



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TARIMSAL SULAMADA GÜNEŞ
ENERJİSİNİN KULLANIMI:
MUŞ İLİ ÖRNEĞİ**

Ali BİNGÖL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri
Anabilim Dalı**

Aralık-2021
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TARIMSAL SULAMADA GÜNEŞ
ENERJİSİNİN KULLANIMI:
MUŞ İLİ ÖRNEĞİ**

Ali BİNGÖL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim
Dalı**

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Ömer ARSLAN

Aralık-2021
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL ve ONAYI

Ali BİNGÖL tarafından hazırlanan “Tarımsal Sulamada Güneş Enerjisinin Kullanımı: Muş İli Örneği” adlı tez çalışması 28/12/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Enstitüsü Nükleer Enerji Ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. İhsan DAĞTEKİN
Fırat Üniversitesi/Mühendislik Fak.
Makine Müh. Bölümü

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ömer ARSLAN
Muş Alparslan Üniversitesi,
Müh. Mim. Fakültesi Makine Müh. Bölümü

.....

Üye

Doç. Dr. Hüseyin KOÇ
Muş Alparslan Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fak.
Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü

.....

Yukarıdaki sonuç;
Enstitü Yönetim Kurulu/...../..... Tarih ve/..... nolu kararı
ile onaylanmıştır.

.....

FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Ali BİNGÖL

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIMSAL SULAMADA GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIMI: MUŞ İLİ ÖRNEĞİ

Ali BİNGÖL

Muş Alparslan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Ömer ARSLAN

Dünyada enerjiye talebin artması, fosil yakıtların çevreyi kirletmesi ve küresel ısınmaya sebep olmasından dolayı, temiz yenilenebilir enerji kaynakları büyük önem arz etmeye başlamıştır. Ayrıca Türkiye gibi fosil yakıt fakiri ülkelerin enerji arzında dışa bağımlılığını azaltmak ve cari açığı küçültmek için kendi öz kaynaklarından olan yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirmesi öncelikli stratejik bir konu haline gelmiştir. Muş ili Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli yüksek illerinden biridir. Bununla beraber ülkenin beşinci büyük iç ovası olan Muş ovası ile Bulanık, Malazgirt ve Liz ovalarına sahip olmasından dolayı güneş enerjisinden faydalanarak bu ovaların sulanması kent ekonomisinin gelişimi için öncelikli alanlardan biri olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmayla; kentin tarım yapılabilir alanlarının potansiyeli ortaya konulmuş ve planlanan sulama kanallarıyla suyun erişemeyeceği tarım alanlarının tarıma kazandırılmasına katkı sunulması amaçlanmıştır. Bunun için gerekli olan elektrik enerjisini güneş enerjisi panellerinden temin ederek dere ve yer altı suları kullanılarak tarıma uygun tüm arazilerin sulu tarıma kazandırılması için bu çalışma yapılmıştır. Gerekli pompa büyüklüğü hesaplandıktan sonra bu pompanın çalışması için gereken elektrik enerjisi miktarı için güneş enerjisi panel büyüklüğü hesaplanmış, gerekli maliyet hesapları ve amorti hesapları yapılmıştır. Bütün bu çalışmalarla Muş kentinin güneş enerjisi potansiyelinin kentin ekonomisinin gelişimi için değerlendirilebileceği en büyük potansiyeli olan tarım alanlarının sulu tarıma daha fazla açılmasına katkı sunmak amaçlanmıştır.

2021, 57 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Muş Ovası, Fosil Yakıt, Global Radyant, Tarım

ABSTRACT

MASTER'S TEHESIS

USING SOLAR ENERGY IN AGRICULTURAL IRRIGATION: CASE OF MUŞ PROVINCE

Ali BİNGÖL
Muş Alparslan University
Institute of Science
Department of NuclearEnergyandEnergySystems

Advisor: Assistant Prof. Ömer ARSLAN

The value of alternative renewable energy sources for fossil fuel-poor countries is increasing today, when the demand for energy in the world increases, fossil fuels cause global warming and increase foreign dependency. Muş province is one of the provinces of Turkey with high solar energy potential. However, due to the fact that it has the Muş plain, which is the fifth largest inland plain of the country, and the plains of Bulanık, Malazgirt and Liz, irrigation of these plains by using solar energy is important for the development of the city's economy. With this study; First of all by revealing the potential of the arable areas of our province, it is to ensure that the agricultural areas that cannot be reached by water are brought into agriculture with the existing and planned irrigation channels. This study has been carried out in order to provide the energy required for this from solar energy systems and to bring the stream and ground waters of all arable lands to modern agriculture. Secondly, the use of renewable clean energy sources by utilizing the solar energy potential of our province. Emphasizing the potential of solar energy, which is an environmentally friendly, inexpensive energy source. Thirdly, the most important of the aims of this study is to create formulas to automatically and simplify the cost calculations required to use solar energy, one of the renewable energy sources of the agricultural field, and to provide all necessary cost and depreciation calculations with a few data.

2021, 57 Pages

Keywords: Muşplain, Fossil Fuel, Global Radiant, Agriculture

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Doğu Anadolu bölgesi illerinden bir olan Muş'un güneş enerjisi potansiyeli değerlendirilerek sulu tarım yapılamayan tarımsal alanların üretime kazandırılmasına katkı sunmak amaçlamıştır. Muş Türkiye'nin sosyo-ekonomik açıdan geri kalmış kentlerinden biridir. Ekonomik olarak az gelişmişlikten kurtulabilmek için kentin öz kaynaklarından azami bir şekilde yararlanmak gerekmektedir. Kentin Türkiye'nin sayılı ovalarından birine sahip olması ve tarımsal alanların küresel ısınmayla gittikçe azalması, bu potansiyeli gün geçtikçe daha değerli kılmaktadır. Bu potansiyelin etkin değerlendirilmesinde önemli bir sorun olan sulamanın, kentin diğer önemli bir potansiyeli olan güneş enerjisi aracılığıyla ucuza mal edilmesi, kent için çok önemlidir. Bu çalışma ile bu amaç gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. İlk önce su kaynağına uzaklık ve tarla büyüklüğü göz önüne alınarak gerekli büyüklükteki su pompası motoru belirlenmiş daha sonra bu pompa için gerekli güneş enerjisi panellerinin alan hesabı yapılmıştır. Bütün bu hesaplamaların yapılması için gerekli veriler tablo halinde teze eklenmiştir. Sonuçta bütün bu hesaplamaları otomatik olarak yapacak Excel programı geliştirilmiştir. Böylece herhangi bir çiftçi sadece tarla büyüklüğü ve su kaynağının tarladan uzaklığı gibi verileri girerek birkaç adımda gerekli pompa ve güneş enerjisi paneli büyüklüğüyle beraber gereken maliyet ve sistemin kendini amorti etme süresini elde edebilmesi sağlanmıştır. Bu çalışmanın tarımla ilgilenen kurum, kuruluşlar ve çiftçilere büyük fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmamda Doç. Dr. Öğretim Üyesi Hüseyin KOÇ ve meslektaşım Asef ZİYANAK'ın emeğinden dolayı teşekkür eder, bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren, bana inanan Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalından danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Ömer ARSLAN ve tüm öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Ali BİNGÖL
MUŞ-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Muş İli Güneş Enerjisi Potansiyeli	4
1.2 Muş İlinin İklim Özellikleri	8
1.3 Muş İlinin Tarımsal Potansiyeli.....	9
1.1.1 Muş İlinde Arazi Kullanımı	13
1.4 Fotovoltaik Güçle Çalışan Sulama Sistemleri	15
1.4.1 PV Paneller	18
1.4.1.1 Polikristal Paneller	21
1.4.1.2 Monokristal Paneller	21
1.4.1.3 İnce Film Paneller	22
1.4.1.4 Esnek Güneş Panelleri	22
1.4.2 Şarj Kontrol Cihazı	23
1.4.3 Bataryalar	23
1.4.4 İnverterler (Çeviriciler).....	24
1.4.5 Su Deposu	24
1.5 Motor ve Pompalar	24
1.5.1 Hidrolik (Hacimsel) Pompa Çeşitleri	25
1.5.1.1 Dişli Pompalar	25
1.5.1.1.1 Dıştan Dişli Pompalar	26
1.5.1.1.2 İçten Dişli Pompalar	26
1.5.1.2 Paletli Pompalar	27
1.5.1.3 Pistonlu Pompalar	28
1.5.2 Rotodinamik (İvme-Santrifüj) Pompalar	29
1.5.2.1 Kademeli Pompalar.....	30
1.5.2.2 Dalgıç Pompalar	30
1.5.2.3 Hidrofor Pompalar	31
1.5.2.3 Dik Türbin Pompalar	32
1.5.3 Pompa Seçimini Etkileyen Parametreler	33
1.5.1.1 Debi.....	33
1.5.2.2 Pompanın Verimi.....	33
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	35
3. MATERYAL ve YÖNTEM	37

3.1 Pompa Gücü Hesaplaması	37
3.2 Gerekli Fotovoltaik Gücü Karşılacak Panel Alanı Hesaplaması	41
3.2 Örnek Bir Sulama Sistemi İçin Gerekli Motor ve Fotovoltaik Gücün Hesaplaması	42
3.4 Maliyet Analizi	44
4. SONUÇ ve ÖNERİLER	46
KAYNAKLAR	49
EKLER	52
EK-1 Değişken değerler.....	52
EK-2 Formüller.....	53
EK-3 Sabit Değerler.....	54
EK-4 Hücre Verim Tablosu.....	55
EK-5 DC Motor Güç Değerleri	56
ÖZGEÇMİŞ	57

SİMGELER ve KISALTMALAR

Kısaltmalar

DAKKA	: Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı
DC	: Doğru Akım
AC	: Alternatif Akım
TKDK	: Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu
$D_{iç}$: Borunun iç çapı(m)
V	: Akışkanın düz boru içindeki hızı (m/s)
g	: Yer çekimi ivmesi (m/s^2)
Q	: Debi (m^3/s)
H_{dk}	: Boru bağlantı yerlerinde oluşan kayıplar
\sum_i	: Aynı tip dirsek sayısı
K	: Dirsek kayıp katsayısı
H_h	: Toplam yükseklik (m)
$P_{çg}$: Pompa çıkış gücü (W)
ρ	: Suyun yoğunluğu (kg/m^3)
P_e	: Efektif güç (W)
η_p	: Pompa verimi (0,8)
P_{mg}	: Motor gücü
α	: Elektrik motorunun verimi
P_{pv}	: Fotovoltaik sistemin gücü
G_r	: Maksimum ışınlanma ($1000 W/m^2$)
A	: PV (panel) alanı (m^2)
η_r	: Hücre verimi olup standart test koşullarındaki ($1000 W/m^2, 25 °C$)
E_{pv}	: Panelin ürettiği elektrik miktarı(W)
I	: Işınım şiddeti
η_{pv}	: Fotovoltaik sistemin verimi
F_m	: Tesis kurulum kayıp faktörü (0,85)
Φ	: Hücre sıcaklık faktörü
T_c	: Günlük ortalama sıcaklık ($°C$)
T_r	: Standart test koşullarındaki sıcaklık ($25 °C$)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1	GES'lerin 2009 yılı itibariyle dünya üzerindeki kurulu kapasitesi.....	2
Şekil 1.2	Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	7
Şekil 1.3	Muş ili global radyasyon haritası	7
Şekil 1.4	Türkiye İklim Haritası.....	8
Şekil 1.5	Muş Ovası ve yakın çevresinin fiziki haritası.....	10
Şekil 1.6	Dünya güneş enerjisi potansiyeli haritası.....	12
Şekil 1.7	Avrupa güneş enerjisi potansiyeli haritası.....	12
Şekil 1.8	PV destekli sulama sistemi bileşenleri.....	16
Şekil 1.9	Pv sulama sistemi seçiminde karar verme aşamaları.....	17
Şekil 1.10	PV hücre, modül, panel, dizin.....	18
Şekil 1.11	Fotovoltaik panelin yapısı.....	19
Şekil 1.12	Panel eğim açısı.....	20
Şekil 1.13	Monokristal, polikristal, esnek ve ince panel çeşitleri.....	21
Şekil 1.14	Şarj kontrol cihazı.....	23
Şekil 1.15	Dıştan dişli pompa sistemi.....	26
Şekil 1.16	İçten dişli pompa sistemi.....	26
Şekil 1.17	Paletli pompa.....	27
Şekil 1.18	Pistonlu pompalar.....	28
Şekil 1.19	Pistonlu pompanın kesiti.....	28
Şekil 1.20	Santrüfuj pompa çalışma prensibi.....	29
Şekil 1.21	Örnek bir pompa tasarımı.....	30
Şekil 1.22	Dalgıç pompa kesiti.....	31
Şekil 1.23	Hidrofor pompa.....	32
Şekil 1.24	Dik türbin pompa.....	32

ÇİZELGELER DİZİNİ

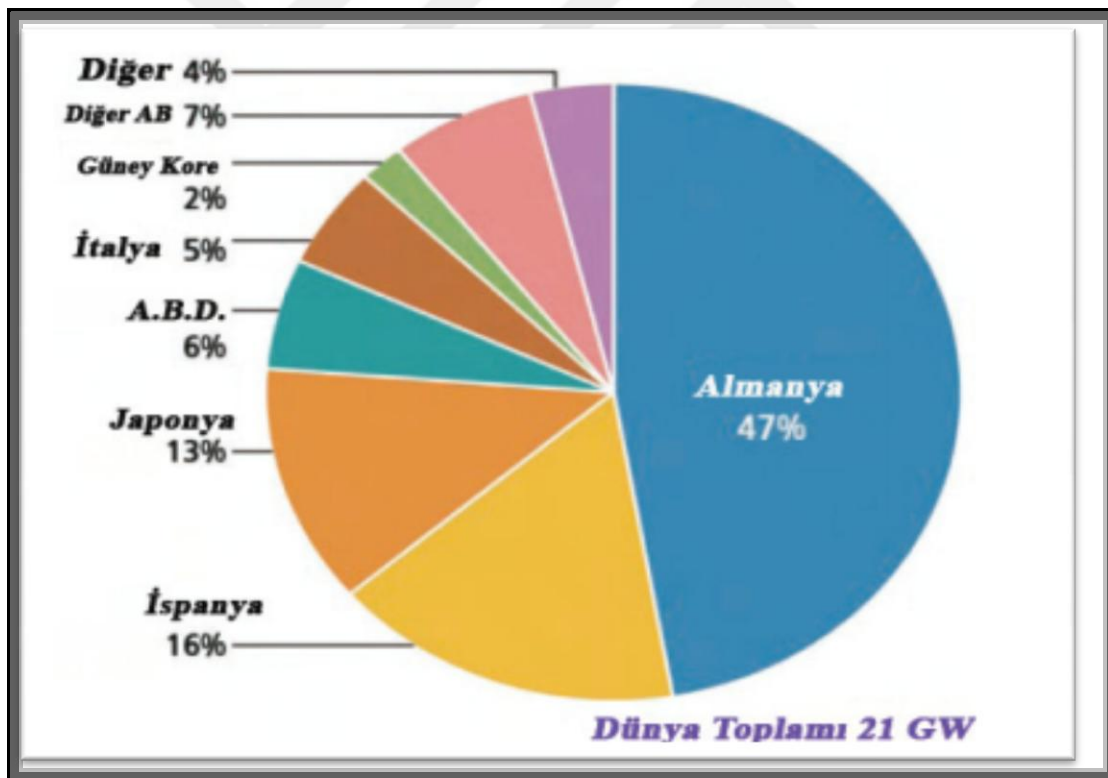
Çizelge 1.1 2019 yılı için dünyadaki kurulu güneş enerjisi santrali gücü.....	3
Çizelge 1.2 Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı.....	5
Çizelge 1.3 Muş ili yıllık güneşlenme süreleri 1964-2020 yılları arası.....	6
Çizelge 1.4 Muş ili arazi alanlarının kullanım durumu.....	14
Çizelge 1.5 2014 verilerine göre Muş ili tarım alanlarının kullanım yerleri.....	14
Çizelge 1.6 Güneş hücre malzemelerinin performans değerleri ve alan gereksinimleri.	19
Çizelge 1.7 Güneş pillerinde rapor edilmiş en yüksek verimlilikler.....	22
Çizelge 1.8 Farklı derinlik ve pompalama uygulamalarında verim.....	33



1. GİRİŞ

Tüm canlıların ihtiyaç duyduğu, aynı zamanda temel besin zincirinin ilk halkasını oluşturan bitkilerin de fotosentez olayını gerçekleştirebilmesi için ihtiyaç duyduğu güneş ve sudur. Bitkilerin su ile buluşması olayına sulama denilmektedir. Sulama en basit haliyle kaynaktan sulanacak alana yükseklik farkını (potansiyel enerjiyi) kullanarak, suya hareket (kinetik enerjiyi) kazandırarak bitkilere ulaşmasının sağlanmasıdır. Her zaman su kaynakları sulanacak bölgeden daha yüksekte olmaz hatta bazen onlarca metre aşağıda ya da yerin altında olabilir. Bu durumda suyun alana pompalarla iletilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla bir mekanik sistem kurulmalıdır. Bu sistemin kurulum, bakım ve enerji masrafları olacaktır. Elektrik enerjisi hatlarının geçmediği kırsal alanların sulanmasında içten yanmalı motorlu su pompalarına gereksinim duyulmakta veya elektriğe ulaşımın mümkün olduğu yerlerde elektrikli su pompaları kullanılmaktadır. Her iki durumda da tarımsal üretim maliyetlerine enerji faturası eklenmektedir. Ayrıca ister içten yanmalı su pompaları isterse elektrikli su pompalı olsun sonuçta elde edilen enerji fosil yakıtlar tüketilerek elde edilmektedir. Fosil yakıtların tüketimiyle enerji elde edilmesi hem tüm canlıların yaşadığı çevreyi kirletmekte hem de sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Fosil yakıtlardan enerji edilirken çevreye salınan karbondan dolayı küresel ısınma ve beraberinde birçok çevre felaketine yol açmaktadır. Fosil yakıt kaynaklarının çevre için zararları ortadayken birde bu kaynaklara ulaşım maliyetleri de çok artmıştır. Dünyada nüfus artışı ve refahın yükselmesiyle orantılı olarak enerji talebinin artması fosil yakıt tüketimini de hızlı bir şekilde artarak hem çevresel sorunların artışına yol açmanın yanı sıra talep fazlalığı fiyat artışı yanı sıra enerji arz güvenliği soruna neden olmaya başlamıştır. Yukarıda belirtilen bütün bu nedenlerden dolayı özellikle fosil yakıt fakiri ülkeler alternatif temiz yenilenebilir enerji kaynaklarını daha fazla odaklanarak bu kaynakların verimli bir şekilde değerlendirilmesi üzerine çalışmalara hız vermiş ve değişik desteklerle teşvik etmişlerdir. Bunun sonucunda özellikle güneş, rüzgâr, jeotermal gibi kaynaklarından elektrik üretimi konusunda büyük yol alınmıştır. Özellikle dünyada daha yaygın bir şekilde bulunan güneş enerjisini değerlendirme konusunda gelişmiş birçok ülke çok başarılı olmuşlardır. Güneş enerjisinden endüstriyel kullanım amaçlı veya ulusal enerji ağına elektrik üreten için güneş enerji santrallerinin (GES)kurulumundan, konutların çatılarına monte edilen paneller aracılığıyla hanelerin kendi elektrik tüketimini

karşılması ve çatılara monte edilen kolektörler aracılığıyla hanelerin sıcak su ihtiyacını karşılmasına varıncaya kadar değişik uygulamalarla güneş enerjisinden faydalanma küresel ölçekte yaygınlaşmaktadır. ABD, Çin, Almanya, Japonya gibi birçok ülke güneş enerjisinden en fazla faydalanan ülkeler olarak öne çıkmaktadırlar(Şenol, 2012a). Ayrıca güneş enerjiden faydalanarak tarımsal sulamada büyük mesafeler alınmıştır. Böylece tarım yapılamayan birçok verimli arazi tarımsal üretime kazandırılmış olacaktır. Şekil.1.1’de dünyada GES konusunda büyük mesafe almış ülkelerin elektrik üretiminde 2009 yılı sonunda kurulu kapasitesi gösterilmiştir. Dünyada güneş enerjisinden yararlanarak elektrik üretimi 2019 yılı sonunda Çizelge.1.1’de görüldüğü gibi artmıştır. Görüldüğü gibi on yılda bile enerji tüketimindeki payı yani üretimi çok artmıştır. Gelecekte yeni teknolojilerle verim artıkça enerji üretiminde birinci sıraya da yükselebilir. Her yıl bu veriler hızla değişmekte olup bu alandaki yatırımlarla beraber yeni GES’ler faaliyete geçmektedir.



Şekil.1.1 GES’lerin 2009 yılı sonu itibariyle dünya üzerindeki kurulu kapasitesi (Şenol, 2012b)

Çizelge.1.1 2019 yılı için dünyadaki kurulu güneş enerjisi santrali gücü (Anonim, 2021a)

Ülkelere Göre Dünya Güneş Enerji Santrali Kurulu Gücü Listesi			
S.No	Ülke	Güncelleme	Kurulu Güç(MW)
1	Çin	Aralık 2019	204.700
2	ABD	Aralık 2019	75.900
3	Japonya	Aralık 2017	49.000
4	Almanya	Kasım 2018	45.550
5	İtalya	Aralık 2017	19.700
6	Hindistan	Aralık 2017	18.300
7	İngiltere	Aralık 2017	12.700
8	Güney Kore	Aralık 2019	11.200
9	Fransa	Aralık 2017	8.000
10	Avusturalya	Aralık 2017	7.200
11	İspanya	Temmuz 2017	6.730
12	Hollanda	Aralık 2019	6.725
13	Türkiye	Ağustos 2020	6.181
14	Vietnam	Aralık 2019	5.695
15	Belçika	Aralık 2017	3.800
16	Kanada	Aralık 2017	2.900

Fosil yakıt rezervlerine ulaşmadaki güçlükler, enerjide dışa bağımlılığın ekonomik ve siyasi boyutunun arz ettiği tehlikeler ile beraber yeni enerji kaynaklarının önemi de artmıştır. Yine tüketimde de alternatif enerji ile çalışan araç ve gereçlere rağbet artmıştır. Dünya genelinde tükenmez ve temiz enerji teknolojisi sürekli gelişmektedir. Enerji tüketiminde tarımsal alanların payı çok fazladır. Ülkemizde özellikle enerji nakil hatlarından uzak tarım alanlarının tarımsal üretime kazandırılmasında güneş enerjisinden faydalanmak çok öncelikli bir alan olarak öne çıkmaktadır. Suya erişim sorunu yaşayan tarımsal alanlarda güneş panellerinden yararlanmak sulama masraflarını azaltacaktır. Dünyada ve ülkemizde son yıllarda bu alanda ciddi yatırımlar yapılmaktadır. Tarım ekonomisi ağırlıklı olan İlimizin güneş enerjisi potansiyeli ülke ortalamasının üzerinde olduğundan tarımsal sulamada kullanımı kente çok olumlu katkılar sunacaktır. Kentin karasal iklim yapısından dolayı

tarımsal ekim ve hasadın yapıldığı aylar, ilin güneşlenme sürelerinin fazla olduğu aylar olan Haziran-Ağustos aylarıdır.

Bu çalışmanın amacı Muş ilinin sahip olduğu güneş enerjisi potansiyelinden yararlanarak tarım arazilerinin sulanmasını temin etmektir. Böylece daha ucuz tarım ve meyvecilik yapma imkânı sağlanarak Muş'taki verimli arazilerin tarımsal üretime kazandırılmasıyla ilimiz ve ülke ekonomisine daha büyük katkı sağlanabilecektir. Bu çalışmada ilk bölümde Muş ili için mevcut arazinin kullanım durumu incelenerek sulama sorunundan dolayı atıl konumda bulunan arazilerin envanteri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu arazilerin tarımsal üretime kazandırılması için sulama sorununa çözüm üretmek ve bu sorunlar çözüldükten sonra iklim şartlarına uygun çeşitlilikte, coğrafi konumunu avantaja çevirerek, ihraç edilebilecek ürünler belirlenmeye çalışılmıştır. Daha sonra hâlihazırdaki güneş enerjisi teknolojisinin durumu ortaya konulmuştur. Dünya, Türkiye ve özelde Muş ilinde güneş enerjisi potansiyeliyle ilgili verilerle beraber bu potansiyelin hayata geçirilmesi konusunda alınan mesafeler belirtilmiştir. Böylece fotovoltaik panellerde elde edilen elektrik enerjisi ile çalışan sulama sistemlerinden yararlanarak suyun sulanacak tarımsal araziye aktarımı tasarlanmıştır. Fosil yakıtları kullanan içten yanmalı su motorları, elektrik şebekesinin olduğu yerlerde kullanılabilen elektrikli su motorları ile güneş enerjisinden elektrik üreten sistemlerle çalışan AC ve DC motorlar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Kullanılacak teknoloji ve donanımlar detaylıca araştırılmıştır. Böylece sistem kurgulanırken kullanılacak tüm öğelerden tasarruf sağlama yaklaşımıyla tasarımlar oluşturulmuştur. Üçüncü bölümde belirli bir tarımsal alanın su ihtiyacını karşılayacak motor gücünün hesaplanması ve bu gücü karşılayacak güneş paneli büyüklüğünü tespiti için gerekli parametreler kullanılarak hesaplama yapılmıştır. Daha sonra bu formüller Excel programı kullanılarak birkaç adımda kolay ve pratik bir şekilde yapılmıştır. Dördüncü ve beşinci bölümler de ise kurulacak güneş enerjisi sistemlerinden yararlanarak sulama sistemlerinin maliyet analizi yapılmış, sistemin kendini amorti edebileceği süre hesaplanmıştır. Böylece tarımsal sulamanın en önemli gider kalemlerinden biri olan enerjinin, en az maliyetle ve çevreci bir yaklaşımla gerçekleştirilmesinin mümkün olduğu ortaya konulmuştur.

1.1 Muş İli Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye, yıllık ortalama güneş enerjisi 1315 kWh/m² ile potansiyeli yüksek ülkelerden biridir. Türkiye'nin tüm sathına gelen toplam enerji miktarı 1025x10¹² kWh

olarak belirlenmiştir. Bu enerji 1996 yılında Türkiye’de üretilen enerjinin 11000 katı demektir (Gençoğlu ve Cebeci, 2015). Hatta güneş enerjisi kurulu gücü yüksek olan çoğu Avrupa ülkelerinin potansiyelinden çok daha yüksektir. Almanya’da radyasyon değeri 930 -1130 kWh/m² ve yıllık güneşlenme süresi 1300-1900 saat arasında değişmektedir (Dinçer ve ark, 2017). Türkiye’de ortalama yıllık radyasyon değeri 1311 kWh/m² ve yıllık güneşlenme süresi 2640 saat olup Almanya’dan çok büyük değerlere sahiptir (Şenol, 2012). Bu yüksek verilere rağmen ülkemiz güneş enerjisinden enerji üretmede çoğu ülkeden geridedir. Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile ilgili devletin alt yapı yatırımlarına yönelmesi, sağladığı cazip teşvik ve desteklerle büyük bir çaba sağlamaya başlamıştır. Özellikle YEKA kapsamında büyük ölçekli GES ve RES santrallerinin kurulmasını teşvik edici desteklerle yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi hızlı bir şekilde artması sağlanmıştır. Özellikle YEKA ihalelerinde bu santrallerde kullanılacak donanımların %50 yerli üretim şartına bağlı olması, güneş ve rüzgâr santrallerinin kurulumundaki ileri teknoloji ürünlerinin ülkede üretilmesine büyük katkısı olmuştur. Ayrıca kırsal kalkınma bağlamında TKDK güneş panelleri ve sulama sistemleri %65 hibe desteğinin etkin kullanımıyla Muş gibi illerde tarımsal üretime çok büyük katkı sağlayacaktır (Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu, 2017). Özellikle tarım alanında yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ilgili çiftçilerin bilinç ve bilgi düzeylerinin yeterli seviyede olmaması yeterli gelişmenin ortaya çıkmasının önündeki engellerden yalnızca biridir. Bu çalışmamız ve buna benzer çalışmalar farkındalık oluşturarak güneş enerjisinin tarımsal sulamada kullanımının yaygınlaştırılmasına büyük katkı sağlayacağı anılmaktadır.

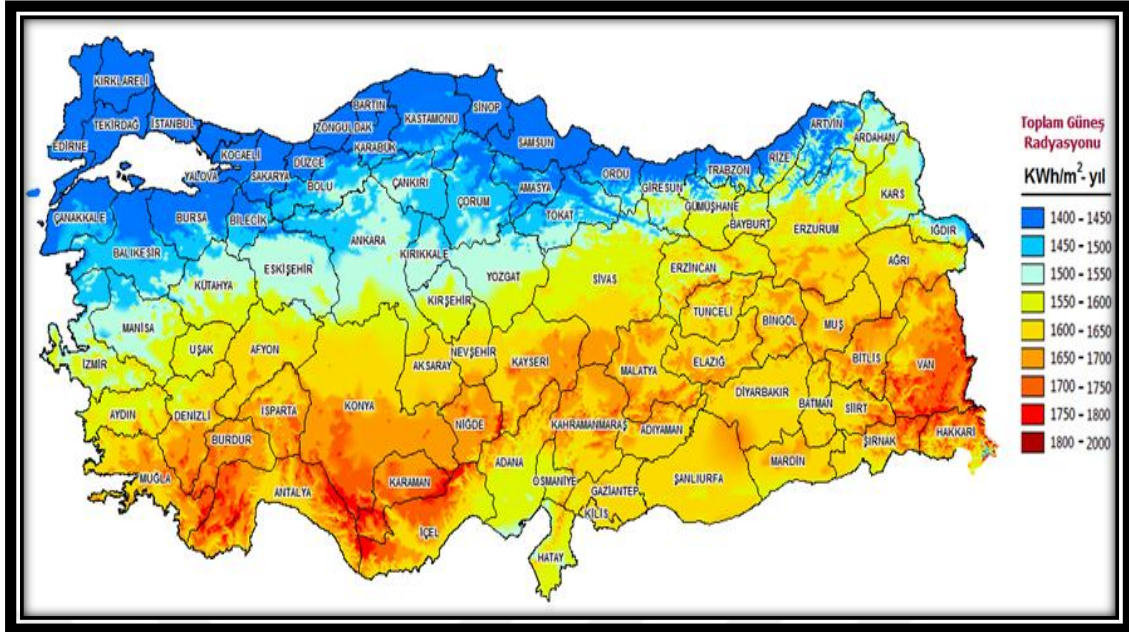
Çizelge.1.2 Türkiye’nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı (Avcı, 2017)

Bölgeler	Toplam Güneş Enerjisi(kW/m²-yıl)	Güneşlenme Süresi(Saat/yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Çizelge.1.3 Muş ili yıllık güneşlenme süreleri 1964-2020 yılları arası (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2020)

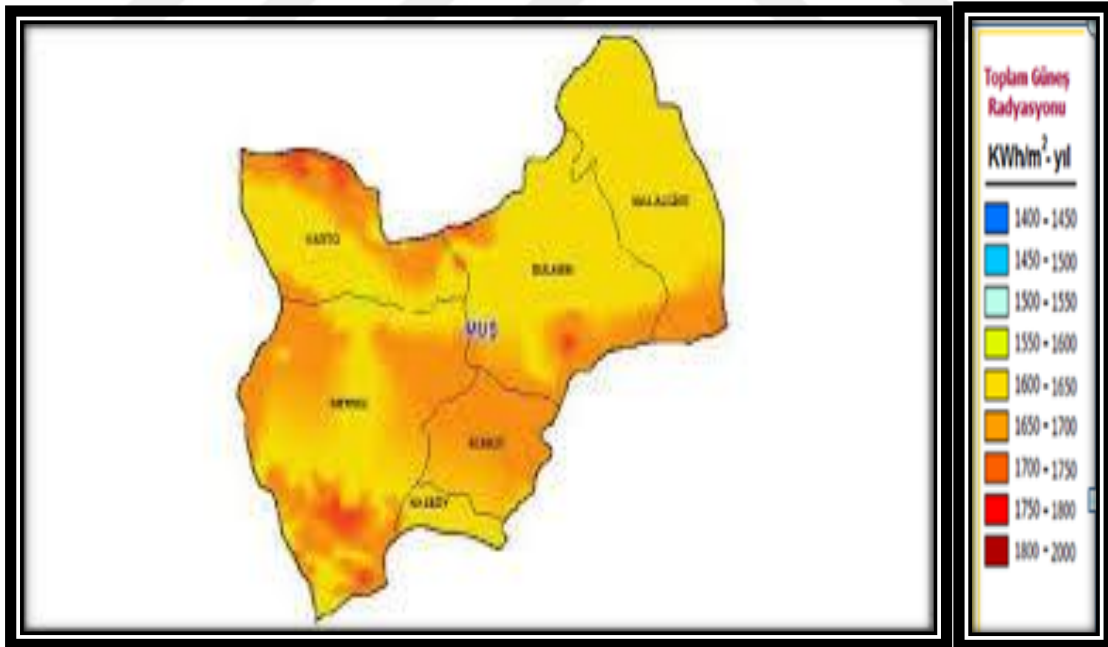
Aylar	Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	Ortalama Güneşlenme Süresi(Gün/Saat)
Ocak	12.1	2.0
Şubat	11.2	3.0
Mart	13.4	4.5
Nisan	15.2	6.0
Mayıs	15.1	8.5
Haziran	7.2	10.8
Temmuz	2.4	11.4
Ağustos	1.9	11.1
Eylül	3.4	9.7
Ekim	9.8	6.6
Kasım	9.9	3.9
Aralık	11.4	2.1

Yine Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli haritasına bakıldığında da ilimizin iyi bir konumda olduğu anlaşılmaktadır. İlimizin güneş enerjisi potansiyelinden yararlanarak tarımsal sulamada enerji kaynağı olarak çok verimli sistemlerin kurulabileceği görülecektir. Ayrıca tarım ürünlerinin fabrikasyon sürecinde de elektriği güneş enerjisinden sağlamak mümkündür. Örneğin paketleme, nakil bantları ve fırınlama gibi işlemlerin hepsi güneş enerjisi sistemleri sayesinde ücretsiz hale getirilebilir.



Şekil.1.2 Türkiye güneş enerjisi potansiyeli

İlimizin yıllık Güneşlenme süresi ülke ortalamasının üzerindedir. İlimizin yıllık global radyasyon değeri 1591,70 KWh/m² yıl değerindedir (Arslan, 2019). Yıllık güneşlenme süresi 2686 saattir.



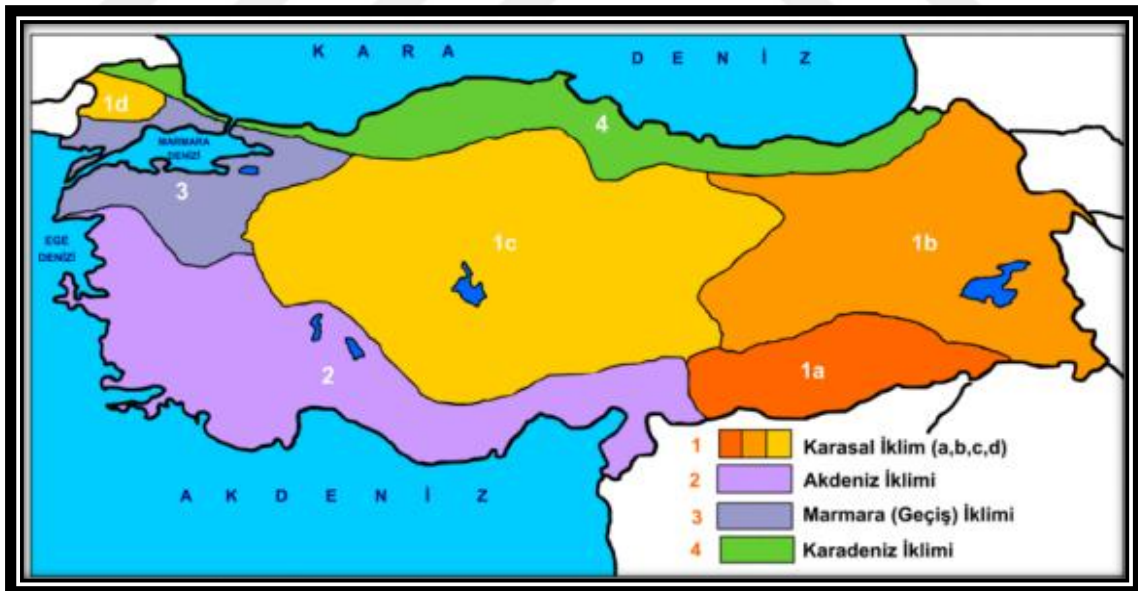
Şekil.1.3 Muş ili global radyasyon haritası

Muş ilinde güneş enerjisi sistemlerinden yararlanarak yerüstü su kaynakları veya sondaj ile elde edilen suyun tarlanın sulanması için, güneş enerjisi ile çalışan su pompalarıyla sağlanması ucuz ve çevreci olmasından dolayı önemlidir. Murat nehri ve

Karasu nehrinin kenarında bulunan tarlaların sulanmasında mazotla çalışan pompalar yerine güneş enerjisi ile çalışan pompalar kullanılarak sulama maliyetleri oldukça düşürülebilir. Tarımsal sulamada diğer önemli bir husus doğru sulamadır. Örneğin getirilen suyla tarlanın damlama sistemiyle sulanması az suyla toprağın etkin bir şekilde sulanması sağlayacaktır. Bu durum toprağın verim kaybını önlerken aynı zamanda su tasarrufu da sağlamış olur. Buna ek olarak damlama sistemi tercih edilirse enerji tasarrufu sağlanır.

1.2 Muş İlinin İklim Özellikleri

Muş kenti şekil 1.4’te görüldüğü gibi karasal iklimin en sert hissedildiği kuşakta yer almaktadır. Yazları sıcak, kurak ve yağışsız geçerken kışlar soğuk ve karlı geçer (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2020). Muş Ovası, Bulanık Ovası, Liz Ovası ve Malazgirt ovalarında kışın yoğun sis gözlemlenir. Muşun kuzeyinde yüksek dağların olmaması kışın soğuk havanın (Sibiryaya soğukları) alana girişini engellemezken, güneyindeki dağların ise yüksek olmasından dolayı Diyarbakır ve Batman gibi illere komşu olduğu halde ılık havanın önüne set olan Kurtik Dağları soğuk havanın ovalara hapsolmesine sebep olmaktadır (Şengün ve Kırşan, 2016).



Şekil.1.4 Türkiye iklim haritası (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2020)

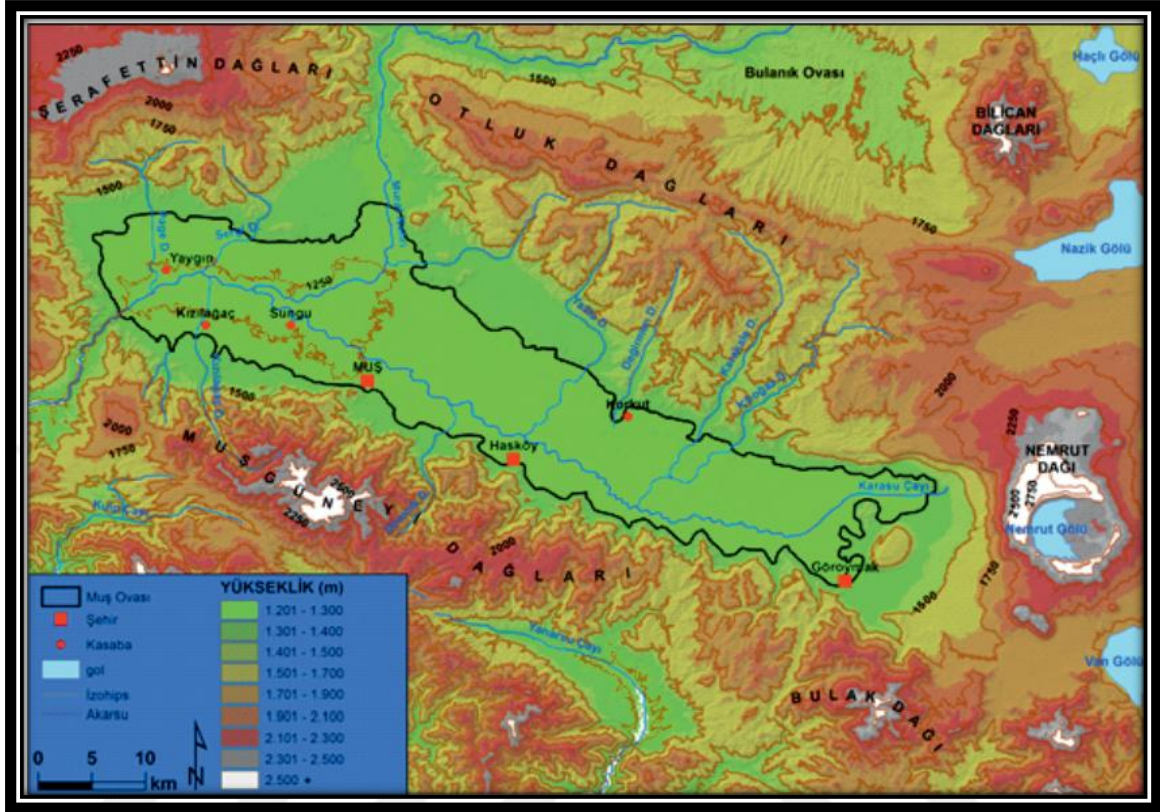
Muş ilinin meteorolojik verilerine bakıldığında yazın güneşten yararlanma saatlerinin çok fazla olduğu görülmektedir. Kentin 1966-2014 yılları arasını kapsayan 48 yıllık meteorolojik verilerine göre yıllık ortalama güneşlenme süresi 6.5 saattir. Bu

verilere göre en yüksek güneşlenme süresi 11.2 saat ile Temmuz ayında ve en düşük güneşlenme süresi 2.0 saat ile Ocak ayında ölçülmüştür (Şengün ve Kıranşan, 2016). Bu durum kışın güneş enerjisinden elektrik üretimini olumsuz etkilemesine rağmen, tarımsal üretimin güneşlenme sürelerinin en uzun olduğu yaz aylarını kapsamasından dolayı tarımsal üretim için avantaj sağlayacağı görülmektedir. Güneş, Muş iline 21 Aralıkta 23,73 derecelik açıyla ulaşırken bu değerler 21 Mart ve 23 Eylülde 51 derece olmaktadır. Yazın en uzun günde olan 21 Haziranda ise güneş ışınları 74,27 derece ile toprağa ulaşmaktadır (Şengün ve Kıranşan, 2016). Bu durum aynı zamanda güneş panellerinin elektrik üretiminde verimi etkilemektedir. Sulama yaz aylarında yapılacağına göre 21 Hazirandaki verilere yakın veriler temel alınarak sistem planlaması yapılmalıdır. Çünkü sulama yaz aylarında olmaktadır. Bu mevsimde güneş enerjisinden maksimum verimle enerji üretimi sağlanacağından daha az güneş enerjisi paneli kullanılacak. Bu da tarımsal sulamada kurulum maliyetlerini düşürecektir.

1.3 Muş İlinin Tarımsal Potansiyeli

Dünya nüfusu arttıkça tarım ürünlerinin hayati önemi de artmaktadır. Birçok ülke teknoloji ve bilimi kullanarak tarımsal verimliliği artırıp maliyet giderlerini düşürerek tarımsal ürün pazarında çok etkili bir konuma gelmişlerdir. Örneğin Hollanda tüm dünyaya tarım ürünleri ihraç etmekte 2019 yılı için toplam 95,4 milyar Avro tarımsal ihracat gerçekleştirerek dünyada ABD den sonra ikinci olmuştur (Özkan, 2020). Hollanda bu rakamlara 1386 km² gibi küçük bir tarımsal alanda başarmaktadır (Vikipedi, 2021). Türkiye'nin yüzölçümünün (783.577 km²) takriben üçte biri tarım arazilerinden oluşmaktadır. 2017 yılı sonu itibari ile sulama imkânına sahip 8,5 milyon hektar alandan sadece 6,5 milyon hektarı sulanabilmiştir. Yaklaşık 1 milyon hektar alanda da bireysel sulama yapılmaktadır. 2023 yılı sonunda sulanmayan 2 milyon hektarlık arazinin de DSİ Genel Müdürlüğü tarafından sulu tarıma kazandırılması hedeflenmektedir (Kalkınma bakanlığı, 2018). Türkiye su zengini olmamakla beraber gelecekte su kaynaklarının daha da azalacağı öngörülmektedir. Bu yüzden bu az kaynakların etkin bir şekilde tarımsal alanlara erişiminin sağlanması gerekmektedir. Muş Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Murat-Van Bölümü içerisinde yer almaktadır. Muş ilinin yüzey alanı 8196 km² olup yaklaşık olarak 3443 km² 'si tarıma elverişli arazidir. İlin tarıma elverişli arazisinin büyük çoğunluğu susuz tarımla ekilip biçilmektedir. Muş Ovası tektonik bir ova olup 80 km uzunluk, 30 km genişliğinde ve 1650 km²'dir (Vikipedi, 2021). Muş Ovası'nın etrafı 2000 metreyi aşan kuzeyde

Şerafettin dağları, güneyde ise Güneydoğu Toroslar'ı ile çevrilmiştir. Ovanın tabanı yer yer 200 metre kalınlığını bulan alüvyonlarla kaplıdır. Şekil.1,5'te Muş Ovası ve aktif akarsuların görüldüğü fiziki haritada verilmiştir.

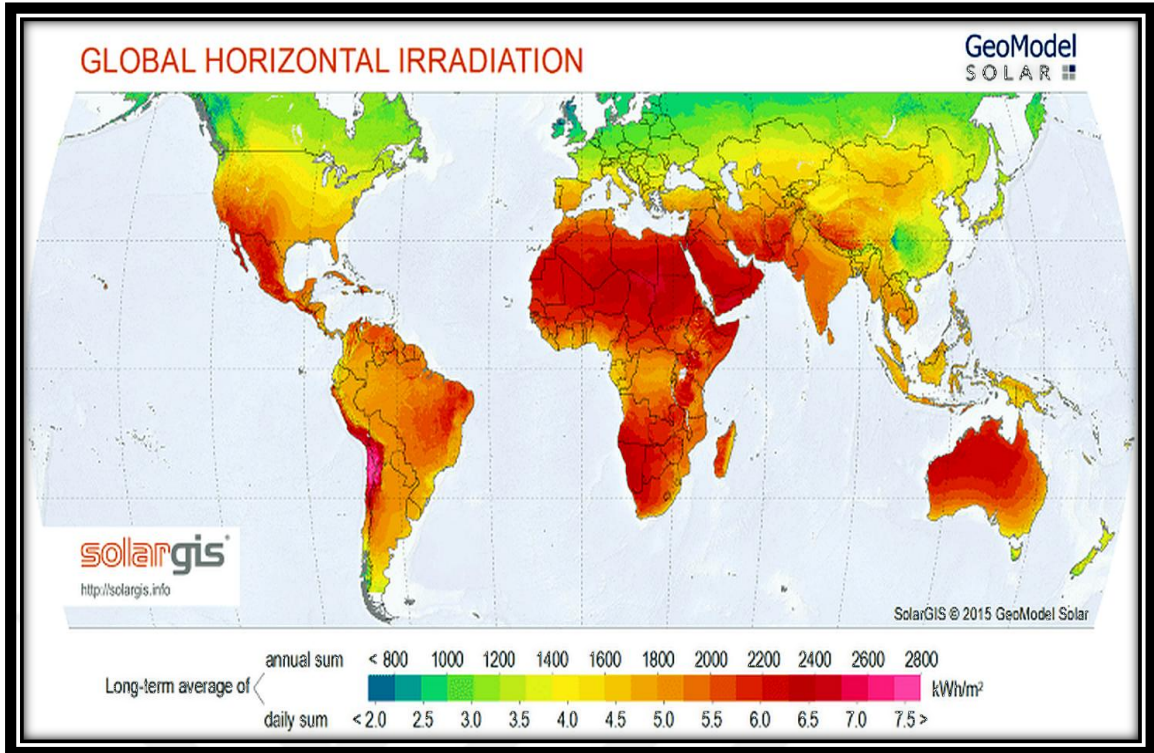


Şekil.1.5 Muş ovası ve yakın çevresinin fiziki haritası (Söylemez, 2014)

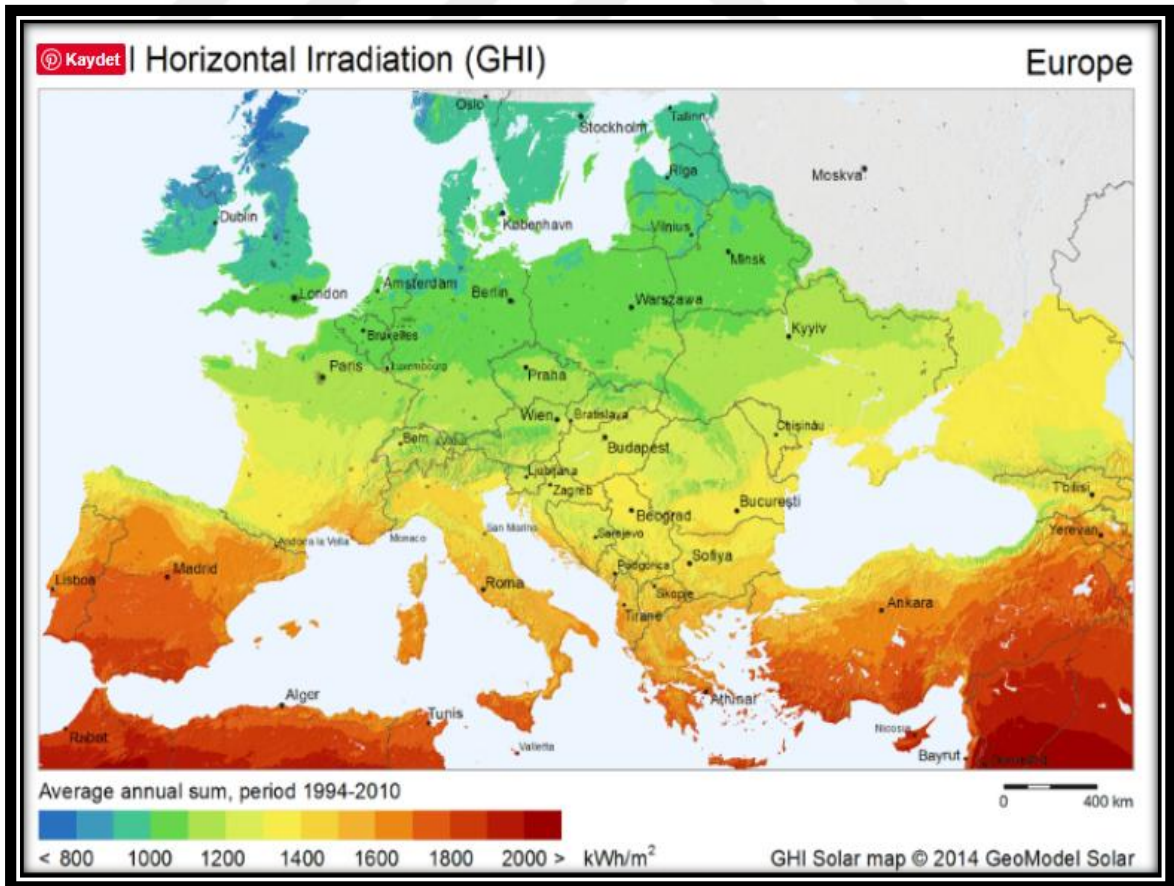
Muş, Türkiye'nin üçüncü büyük iç ovası olan Muş Ovasına ev sahipliği yapmaktadır. Muş Ovası'nın deniz seviyesinden yüksekliği 1250-1400 m'dir. Ova elips şeklinde olup etrafı yüksek dağlarla çevrilidir. Muş ilindeki diğer ovalar ise: Malazgirt Ovası 450 km², Bulanık ve Liz ovaları 525 km² olup, geniş bir bozkır şeklindedir. Muş'ta yer alan bu ovalarda bugüne kadar konvansiyonel tarım yapılmamış olmasından dolayı yoğun bir kimyasal gübre ve ilaçlama gerçekleştirmediğinden temiz kalabilmiştir. Yani hiçbir masraf gerektirmeden organik tarım yapılabilir araziler mevcuttur. Ovaların dışında kalan topraklar dağlık veya engebeldir. Bu alanlar ağırlıklı olarak mera alanlarıdır (Arslan, 2018). Muş ilinin tarıma elverişli olmayan alanlarında ceviz, fındık ve armut ağaçları doğada kendiliğinden yetişmektedir. Özellikle Çengili köyünden başlayıp Bilek, Ağartı, Savaşçılar ve Bahçe köyleri ile Üçsirt köyünden Karakale köyüne kadar yabani armut, yabani elma yetişmektedir. Burada elma ve armut ağaçları aşılansarak binlerce tonluk meyvenin yetiştirilmesi kolaylıkla sağlanabilir. Ayrıca

Cevizlidere, Üçevler, İnardı ve Ekindüzü bölgesinde ise cevizcilik son yıllarda gittikçe gelişmektedir.

Türkiye, yıllık 574 mm'lik yağış ortalamasına sahip olup yılda yaklaşık 450 milyar m³ suyu yağışlardan almaktadır (Yılmaz, 2014). Muş ilinin meteorolojik verilerine bakıldığında yıllık yağış miktarı çoğu kar olmak üzere yıllık ortalama 767,5 mm civarlarında olduğu görülmektedir. Ancak sulama ihtiyacının olduğu Haziran-Eylül aylarında yağış miktarı aylık ortalaması 14 mm civarlarında gerçekleşmektedir. Yıllık bazda Muş ilinin yağış ortalaması ülke ortalamasının üzerinde olmasına rağmen karasal iklim özelliklerinden dolayı sulama ihtiyacının olduğu Haziran-Eylül aylarında yağış miktarı çok düşmektedir. Yağış ortalaması ülke ortalamasından fazla olan Muş küresel ısınmayla beraber artık eskisi kadar da yağışların olmayacağı düşünülmektedir. Buna ek olarak tarımsal verimlilikte su kaynaklarına erişim kadar suyun bilinçli kullanımı da çok üzerinde durulması gereken konulardan biri olmuştur. Çünkü yanlış sulama ile toprağın verimi düşürülebilir. Bilinçli ve bilimsel sulama teknikleri kullanılarak hem tarımsal verimlilik artırılabilir hem de toprağın kalitesi korunabilir. Su kaynaklarının israfı önlenerek bu anlamda gelecek nesillere karşı sorumluluğumuzu da yerine getirmiş oluruz. Bilim ve teknolojiye dayalı tarım yapan ülkelerin çoğunda iklim koşulları ilimiz koşullarından çok daha zordur. Örneğin Hollanda gibi ülkelerin yıllık güneşlenme süreleri çok azdır. Buna rağmen bilimsel yöntemlerle bunun da üstesinden gelmeyi başarmışlardır. Şekil.1,6 ve Şekil.1,7'de gösterilmiştir. Ülkemiz ve ilimizin tarımsal üretimi için güneşten yararlanma potansiyeli gösterilmiştir.



Şekil.1.6 Dünya güneş enerjisi potansiyeli haritası (Oral, 2020)



Şekil.1.7 Avrupa güneş enerjisi potansiyeli haritası (Oral, 2020)

Muş ilinde tarım arazilerinin potansiyeli yüksek olmasına rağmen bu potansiyelin kullanılmadığı görülmektedir. Hâlbuki bu verimli araziler kimyasal ilaçlamayla buluşmamış ham ve alüvyon zengini topraklardan oluşmaktadır. İklim şartlarına uygun ürünler seçilirse pazarlamada hiçbir sorun yaşanmayacaktır. Çünkü İran, Irak ve Rusya'ya çok rahat pazarlanabilir.

1.1.1 Muş İlinde Arazi Kullanımı

Muş kenti Muş Ovası, Bulanık Ovası, Liz Ovası ve Malazgirt Ovası gibi büyük verimli topraklara sahiptir. Murat ve Karasu gibi Fırat Nehri'ni besleyen önemli akarsularda bu topraklardan geçmektedir. Her ne kadar yakın bir zamanda Alparslan 2 barajı sulama projesi hayata geçse bile, bu proje ile Muş Ovası'nın büyük bir kısmını sulayacaktır. Muş Ovası'nın kalan kısmı ile diğer ovaların sulanması için pompalarla sulama gibi bireysel sulama sistemlerine gereksinim olacaktır. Muş ilinin ekilip biçilebilecek arazilerinin büyük çoğunluğunda enerji nakil hatlarına olan uzaklığından ve de elektrik şebekesinden faydalanarak sulama maliyetleri yüksek olduğundan, güneş enerjisiyle çalışan pompalar ile kentin arazilerinin sulanması hayati öneme sahiptir. Muş ilinde tarımsal faaliyetlerin büyük çoğunluğu susuz tarıma dayalı olduğundan ekonomik değeri ve pazarlama payı yüksek ürünler ekilememektedir. Murat ve Karasu kıyı şeridi ile mevcut sulama kanallarının suladığı arazi de ise ürün çeşitlenmekte ve daha fazla gelir getiren ürünler ekilmektedir. İlde sulama imkânlarına sahip bölgelerin ekonomik gelişmişliği susuz tarım yapılan bölgelere göre çok daha iyidir. Yine hâlihazırda çok sınırlı araziye sulayan DSİ kanallarının geçtiği bölgelerde domates, biber, patlıcan, şeker pancarı, kavun, karpuz ve mısır ekilirken bazı bölgelerde ise meyvecilik yapılmaktadır. Dolayısıyla tarımsal verimlilik yeterli sulamayı gerektirmektedir. Çizelge 2 ve Çizelge 3'te Muş Valiliğinin tarım arazileriyle ilgili verileri bulunmaktadır.

Çizelge.1.4 Muş ili arazi alanlarının kullanım durumu (Muş Valiliği, 2021)

Arazi Çeşidi	Miktar (HA)	Toplam Arazi İçerisindeki %'si
Tarım Arazisi	344.842	42
Çayır	93.798	11,5
Mera	279.564	34,0
Orman	72.865	9,0
Tarıma Elverişsiz	28.531	3,5
Toplam	819.600	100

Çizelge.1.5 2014 verilerine göre Muş ili tarım alanlarının kullanım yerleri (Muş Valiliği, 2021)

Kullanım Yerleri	Yüzölçümü (HA)	Oran(%)
Tarla Arazisi	245.667	29,97
Sebze Arazisi	3.417	0,42
Meyve Arazisi	472	0,06
Bağ	362	0,04
Diğer kullanım Yerleri	49.838	6,08
Toplam	299.756	36,57

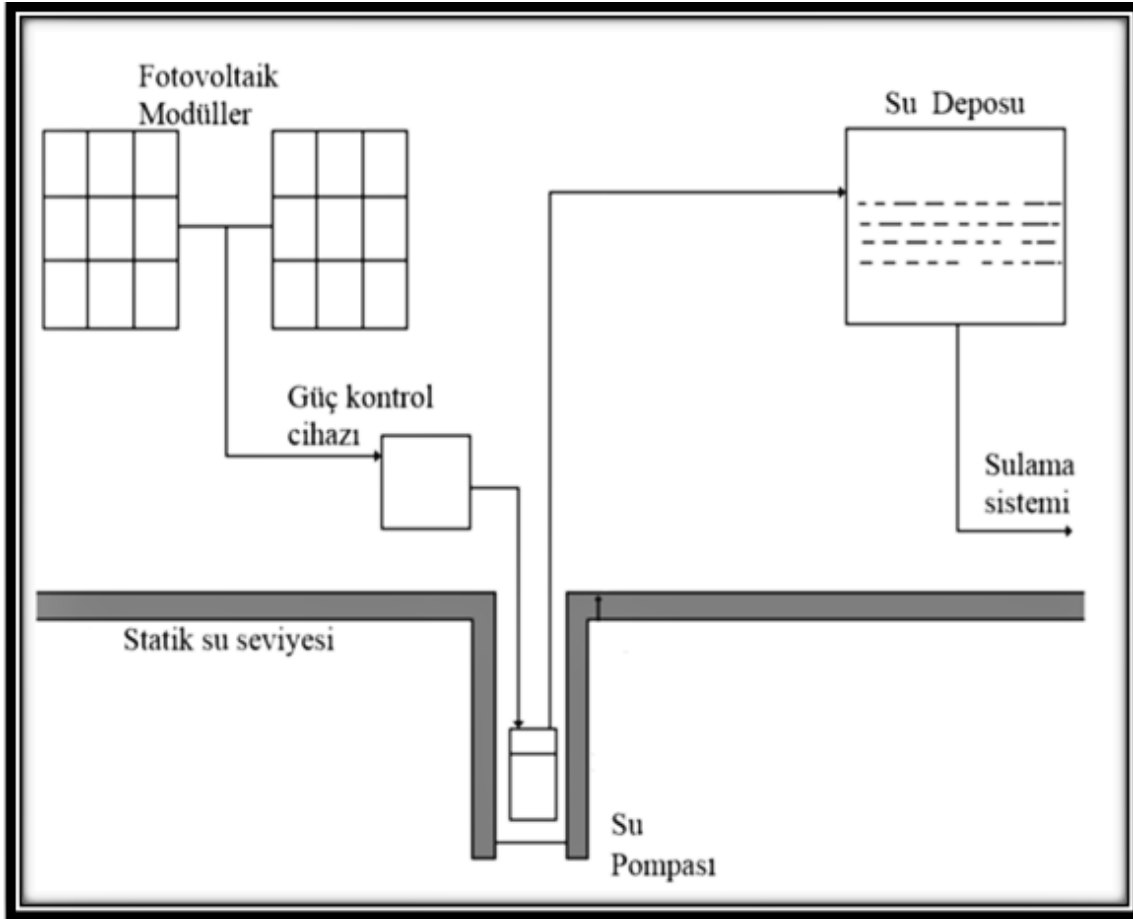
Muş ovası modern sulama teknikleri ve bilinçli tarım ile buluşursa organik tarım alanında yüksek rekolteli ürünler vermeye müsait ham topraklara sahiptir. Aynı zamanda güneş enerjisinden faydalanarak seracılık yapıldığında bir yılda birden fazla hasat yapma imkânı da doğar. Yine ilimiz İran, Irak, Rusya ve Ortadoğu ülkelerine rahatlıkla ulaşımın sağlanacağı bir konumda olup demir yolu ve hava yolu imkânlarına sahip olduğundan ürünlerin pazarlanması ve nakliyesi açısından avantajlı bir konuma sahiptir. Yine ülkemizde tarım ürünlerinin ihracatının yapıldığı 114 ülke içerisinde ilk sırada Rusya Federasyonu yer almaktadır. Bu ülkeye Ocak-Ağustos ayları arasında 455 bin 190 tonluk yaş meyve sebze ihraç edilmiş ve bunun karşılığında yaklaşık 375,4 milyon dolar kazanç sağlanmıştır (Yılmaz, 2019).

Muş ilinde tarım bilim ve teknolojiden maksimum düzeyde faydalanılarak yapıldığında katma değeri yüksek ürünlerden maksimum verim alınabilir. Artan dünya nüfusu ve refahın yükselmesiyle beraber gıdaya talep gün geçtikçe artmaktadır. Buna ek olarak Covid-19 benzeri salgınların artışı insan bağışıklığı için olmazsa olmaz olan doğal gıdaya talebi hızlı bir şekilde artırmaktadır. Bu nedenle mevcut tarım alanlarının muhafazası ve verimliliğinin artırılmasının temini yanı sıra bitki ıslahı ile yetiştiricilik uygulamalarına ağırlık verilmelidir. Bu amaçla daha önce bölgeye uygun buğday, arpa ve tritikale (buğday x çavdar melezi olan yeni bir buğday türü) çeşitlerinin Muş koşullarında demonstrasyonuna yani örnek bir uygulamayla üretim süreçleri hakkında bilgilendirmeyle beraber bu işin nasıl yapılacağını pratik ve görsel olarak göstermek çiftiyi ikna etmek için önemlidir. Ayrıca tohumluk üretimine ve dağıtımına öncelikli olarak başlamak gerekir. Buna ek olarak Muş koşullarında yüksek verimli silajlık mısır çeşitlerinin tespitiyle beraber yaygınlaştırılması kent için önemlidir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2017). Yaklaşık olarak 800 mm yağmurun yağdığı Muş Ovası'nda ayçiçeği ve patates gibi ürünlerin yetiştirilmesi ekonomik canlılığı artıracaktır.

1.4 Fotovoltaik Güçle Çalışan Sulama Sistemleri

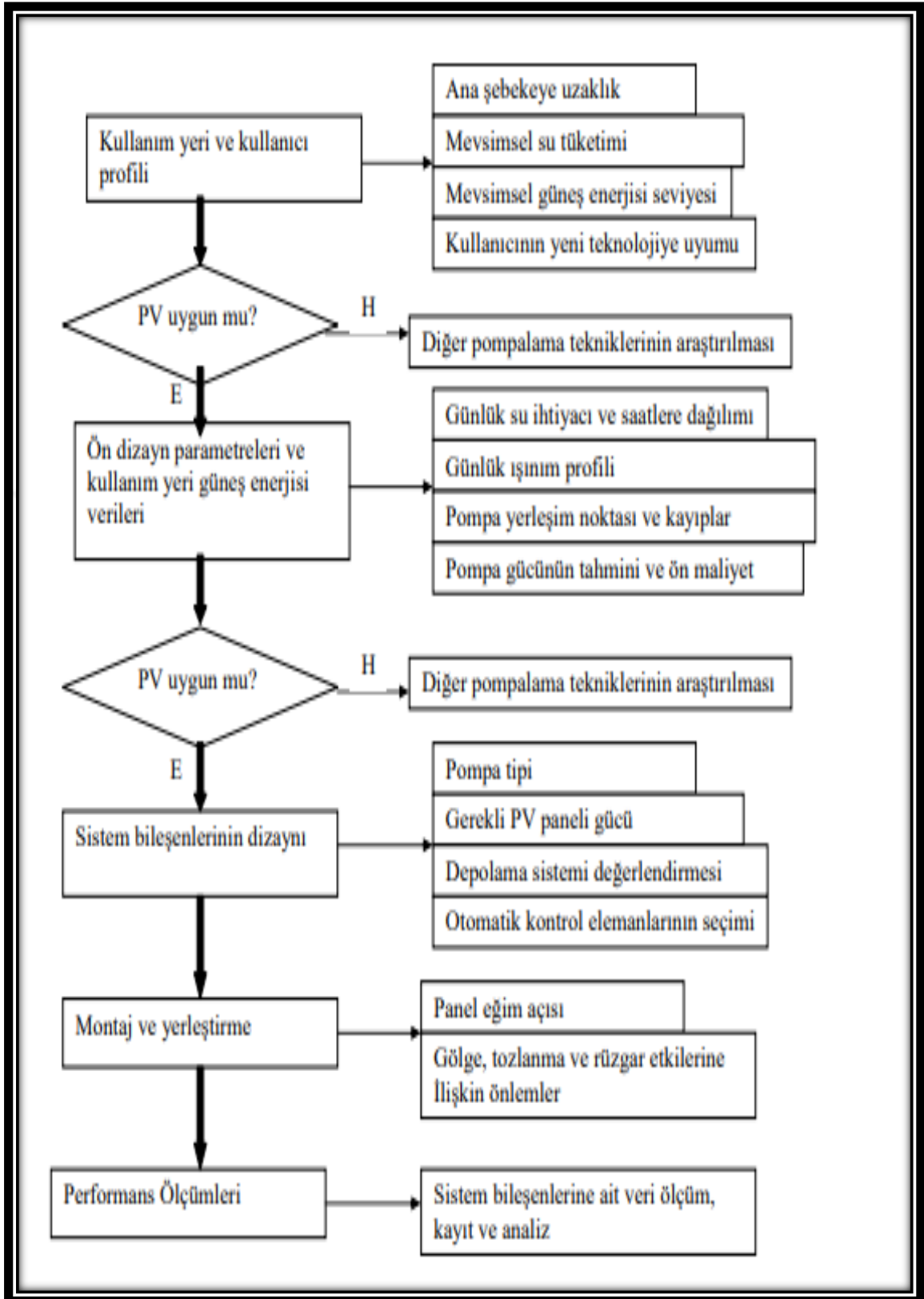
Güneş panelleri, belirli bir dalga boyunda güneşten gelen ışığı belli bir performans ile elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir (Avcı ve ark, 2017). Sistemin kurulumunda dikkate alınacak hususlar; sulanacak alan ve anlık su ihtiyacı, su kaynağının yeri (kuyu-akarsu-gölet), su deposuna ihtiyaç olup olmayacağı gibi her bir öge maliyete etki etmektedir. Sulama işlemi fotovoltaik destekli sistemlerde, doğrudan dönüşüm veya termodinamik kanunlara dayanan dönüşüm yöntemleri ile pompalanabilir. Doğrudan dönüşümde güneşten elde edilen elektrikle DC motoru doğrudan çalıştırılabilir veya bir inverter yardımıyla elektrik AC akımına dönüştürülerek bu akımla çalışan pompanın gereksinim duyduğu elektrik enerjisi karşılanmış olur. Fotovoltaik ilkeye göre çalışan güneş enerjili sulama sistemlerinin kullanım süreleri uzun ve bakım ihtiyaçları az olması nedeniyle maliyetleri düşüktür. Bu sebepten daha çok tercih edilmektedir. Güneş panelleri, belirli bir dalga boyunda güneşten gelen ışığı belli bir randıman (%10-25) ile elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Ülkemizde fotovoltaik paneller kullanılarak damlama sulama sistemlerinde güneş enerjisinden yararlanılmaktadır. Doğru sistemlerinin tercihi hem tarımsal üretimin verimliliğini hem de sulamanın tarım arazilerini toprak yapısına zarar vermesini önler. Damla sulamada su, uzun delikli hortumlar sayesinde çok küçük damlalar halinde

bitki köklerine damlatılır. Akşam ve gece sulama tercih ediliyorsa uygun yükseklik ve kapasitedeki su deposu gündüz güneşten yararlanarak doldurulur. Akşam su deposundaki sudan yararlanarak sulama yapılır. Bu sistemler teknolojinin gelişimiyle verimde artış sağlarken maliyette ise ucuzluk sağlamıştır. Sistem aşağıdaki elemanlardan birkaçını ya da hepsini kapsar.



Şekil 1.8 PV destekli sulama sistemi bileşenleri (Atmaca ve ark, 2014)

PV sulama sistemleri belirlenirken Şekil 1.9'da gösterilen parametrelerden yararlanılabilir.



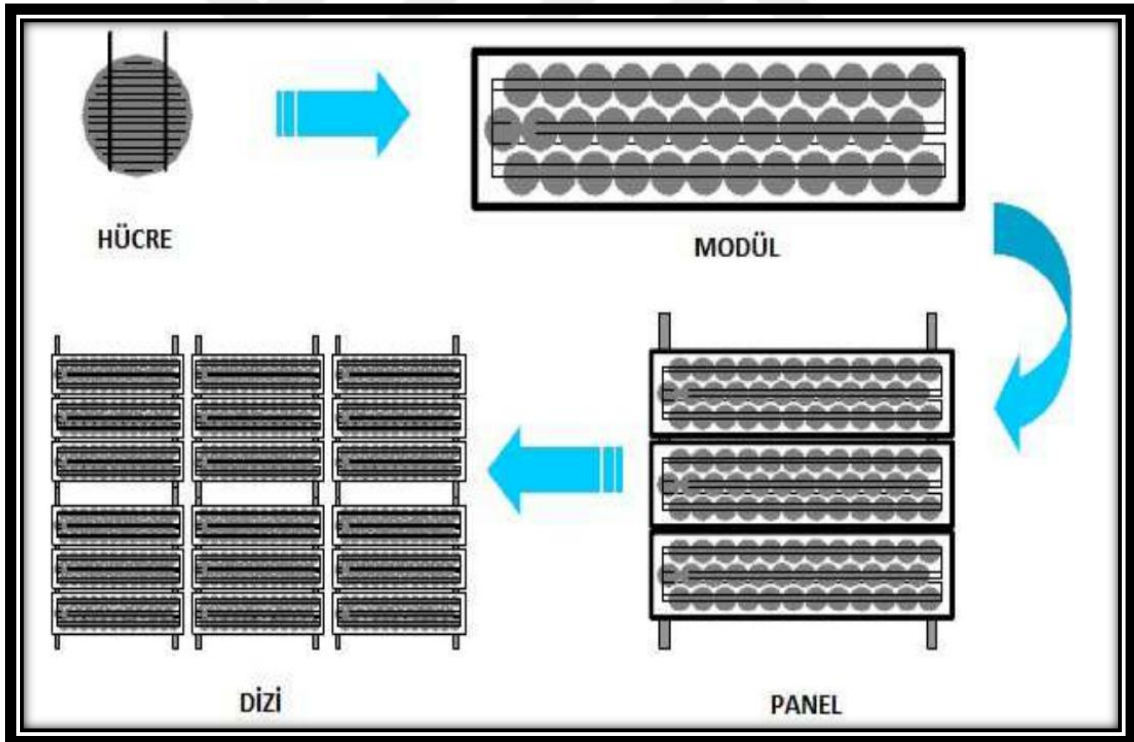
Şekil.1.9 PV Sulama sistemi seçiminde karar verme aşamaları (Aktacir ve Yeşilata, 2000)

Fotovoltaik su pompaları kullanılacak su miktarı, pompanın statik ve dinamik yükleri, pompanın kullanıldığı aylar ve bu aylardaki güneş ışınım şiddeti göz önüne alınarak

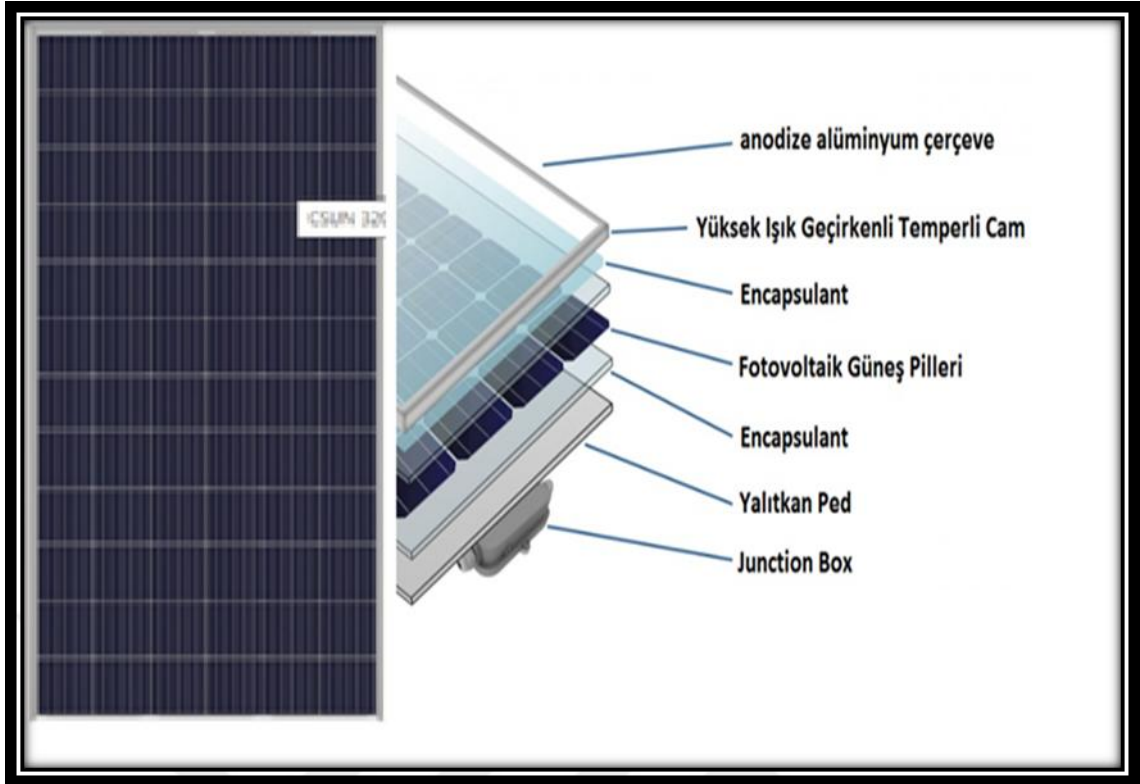
seçilmelidir. Bu parametrelerin uygulama öncesinde detaylıca incelenip analizinin yapılması gereklidir. PV güç sistemi uygulamasının seçimine karar verme aşamasındaki analizin adımları özet olarak Şekil.1.9’da verilmiştir (Aktacir ve Yeşilata, 2000).

1.4.1 PV Paneller

Güneş panelleri fotovoltaik sistemlerin en temel parçası olup güneş ışınlarından elektriğin üretildiği yarı iletken silisyum malzemeden yapılmış güneş hücrelerinden teşekkül etmektedir. Bu donanım aracılığıyla güneş enerjisi elektrik enerjisine dönüşür. Bu sistemin en küçük yapı taşı güneş hücreleridir. Hücrenin ara yüzüne gelen güneş ışığı fotonlarının elektronları sökmesi ve bu elektronların dış çevredeki hareketine dayanan bir sistemdir (Turhan ve Çetiner, 2012). Şekil 1.10’da görüldüğü gibi hücreler seri veya paralel olarak bağlanarak modülleri, modüller de bir araya gelerek panelleri, panellerde birleşerek diziler elde edilir. Tüm bu açıklamalar şekil 1.11’de görsel olarak gösterilmiştir.



Şekil.1.10 PV hücre,modül, panel, dizin (Turhan ve Çetiner, 2012)



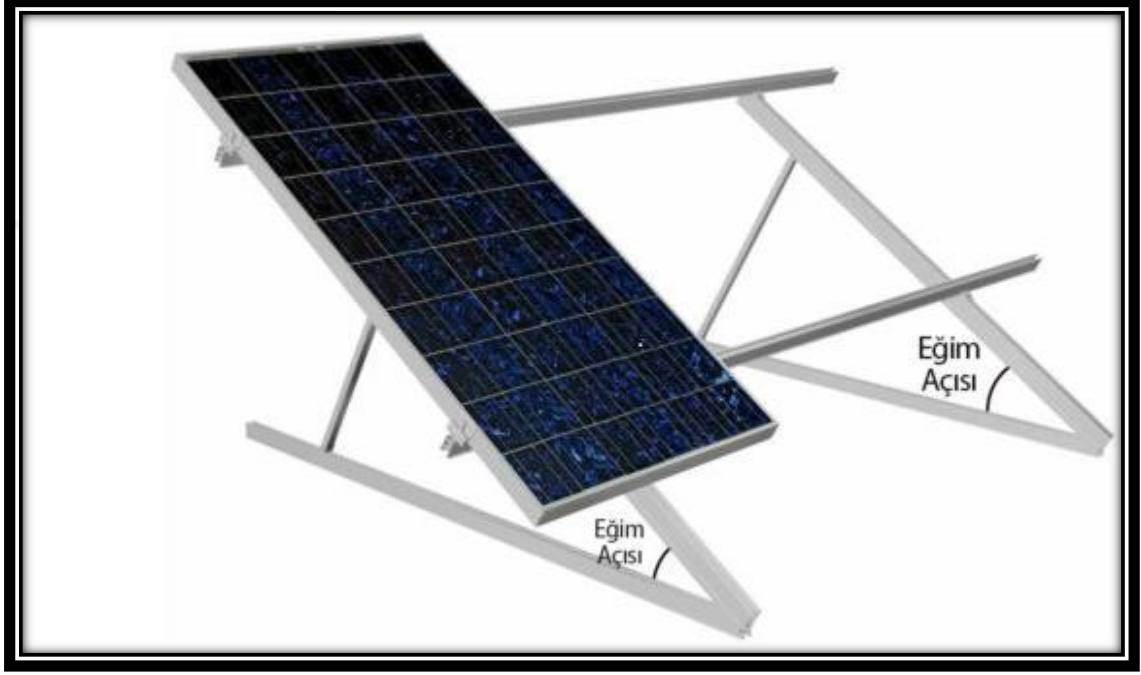
Şekil.1.11 Fotovoltaik panelin yapısı

Farklı kapasitelerde güneş panelleri mevcuttur. Piyasada en çok kullanılan güneş panelleri; 5W,10W,60W,100W,150W,260W ve 275W kapasiteye sahip güneş panelleridir. Panellerin verimi mevcut teknolojilerle % 36'ya kadar çıkarılmışken yakın gelecekte % 70'lere çıkarılacağı öngörülmektedir. Çizelge 6 da görüldüğü gibi farklı malzemelerden üretilen panellerin performans değerleri ve gereksinim duyduğu alan verilmiştir. Burada birim kW enerji için gerekli panel alanı m^2 olarak verilmiştir.

Çizelge.1.6 Güneş hücre malzemelerinin performans değerleri ve alan gereksinimleri (Turhan ve Çetiner, 2012)

Panel Tipi	Performans (%)	Alan (m^2/kWp)
Yüksek performanslı	17-18	6-7
Mono kristal silisyum	12-15	7-9
Poli kristal silisyum	11-14	7-10
İnce film bakır indium selenoid	9-11	9-11
İnce film kadmiyum tellur	6-8	12-17
İnce film amorf silisyum	5-7	14-20

Fotovoltaik panellerin verimini en çok konumlandırma biçimi etkiler ayrıca bulut, toz ve sis enerji üretim verimini en fazla etkileyen parametrelerdir. Panelin açısı ve yönü verimliliği en çok etkileyen parametrelerden biridir. Panel yönü kuzey yarımkürede güney-kuzey doğrultusuna konumlandırılır. Bu konumlandırma düz yüzey ve damlara uygulanır. Ancak eğimli arazi ve çatılarda panellerin optimum konumlandırma yönünün belirlenmesi gerekir (Arslanoğlu ve ark, 2019).



Şekil.1.12 Panel eğim açısı

Muş ili için eğim açısı 37 derece olarak tespit edilmiştir. Eğim açısı panelin, güneş ışınlarına dik maruz kalabilmesi için yeryüzüyle güney yönde yaptığı açıdır. Bu açı güneşten gelen ışınların yıllık ortalama geliş açılarına göre panelin gelen açılara dik konumlandırılması için gerekli olan açıdır. Eğim açısının ortalama değerine göre Paneller düz arazide bu açıyla kurulur. Güneş panellerinden maksimum verim elde etmek için panellerin eğim açısı aylara göre mekanik olarak ayarlanabilir bir sistem kurularak ayarlanabilir. Engebeli arazilerde ve çatılarda montaj yapılacak yerin eğimi dikkate alınarak montajın yapılması gerekir. Güneş panelleri kullanım amacına göre şekil 1.13'te gösterilen panel tiplerinden seçilebilir. Aşağıda piyasada en çok kullanılan panel çeşitleri açıklanmıştır.



Şekil.1.13 Monokristal, polikristal, esnek ve ince panel çeşitleri

1.4.1.1 Polikristal Paneller

En çok kullanılan panellerdir. Yarı iletken silisyum maddesinden üretilir. Kolay tanınır rengi mavi ve dikdörtgen hücrelerden oluşur. Silisyum doğada bolca bulunduğu için bu paneller ucuz ve kolay üretilmektedir. Uzun ömürlüdür. Verimi %18 civarındadır. Havadaki ısı değişikliklerinden en az etkilenen panel türüdür. Piyasada en fazla tercih edilen panellerden olup soğuk iklimlerde ve bulutlu coğrafyalarda çok kullanılır.

1.4.1.2 Monokristal Paneller

Güneş enerji panellerinden en yüksek verime sahip paneller olmakla beraber, üretim maliyeti de pahalıdır. Uzun ömürlüdür. Sıcak iklimlerde kullanıma uygundur. Bu paneller gölgelenmeden çok olumsuz etkilenir. Yıllık güneşlenme süresi çok olan orta kuşak ve kurak iklimin olduğu coğrafyalarda çok verimlidir. Eriyik silisyum, külçe haline getirilerek üretilen pil türüdür. Verimleri %15 civarında olup yapımında malzeme kaybı fazladır (Karamanav, 2007)

1.4.1.3 İnce Film Paneller

Yarı iletken silisyum malzemesinin yüzey kaplama mantığıyla üretilmiştir. Metal, cam ve plastik uygulamaları mevcuttur. Montaj kolaylığı sağlasa da düşük verimlidir. Verimi %7-14 arasındadır (Yusufoğlu, 2013). En ucuza mal edilen panellerdir. İnce film paneller binaların dış cephesi ve küçük cihazların çalışması için kullanılır. Düşük ışıktaki bile verimli çalışırlar.

1.4.1.4 Esnek Güneş Panelleri

Geleneksel panellerin aksine alüminyum kasa ve damperli camları olmadığından kırılabilir değildirler. Polikristal veya monokristal yapıda üretilebilir, eğimli ve oval yapılarda idealdir. Kullanım alanları çok fazladır. Örnek olarak şarjlı araçların üst kısmı, şarjlı deniz araçları, otobüs duraklarının çatıları, eğimli fabrika çatılarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Çizelge 1,7’de değişik panellerden elde edilen maksimum verim değerleri için gerekli alan bilgileri verilmiştir. Güneş panelleri teknolojisi çok hızlı gelişen teknolojilerle yakın bir zamanda saydam paneller, yüksek verimli paneller, düşük ışıktaki bile verimli çalışan paneller üretileceği öngörülmektedir. Bu teknolojik dönüşüm gerçekleştiğinde akü ve pil kullanımının çok azalacağı düşünülmektedir. Bu yenilikçi teknolojilerin binaların çatı ve dış cephe kaplaması, duraklar, yollar, gölgelikler, araçların kaportası ve enerji tüketen tüm araçlarda kullanılacağı öngörülmektedir.

Çizelge.1.7 Güneş pillerinde rapor edilmiş en yüksek verimlilikler (Karamanav, 2007)

Fotovoltaik Pilin Cinsi	(Alan cm ²)	Verimlilik (%)	Üretilen Birim
Tek Kristalli Silisyum	4.00	24	UNSW, Sydney Avustralya
Çok Kristalli Silisyum	21,2	17,4	ISE, Freiburg, Almanya
Amorf Silisyum	1	14,7	United Solar
(Cu/In, Ga) Se ₂	0,4	17,7	NREL, USA
CdTe/CdS	-	15,8	USA
GaAS Tek kristal	1	23,9	K.Univ, Nijmegen Hollanda

1.4.2 Şarj Kontrol Cihazı

Akülerin verimli şarj edilmesi için güneş panellerinin ürettiği voltaj ve akım sabitlenmelidir. Bu şarj kontrol cihazları aracılığıyla yapılır. Bu cihaz aynı zamanda aküden panellere ters akımda önleme işlevi görmeyen yanı sıra aküyü aşırı yüklemeyen de koruma görevini de üstlenmektedir. Son olarak şarj kontrol cihazı akü dolduğunda güneş panelinden gelen elektriği de keser (Kantaroğlu, 2013).



Şekil.1.14 Şarj kontrol cihazı

1.4.3 Bataryalar

Elektrik enerjisinin depolanamaması kullanım esnekliği açısından sorun oluşturmaktadır. Çünkü güneş enerjisinden elektrik üretimi gündüzleri elektrik üretilmekte ancak elektrik enerjisine akşamları daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sorunu gidermek için güneş pilleri kullanılmaktadır. Kullanılacak güneş pilleri seçilirken uzun ömürlü, şarj-deşarj verimliliği yüksek, sıcaklık ve değişken çevre şartlarına mukavemetli piller olmasına dikkat etmek gerekir. Güneş enerjisini depolamada yaygın olarak; kuru, jel aküler, özel opzs tip sulu aküler ve derin çevrimli kurşun asit piller kullanılmaktadır. Bu pillerin bakımı aksatılırsa pil ömrü kısılacaktır. Kuru aküler pahalı olmakla beraber bakım maliyetleri düşüktür. Islak piller ucuz olmasına rağmen bakım maliyetleri fazladır. Jel akülerde ise yükleme yavaş olduğundan verimleri düşüktür (Kantaroğlu, 2013). Sulama sistemlerinde uygun tasarımıyla akülerin

kullanılması zorunlu olmaktan çıkar. Çünkü depo doldurulduğu veya tarım alanı direk sulandığı durumlarda tarımsal sulamada enerjinin depolanmasına ihtiyaç duyulmaz.

1.4.4 İnverterler (Çeviriciler)

İnverterler, doğru akımı (DC) alternatif akıma (AC) dönüştüren elektronik cihazlardır. Çeviriciler güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisini günlük hayatta kullanılacak elektrik enerjisi formuna çeviren devre sistemidir. Günlük hayatta ve sanayi üretiminde kullanılan elektrik ve elektronik cihazların tamamına yakını AC elektrik enerjisine göre çalıştığı düşünülünce çeviricilerin önemi anlaşılmaktadır. Ancak doğru akımla çalışan motorlar tercih edilirse inverterlere ihtiyaç kalmaz.

1.4.5 Su Deposu

Su deposu tarımsal sulamanın etkin ve istenilen zamanda gerçekleşebilmesi için inşa edilmelidir. Bu deponun inşası güneşin olmadığı zamanlarda, su gereksinimi karşılayarak ana şebekeden elektrik tüketimini önleyeceği gibi anlık sulama için büyük ölçekli pompalara ihtiyacı da ortadan kaldıracaktır. Sulanacak alanın akşam sulanması durumunda ihtiyaç duyulan hacimde ve sağlamlıkta olması gerekir. Piyasada su depoları dik, yatay ve yer altı modelleri olarak inşa edilmektedir. Sulanacak tarlanın veya bahçenin alanı, yüzeyin eğimi ve tankın kaplayacağı alan dikkate alınarak yukarıda belirtilen depolardan biri tercih edilir. Su depoları sulanacak alana göre daha yüksekte olmalı çünkü potansiyel enerjiden yararlanarak sulama için tekrar enerji kullanımına gerek kalmamalıdır (Yusufoğlu, 2013). Su depoları enerjiye ihtiyaç duymadan tarla veya bahçeyi sulayabilmek için sulanacak alana göre daha yükseğe inşa edilmelidir. Böyle yapıldığında yükselti farkının oluşturduğu potansiyel enerjiden faydalanılarak tarlanın sulanması sağlanmış olacaktır. İnşa edilecek su deposu ihtiyaç duyulacak hacim ve sağlamlıkta yapılmalıdır.

1.5 Motor ve Pompalar

Pompalar ve motorlar hayatımızın her alanında çok fazla öneme sahip düzeneklerdir. Motorlar fabrikalarda nesnelere aktarmada kullanılan bantları hareket ettirirken, binalarda eğimli veya dikey yük taşımaya yarayan merdiven ile asansöre hareket kazandıran düzeneğe hareketi veren aygıttır. Yine motor ve pompalar şehirlerde en yüksek binaların tepesine kadar suyu aktaran düzeneğin en önemli ögesidir. Günümüzde mekanik ve hidrolik hareketi sağlayan tarımsal alanlardan tutun da endüstride değişik alanlarında kullanımına kadar her alanda bu düzenekler yaygın

olarak kullanılmaktadır. Hatta yerin binlerce metre altındaki katı, sıvı ve gaz yakıtların yüzeye çıkarılması işlevlerini yerine getirmek için kullanılan bu düzenekler enerjiyle çalışır. GES ile çalışan sistemlerde gereken enerji güneş panelleri aracılığıyla üretilen elektrikle karşılanır. Bu elde edilen enerji pompalar aracılığıyla önce mekanik enerjiye sonra da gerekli olan hidrolik güce dönüştürülür. Piyasada DC veya AC elektrik enerjisiyle çalışan pompalar bulunmaktadır. Pompa seçiminde birden fazla faktör bulunmaktadır. Bu faktörler sulanacak alanın büyüklüğü, suyun pompalanacağı yükseklik, panellerden sağlanan enerji, pompanın çalışma süresi ve anlık ihtiyaç duyulan su miktarı gibi etkenlerdir. GES ile sulama sistemlerinde pompalar suyun aktarılacağı yere olan kot farkı, anlık su ihtiyacı, verim gibi öğeler ile pompa maliyetlerinin yanı sıra bakım masrafları ve uzun ömürlü olmaları gibi parametreleri dikkate alarak seçimi yapılmalıdır. Pompalar hacimsel (pozitif) pompalar ve rotodinamik (ivme) pompalar olarak iki grupta incelenir. Hacimsel pompalar daha çok sanayide güç gerektiren alanlarda kullanılırken, rotodinamik pompalar ise derin kuyulardan yeryüzüne veya kot farkı olan yüzeyler arasında sıvıların aktarılmasını sağlar. Yine hacimsel pompalar çoğunlukla kapalı sistemler iken rotodinamik sistemler açık sistemlerdir. Rotodinamik sistemler, dışarıdan bir sıvıyı sistemin içine emer ve yine basınç oluşturarak sistemin dışına istenilen yükseklik ve uzaklığa ileten sistemlerdir. Fakat pozitif pompalarda akışkana verilen enerji kesik kesiktir ve dolayısıyla akışkanın iletimi de kesik olurken, rotodinamik pompalar ise akışkana sürekli enerji vererek, akışkanın hızı ve basıncını yükseltir. Böylece rotodinamik sistemlerde akışkanın iletiminin sürekliliği sağlanmış olur.

1.5.1 Hidrolik (Hacimsel) Pompa Çeşitleri

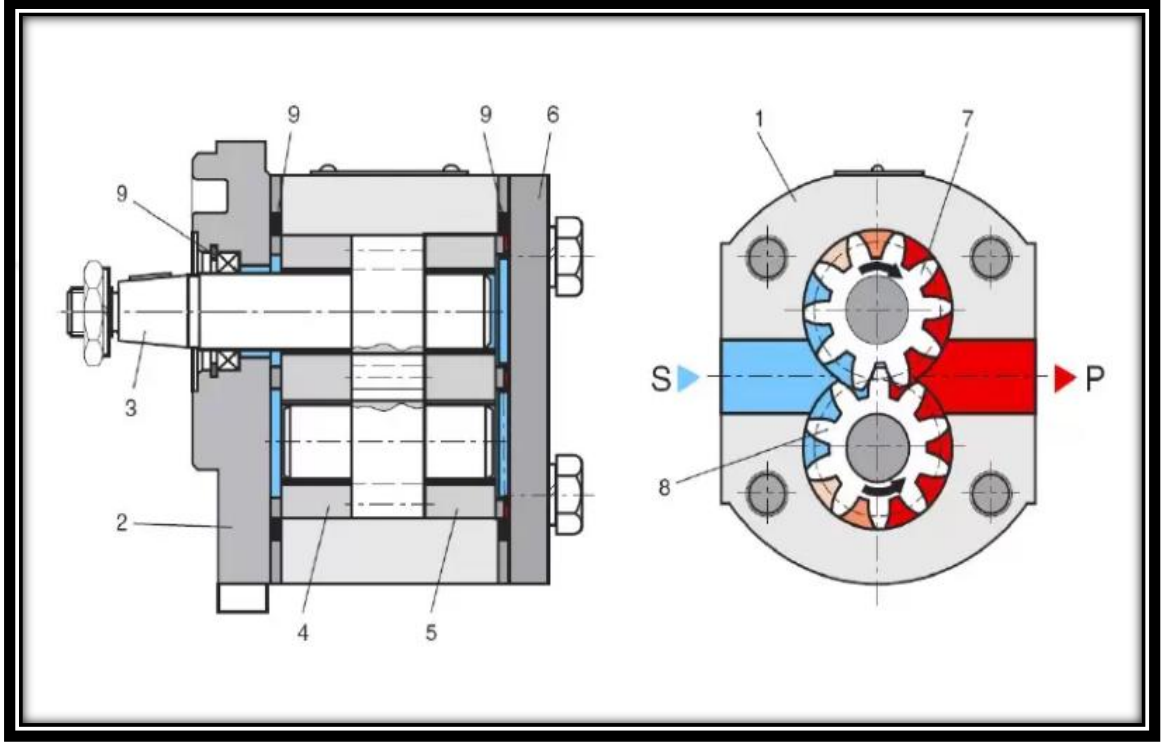
Piyasada en çok kullanılan modeller ve kullanım amaçları aşağıda açıklanmıştır.

1.5.1.1 Dişli Pompalar

Dişli pompalar bir veya birden fazla dişlinin dönmesiyle sıvı üzerinde itme basıncı oluşturarak sıvıları hareket eden sistemlerdir. Dişliler ileri itme basıncı oluştururken geriden de vakumla sıvıyı çeker. Çok yüksek basınç oluşturabilen sistemlerdir. Dişliler her dönme hareketi için sabit miktardaki sıvıyı pompalar. Dişlilerin dönme hızına bağlı olarak sistemin debisi de değişir. Dıştan dişli pompalar ve içten içli pompalar olarak ikiye ayrılır.

1.5.1.1.1 Dıştan Dişli Pompalar

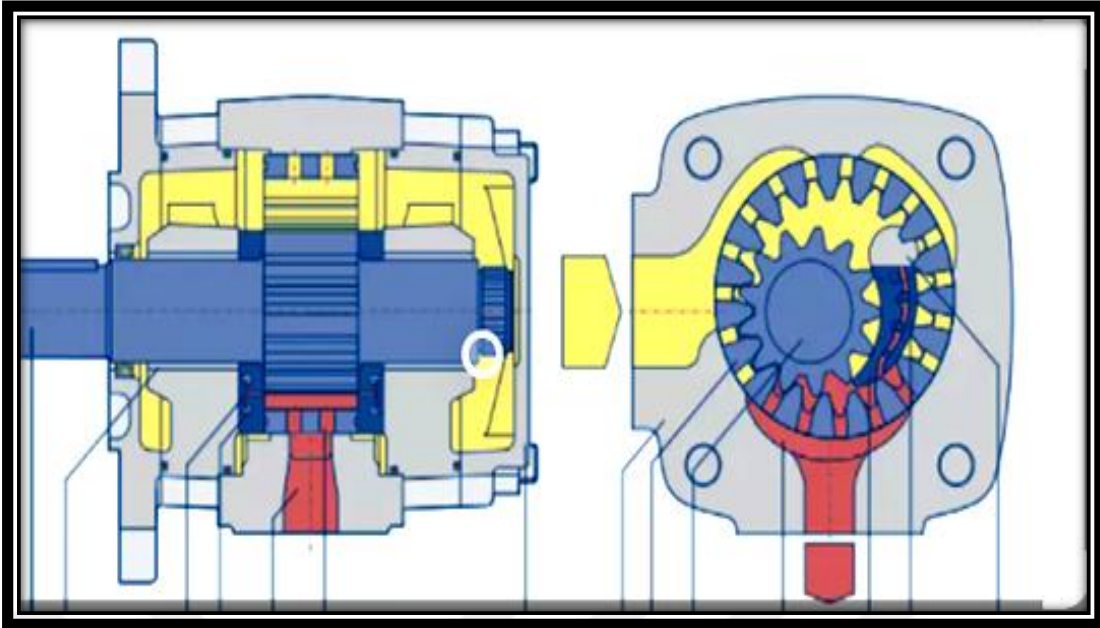
Dıştan dişli pompalarda sıvının içeri alındığı tarafta dişliler birbirinden ayrılarak hacimsel olarak artış sağlanırken, dişlilerin dönmesiyle sıvı basma hattına taşıyınca yine dişlilerin hacmi daraltmasıyla sıvının pompalanması sağlanmış olur. Sıvıları sabit hızla aktarmak için, dönen dişlilerin daralan ve genişleyen odalara alınmasıyla sağlanır.



Şekil.1.15 Dıştan dişli pompa sistemi (Öven ve Boğoçoğlu, 2015).

1.5.1.1.2 İçten Dişli Pompalar

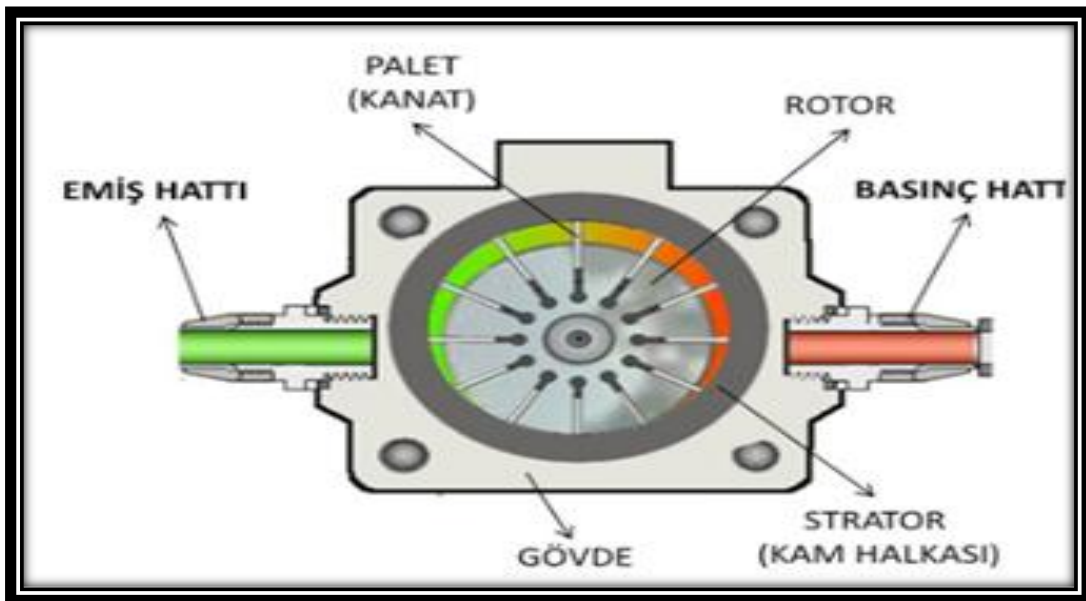
İç içe eksantrik geçirilmiş ve dıştaki dişlinin diş sayısı bir fazla olan bu sistemde dış dişlinin iç dişliyi döndürmesiyle, dişliler arasındaki odacıkların genişleyip daralmasıyla emme ve basma işlemi gerçekleşir. Her dönüşte oluşan vakumla sıvı sisteme girer ve dişlilerin dönmesiyle sıkıştırılan sıvı çıkışa basınçla aktarılmış olur.



Şekil.1.16 İçten dişli pompa sistemi

1.5.1.2 Paletli Pompalar

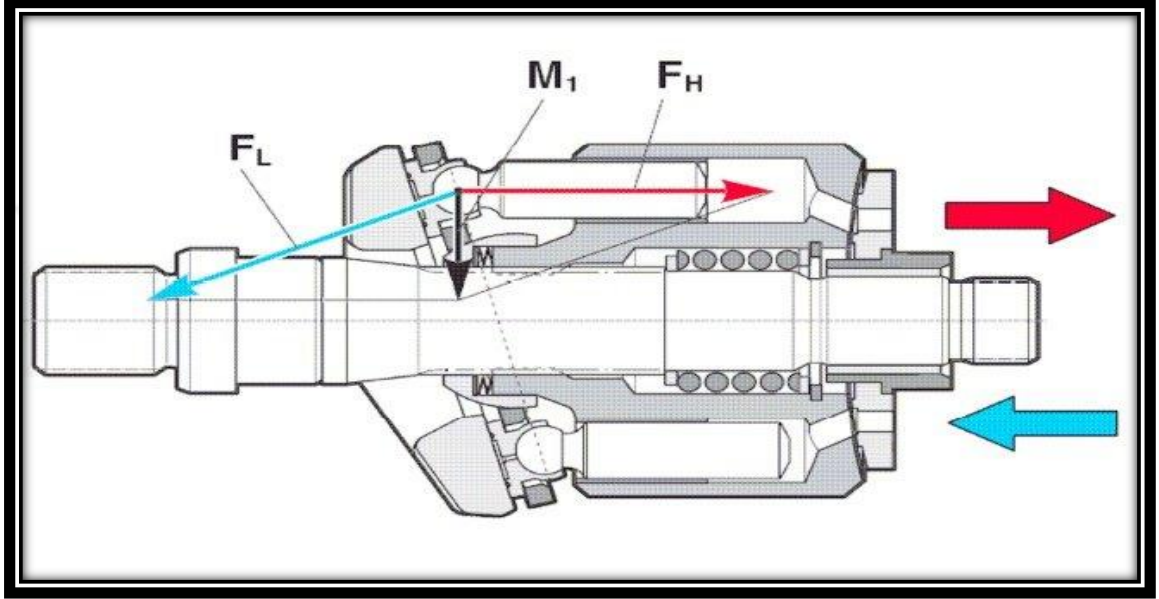
Dairesel bir rotorun içine eksantrik olarak yerleştirilen paletlerin rotorun dönmesiyle birlikte, belli bir miktarda emilen sıvının yaylı paletlerle pompa duvarı boyunca itilip çıkışa basınçla itilmesini sağlayan pompa türüdür. Rotorun dönmesi aynı zamanda paletlerin merkez kaç kuvvetiyle de sıvıyı hapsedip çıkışa itmesini sağlar. Sessiz çalışan bir sistemdir. Küçük hacim gereken uygulamalarda rahatlıkla kullanılabilir. Çalışma basınçları diğer pompalara göre daha düşüktür. Verimi düşük ve sürtünme kayıpları fazla olduğundan çabuk ısınır.



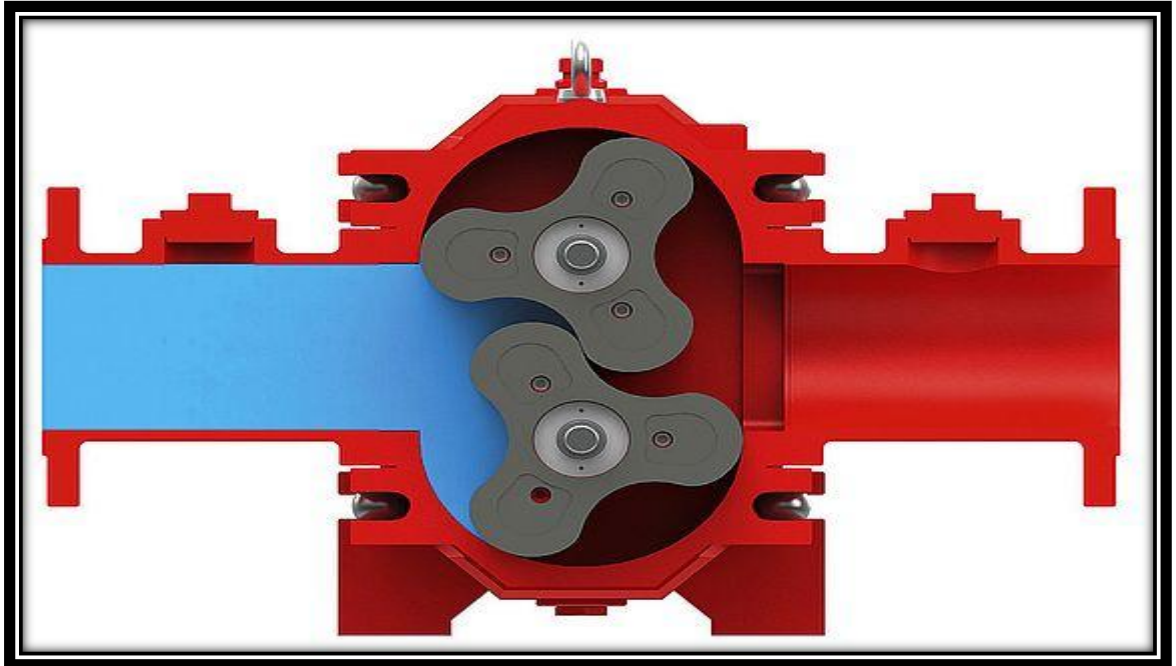
Şekil.1.17 Paletli pompalar

1.5.1.3 Pistonlu Pompalar

Pistonlu pompalarda sistem pompa içine çekilmiş sıvının piston yardımıyla itilerek sıvıların bir yerden bir yere aktarımı sağlanır. Bu sistemler dik veya yatay olarak çalışabilmektedir. Silindirin içindeki pistonun ve itme kolunun sızdırmazlığını sızdırmazlık elemanları sağlar. Bu sızdırmazlık elemanları aracılığıyla piston ileri geri hareket edebilmektedir. Böylece ritmik pompalama sağlanırken aynı zamanda da krank milinin dengelenmesi de sağlanmış olur.



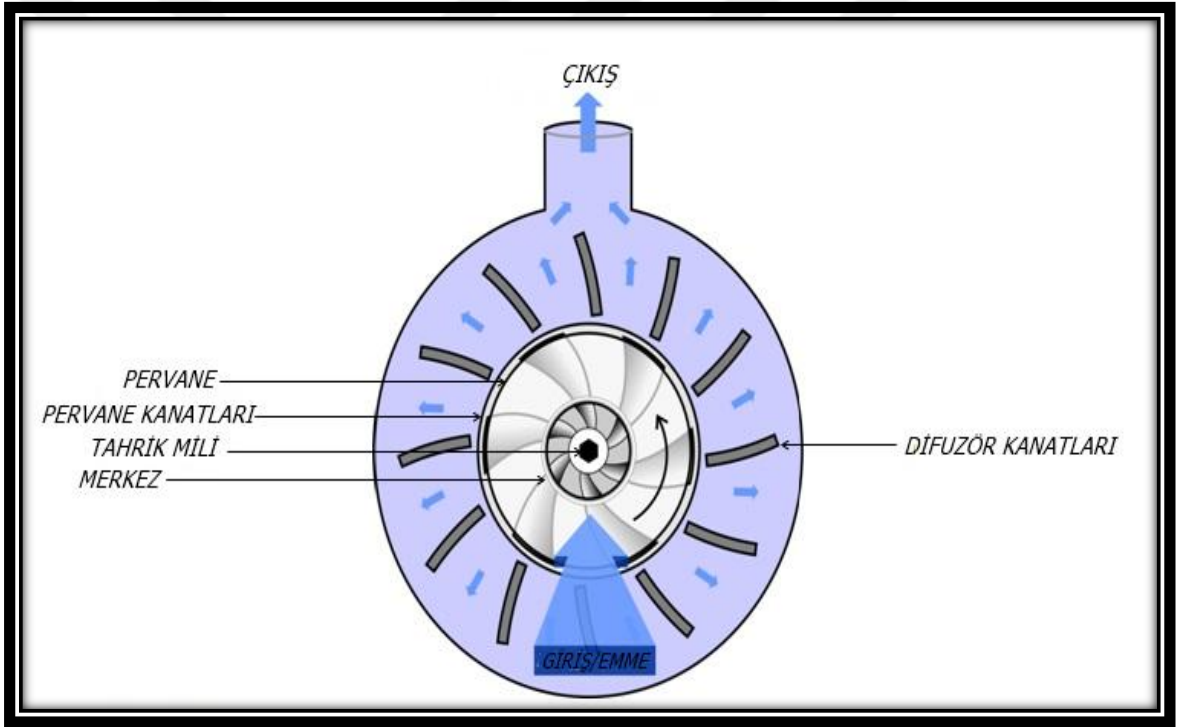
Şekil.1.18 Pistonlu pompalar



Şekil.1.19 Dönel pistonlu pompanın kesiti

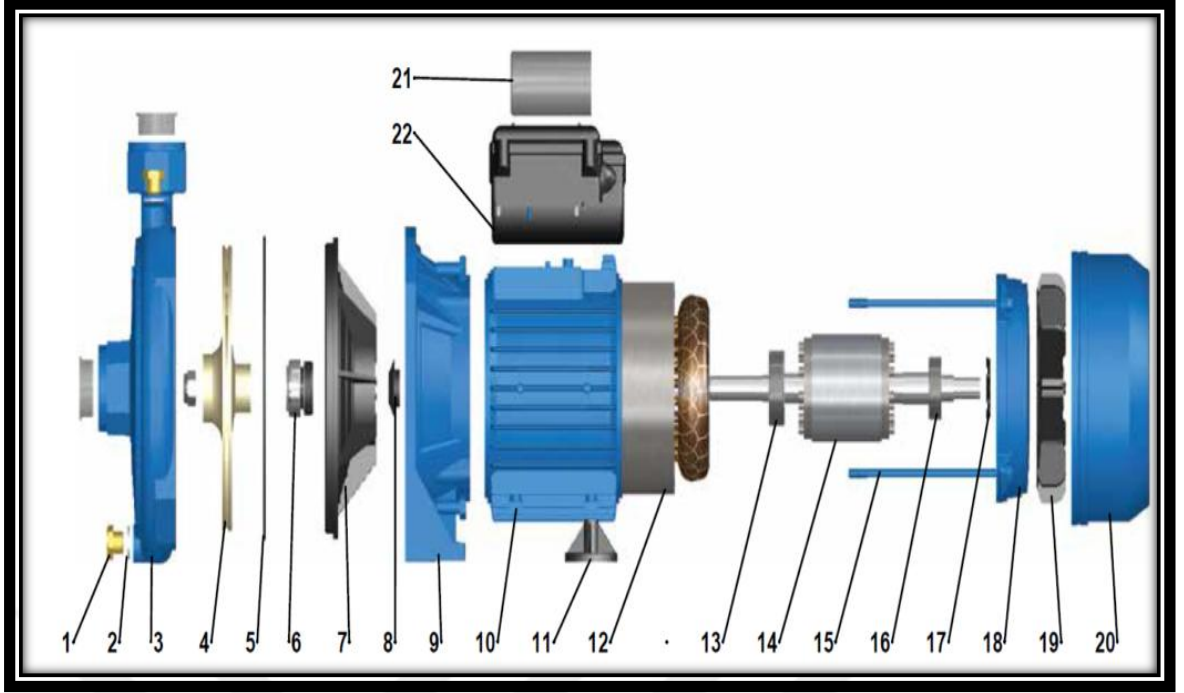
1.5.2 Rotodinamik (İvme-Santrifüj) Pompalar

Bu pompalarda bir çark akışkan içinde dönerek sıvının hareket etmesini sağlar. Sıvı sistemin içine hızla dönen pervanelerin oluşturduğu vakum ile girer. Çark kanatları arasından geçen sıvı, çarkın dönme hareketleriyle merkez kaç kuvvetiyle çıkışa itilir. Bu şekilde oluşan hareketle pompa sıvıyı emerken aynı zamanda sıvının kesintiye uğramadan dışarıya çıkışını sağlar. Çark kanatlarını hızla terk eden sıvı içerdiği kinetik enerjiyle sabit difüzör kanatları arasından salyangoz boşluğuna itilerek sıvının içerdiği kinetik enerji basınç enerjisine dönüşür. Pompanın parçaları kullanılacak sıvıya göre plastik, bronz, titanyum ve tantal gibi malzemelerden üretilir. Tarımsal sulamada genelde bu pompalar tercih edilir. Santrüfij pompanın çalışması şekli Şekil.1.17’de gösterilmiştir.



Şekil.1.20 Santrüfij pompa çalışma prensibi

Bir pompanın mekanik ve hidrolik donanım parçalarının uygunluğu sistemin etkin kullanımı ve güvenliği için önemlidir. Pompa seçerken gereksiz maliyet ve kullanım harcamalarından kaçınmak için optimum büyüklük tercih edilmelidir. Aşağıda Şekil.1.19’da bir santrüfij pompa tasarımı için gerekli yapı elemanları gösterilmektedir.



Şekil.1.21 Örnek bir pompa tasarımı (Anonim, 2021b)

Yukarda tasarımı verilen pompanın yapı elemanlarının isimleri 1’den başlayıp 22’ye kadar sırayla belirtilmiştir. Kör tapa, kör tapa contası, alıcı verici gövde,çark,alıcı verici gövde oringi, mekanik salmasta, disk, su deflektörü,ayak,motor gövdesi,motor destek ayağı,sargılı statör,ön rulman,mile çakılı rotor,motor saplaması, arka rulman,rulman baskı yayı,arka rulman kapağı,soğutucu fan, fan muhafaza, kondansatör ve kelemens kutusundan oluşur (Kepekçi ve Ezgi, 2019). Piyasada en çok kullanılan santrifüj pompa modelleri aşağıda açıklanmıştır.

1.5.2.1 Kademeli Pompalar

Kademeli pompalar çok sayıda çark ve difüzörün bir araya gelmesiyle oluşur. Böylece yüksek basınç elde edilir. Yatay ve dikey milli olanlar mevcuttur. Temiz ve kirlı su pompalayabilirler. İçme suyu şebekelerinde, yüksek binalarda, su arıtma tesislerinde ve her türlü sanayi ile endüstri de kullanılmaktadır (Anonim, 2021c).

1.5.2.2 Dalgıç Pompalar

Özel tasarlanmış, su geçirmez elektrikli motorlardır. Suyun içinde çalışırlar. Tüm rotodinamik pompaların çalışma prensipleri aynı olmakla beraber farklı tasarımlarla farklı alanlarda kullanılmaktadır. Depo, tank ve derin kuyulardan su çıkarmak için idealdir. Genelde pik demirden yapılmakta olup çok kullanışlıdır.



Şekil.1.22 Dalgıç pompa kesiti

1.5.2.3 Hidrofor Pompalar

Hidrofor pompaların temel amacı sevk edilecek sıvıların basıncını artırarak daha yüksek noktalara aktarımını sağlamaktır. Dolayısıyla basıncı düşük şebekelerde kullanılır. Tek başına bir pompanın yeterli olmadığı durumlarda çoklu pompa kullanımı tercih edilir. Kullanılacak pompa sayısı hidroforun monte edildiği yer ile suyun ne kadar ve hangi mesafeye aktarılacağına göre belirlenir. Katı parçalar içeren sıvılarda kullanımı uygun değildir (Anonim, 2021c). Kum gibi katı parçacıklar içeren su kaynaklarında kullanımı uygun değildir.



Şekil.1.23 Hidrofor pompa

1.5.2.3 Dik Türbin Pompalar

Dik türbin pompalar düşey uzun bir malle çalışan bir santrifüj pompa tipidir. Derelerden veya tank içerisinde pompalama işlemlerinde kullanılır. Gerekli basma yüksekliği göz önüne alınarak gerekli çark ve difüzör sayısı belirlenir. Kuyu derinliği düşük su kuyularında tarımsal amaçlı sulamalarda ve su şebeke dağıtım sistemlerinde kullanılır.



Şekil.1.24 Dik türbin pompa

1.5.3 Pompa Seçimini Etkileyen Parametreler

Debi, pompanın verimi, pompanın ürettiği güç, emme ve basma yüksekliği gibi parametreler hangi pompanın hangi sistemde kullanılması gerektiğini belirlemektedir (Goncaoğlu, 2020).

1.5.1.1 Debi

Bir pompanın debisi, birim zamanda A noktasından B noktasına aktarılan yani pompalanan sıvı miktarıdır. SI birim sisteminde $m^3/saat$ veya litre/dakika olarak alınmaktadır.

Debi pompa seçiminde çok önemli bir parametredir. Sulanacak alanın sulanması için kurulan sistemin anlık su ihtiyacı veya su kaynağının pompalanabilir minimum kapasitesini tespit etmede kullanılır. Zayıf su kaynaklarında yüksek debili pompalar kullanılması ise suyun hızlıca kuruması ve sistemin arızalanmaması için yol açar. Bu durumda ki gibi iyi kurgulanmayan sistemlerden verimli bir şekilde yararlanılamaz.

1.5.2.2 Pompanın Verimi

Pompalar bütün mekanik sistemlerde olduğu gibi % 100 verimle çalışmazlar. Pompa kayıpları hidrolik, mekanik ve hacimsel kaynaklıdır (Goncaoğlu, 2020). Değişik verimle çalışan pompalar vardır. Pompaların performansı fiyatıyla doğru orantılı artmaktadır. Bu yüzden fazla bedel ödememek için optimum performansa göre pompa seçimi yapılmalıdır. Günümüzde Güneş Enerjisi Sistemlerine uygun yeni nesil pompalar üretilmiştir ve % 90'ları aşan verimlerle çalışmaktadır (Topuz ve ark, 2017). Çizelge 1.8'de derinlik ve pompalama uygulamalarına göre verimlilik tablosu aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 1.8 Farklı derinlik ve pompalama uygulamalarında verim (Topuz ve ark, 2017)

Derinlik	Pompa Tipi	Verim (%)
0-5	Santrifüj	12-15
6-21	Jet dalgıç santrifüj	15-25
21-100	Dalgıç	35-45
>100	Dalgıç	35-50

Pompa verimi sulama sisteminin sağlıklı çalışması için dikkate alınması gereken parametredir. Pompanın byklyle orantılı olarak verimi de artmaktadır. Doğru pompa bykln tespit için sulama sistemlerindeki tüm kayıpların doğru hesaplanması gerekir. Tüm bu hesaplamalardan sonra gerekli gcten daha fazla bir güce sahip pompa seçilmelidir. Ayrıca pompanın kullanılma yeri ve amacına göre farklı özelliklere sahip pompa tercih edilmelidir. Örneğin aynı gücü üreten pompalardan emme-basma borusunun çapı azaldıkça suyun daha uzağa basınçlı aktarımı sağlanırken, aynı pompanın çapı artıkça daha fazla suyun aynı anda kısa mesafeye aktarımı sağlanacaktır.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu çalışmada güneş enerjisinden elektrik üretmek ve bu elektriğin sulamada kullanılması için gerekli olan donanımlar incelenmiştir. Sulama maliyeti açısından ve çevre-enerji ilişkisi açısından güneş enerjisi sistemleri incelenmiştir. Muş Ovası ve ildeki diğer ovalarda sulu tarım yapılamayan tarımsal alanların güneş enerjisi yardımıyla verimli tarımsal üretime kazandırılarak il ve ülke ekonomisine kazandırılması için gerekli araştırma ve hesaplamalar yapılmıştır.

Bıçer, Tunceli-Bingöl ve Muş İllerinin Meteorolojik Verilerle İklim Parametrelerinin Analizini yapmış 15 yıllık verilere dayanarak Muş için en uygun yenilenebilir enerji modelinin güneş enerjisi modeli olduğunu değerlendirmiştir (Bicer, 2020).

Şengün ve Kıranşan, Bulanık-Malazgirt (Muş) Havzası'nın İklim Özellikleri incelemiş yazları güneşlenmenin fazla kışları ise yağış, sis ve gün kısalığından çok az olduğunu değerlendirmiştir (Şengün ve Kıranşan, 2016).

Tarım ve Orman Bakanlığı raporunda Muş ili tarım alanlarının verimi ve ürün çeşitlendirilmesi üzerine araştırma sonuçlarını yayınlamış (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2017).

Arslan, Muş ili için sanayi modeli ve ilin tarım ile enerji alanlarındaki potansiyelini incelenmiş Muş ilinin güneş enerjisi potansiyeli ve tarım arazilerinin organik ürünler için çok uygun olduğunu değerlendirmiştir (Arslan, 2019).

Avcı, damla sulama sistemlerinin işletilmesinde güneş enerjisi modeli Konya özelinde incelemiş bu modelin fosil yakıtların tüketimini ortadan kaldırarak çiftçilerin giderlerden en önemli kalemin ortadan kaldırılmasını sağladığı ve çevreye zararı olmayan enerji kaynağı kullanılarak katkı sağlandığını göstermiştir (Avcı, 2017).

Dinçer ve arkadaşları yaptıkları çalışmada ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli ve kullanım oranlarını Almanya ile karşılaştırmış. Güneş potansiyeli yüksek olmasına rağmen kullanım oranının ülkemizde çok düşük olduğu incelenmiştir (Dinçer ve ark, 2017).

Boztepe, PV güç sistemin verimini etkileyen parametreleri irdelemiş. Enerji üretiminin maksimum olacağı açıyla yerleştirilmesinin önemi ve gölgelenmeden mutlak surette uzak durulması gerektiğini belirtmiştir (Boztepe, 2015).

Yusufoğlu, Batman ilinde güneş enerjisinden yararlanarak tarımsal alanların sulanması ile ilgili yaptığı deneysel çalışmada bir depodan dalgıç kullanarak diğer depoya su aktarmıştır (Yusufoğlu, 2013).

Atmaca ve arkadaşları yaptıkları çalışmada güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan ülkemizin, küçük ölçekli zirai sulamalar için güneş pilleriyle beslenen pompa sistemlerinin kurulmasının gerekliliğini incelemiştir. Kurulum maliyetinin yüksek olmasına rağmen yıllar içerisinde avantajlı duruma dönüştüğünü göstermiştir (Atmaca ve ark, 2014).

Bedeloğlu ve arkadaşları, fotovoltaik enerjinin son yıllarda çektiği ilgiden dolayı teknolojik gelişmelerin de bu yönde gelişimini incelemiştir. Teknolojik gelişmelerin bu alanda gelecekte maliyetleri çok düşüreceğini araştırmalarla ortaya koymaya çalışmıştır (Bedeloğlu ve ark, 2010).

Seyitoğlu, Kayseri ili için güneş enerjisinden yararlanma olanakları incelenmiş, sistemin maliyetini düşürmek için farklı tasarımlar önerilmiş. Güneş enerjisi sistemlerinin parçalarının ağırlıklı yurt dışından ithal edilmesinden dolayı maliyetin değişkenliğine değinilmiş. GES ile rüzgâr enerjisini takviye etmenin önemi vurgulanmıştır (Seyitoğlu, 2012).

Atay ve arkadaşları, güneş enerjili damla sulama sistemi arazi performansının deneysel değerlendirilmesi adlı çalışmasında 2009 yılında kurduğu PV destekli DC ve AC sistemlerini gerçek arazi koşullarında test etmiş ve sorunsuz çalıştığını ortaya koymuştur. DC sistemi saatte 2,5-5 ton aralığında suyu pompaladığını ortaya koymuştur. Güneşin olmadığı durumlarda seçtiği bataryalarla yaklaşık 17 saat sistem sorunsuz bir şekilde sulama yapmaya devam etmiştir (Atay ve ark, 2011).

Küçük ölçekli bir PV su pompalama sisteminin deneysel analizini yapmış ve aşığıdaki sonuçlara dikkat çekmiştir.

- 1- Işınım enerji üretimini olumlu etkilerken panel sıcaklığının olumsuz etkilediğini belirtmiştir.
- 2- Enerji üretimindeki anlık dalgalanmaların pompalanan suyun debisinde çok az etkilediğini tespit etmiştir.
- 3- Debi tahmininde en uygun verinin panel çıkış gücü olduğunu belirlemiştir (Yeşilata ve ark, 2006).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Dünyada artan nüfusla beraber tarım alanlarının korunması, ucuza ekilip biçilmesi ve sağlıklı ürünlerin yetiştirilmesinin önemi artmıştır. Bu çalışmanın amacı tarımsal sulama şebekelerinden yararlanamayacak ve özellikle enerji nakil hatlarından uzak arazilerin sulu tarıma kazandırılmasıdır. Bunun için Muş Ovası, Bulanık Ovası, Liz Ovası ve Malazgirt Ovası'nda fosil yakıtların yerine güneş enerjisinden yararlanarak ucuz ve çevreci sulama sistemlerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması mümkün olduğunu ortaya koymaktır. Türkiye'nin üçüncü büyük iç ovası olan Muş Ovası'nda karasal iklim şartları geçerlidir. Muş Ovası'nın tamamına yakını ekilip biçilmeye uygun olmasına rağmen suya erişim sorunu yaşanmasından dolayı çok azı ekilmektedir. Tarım alanları daha çok ot amaçlı değerlendirilmektedir. Bu çalışmada ilk önce literatür araştırması yapılmış ve ardından ilin tarım potansiyeli ve mevcut tarım alanları araştırılmıştır. Hali hazırdaki güneş enerjisinden elektrik elde etme teknolojileri araştırılarak Muş ilinde güneş enerjisi potansiyeli ve bundan yararlanma olanakları ele alınmıştır. Güneş enerjisinden yararlanarak sulama yapmak için pompalar ve çeşitleri analiz edilmiş ve yer altı suları ile akarsularda pompa seçiminde gerekli kriterler belirlenmiştir. Bu çalışmanın amacı tarımsal sulama şebekelerinden yararlanamayacak ve özellikle enerji nakil hatlarından uzak arazilerin sulu tarıma kazandırılmasıdır. Bunun için bütün araştırma ve incelemelerden sonra bir sulama sistemi dizayn edilmiştir. Bunun için ilk önce sulanacak alan için gerekli pompa gücü hesaplanmış ardından bu pompayı verimli bir şekilde besleyecek gerekli pano büyüklüğü belirlenmiştir. En sonunda bu sistemin yatırım maliyeti geri dönüşümü için gerekli zaman, maliyet hesaplarıyla belirlenmiştir. Son olarak bu yapılan tüm işlemler Excel programıyla formülize edilerek bir çiftçinin rahatlıkla faydalanabileceği bir araç geliştirilmiştir. Son olarak örnek bir sulama sistemi tasarlanıp gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

3.1 Pompa Gücü Hesaplaması

Düz boru kayıpları 3.1 formülüyle hesaplanır.

$$H_{bk} = f \frac{L}{D_{ic}} \frac{v^2}{2g} \quad (3.1)$$

Burada;

H_{bk} → Düz boru kayıpları

f → boru sürtünme katsayısı tablo 3.1.1'den alınır.

L → toplam boru uzunluğu(m)

$D_{iç}$ → ekonomik borunun iç çapı(m)

V → akışkanın düz boru içindeki hızı (m/s)

g → yer çekimi ivmesi (m/s^2), ($9,81m/s^2$)

Akışkanın hızı 3.2 formülüyle hesaplanır.

$$V = \frac{4Q}{\pi D_{iç}^2} \quad (3.2)$$

Burada;

Q → debi (m^3/s) debi seçimi, kullanılan su tankının doldurulmasına göre belirlenmektedir.

Boru bağlantı yerlerinde oluşan kayıplar 3.3 formülüyle bulunur. Bu kayıplara dirsek kayıpları da denebilir.

$$H_{dk} = \sum_i K \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (3.3)$$

Burada;

H_{dk} → Boru bağlantı yerlerinde oluşan kayıplar

\sum_i → aynı tip dirsek sayısı

K → dirsek kayıp katsayısı olup tablo 3.1.2'den alınır.

Toplam kayıpanyani birim miktardaki suyun aktarılması için eşik değer ve gerekli minimum enerji (J/N) 3.4 formülüyle hesaplanır.

$$H_m = H_{bk} + H_{dk} + H_h \quad (3.4)$$

Burada;

H_h → toplam yükseklik (m) suyun alınıp aktarıldığı yer arasındaki dik yükseklik.

Pompa çıkış gücü 3.5 formülüyle belirlenir.

$$P_{çg} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_m \quad (3.5)$$

Burada;

P_{cg} → Pompa çıkış gücü (W)

ρ → suyun yoğunluğu olup 1000 kg/m^3 alınır.

Efektif güç 3.6 formülüyle hesaplanır.

$$P_e = \frac{P_{cg}}{\eta_p} \quad (3.6)$$

Burada;

P_e → Efektif güç (W)

η_p → Pompa verimi (0,8)

Gerekli motor gücü 3.7 formülüyle hesaplanır.

$$P_{mg} = \alpha \cdot P_e \quad (3.7)$$

Burada;

P_{mg} → Gerekli motor gücü

α → elektrik motorunun verimi

$P_e < 6,8 \text{ kW}$, $\alpha = 1,3$

$6,8 \leq P_e < 34 \text{ kW}$, $\alpha = 1,2$

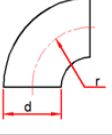
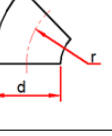
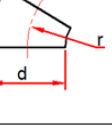
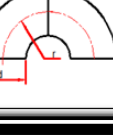
$P_e \geq 34 \text{ kW}$, $\alpha = 1,1$

Not: Piyasada bulunan değerlere en yakın motor seçilir. Genellikle bu değerler yuvarlanır.

Çizelge.3.1.1f Düz boru kayıpları katsayısı (Anonim, 2021d)

Boru cinsi	Boru çaplar									
	DN6- DN10	DN15- DN20	DN25- DN32	DN40- DN50	DN55- DN80	DN110- DN150	DN200- DN250	DN300- DN400	DN450- DN600	DN650- DN800
Çelik boru (iç yüzeyi düzgün)	0.02 7	0.023	0.020	0.018	0.016	0.015	0.013	0.012	0.011	0.010
Çelik boru (iç yüzeyi paslı)	0.08 0	0.060	0.050	0.040	0.035	0.030	0.025	0.023	0.020	0.018
Çelik boru (iç yüzeyi çok paslı)		0.080	0.065	0.055	0.045	0.040	0.030	0.025	0.023	0.020
Paslanmaz çelik boru	0.03 4	0.027	0.023	0.020	0.018	0.016	0.015	0.013	0.012	0.011
Galvanizli boru	0.05 0	0.040	0.035	0.030	0.025	0.023	0.018	0.017	0.015	0.013
İçi bitümlü boru	0.04 5	0.035	0.030	0.025	0.023	0.020	0.017	0.015	0.014	0.013
Plastik alüminyum bakır	0.01 5	0.013	0.012	0.011	0.010	0.009 5	0.009 0	0.008	0.007	0.007
Beton boru		0.100	0.080	0.065	0.065	0.045	0.035	0.030	0.028	0.024

Çizelge.3.1.2 K Dirsek kayıp katsayıları (Anonim, 2021d)

	Dirsekler Direnç Katsayıları (K)							
	Şekil	r/d						
90° DIRSEK		1	1.5	2	3	4	5	6
		20* f	15* f	12* f	12* f	14* f	16* f	17* f
45° DIRSEK		1	1.5	2	3	4	5	6
		15* f	10* f	8* f	8* f	9* f	10* f	10.5* f
30° DIRSEK		1	1.5	2	3	4	5	6
		13* f	8.5* f	7* f	6.5* f	7* f	8* f	8.2* f
		1	1.5	2	3	4	5	6
		40* f	30* f	24* f	24* f	28* f	32* f	134* f

3.2 Gerekli Fotovoltaik Gücü Karşılacak Panel Alanı Hesaplaması

$$P_{pv} \geq P_{mg} \quad (3.8)$$

Motoru besleyecek olan fotovoltaik sistemin gücü gerekli pompanın gücünden büyük veya eşit olmalıdır. Bu eşitlikte;

P_{pv} → Fotovoltaik sistemin gücü

Fotovoltaik sistemin gücü 3.9 formülüyle hesaplanır.

$$P_{pv} = G_r A \eta_r \quad (3.9)$$

Burada;

G_r → Maksimum ışınlanma (1000 W/m^2)

A → PV (panel) alanı (m^2)

η_r → Hücre verimi olup standart test koşullarındaki (1000 W/m^2 , $25 \text{ }^\circ\text{C}$) tablo 3.2.1'den alınır.

Fotovoltaik sistemin verimi 3.10 ve 3.11 formülleri birlikte kullanılarak hesaplanır.

$$\eta_{pv} = \frac{E_{PV}}{I.A} \quad (3.10)$$

Burada;

E_{PV} → Panelin ürettiği elektrik miktarı(W)

I → Işınım şiddeti Muş ili için(592 W/m^2)

$$\eta_{pv} = F_m [(1 - \Phi(T_c - T_r))] \eta_r \quad (3.11)$$

Burada;

η_{pv} → Fotovoltaik sistemin verimi

F_m → Tesis kurulum kayıp faktörü (0,85) alınır

Φ → Hücre sıcaklık faktörü (monoslikon paneller için $0,004-0.005 \text{ } 1/^\circ\text{C}$, polislikon paneller için ise $0.001-0.002 \text{ } 1/^\circ\text{C}$ dir)

T_c → Günlük ortalama sıcaklık (sistemin çalışacağı ayların 15 Mayıs ile 15 Eylül arasındaki aylarının ortalama sıcaklığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün verilerinden alınmıştır.)

T_r → Standart test koşullarındaki sıcaklık (25 °C)

3.2 Örnek Bir Sulama Sistemi İçin Gerekli Motor ve Fotovoltaik Gücün Hesaplaması

Verilenler

Not: Buradaki veriler Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır (Beyazgül ve ark, 2017).

50 m x 100 m ölçülerinde, 1 ha alana sahip bir tarlaya domates ekilecek.

Çizelge.3.1.2 Bitkilere göre sulama verileri (TİGEM, 2021)

Ürünler	Bir Defada Verilecek Su Miktarı		Sulama	
	(Ha/mm)	(Ha/m ³)	Sulama Sayısı	Aralıkları (gün)
Tahıllar	100-150	1000-1500	2-3	20-30
Sebzeler	20-70	200-700	12-20	5-10
Meyvelikler	70-100	700-1000	4-5	20-25
Fidanlıklar	50-80	500-800	8-10	10-15
Yonca	100-125	1000-1250	4-8	20-30

Borular arası 1 metre olacak. (200 adet damlama sistemli boru kullanılacak.)

Damlamalar arası 50cm olacak. (200 x 100) 20000 fide ekilecek.

1 ha domates için bir defalık sulama için yaklaşık olarak 300 m³/ha suya ihtiyaç duyulur.

Toplam sulama sayısı (12-20) tarla toplam 16 defa sulanacak.

Sulama periyodu (5-10 gün) 8 günde bir sulama periyodu seçildi. (Her gün tarlanın 1/8 i sulanarak depodan tasarruf sağlanacak.)

Toplam su ihtiyacı (16 x 300 m³) 4800 m³

5 tonluk su deposu seçildi.

Motor çalışma süresi 11:00 ile 16:00 saatleri arasındaki en verimli zaman aralığında

5 saat sistemden su pompalaması planlanmakta

Boru uzunluğu: 33 m

Boru iç çapı: 0.75 m

NOT: Motor kontrol devresine zaman sayacı eklenerek motorun belirlenen zaman aralığında çalışması sağlanır.

Böylece Q=1 m³/h ile 5 tonluk depo, 5x1= 5m³

İstenen

1-) 5 ton deponun 5'er saat çalışarak doldurulması için gerekli su pompası hesabı yapılarak, ne kadar güç ve voltaja sahip DC motor seçilmeli?

2-) Gerekli motoru çalıştıracak elektrik enerjisini üretecek panel alanı ve sayısı hesaplanacak.

1-) Motor hesabı

$$V = \frac{4Q}{\pi D_{iç}^2} = \frac{4 \cdot 0,27}{3,14 \cdot 0,05^2} = 6,87 \text{ m/s}$$

f : 0,0011 olarak tablo 3.1.1'den seçildi.

$$H_{bk} = f \frac{L}{D_{iç}} \frac{V^2}{2g} = 0,011 \frac{33}{0,05} \frac{6,87^2}{2 \cdot 9,81} = 17,46 \text{ J/N}$$

K : 0,22 olarak tablo 3.1.2'den seçildi.

$$H_{dk} = \sum_i K \cdot \frac{V^2}{2g} = 3 \cdot 0,22 \frac{6,87^2}{2 \cdot 9,81} = 1,58 \text{ J/N}$$

$H_m = H_{bk} + H_{dk} + H_h = 17,46 + 1,58 + 33 = 52,04 \text{ J/N}$ (toplam sürtünme kayıpları)

$P_{çg} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_m = 1 \times 9,81 \times 0,27 \times 52,04 = 137,83 \text{ W}$

$$P_e = \frac{P_{çg}}{\eta_p} = \frac{137,83}{0,8} = 173,29 \text{ W}$$

Gereken motor gücü

$$P_{mg} = \alpha \cdot P_e = 173,29 \times 1,3 = 223,98 \text{ W olarak bulundu}$$

$$P_e < 6,8 \text{ kW}, \alpha = 1,3$$

$$6,8 \leq P_e < 34 \text{ kW}, \alpha = 1,2$$

$$P_e \geq 34 \text{ kW}, \alpha = 1,1$$

NOT: Piyasada 224W değerinin üzerindeki en yakın değere sahip 250W 24Volt 11A DC Solar Dalgıç Pompa seçildi.

$$P_{pv} \geq P_{mg} \text{ olmalı}$$

$$P_{pv} = G_r \cdot A \cdot \eta_r \text{ ise } 250 = 1000 \times A \times 0,14 \text{ olduğundan } A = 1,78 \text{ m}^2$$

$$\eta_{pv} = F_m \cdot [(1 - \phi(T_c - T_r))] \cdot \eta_r = 0,85 [(1 - 0,004(22,5 - 25))] \cdot 0,21 = 0,18$$

$$\eta_{pv} = \frac{E_{pv}}{I \cdot A} \text{ olduğundan } E_{pv} = \eta_{pv} \cdot I \cdot A = 0,18 \times 592 \times 2 = 213,12 \text{ W}$$

Sistemin kurulu gücü

$$P_{pv} = G_r \cdot \frac{E_{pv}}{\eta_{pv} \cdot I} \cdot \eta_r = 1000 \times \frac{213,12}{0,18 \times 592} \times 0,14 = 280 \text{ W}$$

Bu durumda gerekli gücün temini için 1 adet 2 m²'lik polikristal panel yeterli olacaktır.

3.4 Maliyet Analizi

Sulama sisteminde kullanılan araç ve gereçler ile fiyat listesi eşliğinde yaklaşık maliyet hesabı yapılacaktır. Böylece sistemin kendisini kaç yılda amorti edeceği hesaplanmış olacaktır.

<u>MALZEME ADI</u>	<u>YAKLAŞIK FİYATI</u>
250W DC Solar Dalgıç Pompa Akım 11A	1527 TL
1 adet 2 m ² 'lik polikristal panel	1260 TL
Zaman sayacı	160 TL
5 tonluk su deposu	5000 TL
<u>Toplam maliyet</u>	<u>7947 TL</u>

Sistemin diğer elemanları her sulamada kullanıldığından ayrıca maliyete eklenmemiştir.

Sistemin kendisini amorti etmesi için aşağıdaki verilerden yola çıkarak;
Elektriğin birim fiyatı: Evler için vergiler dâhil 0,9156 TL'dir (Temmuz 2021 fiyatıdır).
300m³ suyu 16 defa pompalamak için: 40 saat x 16 defa =640 saat elektrik tüketimi gerçekleşmektedir.

$P = U \times I \times \cos\theta$ (1 saatte harcanacak elektrik enerjisi)

$P = 220 \times 11 \times 1 = 2420W = 2,42kW$

Günlük 5 saat 8 gün bir sulama için, toplam 16 sulama yapılacak. Bu durumda;

$2,42 \times 5 \times 8 \times 16 = 1548,800 \text{ kW}$ (16 defa sulama için tüketim)

Tüketimin ücret karşılığı = $1548,8 \times 0,9156 = 1418,08TL$ vergiler dâhil ev tipi aboneliği üzerinden hesaplanmıştır.

$7947/1418=5,6$ yıl olarak bulunur. Pompa ve panellerin ömrünün 20 yıl olduğu düşünüldüğünde yaklaşık 5 yıl sürede sistem kendini amorti edecek, geriye 15 yıl bedava sulama faaliyetleri gerçekleşecektir. Ayrıca güneş enerjisi aracılığıyla sulama sistemleri için Tarım Orman Bakanlığı ve TKDK hibe destekleri ile maliyetin en az %50'si karşılandığında sistemin kendini 3 yılda amorti edeceği görülmektedir.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Dünyada ve ülkemizde gelecekte en önemli sorun insanlık için yeterli gıda temini olacağı düşünülmektedir. Çünkü küresel ısınma ve çevresel tahribatlarından dolayı ekilebilir tarımsal alanlar küçülmekte ve su kaynaklarının azalmasıyla beraber tarımsal üretim de düşmektedir. İnsanlığın gereksinim duyduğu gıdanın temini için tarımsal alanların korunmasıyla beraber su kaynaklarının optimum kullanımı önem arz etmektedir. Bu yüzden suyu az kullanarak ya da sulama maliyetlerini azaltarak kaynakların etkin kullanımı hayati önem taşımaktadır. Ayrıca Tarım alanları sınırlı ve fazla genişletilemeyen Türkiye yoğun (entansif) tarım teknikleri kullanılarak birim alanda verimin artırılması da çok önemlidir (Akar ve Çelik, 2017).

Muş ili büyük tarım alanlarına sahip olmasına rağmen ekilip biçilen alanların çok sınırlı olduğu görülür. Muş ilinde bulunan Muş, Bulanık, Liz ve Malazgirt ovalarının etkin bir şekilde değerlendirilmesi için tarımsal alanların suyla buluşturulmasıyla beraber bilim ve teknolojiye dayalı tarımsal üretimin yaygınlaştırılması gerekmektedir. Alparslan II Barajı bünyesinde yakın bir gelecekte Muş Ovası'nın sulanması için çalışmalar başlatılacağı öngörülmektedir. Ancak bütün ovanın sulanması için gerekli alt yapı ve sulama kanallarının inşasının bitirilmesinin uzun yıllar süreceği düşünülmektedir. Ayrıca ilin diğer ovaları ve Muş Ovası'nda da su kanallarının erişemeyeceği tarımsal alanlar düşünüldüğünde alternatif sulama seçeneklerinin devreye alınması gerektiği görülür. Bu alternatif sulama fikirlerinden biri güneş enerjisiyle çalışan su pompaları aracılığıyla tarımsal sulama gerçekleştirmektir. Bu metot her yerde uygulanabilir. Fotovoltaik sistemler aracılığıyla 150 metre derinliğe sahip su kaynağından bile su doğrudan sulama amaçlı kullanılabilir. Ancak bu derinlikten çekilecek su miktarının debisinin çok düşük olmasından dolayı etkin sulama için depo kullanılması gerekir (Şenol, 2012a). Bu sistemler ağırlıklı olarak elektrik iletim hatlarının geçmediği alanlar ile kırsaldaki tarımsal alanların sulanması için tek seçenek olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca elektrik nakil hatlarının geçtiği yerlerde de maliyeti, ana şebekeden elektrik tüketimine göre çok daha düşük olacağı için yine de tercih edilmelidir. Tarım alanlarının sulanmasında ihtiyaç duyulan enerjinin fotovoltaik sistemle kurulum maliyetinden başka sabit giderlerin olmaması ve kurulum masraflarının da kamu tarafından en az %50'sinin karşılanması kurulum masraflarının geri dönüşümünü 2-3 yıl gibi kısa bir zaman aralığına düşürmektedir. Sistemin ömrünün

20 yıl olduğunu düşündüğümüzde geriye kalan yaklaşık 18 yıl sulama maliyeti bedavaya getirileceği görülür.

Bu çalışmanın amacı Muş'un yüksek güneş enerjisi potansiyelini değerlendirerek Muş'taki verimli fakat tarımsal sulama imkânı olmayan arazilerin suya kavuşturarak bir nevi atıl durumda olan bu arazilerde tarımsal üretim yapılmasını sağlamaktır. Bunun için fotovoltaik panellerde elde edilen elektrik enerjisi ile çalışan sulama sistemlerinden yararlanarak suyun sulanacak tarımsal araziye aktarımı tasarlanmıştır. Bunu yapabilmek adına güneş enerjisiyle çalışan bir sistem için kullanılabilir teknoloji ve donanımlar detaylıca araştırılmış ve gerekli formül ve hesaplamalar ilgili yerlerde detaylıca açıklanmıştır. Ardından kurulacak bu sulama sisteminin maliyet analizi yapılmış, sistemin kendini amorti edebileceği süre hesaplanmıştır. Daha sonra bu formüller Excel programı ortamına aktararak belirli bir alanın sulanması için gerekli pompa gücü ve bunu çalıştırmak için gerekli güneş panel büyüklüğü ve maliyet hesaplaması birkaç adımda kolay ve pratik bir şekilde bu program aracılığıyla yapılmıştır. Tüm bu işlemlerin Excel programıyla formülize edilerek bir çiftçinin rahatlıkla faydalanabileceği bir araç getirilmesi çiftçilerin hayatını kolaylaştıracağı düşünülmektedir. Yapılan hesaplamalarda güneş enerjisiyle çalışan bir sulama sisteminin ilk kurulum maliyetinin yaklaşık beş yılda kendini amorti ettiği görülmüştür. Ancak güneş enerjisiyle çalışan sulama sistemlerinin maliyetinin Muş Tarım ve Orman İl Müdürlüğü'nün %50 veya TKDK'nın %65'ine kadar hibe desteği sağlaması göz önüne alındığında kurulum maliyetinin neredeyse iki yılda kendini amorti edeceği görülecektir. Kentin bu büyük tarım ve güneş enerjisi potansiyeli düşünüldüğünde verimli tarımsal üretim için çevre dostu bu sistemin sağladığı büyük avantajı net olarak ortaya çıkmaktadır. Son olarak tarım alanlarında güneş enerjisinden yararlanarak sulama sistemlerinin ilimizde yaygınlaşması için DAKA ile Köye Hizmet Götürme Birliği arasında protokoller yapıp çiftçilerin eğitimlere alınması sağlanmalıdır. Hibe veya faizsiz kredi ile çiftçi bu alanda desteklenmelidir. Köylerde muhtarlıklar vasıtasıyla organizasyonlar yapıp Tarım ve Orman İl Müdürlüklerinin ve TKDK'nın hibe programları tanıtılmalıdır. Çiftçiler için gerekirse birlikler kurulup bu sürecin yürütülmesi kolaylaştırılmalıdır. Böylece suyun olmadığı alanlarda yer altı ve yer üstü kaynaklarından sularından yararlanarak maliyeti çok düşük verimli tarım yapılabileceği ortaya konmalıdır. Yerel yönetimler projelerle yardımıyla somut veriler üzerinden örnek uygulamalar geliştirebilirler. Ayrıca Yıldız Alparslan Tarım İşletmesi ile Muş Tarım ve Orman İl Müdürlüğü işbirliğiyle örnek projeler yapılabilir. Bu projeler tarımsal

demonstrasyon yöntemiyle çiftçilere tanıtılırsa, çiftçilerin zihninde sistemin kurulumun basit ve ucuz olduğu algısının gelişimi temin edilebilir.



KAYNAKLAR

- Akar, M., Çelik, A., 2017, Muş Ovası Tarım İşletmelerinin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(4), 491–498.
- Aktacir, M.Azmi, Yeşilata, B., 2000, Fotovoltaik Güç Sistemli Su Pompalarının Dizayn Esaslarının Araştırılması, 3. *GAP Mühendislik Kongresi*, Şanlıurfa, 1-12.
- Anonim, 2021a, 2019 yılı için dünyadaki kurulu güneş enerjisi santrali gücü [online], <https://www.enerjiatlası.com/ulkelere-gore-gunes-enerjisi.html> [Erişim Tarihi: 05 Mayıs 2021].
- Anonim, 2021b, Örnek bir pompa tasarımı [online], <http://blog.kampa.com.tr/pompalar/santrifuj-pompaların-tasarım-ve-calışma-sekli/> [Erişim Tarihi: 10 Haziran 2021].
- Anonim, 2021c, Pompaların kullanım alanları [online], <https://www.thesisat.org/rotodinamik-pompa-tipleri-kullanım-alanları.html> [Erişim Tarihi: 5 Temmuz 2021].
- Anonim, 2021d, K ve f katsayıları tabloları [online], http://www.muhendislikbilgileri.com/?Syf=15&blg=1&ncat_id=158536&pt [Erişim Tarihi: 20 Temmuz 2021].
- Arslan, Ö., 2018, Muş İli Özelinde Doğal Tarım ve Hayvancılığa Dayalı Sürdürülebilir Bir Ekonomik Gelişim, *Anemon*, 6(1), 75–90.
- Arslan, Ö., 2019, Muş sanayi modeli, 1, *Çizgi kitabevi*, Muş, 1-94.
- Arslanoğlu, N., Yiğit, A., Eker, B. S., 2019, Fotovoltaik sistemlerin Projelendirme, Kurulum İşletilmesinde Önemli Faktörler, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 483–490.
- Atay, Ü., Işıker, Y., Yeşilata, B., 2011, Güneş Enerjili Damla Sulama Sistemi Arazi Performansının Deneysel Değerlendirilmesi, *Mühendis ve Makine*, 53, 15-20
- Atmaca, M., Yusufoğlu, G., Kurtuluş, A. B., 2014, Güneş Enerjili Sulamanın Tarım Sektöründe Uygulaması, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 142-153.
- Avcı, S., 2017, Damla Sulama Sistemlerinin İşletilmesinde Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları ; Konya İli Örneği, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (GBAD)*, 6, 52–60.
- Bedeloğlu, A., Demir, A., Bozkurt, Y., 2010, Fotovoltaik Teknolojisi: Türkiye ve Dünyadaki Durumu, Genel Uygulama Alanları ve Fotovoltaik Tekstiller, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(42), 43–58.
- Beyazgül, M., Tahmiscioğlu, M. S., Sönmez, B., Özer, M. N., 2017, *Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri*. 600.
- Bicer, A., 2020, Tunceli-Bingöl ve Muş İllerinin Meteorolojik Verilerle İklim Parametrelerinin Analizi, *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, 2(1), 109–119.
- Boztepe, M. 2015, Fotovoltaik Güç Sistemlerinde Verimliliği Etkileyen Parametreler, *Elektrik Mühendisleri Odası Dergisi*, 1–8.

- Sönmez, M. E., 2014, Makalelerle Muş, 1, Ercan Çağlayan, *Muş Alparslan Üniversitesi Yayınları*, Muş, 1-33
- Diñçer, F., Atik, İ., Yılmaz, Ş., Çıngı, A., 2017, Hidrolik enerjisinden yararlanmada ülkemiz ve gelişmiş ülkelerin mevcut durumlarının analizi, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 66(0348), 555–561.
- Gençoğlu, M. M., Cebeci, M., 2015, Türkiye'nin enerji kaynakları arasında güneş enerjisinin yeri ve önemi.
- Goncaoğlu, B. İ., 2020, Sulama pompaj tesislerinde pompa seçimine etki eden faktörler [online]
<http://www.kumetek.com/Turkish/destek/pompasecimi.htm> [Erişim Tarihi: 28 Mayıs 2021].
- Kalkınma bakanlığı, 2018, Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) Tarımda Toprak ve Suyun Sürdürülebilir Kullanımı, 5-25.
- Kantaroğlu, F., 2013, Fotovoltaik Sistemler, *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 28-34.
- Karamanav, M. (2007), "*Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri*", (Yüksek Lisans), *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 90
- Kepekçi, H., Ezgi, C., 2019, Rejeneratif Türbin Pompası ve Santrifüj Pompa Karakteristiklerinin Deneysel Olarak Belirlenmesi ve Karşılaştırılması, 22. *Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, Kocaeli, 1410-1416
- Meteorolojik Genel Müdürlüğü, 2021, Türkiye İklimi [online],
https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/13_turkiye_iklimi.pdf [Erişim Tarihi: 10 Haziran 2021].
- Muş Valiliği, 2021, Muş ilinin arazi kullanım verileri [online],
<http://www.mus.gov.tr/tarim-ve-hayvancilik> [Erişim Tarihi: 18 Nisan 2021].
- Oral, M., 2020, Solar Energy Potential Of Turkey And Evaluation Of Pv 1 Applications In Local Scale: Case of Karabük Province, *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 482–503.
- Öven, A., Boğoçoğlu, M. E., 2015, Dişli pompalarda debi hesaplamaları ve tasarım parametreleri, *Mühendis ve Makina*, 56(660), 34–41.
- Seyitoğlu, S. S. (2012), "Kayseri İlinde Güneş Enerjisi ile Sulama Sistemi Maliyet Analizi", (Yüksek Lisans), *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 109
- Şengün, M. T., Kıranşan, K., 2016, Bulanık-Malazgirt (Muş) Havzası'nın İklim Özellikleri. *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6(12), 21–50.
- Şenol, R., 2012a, Tarımsal sulama ve güneş enerjisi, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 27(3), 519–526.
- Şenol, R., 2012b, Tarımsal sulama ve güneş enerjisi, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 27(3), 519–526.
- Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu, 2020, 2017 Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu 2014- 2020 IPARD Programı (IPARD II

- Dönemi) [online], <https://mus.tkd.gov.tr/> [Erişim Tarihi: 2 Ocak 2021].
- Tarım ve Orman Bakanlığı, 2017, 15-16 Mayıs 2017 Muş Ovası Tarım ve Hayvancılık Çalıştayı Sonuç Bildirgesi [online],
<https://mus.tarimorman.gov.tr/Haber/455/15-16-Mayis-2017-Mus-Ovasi-Tarim-Ve-Hayvancilik-Calistayi-Sonuc-Bildirgesi> [Erişim Tarihi: 2 Ağustos 2021].
- TİGEM, 2021, Bitkilere göre sulama verileri [online],
<https://tigem.gov.tr/sayfalar/detay/3e499aad-4775-41ae-aeb4-2707cb44b6a0> [Erişim Tarihi: 30 Nisan 2021].
- Topuz, A., Erdoğan, B., Taşkaya, G., 2017, Fotovoltaik Etki İle Çalışan Güneş Enerjili Sulama Sisteminin Modellenmesi, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(2), 356–363.
- Turhan, S., Çetiner, İ., 2012, Fotovoltaik Sistemlerde Performans Değerlendirmesi, Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Bursa, 1-9
- Vikipedi, 2021. Türkiyedeki ovalar [online],
https://tr.wikipedia.org/wiki/Mu%C5%9F_Ovas%C4%B1 [Erişim Tarihi: 20 Nisan 2021].
- Yeşilata, B., Aydın, M., & Işıkar, Y. (2006). Küçük ölçekli bir pv su pompalama sisteminin deneysel analizi. *Mühendis ve Makina*, 47(553), 31–38.
- Yılmaz, Ş., 2014, Türkiye Hidroelektrik Potansiyeli ve Gelişme Durumu. *Makine Mühendisleri Odası*, 2, 614.
- Yılmaz, M., 2019, Yaş meyve sebze ihracatında lider Rusya [online], Trabzon
<https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/yas-meyve-sebze-ihracatinda-lider-rusya/1576647> [Erişim Tarihi: 28 Mayıs 2021].
- Yusufoğlu, G. (2013), "Şebeke elektriğinin bulunmadığı tarımsal alanlarda güneş enerjisiyle sulamanın yapılması", (Yüksek Lisans), *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Marmara Üniversitesi, 43

EKLER**EK-1** Değişken değerler

	1. Değer	2. Değer	3. Değer	İfade	Birimi
Q	0,27			Debi	m ³ /sn
Diç	0,05			Boru İç Çapı	
f	0,011			Düz Boru Kayıpları katsayısı	
L	33			Uzunluk	
V	6,88			Akışkanın Hızı	
K	0,22			Dirsek Kayıp Katsayıları	
ρ	1			Akışkanın Yoğunluğu	
α	1,1	1,2	1,3	Elektik Motorunun Verimi	
$\sum i$	3			Dirsek Sayısı	
Hh	33			Toplam Yükseklik	
η_p	0,8			Pompa Verimi	
A				Panel Alanı	
η_r	0,21			Standart Test Koşullarında hücre verimi	
Ppv	250,00			Piyasada bulunan motorun gücü	
φ	0,001	0,004		Hücre sıcaklık faktörü	
Tc	22,5			15Mayıs -15Eylül Muş ili ortalama sıcaklık	°C

EK-3 Sabit Değerler

Sabit	Değeri	Birimi	İfadesi
Pi	3,14		
g	9,81	m/sn ²	
Gr	1000	W/m ²	Maksimum ışınlama
Fm	0,85		Tesis Kurulum Kayıp Faktörü
Tr	25	°C	Standart test koşullarındaki sıcaklık



EK-4 Hücree Verim Tablosu

PV Teknolojisi		Hücree Verimi (%)	Modül Verimi (%)
Kristal Silikon	Tek Kristal Silikon	25	14-16
	Çok Kristal Silikon	21,3	14-16
	Galyum Arsenit	27,5-29,1	-
İnce Film	Amorf Silikon	13,6	6-9
	Kadmiyum Tellür	22,1	9-12
	CIS/CIGS	22,3	8-14

EK-5 DC Motor Güç Değerleri

1	DC Motor Güç	50	
2	50	80	
3	80	100	
4	100	120	
5	120	150	
6	150	200	
7	200	250	
8	250	300	
9	300	400	
10	400	500	
11	500	750	
12	750	900	
13	900	1000	
14	1000	1200	
15	1200	1500	
16	1500	2000	
17	2000	2500	
18	2500	0	
19		0	

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ali BİNGÖL
Uyruğu :
Doğum Yeri ve Tarihi :
Telefon :
Faks :
e-mail :

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Muş Endüstri ve Meslek Lisesi	1994
Üniversite	: Marmara Üniversitesi	2000
Yüksek Lisans	: Muş Alparslan Üniversitesi	Devam ediyor
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2000-2021	MEB	Öğretmen/Yönetici

UZMANLIK ALANI

İş Sağlığı Güvenliği Uzmanı C sınıfı

YABANCI DİLLER

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR