ilgili finansman hizmetleri dahil olmak üzere, birim sulama suyu başına dinamik maliyetlerin hesaplanması daha uygun olacaktır. Ancak, bu durum, sadece bir çiftlik işletmesi tarafından kullanılan yıllık sulama suyu miktarları çok fazla değişmezse, işe yarayabilir.

Gerçek ekime bağlı olarak değişken maliyetleri oluşturdukları için işletme maliyetleri ve özel iş gücü gereksinimleri, genellikle ürün brüt marjları düzeyinde dikkate alınır.

Sulama suyu maliyetlerinin, bir ürün bütçesinin toplam üretim maliyetleri içindeki payı, sulama yöntemine ve yerel maliyet seviyelerine bağlı olarak değişir. Basit yüzey sulama hizmetleri, sübvans edilen kamu sulama sistemlerinde toplam üretim giderlerinin % 5-10'unu oluşturabilir. Burada, çiftçi genellikle sabit bir oran veya küçük bir değer olan bir su vergisi öder. Ölçeğin diğer ucunda, ticari olarak işletilen basınçlı sulama sistemlerinde sulama ücretleri, bir ürünün üretim maliyetlerinin % 60'ına ulaşabilir. Bu oran, yüzey sulama sistemlerinde % 20-30, basınçlı sulama sistemlerinde ise % 30-40 düzeyindedir. Ücret seviyesi açıkça ürün seçimini ve çok büyük ölçüde rotasyonunu belirler. Değişken ücretler ne kadar yüksek ise, verim artışının da o kadar yüksek olması istenir.

1.2. Mali Hizmet Gereklilikleri

Bir tarım işletmesinde kullanılan sermaye, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerde, nadiren çiftlik sahibinin veya hane halkının öz sermayesinden elde edilebilir. Genellikle sanayileşmiş bir şekilde üretim yapan büyük holdingler bu açıdan bir istisnadır.

İşletme sahipleri, genellikle altyapı veya arazi genişletme/geliştirme yatırımlarını finanse etmek veya bazen makine/ekipmanı değiştirmek için borç almak zorundadır. Bu finansman ihtiyaçları, genellikle teminata dayalı uzun vadeli kredilendirme ile karşılanır. Hasat dönemleri arasındaki likidite açıklarını kapatmak için, kısa vadeli üretim kredilerinin kullanılması da yaygındır. İlgili finansman ürünleri, dünyanın dört bir yanındaki tüm kırsal alanlarda olmasa da, çoğu yerde bankalardan, özel kredi kuruluşlarından ve küçük finans kuruluşlarından temin edilebilir. Bu finansman ürünleri, belirli temerrüt riskleri içerdiğinden, maliyetleri genellikle oldukça yüksektir (= yüksek faiz oranı ve zahmetli geri ödeme koşulları).

Yüksek faiz oranları ve kısa geri ödeme süreleri nedeniyle, özellikle orta ve düşük getirili ve negatif piyasa fiyatı dinamiklerinin olduğu yıllarda, krediler genellikle bir işletmede nakit akışı için ciddi bir sorun oluşturur.

Modern basınçlı sulama sistemleriyle ilişkili çok yüksek yatırım maliyetleri, genellikle küçük ve orta ölçekli çiftliklerin finansman kapasitesinin ötesindedir. Çünkü, temel sermaye gereksinimi bu işletmelerin yıllık kazançlarını geniş bir marjla geride bırakır. Bu işletmeler, böyle bir yatırımı idare etmek için her zaman sübvansiyonlara ve/veya finansman hizmetlerine bağımlıdır.

Yaygın bir durum ve dolayısıyla sorun, yatırımların amortismanının daha sonraki bir aşamada değiştirilmelerinin dikkate alınmamasıdır. İşletme sahipleri genellikle ekipmanın değiştirilmesini karşılayacak bir tasarruf yapamazlar. Bu durumda, çalışmalarını dayandırdıkları iş modelini riske atarlar.

1.3. Güneş Enerjili Ve Dizel Yakıtlı Sulama Sistemi Karşılaştırması

GES sistemi ve dizel pompa arasında seçim yaparken, ekonomik durumu kontrol etmenin iyi bir yöntemi maliyet karşılaştırmasıdır. İki teknolojinin karşılaştırılması, GES sistemi, PV modüller ve elektrikli pompanın dizel pompadan daha pahalı olması nedeniyle, daha yüksek yatırım maliyetlerine ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, dizel yakıtlı sistemde yakıt ihtiyacı ve daha yüksek bakım maliyetleri nedeniyle, işletme maliyetleri çok daha yüksektir. Maliyet karşılaştırması yapılırken Çizelge 2’de verilen etmenler dikkate alınmalıdır.

Çizelge 2. Maliyet Karşılaştırmasında Dikkate Alınması Gereken Etmenler

Giderler	Dizel Sistem	Güneş Enerjili Sulama Sistemi
Yatırım giderleri	- Dizel pompa - Tesisat - Kuyu kazma - Borulama - Dizel pompanın kullanım süresi	- Motor-pompa ünitesi - PV modüller - Kontrol ünitesi - Borulama ve kablolama - Tesisat - Su depolama - Kuyu kazma - Sistem bileşenlerinin kullanım süresi
İşletme giderleri	- Yakıt ve yakıt taşıma - Bakım gereksinimi	Bakım gereksinimi

2. POMPAJ TESİSİNİN EKONOMİK ANALİZİ

Düşük maliyetli standart verimli bir motor, orta maliyetli enerji verimli bir motor veya daha yüksek maliyetli yüksek verimli bir motor seçimi, aşağıdaki etmenleri dikkate alan ekonomik bir değerlendirme gerektirir:

- Sistem bileşenlerinin ömrü
- Faiz oranı
- Enerji programı indirimi
- Yıllık çalışma süresi
- Motor verimi
- Enerji bedeli artışı

Aşağıdaki bölümlerde, pompa motorlarının ve motorlarının seçimine yönelik çeşitli ekonomik yaklaşımlar verilmiştir. Diğer sistem bileşenlerinin seçiminde de benzer işlemler uygulanabilir.

2.1. Geri Ödeme Süresi

Maliyet etkinliğini değerlendirmek için basit bir yaklaşım, geri ödeme süresini veya ek sermaye yatırımının geri kazanımı için gereken süreyi belirlemektir. Geri ödeme süresi (yıl), iki motor seçeneğinin maliyet farkının yıllık güç tasarrufuna bölümüdür. Üreticiler için kabul edilebilir geri ödeme süreleri, üstlenmek istedikleri riskin miktarına bağlı olarak değişebilir. Ancak, genellikle en fazla 3 ile 5 yıllık geri ödeme süresi kullanılır. Geri ödeme süresi, farklı ilk yatırımlara ve farklı yıllık getiri oranlarına sahip iki seçenek arasında seçim yapılırken uygulanır. Geri ödeme süresi ölçütünün olumsuzlukları şunlardır:

- Geri ödeme süresinin fiili uygulaması biraz sezgiseldir.
- Paranın zaman değerini dikkate almaz.
- Geri ödeme süresinin ötesinde oluşan faydaları dikkate almaz.

Geri ödeme süresi, daha gelişmiş ekonomik analiz yöntemlerini tamamlamak için etkin olarak kullanılmaktadır.

Enerji açısından verimli bir motoru (EE), daha yüksek enerji girdilerine sahip olan düşük maliyetli standart verimli motor (SE) ile (diğer tüm faktörlerin eşit olduğu varsayarak) karşılaştırmak için, geri ödeme süresi eşitlik (1) kullanılarak hesaplanır:

$$\text{Geri Ödeme Süresi (yıl)} = (\text{Enerji verimli motor maliyeti} -$$

Standart verimli motor maliyeti) /
(Enerji verimli motorun yıllık enerji gideri –
Standart verimli motorun yıllık enerji gideri).....(1)

2.2. Şimdi Değer

Şimdiki ve gelecekteki değer yöntemleri, aynı anda farklı noktalarda meydana gelen nakit akışlarının anlamlı bir karşılaştırmasını sağlar. Şimdiki değer yöntemi, gelecekteki nakit akışlarını şimdiki bir toplama göre sıralarken, gelecekteki değer yöntemi nakit akışlarını gelecekteki değerlere eşitler. Şimdiki ve gelecekteki değer hesaplamaları için kullanılan eşitlikler, genellikle aşağıdaki değişkenler kullanılarak, basitleştirilmiş bir duruma getirilir:

P = şimdiki değer, dolar

F = gelecekteki değer, dolar

A = tek tip periyodik ödeme, dolar

n = bileşik dönem sayısı (gün, ay veya yıl sayısı)

A ve n dönemlerinin birimleri aynı olmalıdır (eğer A aylık dolar biriminden ise, o zaman ödeme döneminin kapsadığı ay sayısı olmalıdır) Şimdiki değer yönteminde iskonto oranı (alternatif bir yatırım için faiz oranı) kullanılır. Bir yatırımın beklenen ömrü boyunca donanım, işletim ve bakım maliyetlerini karşılamak için bugün gereken para miktarını belirlemek için kullanılır. Elektrik ve bakım için gelecekteki yıllık maliyetlerin düşürülmesi, gelecekteki bu maliyetleri karşılamak için bugün gereken yatırımı belirler. Maliyet karşılaştırmalarında, en uygun maliyetli seçenek, şimdiki değeri en düşük olan seçenektir. Ekonomik analizde kullanılan iskonto oranı, ya paranın ödünç alınabileceği en düşük orandan ya da riskin kabul edilebilir olduğu en yüksek getiri oranından daha yüksek olmalıdır. Şimdiki değer eşitliklerinde, faiz için zaman birimi, toplam süre için aynı birim olmalıdır. Örneğin, faiz oranı, i aylık bir oran olarak ifade ediliyorsa, yatırımın ömrü (n), ay olarak tanımlanmalıdır. Faiz oranı (i), yıllık bir oran olarak ifade edilirse, yatırımın ömrü (n), yıl olarak tanımlanmalıdır. Şimdiki değer faktörü, belirli yıllık faiz oranında yatırım yapılmışsa, zaman aralığı için yinelenen ödemeleri karşılamak için gerekli olan, bugün gereken toplam nakit miktarını belirlemek için yıllık yinelenen maliyet ile çarpılabilen nakit başına bir faktördür, i aksi belirtilmedikçe, bu bölümde n için zaman birimleri yıl biriminden olacak ve faiz oranı i yıllık oran olarak tanımlanacaktır. n ay olarak tanımlanırsa, faiz (i) aylık oran (veya yıllık oranın on ikide biri) olarak ifade edilmelidir. n yıl olarak ifade edilirse, faiz yıllık oran olarak tanımlanır.

Düzenli olarak tekrar eden bir maliyet için şimdiki değer faktörü (tek tip seri şimdiki değer), eşitlik (2) kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$PV = \left(\frac{P}{A, n, i} \right) = \left[\frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i} \right] \dots \dots \dots (2)$$

Burada:

P/A : Tek tip ödeme serileri için şimdiki değer faktörü (A),

n : Dikkate alınan zaman süresi (esas olarak ilgili ekipmanın tahmini kullanım süresidir)
ve

i : Fazi oranıdır (ondalık).

Tek tip ödeme serileri için şimdiki değer faktörü dikkate alındığında eşitlik (2) aşağıdaki duruma gelir.

$$PV = A \left[\frac{1}{i} \left(\frac{i}{1 - (1 + i)^{-n}} \right) \right] \dots \dots \dots (3)$$

Burada:

PV : Eşit ödeme serileri için şimdiki değer,

A : Eşit ödeme miktarı,

i : Ödeme priyodu için fazi oranı ve

n Ödeme sayısıdır.

Eşitlik (4)'de köşeli parantez içindeki terim, tek tip ödeme serileri için şimdiki değer faktörüdür (A).

$$\left[\frac{1}{i} \left(\frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} \right) \right] \dots \dots \dots (4)$$

Tahmin edilemez, yıllık ödeme (A) 1 dolara eşit olarak belirlenir ve daha sonra şimdiki değer, mevcut değer faktörünün yıllık ödemenin dolar tutarı ile çarpılmasıyla hesaplanır. Diğer şimdiki değer faktörleri için benzer çizelgeler ekonomik referanslarda mevcuttur veya bir elektronik bir çizelge kullanılarak geliştirilebilir.

Başlangıçta nakit harcama mevcut bir maliyettir ve aşağıda verilen eşitlik (5) kullanılarak ekonomik değerlendirmeye dahil edilebilir.

$$PV = C + \frac{A}{i} \left[\frac{1}{i} \left(\frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} \right) \right] \dots \dots \dots (5)$$

Burada:

C : İlk harcamanın şimdiki değeri (C 'nin ayarlanmasına gerek yoktur).

A : Eşit ödeme miktarı,

i : Ödeme periyodu için faiz oranı ve

n : Ödeme sayısıdır.

Belirli gider kalemleri için faiz oranları farklı ise, her bir kalemin şimdiki değeri ayrı ayrı hesaplanmalıdır. Eşitlik (5)'de, başlangıç maliyeti C 'nin zaten mevcut bir değer olduğunu ve şimdiki değer faktörü tarafından ayarlanmadığı unutulmamalıdır.

Pompaj tesisi bileşenleri için faydalı ömür ve bakım maliyetleri tahminleri Çizelge 3'de verilmiştir. Eşitlik (5)'deki n değeri ve A 'nın değeri için tahmini yıllık maliyet yerine yıl olarak faydalı ömür ikame edilerek, her bileşenin şimdiki değer maliyeti hesaplanabilir. Farklı faydalı ömürlere sahip bileşenlerin şimdiki değerleri ayrı ayrı belirlenmelidir. Farklı bileşen ömürlerine sahip bir pompaj tesisi için örnek bir uygulama daha sonraki örnekte verilmiştir.

2.3. Gelecekteki Değer

Bir yatırımın gelecekteki değeri (FV), yatırımın şimdiki değeri (PV) gelecekteki bir değer faktörü ile çarpılarak belirlenir. Eşitlik (6)'da, $(1+i)^n$ terimi, bir yatırım için gelecekteki değer faktörüdür. Nominal periyodik faiz oranı (borç verenler tarafından kote edilen oranlar) kote edilen orandaki enflasyon faktörüne dahil edilmiştir. Oranlar genellikle yıllık olarak tanımlanır ve bu durumda n dönemi yıl olarak ifade edilir. Aylık faiz oranları kullanılırsa, n , ay olarak tanımlanır. Yıllık faiz oranını aylık faiz olarak tanımlama için, yıllık oran 12'ye bölünür.

$$\left(\frac{P}{F}, n, i \right) = P(1+i)^n \dots \dots \dots (6)$$

2.3.1. Enflasyon İle Gelecekteki Değer

Faiz oranları, paranın gelecekteki değerini, enflasyonu veya mal ve hizmetlerin fiyatındaki yukarı doğru hareketi artırırken, paranın gelecekteki değerini azaltır. Enflasyon faktörünün etkisi, şimdiki değer (PV) bir kısmını, eşitlik (7) ile belirlenen gelecekteki değere (FV) düşürmektir. Eşitlik (7)'de j , periyodik enflasyon oranıdır ve n , yukarıdaki bileşik faiz için gelecekteki değer faktörüne benzer şekilde uygulanan dönem sayısıdır. Negatif bir enflasyon oranı, bir deflasyon dönemini (mal ve hizmetlerin maliyetindeki aşağı doğru hareketi) temsil etmek için kullanılacaktır.

$$\left(\frac{F}{P}, n, i \right) = \frac{P}{(1+j)^n} \dots \dots \dots (7)$$

Fiyat enflasyonu ve deflasyonunun iki ortak ölçüsü, *Tüketici Fiyat Endeksi* (TÜFE) ve *Üretici Fiyat Endeksidir* (ÜFE). TÜFE, benzin, gıda, giyim ve otomobiller gibi belirli bir

tüketim malları ve hizmetleri kümesinin fiyatındaki değişimin bir ölçüsüdür. TÜFE, fiyat değişimini alıcı açısından ölçer. ÜFE, yerli üreticilerin kendi üretimi için aldıkları satış fiyatlarındaki ortalama değişimi ölçer. ÜFE’de yer alan fiyatlar, birçok ürün ve bazı hizmetler için ilk ticari işleminden kaynaklanmaktadır. Her iki indeks de enflasyon ölçütü olarak kullanılsa da, ÜFE’nin daha doğru olduğu kabul edilir. TÜFE ve ÜFE ile ilgili veriler Ulusal İstatistik Kurumlarından elde edilebilir.

Faiz için şimdiki değer faktörünü enflasyon için şimdiki değer faktörü ile birleştirerek, bunların birleşik etkilerini tanımlamak için tek bir eşitlik (8) kullanılabilir.

$$FV = PV \left[\frac{(1+i)^n}{(1+j)^n} \right] \dots\dots\dots(8)$$

Burada:

FV = İki yıl sonraki gelecekteki değeri,

PV = Şimdiki değer (yıl sıfır),

i = Faiz oranı,

n = Zaman periyodu ve

j = Enflasyon oranıdır.

Faiz ve fiyat artışı için reel ve nominal oranlar vardır. *Reel faiz oranı* (veya iskonto oranı), enflasyonun etkilerini dışlayan bir orandır. Ekonomik analizlerde hatalı sonuçlardan kaçınmak için, nominal oranların (i) kullanımı gerçek oranlar ile (i') karıştırılmamalıdır. Yapılan hesaplamalarda, nominal oranların mı yoksa gerçek oranların mı kullanıldığını açık bir şekilde belirtilmelidir.

Çizelge 3. Pompaj Tesisi Bileşenleri İçin Faydalı Ömür ve Yıllık Bakım Giderleri [2]

Pompaj Tesisi Bileşenleri	Yaklaşık Faydalı Ömür		Yıllık Bakım Gideri (Satın Alma Bedelinin %'si)
	Saat (h)	Yıl	
Kuyu ve kaplama		20	0,5-1,5
Tesis binası		20	0,5-5
Santrifüj pompa	32000-35000	15	3-5
Türbin Pompa:			
Kademeler Pompa maliyetinin % 50'si	16000-20000	8	5-7
Kolon tesisatı	32000-40000	15	3-5
Güç İletimi:			
Dişli başlık	30000	15	15
V kayış	6000	4-8	5-7
Düz kayış, kauçuk ve dokuma	10000	6-10	5-7
Düz kayış, deri	20000	8	5-7
Elektrik motoru	50000-70000	25-35	1,0-3,0
Dizel motor	28000	14-22	14-22
Benzinli motor			
Hava soğutmalı	8000	8-12	8-12
Su soğutmalı	18000	10-16	10-16
Propan motoru	28000	14-22	14-22

Reel iskonto oranı (i') aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$i' = \left[\frac{(1+i)^n}{(1+j)^n} \right] \dots\dots\dots(9)$$

Bu durumda, gelecek değer (FV) aşağıdaki gibi yazılır:

$$FV = PV \times (1 + i') = PV \div \left[\frac{(1 + i)^n}{(1 + j)^n} \right] \dots\dots\dots(10)$$

Reel getiri oranı, gelecekteki ödemelerin daha ucuz (şişirilmiş) nakit ile bir yatırım üzerindeki etkisini yansıtır. Türev eşitliği (11), sabit nakit biriminden belirlenen gerçek borçlanma maliyeti olan i' değerinin belirlenmesini sağlar:

$$i' = \frac{i - 1}{1 + j} \dots\dots\dots(11)$$

Burada;

i = 'azi oranı,

j = nfasyon oranı ve

i' = reel faizi veya iskonto oranıdır.

2.3.2. Enerji Fiyatlarının Artması

Son yıllardaki bir eğilim, enerji maliyetlerinin enflasyondan daha yüksek bir oranda artmasıdır. Yükselen enerji maliyetleri, yükselen tek tip bir yıllık ödeme veya artan bir yıllık gelirin şimdiki değeri olarak enerji maliyeti artışlarını değerlendirmek için şimdiki değer eşitliğinde bir değişiklik uygulanarak değerlendirilebilir. Enerji fiyatı artış hızı (e), geçmiş enerji fiyatlarından belirlenebilir. Ancak, iskonto oranında (i) olduğu gibi, enflasyonun etkileri e değerinde dikkate alınmıştır. Reel iskonto oranını belirlemek için, enflasyonun etkilerinin ortadan kaldırılmasına benzer bir süreçte, reel enerji fiyatı artış oranı (e') belirlenir.

$$e' = \frac{e - 1}{1 + j} \dots\dots\dots(12)$$

Belirli bir süre boyunca enerji fiyatlarının ait bir veritabanı bilinmesi durumunda, fiyat artış hızı, gelecekteki değer eşitliği (12) kullanılarak türetilir ve faiz oranı (i) yerine fiyat artış oranının (e) kullanılması sağlanır. Bu durumda aşağıdaki eşitlik yazılabilir:

$$e = \left(\frac{F}{P} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \dots\dots\dots(13)$$

Burada;

e : nergi maliyet artışının yıllık oranı,

F : nerginin gelecekteki fiyatı,

P : nerginin şimdiki fiyatı ve

N : F ve P değerlendirildiği yılları kapsayan zaman dönemidir.

Zaman periyodu ay olarak tanımlanırsa, artış hızı da aylık olarak tanımlanmalıdır. Enflasyon oranı biliniyorsa, fiyat artışının reel oranı cari fiyatlar cinsinden bildirilen akaryakıt piyasası fiyatlarından belirlenebilir.

Bir motoru diğerinin üzerine kurma kararı, mühendislerin sıklıkla karşılaştığı bir karardır. Örnek olarak, bir pompaya güç sağlamak için, bir elektrik motoruna karşı bir dizel motor kullanımı kararı verilebilir. Değerlendirmede, sadece her bir gücün kurulu maliyeti değil, aynı zamanda farklı bakım gereksinimleri, bileşenlerin ömrü ve hem dizel yakıt hem de elektrik için maliyet artışları da dikkate alınmalıdır. Tipik olarak, kuyular ve boru tesisatı gibi diğer yapıların maliyeti her iki uygulama için aynı olacaktır. Aşağıdaki örnekte, iskonto oranı ve enflasyon için nominal oranları kullanılmıştır. Bununla birlikte, bunların yerine gerçek oranlar kullanılabilir.

İki eşitlik geliştirilmiştir. Eşitlik (14), faiz ve artış oranlarının eşit olmadığı durumlarda kullanılır. Faiz oranı artış oranına eşit olduğunda ise eşitlik (15) kullanılır.

$$PV = C + A \left[\left(\frac{1+e}{1-i} \right) \times \left(1 - \left(\frac{1+e}{1+i} \right)^n \right) \right] \quad (14)$$

$i \neq e$ için

$$i = e \text{ için } PV = C + A(n) \quad (15)$$

Burada:

PV yükselen yıllık ödemeler için şimdiki değer,

C elektrik motorunun şimdiki maliyeti,

A içerli enerji maliyeti,

e reel enerji fiyatı artış oranı ve

i faiz oranıdır (Enflasyon faiz oranına dahil edilmiştir).

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Günümüzde daha büyük bir GESS geliştirmenin önündeki temel engeller, ilk yatırım maliyetlerini ve sahaya uyarlanmış tasarım ve geliştirme için teknik bilgi birikimi ile ilişkilidir. Kurulum ve bakım için profesyonel hizmetler, hızla artan ölçüde mevcuttur. GESS'in son kullanıcılardan (çiftçiler) talep ettiği operasyonel beceriler, sistem geliştiricileri sistemleri uygun bir şekilde belgelediği ve müşterilerine eğitim sağladığı sürece yönetilebilir durumda olacaktır. Bireysel bir sistemin sürdürülebilirliğinin ve başarısının anahtarı, tarımsal üretim sürecinin uyarlanmasıdır. Burada, tarımsal yayım ve bilgi hizmetlerinin GESS kaynaklı talepler doğrultusunda kapasitelerini geliştirmeleri gerekmektedir.

Yüksek yatırım sermayesi ihtiyaçları, ek teminat seçenekleri olmaması ve uzun geri ödeme süresi nedeniyle, GESS geliştirmenin özel ihtiyaçlarını karşılayan uygun finansman ürünlerinin olmaması teknolojinin yayılması önünde bir engeldir. Hindistan ve Fas'taki gibi iyi örnekler, belirli bir risk yönetimi gerektirse de, karşılık gelen kredi finansmanının bir seçenek olduğunu göstermektedir. GESS tanıtım ve planlama el kitabı için önerilen kavram bunu dikkate alır. Bu nedenle tarım sektörü için finansman ürünleriyle ilgilenen finansman kurumlarının personelinin bilgi ihtiyaçlarını da entegre etmelidir.

KAYNAKÇA

[1] Öztürk H.H., *Güneş Enerjisiyle Sulama Yönetimi: Yönetim-Etkiler-Güçlü Ve Zayıf Yönler-Fırsatlar-Tehditler*. LAMBERT Academic Publishing, ISBN: 978-620-3-86364-2, 2021.

[2] Sass, J., Hahn, A., *Solar Powered Irrigation Systems (SPIS) Technology, Economy, Impacts*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Bonn, 2020.

INVESTIGATION OF THE REINFORCEMENT DISTRIBUTIONS IN THE MICROSTRUCTURE OF Mg MATRIX COMPOSITE USING COMPUTER VISION TECHNOLOGY

Fatih Akkoyun

Aydın Adnan Menderes University
0000-0002-1432-8926

Ali Erçetin

Bingöl University
0000-0002-7631-1361

ÖZET

The reinforcement distribution in Mg matrix composites has an important role on effecting microstructure properties. In industrial applications, microstructure of produced composites is inspected with special and expensive devices such as microscope, elemental analysis devices by quality control systems and workers. Studies on microstructure investigations are continuously improving and developing to carry out microstructure investigations with the help of easy, fast and inexpensive methods. Today, image processing technology is offering many advanced solutions to characterize a microstructure swiftly and accurately. In addition, these solutions have time saving and reduce the cost of quality control process. In this study, the distributions of particulate reinforcements are examined through computer vision (CV) technology. An open source software is written to achieve this examination duty. The C++ programming language was used together with the open source computer vision library (OpenCV). 9 wt.% Nb reinforcement Mg-Sn-Zn matrix composites were selected as the work materials. The hot pressing method was used to produce composite sample. The prepared mixtures were placed in graphite molds and placed in a hot press device where temperature and pressure were applied simultaneously (hot pressing system). Sanding, polishing, and etching processes were applied to produced composite sample after sintering process. Microstructure image of composite sample was obtained through scanning electron microscopy (SEM) analysis. The image was processed with the written CV software. The results showed that the Nb distributions were determined easily, swiftly and accurately by image processing method. Accuracy of the CV software was found over 90 %. It is understood that the proposed method can also be applied for other composites with different reinforcement content.

Keywords: Computer vision, microstructure, reinforcement, image processing, Mg matrix composite.

SYNTHETIC SEED PRODUCTION BY TISSUE CULTURE TECHNIQUE IN BULBOUS PLANTS

Hilal Büşra Tokgöz

Muğla Sıtkı Koçman University

[0000-0002-0940-7427](tel:0000-0002-0940-7427)

Ergun Kaya

Muğla Sıtkı Koçman University

[0000-0003-4255-3802](tel:0000-0003-4255-3802)

Filiz Altan*

Muğla Sıtkı Koçman University

[0000-0001-6358-2448](tel:0000-0001-6358-2448)

* Corresponding author

ABSTRACT

Seed production is the result of the usual process of sexual reproduction, however, the seeds produced are genetically different from the parent stock. An important property of the seed is its ability to self-dormant, which ensures long-term preservation of the seeds. Synthetic seed technology is one of the application areas of plant biotechnology, which offers great potential in micropropagation and germplasm preservation, and can also facilitate direct seeding of micropropagated materials and enable rapid distribution of somatic embryos. The main purpose here is to protect, store and transport somatic embryos. In addition, this technology facilitates the transfer of plants produced in vitro to the field or greenhouse.

Synthetic seed production has intensified over the last two decades for a variety of purposes, including the production of a wider range of bulbous plant species. Bulbous plants have beautiful-looking flowers and are among the plant group that has a very important economic value in the sector related to its production. Plants such as *Lilium*, *Tulipa*, *Cyclamen* are among those that have commercial importance in the world. Although the reproduction of these plants is in several ways, production by synthetic seed is one of them. Recently, studies on the conservation of species have gained momentum and synthetic seed production is the most common method of production, especially for the protection of important species.

Within the scope of this study, the advantages of production with synthetic seeds in bulbous plants will be emphasized and information will be given about the production of synthetic seeds by tissue culture in Madonna Lily, which is an important source of income both in terms of medicine and as an ornamental plant in our country.

Keywords: Synthetic seed, Tissue culture, Bulbous plants

**DNA ONARIM GEN VARYANTLARI (XRCC4 VE XRCC1) İLE COVID-19
ENFEKSİYONU ARASINDA BİR BAĞLANTI OLABİLİR Mİ?****Murat KÖSE**

İstanbul Üniversitesi

ORCID NO: 0000-0002-7487-9287

İstemi SERİN

Sağlık Bilimleri Üniversitesi

ORCID NO: 0000-0003-1855-774X

Sacide PEHLİVAN

İstanbul Üniversitesi

ORCID NO:0000-0003-1272-5845

Naci ŞENKAL

İstanbul Üniversitesi

ORCID NO:0000-0001-7072-8724

Mustafa PEHLİVAN

Gaziantep Üniversitesi

ORCID NO:0000-0002-6692-085X.

Alpay MEDETALİBEYOĞLU

İstanbul Üniversitesi

ORCID NO:0000-0002-5829-9186

Yasemin OYACI

İstanbul Üniversitesi

ORCID NO:0000-0002-1338-0087

Gözde YEŞİL SAYIN

İstanbul Üniversitesi

ORCID NO:0000-0003-1964-6306

Ummihan İŞOĞLU-ALKAÇ

İstanbul Üniversitesi

ORCID NO:0000-0003-1992-0109

Tufan TUKEK

İstanbul Üniversitesi

ORCID NO:0000-0002-4237-1163

ÖZET

Corona Virüs Hastalığı-2019 (COVID-19), yüzyılın en önemli bulaşıcı olayları arasında yer almıştır. Viral enfeksiyonlarda konak faktör etkileri güncel bir araştırma konusudur. Bu bağlamda, DNA onarım genleri ve viral enfeksiyonlardaki rolleri de Covid-19 için yeni bir araştırma alanıdır. Reaktif oksijen türleri (ROS), hücreye virüs girişine karşı savunmak için DNA'ya doğrudan zarar verebilir. DNA yapısındaki herhangi bir değişiklik sonucunda onarım amacıyla DNA hasar yanıtı (DDR) oluşur ve birçok DNA onarım geni devreye girer. Daha fazla DNA ve daha az RNA virüsünün bu DNA onarım mekanizmalarını indükleyebildiği bilinmektedir. Bu çalışmada XRCC1 ve XRCC4 gen polimorfizmlerinin COVID-19 üzerindeki

klirik etkisinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Çalışmaya Nisan ve Haziran 2020 arasında COVID-19 teşhisi konan 200 hasta ve 100 sağlıklı gönüllü dahil edilmiştir. XRCC4 (-1394): Hasta grubunda GG genotipi ve G alleli istatistiksel olarak daha yüksek bulunurken; GT ve TT genotipi ve T alleli sağlıklı kontrol grubunda daha yüksekti (tümü için $p = 0,001$). XRCC1 (Arg399Gln): AA genotipi hasta grubunda istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olarak ($p = 0.046$); GG genotipi sağlıklı kontrollerde daha yaygın olarak bulunmuştur ($p = 0,012$). Yoğun bakıma ihtiyaı olan hasta grubunda XRCC4 (-1394) GG genotipi istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulundu ($p = 0.025$). Sonuç olarak çalışmamız, literatürdeki COVID-19 ve konak faktörlerinin incelendiği çalışmalar arasında ve DNA onarım genleri ve sonuçları açısından özgün klinik bulgulara sahiptir. Yüksek DNA onarım kapasitesine sahip polimorfizmler gibi görünen XRCC4 (-1394) GG ve XRCC1 (Arg399Gln) AA genotiplerinin önemli ölçüde daha yüksek insidansı, DNA onarım kapasitelerinin viral replikasyona katkısı ile ilişkilendirilebilir ve hem viral enfeksiyonlarda hem de pandemi süreçlerinde yeni çalışmalara ışık tutabilir.

Anahtar Kelimeler: COVID-19, XRCC4 (-1394), XRCC1 (Arg399Gln), prognoz

ABSTRACT

Corona Virus Disease-2019 (COVID-19) has been among the most important infectious events of the century. Host factor effects in viral infections are a current research topic. In this context, DNA repair genes and their roles in viral infections are also a new research area for Covid-19. Reactive oxygen species (ROS) can directly damage DNA to defend against virus entry into the cell. As a result of any change in DNA structure, DNA damage response (DDR) occurs for repair and many DNA repair genes are activated. It is known that more DNA and less RNA viruses can induce these DNA repair mechanisms. In this study, it was aimed to reveal the clinical effect of XRCC1 and XRCC4 gene polymorphisms on COVID-19. The study included 200 patients diagnosed with COVID-19 and 100 healthy volunteers between April and June 2020. XRCC4 (-1394): GG genotype and G allele were found to be statistically higher in the patient group; GT and TT genotype and T allele were higher in the healthy control group ($p = 0.001$ for all). XRCC1 (Arg399Gln): AA genotype was statistically significantly higher in the patient group ($p = 0.046$); The GG genotype was more common in healthy controls ($p = 0.012$). The XRCC4 (-1394) GG genotype was found to be statistically significantly higher in the patient group requiring intensive care ($p = 0.025$). As a result, our study has unique clinical findings in terms of DNA repair genes and results, among the studies examining COVID-19 and host factors in the literature. The significantly higher incidence of XRCC4 (-1394) GG and XRCC1 (Arg399Gln) AA genotypes, which appear to be polymorphisms with high DNA repair capacity, may be associated with the contribution of DNA repair capacities to viral replication and may shed light on new studies in both viral infections and pandemic processes.

Keywords: COVID-19, XRCC4 (-1394), XRCC1 (Arg399Gln), prognosis

1. GİRİŞ

İlk vakanın ortaya çıkmasından bu yana 200 milyondan fazla insanı enfekte eden bir pandemik faktör olan Corona Virüs Hastalığı-2019 (COVID-19), yüzyılın önemli bulaşıcı olayları arasında yer almıştır (1). Şiddetli Akut Solunum Yolu Sendromu Coronavirüs-2 (Sars-Cov-2) virüsü etken olarak ortaya çıkmakta ve 65 yaş ve üzeri ve komorbid yükü olan hastaların ölümlü olduğu görülmektedir (2-4). Özellikle hipertansiyon, kronik solunum ve kalp hastalıkları, diabetes mellitus, böbrek yetmezliği ve malignitesi olan hasta popülasyonu en ağır etkilenen grup olarak tanımlanmaktadır (5).

Viral enfeksiyonlarda konak faktör etkileri güncel bir araştırma konusudur. Bu bağlamda yeni bir araştırma alanının DNA onarım genleri ve viral enfeksiyonlardaki rolü olduğu söylenebilir. Reaktif oksijen türleri (ROS), hücreye virüs girişine karşı savunmak için DNA'ya doğrudan zarar verebilir. DNA yapısındaki herhangi bir değişiklik sonucunda onarım amacıyla DNA hasar yanıtı (DDR) meydana gelir ve birçok DNA onarım geni devreye girer (6). Daha fazla DNA ve daha az RNA virüsünün bu DNA onarım mekanizmalarını indükleyebildiği bilinmektedir. Hücre döngüsünün virüsler tarafından manipüle edilmesi, genellikle DNA çift sarmallı kırılma sinyal yollarıyla ilişkilidir. DDR'nin sıklıkla apoptozla sonuçlandığı göz önüne alındığında, enfeksiyonla ilişkili yanıtın antiviral olduğu düşünülmektedir. Ancak virüs replikasyonunu destekleyen bir noktada etkili olduğunu bildiren yayınlar mevcuttur (7, 8). Bu nedenle, DNA onarım mekanizmaları ve DNA yeniden eşleşme yanıtı bir virüs stratejisi olabilir.

X-ışını onarım çapraz tamamlayıcı grup 1 (XRCC1) geni, baz eksizyon onarım (BER) genlerinden biridir ve 19. kromozomda q bölümünün 13.2 bölgesinde yer alır. Bu gen, DNA polimeraz dahil olmak üzere DNA proteinlerinin sentezi için gerekli 17 ekzona sahiptir. Ayrıca BER ile DNA onarımı sağlar; poli-ADP-riboz polimeraz (PARP), DNA ligaz 3 ve DNA polimeraz gibi DNA onarımı ile ilgili farklı proteinleri bir araya getirerek bir kompleks görevi görür (9). XRCC1 geninde 3 yaygın polimorfizm vardır: Codon 194 (Arg → Trp), kodon 280 (Arg → His) ve kodon 399 (Arg → Gln) polimorfizmleri. 194 ve 399 kodonlarının polimorfizmleri DNA onarım mekanizmaları çalışmalarında yer almaktadır.

X-ışını onarımı çapraz tamamlayıcı protein 4 olarak da bilinen DNA onarım proteini XRCC4, insanlarda XRCC4 geni tarafından kodlanan bir proteindir. Önemli bir homolog olmayan ek onarım geni olan XRCC4, Ku70 / Ku80 kompleksi ile doğrudan etkileşime girebilir ve DNA çift sarmallı kopma onarım yolu sürecinde bu kompleks ile DNA Ligaz IV arasında önemli bir iskele proteini görevi görebilir. Son zamanlarda, bazı çalışmalar XRCC4 fonksiyon kaybının bazı kanserlerin karsinogenezini içerdiğini ve kanser hücrelerinin kemoterapi ve radyoterapiye duyarlılığını değiştirebileceğini bildirmiştir (10).

Çalışmamızda COVID-19 hasta grubu ile sağlıklı kontroller arasında XRCC4 (-1394 ve intron 3'te değişken sayıda tandem tekrarı) ve XRCC1 (Arg399Gln) gen polimorfizmlerinin dağılımına ek olarak, klinik parametrelerle de karşılaştırmalar yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışmamıza, Nisan-Haziran 2020 tarihleri arasında COVID-19 tanısı konan 200 hasta ve sağlıklı bir kontrol grubu oluşturmak için bilinen komorbiditesi olmayan 100 gönüllü dahil

edildi. Hastaların yaş ve cinsiyeti gibi demografik bilgilerinin yanı sıra komorbiditeleri, klinik bulguları ve başlangıç semptomları, fizik muayene bulguları ve ilk laboratuvar bulguları kaydedildi. Hastaların gen polimorfizmleri sağlıklı kontrol grubu ile karşılaştırıldıktan sonra hastalar hafif/şiddetli enfeksiyon, 28 günlük izlemde kayıp/ canlı ve yoğun bakım ihtiyacı olan/olmayan olmak üzere üç ayrı klinik alt gruba ayrıldı. Oluşturulan hasta gruplarında gen polimorfizm dağılımı ve istatistiksel anlamlılık incelendi. Nazofaringeal sürüntü polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) sonucu pozitif olan veya bilgisayarlı tomografisi (BT) tipik COVID-19 tutulumu ile uyumlu olan hastalar çalışmaya dahil edildi. COVID-19 hastalarının ve sağlıklı kontrollerin periferik kan lökositlerinden DNA izolasyonu salin çöktürme yöntemi kullanılarak yapıldı (11). XRCC4 (-1394 ve intron 3'te değişken sayıda tandem tekrar) ve XRCC1 (Arg399Gln) gen polimorfizm genotipleri, PCR ve/veya polimeraz zincir reaksiyonu-kısıtlama fragman uzunluğu polimorfizmi (PCR-RLFP) yöntemi ile analiz edildi.

3. SONUÇLAR

Çalışmaya alınan 200 hastanın 87'si (%43,5) kadın, 113'ü (%56,5) erkekti. Hastaların ortalama yaşı 49 (dağılım: 19-92) idi. En sık eşlik eden hastalık hipertansiyondur (54 hasta, %26). Hasta grubu ile sağlıklı kontroller arasında DNA onarım genlerinin dağılımı açısından istatistiksel analiz yapıldı. XRCC4 (-1394) geni GG, GT, TT genotipleri ve G, T allelleri incelendiğinde hasta grubunda GG genotipi ve G alleli; GT ve TT genotipi ve T alleli sağlıklı kontrol grubunda istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulundu (tümü için $p = 0,001$). XRCC1 (Arg399Gln) geni AA, AG, GG genotipleri ve A, G allelleri incelendiğinde, AA genotipi hasta grubunda istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksekti ($p = 0,046$); GG genotipi sağlıklı kontrollerde daha yaygındı ($p = 0,012$). Aynı genotipin A alleli hastalarda daha yüksek bulunurken, G alleli sağlıklı kontrollerde istatistiksel olarak daha yüksek bulundu ($p=0,044$). XRCC4-VNTR geni DD, ID, II genotipleri ve D, I allelleri incelendiğinde hasta grubu ile sağlıklı kontrolör arasında anlamlı fark bulunmadı (tümü için $p > 0,05$). Sonuçlar Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1: Hastalar ve sağlıklı kontroller arasında genotip ve alel frekanslarının karşılaştırılması

	Genotip	COVID-19 Hastası n= a (%)	Sağlıklı Kontrol b _n =100 (%)	OR Exp (B)	95% CI	p*
XRCC4 VNTR	DD	37 (18.5)	28 (28)	0.616*	0.318-1.193*	0.150*
	ID	100 (50)	43 (43)	1.094*	0.619-1.934*	0.757*
	II	63 (31.5)	29 (29)	1.126&	0.666-1.903&	0.692&
Allel						
	D	174 (43.5)	99 (49.5)			
	I	226 (56.5)	101 (50.5)	0.785&	0.559-1.104&	0.166&
XRCC4 (-1394)	GG	155 (77.5)	26 (26)	55.996*	18.417-170.250*	0.001*
	GT	41 (20.5)	36 (36)	10.642*	3.454-32.790*	0.001*
	TT	4 (2)	38 (38)	0.033&	0.011-0.097&	0.001&
Allel						
	G	351 (87.75)	88 (44)			
	T	49 (12.25)	112 (66)	0.110&	0.073-0.165&	0.001&

XRCC1 (Arg399Gln)	AA	78 (39)	34 (34)	1.903*	1.013-3.576*	0.046*
	AG	87 (43.5)	36 (36)	2.184*	1.163-4.102*	0.015*
	GG	35 (17.5)	30 (30)	0.482&	0.276-0.842&	0.012&
Allel						
	A	243 (60.75)	104 (52)			
	G	157 (39.25)	96 (48)	0.700&	0.497-0.986&	0.044&

^an= 200, ^bn =100, *:OR (95%CI) yaş ve cinsiyete göre &Fisher's Exact Test.

Hastalar şiddetli ve hafif olarak iki ayrı klinik alt gruba ayrıldığında; XRCC4 (-1394 ve intron 3'te değişken sayıda tandem tekrarı) ve XRCC1 (Arg399Gln) genotiplerinin dağılımı (tümü için $p > 0.05$) açısından her iki grupta da anlamlı bir fark bulunmadı.

Hastalar 28 günlük takiplerinde son durumlarına göre eksitus / canlı olarak iki ayrı klinik alt gruba ayrıldığında; XRCC4 (-1394 ve intron 3'te değişken sayıda ardışık tekrar sayısı) ve XRCC1 (Arg399Gln) genotiplerinin dağılımı (tümü için $p > 0.05$) açısından her iki grupta da anlamlı bir fark bulunmadı ancak exitus olan tüm hastaların GG genotipi vardı.

Hastalar yatışları sırasında yoğun bakım takibi olan ve olmayanlar olarak iki ayrı klinik alt gruba ayrıldığında; XRCC4 (-1394 ve intron 3'te değişken sayıda tandem tekrarı) ve XRCC1 (Arg399Gln) genotiplerinin dağılımında her iki grupta da anlamlı bir fark yoktu (tümü için $p > 0.05$). Yoğun bakıma ihtiyacı olan hasta grubunda XRCC4 (-1394) GG genotipi istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulundu ($p=0,025$).

4. TARTIŞMA

Viral enfeksiyon ve DDR arasındaki ilişki çoğunlukla DNA virüslerinde incelenmiştir. Simian virüs tip 40 (SV40), herpes simpleks virüs tip 1 (HSV-1), Epstein-Barr virüsü (EBV) bu DNA virüslerine örnektir. Bu virüsler etkilerini ataksi-telanjiyektazi mutasyona uğramış (ATM) ile gösterirler. ATM, DNA çift sarmal kopmalarına yanıt olarak birincil aracı görevi görür. Birçok DNA virüsü, ATM'nin düzenlenmesi yoluyla DNA onarım mekanizmalarını ve fosforilasyon gibi yollarla benzer DNA onarım mekanizmalarını etkiler. Bu yolların fosforilasyonu viral replikasyonda önemli bir rol oynar (7, 12-15).

Pek çok durumda, DNA virüs replikasyonu için ATM sinyal yolu gerekli olsa da RNA virüsleri için benzer örnekler daha az olarak verilebilir. Hepatit C virüsü, ATM'ye bağlanan ve hücreleri DNA hasarına maruz bırakan viral proteinleri eksprese eder (16, 17). COVID-19 ile DNA onarım mekanizmaları arasındaki ilişki, daha önce çalışılmamış bir araştırma alanını oluşturmaktadır.

2019 yılında yapılan bir çalışmada HIV-1/AIDS ve XRCC1 Arg399Gln polimorfizmi incelenmiş ve GG genotipinin artmış hastalık riski ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (OR = 1.8, %95 CI 1.10–2.94) (18). Bu çalışma viral enfeksiyonlar ve DNA onarım mekanizmaları açısından bizim çalışmamızla benzerlikler içermektedir. Çalışmamızda XRCC1 (Arg399Gln) AA genotipi hasta grubunda anlamlı olarak yüksek iken ($p=0.046$); GG genotipi sağlıklı kontrollerde daha yaygındı ($p = 0.012$). Hastalarda aynı genotipten bir allel, sağlıklı

kontrollerde G alleli daha yüksekti. İstatistiksel olarak anlamlı bulunmamakla birlikte klinik alt gruplara bakıldığında GG genotipinin exus veya yoğun bakım ihtiyacı olan hastalarda görülmediğinin altı çizilmelidir.

DNA onarım genlerinin literatürdeki yeri kansere yatkınlığı araştıran çalışmalardır. XRCC4 (-1394) TT genotipi ve T aleli kolorektal kanser ile ilişkilidir (19), XRCC1 GG genotipi ise özofagus kanseri ile ilişkilidir (20). DNA onarım gen polimorfizmi ile kanser genetiği veya immün yanıt arasındaki olası farklılıklar göz önüne alındığında, çalışmamız hem viral enfeksiyonlar hem de COVID-19 konakçı faktörleri açısından önemli sonuçlar ortaya koymaktadır. Bahsedilen çalışmalarda polimorfizmler ve DNA onarım kusurları kanserle ilişkilendirilirken, çalışmamızda COVID-19 duyarlılığı açısından tam tersi sonuçlar elde edilmiştir. COVID-19 ve immün yanıt, hiperimmünite ve klinik alt tiplerinin tartışıldığı günümüz literatüründe; kliniğin ortaya çıkmasında sağlıklı DNA onarım mekanizmalarının etkisi olduğu söylenebilir. Benzer şekilde yoğun bakımda takip edilen hastalarda XRCC4 (-1394) GG genotipinin anlamlı olarak artması ve ölen tüm hastaların istatistiksel olarak anlamlı olmasa da GG genotipine sahip olması dikkat çekici bir sonuç ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, COVID-19 hastalarında, yüksek DNA onarım kapasitesine sahip polimorfizmler gibi görünen XRCC4 (-1394) GG ve XRCC1 (Arg399Gln) AA genotiplerinin önemli ölçüde daha yüksek insidansı, DNA onarım kapasitelerinin viral replikasyona katkısı ile ilişkilendirilebilir ve hem viral enfeksiyonlarda hem de pandemi süreçlerinde yeni çalışmalara ışık tutabilir

5. REFERANSLAR

1. <https://covid19.who.int>
2. Wu C, Chen X, Cai Y, Xia J, Zhou X, Xu S et al. Risk Factors Associated With Acute Respiratory Distress Syndrome and Death in Patients With Coronavirus Disease 2019 Pneumonia in Wuhan, China. JAMA Intern Med. 2020 Jul 1;180(7):934-943. doi: 10.1001/jamainternmed.2020.0994.
3. Guan WJ, Ni ZY, Hu Y, Liang WH, Ou CQ, He JX et al.; China Medical Treatment Expert Group for Covid-19. Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. N Engl J Med. 2020 Apr 30;382(18):1708-1720. doi: 10.1056/NEJMoa2002032.
4. Cai Q, Chen F, Wang T, Luo F, Liu X, Wu Q et al. Obesity and COVID-19 Severity in a Designated Hospital in Shenzhen, China. Diabetes Care. 2020 Jul;43(7):1392-1398. doi: 10.2337/dc20-0576.
5. Centers for Disease Control and Prevention. People Who Are at Higher Risk for Severe Illness. 2020; <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/need-extra-precautions/people-at-higher-risk.html>. Accessed April 8, 2020.
6. Jackson SP, Bartek J. The DNA-damage response in human biology and disease. Nature. 2009 Oct 22;461(7267):1071-8. doi: 10.1038/nature08467.

7. Xiaofei E, Kowalik TF. The DNA damage response induced by infection with human cytomegalovirus and other viruses. *Viruses*. 2014 May 23;6(5):2155-85. doi: 10.3390/v6052155.
8. Chaurushiya MS, Weitzman MD. Viral manipulation of DNA repair and cell cycle checkpoints. *DNA Repair (Amst)*. 2009 Sep 2;8(9):1166-76. doi: 10.1016/j.dnarep.2009.04.016.
9. Chacko P, Rajan B, Joseph T, Mathew BS, Pillai MR. Polymorphisms in DNA repair gene XRCC1 and increased genetic susceptibility to breast cancer. *Breast Cancer Res Treat*. 2005;89(1):15-21. DOI:10.1007/s10549-004-1004-x
10. Lu J, Wang XZ, Zhang TQ, Huang XY, Yao JG, Wang C et al. Prognostic significance of XRCC4 expression in hepatocellular carcinoma. *Oncotarget*. 2017 Sep 28;8(50):87955-87970. doi: 10.18632/oncotarget.21360.
11. Miller SA, Dykes DD, Polesky HF. A simple salting out procedure for extracting DNA from human nucleated cells. *Nucleic Acids Res*. 1988 Feb 11;16(3):1215. doi: 10.1093/nar/16.3.1215.
12. Shiloh Y, Kastan MB. ATM: genome stability, neuronal development, and cancer cross paths. *Adv Cancer Res*. 2001; 83:209-54. doi: 10.1016/s0065-230x(01)83007-4.
13. Alexander A, Cai SL, Kim J, Nanez A, Sahin M, MacLean KH et al. ATM signals to TSC2 in the cytoplasm to regulate mTORC1 in response to ROS. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2010 Mar 2;107(9):4153-8. doi: 10.1073/pnas.0913860107.
14. Guo Z, Kozlov S, Lavin MF, Person MD, Paull TT. ATM activation by oxidative stress. *Science*. 2010 Oct 22;330(6003):517-21. doi: 10.1126/science.1192912.
15. Albert E, Laimins L. Regulation of the Human Papillomavirus Life Cycle by DNA Damage Repair Pathways and Epigenetic Factors. *Viruses*. 2020 Jul 10;12(7):744. doi: 10.3390/v12070744.
16. Ariumi Y, Kuroki M, Dansako H, Abe K, Ikeda M, Wakita T et al. The DNA damage sensors ataxia-telangiectasia mutated kinase and checkpoint kinase 2 are required for hepatitis C virus RNA replication. *J Virol*. 2008 Oct;82(19):9639-46. doi: 10.1128/JVI.00351-08.
17. Wen C, He X, Ma H, Hou N, Wei C, Song T et al. Hepatitis C virus infection downregulates the ligands of the activating receptor NKG2D. *Cell Mol Immunol*. 2008 Dec;5(6):475-8. doi: 10.1038/cmi.2008.60.
18. Sobti RC, Mahdi SA, Berhane N, Hosseini SA, Kler R, Kuttat V et al. The influence of variations in the DNA repair (XRCC1) gene on HIV-1/AIDS among Indian population. *Folia Biol (Praha)*. 2009;55(5):183-6.

19. Jin D, Zhang M, Hua H. Impact of polymorphisms in DNA repair genes XPD, hOGG1 and XRCC4 on colorectal cancer risk in a Chinese Han Population. Biosci Rep. 2019 Jan 15;39(1):BSR20181074. doi: 10.1042/BSR20181074.
20. Kaur J, Sambyal V, Guleria K, Singh NR, Uppal MS, Manjari M et al. Association of XRCC1, XRCC2 and XRCC3 Gene Polymorphism with Esophageal Cancer Risk. Clin Exp Gastroenterol. 2020 Mar 16;13:73-86. doi: 10.2147/CEG.S232961.



CLINICAL PARAMETERS RESPONSE TO LOW-LEVEL LASER VERSUS MONOCHROMATIC NEAR-INFRARED PHOTO ENERGY IN DIABETIC PATIENTS WITH PERIPHERAL NEUROPATHY

Abeer A. Abdelhamed

Cairo University

Abstract:

Background: Diabetic sensorimotor polyneuropathy (DSP) is one of the most common microvascular complications of type 2 diabetes. Loss of sensation is thought to contribute to a lack of static and dynamic stability and increased risk of falling. **Purpose:** The purpose of this study was to compare the effects of low-level laser (LLL) and monochromatic near-infrared photo energy (MIRE) on pain, cutaneous sensation, static stability, and index of lower limb blood flow in diabetic patients with peripheral neuropathy. **Methods:** Forty diabetic patients with peripheral neuropathy were recruited for participation in this study. They were divided into two groups: The MIRE group, which contained 20 patients, and the LLL group, which contained 20 patients. All patients who participated in the study had been subjected to various physical assessment procedures, including pain, cutaneous sensation, Doppler flow meter, and static stability assessments. The baseline measurements were followed by treatment sessions that were conducted twice a week for six successive weeks. **Results:** The statistical analysis of the data revealed significant improvement of pain in both groups, with significant improvement in cutaneous sensation and static balance in the MIRE group compared to the LLL group; on the other hand, the results showed no significant differences in lower limb blood flow between the groups. **Conclusion:** LLL and MIRE can improve painful symptoms in patients with diabetic neuropathy. On the other hand, MIRE is also useful in improving cutaneous sensation and static stability in patients with diabetic neuropathy.

Keywords: Diabetic neuropathy, Doppler flow meter, –Lowlevel laser, Monochromatic near-infrared photo energy.



HÜCRESEL YAŞLANMANIN NÖRODEJENERATİF HASTALIKLARIN PATOGENEZİNDEKİ ROLÜ VE TEDAVİ YAKLAŞIMLARI

Sacide PEHLİVAN¹, Yasemin OYACI²

¹İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, ORCID ID: 0000-0003-1272-5845

²İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, ORCID ID: 0000-0002-1338-0087

ÖZET

Yaşlanma, organizmanın işlevsel olarak aktivitesinin azalmasına yol açan biyolojik değişikliklerin birikmesiyle karakterize edilen evrensel bir süreçtir ve nörodejeneratif hastalıkların gelişiminde en önemli risk faktörüdür. Nörodejeneratif bozuklukların çoğu yaşlılarda ortaya çıkar. Alzheimer hastalığı (AH) ve Parkinson hastalığının (PH) yıllık insidansının ilerleyen yaşla birlikte katlanarak arttığı gösterilmiştir. Yaş, aynı zamanda Multipl Skleroz (MS) gibi inflamatuvar/demyelinizan durumlar için de bir risk faktörü olarak tanınmaktadır. Yaşlanma sürecinde hücrelerde gerçekleşen morfolojik ve moleküler değişiklikler hem tetikleyici uyarana hem de etkilenen hücre tipine bağlıdır. Yaşlanan hücrelerde kalıcı olarak; hücre döngüsü durması, kromatin yapısını değiştiren ve DNA hasar yanıtını (DDR) aktive eden DNA hasarı, yaşlanmayla ilişkili salgı fenotipi (SASP) artışı, oksidatif stresin indüklenmesi yoluyla mitokondriyal fonksiyon ve morfolojisinin değişmesi ve hücresel metabolizmada çeşitli değişiklikler görülür. Nörodejeneratif hastalıklarda hücresel yaşlanmanın birincil nedensel rolü tam olmasa da nörodejeneratif hastalıkların patogeneze önemli ölçüde katkıda bulunabileceği ve böylece hastalığa yatkınlığı, hastalık görülme yaşını ve ilerleme hızını belirleyebileceği gösterilmiştir. Nörodejenerasyonda hücresel yaşlanmanın rolü için; kronik enflamasyonun indüklenmesi, sinir sisteminin rejeneratif kapasitelerinin tükenmesi, serebral hipoperfüzyon, kan-beyin bariyeri disfonksiyonu ve fonksiyon kaybı gibi çeşitli mekanizmalar önerilmiştir. Astrositler, mikroglia hücreleri, nöronlar ve nöronal kök hücreler, oligodendrosit ve oligodendrosit öncü hücreler gibi nörodejeneratif hastalıklarda değişime uğrayan santral sinir sistemi hücrelerinde yaşlanma belirtileri hücre tipine bağlı olarak görülmektedir. Son yıllarda hücresel yaşlanma karşıtı bir tedavi yaklaşımının, nörodejeneratif hastalıklarda faydalı olabileceği belirtilmekte ve AH, PH ve MS gibi nörodejeneratif hastalıkların tedavisinde hücresel yaşlanma durdurulması/geciktirilmesi hedeflenmektedir. Hücresel yaşlanma, nörodejeneratif hastalıklar için yeni terapötik yollar açan bir terapötik hedef olabilir ve senoterapötiklerin, etkili nöroprotektanlar olduğu da yapılacak çalışmalarla kanıtlanabilir. Bu çalışmada, santral sinir sistemi hücrelerinde yaşlanma belirtileri, nörodejeneratif hastalıkların patogenezinde yaşlanmanın rolü ve tedavide hücresel yaşlanma karşıtı yaklaşımlar doğrultusunda hücresel yaşlanma ve nörodejenerasyon ilişkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hücresel yaşlanma, Alzheimer, Parkinson, Multipl Skleroz, Nörodejenerasyon

ABSTRACT

Aging is a universal process characterized by the accumulation of biological changes that lead to a decrease in the functional activity of the organism and is the most important risk factor for the development of neurodegenerative diseases. Most neurodegenerative disorders occur in the elderly. It has been shown that the annual incidence of Alzheimer's disease (AD) and Parkinson's disease (PD) increases exponentially with advancing age. Age is also recognized as a risk factor for inflammatory/demyelinating conditions such as Multiple Sclerosis (MS). The morphological and molecular changes that occur in cells during the aging process depend on both the triggering stimulus and the affected cell type. In senescent cells, permanently; cell cycle arrest, DNA damage that alters chromatin structure and activates the DNA damage response (DDR), increase in senescence-associated secretory phenotype (SASP), changes in mitochondrial function and morphology through induction of oxidative stress, and various changes in cellular metabolism. Although cellular senescence does not have a primary causal role in neurodegenerative diseases, it has been shown that it can contribute significantly to the pathogenesis of neurodegenerative diseases, thus determining disease susceptibility, age at onset and progression rate. For the role of cellular senescence in neurodegeneration; Various mechanisms have been proposed, including induction of chronic inflammation, depletion of the regenerative capacities of the nervous system, cerebral hypoperfusion, blood-brain barrier dysfunction, and loss of function. Astrocytes, microglia cells, neurons and neuronal stem cells, oligodendrocyte and oligodendrocyte precursor cells, such as central nervous system cells that undergo changes in neurodegenerative diseases, show signs of aging depending on the cell type. In recent years, it has been stated that a therapeutic approach to cellular senescence may be beneficial in neurodegenerative diseases, and it is aimed to stop/delay cellular senescence in the treatment of neurodegenerative diseases such as AD, PD and MS. Cellular senescence may be a therapeutic target that opens new therapeutic avenues for neurodegenerative diseases, and further studies may prove that cenotheapeutics are effective neuroprotectants. In this study, signs of aging in central nervous system cells, the role of aging in the pathogenesis of neurodegenerative diseases, and the relationship between cellular aging and neurodegeneration in the direction of cellular anti-aging approaches in treatment were investigated.

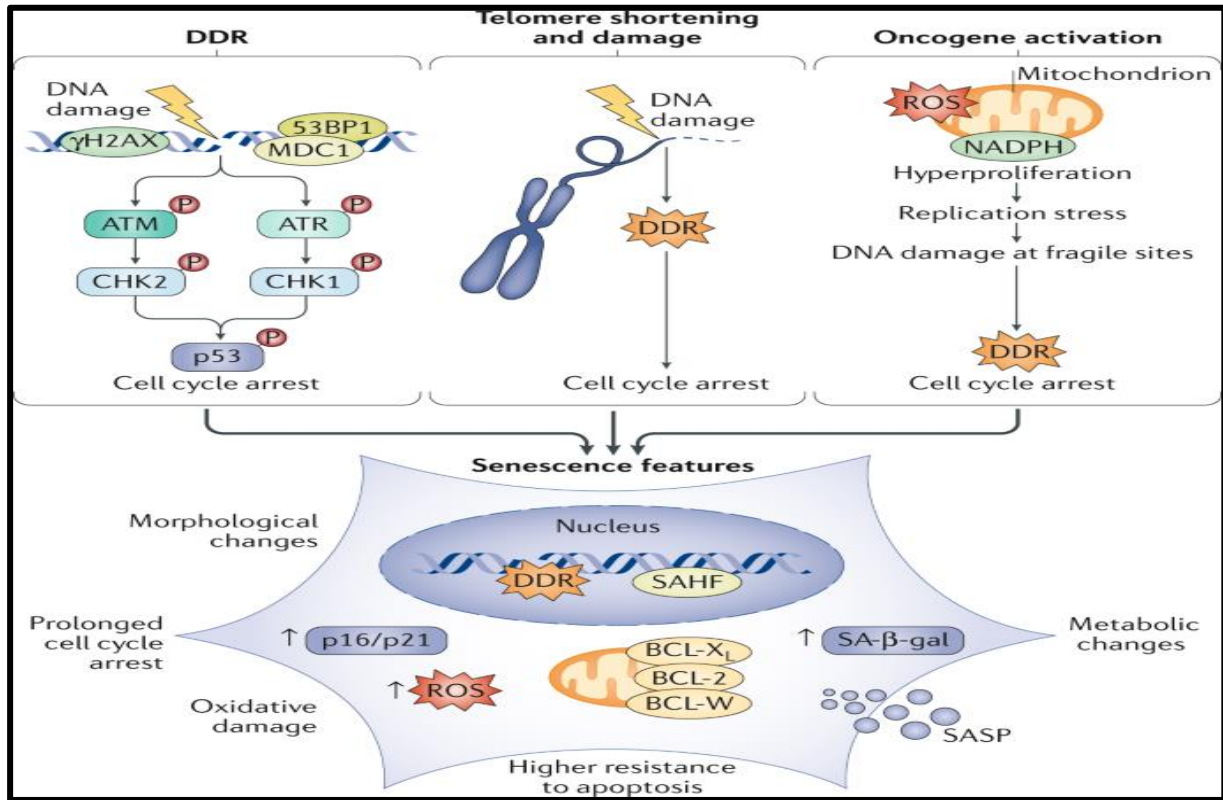
Keywords: Cellular aging, Alzheimer's, Parkinson's, Multiple Sclerosis, Neurodegeneration

1. HÜCRESEL YAŞLANMA

Hücresel yaşlanma, hasarlı hücrelerin çoğalmasını ve neoplastik dönüşümü engellemeyi amaçlayan homeostatik bir yanıttır (1-4). Tümör oluşumunu önleyen kontrolsüz hücre çoğalmasına karşı koyar ve hasar görmüş veya artık gerekli olmayan hücrelerin ortadan kaldırılmasını da kolaylaştırır (5).

Yaşlanan hücreler çok sayıda hücresel ve moleküler değişiklikler gösterir. Yapılan çalışmalar, yaşlanmanın hücresel ve moleküler özelliklerinin hem tetikleyici uyarana hem de etkilenen hücre tipine bağlı olduğunu göstermektedir (6).

Yaşlanmış hücrelerde, döngünün S fazına girişin engellenmesi nedeniyle kalıcı hücre döngüsü durması, kromatin yapısını değiştiren ve DNA hasar yanıtını (DDR) aktive eden DNA hasarı, yaşlanmayla ilişkili salgı fenotipi (SASP) artışı, oksidatif stresin indüklenmesi yoluyla değişen mitokondriyal fonksiyon ve morfoloji ve kısmen değiştirilmiş mitokondriyal fonksiyona bağlı olarak hücre metabolizmasında, lizozomal yaşlanma ile ilişkili- β -galaktosidaz artışı, lipofuskin birikimi ve yağ asidi sentezinde bir azalma meydana gelir (7-12).

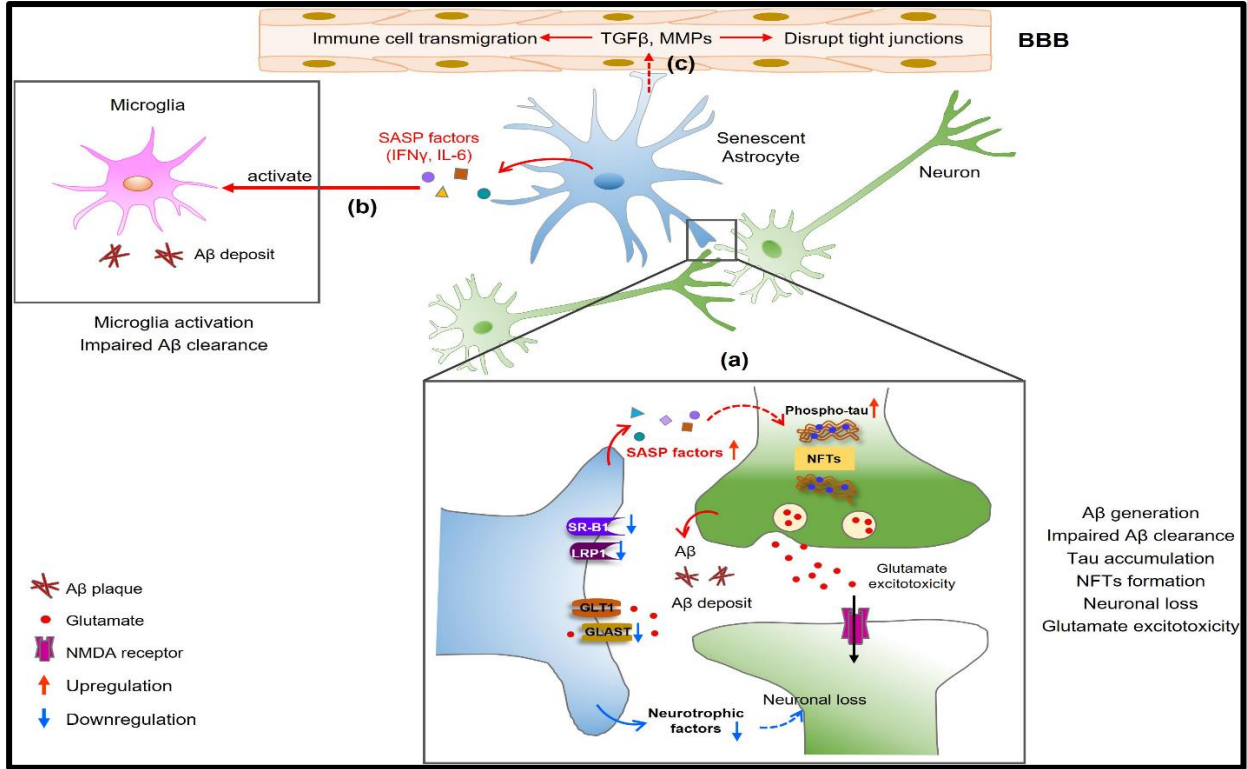


Görsel 1: Hücresel Yaşlanma fenotipi (13)

MERKEZİ SİNİR SİSTEMİ HÜCRELERİNDE YAŞLANMA

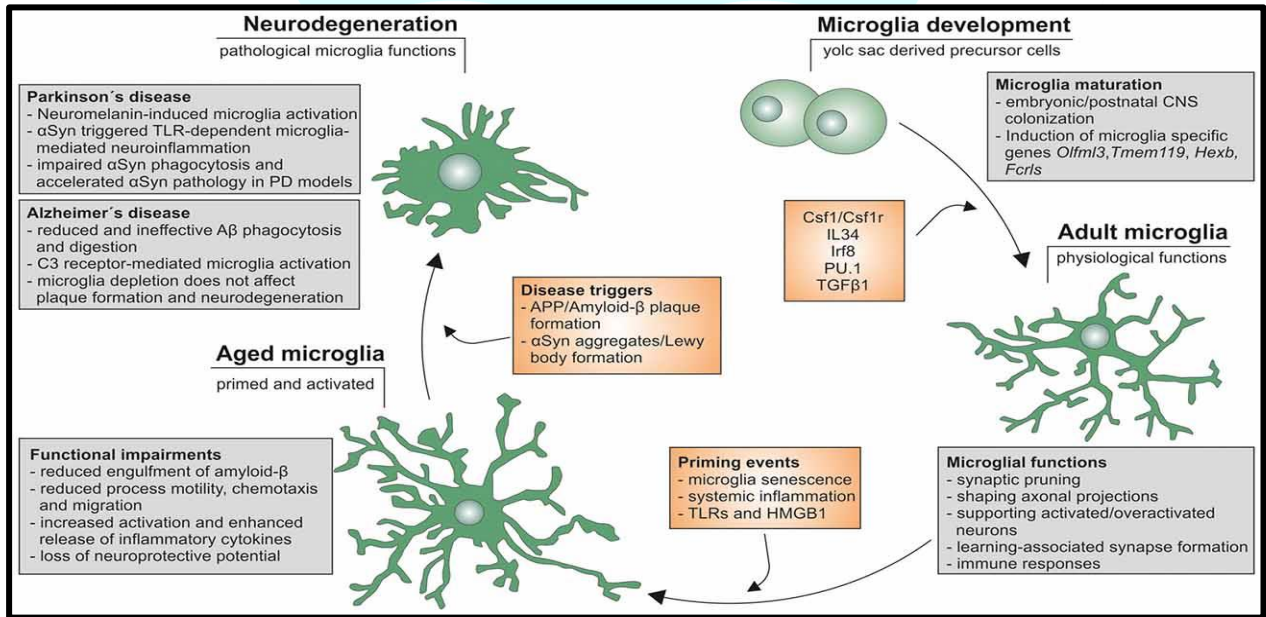
Astrositler, mikroglia hücreleri, nöronlar ve nöronal kök hücreler, oligodendrosit ve oligodendrosit öncü hücreler gibi nörodejeneratif hastalıklarda değişime uğrayan santral sinir sistemi hücrelerinde yaşlanma belirtileri hücre tipine bağlı olarak görülmektedir.

Astrositler sağlıklı bir merkezi sinir sisteminin kompleks fonksiyonlarında ve ayrıca çeşitli hastalıkların patolojisinde önemli bir role sahip hücre tipidir. Merkezi sinir sisteminde en yaygın hücrelerdir ve son yıllarda, astrosit yaşlanmasına ilişkin kanıtlar yapılan araştırmalarda gösterilmiştir. Kültürlenmiş sıçan astrositlerinde, SA- β -gal seviyesi yüksekliği, aşırı reaktif oksijen türü üretimi ve azalmış mitokondriyal aktivite gibi yaşlanma özellikleri görüldüğü bildirilmiştir (14-16).



Görsel 2: Alzheimer Hastalığında Astrositlerin Yaşlanma Mekanizması (17).

Merkezi sinir sisteminin mezenkimal kökenli ve doğuştan gelen bağışıklık tepkisinin ana temsilcisi olan mikroglial hücrelerin de tipik özelliklerle yaşlanmaya uğradığı gösterilmiştir. Kültürlenmiş sıçan mikroglial hücrelerinin telomer kısalması nedeniyle replikatif yaşlanmaya uğradığı ve AD hastalarından alınan mikroglial hücreler için de yine telomer kısalması kaynaklı yaşlanma belirtileri bildirilmiştir (18,19).



Görsel 3: Mikroglia hücrelerinin yaşam döngüsü, yaşlanma ve nörodejeneratif hastalıklardaki değişiklikleri (20).

Miyelinli aksonların miyelin kılıflarını oluşturan, terminal olarak farklılaşmış post-mitotik hücreler olan merkezi sinir sisteminin hücrelerinden oligodendrositlerin ise oksidatif strese karşı son derece savunmasız oldukları bilinmektedir. Oksidatif DNA hasarının ve upregüle edilmiş SA- β -Gal'in kanıtı, oligodendrositlerin yaşlanan bireylerde stresle ilişkili hücresel yaşlanmaya maruz kalabileceğini düşünülmektedir. (21,22). Oligodendrosit öncü hücrelerin ise replikatif yaşlanmaya uğramamasına rağmen, bazı koşullar altında yaşlanma benzeri bir duruma girdiklerine dair in vitro kanıtlar vardır. Oligodendrositler ve oligodendrosit öncü hücreler, işlev bozukluklarının yanında görev aldıkları miyelin kılıf oluşumunun bozulmasının Alzheimer hastalığının patogenezinde ve ilerlemesinde önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir ancak bu hücrelerin yaşlanma belirtileri ve hastalıkları arasındaki ilişkiye ait kesin mekanizmalar belirsizliğini korumaktadır (23-27).

Nöronlar ise post-mitotik olmalarına ve hücresel yaşlanmanın kesin tanımına uymamalarına karşın, olgun post-mitotik nöronların bile yaşlanma benzeri bir fenotip geliştirdiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Yaşlı farelerin nöronları ile yapılan bir çalışmada, çift zincirli DNA kırıklarının artışı, SA- β -Gal ve proinflatuar sitokinlerin birikmesi gibi hücresel yaşlanma belirtileri görülmüştür (28).

2. HÜCRESEL YAŞLANMA VE NÖRODEJENERATİF HASTALIKLAR

Hücresel yaşlanma, nörodejeneratif hastalıklar için birincil neden olarak görülmesi de, bu hastalıkların patogenezinde önemli derecede katkıda bulunur ve hastalığa yatkınlığı, hastalığın görülme yaşını ve ilerleme hızını belirleyebilir. Kronik enflamasyonun indüklenmesi, sinir sisteminin rejeneratif kapasitelerinin tükenmesi, serebral hipoperfüzyon ve kan-beyin bariyeri fonksiyon bozuklukları gibi durumlar hücresel yaşlanmanın nörodejenerasyon ile ilişkisini ortaya koymaktadır.

Enflamasyon ile Alzheimer ve Parkinson gibi nörodejeneratif hastalıklarının patolojileri arasında birçok bağlantı bulunmaktadır ve bu bağlantılar, yaşlanmayla ilişkili salgı fenotiplerinin, nörodejeneratif hastalıkların patogenezinde katkıda bulunabileceğini ve hastalığa yatkınlığı belirleyebileceğini veya hastalığın seyrini kötüye götürebileceğini düşündürmektedir (29-31).

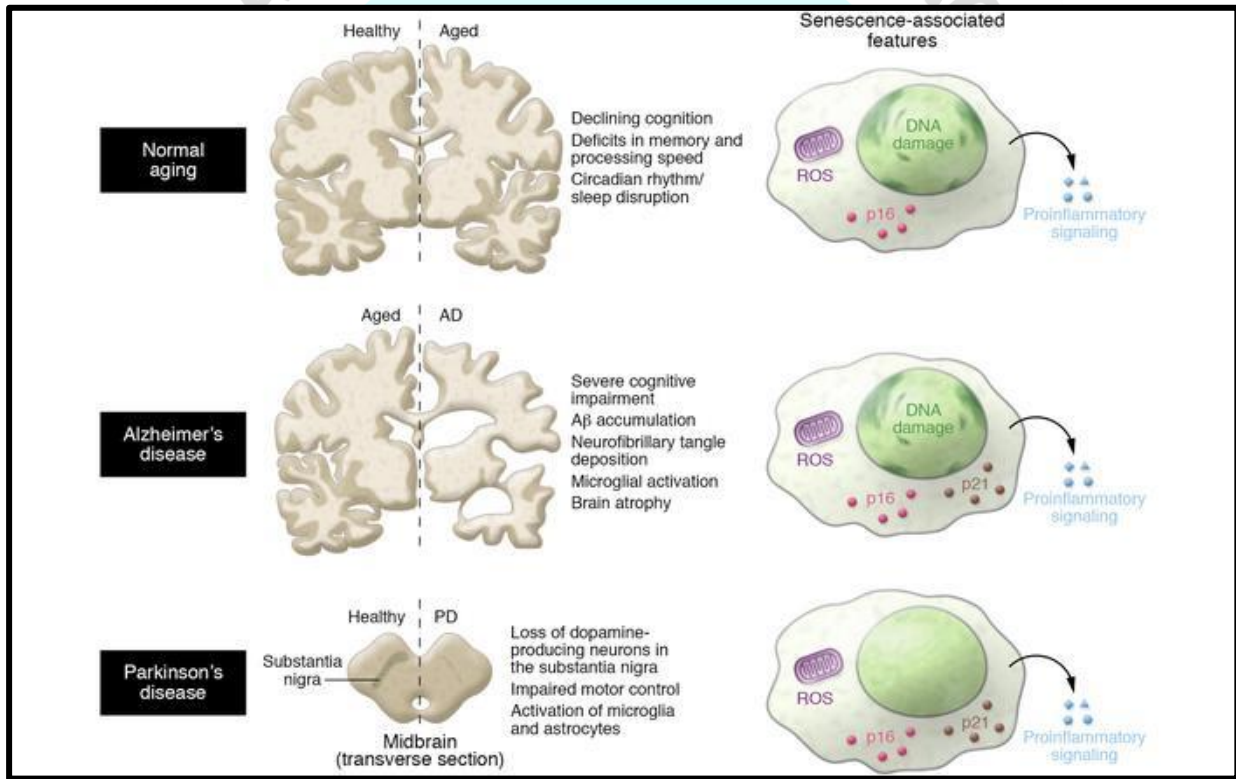
Yapılan çalışmalarla, yaşlanmanın yetişkin hipokampal nörojenezi de önemli ölçüde azalttığı gösterilmiştir. Hücresel yaşlanmada yetişkin progenitör hücrelerin hücre döngüsünün durması sebebiyle merkezi sinir sisteminin rejeneratif kapasitelerini azalır. Hücresel yaşlanma nedeniyle yetişkin progenitör hücrelerin yenilenmemesi, merkezi sinir sistemini nörodejenerasyona duyarlı hale getirebilir (32,33).

Serebral mikrovasküler yapıda da yaşa bağlı olarak düşüşler olduğuna dair kanıtlar vardır ve vasküler patolojinin yaşa bağlı bilişsel bozulma ve nörodejenerasyona eşlik ettiği gösterilmiştir. Bozulmuş serebrovasküler perfüzyon ve BBB fonksiyonunun nöronal ve glial sağkalımı olumsuz etkileyebileceği düşünülebilir (34,35).

Alzheimer hastalığında yapılan çalışmalarda farklılaşmış post-mitotik nöronların anormal hücre döngüsüne girmelerinin Alzheimer hastalığının patogenezinde önemli bir rol oynayabileceğine dair kanıtlar bulunmuştur. p16INK4a düzeylerinin, hem Alzheimer

hastalarından alınan nöronlarda hem de Alzheimer fare modellerindeki nöronlarda yükseldiği bildirilmiştir. p53'ün artan seviyelerinin de, Alzheimer hastalarından alınan farklı beyin bölgelerinde ve lenfositlerde ayrıca Alzheimer fare modellerinin nöronlarında rapor edilmiştir (36,37). Alzheimer hastaları ve fare modellerinde ayrıca, yaşlanmada gözlenene benzer şekilde artan oksidatif stres ve mitokondriyal fonksiyon bozuklukları gözlenmiştir (38).

Yapılan araştırmalarda elde edilen çok sayıda kanıt, Parkinson hastalığı patogeneğinde hücresel yaşlanmanın rolünü desteklemektedir. Parkinson hastalığında, hücre döngüsü genlerinin ekspresyonunun arttığı ve kontrollere kıyasla Parkinsonlu beyin örneklerinde p16INK4a mRNA seviyelerinin yükseldiği gösterilmiştir (39,40). Yine sağlıklı kontrollerle kıyaslandığında Parkinson hastalarından alınan beyin-omurilik sıvısı örneklerinde artan SA- β -gal seviyeleri de bulunmuştur. Mitokondriyal ve otofajik/lizozomal fonksiyon bozukluklarının yanı sıra bu yollardaki birçok mutasyonun da Parkinson hastalığının patofizyolojisinde anahtar rol oynadığı bildirilmiştir(41).



Görsel 4: Normal yaşlanma ve nörodejeneratif hastalıklarda hücresel yaşlanma (42)

3. NÖRODEJENERASYONDA HÜCRESEL YAŞLANMA KARŞITI TEDAVİ YAKLAŞIMLARI

Araştırmacılar, hücresel yaşlanma karşıtı bir tedavi yaklaşımının, nörodejeneratif hastalıklarda etkili olabileceğini düşünmektedirler. Yaşlanma karşıtı veya senoterapötik bir yaklaşım, yaşlanan hücrelerin bir doku üzerindeki yükünü azaltmak (senolitik) veya yaşlanan hücrelerin doku üzerindeki zararlı etkilerini nötralize edecek şekilde yaşlanmayla ilişkili salgı

fenotiplerinin veya belirli salgı fenotipi araçlarının ekspresyonunu bloke ederek modüle etmek (senomorfik) için yaşılan hücrelerin seçici ölümünü içerebilir. Bu yaklaşımlara uygun olarak çeşitli *in-vivo* ve *in-vitro* çalışmalar yapılmaktadır (43-46)

4. SONUÇ

Hücrel yaşlanma, yaşlanmayla insidansı artan nörodejeneratif hastalıklarda önemli roller üstlenir. Yapılan araştırmalarda, astrositleri, mikrogliaları, oligodendrosit progenitörlerini ve nöral kök hücreleri etkileyen hücrel yaşlanma kanıtları giderek artmaktadır. Nöronların ve oligodendrositlerin de yaşlanabileceğini düşündüren bulgular da literatürde mevcuttur. Hücrel yaşlanmayı nörodejenerasyon mekanizmalarına bağlayan kanıtlar hala dolaylı olarak bulunmaktadır ve yaşlanmanın nörodejenerasyondaki varsayılan rolünün daha fazla araştırılması gerekmektedir. Hücrel yaşlanma, nörodejeneratif hastalıklar için yeni terapötik yollar açan bir terapötik hedef olabilir ve senoterapötiklerin, etkili nöroprotektanlar olduğu da yapılacak çalışmalarla kanıtlanabilir.

5. REFERANSLAR

1. Coppé, J.-P., Desprez, P.-Y., Krtolica, A., and Campisi, J. (2010). The senescence-associated secretory phenotype: the dark side of tumor suppression. *Annu. Rev. Pathol.* 5, 99–118.
2. Vicencio, J. M., Galluzzi, L., Tajeddine, N., Ortiz, C., Criollo, A., Tasdemir, E., et al. (2008). Senescence, apoptosis or autophagy? When a damaged cell must decide its path—a mini-review. *Gerontology* 54, 92–99.
3. Yanagi, S., Tsubouchi, H., Miura, A., Matsuo, A., Matsumoto, N., and Nakazato, M. (2017). The impacts of cellular senescence in elderly pneumonia and in age-related lung diseases that increase the risk of respiratory infections. *Int. J. Mol. Sci.* 18: E503.
4. Faragher, R. G. A., McArdle, A., Willows, A., and Ostler, E. L. (2017). Senescence in the aging process. *F1000Res* 6:1219.
5. Kültz, D. (2005). Molecular and evolutionary basis of the cellular stress response. *Annu. Rev. Physiol.* 67, 225–257.
6. Hernandez-Segura, A.; Nehme, J.; Demaria, M. Hallmarks of Cellular Senescence. *Trends Cell Biol.* 2018, 28, 436–453.
7. Nakamura, A. J., Chiang, Y. J., Hathcock, K. S., Horikawa, I., Sedelnikova, O. A., Hodes, R. J., et al. (2008). Both telomeric and non-telomeric DNA damage are determinants of mammalian cellular senescence. *Epigenetics Chromatin* 1:6.
8. Rodier, F., Muñoz, D. P., Teachenor, R., Chu, V., Le, O., Bhaumik, D., et al. (2011). DNA-SCARS: distinct nuclear structures that sustain damage-induced senescence growth arrest and inflammatory cytokine secretion. *J. Cell Sci.* 124, 68–81.
9. Jurk, D., Wang, C., Miwa, S., Maddick, M., Korolchuk, V., Tzolou, A., et al. (2012). Postmitotic neurons develop a p21-dependent senescence-like phenotype driven by a DNA damage response. *Aging Cell* 11, 996–1004.
10. Acosta, J. C., Banito, A., Wuestefeld, T., Georgilis, A., Janich, P., Morton, J. P., et al. (2013). A complex secretory program orchestrated by the inflammasome controls paracrine senescence. *Nat. Cell Biol.* 15, 978–990.
11. Weichhart, T. (2018). mTOR as regulator of lifespan, aging, and cellular senescence: a mini-review. *Gerontology* 64, 127–134.

12. Höhn, A., and Grune, T. (2013). Lipofuscin: formation, effects and role of macroautophagy. *Redox Biol.* 1, 140–144.
13. Di Micco, R., Krizhanovsky, V., Baker, D. et al. Cellular senescence in ageing: from mechanisms to therapeutic opportunities. *Nat Rev Mol Cell Biol* 22, 75–95 (2021).
14. Sofroniew, M.V.; Vinters, H.V. Astrocytes: Biology and pathology. *Acta Neuropathol.* 2010, 119, 7–35.
15. Pertusa, M.; García-Matas, S.; Rodríguez-Farré, E.; Sanfeliu, C.; Cristòfol, R. Astrocytes aged in vitro show a decreased neuroprotective capacity. *J. Neurochem.* 2007, 101, 794–805.
16. Mansour, H.; Chamberlain, C.G.; Weible, M.W., II; Hughes, S.; Chu, Y.; Chan-Ling, T. Aging-related changes in astrocytes in the rat retina: Imbalance between cell proliferation and cell death reduces astrocyte availability. *Aging Cell* 2008, 7, 526–540.
17. Han, X., Zhang, T., Liu, H., Mi, Y., & Gou, X. (2020). Astrocyte Senescence and Alzheimer's Disease: A Review. *Frontiers in aging neuroscience*, 12, 148.
18. Flanary, B.E.; Streit, W.J. Progressive Telomere Shortening Occurs in Cultured Rat Microglia, but Not Astrocytes. *Glia* 2004, 45, 75–88.
19. Flanary, B.E.; Sammons, N.W.; Nguyen, C.; Walker, D.; Streit, W.J. Evidence That Aging and Amyloid Promote Microglial Cell Senescence. *Rejuvenation Res.* 2007, 10, 61–74.
20. Spittau B. Aging Microglia-Phenotypes, Functions and Implications for Age-Related Neurodegenerative Diseases. *Front Aging Neurosci.* 2017 Jun 14;9:194.
21. Giacci, M.K.; Bartlett, C.A.; Smith, N.M.; Iyer, K.S.; Toomey, L.M.; Jiang, H.; Guagliardo, P.; Kilburn, M.R.; Fitzgerald, M. Oligodendroglia Are Particularly Vulnerable to Oxidative Damage after Neurotrauma In Vivo. *J. Neurosci.* 2018, 38, 6491–6504.
22. Al-Mashhadi, S.; Simpson, J.E.; Heath, P.R.; Dickman, M.; Forster, G.; Matthews, F.E.; Brayne, C.; Ince, P.G.; Wharton, S.B. Oxidative glial cell damage associated with white matter lesions in the aging human brain. *Brain Pathol.* 2015, 25, 565–574.
23. Tang, D.G.; Tokumoto, Y.M.; Apperly, J.A.; Lloyd, A.C.; Raff, M.C. Lack of replicative senescence in cultured rat oligodendrocyte precursor cells. *Science (80-.)* 2001, 291, 868–871.
24. Reynolds, R.; Dawson, M.; Papadopoulos, D.; Polito, A.; Di Bello, I.C.; Pham-Dinh, D.; Levine, J. The response of NG2-expressing oligodendrocyte progenitors to demyelination in MOG-EAE and MS. *J. Neurocytol.* 2002, 31, 523–536.
25. Lucchinetti, C.; Brück, W.; Parisi, J.; Scheithauer, B.; Rodriguez, M.; Lassmann, H. A quantitative analysis of oligodendrocytes in multiple sclerosis lesions. A study of 113 cases. *Brain* 1999, 122, 2279–2295.
26. Patani, R.; Balaratnam, M.; Vora, A.; Reynolds, R. Remyelination can be extensive in multiple sclerosis despite a long disease course. *Neuropathol. Appl. Neurobiol.* 2007, 33, 277–287.
27. Cai, Z.; Xiao, M. Oligodendrocytes and Alzheimer's disease. *Int. J. Neurosci.* 2016, 126, 97–104.
28. Sedelnikova, O.A.; Horikawa, I.; Zimonjic, D.B.; Popescu, N.C.; Bonner, W.M.; Barrett, J.C. Senescing human cells and ageing mice accumulate DNA lesions with unrepairable double-strand breaks. *Nat. Cell Biol.* 2004, 6, 168–170.

29. Ribezzo, F.; Shiloh, Y.; Schumacher, B. Systemic DNA damage responses in aging and diseases. *Semin. Cancer Biol.* 2016, 37–38, 26–35.
30. Giunta, B.; Fernandez, F.; Nikolic, W.V.; Obregon, D.; Rrapo, E.; Town, T.; Tan, J. Inflammaging as a prodrome to Alzheimer's disease. *J. Neuroinflamm.* 2008, 5, 51.
31. Calabrese, V.; Santoro, A.; Monti, D.; Crupi, R.; Di Paola, R.; Latteri, S.; Cuzzocrea, S.; Zappia, M.; Giordano, J.; Calabrese, E.J.; et al. Aging and Parkinson's Disease: Inflammaging, neuroinflammation and biological remodeling as key factors in pathogenesis. *Free Radic. Biol. Med.* 2018, 115, 80–91.
32. Cipriani, S.; Ferrer, I.; Aronica, E.; Kovacs, G.G.; Verney, C.; Nardelli, J.; Khung, S.; Delezoide, A.L.; Milenkovic, I.; Rasika, S.; et al. Hippocampal Radial Glial Subtypes and Their Neurogenic Potential in Human Fetuses and Healthy and Alzheimer's Disease Adults. *Cereb Cortex* 2018, 28, 2458–2478.
33. Yang, Z.; Jun, H.; Choi, C.-I.; Yoo, K.H.; Cho, C.H.; Hussaini, S.M.Q.; Simmons, A.J.; Kim, S.; van Deursen, J.M.; Baker, D.J.; et al. Age-related decline in BubR1 impairs adult hippocampal neurogenesis. *Aging Cell* 2017, 16, 598–601.
34. Bell, R.D.; Zlokovic, B.V. Neurovascular mechanisms and blood-brain barrier disorder in Alzheimer's disease. *Acta Neuropathol.* 2009, 118, 103–113.
35. Hawkins, B.T.; Davis, T.P. The blood-brain barrier/neurovascular unit in health and disease. *Pharmacol. Rev.* 2005, 57, 173–185.
36. Esteras, N.; Alquézar, C.; Bermejo-Pareja, F.; Bialopiotrowicz, E.; Wojda, U.; Martín-Requero, Á. Downregulation of extracellular signal-regulated kinase 1/2 activity by calmodulin KII modulates p21 Cip1 levels and survival of immortalized lymphocytes from Alzheimer's disease patients. *Neurobiol. Aging* 2013, 34, 1090–1100.
37. Tiribuzi, R.; Orlacchio, A.A.; Crispoltoni, L.; Maiotti, M.; Zampolini, M.; De Angelis, M.; Mecocci, P.; Cecchetti, R.; Bernardi, G.; Datti, A.; et al. Lysosomal β -galactosidase and β -hexosaminidase activities correlate with clinical stages of dementia associated with Alzheimer's disease and type 2 diabetes mellitus. *J. Alzheimer's Dis.* 2011, 24, 785–797.
38. López-Otín, C., Blasco, M. A., Partridge, L., Serrano, M., and Kroemer, G. (2013). The hallmarks of aging. *Cell* 153, 1194–1217.
39. Lindqvist, D.; Kaufman, E.; Brundin, L.; Hall, S.; Surova, Y.; Hansson, O. Non-Motor Symptoms in Patients with Parkinson's Disease—Correlations with Inflammatory Cytokines in Serum. *PLoS ONE* 2012, 7, e47387.
40. Brodacki, B.; Staszewski, J.; Toczyłowska, B.; Kozłowska, E.; Drela, N.; Chalimoniuk, M.; Stepien, A. Serum interleukin (IL-2, IL-10, IL-6, IL-4), TNF α , and INF γ concentrations are elevated in patients with atypical and idiopathic parkinsonism. *Neurosci. Lett.* 2008, 441, 158–162.
41. Plotegher, N.; Duchon, M.R. Crosstalk between Lysosomes and Mitochondria in Parkinson's Disease. *Front. Cell Dev. Biol. Cell Dev. Biol* 2017, 5, 110.
42. Baker DJ, Petersen RC. Cellular senescence in brain aging and neurodegenerative diseases: evidence and perspectives. *J Clin Invest.* 2018 Apr 2;128(4):1208-1216.
43. Kim, H.-N.; Chang, J.; Shao, L.; Han, L.; Iyer, S.; Manolagas, S.C.; O'Brien, C.A.; Jilka, R.L.; Zhou, D.; Almeida, M. DNA damage and senescence in osteoprogenitors expressing Osx1 may cause their decrease with age. *Aging Cell* 2017, 16, 693–703.

44. Pan, J.; Li, D.; Xu, Y.; Zhang, J.; Wang, Y.; Chen, M.; Lin, S.; Huang, L.; Chung, E.J.; Citrin, D.E.; et al. Inhibition of Bcl-2/xl With ABT-263 Selectively Kills Senescent Type II Pneumocytes and Reverses Persistent Pulmonary Fibrosis Induced by Ionizing Radiation in Mice. *Int. J. Radiat. Oncol.* 2017, 99, 353–361.
45. Arriola Apelo, S.I.; Lamming, D.W. Rapamycin: An InhibiTOR of Aging Emerges From the Soil of Easter Island. *J. Gerontol. Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 2016, 71, 841–849.
46. Mouraret, N.; Marcos, E.; Abid, S.; Gary-Bobo, G.; Saker, M.; Houssaini, A.; Dubois-Rande, J.-L.; Boyer, L.; Boczkowski, J.; Derumeaux, G.; et al. Activation of Lung p53 by Nutlin-3a Prevents and reverses Experimental Pulmonary Hypertension. *Circulation* 2013, 127, 1664–1676.



APSIDAL MOTION CONSTANTS OF ECLIPSING BINARY STARS**Dr. Gülay İNLEK**

Balıkesir University

<https://orcid.org/0000-0002-4884-1437>**ABSTRACT**

It has been studied how the value of apsidal motion constant k_2 changes depending on the age and metallicity of the star. For this context the apsidal motion constant k_2 are calculated for six eclipsing – binary stars: CW Cephe, V 478 Cygni, AG Persei, V 453 Cygni, IQ Per and V 578 Mon. The ages and metal values of the stars were entered in the EZ-Web program to calculate the most appropriate values with the observational k_2 values. The program EZ (Evolve ZAMS) – Web was established by Paxton with modernizing the Eggleton Code in the Department of Astronomy, University of Wisconsin, Madison. The FORTRAN program which includes the RADAU differential equation of Clairaut- Radau were used to calculate the theoretical values of the apsidal motion constants. Younger, more massive stars all have higher with metal content. It is expected that this metal content will be approximately 0.02. For massive stars k_2 can be a sensitive test of log Age. O-C timings are more informative for the massive stars. There are two or three ways to determine the age of the stars. To the best of our knowledge, apsidal motion constant value can be used to estimate the age of the star.

Key Words : Eclipsing binary stars, stellar models, apsidal constant.

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF RECYCLED ISOTACTIC POLYPROPYLENE NANOCOMPOSITES CONTAINING DATE WOOD FIBER

Habib Shaban

Kuwait University

Abstract:

Nanocomposites of isotactic polypropylene (iPP) and date wood fiber were prepared after modification of the host matrix by reactive extrusion grafting of maleic anhydride. Chemical and mechanical treatment of date wood flour (WF) was conducted to obtain nanocrystalline cellulose. Layered silicates (clay) were partially intercalated with date wood fiber, and the modified layered silicate was used as filler in the PP matrix via a melt-blending process. The tensile strength of composites prepared from wood fiber modified clay was greater than that of the iPP-clay and iPP-WF composites at a 6% filler concentration, whereas deterioration of mechanical properties was observed when clay and WF were used alone for reinforcement. The dispersion of the filler in the matrix significantly decreased after clay modification with cellulose at higher concentrations, as shown by X-ray diffraction (XRD) data.

Keywords: Nanocomposites, isotactic polypropylene, date wood flour, intercalated, melt-blending.

THE X-RAY ATTENUATION CHARACTERISTICS OF HUMAN BREAST TISSUE EQUIVALENT STRUCTURES

Assoc. Prof. Dr. Aysun BÖKE

Balıkesir University

<http://orcid.org/0000-0002-0108-6825>

ABSTRACT

The determination of significant change between the structural properties of different molecules and complex structures is possible by the use of coherent scattering. Coherent scattering plays an important role in the studies of imaging methods. In this study, complex molecular structures which are equivalent to human breast tissue were examined. The molecular form factors that incorporate interference effects that give characteristic features for tissue equivalent molecular structures should be created primarily. By using these modified form factors, coherent scattering characteristics are obtained. The calculated coherent scattering coefficients are compared with the experimental results in the literature. Changes on molecular structure are made until the best results are obtained in comparison with experimental data. For example, calculations are repeated by making changes in the mass fraction values in tissue of element and the type, number of elements forming the molecular structure. When a high level of compatibility is obtained between the experimental findings in the literature and our calculations, the most likely elemental composition of human breast tissue equivalent molecule should have been obtained. By using these results, the attenuation characteristics of human breast tissue equivalent structure are produced.

Key words: Breast Tissue Equivalent Structures, X-ray Attenuation Characteristic, Interference effects.

EVRIŞİMSEL SİNİR AĞLARI(CNN) İLE GÖRÜNTÜ ANALİZİ VE NESNELERİN TAKİBİNİ YAPMAK İÇİN BELİRLİ ÖZELLİKLERİN SINIFLANDIRILMASI VE ANLAMLANDIRILMASI: TRAFİĞE AÇIK YOLLARDAKİ NESNELERİN TAKİBİ VE YOLDAKİ BOZUK ALANLARIN TESPİTİ UYGULAMASI

Dr. Öğr. Üyesi Murat Onay¹, İbrahim Yılmaz², Fatih Küçüker², Mehmet Kütahneci², Mehmet Göcen²

¹ Erciyes Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bil Fakültesi 0000-0003-2476-6660

² Erciyes Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bil Fakültesi (YL öğrencisi)

ÖZET

Belirli spesifik bir nesneye ait özelliğin insan tarafından tespiti kolay olsa da otonom ve belirli bir hızda akan verinin insan tarafından her zaman aynı sonuçların tespit edilebilmesi oldukça zor bir iştir. Bu soruna çözüm için yapay sinir ağlarına dayalı otonom nesne tanıma sistemi sunulmaktadır. Geleneksel görüntü işlemenin aksine burada amaç görüntülerin sadece işaretlenmesi ya da tanınması değildir. Yapay sinir ağları görüntüyü işleme ve anlamlandırmada ileri düzey teknoloji sağlamanın yanı sıra veri işleme ve analiz süresini de oldukça azaltmaktadır. Burada kullanılan Evrişimsel Sinir Ağları (CNN), genellikle görsel görüntünün analizinde kullanılan derin öğrenmeye ait bir alt daldır. CNN'lerin güçlü tarafı ise, tahmin ya da tanımlama gibi işlemleri etkili bir şekilde yerine getiren verimli bir ağ sağlamaktır. Diğer bir güçlü yanı ise filtrelemedeki avantajıdır. Filtreler, CNN'lerin geliştirilmesinde kullanılan anahtar yapılarıdır. Bu çalışmada trafiğe açık yollardaki kusurların belirlenmesi için bir veri kümesini kullanarak CNN modelinin eğitilmesi ve sonrasında insansız hava aracı tarafından alınan görüntülerden gerçek zamanlı olarak yollardaki bozuk bölümlerin tanıma analizlerinin yapılmasıdır. Bu sistemin avantajı yapay zekâ ile güçlendirilerek hem daha hızlı hem de daha kesin hedef tespiti yapmayı sağlamasıdır. Ayrıca sunulan çözüm, kullanımı kolay ve dolayısıyla geniş bir kullanıcı yelpazesine uygulanabilen düşük maliyetli insansız hava aracı sistemleri ile uyumludur.

Anahtar Kelimeler: Evrişimli Sinir Ağı, Yapay Zeka, Derin Öğrenme, Bozuk yol

Abstract

Although it is easy for a person to detect the feature of a specific object, it is a very difficult task for the human to detect the same results every time the data flows autonomously and at a certain speed. To solve this problem, an autonomous object recognition system based on artificial neural networks is presented. Unlike traditional image processing, the aim is not just marking or recognizing images. Artificial neural networks provide advanced technology in image processing and interpretation, as well as significantly reducing data processing and analysis time. Convolutional Neural Networks (CNN), used here, is a sub-branch of deep learning generally used in the analysis of visual images. The strength of CNNs is to provide an efficient network that effectively performs operations such as prediction or identification. Another strength is its advantage in filtering. Filters are key constructs used in the development of CNNs. In this study, a CNN model was trained using a dataset to identify defects on public roads, and then real-time recognition analyzes of bad sections on roads were made from images taken by the drone. The advantage of this system is that it is powered by artificial intelligence, enabling both faster and more precise target detection. In addition, the solution offered is compatible with low-cost unmanned aircraft systems that are easy to use and therefore applicable to a wide range of users.

Keywords: Convolutional Neural Network, Artificial Intelligence, Deep Learning, Damaged road

1.Giriş

Yollardaki kazaların bir çoğu yolların bozuk olmasından ve bu bozuk bölümlerin zamanında tespit edilememesi ya da tespit edilse bile bunun kayıt altına alıp otonom bir sistemde takibinin ve düzeltmenin çoğunlukla yapılamaması, günlerce, aylarca veyahut bazen yıllarca bile düzeltilmediği durumlar olmaktadır. Bu durumun bir çok kazanın sebebi olduğu bilinmektedir. Ayrıca her oluşan yeni durumun karayolları tarafından bilinmesi ve tespit edilmesi de ayrı bir maliyet yükü getirmektedir ya da tespit edilse dahi bu görüntülerin manuel alınıp analiz yapıp raporlanması da ayrı bir maliyet ve karmaşık süreci beraberinde getirecektir. Aslında buradaki amaç hatalı bölümün fotoğraflanmasından çok analiz ve raporlama süreçleri maliyetli olmaktadır. Görüntü analizinde kullanılan bir çok teknik olmasına rağmen gözümüzün gördüğü bu verilerin ötesinde daha karmaşık ve bu verilerin(görüntülerin) analizlerinden oluşan bir çok veriye ihtiyaç olabilmektedir. Derin öğrenme görüntü analizinde çok büyük yol kat etmekte ve her gün gelişen algoritmalarla yapay zekanın gelişmesine yoğun katkı sağlamaktadır. Görüntü işleme, bilgisayarların görme yeteneği kazanması, örüntüleri sınıflandırma, madencilik ve daha bir çok alanlarda makine öğreniminde kullanılmaktadır ve gün geçtikçe yeni bir çok alana yayılmaktadır. [1].

Yapılan çalışmalar artık yapay sinir ağlarının çok ilgi gördüğünü ve tıp, savunma sanayi, ulaşım, tarım vb. artık neredeyse bütün alanlara girdiğini göstermektedir. Aslında yapay sinir ağlarının temeli derin öğrenmeye dayanmaktadır ve derin öğrenmenin de tarihi biraz eskiye dayanmasına rağmen bilgisayarların gelişmesiyle günümüzde önemi daha da artmıştır ve gelecekte de muhtemelen artarak devam edecektir.

Burada bahsettiğimiz derin öğrenmenin bir alt dalı olan evrimsel sinir ağları(CNN) görüntülerin sınıflandırılması ve anlamlandırılmasında çok yol katetmiş olan hızlı bir modellemedir. [2].

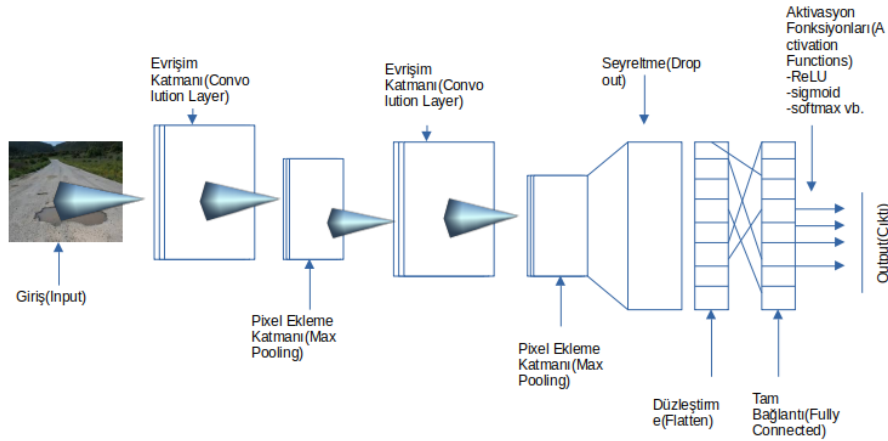
Bu çalışmada Evrimsel sinir ağının(CNN)'in seçilmiş olması görüntü işleme uygulanabilirliğinin yüksek ve performanslı olmasıdır. Bu uygulamada yollarda bulunan muhtemel nesnelerin veri setleri oluşturulmuş Bu veri setlerinin çok kanallı CNN kullanılarak eğitilmesi sağlanmış ve modelin tam bağlantı ve aktivasyon fonksiyonu sonrası doğruluk ve kayıp analizleri yapılmıştır.[3].

2.Genel Bilgiler

Uygulamada işlediğimiz konu olan yollardaki bozuk alanlar yapısı itibariyle çok karmaşık şekillerde ve renk tonlarında olmasıdır.

Burada ya bozuk alanların tespitinde başlıca kullanılan sistem ya da bu alanların makinelerle öğretilmesi ya da yollarda bulunan diğer nesnelerin öğretilerek en düşük skoru alan nesnelerin bozuk alan olarak belirlenmesidir. Ayrıca bu nesneler çukur mu ya da düz alan mı olduğu da ayrı bir durum ve çukurların lidar vb. sensörlerle tespiti de ayrıca gerekebilecektir. Bizim kullandığımız CNN metodu ise öncelikle yolların kenar algoritmalarıyla diğer alanlardan ayrılmasıdır. Sonrasında ise yollardaki mevcut ihtimal dahilinde bulunan nesnelerin sınıflandırılıp eğitilmesi ve muhtemel en düşük skor alan nesne (bizim eğitmediğimiz) bozuk olma ihtimalini doğuracaktır. Burada istenen sonuç çıkmadığında sürekli eğitilen model skor olarak yukarı çekilecektir.[4].

Aşağıda model görselleştirilmiştir.

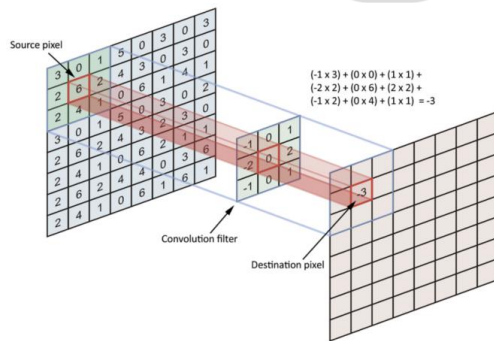


Görsel 1: Evrişimsel Sinir Ağı (Convolution Neural Network (CNN))

Input sample : Giriş verisi

Convolutional Layer(Evrişimsel Katman): CNN, Şekil 2’de. Diğer derin öğrenme yöntemlerinin yanı sıra çok katmanlı sinir ağlarından oluşur ve evrişim katmanı adı verilen özel bir yapıya sahiptir.

Yaygın olarak 3x3 ya da 5x5 filtre kullanılmaktadır. Bu matris filtre kaynak görüntünün sol üst piksellerinden görüntü boyunca hareket ettirilmekte ve seçilen alanla bu filtreyi çarparak hedef piksel’e yazmaktadır. Aslında ağ oluşurken sürekli rastgele değerler belirlenmektedir ve ağ böylece eğitilmektedir. Önemli konulardan birisi, burada seçilen filtreler çok fazla olmadıkça genelde aynı değerler üretmez buda kolayca modeli aşırı öğrenmeye(overfitting) götürmez. Filtreler görüntü üzerinden geçtikçe her bir filtre için farklı bir özellik oluşturulmaktadır. Bunlar daha sonrasında görüntü anlamlandırmada belli bir özellik aranırken aktivasyon fonksiyonuyla seçilmektedir. Burada en daha fazla filtre ekleyip ve derinliği de artırdıkça doğruluk ta artırmış olur model aşırı öğrenme(overfitting) olmadıkça.[5].



Görsel 2: Evrişimsel Katman(Convolutional Layer)

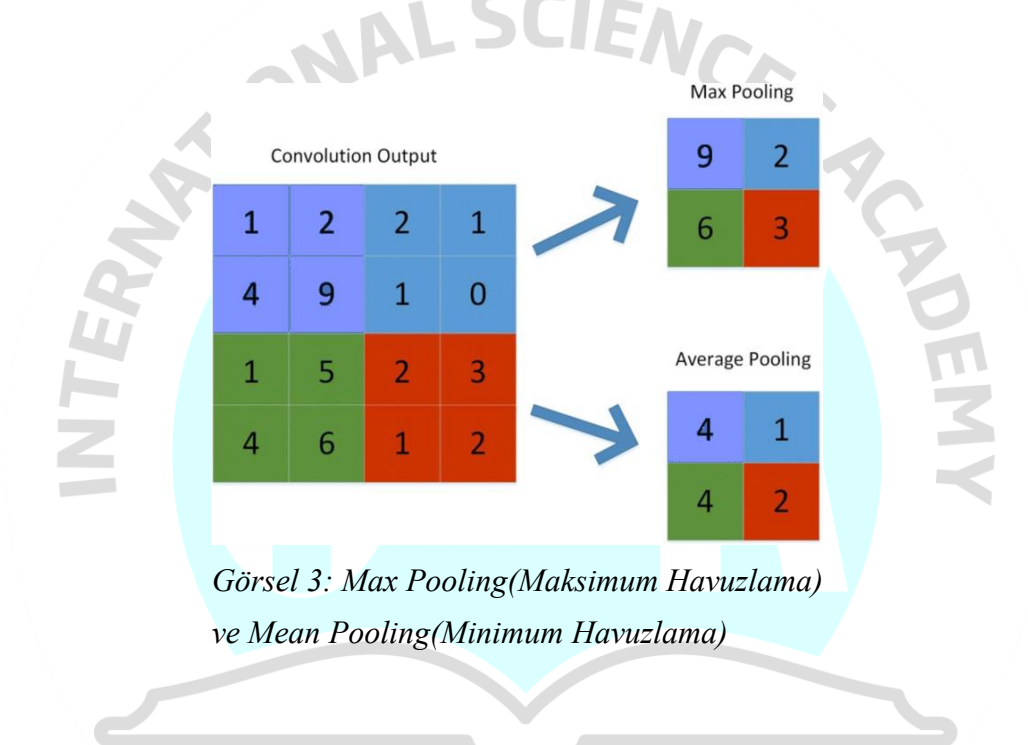
Aktivasyon Foksiyonu : CNN için Lineer(Doğrusal) olmayan en başarılı aktivasyon fonksiyonu ReLu’dur. CNN lineer aktivasyon kullanmaz, çünkü katmanlar doğrusal olduğundan bu sorun olabilir. Ağ eğitiminde en hızlı aktivasyon fonksiyonu ReLu diyebiliriz. Ayrıca sigmoid, softmax vb. kullanılmaktadır.[6]

Pooling Layer(Havuzlama Katmanı): Bu katman ise özelliklere ait haritalarının boyutlarında ve modele girilen parametre sayılarında azaltma yapmak için tercih edilir. Max Pooling ve Mean Pooling olarak 2 farklı kullanım şekli vardır. Daha doğru söylemek gerekirse özelliklerin özetini çıkarır fakat veri kaybından dolayı tercih edilmediği de çoktur.

Çalışma mantığı ise şu şekildedir;

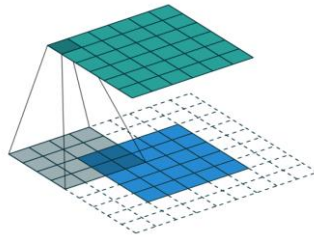
Max Pooling(En büyük havuzlama) ya da **Average Pooling(Ortalama havuzlama)** olarak kullanılmaktadır. En büyük havuzlama ile seçilen(genelde 2x2) filtre ile dolaştırarak her 2x2 alandaki en yüksek değeri alır ve resmi küçültürüz. Ortalama havuzlama da ise her 2x2 filtrenin geçtiği alandan ortalamasını almaktadır. Buradaki amaç, modelin doğru karar vermesi için yeterli değeri alıp kullanmasıdır.

Katmanın görseli aşağıdaki gibidir



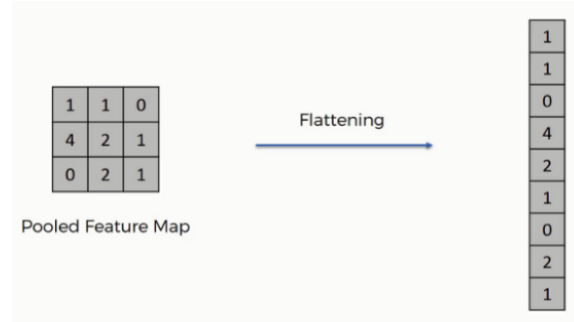
Görsel 3: Max Pooling(Maksimum Havuzlama)
ve Mean Pooling(Minimum Havuzlama)

Padding Layer(Piksel EklemeKatmanı):Evrişimsel ağda derinlik arttıkça görseller her seferinde daha da küçülecektir. Buda zamanla derinliği yüksek ağlarda çok küçülüp özellik çıkarmayı zorlaştıracağından ya da overfitting'e gideceğinden Bu durumu kurtarmak için Piksel ekleme işlemiyle görsel tekrar büyütülmektedir. Burada özelliği büyötmek için kullanılan matrisler veri kaybının durumuna göre 2x2, 3x3 vb. seçilebilir.



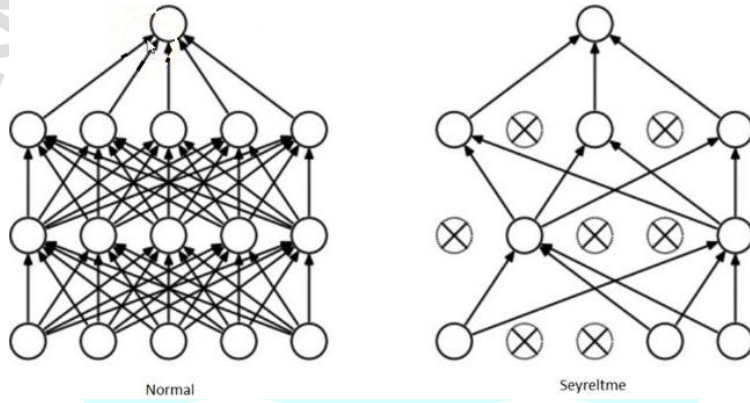
Görsel 4: Padding(Piksel Ekleme)

Flatten Layer(Düzleştirme Katmanı): Buradaki amaç evrişimsel ve havuzlama sonrası matrix şeklinde olan verilerin Fully connected(Tam Bağlantı) sinir ağına uygunluk için tek boyutlu yapıya(Liner) dönüştürülmesidir.



Görsel 5: Flatten(Düzleştirme) Katmanı

Dropout(Seyreltme): Eğitim sırasında overfitting(aşırı öğrenme ya da ezberleme)'i önlemek için rastgele seçilen piksellerin, nöronların eğitimi sırasında göz ardı edilmesidir.

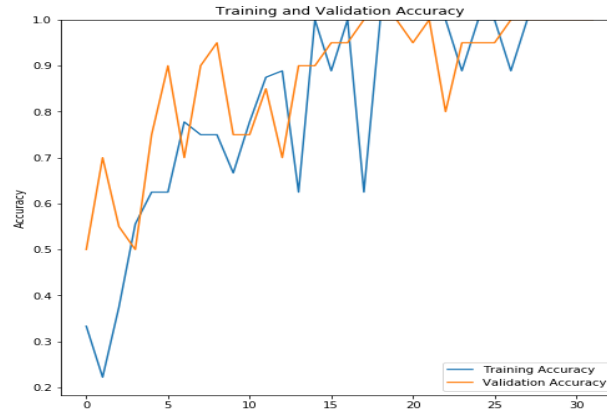


Görsel 6: Dropout(Ağı Seyreltme)

3.Uygulama

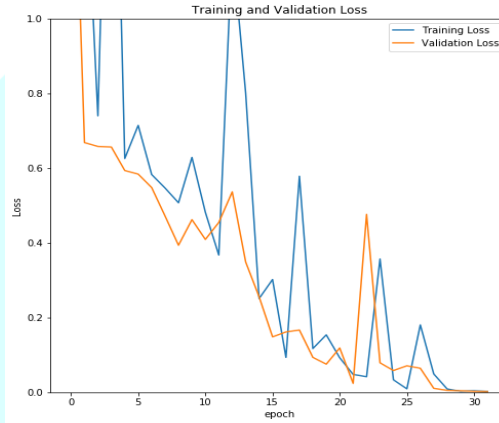
Geliştirilen uygulamada CPU bazlı işlemci Kullanılmıştı. Uygulama Python üzerinden yapılmıştır ve uygulama üzerinde bazı parametreler ise şu şekilde kullanılmıştır. batch_size=3 olarak alınmıştır. Learning rate=0.001 olarak alınmıştır. Her bir derinlikte(Dense) steps_per_epoch=3 olarak alınmıştır. Epochs=32 yani derinlik 32 olarak alınmıştır. Tabii buradaki modelin öğrenmede kullandığı parametreler performans, doğruluk ve aşırı öğrenme dikkate alınarak değiştirilmelidir. Mümkün olduğu kadar öğrenme girdilerinin fazla olması ve görseldeki kalitenin de özellik çıkarmaya uygun olması gerekmektedir. Aslında modele girilen örneklerin daha önceden işlenip filtrelenmesi ve belli gereksiz alanların temizlenmesi modelin hem yormayacak hem de doğruluğu artıracaktır. Farklı uygulamalardaki datasetlerde çalışılarak uygulamamızın performans değerlendirmesi ayrıca yapılmıştır.

Modelin doğruluk ve kayıp eğrileri aşağıdaki gibidir.



Görsel 7: Training(Eğitim)

ve Validation(Doğruluk) Eğri Doğrulukları



Görsel 8: Training(Eğitim)

ve Validation(Doğruluk) Eğri Kayıpları

Modelde derinlik arttıkça öğrenme daha iyi gerçekleşmekte ve ezberlemeye yaklaşmakta(Görsel 7). Aslında kullanılan veri setinin elemanlarının birbirine yakın olmamasından dolayı(aynı sınıfa ait girdilerin aralarında ciddi farklar olması), grafikte aşırı iniş çıkışlar doğurmaktadır. Bu daha çok arka plan konturlarının yeterince alınmadığından kaynaklanmaktadır. Aynı durum loss(kayıp) eğrisinde de bulunmaktadır.(Görsel 8)

uygulama dili olarak Python ve kütüphane olarak ise tensorflow ve opencv kütüphaneleri kullanılmıştır. Dataset, 2 ayrı klasör şeklinde bozuk_yol ve düzgün_yol şeklinde oluşturulmuştur. Training(Eğitim) , Validation(Doğrulama) datasetinin %30 luk kısmı seçilmiştir ve bu seçim her iki klasörden de eşit olarak seçilerek random kullanılmamıştır.

Görsel 7 deki accuracy(kesinlik) grafiğinde eğitim(training) ve doğrulama(validation) eğrilerinden de anlaşılacağı üzere ve Görsel 8 deki kayıp(loss) oransal olarak çok yüksek değildir. Bura tabi ki eldeki veri setlerinin kısıtlı olması ve kullanılan CPU tabanlı donanımın yetersiz olmasından kaynaklanan kısıtlı derinlik seçenekleri göz önünde bulundurulmalıdır. Yüksek işlemci gücüne sahip GPU tabanlı bir donanım kaynağında daha yüksek derinlik, daha büyük veri setleri , daha fazla evrişimsel, piksel vb. diğer katmanlar kullanılabileceğinden, hem accuracy(doğruluk) hem de performans artışı olacağı düşünülmektedir.

4.Sonuçlar ve Değerlendirme

Yapılan uygulamada CNN Evrişimsel sinir ağı algoritmasının tüm aşamaları detaylıca kullanılmıştır. Her bir filtre ve dönüşümler ayrıca incelenmiştir. Algoritmanın tüm parametreleri farklı varyasyonlar denenerek doğruluğu artıracak şekilde uyarlanmıştır. Tabii burada girdi sınıflarının yapısına göre modelinde optimize edilmesi gerekmektedir. Bu uygulama yapılan mevcut uygulamayla sınırlı kalınamayacağı görülmüştür. Sadece çok küçük değişikliklerle bir çok benzer yapay zeka uygulamasında istenilen sonuçların elde edileceği görülmüştür. Ayrıca bu uygulamada diğer trafikte karadan giden araçlar üzerindeki uygulamalara göre daha avantajlı olacağı görülmektedir. Burada aslında sadece bozuk yol taraması yapılmamaktadır ayrıca tüm yol ve yol çevresindeki(Yola etki eden) geniş açıdaki tüm çevresel nesnelerin model aracılığıyla öğretilmesi sağlanmaktadır. Dolayısıyla birçok sayısal veri ayrıca eğitime sokulmaktadır ve geniş çaplı sınıflandırma ve ağı eğitimi süreci oluşmaktadır.

Kaynakça

- [1]. E. DEMİREL, glioblastom ve soliter beyin metastazı ayırıcı tanısında konvansiyonel mr sekanslarından otomatik segmentasyonla elde edilen radiomics verileri ile oluşturulan yapay zeka modellerinin başarısı, 2020
- [2]. S. Suganyadevi, V. Seethalakshmi, A review on deep learning in medicage analysisl im, 2021
- [3]. M.E. DÖŞ, uzaktan algılama verilerinin derin öğrenme ile sınıflandırılması, 2020
- [4]. A. YILMAZ, Diagnosing COVID-19 from X-Ray images with using multi-channel CNN architecture , 2021
- [5]. Z. Xu, R. Wang, Building extraction from high resolution SAR imagery based on deep neural networks, 2017
- [6]. M. Stewart, Simple Introduction to Convolutional Neural Networks, 2019

ADVANTAGES OF A NEW MANUFACTURING FACILITY FOR THE PRODUCTION OF NANOFIBER

R. Knizek

Technical University of Liberec

D. Karhankova

Technical University of Liberec

Abstract

The production of nanofibers and the machinery for their production is a current issue. The pioneer, in the industrial production of nanofibers, is the machinery with the sales descriptions Nanospider™ from the company Elmarco, which came into being in 2008. Most of the production facilities, like Nanospider™, use electrospinning. There are also other methods of industrial production of nanofibers, such as the centrifugal spinning process, which is used by FibeRio Technology Corporation. However, each method and machine has its advantages, but also disadvantages and that is the reason why a new machine called as Nanomachine, which eliminates the disadvantages of other production facilities producing nanofibers, has been developed.

Keywords: Nanomachine, nanospider, spinning slat, electrospinning.

**LOCAL DETERMINATION OF BROKEN POINT COORDINATES OF BUILDING PLOTS
IN CONNECTED RECONSTRUCTION ISLANDS BY LOCAL CASSINI METHOD****BITİŞİK NİZAMLI İMAR ADALARINDA BİNA PARSELLERİ KIRIK NOKTA
KOORDİNATLARININ YERSEL ŞEKİLDE CASSİNİ METODU İLE TAYİNİ****¹Selim Taşkaya**^{*1}Artvin Meslek Yüksekokulu Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Artvin, Türkiye.^{*}Orcid No: <https://orcid.org/0000-0002-4290-3684>**ÖZET**

İmar, bir arazi parçasının insanların üzerinde yaşayabileceği en iyi haline getirilmesi olarak tanımlanabilir. İmar sahaları belirlenirken öncelikle bir küme gibi imara alınacak saha belirlenerek imar sınırları geçirilir. İmar sınırları içerisinde arazi parçalarının bayındır hale getirilmesi işlemi imar adalarının, yolların oluşturulması ile mümkün hale gelir. İmar adalarının ise kendi içerisinde kullanım amacına göre çeşitleri mevcuttur. Bu adaların bir kısmı konut ihtiyacını gidermek üzere lejant olarak imar paftalarına işlenirken, bir kısmı ticari, konut + ticari, merkezi iş alanları, dini tesis alanı, karakol, mahalli oyun alanları, yeşil alanlar vb. şekilde oluşur. Konut alanları detayına girildiğinde ise yaşam alanları olan binaların oluşumu yapı nizamlarına göre meydana getirilir. Temelde üç tip ayrık, blok ve bitişik yapı nizamları, Türkiye'deki İmar Kanununa göre mevcuttur. Bitişik nizamlı imar parsellerinde ön çekme mesafesi yoktur. Ön çekme mesafesi olmadığından sadece arka çekme yani bahçe mesafesinden çekme uygulanır. Bu şekilde yola sıfır geçecek şekilde imar çapı alır.. Bu çekmeler sonucunda parselin konveks şeklinde kaç kenar varsa bir eksiği kadar bina kırık noktaları oluşur. Oluşan kırık noktalarının mekânsal yerinin yani koordinatlarının belirlenmesinde gps gibi teknolojik araçlarının yanı sıra yersel nokta belirleme metotları mevcuttur. Bunlardan biriside geriden kestirme metotlarından olan cassini metodudur. Cassini metodu, en az üç noktasındaki koordinatları bilinen bir imar parselinin çekme mesafeleri ile oluşan bina parselinin bilinmeyen noktasının koordinatlarının bilinen ile bilinmeyen noktalar arası açı ve mesafe uzunlukları ile çemberler geçirilmesi sonucu belirlenmesi işlemidir. Çalışmamızda blok nizam şeklindeki imar parsellerden cassini metodu ile kat yüksekliği ve taban alanı oturum katsayılarına göre oluşabilecek bina parsellerinin kırık noktalarının geleneksel şekilde yersel olarak koordinatlarının bulunmasına çalışıldı.

Anahtar Kelimeler: Bitişik nizam, Bina parseli, Cassini Metodu**ABSTRACT**

Zoning can be defined as the optimization of a piece of land for people to live on. When determining the zoning areas, first of all, the area to be built as a cluster is determined and the zoning boundaries are passed. The process of making the pieces of land prosperous within the boundaries of zoning becomes possible with the creation of zoning islands and roads. On the other hand, there are various types of zoning islands according to their intended use. While some of these islands are written on the zoning sheets as legends to meet the housing need, some of them are commercial, residential + commercial, central business areas, religious facility area, police station, local playgrounds, green areas, etc. way it occurs. When the details of residential areas are entered, the formation of buildings, which are living areas, is created according to the building regulations. Basically, three types of separate, block and adjacent building regulations exist according to the Zoning Law in Turkey. There is no pre-drawing distance in adjacent zoning parcels. Since there is no front towing distance, only rear pulling, that is, pulling from the garden distance, is applied. In this way, it gets a zoning diameter so that it passes zero to the road. As a result of these pulls, the number of convex edges of the parcel, one less than the building fracture points are formed. In addition to technological tools such as GPS, terrestrial point determination

methods are available in determining the spatial location, ie the coordinates, of the fracture points. One of them is the cassini method, which is one of the back-cut methods. Cassini method is the process of determining the coordinates of the unknown point of the building parcel, which is formed by the drawing distances of a zoning parcel whose coordinates at least three points are known, as a result of passing circles with the angle and distance lengths between the known and unknown points. In our study, it was tried to find the traditionally local coordinates of the broken points of the building parcels that may occur according to the floor height and floor area settlement coefficients, from the zoning parcels in the form of block order, using the cassini method.

Keywords: Adjacent layout, Building parcel, Cassini Method

1.Introduction

One of the largest sectors of our country is activities in the field of construction. Although the construction sector has stagnated from time to time, it has never lost its importance in the construction of a new country since the first years of the republic. The construction works carried out by the Ministry of Public Works and Settlement continued under the name of the Ministry of Environment and Urbanization, which was later changed. In order for citizens or official institutions to build on a land, they must obtain permission from the municipalities within the boundaries of the municipality's zoning and adjacent areas, and from the special provincial administrations outside the boundaries of the municipality's zoning and adjacent areas (Zoning Law, 2021; Taşkaya, 2019). If it is a cadastral parcel, the relevant immovable, that is, if the application of the 18th article and the consolidation of the parcel, its abandonment to the road or its creation from the road have not been made, the construction permit cannot be granted in its current form (Zoning Law, 2021). If the parcel is in the shape of the land within the normal zoning limits, and if it is outside the zoning boundaries, it is allowed for construction if it has a frontage to at least one road and is not abandoned or formed (Zoning Law, 2021; Taşkaya, 2019).

Regardless of the type of construction, residential, commercial, industrial, residential+trade or vineyard areas outside the zoning boundaries, or whatever will be done outside the zoning contiguous borders, the first step of the process is the zoning diameter. Zoning diameter is the process of giving the drawing distances in accordance with the building regulation, in the national coordinate or local coordinate system, within the framework of the planned type or unplanned type areas regulation. After the zoning diameter is given to a plot, the project phase is started. It is the basic initial zoning diameter for construction in a place (Taskaya, 2019).

Zoning diameters are given in 3 main axes as separate, adjacent and in block order. If the front, depth and corner coordinates and the raw data obtained from the existing land correspond to where they correspond on the plan, the drawing distances are given according to the building order of that plan (Taşkaya,2019).

2. Method

Building parcels formed by zoning diameter drawing distances can be found by traditional geodetic methods using unknown coordinates from known coordinates by taking the direction from the corner coordinates of the zoning parcels. One of them is the cassini estimation method (Anonymous1, 2021).

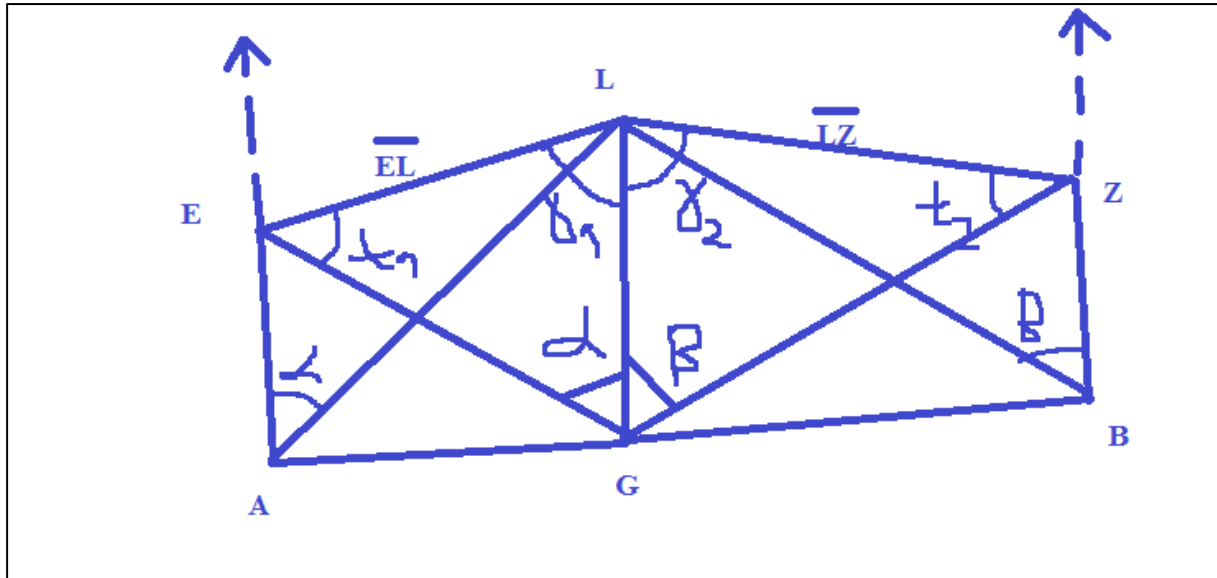


Figure 1. Cassini Method Demonstration (Anonymous1, 2021).

In Figure 1, the coordinates of the desired point are found mathematically with the help of angle and length by passing circles from E, L, Z, points whose coordinates are known, to the G point whose coordinates are desired, from E and Z points (Anonymous1, 2021).

$$\sqrt{(y_2 - y_1)^2 - (x_2 - x_1)^2} \quad (\text{Anonymous2, 2021}).$$

From the above formula, the difference between Y coordinates and X coordinates is the length between two points (Anonymous2, 2021).

$$\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = A \quad (\text{Anonymous1, 2021}).$$

If $\arctan(A)$ is from the formula, angles are tried to be found (Anonymous1, 2021). Angles and lengths are found in this way by triangulating with the help of the theorem of sines. In the field of cartography, angle calculations are made with grad angle unit (Anonymous1, 2021).

$$XG = XE + \cos((EL) + t_1) EG \quad (\text{Anonymous1, 2021}).$$

$$YG = YE + \sin((EL) + t_1) EG \quad (\text{Anonymous1, 2021}).$$

Angle calculations are completed by adding angle units according to +/- 200 grad direction (Anonymous1, 2021).

3. Findings and discussion

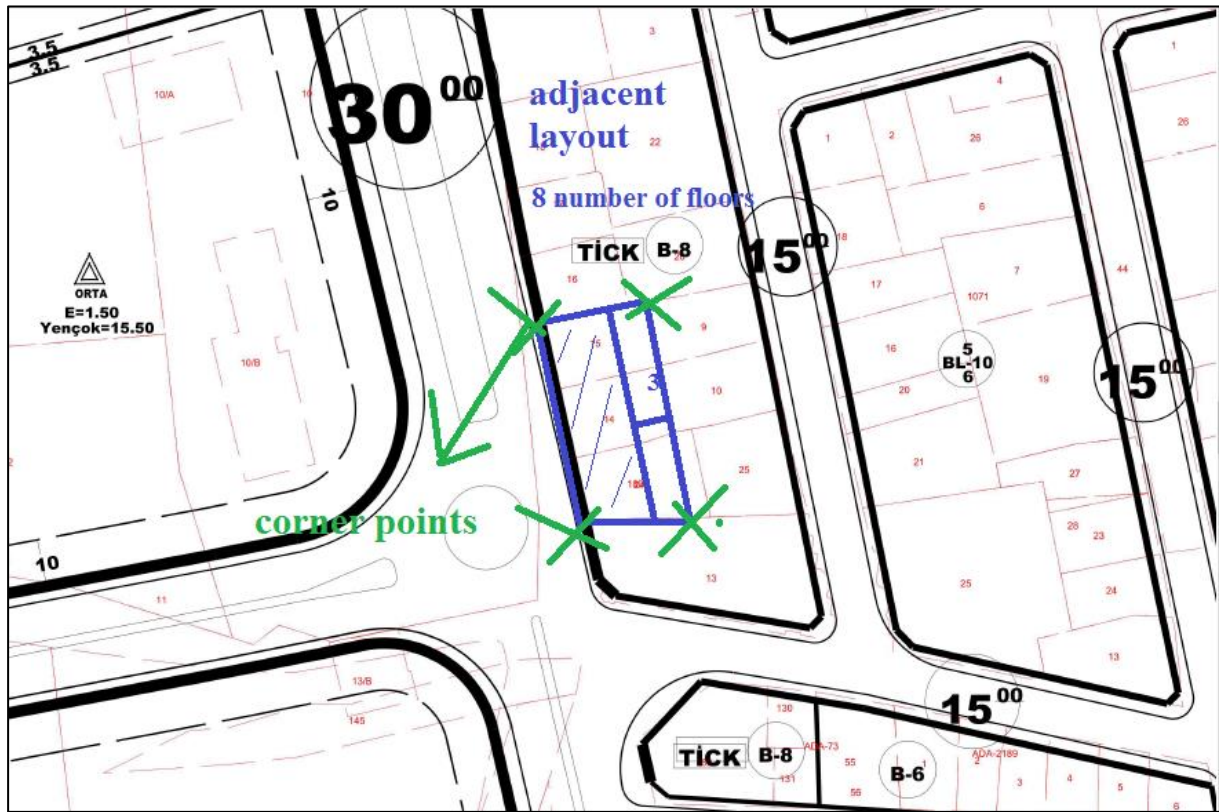


Figure 2. Zoning status image (Url-1,2019).

In Figure 2, on an island with a commercial housing adjacent building zoning status, in an area with a height of 24.50 meters and 8 floors allowed, the part facing the road crosses zero to the island line, and in case the parcels to the east of the rear towing distance get a zoning diameter in the future, the minimum rear pull-out distance instead of half of the height is shown. The building sitting area was created by pulling 3 meters. How many corner coordinates of the zoning plot can be found conventionally with the help of angles and lengths from known coordinates to the unknown.

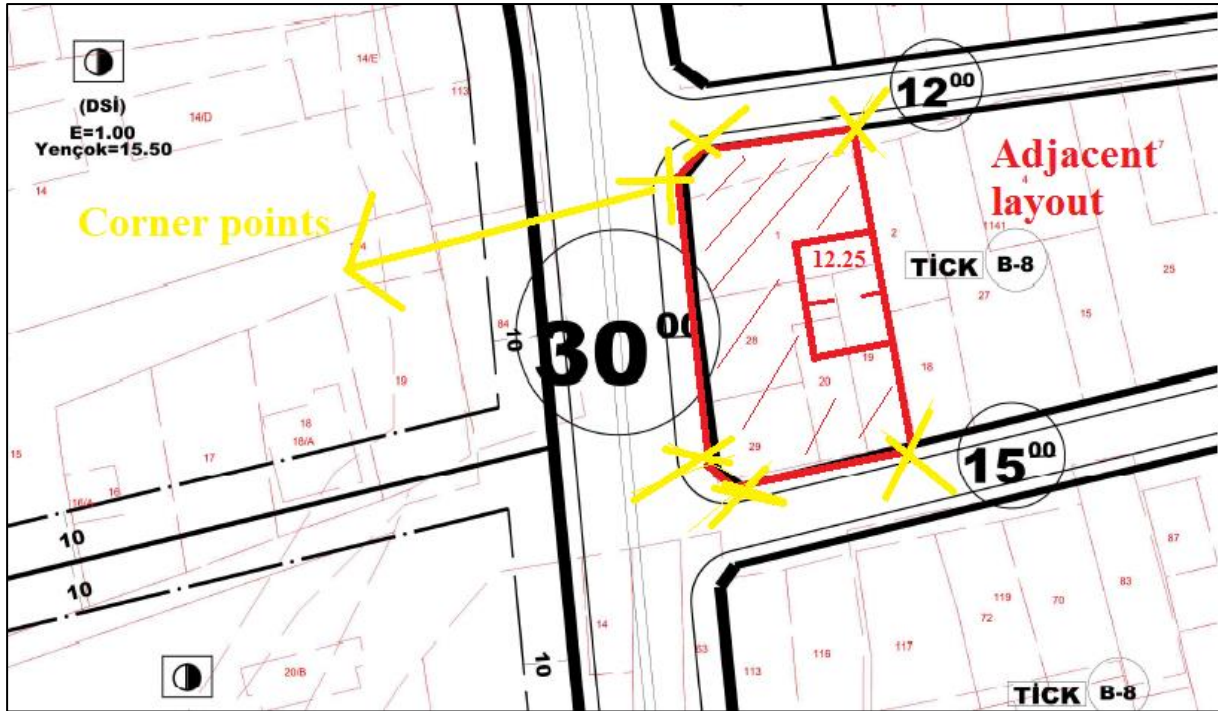


Figure 3. Zoning status view (Ur-1, 2019).

In Figure 3., since the three sides of the zoning parcel shown in red in the 8-storey area with the adjacent commercial building arrangement, which is expressed as tick, are facing the road, only 12.25 meters deep lighting is left, half the height, and the zoning diameter is given and the corner coordinates of the zoning parcel are known, so the drawing distances are similarly determined. As a result, the corner coordinates of the building parcel can traditionally be found on the area with the help of this method.

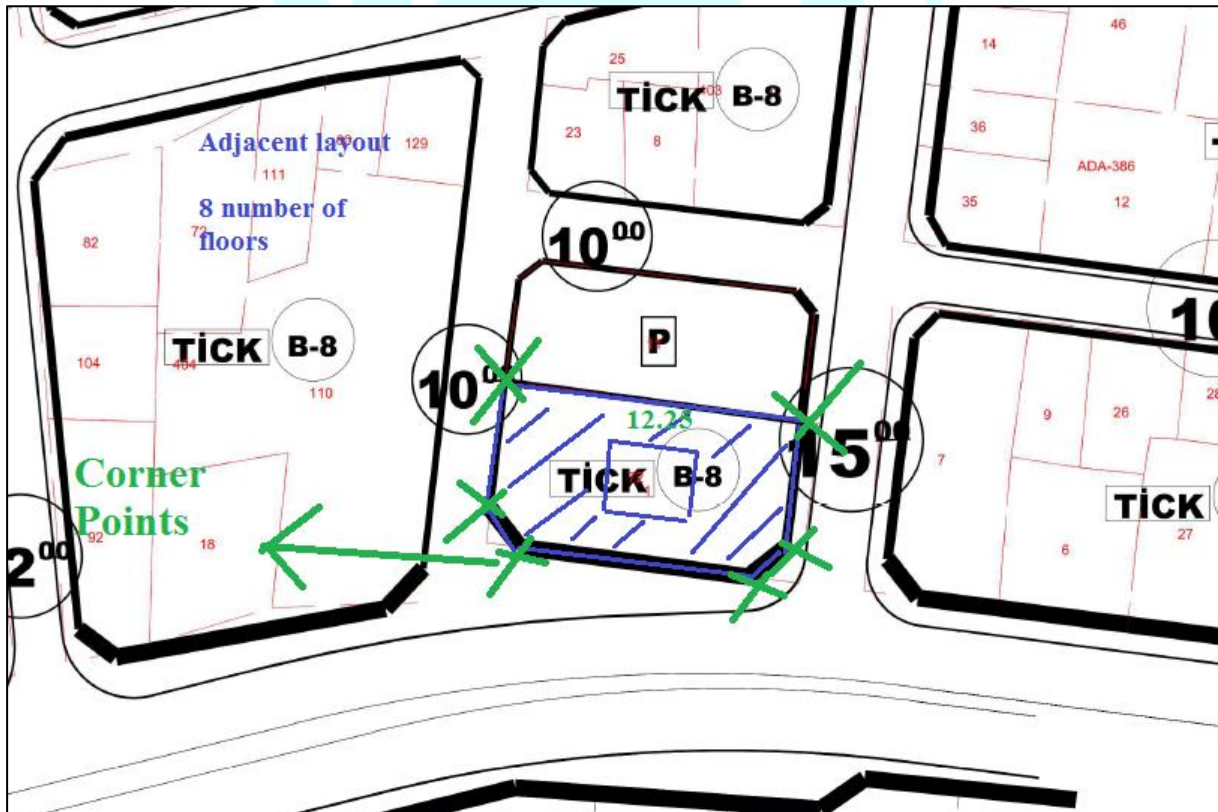


Figure 4. Zoning status view (Url-1, 2019).

In Figure 4., since this is the only parcel as a construction parcel on a zoning island with an 8-storey adjoining commercial residence, and the towing distances in the park to the north will be evaluated as a road, only half of the 12.25 meters floor height in the middle is given and the building coordinates are exactly known, after giving the construction area in the middle. can be found locally from the coordinates with this method.

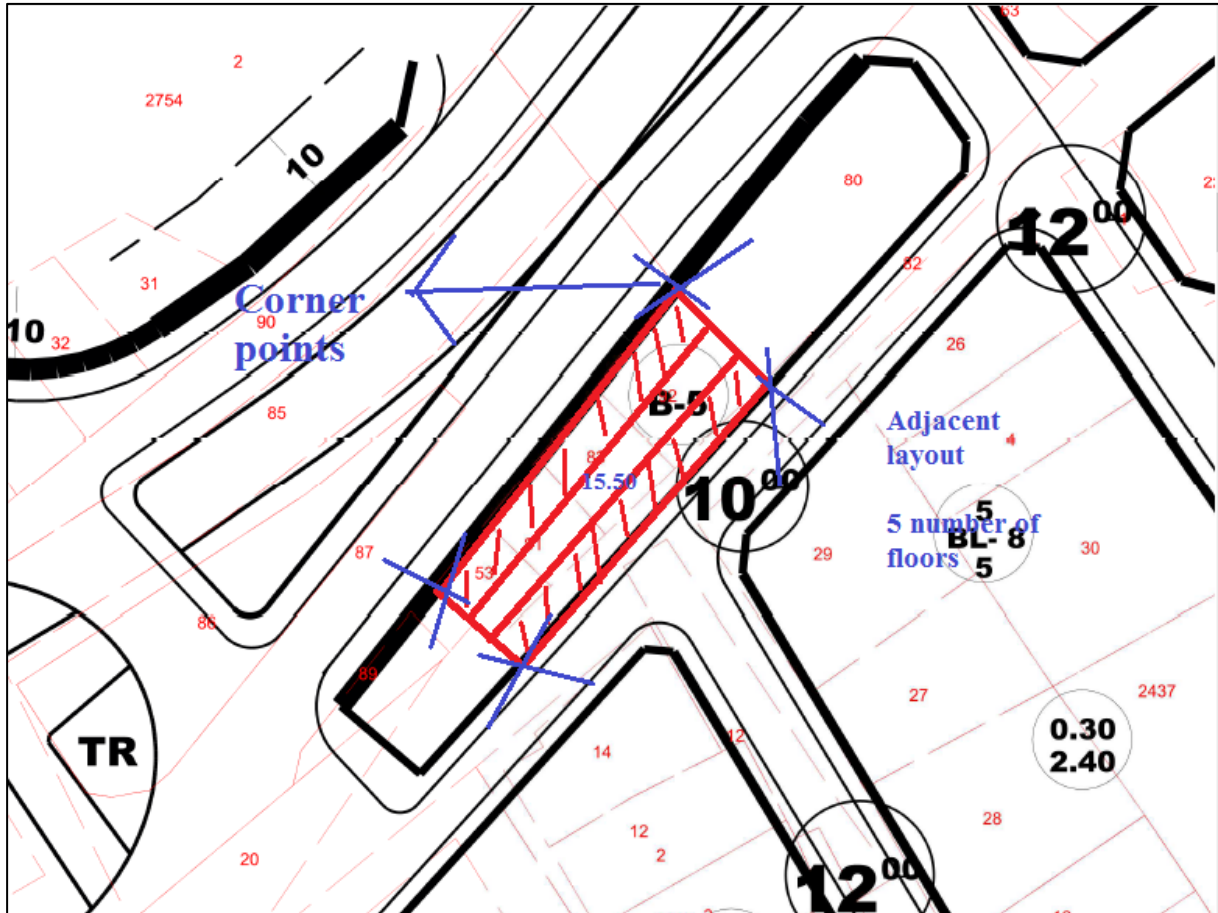


Figure 5. Zoning status view (Url-1, 2021).

In Figure 5., a zoning parcel with a residential 5-storey building arrangement has double-sided road fronts, so only the rear drawing distances are drawn as 7.75×2 , and then the angle and distance can be found on the land by making the angle and distance from the known point to the unknown corner coordinates.

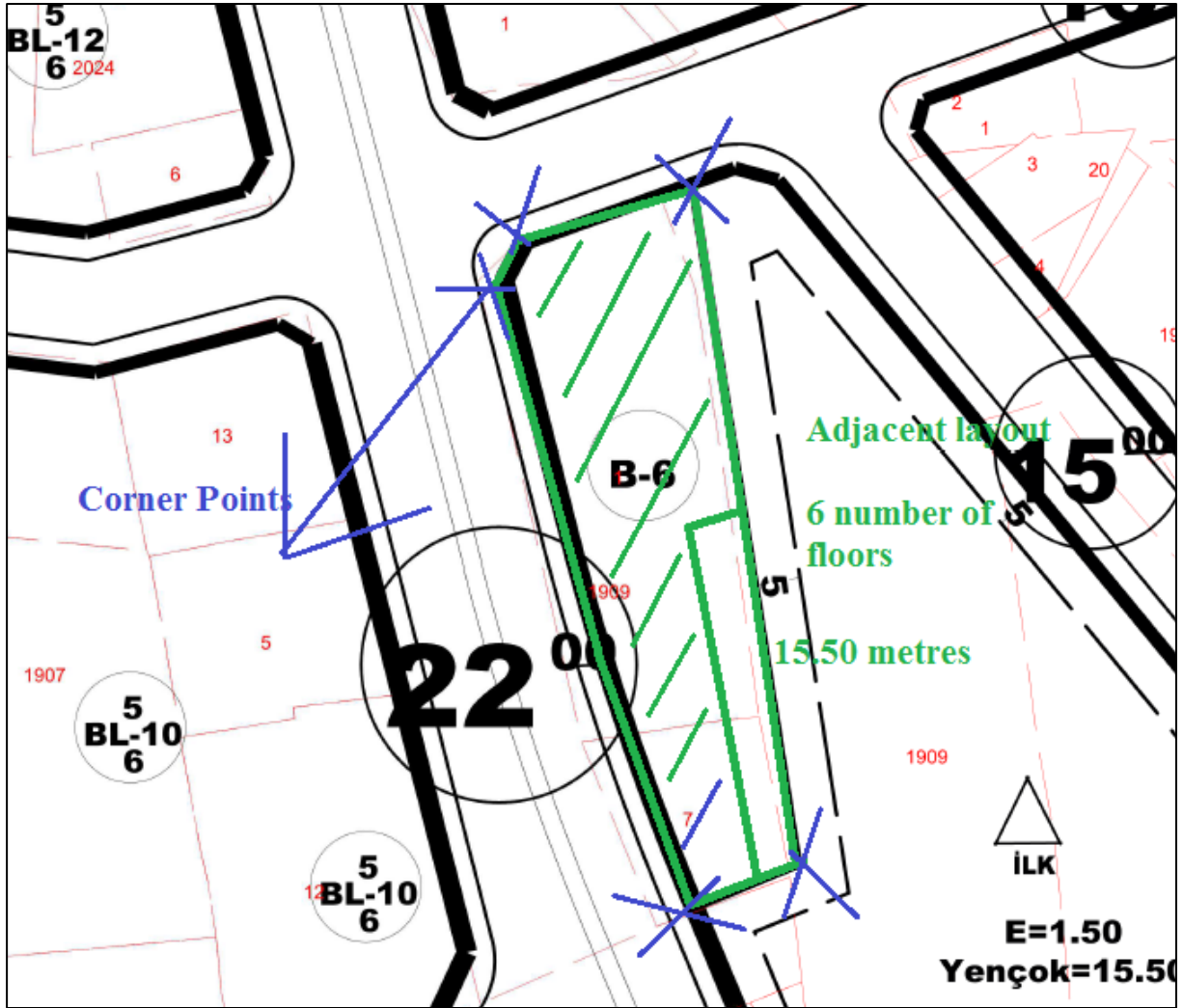


Figure 6. Zoning status image (Url-1, 2019).

In Figure 6, due to the corner plot character of a zoning parcel whose adjacent layout is only a residential area, building coordinates can be found locally with this method from exactly known coordinates, after the drawing situation is given with reference to the intersection areas facing the road in the interior of the parcel.

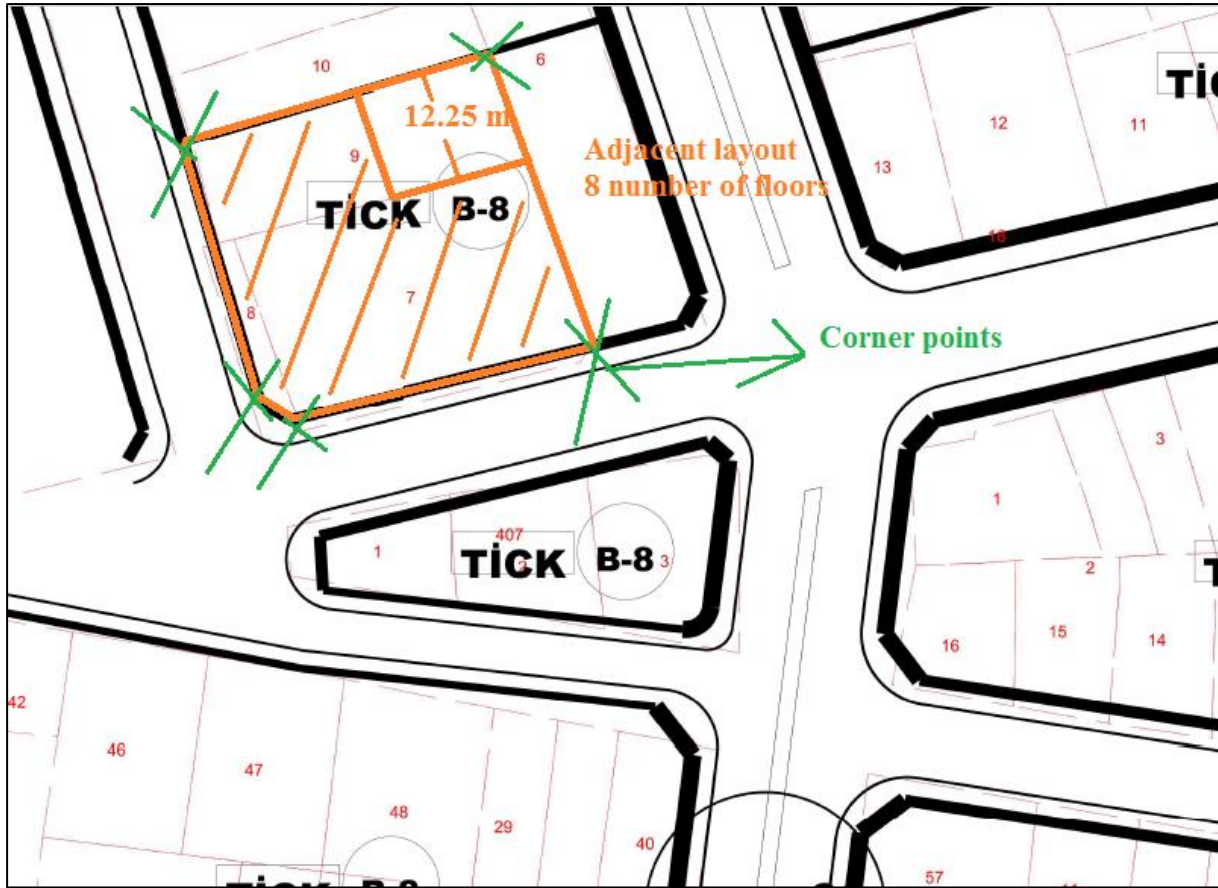


Figure 7. Zoning status view (Url-1, 2019).

In Figure 7., in an 8-storey zoning island adjacent to the commercial residence, the corner head will be half the height of the parcel, and the interior lighting will be given, again, triangulation is made from the points whose coordinates are known, and the desired building corner break points are found from the angles and distances.

As can be seen in the examples, the plots on an island in the form of a contiguous order in a zoning plan are given the zoning diameters of the road as zero, without the front draw distance, and only by drawing the rear draw distance side by side with the neighboring parcels. Thus, the coordinates of the broken points from the triangular sections formed between the zoning parcel and the building parcel can be determined locally.

4. Conclusion

The main starting point of the constructions is the correct use of the parcel in the whole of the islands as a result of the correct urbanism understanding. This basic starting point is called zoning diameters. It is to apply the pulling distances correctly according to the building regulations, in line with the law, regulation, plan notes and case law decisions. Considering all the parcels in an island, zoning diameters should be given, especially considering the properties and architectural projects of the properties. Otherwise, unplanned urbanization and island-based construction problems will occur.

In line with a new urbanization, in order to increase the wide roads and the rate of green space per capita, separate and block orders should be applied to the plans and construction structure of new settlement areas. In city centers, it would be correct to apply two or three parcels together with the condition of meeting the zoning diameters, minimum frontage and depth conditions. In cases where this does not allow, if the construction is completed on the whole island, the zoning diameter should be given according to the building regulations. Especially in commercial areas, the pulling distance on the ground should not be broken by any city council determined plan notes, just as it is in residences. The precedents

shown in the diameters during the project should be applied, especially by complying with the zoning diameters, and residual areas (fire escapes, elevator shafts) should be included in these precedents.

Since the zoning parcels in convex geometry, which are shown in the figure with the zoning diameters and the drawing distances are given, turn into building parcels, and in cases where satellite receiver systems such as GPS and CORS are not connected, or in case of point location studies with terrestrial mapping tools, the corner points of the zoning parcels are clear, and they are measured during cadastral studies. Since the coordinates of the building plots were tried to be found, it was tried to show the coordinates and side lengths of the building parcels by adding coordinates from the geometrically known point by passing simple circles from the angle and distance calculation with the terrestrial estimation method like Cassini.

Resources

Anonymous1, (2021). Surveying Engineering and Technician Lecture Notes.

Anonymous2, (2021). Analytical Geometry Lecture Notes.

Zoning Law, (2021). Official Gazette, Vol:24. Pages:1-378.

Taşkaya, S., (2019). A Research on Reconstruction and Urban Planning Activities in Local Governments, Municipality Between 2014-2019, The Case of Elazığ Province. International Journal of Eastern Anatolia Science, Engineering and Design, 1(1), 14-28.

Taşkaya, S., (2019). A Research on Zoning Diameters, which are the Basic Points for Construction Permits. International Journal of Eastern Anatolia Science, Engineering and Design, 1(2), 142-153.

URL-1, (2019). Municipality of Elazığ, <https://www.elazig.bel.tr/meclis-gundem-kararlari-ebelediye-138>, (Access Date: 12 August 2019).

LOCAL DETERMINATION OF BROKEN POINT COORDINATES OF BUILDING PLOTS IN BLOCK RECONSTRUCTION ISLANDS WITH KAESTNER METHOD**BLOK NİZAMLI İMAR ADALARINDA BİNA PARSELLERİ KIRIK NOKTA KOORDİNATLARININ YERSEL ŞEKİLDE KAESTNER METODU İLE TAYİNİ**

¹Selim Taşkaya

*¹Artvin Meslek Yüksekokulu Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Artvin, Türkiye.

*Orcid No: <https://orcid.org/0000-0002-4290-3684>

ÖZET

İmar, bir arazi parçasının insanların üzerinde yaşayabileceği en iyi haline getirilmesi olarak tanımlanabilir. İmar sahaları belirlenirken öncelikle bir küme gibi imara alınacak saha belirlenerek imar sınırları geçirilir. İmar sınırları içerisinde arazi parçalarının bayındır hale getirilmesi işlemi imar adalarının, yolların oluşturulması ile mümkün hale gelir. İmar adalarının ise kendi içerisinde kullanım amacına göre çeşitleri mevcuttur. Bu adaların bir kısmı konut ihtiyacını gidermek üzere lejant olarak imar paftalarına işlenirken, bir kısmı ticari, konut + ticari, merkezi iş alanları, dini tesis alanı, karakol, mahalli oyun alanları, yeşil alanlar vb. şekilde oluşur. Konut alanları detayına girildiğinde ise yaşam alanları olan binaların oluşumu yapı nizamlarına göre meydana getirilir. Temelde üç tip ayrık, blok ve bitişik yapı nizamları, Türkiye'deki İmar Kanununa göre mevcuttur. Yeni yapı iznine açılan arazilerde çift imar parsellerinin çekmeleri sonucunda tek bir bina derinliğinin yapışık sırt sırta verilmesi neticesinde oluşturulan inşaat yapı nizamı blok yapı nizamıdır. Blok nizamlı alanlarda özellikle imar çapları verildikten sonra oluşan bina parselleri ortada sırt sırta oluşur. Yani bina parselleri imar parsellerinin alt kümesidir. Bu çekmeler sonucunda parselin konveks şeklinde kaç kenar varsa bir eksiği kadar bina kırık noktaları oluşur. Oluşan kırık noktalarının mekânsal yerinin yani koordinatlarının belirlenmesinde gps gibi teknolojik araçlarının yanı sıra yersel nokta belirleme metotları mevcuttur. Bunlardan biriside geriden kestirme metotlarından olan kaestner metodudur. Kaestner metodu, en az üç noktasındaki koordinatları bilinen bir imar parselinin çekme mesafeleri ile oluşan bina parselinin bilinmeyen noktasının koordinatlarının bilinen ile bilinmeyen noktalar arası açı ve mesafe uzunluklarının hesaplanması sonucu belirlenmesi işlemidir. Çalışmamızda blok nizam şeklindeki imar parsellerden kaestner metodu ile kat yüksekliği ve taban alanı oturma katsayılarına göre oluşabilecek bina parsellerinin kırık noktalarının geleneksel şekilde yersel olarak koordinatlarının bulunmasına çalışıldı.

Anahtar Kelimeler: Blok nizam, Bina parseli, Kaestner Metodu

ABSTRACT

Zoning can be defined as the optimization of a piece of land for people to live on. When determining the zoning areas, first of all, the area to be built as a cluster is determined and the zoning boundaries are passed. The process of making the pieces of land prosperous within the boundaries of zoning becomes possible with the creation of zoning islands and roads. On the other hand, there are various types of zoning islands according to their intended use. While some of these islands are written on the zoning sheets as legends to meet the housing need, some of them are commercial, residential + commercial, central business areas, religious facility area, police station, local playgrounds, green areas, etc. way it occurs. When the details

of the residential areas are entered, the formation of the buildings, which are the living areas, is formed according to the building regulations. Basically, three types of separate, block and adjacent building regulations exist according to the Zoning Law in Turkey. The construction order, which is formed as a result of the drawing of the double zoning parcels in the lands opened for the new building permit, as a result of giving the depth of a single building conjoined back to back, is the block building order. In the block-ordered areas, especially after the zoning diameters are given, the building parcels are formed back to back in the middle. That is, building parcels are a subset of zoning parcels. As a result of these pulls, the number of convex edges of the parcel, one less than the building fracture points are formed. In addition to technological tools such as GPS, terrestrial point determination methods are available in determining the spatial location, that is, the coordinates of the fracture points. One of them is the Kaestner method, which is one of the back estimation methods. The Kaestner method is the process of determining the distances of a zoning parcel whose coordinates are known at least at three points and the coordinates of the unknown point of the building parcel formed by calculating the angle and distance lengths between the known and unknown points. In our study, it was tried to find the local coordinates of the broken points of the building parcels, which may occur according to the floor height and floor area settlement coefficients, from the zoning parcels in the form of block order, in the traditional way.

Keywords: Block layout, Building parcel, Kaestner Method

1.Introduction

One of the largest sectors of our country is activities in the field of construction. Although the construction sector has stagnated from time to time, it has never lost its importance in the construction of a new country since the first years of the republic. The construction works carried out by the Ministry of Public Works and Settlement continued under the name of the Ministry of Environment and Urbanization, which was later changed. In order for citizens or official institutions to build on a land, they must obtain permission from the municipalities within the boundaries of the municipality's zoning and adjacent areas, and from the special provincial administrations outside the boundaries of the municipality's zoning and adjacent areas (Zoning Law, 2021; Taşkaya, 2019). If it is a cadastral parcel, the relevant immovable, that is, if the application of the 18th article and the consolidation of the parcel, its abandonment to the road or its creation from the road have not been made, the construction permit cannot be granted in its current form (Zoning Law, 2021). If the parcel is in the shape of the land within the normal zoning limits, and if it is outside the zoning boundaries, it is allowed for construction if it has a frontage to at least one road and is not abandoned or formed (Zoning Law, 2021; Taşkaya, 2019).

Regardless of the type of construction, residential, commercial, industrial, residential+trade or vineyard areas outside the zoning boundaries, or whatever will be done outside the zoning contiguous borders, the first step of the process is the zoning diameter. Zoning diameter is the process of giving the drawing distances in accordance with the building regulation, in the national coordinate or local coordinate system, within the framework of the planned type or unplanned type areas regulation. After the zoning diameter is given to a plot, the project phase is started. It is the basic initial zoning diameter for construction in a place (Taskaya, 2019).

Zoning diameters are given in 3 main axes as separate, adjacent and in block order. If the front, depth and corner coordinates and the raw data obtained from the existing land correspond to where they correspond on the plan, the drawing distances are given according to the building order of that plan (Taşkaya, 2019).

2.Method

Building parcels formed by zoning diameter drawing distances can be found by traditional geodetic methods using unknown coordinates from known coordinates by taking the direction from the corner coordinates of the zoning parcels. One of them is the kaestner shortcut method (Anonymous1, 2021).

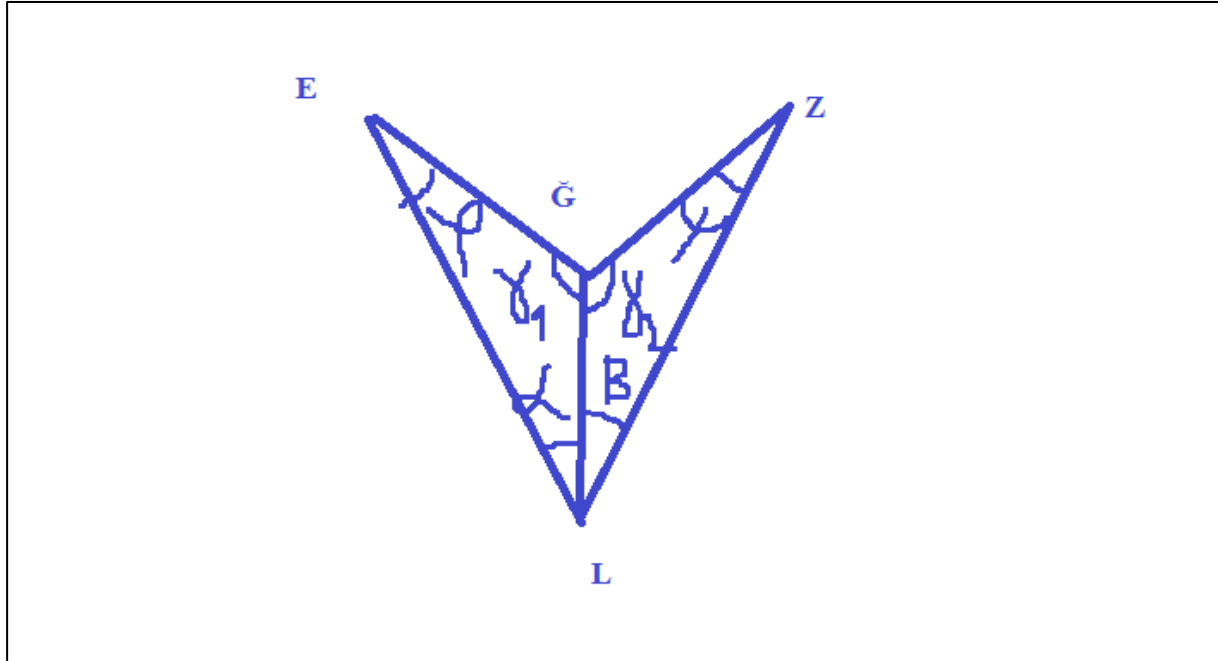


Figure 1. Kaestner Method Representation (Anonymous1, 2021).

In Figure 1, the coordinates of the desired point are found mathematically with the help of angle and length by passing circles from E, Z, G, whose coordinates are known to the L point, whose coordinates are desired to be found, from E and Z points (Anonymous1, 2021).

$$\sqrt{(y_2 - y_1)^2 - (x_2 - x_1)^2} \quad (\text{Anonymous2, 2021}).$$

From the above formula, the difference between Y coordinates and X coordinates is the length between two points (Anonymous2, 2021).

$$\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = A \quad (\text{Anonymous1, 2021}).$$

If $\arctan(A)$ is from the formula, angles are tried to be found (Anonymous1, 2021). Angles and lengths are found in this way by triangulating with the help of the theorem of sines. In the field of cartography, angle calculations are made with grad angle unit (Anonymous1, 2021).

$$XL = XE + \cos(EL) * EL \quad (\text{Anonymous1, 2021}).$$

$$YL = YE + \sin(EL) * EL \quad (\text{Anonymous1, 2021}).$$

Angle calculations are completed by adding angle units according to +/- 200 grad direction (Anonymous1, 2021).

3. Findings and discussion

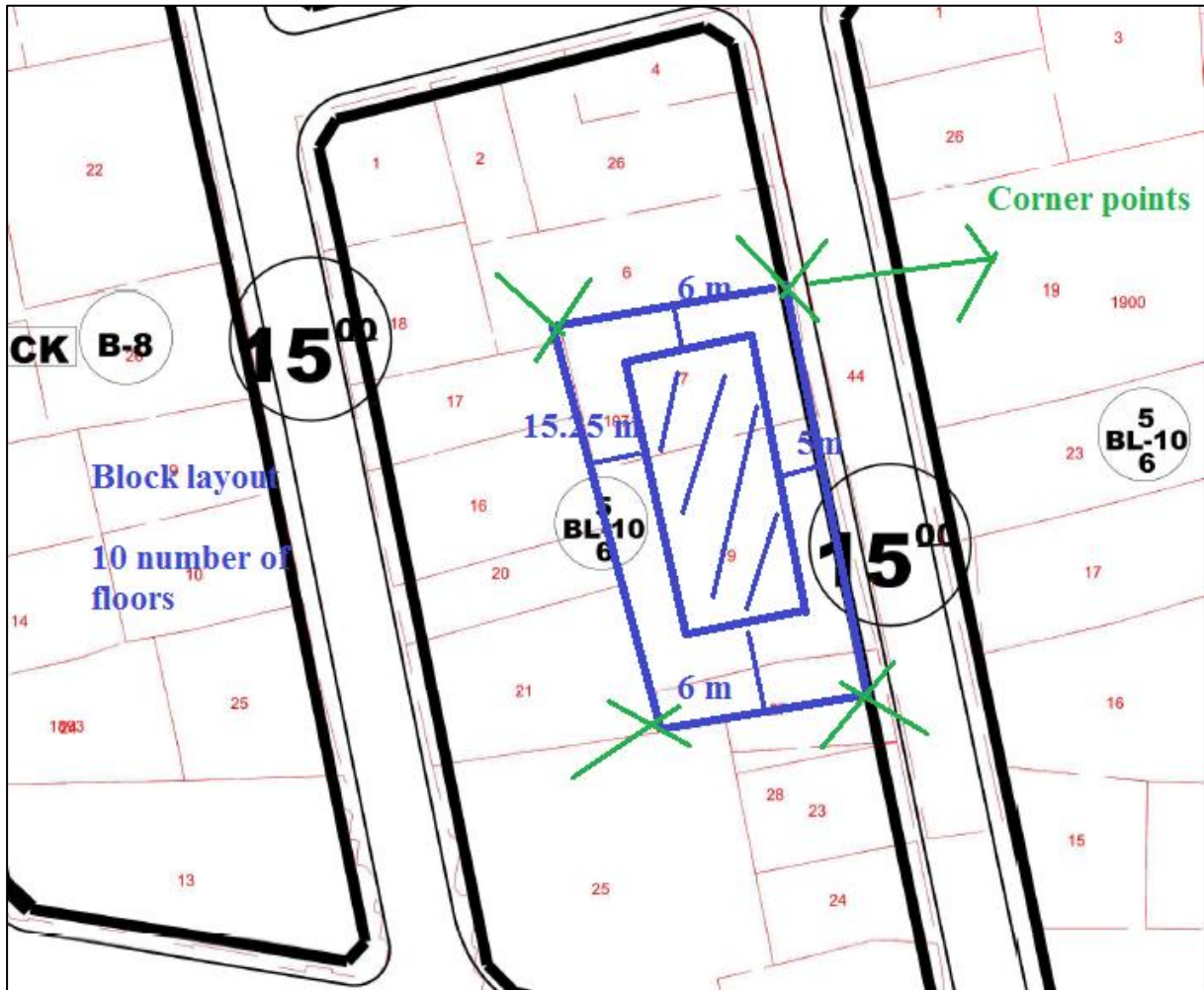


Figure 2. Zoning status image (Url-1,2019).

In Figure 2, how many corner coordinates of the zoning parcel, which is formed after drawing the front, side and rear drawing distances of a clean zoning parcel located in the allowed residential area up to 10 floors, can be traditionally found locally with the help of angles and lengths from the known coordinates to the unknown. (One of the side gardens can be canceled and attached to the clean parcels to be formed in the north or south.)

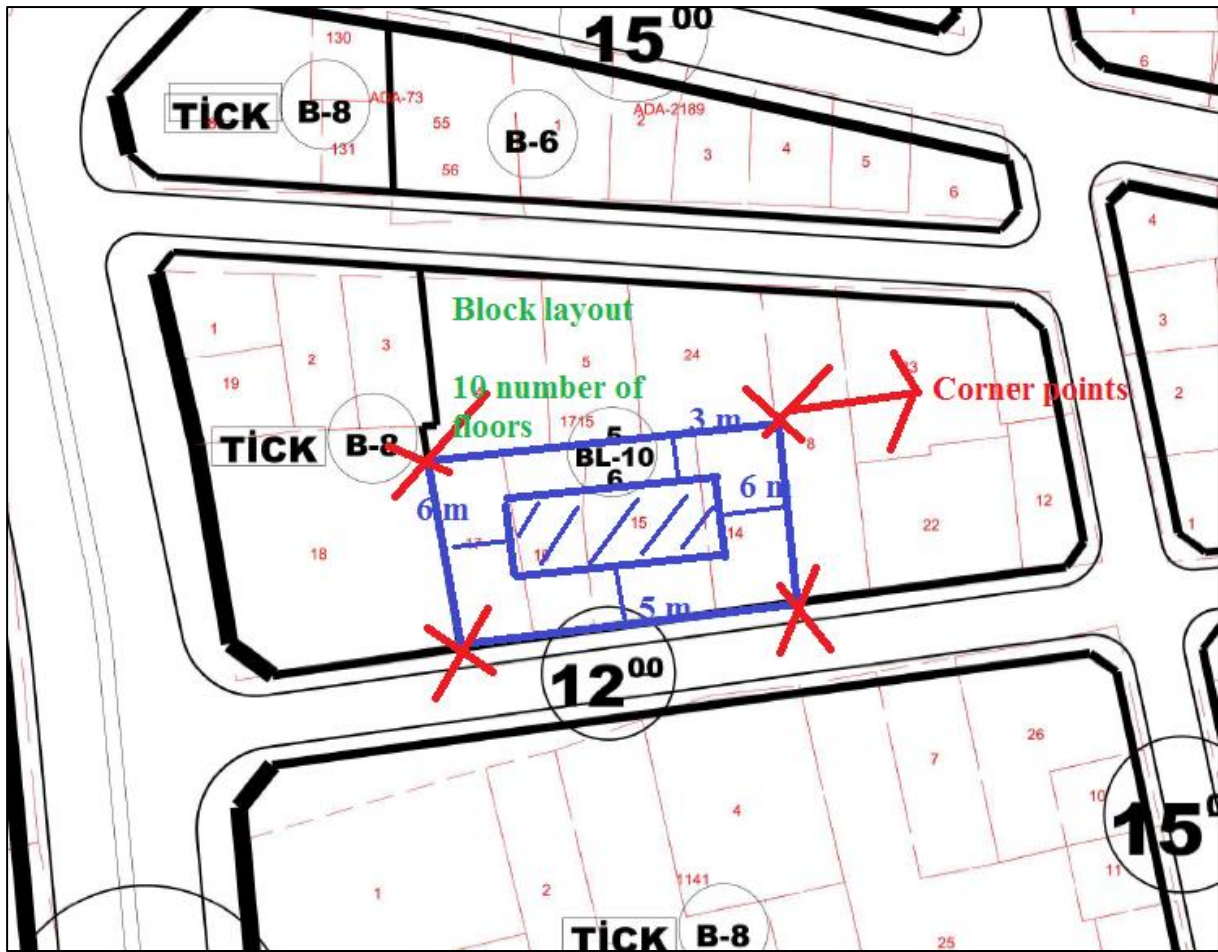


Figure 3. Zoning status view (Ur-1, 2019).

In Figure 3., since the corner coordinates of the zoning parcel are known, when the minimum depth of 5 from the front garden, 6 from the side garden and 3 meters from the rear drawing distance is not saved in a zoning parcel, which will be given an equivalent of 3.0, up to 10 floors in the housing block structure order, in the case that the minimum depth is not saved, the corner coordinates of the zoning parcel are known. The corner coordinates of the building parcel can traditionally be found on the site using this method. (The 6-meter side garden on the west can be canceled and attached to the parcel on the west.)

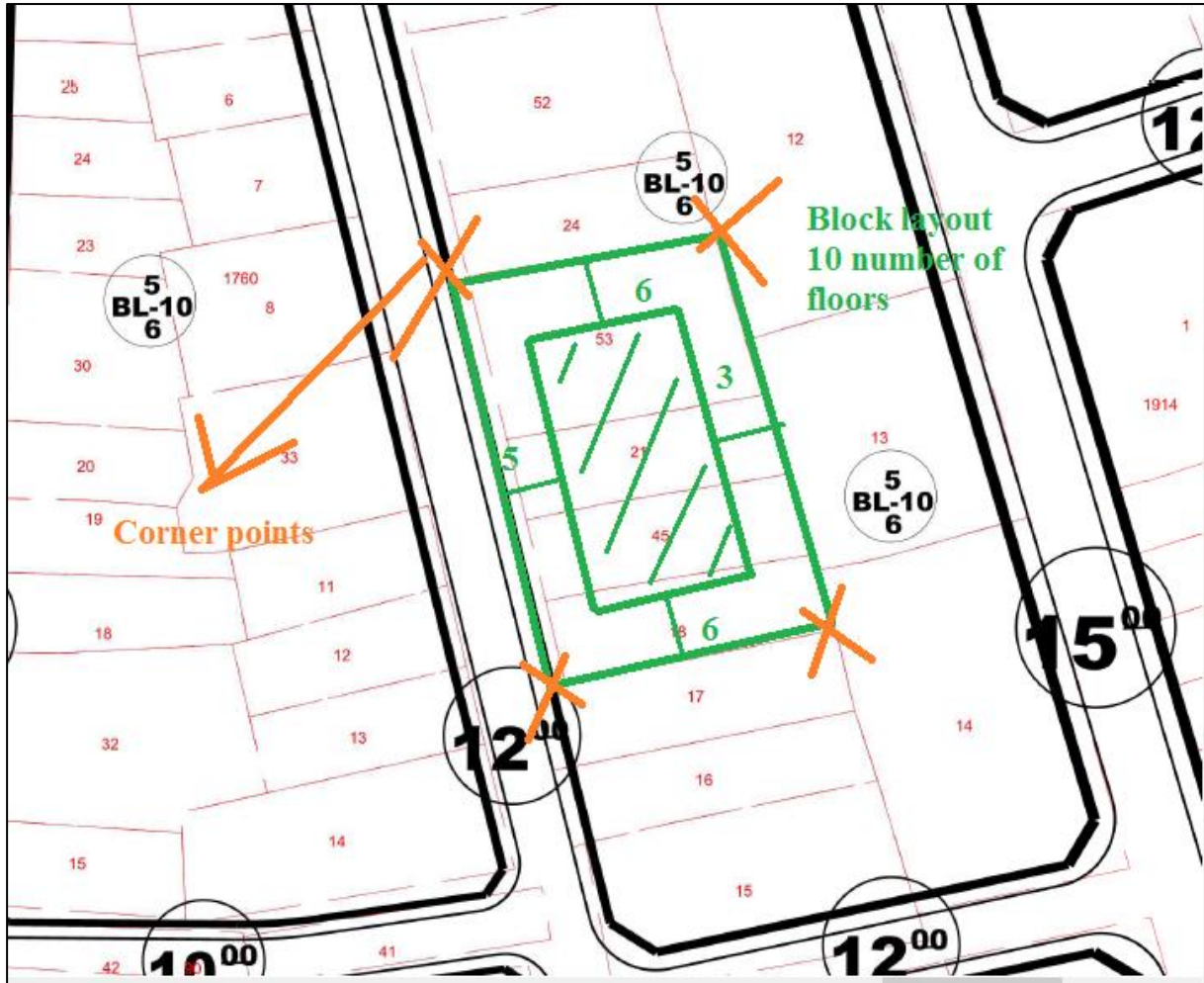


Figure 4. Zoning status view (Url-1, 2019).

In Figure 4., the appearance of a zoning parcel, which is shown as a block layout, after the residential area is given as a building parcel, appears in this way. Building coordinates can be found locally with this method, by drawing 5 meters from the front facing the road, and by drawing the distance from the sides to the legend. (One of the side gardens can be canceled and attached to the clean parcels to be formed in the north or south.)

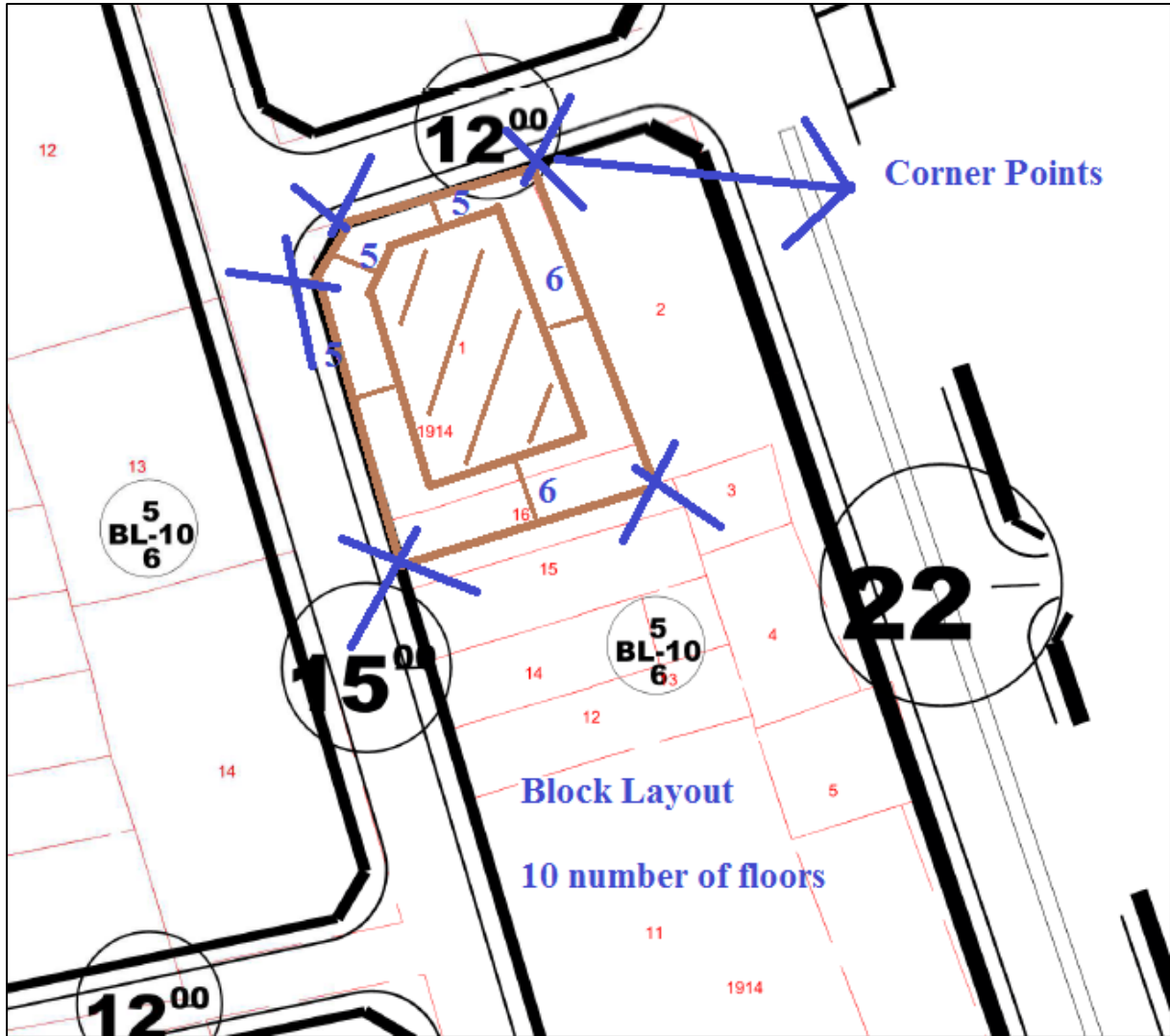


Figure 5. Zoning status view (Url-1, 2021).

In Figure 5., the zoning diameters are given by drawing 5 meters from the front garden, since it allows the possibility to stock up to a maximum of 10 floors in a zoning parcel, which is legendary as a residence. In this way, a separate parcel, that is, a parcel with a garden, was formed. Corner coordinates can be found locally by making the angle and distance from the known point to the unknown. (One of the side gardens can be canceled and attached to the clean parcels to be formed in the east or south.)

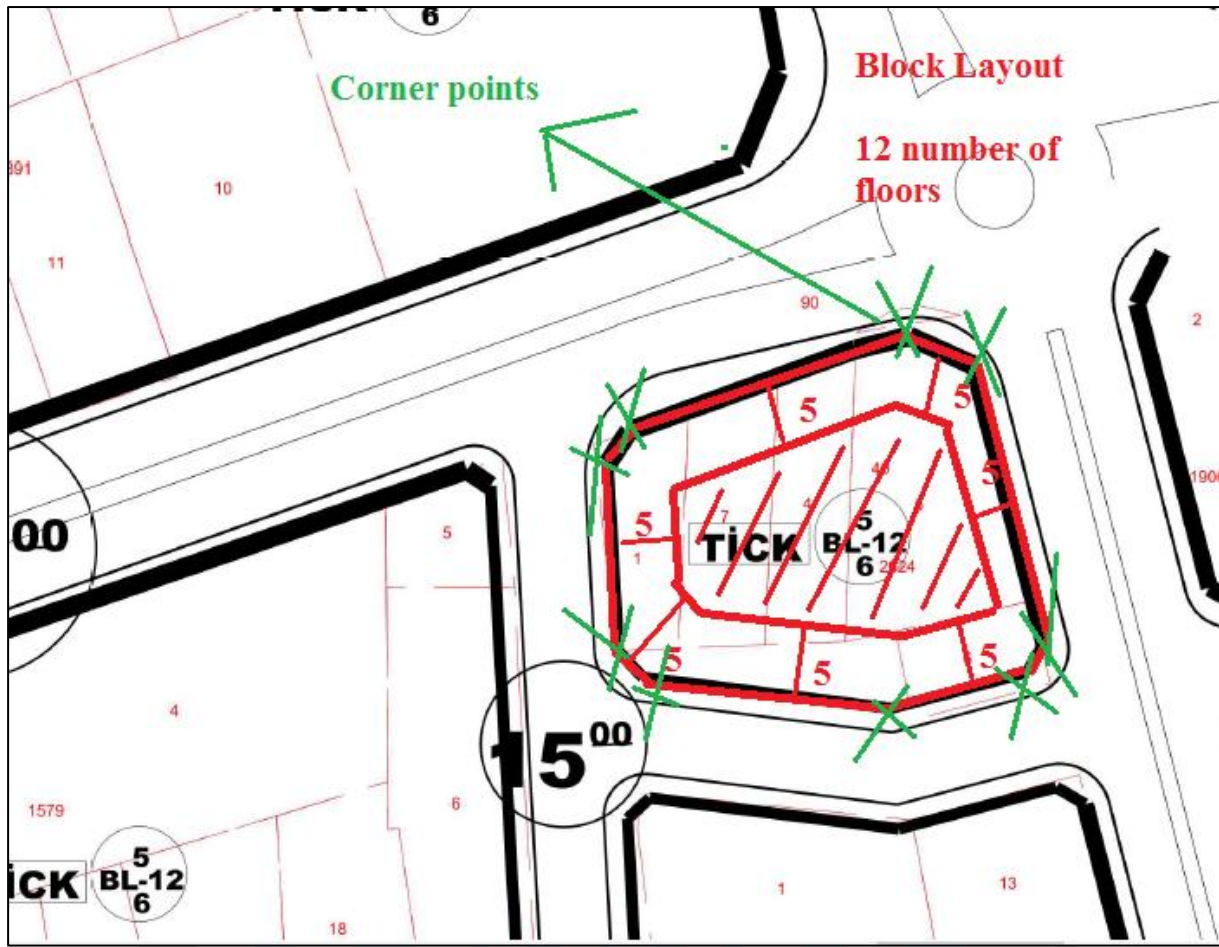


Figure 6. Zoning status image (Url-1, 2019).

In Figure 6, the building coordinates can be found locally from the known coordinates with this method, after the residential area is given by drawing 5 meters since all sides are facing the road from the commercial residence and both the parcel and a single island point.

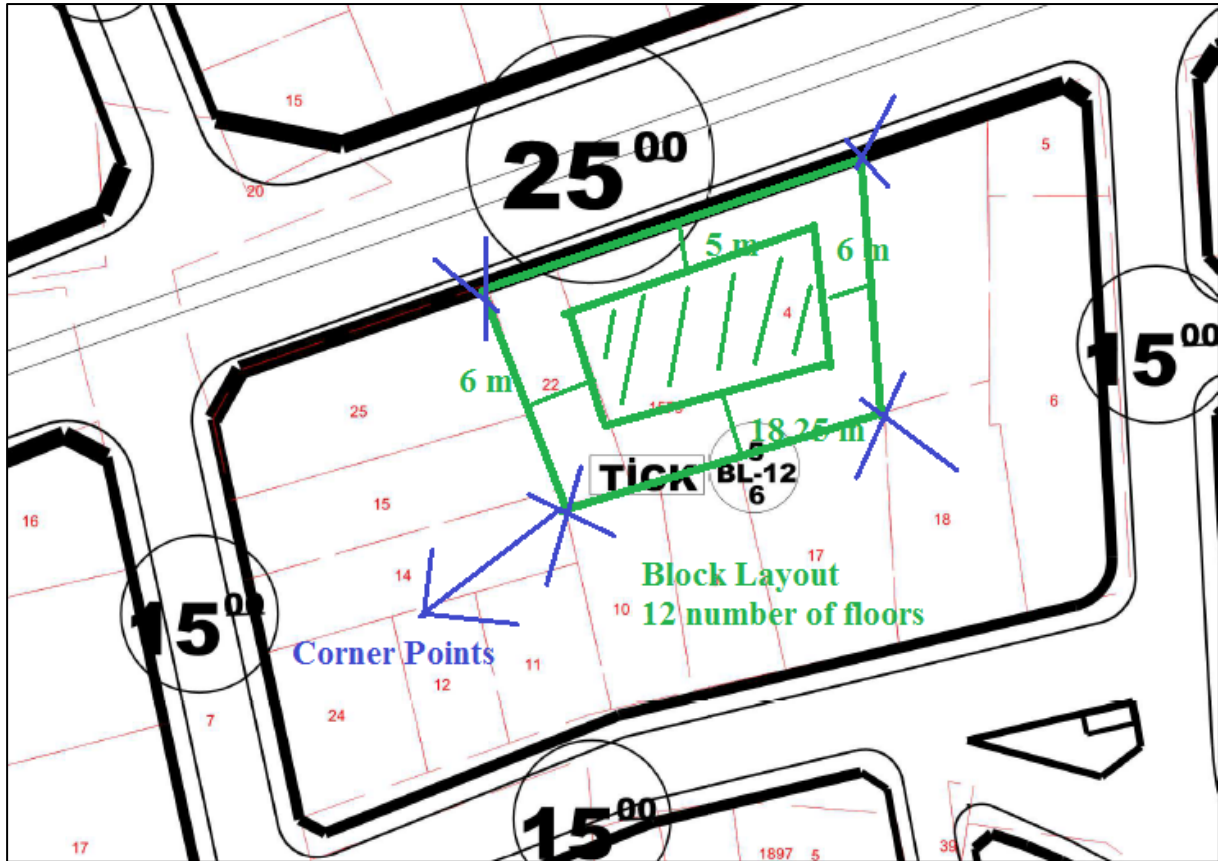


Figure 7. Zoning status view (Url-1, 2019).

In Figure 7., although there is an application called "Let at least one facade be given back to back in block schemes in a zoning parcel with permission up to 12 floors with a block order, if the parcels are better view in terms of urbanization, if the depth is saved, the application can be made by converting them to a discrete order, and again triangulation from points whose coordinates are known". By doing this, the desired building corner fracture points are found from the angles and distances.

As seen in the examples, the parcels on an island in the form of a block order in a zoning plan usually take the building settlement area in the middle after the zoning diameters are drawn. Thus, the coordinates of the broken points from the triangular sections formed between the zoning parcel and the building parcel can be determined locally.

4. Conclusion

The main starting point of the constructions is the correct use of the parcel in the whole of the islands as a result of the correct urbanism understanding. This basic starting point is called zoning diameters. It is to apply the pulling distances correctly according to the building regulations, in line with the law, regulation, plan notes and case law decisions. Considering all the parcels in an island, zoning diameters should be given, especially considering the properties and architectural projects of the properties. Otherwise, unplanned urbanization and island-based construction problems will occur.

In line with a new urbanization, in order to increase the wide roads and the rate of green space per capita, separate and block orders should be applied to the plans and construction structure of new settlement areas. In city centers, it would be correct to apply two or three parcels together with the condition of meeting the zoning diameters, minimum frontage and depth conditions. In cases where this does not allow, if the construction is completed on the whole island, the zoning diameter should be given according to the building regulations. Especially in commercial areas, the pulling distance on the ground should not be broken by any city council determined plan notes, just as it is in residences. The precedents

shown in the diameters during the project should be applied, especially by complying with the zoning diameters, and residual areas (fire escapes, elevator shafts) should be included in these precedents.

Since the zoning parcels in convex geometry, which are shown in the figure with the zoning diameters and the drawing distances are given, turn into building parcels, and in cases where satellite receiver systems such as GPS and CORS are not connected, or in case of point location studies with terrestrial mapping tools, the corner points of the zoning parcels are clear, and they are measured during cadastral studies. Since the coordinate of the building was tried to be found, it was tried to show the coordinates and side lengths of the building parcels by adding coordinates from the geometrically known point by passing simple circles from the angle and distance calculation with the terrestrial estimation method like Kaestner.

Resources

Anonymous1, (2021). Surveying Engineering and Technician Lecture Notes.

Anonymous2, (2021). Analytical Geometry Lecture Notes.

Zoning Law, (2021). Official Gazette, Vol:24. Pages:1-378.

Taşkaya, S., (2019). A Research on Reconstruction and Urban Planning Activities in Local Governments, Municipality Between 2014-2019, The Case of Elazığ Province. International Journal of Eastern Anatolia Science, Engineering and Design, 1(1), 14-28.

Taşkaya, S., (2019). A Research on Zoning Diameters, which are the Basic Points for Construction Permits. International Journal of Eastern Anatolia Science, Engineering and Design, 1(2), 142-153.

URL-1, (2019). Municipality of Elazığ, <https://www.elazig.bel.tr/meclis-gundem-kararlari-ebelediye-138>, (Access Date: 12 August 2019).

AN INVESTIGATION ON THE RELATIONSHIP BETWEEN MAXIMUM INPUT ENERGY AND MATERIAL BEHAVIOR OF STRUCTURE IN SDOF SYSTEMS SUBJECTED TO EARTHQUAKE LOADING

İbrahim Özgür DEDEOĞLU

Batman University

0000-0001-5356-6655

Yusuf CALAYIR

Fırat University

0000-0002-6387-5360

ABSTRACT

Considerable amount of energy has been entering into the structures during the seismic ground motions. Determining this input energy to system is being important in terms of the earthquake behavior of the structure. At this point, the material modeling of the structure is very important. Because the energy entering the system during an earthquake is directly related to the material behavior of the structure.

In study, it has investigated how the amount of input energy to the system with the effect of earthquake changes with the material modeling of the structure. It has been selected bi-linear with strength hardening and non-linear with strength degradation models for the material modeling. These material models have applied to 10 SDOF models, which are designed in accordance with Turkish Building Earthquake Code (TBEC) 2018, with periods ranging from 0.1 second to 1.0 seconds at intervals of 0.1 seconds. A SDOF system was created as a cantilever column with mass concentrated at the free end, and modeled as a fiber element. Three earthquake strong ground motions occurred on the East Anatolian Fault Zone (EAFZ) are used in this study. The motion equations of SDOF models are solved using the Newmark average acceleration method. Depending on the displacements of each system, the maximum input energy of that system has calculated and normalized by dividing by the structure mass. Energy spectra for the selected earthquakes are obtained using these normalized input energies. The effect of the material modelling on the amount of energy entering the system has evaluated through these energy spectra.

Keywords: SDOF system, Fiber element approach, Input energy

1. Introduction

Force and displacement-based design procedures are mostly used by the modern seismic codes such as FEMA, ACI, Eurocode and Turkish Seismic Design Code. Within the scope of the force-based design, earthquake forces are converted into equivalent lateral forces and are used by reducing them with a factor called “earthquake load reduction factor” depending on the ductility level and the over-strength factor [1]. In the displacement-based design generally involves determination of displacement demands. A number of methods have been proposed by investigators in the past. These methods generally involve nonlinear static pushover analyses. In most cases, the behavior of the structure is characterized by the capacity curve,

which is represented by a plot of the base shear versus the roof displacement. The capacity curve is used to establish an equivalent SDOF system. The target displacement then can be predicted using one of the methods, such as the capacity spectrum approach, modification factor approach, or direct use of inelastic constant ductility spectra. Once determined, the target displacement then can be projected back to the roof displacement from which the story and member demands can be obtained [2]. Energy-based seismic concept, which has a potential as the future design methodology, is considered to be more rational and reliable for the design and assessment of structures under seismic effects when compared to conventional force-based and displacement-based designs [1].

In the energy-based concept, the earthquake effect is considered as an energy input to the structures and this energy represents the total energy demanded by the earthquake from the structure. Input energy was initially discussed by Housner during the First World Conference on Earthquake Engineering [3]. Energy-based formulations were derived by Akiyama [4] in time domain which are based on the equation of motion of a single degree of freedom (SDOF) system. Effects of the hysteresis model, damping ratio, earthquake duration and peak ground acceleration on the input energy (E_I) have been studied in depth by Zahrah and Hall [5], Fajfar et al. [6], Uang and Bertero [7], Decanini and Mollaioli [8], Benavent-Climent et al. [9] and Benevent-Climent and Zahran [10]. These researchers concluded that the input energy is somewhat affected by strength, the material modelling, the restoring force capacity of the structure and damping ratio. Moreover, mass-normalized input energy is highly dependent on the vibrational periods of the structure. Therefore, several mass-normalized input energy spectra that consider soil type, source-to-site distance and earthquake magnitude, have been suggested by researchers such as, Lopez-Almansa et al. [11], Dindar et al. [12], Merter [13]. Dedeoğlu and Calayır [14] have investigated on the evaluation of structural response and input energies of SDOF systems subjected to earthquake records scaled according to different design spectra.

The objective of this study, the effect of material modeling on the amount of energy entering SDOF systems subjected to earthquake loads has investigated. These systems have analyzed under the three real earthquake ground motions. The total maximum energies entering the SDOF systems with the effect of the earthquake have calculated and normalized by dividing to the mass of the structure. Thus, the energy spectra have obtained for the selected earthquake ground motions. The extent to which the material modeling of the structure affects the amount of energy entering the system has been interpreted through these energy spectra.

2. Seismic Energy Components

The equation governing the motion of a SDOF system which has viscous damping subjected to horizontal ground motion can be expressed as

$$m\ddot{u}_t(t) + c\dot{u}(t) + f_s(t) = 0 \quad (1)$$

Here m is the mass, c is the viscos damper coefficient, $f_s(t)$ is the internal force, $\dot{u}(t)$ is the relative velocity of the system with respect to the ground and $\ddot{u}_t$ is the total acceleration of the system. Equation 1 can be written as follows

$$m\ddot{u}(t) + c\dot{u}(t) + f_s(t) = -m\ddot{u}_g(t) \quad (2)$$

$\ddot{u}(t)$ is the relative acceleration with respect to the ground, $\ddot{u}_g(t)$ is earthquake-induced ground acceleration.

The general relative energy balance of structural systems can be derived by integrating the equation of motion (2) with respect to displacement. Consequently, the energy balance equation of an SDOF system can be written as [15]

$$\int_0^u m \ddot{u}(t) du + \int_0^u c \dot{u}(t) du + \int_0^u f_s(t) du = - \int_0^u m \ddot{u}_g(t) du \quad (3)$$

The right-hand side of Equation (3) expresses the total energy input to the system (E_I) with the ground motion, which is given as

$$E_I = - \int_0^u m \ddot{u}_g(t) du$$

This energy can be rewritten independent of the mass (per unit mass) as

$$\frac{E_I}{m} = - \int_0^u \ddot{u}_g(t) du$$

The first term on the left-hand side of Equation (3) represents the kinetic energy of the mass E_K , which is expressed as

$$E_K = \int_0^u m \ddot{u}(t) du = \int_0^{\dot{u}} m \dot{u}(t) d\dot{u} = \frac{m\dot{u}^2}{2}$$

The second term on the left-hand side of Eq. (3) represents energy dissipated by viscous damping E_D

$$E_D = \int_0^u c \dot{u}(t) du$$

The third term on the left side of Eq. (7.9.1) is the sum of the energy dissipated by the elastic energy (recoverable) and plastic energy (non-recoverable) of the system, E_S represents the elastic energy dissipated by elastic behavior and expressed as follows;

$$E_S = \int_0^{u_y} f_s(t) du$$

E_P represents the plastic energy dissipated by non-linear behavior and expressed as follows;

$$E_P = \int_{u_y}^u f_s(t) du$$

The summation of these energy components constitutes the total energy input and Eq. (3) can be rewritten by using the symbolic seismic energy terms as:

$$E_K + E_D + E_S + E_P = E_I$$

3. Numerical Study

3.1. Models presentation and Earthquake ground motions and properties

Within the scope of the study, 10 SDOF models are designed in accordance with TBEC (2018) [16] standards and it has assumed that they have located in the university neighborhood of Elazığ province. ZC soil class are chosen at the design. The characteristics of the SDOF models are given in Table 1. The column height has chosen as 3 meters for Models 1-5, while the column height has taken as 4.5 meters for Models 6-10. For all models, the cross section of the column, the amount of longitudinal reinforcement, the number of transverse reinforcement and the spacing have kept constant.

Tablo 1. Structural properties of the SDOF models

	Column cross section (m ²)	Mass (t)	Column height (m)	Period (s)	Longitudinal reinforcement	Transverse reinforcement and spacing (mm)	Concrete and Reinforcement Class
Model 1	0.50x0.50	1.91	3	0.1	16 Φ18	Φ10/80	C30/B420C
Model 2	0.50x0.50	7.64	3	0.2	16 Φ18	Φ10/80	C30/B420C
Model 3	0.50x0.50	17.18	3	0.3	16 Φ18	Φ10/80	C30/B420C
Model 4	0.50x0.50	30.55	3	0.4	16 Φ18	Φ10/80	C30/B420C
Model 5	0.50x0.50	47.74	3	0.5	16 Φ18	Φ10/80	C30/B420C
Model 6	0.50x0.50	20.37	4.5	0.6	16 Φ18	Φ10/80	C30/B420C
Model 7	0.50x0.50	27.72	4.5	0.7	16 Φ18	Φ10/80	C30/B420C
Model 8	0.50x0.50	36.21	4.5	0.8	16 Φ18	Φ10/80	C30/B420C
Model 9	0.50x0.50	45.83	4.5	0.9	16 Φ18	Φ10/80	C30/B420C
Model 10	0.50x0.50	56.57	4.5	1.0	16 Φ18	Φ10/80	C30/B420C

Three real earthquake strong ground motion records which are taken of database from Disaster and Emergency Management Administration (DEMA) [17] have used in the study. In the selection of earthquake ground motions, it has preferred that the earthquake occurred on the EAFZ, the magnitude value has greater than 6.0, and the ground class where the acceleration recording station has located was class B according to Euro Code 8 . Characteristics of selected earthquake ground motions are given in Table 2.

Table 2. Earthquake ground motions and properties

Earthquake & Year	Component	Station	M _w	PGA (g)	R _{JB} (km)	V _{s30} (m/s)
Sivrice (Elazığ), 2020	E-W	2308	6.80	0.2986	17.86	450
Otlukbeli (Erzincan), 1992	E-W	2402	6.60	0.4890	3.32	455
Center (Bingöl), 2003	N-S	1201	6.30	0.5109	2.23	529

In addition, the selected earthquake strong ground motion records are presented in Figure 1.

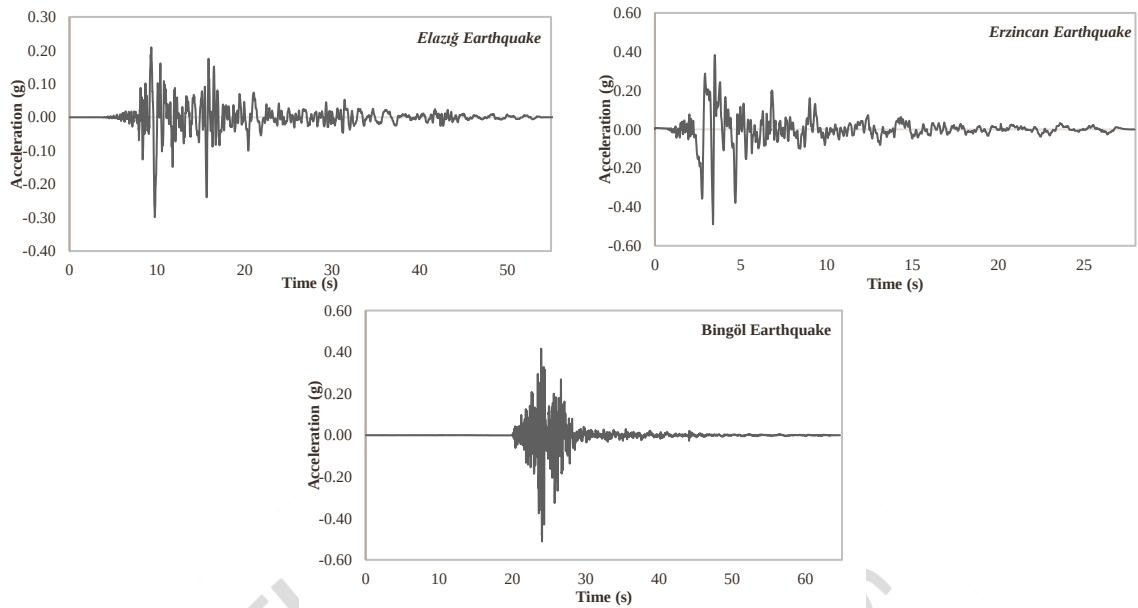


Figure 1. The selected earthquake strong ground motion records

3.2. Time history analysis

In this study, it is investigated how the material behavior of the structure affects the amount of input energy to the system during an earthquake. It has been selected bi-linear with strength hardening and non-linear with strength degradation models for the material modeling. Behavior of these material models are shown in Figure 2-3. At the bi-linear model, the hardening ratio was assumed to be $\alpha=0.1$. On the other hand at the non-linear model, the confinement and unconfined Mander [18] model has used for the concrete material. The modified version of the Karsan and Jirsa [19] model by Filippou et al. [20] has used for the behavior of concrete material under cyclic loads. For the reinforcement material, the bi-linear with hardening model was preferred.

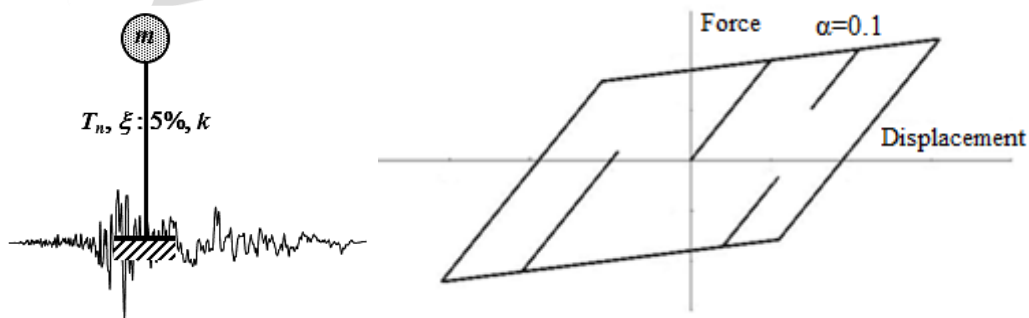


Figure 2. Bi-linear model with hardening

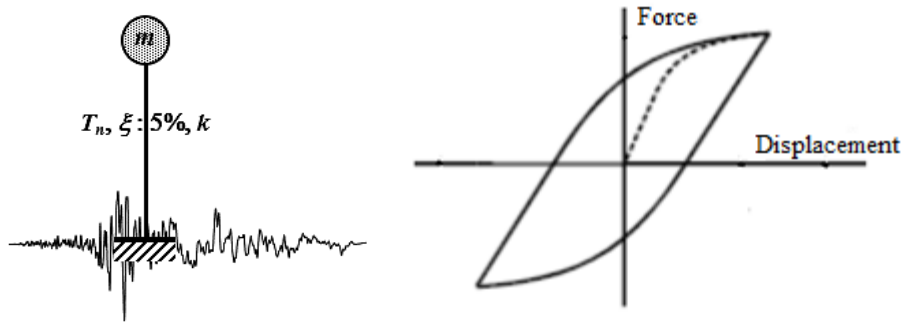


Figure 2. Non-linear model with strength degradation

Two material models have applied to 10 SDOF systems with periods ranging from 0.1 second to 1.0 seconds at intervals of 0.1 seconds. A SDOF system was created as a cantilever column with mass concentrated at the free end, and modeled as a fiber element. SDOF models have analyzed in the time domain using the Newmark average acceleration method under the selected earthquake records. Newton-Raphson approximation method has used in the force balancing. In the analyses, damping ratio was assumed as 5% for all models. A computer program written in MATLAB [21] language by the authors for the non-linear dynamic analyses of SDOF systems is used for the solutions.

3.3 Result and Discussion

After the displacements of SDOF models have determined from the non-linear dynamic analyzes, the total maximum input energy amounts to the SDOF models with the effect of the earthquake have calculated. The input energies calculated for the selected earthquake ground motions have divided by the SDOF' mass. The maximum input energy values per unit mass have found for each SDOF model (or each period value). Hence, the mass-normalized input energy spectra have obtained for the selected earthquake ground motions. These spectra were given Figure 4-6 respectively.

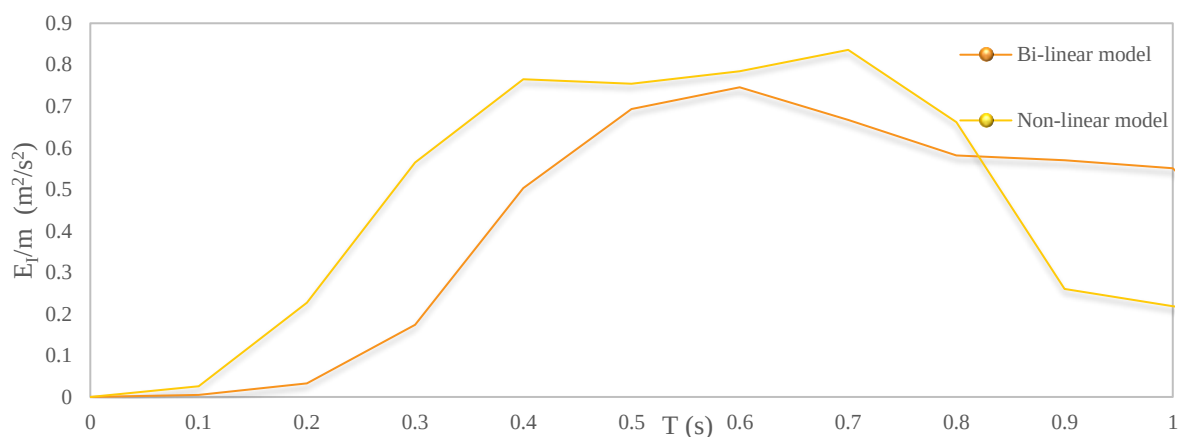


Figure 4. The input energy spectra for Elazığ earthquake ground motion

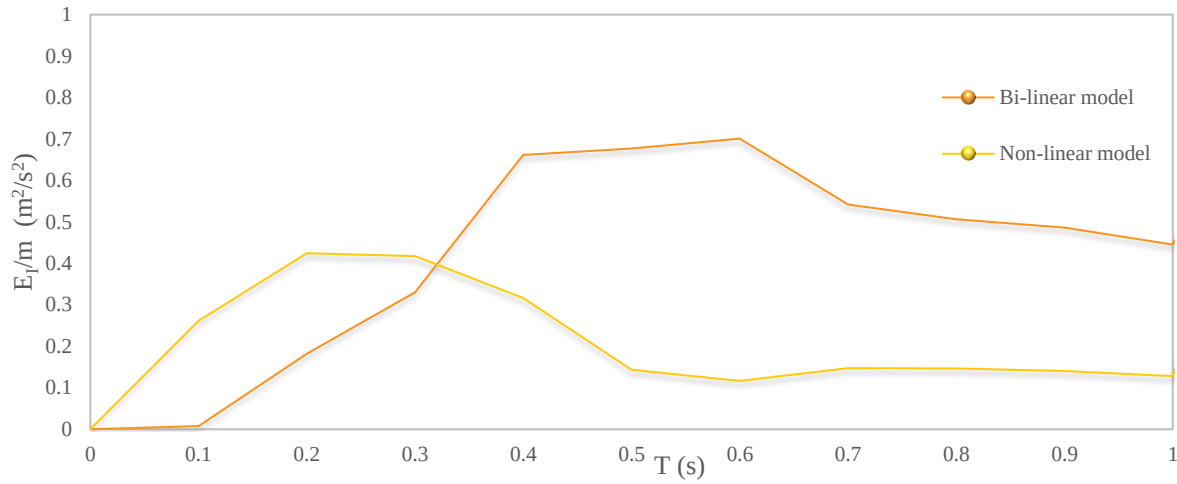


Figure 5. The input energy spectra for Erzincan earthquake ground motion

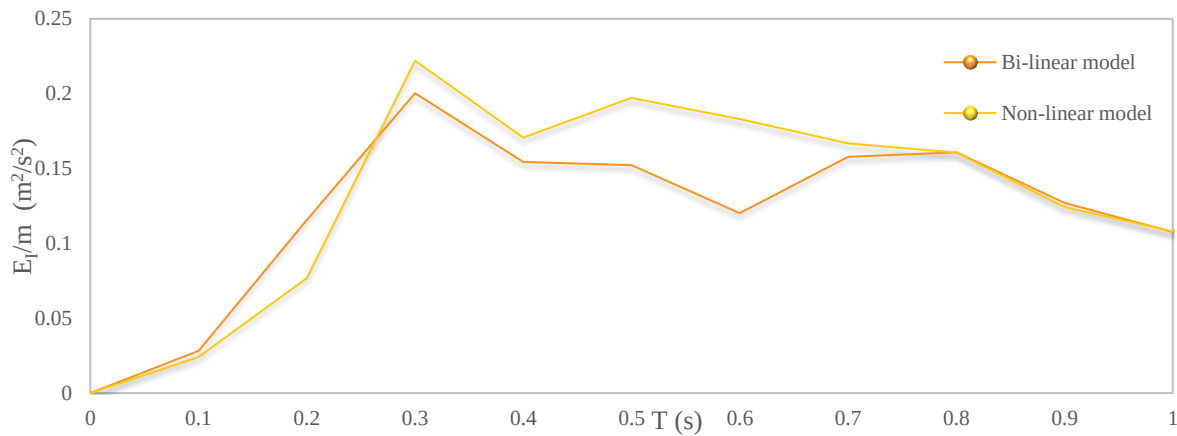


Figure 6. The input energy spectra for Bingöl earthquake ground motion

When the energy spectra are examined, the following results have been obtained;

- It is seen that the material modeling of the structure affects the amount of input energy to the system during the earthquake.
- The amount of maximum input energy to the system is also highly effected by the structure period.
- The characteristics of earthquake have also affected the amount of input energy to the system.

4. Conclusion

In this study, it has examined how the amount of input energy of the system with the effect of earthquake changes with the material modelling of the structure. For this purpose, it has been selected bi-linear with strength hardening and non-linear with strength degradation models for the material modeling. Two material models have applied to 10 SDOF models, which are designed in accordance with TBEC 2018 standards, with periods ranging from 0.1 second to 1.0 seconds at intervals of 0.1 seconds. These models have analyzed under the three real

earthquake records occurred on the EAFZ. The total maximum input energy amounts to the SDOF models with the effect of the earthquake have calculated. The input energies calculated for the selected earthquake ground motions have divided by the SDOF' mass. The maximum input energy values per unit mass have found for each SDOF model (or each period value). Hence, the mass-normalized input energy spectra have obtained for the selected earthquake ground motions.

In the light of the information obtained, it has been seen that the material modelling of the structure affects the maximum input energy amount to the system during the earthquake. In addition, the maximum amount of input energy to the system is highly affected by the structure period. Besides, the characteristics of earthquake have also affected the amount of input energy to the system

References

- [1] Güllü, A., Yüksel, E., Yalçın, C., and Dindar, A.A., *Experimental verification of the elastic input energy spectrum and a suggestion*, Proceedings of the Interdisciplinary Perspectives for Future Building Envelopes, 15-18 May, Istanbul / Turkey, 2017.
- [2] Leelataviwat, S., Saewon, W. and Goel, S.C. Application of Energy Balance Concept in Seismic Evaluation of Structures, Journal of Structural Engineering, ASCE, February, 135,2, 2009.
- [3] Housner, G.W., *Limit design of structures to resist earthquakes*, Proceedings of the 1st World Conference on Earthquake Engineering, Oakland, California, USA, 1956.
- [4] Akiyama, H., *Earthquake-Resistant Limit-State Design for Buildings*, University of Tokyo Press, Tokyo, 1985.
- [5] Zahrah, T.F. and Hall, W.J., Earthquake energy absorption in SDOF Structures, Journal of Structural Engineering, ASCE, August, 110, 4, 2009.
- [6] Fajfar, P., Vidic, T. and Fischinger, M., Seismic demand in medium- and long long-period structures, Earthquake Engineering Structural Dynamic, November 18, 8, 1989.
- [7] Uang, C.M. and Bertero, V.V., Evaluation of seismic energy in structures, Earthquake Engineering Structural Dynamic, January, 19, 1, (1990)
- [8] Decanini, L. D., and Mollaioli, F., An energy-based methodology for the assessment of seismic demand, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, February, 21, 2, 2001.
- [9] Benavent-Climent, A., López-Almansa F., and Pujades, L.G., Design energy input spectra for moderate seismicity regions, Earthquake Engineering Structural Dynamic, November 30, 11, 2002.
- [10] Benavent-Climent, A., and Zahran, R., An energy-based procedure for assessment of seismic capacity of existing frames: application to RC wide beam systems in Spain, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, May, 30, 5, 2010.
- [11] Lopez-Almansa, F., Yazgan A. U. and Benavent-Climent, A., Design energy input spectra for high seismicity regions based on Turkish registers, Bulletin of Earthquake Engineering, January, 11, 2013.
- [12] Dindar, A. A., Yalçın, C., Yüksel, E., Özkaynak, H. and Büyüköztürk, O., Development of earthquake energy demand spectra. Earthquake Spectra, August, 31, 3, 2015.

- [13] Merter, O., An investigation on the maximum earthquake input energy for elastic SDOF systems, April, 16, 4, 2019.
- [14] Dedeoğlu, İ. Ö. and Calayır, Y., Evaluation of structural response and input energies of SDOF systems subjected to earthquake records scaled according to different design spectra, Dicle University Journal Engineering, March, 12, 2, 2021.
- [15] A. K. Chopra, *Dynamics of Structures : Theory and Applications to Earthquake Engineering*, Prentice Hall, Upper Saddle River, 1995.
- [16] Turkish Building Earthquake Code, Ministry of Environment and Urban Planning, Ankara, (in Turkish), 2018.
- [17] DEMA. Disaster and Emergency Management Administration, Earthquake Department Database, <https://tadas.afad.gov.tr>. (access time: 23.05.2021)
- [18] Mander, J.B., Priestley, M.J.N. and Park, R., Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete, Journal of Structural Engineering, ASCE, September, 114, 8, 1988.
- [19] Karsan, I.D. and Jirsa, J.O., Behavior of Concrete under Compressive Loading, Journal of the Structural Division, ASCE, December, 95, 12, 1969.
- [20] Taucer, F.F., Spacone, E. and Filippou, F.C., *A Fiber Beam-Column Element for Seismic Response Analysis of Reinforced Concrete Structures*, Technical Report Earthquake Engineering Research Center College of Engineering, University of California, Berkeley, 1991.
- [21] MATLAB, (R2018a). Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc.; 2018