

# MUŞ İLİ YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI MEVCUT DURUM VE YATIRIM FİZİBİLİTE RAPORU

Doç. Dr. Salih ÖZER



Muş Alparslan Üniversitesi, Mühendislik-  
Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği  
Bölüm Başkanı

Muş Alparslan Üniversitesi, Fen Bilimleri  
Enstitüsü, Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri  
ABD Başkanı

## 1. GİRİŞ

2

GİRİŞ

3

1.2. Mevcut Durum  
Analizi

5

1.3. Güneş Enerjisi  
Potansiyeli

6

1.3. Rüzgâr Enerjisi  
Potansiyeli

8

1.4. Hidroelektrik  
Enerji Potansiyeli

10

1.5. Biyokütle  
Enerjisi Potansiyeli

14

RİSKLER VE  
ZORLUKLAR.

16

TEŞVİKLER VE  
DESTEK  
MEKANİZMALARI.

19

SONUÇ VE  
ÖNERİLER.

## İçindekiler

21

KAYNAKLAR.. 21

# Tanıtım

## 1.2. Mevcut Durum Analizi

Muş ili, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde konumlanmış olup coğrafi ve iklimsel özellikleriyle çeşitli yenilenebilir enerji kaynakları için potansiyel barındırmaktadır [1]. Bu raporda, Muş ilindeki güneş, rüzgâr, hidroelektrik ve biyokütle kaynaklarının fizibilitesi yatırımcı bakış açısıyla detaylı biçimde incelenmektedir. Türkiye genelinde yenilenebilir enerji yatırımları artış eğilimindedir; ülke toplam kurulu gücü 109.898 MW düzeyine ulaşmış ve güneş enerjisi santralleri özellikle güney bölgelerde hızla yaygınlaşmaya başlamıştır enerjیاتlasi.com. Muş ilinin yenilenebilir enerji profili, mevcut durum analizi ve gelecekteki potansiyel çerçevesinde ele alınacak, yatırım maliyetleri, geri dönüş süreleri ve teşvik mekanizmaları değerlendirilecektir.

Bu rapor, fizibilite raporu formatında hazırlanmış olup giriş bölümünü takiben mevcut durum analizi, kaynak bazlı değerlendirmeler (güneş, rüzgâr, hidroelektrik, biyokütle), maliyet ve yatırım hesapları, riskler, teşvikler ve sonuç/öneriler bölümlerini içermektedir. Her bölümde Muş'un coğrafi, iklimsel ve altyapısal özellikleri bağlamında ilgili enerji kaynağının teknik ve ekonomik uygulanabilirliği tartışılacak; tablolar, grafikler ve haritalarla bulgular desteklenecektir. Amaç, yatırımcılara pratik değer taşıyan kapsamlı bir değerlendirme sunmak ve Muş ilinde yenilenebilir enerji alanındaki fırsat ve zorluklara ışık tutmaktır.

### 1.2. Mevcut Durum Analizi

**Coğrafi ve İklimsel Özellikler:** Muş, yüksek rakımlı (il merkezi rakımı ~1334 m) ve denize uzak konumuyla belirgin karasal iklim özellikleri sergiler. Kışları uzun ve soğuk, yazları sıcak ve kurak geçer; yıllık ortalama sıcaklık ~7°C, yıllık yağış toplamı ~468 mm civarındadır. Uzun kış mevsimi ve kar yağışları bölge iklimini şekillendirir. Güneşlenme süresi bakımından, Muş ili görece avantajlıdır: Yıllık ortalama günlük güneşlenme süresi yaklaşık 6,5 saat olup ocak ayında günde ortalama 2 saat, temmuz ayında 11,2 saate kadar çıkar. Aşağıdaki grafikte Malazgirt (Muş) bölgesinin aylık ortalama güneşlenme süreleri görülmektedir.

Bu veriler, Muş'un özellikle ilkbahar ve yaz aylarında güçlü bir güneş radyasyonu alabileceğini göstermektedir. Öte yandan rüzgâr hızı açısından il genelinde hâkim rüzgârlar kuzey ve batı yönlü olup, uzun dönem ölçümlere göre yer seviyesindeki ortalama rüzgâr hızı sadece ~1,2 m/s gibi düşük bir değerdedir. Yıl içinde en rüzgârlı dönem ilkbahar (Nisan ayında ~1,8 m/s) iken, kış aylarında rüzgâr hızları iyice düşmektedir. Bu da Muş'ta yaygın olarak sürekli esen kuvvetli rüzgârların bulunmadığına işaret eder. Bölgenin yüksek dağları ve vadileri mikroklimatik farklılıklar yaratmakla birlikte, genel olarak rüzgâr enerjisi potansiyeli sınırlı iken, güneş enerjisi için elverişli bir ışınım ortamı mevcuttur. İlin arazi yapısı geniş ovalar (Muş Ovası, Bulanık Ovası) ve dağlık kesimlerin bileşiminden oluşur. Bu durum, hem geniş ölçekli güneş santrali kurulumu için uygun düzlükler sağlamakta, hem de rüzgâr enerjisi açısından dağ geçitlerinde lokal potansiyel alanlar sunmaktadır. Altyapı bakımından, Muş şehir merkezi ve ilçeleri karayolu ve demiryolu ile bölgesel merkezlere bağlıdır; ayrıca mevcut hidroelektrik santrallerinin iletim hatları sayesinde iletim şebekesine bağlantı noktaları mevcuttur. Bu altyapı, yeni enerji tesislerinin şebekeye entegrasyonunu kolaylaştırabilecek önemli bir avantajdır.

**Enerji Arzı ve Talebi:** Muş ilinde mevcut elektrik üretimi, özellikle büyük hidroelektrik santraller sayesinde, ilin elektrik tüketiminden daha yüksektir. İldeki toplam kurulu güç 481 MW düzeyindedir ve yılda yaklaşık 765 GWh elektrik üretimi gerçekleşmektedir. Bu üretim, Muş'un yıllık elektrik tüketiminin %138'ine denk gelmekte, yani il kendi tüketiminin 1,38 katı elektrik üretebilmektedir enerjیاتlasi.com. Mevcut elektrik üretim kapasitesinin dağılımı incelendiğinde, en büyük pay hidroelektrik santrallere aittir. Muş'ta 8 adet işletmede elektrik

# Tanıtım

## 1.2. Mevcut Durum Analizi

santrali bulunmaktadır; bunların başlıcaları Murat Nehri üzerinde kurulu baraj ve hidroelektrik santralleridir (Alpaslan 1 ve Alpaslan 2 HES gibi). Güneş enerjisi santralleri ise şu an için daha küçük bir paya sahiptir (çoğunlukla lisanssız tesisler olmak üzere ~21 MW kurulu güç) enerjياتlasi.com. Rüzgâr ve biyokütle kaynaklı üretim tesisleri ise henüz işletme aşamasında bulunmamaktadır.

Mevcut Kurulu Güç ve Kaynak Dağılımı: Muş ilindeki kurulu gücün kompozisyonu büyük ölçüde hidroelektriğe dayalıdır. En büyük santral, 280 MW kapasiteli Alpaslan 2 Barajı ve HES olup 2022 yılında yaklaşık 558 GWh, 2023 yılında ise 425 GWh elektrik üretmiştir. Alpaslan 2, Muş'un en büyük enerji yatırımdır ve tam kapasite su rejimiyle yılda 862 GWh seviyesine kadar üretim yapabilecek potansiyele sahiptirenerjياتlasi.com. İlin ikinci büyük hidroelektrik santrali, 160 MW kapasiteli Alpaslan 1 Barajı ve HES'tir; bu tesis yıllık ortalama ~352,7 GWh elektrik üretimiyle Muş'un elektrik ihtiyacının önemli bir kısmını tek başına karşılayabilmektedirenerjياتlasi.com. Bunlara ek olarak Murat Nehri ve kolları üzerindeki küçük hidroelektrik santraller (Muş Doğan Regülatörü HES 7,8 MW, Kamer HES 3,75 MW, Malazgirt HES 1,22 MW, Varto Sönmez HES 0,29 MW vb.) ilave hidroelektrik üretim kapasitesi sağlamaktadırenerjياتlasi.com. Güneş enerjisi tarafında, halihazırda 21 MW kurulu güce sahip lisanssız güneş enerji santralleri çeşitli işletmeler tarafından kurulmuşturenerjياتlasi.com. Örneğin Muş Şeker Fabrikası kendi bünyesinde 7,68 MW gücünde bir elektrik santrali kurarak enerji ihtiyacının bir kısmını karşılamaktadırenerjياتlasi.com. Bu tesis, bir termik kojenerasyon ünitesi olup tarımsal sanayi atıklarının enerjiye dönüştürülmesi açısından bir örnek teşkil edebilir. Rüzgâr enerjisi santrali ise henüz işletmede bulunmamaktadır; mevcut durumda Muş ilinde rüzgâr türbini kurulumu gerçekleştirilmemiştir (kurulu rüzgâr gücü 0 MW) enerjياتlasi.com. Biyokütleyle dayalı bir enerji tesisi de bulunmamaktadır; belediye atıkları düzenli depolama sahasında toplanmakta ve henüz enerji amaçlı kullanılmamaktadır.

Talep tarafında, Muş ilinin yıllık elektrik tüketimi ~554 GWh düzeyindedirenerjياتlasi.com. Nüfusun yaklaşık %60'ı kırsal alanlarda yaşayıp tarım ve hayvancılıkla uğraştığından, sanayi ve hizmet sektörüne dayalı elektrik talebi sınırlıdır. Bu durum, ilin tüketiminin komşu illere göre düşük kalmasına yol açmaktadır. Ancak son yıllarda ekonomik gelişmeye paralel olarak tüketimde artış eğilimi gözlenmektedir. İlde üretilen elektriğin fazlası ulusal şebeke üzerinden diğer bölgelere iletilmektedir. Özellikle hidroelektrik üretimin yüksek olduğu ilkbahar aylarında Muş, bölgedeki diğer illere net elektrik enerjisi gönderen bir konumdadır. Bu bağlamda, yeni yenilenebilir enerji yatırımlarının devreye alınmasıyla üretim fazlasının daha da artması ve ilin bir enerji ihraç merkezi haline gelmesi mümkündür.

Muş'ta mevcut büyük üretim tesisleri nedeniyle güç iletim altyapısı kısmen gelişmiştir. Alpaslan HES'lerin çıkışları için yüksek gerilim iletim hatları (154 kV) tesis edilmiş olup bu hatlar üzerinden üretim enterkonnekte sisteme bağlanmaktadır. İlin merkezi ve bazı ilçelerinde TEİAŞ'a ait trafo merkezleri bulunmakta, bu sayede yeni kurulacak tesislerin şebekeye bağlantısı için teknik imkanlar vardır. Bununla birlikte kırsal alanlarda dağıtım şebekesi altyapısı görece zayıf olabildiğinden, özellikle uzak bölgelerde kurulacak yenilenebilir enerji tesisleri için iletim/dağıtım hat yatırımları gerekebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ulaşım altyapısı olarak, Muş şehir merkezine demiryolu hattı ulaşmakta ve karayolu ağı ile çevre illere bağlantı mevcuttur. Büyük ölçekli ekipman taşımaları karayolu ile yapılabilirken, Murat Nehri üzerinde yeni baraj inşaatları için şantiye yolları gerekebilmektedir<sup>1</sup>. Genel olarak mevcut altyapı, yenilenebilir enerji projelerinin gerçekleştirilmesine engel teşkil etmemekle birlikte, proje bazında detaylı inceleme gerektirebilir.

# Tanıtım

## 1.3. Güneş Enerjisi Potansiyeli

Muş ilinin güneş enerjisi potansiyeli, coğrafi konumu ve iklim koşulları nedeniyle dikkat çekicidir. Bölge, Türkiye ortalamasına yakın güneş alma süresine sahip olup özellikle yaz aylarında uzun ve kesintisiz güneşlenme periyotları görülmektedir. Yıllık ortalama günlük güneşlenme süresi 6,5 saat olan Muş'ta, global güneş radyasyonu değerleri yıllık bazda yüksektir. Yaz mevsiminde (Haziran–Temmuz) günde 11 saati aşan parlak güneşlenme süreleri ile fotovoltaik (PV) sistemler için son derece elverişli bir dönem söz konusudur. Kış aylarında ise güneşlenme 2–3 saate kadar düşmekte ve güneş açıları küçülmektedir; ancak soğuk hava koşullarında PV panellerinin veriminin artabileceği (sıcaklık düşüşü nedeniyle) de dikkate alınmalıdır. Muş ili, açık alanların bolluğu nedeniyle geniş ölçekli güneş enerjisi santrali (GES) yatırımları için uygun arazilere sahiptir. Özellikle Muş Ovası ve Bulanık gibi düz araziler, yüksek ışınım alan ve tarım dışı kullanılabilir bölgelerde büyük güneş tarlalarına imkân tanımaktadır.

Muş'ta halihazırda 21 MW kurulu güce sahip güneş enerjisi santralleri işletmededir. Bu santrallerin tamamı lisanssız ölçekli olup farklı abonelerin veya şirketlerin tüketim ofseti amacıyla kurulmuştur. Örneğin, Muş Şeker Fabrikası bünyesindeki 7,68 MW'lık kojenerasyon tesisinin yanı sıra, çeşitli küçük ölçekli GES sistemleri toplamda 21 MW kapasiteye ulaşmıştır enerjیاتlasi.com. Buna ek olarak 2 MW gücünde güneş santrali yatırımı (Yurt Çimento 1 MW, Ado Enerji 1 MW) inşaat aşamasındadır ve kısa vadede devreye girmesi beklenmektedir enerjیاتlasi.com. Bu projeler, özel sektörün Muş'taki güneş enerjisi potansiyeline ilgisini göstermektedir. Muş ilinde güneş enerjisi alanında çok daha büyük ölçekli projeler gündemdedir. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından ön lisans verilen üç büyük güneş santrali projesi bulunmaktadır: Eğriemeç GES (150 MW), Kümbet GES (27 MW) ve G3 Muş 2–3 GES (15 MW) enerjیاتlasi.com. Toplam 192 MW gücündeki bu projeler ön lisans aşamasına ulaşmıştır ve yatırımcı firmalar (Kiler Holding, YBT Enerji, Erciyes Anadolu Holding gibi büyük yatırımcılar) tarafından planlanmaktadır. Bu rakam, Muş için güneş enerjisinde çok yüksek bir büyüme potansiyeline işaret etmektedir – mevcut kurulu gücün neredeyse 9 katına denk gelen bir kapasite artışı söz konusu olabilir. Türkiye genelinde de güneş elektriği sektörü büyüme trendindedir; örneğin 2021 yılında bir önceki yıla kıyasla GES'lerde elektrik üretimi %49 artmıştır enerjیاتlasi.com. Muş'ta planlanan büyük projelerin hayata geçmesiyle ilin güneş kaynaklı üretimi de katlanarak artacaktır. İlerdeki güneş enerjisi teknik potansiyeli, kullanılabilir uygun araziler ve ışınım verileri dikkate alındığında birkaç yüz megavat düzeyinde tahmin edilebilir. Özellikle elektrik iletim altyapısının uygun olduğu bölgelerde (örneğin mevcut trafo merkezlerine yakın ovalık alanlar), ilave GES projeleri için yer sorunu bulunmamaktadır.

Muş ilinde kurulacak güneş santrallerinin kapasite faktörünün yıllık ortalama %17–20 aralığında olması beklenir. Yüksek rakım ve düşük hava sıcaklıkları PV panellerinin verimini olumlu etkileyebilmektedir. Bölgenin yıllık ortalama global ışınım değerinin 1600–1700 kWh/m<sup>2</sup> civarında olduğu tahmin edilmektedir (Türkiye ortalaması ~1527 kWh/m<sup>2</sup>-yıl). Bu durumda 1 MW kurulu güce sahip bir PV santralinin Muş'ta yılda yaklaşık 1.400–1.500 MWh elektrik üretebileceği öngörülür. Örneğin 10 MW'lık bir GES projesi, yılda yaklaşık 14–15 GWh üretim ile 4.000 civarında konutun elektrik ihtiyacını karşılayabilir. Muş'taki uzun gün süresi ve bulutsuz gökyüzü oranı yüksek yaz ayları, bu tesislerin şebeke yüküne katkısını en üst

# Tanıtım

## 1.3. Güneş Enerjisi Potansiyeli

düzeğe çıkaracaktır. Kışın üretim düşse bile, ilkbahar sonu ve yaz başında sulama ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklı artan elektrik talebini karşılamada GES'ler fayda sağlayabilir.

Güneş enerjisi yatırımlarının maliyeti son yıllarda önemli ölçüde azalmıştır. Türkiye'de 2025 itibarıyla büyük ölçekli arazi tipi PV santrallerinin yatırım maliyeti ortalama 600–800 \$/kW bandındadır. Muş gibi iç bölgelerde ulaşım ve kurulum maliyetleri biraz artsa da, uygun arazi maliyeti ve yüksek ışınım nedeniyle birim enerji başına düşen maliyet rekabetçidir. 1 MW'lık bir GES projesinin tahmini maliyeti ~10–12 milyon TL (yaklaşık 700 bin \$) düzeyinde olup, yıllık 1,4 milyon kWh üretim ve güncel tarife ile (örneğin 2025 itibarıyla ~2,5 TL/kWh ticarethane tarifesi veya piyasa fiyatı) yıllık brüt 3,5 milyon TL gelir sağlayabilecektir. Bu kaba hesaplama, işletme giderleri hariç geri dönüş süresi ~4–5 yıl düzeyine inebilmektedir. Eğer üretilen elektrik devlet alım garantisi mekanizması (YEKDEM) kapsamına girerse veya kendi tüketimini ikame ederse, gelirler daha da artabilir. Örneğin, geçmişte uygulanan YEKDEM teşviği ile güneş enerjisi için 10 yıl boyunca 13,3 USD cent/kWh alım garantisi sağlanması, yatırımların ~3–4 yıl gibi kısa sürelerde geri dönmesini mümkün kılmıştı. Yeni dönemde alım garantileri TL bazlı ve daha düşük olsa da (2021 sonrası yaklaşık 32 kr/kWh + yerli aksam bonusu şeklinde), net metering ve öz tüketim modelleriyle GES projeleri halen kârlı görünmektedir.

Güneş enerjisi projeleri, yenilenebilir enerji olmaları sebebiyle çeşitli devlet teşviklerinden yararlanabilmektedir. Muş ili, kalkınmada öncelikli bölgelerden biri olarak 6. Bölge teşvikleri kapsamındadır. Bu kapsamda güneş santrali yatırımları için %VAT muafiyeti, gümrük vergisi muafiyeti, vergi indirimi (örneğin kurumlar vergisinde indirim ve yatırım katkı oranı), SGK işveren primi desteği (10 yıla varan) gibi avantajlar sağlanmaktadır. Ayrıca 6. Bölgede yapılan yenilenebilir enerji yatırımları gelir vergisi stopajı teşviki ve faiz desteği gibi ilave desteklere de hak kazanabilir. Bu teşvikler, Muş'ta kurulacak büyük ölçekli GES projelerinin finansal fizibilitesini belirgin şekilde iyileştirmektedir. Örneğin, bir 50 MW'lık GES yatırımı teşvik belgesi alındığında yatırımın %30–40'ına varan kısmı vergi indirimleri yoluyla yatırımcıya geri dönebilmektedir. YEKDEM mekanizması açısından, 30 Haziran 2021'e kadar işletmeye giren yenilenebilir santraller döviz bazlı alım garantisinden yararlanmış; yeni dönemde ise TL bazlı tarifeler belirlenmiştir. Güneş enerjisi için 2021–2025 arası dönemde uygulanan taban alım fiyatı ~32 kuruş/kWh olup, belirli oranda yerli ekipman kullanımı durumunda ek prim verilmektedir. Her ne kadar bu rakamlar eski döviz bazlı teşviklere kıyasla düşük görünse de, döviz kurundaki artışlar ve panel maliyetlerindeki düşüş, projelerin kendi elektriğini tüketen veya ikili anlaşmalarla satan modellerle finansal olarak cazip olmasını sağlamaktadır.

Sonuç olarak, Muş ilinde güneş enerjisi yatırım potansiyeli oldukça yüksektir. Güneş enerjisi, ilin coğrafi yapısı sayesinde geniş alanlara yayılabilecek, düşük işletme maliyetli ve sürdürülebilir bir seçenek sunmaktadır. Planlama aşamasındaki 192 MW'lık projelerin hayata geçmesiyle, Muş güneş enerjisi üretiminde bölgesel bir merkez haline gelebilir. Güneş enerjisindeki bu büyüme, hem karbon emisyonlarını azaltacak hem de bölge ekonomisine yeni iş imkanları ve katma değer yaratacaktır.

# Tanıtım

## 1.3. Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli

Muş ilinde rüzgâr enerjisi potansiyeli, güneş enerjisine kıyasla daha sınırlı olmakla birlikte, belirli bölgelerde değerlendirilebilir düzeydedir. İlin genel coğrafyası dikkate alındığında, geniş ovalarda rüzgâr akışının nispeten zayıf, dağlık kesimlerde ise koridor etkisiyle yerel olarak hızlanmış olabileceği değerlendirilmektedir. Uzun dönem meteorolojik ölçümler, Muş ve çevresinde ortalama rüzgâr hızlarının düşük olduğunu göstermiştir: Örneğin Bulanık-Malzgirt havzasında 1963-2014 döneminde ortalama rüzgâr hızı sadece 1,2 m/s olarak kaydedilmiştir. Bu değer, küçük ölçekli türbinlerin dahi verimli çalışması için yetersizdir. Yıl içinde en rüzgârlı aylar ilkbahar (Nisan ayında ort. ~1,8 m/s) ve kısmen yaz başı iken kışın rüzgâr belirgin biçimde azalmaktadır. İlin hâkim rüzgâr yönleri alçak irtifalarda kuzey ve kuzeybatı olarak tespit edilmiştir. Bu veriler ışığında, Muş ilinde rüzgâr enerjisi açısından genel potansiyelin düşük, ancak özel alanların istisna olabileceği anlaşılmaktadır.

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan rüzgâr enerjisi potansiyel atlasına göre Muş ilinin 50 m yükseklikteki rüzgâr teknik potansiyeli yaklaşık 62 MW olarak hesaplanmıştır [enerjiatlas.com](http://enerjiatlas.com). Bu değer, belirli kriterlerin (yıllık ortalama rüzgâr hızı  $\geq 7,0$  m/s vb.) sağlandığı alanlar üzerinden elde edilen toplam kurulabilir güç kapasitesidir. 62 MW'lık teorik potansiyelle karşılık, bugüne dek Muş'ta büyük bir rüzgâr santrali kurulmamıştır. Ancak yapılan ölçümler ve yatırımcı ilgisi, bu teorik potansiyelin büyük kısmının lisanslandırıldığını göstermektedir: İlin rüzgâr potansiyeline dair neredeyse tamamı, EPDK tarafından lisans/ön lisans süreçlerine konu olmuştur [enerjiatlas.com](http://enerjiatlas.com). Nitekim 2018 yılında gerçekleştirilen rüzgâr enerji ihalelerinde Muş ilinde iki farklı proje için ön lisans verilmiştir. Bunlar, Aktaş RES (32 MW) ve Muş 4 RES (30 MW) projeleridir [enerjiatlas.com](http://enerjiatlas.com). Toplam 62 MW gücündeki bu projeler ile teorik potansiyelin %100'e yakını yatırım planına dönüşmüştür. Bu durum, Muş'ta rüzgâr yatırım potansiyelinin belirli bir bölgeyle sınırlı olduğunu ve mevcut en iyi noktaların yatırımcılarca tespit edildiğini göstermektedir.

Muş'ta rüzgâr açısından en uygun bölgelerin, ilin kuzey kesimlerindeki dağ sıraları ve vadiler olduğu değerlendirilmektedir. Kuzeydeki Bingöl dağlarının uzantıları ile batıda Varto ilçesi civarındaki yüksek platolar, rüzgâr akımlarının hızlanabileceği alanlar olabilir. Ayrıca Muş Ovası'nın kuzey kenarı boyunca uzanan yamaçlarda da rüzgâr potansiyeli kısmen artabilir. Ön lisans almış olan projelerden Aktaş RES'in lokasyonu incelendiğinde, bu santralin Muş merkezinin kuzeydoğusunda, yüksek rakımlı bir bölgede planlandığı anlaşılmaktadır. Yine Muş-4 RES projesi de muhtemelen benzer bir dağ eteği veya geçit bölgesini hedef almaktadır. Bu projeler hayata geçirildiğinde, muhtemelen 100 metrelik kulelere sahip toplam ~15-20 adet rüzgâr türbini ile ilde ilk kez rüzgârdan elektrik üretimi başlayacaktır. Türbinlerin yıllık ortalama kapasite faktörünün %30 civarında olması beklenebilir (iyi seçilmiş lokasyonlarda). Bu iki projenin gerçekleşmesi durumunda, Muş ilinde yılda yaklaşık 160-180 GWh rüzgâr kaynaklı elektrik üretimi mümkün olacaktır.

Rüzgâr enerjisi yatırımlarında ana maliyet kalemini türbin ekipmanı ve elektrik altyapısı oluşturmaktadır. Türkiye'de rüzgâr türbini yatırımlarının maliyeti ortalama 1-1,3 milyon \$/MW seviyesindedir. Muş'ta ulaşım ve inşaat zorlukları nedeniyle bu maliyet biraz yükselebilir. 30 MW'lık bir rüzgâr çiftliği yatırımı yaklaşık 30-35 milyon \$ sermaye gerektirebilir. Üretim tarafında, eğer proje ortalama %30 kapasite faktörü yakalarsa, 30 MW için yıllık ~78,8 GWh üretim sağlanacaktır. Serbest piyasa elektrik fiyatının ~0,05 \$/kWh (veya 1 TL/kWh civarı) olduğu varsayılırsa, yıllık gelir ~4 milyon \$ düzeyinde olabilir. Bu durumda, geri dönüş süresi ~7-9 yıl bandında hesaplanmaktadır. Elbette bölgede kapasite faktörü daha düşük kalırsa (örneğin %25 seviyelerinde) geri dönüş süresi uzayacaktır. Bu nedenle Muş'ta rüzgâr projesi geliştirirken doğru yer seçimi kritik önemdedir. En az 1 yıl süreyle yapılacak rüzgâr ölçümleriyle kapasite faktörünü güvenilir şekilde öngörmek yatırım risklerini azaltacaktır.

# Tanıtım

## 1.3. Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli

Muş'ta rüzgâr santrali inşası, dağlık arazi koşulları nedeniyle lojistik açıdan zorlu olabilir. Türbinlerin kurulacağı yüksek kesimlere yol yapımı, türbin kanat ve kule taşımaları için özel araçlar gerekebilir. Kış aylarında yoğun kar yağışı ve zorlu hava şartları inşaat sezonunu kısaltabilir. Bu yüzden, rüzgâr projelerinde inşaat takvimi genellikle bahar ve yaz ayları olarak planlanmalıdır. Elektrik iletimi açısından, yeni RES projelerinin üretimini sisteme verebilmek için yakın mesafede uygun bir trafo merkezi veya iletim hattı bulunması gerekir. Aktaş ve Muş-4 RES projelerinin bağlantı noktaları muhtemelen TEİAŞ'ın Muş trafo merkezi olacaktır. Bu tip projelerde, EPDK ve TEİAŞ koordinasyonunda bağlantı anlaşmaları yapılarak gerekli altyapı iyileştirmeleri tanımlanır. Bölgenin 6. Bölge teşviklerinden yararlanması, rüzgâr projesi yatırımcılarına da avantaj sağlamaktadır (özellikle vergi indirimleri ve sigorta prim destekleri). Ayrıca, yenilenebilir enerji üretimine verilen alım garantileri rüzgâr için de geçerlidir (eski YEKDEM'de 7,3 USD cent/kWh, yeni sistemde ~0,32 TL/kWh + yerli katkı). Bu destekler düşünüldüğünde, Muş'ta gerçekleştirilecek bir rüzgâr projesi uygun finansman koşulları ile orta vadede kazançlı hale gelebilir.

Rüzgâr enerjisi, Muş ili özelinde seçici bir potansiyel sunmaktadır. Geniş çapta her bölgede uygulanabilir olmamakla birlikte, belirli koridor ve yükseltilerde ekonomik olarak değerlendirilebilecek rüzgâr kaynakları mevcuttur. Planlanan 62 MW'lık kurulu güç, hayata geçtiğinde ilin enerji portföyüne çeşitlilik katacak ve hidro-güneş dengesine rüzgârı da ekleyecektir. Rüzgâr enerjisi, güneş ve hidroelektriğe kıyasla farklı saatlerde (özellikle gece saatlerinde) üretim yapabilmesi sayesinde şebeke yük profilini dengelemeye de yardımcı olabilir. Sonuç olarak Muş'ta rüzgâr enerjisi, sınırlı ancak stratejik bir yenilenebilir enerji unsuru olarak değerlendirilmeli; mikro ölçekte detaylı ölçümler ve mühendislik analizleri ile uygun projeler hayata geçirilmelidir.

# Tanıtım

## 1.4. Hidroelektrik Enerji Potansiyeli

Muş ili, hidroelektrik enerji bakımından zengin bir potansiyele ve mevcut yatırımlara sahiptir. İlin sınırlarından doğan ve geçen en önemli akarsu, Fırat Nehri'nin kollarından biri olan Murat Nehri'dir. Murat Nehri ve yan kolları üzerinde inşa edilmiş baraj ve hidroelektrik santralleri, Muş'un bugünkü elektrik üretiminin bel kemiğini oluşturur. Hidroelektrik potansiyel genellikle teknik olarak değerlendirildiğinde, Muş ve çevresinin (Murat havzası) Türkiye hidroelektrik potansiyelinin kayda değer bir bölümünü barındırdığı söylenebilir. Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından geçmişte yapılan etütler, Murat Nehri üzerinde bir dizi baraj yeri tespit etmiş ve bunların bir kısmı hayata geçirilmiştir.

Muş'taki en büyük hidroelektrik tesis, Alpaslan II Barajı ve HES olup 280 MW kurulu gücüyle 2020'lerin başında devreye alınmıştır. Alpaslan II, yıllık maksimum 862 GWh üretim kapasitesine sahiptir ve tam faaliyete geçtiğinde Muş ilinin enerji üretimini ciddi oranda artırmıştır. 2022 yılında 558 GWh, 2023 yılında 425 GWh üretim gerçekleştiren Alpaslan II, su rejimine bağlı olarak değişken üretim yapmaktadır. İlin ikinci büyük barajı olan Alpaslan I HES (160 MW) ise 2011 yılından beri işletmededir ve ortalama yıllık ~352,7 GWh elektrik üretmektedir. Bu iki baraj, Murat Nehri üzerinde peş peşe (kaskad) konumlanmış olup Muş sınırları içerisindeki hidroelektrik potansiyelin büyük bölümünü değerlendirir. Bunun yanı sıra ilin değişik akarsuları üzerinde birkaç küçük ölçekli regülatör ve HES mevcuttur: Muş Doğan Regülatörü ve HES (7,8 MW), Kamer HES (3,75 MW), Malazgirt HES (1,22 MW) ve Varto Sönmez HES (0,29 MW) bunlardan bazılarıdır. Bu küçük tesisler toplamda yaklaşık 13 MW ek kurulu güç sağlayarak yılda birkaç düzine GWh üretim yapmaktadır. Genel olarak, Muş ilinin teknik hidroelektrik potansiyelinin büyük bir kısmı bu mevcut projeler ile kullanıma alınmıştır.

Mevcut barajlar dışında, DSİ ve özel sektör tarafından planlanan birkaç küçük hidroelektrik projesi daha bulunmaktadır. EPDK verilerine göre Muş'ta yapımı planlanan HES projeleri şunlardır: Yonca HES (19 MW), Ak HES (18 MW) ve Kaynarca Regülatörü ve HES (12 MW) enerjileridir. Bu projeler tamamlandığında, ilave ~49 MW hidroelektrik kapasite eklenecektir. Özellikle Yonca HES ve Ak HES projeleri, Murat Nehri'nin kolları veya benzeri su kaynakları üzerinde düşünülmektedir ve bölgede yerel sulama ve taşkın kontrolü gibi faydalar da sağlayabilir. Bu tip projeler, nispeten küçük düşümler ve akışlara sahip olduğundan, yıllık üretimleri birkaç on GWh seviyesinde olacaktır. Örneğin 19 MW'lık Yonca HES'in yılda ~50-60 GWh üretim yapması beklenebilir. Muş il özelinde büyük ölçekli yeni bir baraj projesi ufukta gözükmemektedir; zira Murat Nehri üzerindeki büyük baraj yatırımları (Alpaslanlar) tamamlanmıştır. Ancak mevcut barajların aşağı havza etkileri, regülatörler ve nehir tipi küçük HES'ler ile değerlendirilmeye devam edilecektir.

# Tanıtım

## 1.4. Hidroelektrik Enerji Potansiyeli

Hidroelektrik santraller, değişken mevsimsel akışlara bağlı olarak yıl içinde farklı üretim profilleri sergiler. Muşta kar erimesinin başladığı ilkbahar aylarında (Nisan-Mayıs) nehir debileri yükselir ve hidroelektrik üretimi en yüksek seviyelere ulaşır. Yaz ortasından itibaren yağışların azalması ve sulama çekişleriyle debiler düşerken, sonbahar düşük akımlı dönemdir. Kışın ise akarsuların bir kısmı buzlanma ve kar birikimi nedeniyle akış sağlayamaz hale gelebilir, ancak baraj göllerinde depolanan su, baz yük üretimi için kullanılmaya devam edilir. Alpaslan 2 Barajı gibi depolamalı HES'ler, suyu çok yıllı depolama yapabildiklerinden kuraklık yıllarında dahi belli bir üretim sürdürebilirler. Nitekim 2021-2022 döneminde Güneydoğu Anadolu'da yaşanan kuraklık, Fırat-Dicle havzasındaki hidroelektrik üretimini olumsuz etkilemiştienerjiatlası.com. Muşta da benzer şekilde uzun süreli bir kuraklık, barajların üretimini sınırlayabilir. Bu nedenle hidroelektrik üretim, iklim değişikliğiyle artan meteorolojik risklere açıktır. Öte yandan anlık talebe cevap verebilme (çok kısa sürede devreye girip çıkabilme) esnekliği sayesinde HES'ler, şebeke işletiminde çok değerlidir. Muştaki HES'ler de bölgesel elektrik arz güvenliğine katkı sunmakta; örneğin Doğu Anadolu'da talebin zirve yaptığı akşam saatlerinde barajlı santraller üretimi artırarak şebekeyi dengelemektedir.

Hidroelektrik yatırımları büyük sermaye gerektiren, ancak ömür boyu işletme maliyeti düşük ve uzun vadede getirisi yüksek projelerdir. Alpaslan 2 gibi büyük bir baraj yatırımının maliyeti yüz milyonlarca dolar mertebesindedir ve geri dönüş süresi genellikle 10 yılın üzerindedir. Ancak işletme süresi 50-100 yıl gibi uzun dönemleri bulabildiğinden, nesiller boyu ekonomik fayda sağlarlar. Muştaki küçük HES projelerinin yatırım maliyeti ise 1,5-2 milyon \$/MW civarında tahmin edilebilir. Örneğin 20 MW'lık bir nehir tipi HES (düşük rezervuarlı), yaklaşık 30-35 milyon dolara malolup yıllık 50 GWh üretimle 5 milyon \$ gelir getirebilir; bu da yaklaşık 7-8 yılda geri ödeme anlamına gelir. Türkiye'de hidroelektrik üretime uygulanan teşvik mekanizmaları (eski YEKDEM'de 7,3 cent/kWh alım garantisi gibi) bu tip projelerin finansmanını kolaylaştırmıştır. Yeni dönemde ise HES'ler için TL bazlı tarife (~40 kr/kWh) öngörülmektedir. Bunun yanında, hidroelektrik santraller karbon sertifikası (karbon kredisi) elde ederek bunları satarak ek gelir de yaratabilirler. Alpaslan 1 ve 2 HES gibi büyük projeler, aynı zamanda sulama, taşkın kontrolü ve balıkçılık gibi yan faydalar da sağladığından, ekonomik katkıları salt elektrik satışı ile sınırlı değildir.

Hidroelektrik projeler çevresel açıdan yenilenebilir ve temiz enerji kaynağı kabul edilse de, baraj inşaatları büyük arazi değişimleri yaratır. Muşta Alpaslan barajları yapılırken bazı köylerin yer değiştirmesi, tarım arazilerinin su altında kalması gibi sosyal etkiler yaşanmıştır. Ancak bu projeler için Devlet tarafından kamulaştırma ve yeniden yerleşim programları uygulanmıştır. Mevcut ve planlanan HES'lerin çevresel etkileri ÇED (Çevresel Etki Değerlendirmesi) süreçleriyle incelenmiş, ekosistem üzerindeki etkileri minimize edilmeye çalışılmıştır. Örneğin, baraj göllerinde balıklandırma yapılması, akarsu aşağısına can suyu bırakılması gibi uygulamalar devrededir. Yeni planlanan Yonca, Ak, Kaynarca gibi projeler de benzer şekilde yerel ekosistem ve tarımsal kullanımlar gözetilerek geliştirilecektir.

Hidroelektrik, Muş ilinin hali hazırda en önemli enerji kaynağı durumundadır ve kurulu gücün ~%94'ünü oluşturmaktadır. İlin elektrik üretiminde dışa bağımlılığını ortadan kaldırmış olması hidroelektrik sayesinde. Bundan sonraki dönemde, hidroelektrikte büyük artışlar beklenmemekle birlikte mevcut tesislerin verimli işletilmesi, rehabilitasyonu ve küçük potansiyellerin değerlendirilmesi söz konusu olacaktır. Muş, hidroelektrikte elde ettiği bu avantajı diğer yenilenebilir kaynaklarla destekleyerek sürdürülebilir bir enerji karmasına sahip olabilir. Özellikle güneş ve rüzgâr yatırımlarının devreye girmesiyle, yağışa bağlı riskleri diğer kaynaklarla dengelemek mümkün olacaktır. Sonuç olarak hidroelektrik, Muş'un enerji stratejisinde güvenilir bir temel yük kaynağı olarak varlığını sürdürecektir; yeni yatırım potansiyeli sınırlı olsa da mevcut kapasite uzun yıllar boyunca ekonomik elektrik üretmeye devam edecektir.

# Tanıtım

## 1.5. Biyokütle Enerjisi Potansiyeli

Muş ilinde biyokütle enerjisi potansiyeli, ilin tarım ve hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan organik atıklara dayanmaktadır. Muş ekonomisi ağırlıklı olarak tarım ve hayvancılığa dayanır; kırsal nüfus, geçimini büyük ölçüde tarımsal üretim ve hayvan yetiştiriciliği ile sağlamaktadır. Bu durum, biyokütle enerjisi için hammadde olabilecek önemli miktarda organik artık anlamına gelir. İlde yetiştirilen başlıca tarımsal ürünler arasında buğday ve şekerpancarı öne çıkar. Buğday hasadı sonrası ortaya çıkan anız ve saman, enerji üretimi için potansiyel bir biyokütledir. Yine Muş'ta önemli miktarda şeker pancarı tarımı yapıldığı ve ilde bir şeker fabrikası bulunduğu düşünülürse, pancar posası ve fabrikadan çıkan organik artıklar da biyogaz veya biyokütle yakıtı olarak değerlendirilebilir. Nitekim Muş Şeker Fabrikası bünyesindeki elektrik üretim tesisi, pancar işleme sürecindeki yan ürünleri ve muhtemelen diğer yakıtları kullanarak ısı ve elektrik sağlamaktadır. [enerjiatlası.com](http://enerjiatlası.com). Bu, ilde endüstriyel biyokütle kullanımına bir örnek teşkil etmektedir.

Muş, Doğu Anadolu Bölgesi'nde büyükbaş hayvan varlığı açısından hatırı sayılır illerden biridir. Resmi verilere göre ilin büyükbaş hayvan sayısı onbinlerce seviyesindedir (kesin rakamlar yıllara göre değişmekle birlikte; 2020 yılı civarında Muş'ta yaklaşık 100 binin üzerinde büyükbaş, 200 bin civarı küçükbaş hayvan bulunduğu tahmin edilmektedir). Bu hayvanlardan kaynaklanan çiftlik gübresi, biyogaz üretimi için değerli bir hammaddedir. Biyogaz tesisleri, hayvan atıklarını oksijensiz ortamda fermente ederek metan gazı üretir ve bu gazı yakarak elektrik ve ısı enerjisi elde eder. Muş'ta henüz büyük ölçekli bir biyogaz tesisi bulunmamaktadır; ancak büyük çiftliklerin kurulmasıyla veya mevcut çiftliklerin kooperatifler altında birleşmesiyle biyogaz projeleri gerçekleştirilebilir. Örneğin, günde 50 ton büyükbaş gübresi işleyebilecek orta boy bir biyogaz tesisi (~1 MW elektrik üretim kapasiteli) Muş'ta yıllık ~8 GWh elektrik üretebilir. Bu tesis aynı zamanda çıkan fermantasyon ürününü organik gübre olarak tarıma geri verebilir. Bölgedeki ahır ve ağıl gübrelerinin toplanması ve enerjiye dönüştürülmesi hem çevre kirliliğini azaltacak hem de kırsal alanda yeni bir gelir kaynağı oluşturacaktır.

Muş Ovası'nda yetiştirilen tahılların hasadı sonrası ortaya çıkan bitkisel artıklar (sap, saman, kök vb.), doğrudan yakma veya peletleme yöntemiyle enerjiye dönüştürülebilir. Biyokütle yakma tesisi olarak küçük bir termik tesis kurulup bu atıklar yakılarak elektrik üretilebilir. Örneğin 10 MW termal güce sahip bir biyokütle tesisi, yöredeki tarımsal atıkları yakarak 2-3 MW elektrik üretebilir ve bu da yılda ~15-20 GWh üretim demektir. Ancak bu tip bir yatırımın sürdürülebilirliği, ham maddenin düzenli teminine bağlıdır. Muş'ta bitkisel atıkların toplanması lojistik açıdan planlanmalıdır. Hasat döneminde yoğun olarak bulunan saman vb. tüm yıl yakıt olarak kullanılmak üzere stoklanmalıdır. Bu da depolama alanı ve maliyet gerektirir. Dolayısıyla, Muş için bitkisel biyokütle en uygun biçimde pelet yakıt üretimi veya küçük ölçekli biyokütle kazanlarında ısı amaçlı kullanım şeklinde değerlendirilebilir. Özellikle köy okulları, hastaneler gibi merkezi ısıtma ihtiyacı olan binalarda fuel-oil veya kömür yerine saman peleti yakılması, yerel bir enerji döngüsü yaratabilir.

Muş kent merkezinin nüfusu ~100 bin dolayındadır. Bu büyüklükteki bir yerleşimin günlük çöp miktarı 100 ton civarında olabilir. Belediye atıkları düzenli depolama sahasına götürülmektedir. Bu sahada oluşan çöp gazı (landfill gas) metan açısından zengindir ve uygun bir gaz toplama sistemiyle enerjiye dönüştürülebilir. Muş için yapılacak bir proje ile çöplük gazından elektrik üreten 0.5-1 MW kapasiteli bir jenaratör kurulabilir. Bu sayede hem metan gibi sera gazlarının atmosfere salımı önlenir, hem de şehre ek bir yenilenebilir enerji kaynağı kazandırılır. Türkiye'de benzer nüfustaki birçok ilde çöp gazından enerji üretimi başarıyla uygulanmaktadır (örneğin Bitlis'te veya Erzincan'da küçük ölçekli çöpgazı tesisleri mevcuttur). Muş Belediyesi de benzer bir yatırıma gidebilir, üstelik bu tür projeler Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı fonlarından ve uluslararası iklim finansmanından hibe/düşük faizli kredi desteği alabilmektedir.

# Tanıtım

## 1.5. Biyokütle Enerjisi Potansiyeli

Biyokütle projelerinin fizibilitesi genellikle ölçeğe bağlıdır. Hayvan atıklarına dayalı bir biyogaz tesisinin yatırım maliyeti ~1,5-2 milyon \$/MW civarındadır ancak bu tesisler 7/24 çalışarak yüksek kapasite faktörüyle üretim yapabilir (>%80). Biyokütleden üretilen elektriğe devlet alım garantisi eski YEKDEM'de 13,3 cent/kWh gibi yüksek bir seviyede idi, yeni dönemde TL bazında daha mütevazı bir teşvik olsa da biyogaz ve biyokütle santralleri için teşvik tutarı güneş ve rüzgâra kıyasla daha yüksektir (biyokütle için ~55 kuruş/kWh bandında). Bu, biyokütle projelerinin ekonomik çekiciliğini artırmaktadır. Ayrıca, Bölgesel teşvik uygulamasında Muş ilinde yapılacak biyogaz/biyokütle yatırımları da 6. Bölge desteklerinden yararlanabilecektir. Bu kapsamda yatırımın büyük kısmı için vergi indirimi ve sigorta primi desteği alınabilir. Biyokütle projeleri, aynı zamanda atık yönetimi problemi çözdüğü için yerel yönetimler ve kamu tarafından da olumlu karşılanmakta, lisans/onay süreçleri nispeten hızlı ilerleyebilmektedir.

Muş ilinde biyokütle enerjisi, diğer yenilenebilir kaynaklara göre henüz bakir bir alandır ancak yerel kalkınmayı destekleyici önemli bir potansiyele sahiptir. Özellikle hayvancılığın yoğun olduğu köylerde kurulacak biyogaz tesisleri, kırsal ekonomiye katkı sağlarken gübre yönetimini iyileştirecektir. Tarım atıklarının enerjiye dönüştürülmesi, ithal kömür veya doğalgaza ödenen bedelin azalması anlamına gelir. Örneğin Muş Şeker Fabrikası kendi atıklarından enerji üreterek dışa bağımlılığını azaltmıştır; benzer şekilde yerel girişimlerle küçük ölçekli biyokütle tesisleri çoğaltılabilir. Biyokütle enerjisinin kesintisiz üretim yapabilme özelliği, güneş ve rüzgârın dalgalı üretimini dengelemeye yardımcı olabilir. Gece-gündüz veya yaz-kış fark etmeksizin sürekli çalışabilen bir biyogaz santrali, şebekeye baz yük desteği verebilir. Sonuç olarak, Muş'un yenilenebilir enerji portföyüne biyokütle kaynaklarının da eklenmesi, bütüncül bir enerji sürdürülebilirliği açısından önerilmektedir. Bu kapsamda yatırımcılar için hayvansal atıklardan biyogaz üretimi, belediye atıklarından enerji veya tarımsal atıklardan pelet yakıtı üretimi gibi alanlar fizibilitesi yüksek seçenekler olarak öne çıkmaktadır.

Bu bölümde, Muş ilinde yenilenebilir enerji yatırımlarının tahmini maliyetleri, işletme giderleri, enerji üretim gelirleri ve geri dönüş süreleri kaynak bazında özetlenmektedir. Her bir yenilenebilir enerji türü için yukarıda kısmen değinilen finansal analizler burada derlenerek sunulmuştur. Amaç, yatırımcıların Muş özelindeki projelerin ekonomik performansını daha net görebilmeleridir.

-Güneş Enerjisi (GES): Muş'ta 1 MW'lık bir güneş santrali yatırımının maliyeti yaklaşık 10-12 milyon TL (2025 fiyatlarıyla, ~650-800 bin USD) düzeyindedir. Bu tutara arazi, panel, inverter, montaj ve trafo bağlantı giderleri dahildir. Yıllık üretim ~1.400 MWh varsayımıyla, toptan elektrik fiyatının 2,5 TL/kWh olması halinde yıllık brüt gelir ~3,5 milyon TL olacaktır. Yıllık işletme-bakım giderleri (temizlik, invertör bakımı, güvenlik vb.) genelde yatırımın %1'i civarında, yani ~100-150 bin TL düzeyindedir. Dolayısıyla net yıllık nakit akışı 3,35 milyon TL varsayılabilir. Bu durumda, geri ödeme süresi yaklaşık 3-4 yıl gibi oldukça kısa bir süre olabilir. Elbette elektrik fiyatı, döviz kuru ve kapasite faktörü varsayımlarındaki değişiklikler bu süreyi etkiler. Örneğin fiyat düşerse veya üretim beklenenden %10 düşük olursa, geri dönüş ~4-5 yıla çıkabilir. Ancak genel olarak güneş projeleri, düşük finansman maliyetiyle birlikte değerlendirildiğinde Muş'ta 5 yılın altında geri dönüş vadedebilen kârlı yatırımlardır. Ayrıca Muş 6. Bölge teşvikleri kapsamında olduğu için, KDV ve vergi avantajları da yatırım tutarını efektif olarak düşürerek geri dönüşü hızlandırır. GES projeleri modüler yapıda olduğundan, yatırımcılar aşamalı olarak kapasite artırıp gelirleri yeniden yatırıma yönlendirerek ölçeği büyütebilirler.

# Tanıtım

## 1.5. Biyokütle Enerjisi Potansiyeli

-Rüzgâr Enerjisi (RES): Muş'taki planlanan rüzgâr projelerinden yola çıkarak, 1 MW rüzgâr kurulu gücün maliyeti ~20-22 milyon TL (2025, ~1-1.2 milyon USD) olarak alınabilir. 1 MW'lık türbin yıllık 2.600-3.000 MWh üretim yapacak (kapasite faktörü %30-35 bandında) olursa, 2,5 TL/kWh birim fiyatla yıllık gelir ~6,5-7,5 milyon TL olacaktır. İşletme ve bakım giderleri rüzgârda nispeten yüksektir (ciro'nun %2-3'ü, mekanik bakım, servis anlaşmaları vb. nedeniyle); örneğin 1 MW için yılda ~150-200 bin TL O&M maliyeti olabilir. Bu durumda net nakit akışı ~6,3 milyon TL seviyesinde kalır. Yatırımın geri dönüşü ~ 3,5 yıl gibi gözüktüğü de, burada kritik olan kapasite faktörünün gerçekten yakalanmasıdır. Eğer rüzgâr beklenenden düşük eserse (%25 kapasite faktörü varsaysak), yıllık üretim ~2.200 MWh olur ve gelir ~5,5 milyon TL'ye düşer, giderler aynı kalırsa net ~5,3 milyon TL nakit kalır. Bu durumda geri dönüş ~4 yılın üzerine çıkar. Rüzgâr projeleri genelde 8-10 yıl arası geri dönüş süreleriyle planlanır çünkü ilk yatırım büyüktür ve rüzgâr belirsizliği vardır. Muş için de gerçekçi olarak ~8 yıl civarı bir geri dönüş beklentisi makuldür. Ancak teşviklerden yararlanma (ör. ilk 10 yıl alım garantisine döviz bazlı gelir elde etme) bu süreyi kısaltabilir. Finansman yapısı (öz kaynak/kredi oranı, faiz) da büyük etken olacaktır. Özellikle 6. Bölge teşvikleriyle kurumlar vergisi muafiyetinin olması, projenin net kâr marjını yükselteceği için fiili geri dönüş süresini belki bir yıl kadar kısaltabilir.

-Hidroelektrik (HES): Hidroelektrik projelerde geri dönüş süresi diğer kaynaklara göre daha uzundur. Muş'taki küçük HES projeleri (~20 MW) için birim maliyet ~30 milyon TL/MW (1,5 milyon USD/MW) civarında olabilir (baraj veya regülatör, tünel, cebri boru vs. inşaat maliyetleri dahil). 1 MW HES yılda 4.000-5.000 MWh üretebilmektedir (su kaynaklarına göre %45-60 kapasite faktörü). Bu da 2,5 TL/kWh fiyatla yıllık 10-12,5 milyon TL gelir demektir ki rakamsal olarak diğer kaynaklardan yüksektir. Ancak HES'in işletme giderleri düşük olsa da (ciro'nun %1'i gibi) yatırım tutarı çok yüksektir. Örneğin 20 MW'lık bir HES 600 milyon TL'ye malolup yılda 200 milyon TL gelir getirirse bile, geri dönüş süresi ~3 yıldır – ki bu hesaba inşaat dönemini ve finansman faizlerini eklediğimizde gerçek geri ödeme ~10 yıla uzar. Büyük barajlarda ise bu süre 15-20 yılları bulabilmektedir. Alpaslan 2 gibi dev bir projenin ancak 15 yıl civarında kendini amorti edeceği öngörülür (devlet alım garantileri ve kapasite desteğiyle birlikte). Bununla birlikte, hidroelektrik tesisler 40-50 yıl boyunca ciddi yenileme yatırımı gerektirmeden işletilebildiğinden, uzun vadede yüksek kârlılık sunarlar. İlk yatırım süreci sabır ve sermaye gerektirir, ancak sonrasında neredeyse bedava yakıtla çalışan bir enerji kaynağı mevcuttur. Muş'taki mevcut HES'ler devlet destekli projeler olduğu için geri dönüş süresi ikincil planda tutulmuş; bölge kalkınması ve stratejik hedefler önceliklendirilmiştir. Özel sektör açısından bakıldığında, küçük HES projeleri eğer teşvik alırsa 8-12 yıl arası, teşviksiz 12-15 yıl arası geri dönüş süreleriyle gerçekleştirilebilir. Yüksek faiz ortamında bu süreler uzun görülse de, HES projeleri için uzun vadeli düşük faizli kredi imkanı (ör. uluslararası kalkınma bankaları kaynaklı) bulunabildiğinden finansman modeliyle dengeleme yapılır.

# Tanıtım

## 1.5. Biyokütle Enerjisi Potansiyeli

-Biyokütle/Biyogaz: Biyokütle projelerinde ölçek küçüldükçe birim maliyet artar. 1 MW'lık bir biyogaz tesisi ~25 milyon TL'ye malolabilir ancak kapasite faktörü %80-90 olduğundan yılda ~7 milyon TL üzerinde gelir getirebilir. Örneğin 1 MW biyogaz santrali (hayvan atıklarından) yılda 8 milyon kWh üretilip 2,5 TL birim fiyatla 20 milyon TL ciro yapabilir. Bu gelirden besi işletmelerine hammadde bedeli veya nakliye gibi giderler düşülebilir; diyelim net 18 milyon TL kalsın. İşletme giderleri (personel, bakım, enzim vs.) yılda ~3-4 milyon TL olabilir, net kazanç ~14-15 milyon TL olur. Bu durumda yatırım ~1,7 yılda bile kendini amorti edebilir, ki bu çok çekici bir süredir. Tabii bu senaryoda atığın bedelsiz alındığı ve yüksek alım garantisi olduğu varsayılmıştır. Mevcut durumda biyogaz elektriğine uygulanan teşvik ~32 kr/kWh olduğundan, piyasa fiyatına ek olarak gelir elde etmek mümkündür. Döviz bazlı eski teşvik olsaydı (13,3 cent/kWh ~ 3 TL/kWh) bu hesap daha da çarpıcı olabilirdi. Bitkisel atıklara dayalı direkt yakma tesisleri ise genelde daha büyük (5-10 MW) ölçeklerde kurulur ve yatırımın geri dönüşü yakıt tedarikine bağlıdır. Eğer atık bedava veya çok ucuza temin ediliyorsa kârlıdır, fakat çoğu zaman yakıt için çiftçiye ödeme yapmak gerekir (saman balyası vb. satın almak gibi). Bu durumda kâr marjı düşer ve geri dönüş 5-6 yıla uzayabilir. Yine de, biyokütle projeleri atık yönetimi desteği de alabildiğinden (belediyeler veya AB hibeleri yoluyla) efektif maliyet azaltılabilir. Muş özelinde, bir hayvan çiftlikleri biyogaz kooperatifi projesi düşünülürse, devletin %50 hibe verdiği kırsal kalkınma programları kullanılabilir. Bu da yatırımcının koyduğu sermayeyi yarıya düşüreceği için geri dönüş süresini yarıya indirir. Genel itibarıyla, biyokütle projeleri 3-6 yıl bandında geri dönüş süreleri yakalayabilir ve ekolojik faydaları nedeniyle uzun vadede desteklenmesi muhtemel yatırımlardır.

Yukarıdaki özet tablo bize, Muş'ta yenilenebilir enerji yatırımlarının finansal açıdan büyük ölçüde fizibil olduğunu göstermektedir. Güneş ve biyogaz projeleri en kısa geri dönüş sürelerine sahipken, rüzgâr orta vadeli, hidroelektrik ise uzun vadeli yatırım kategorisindedir. Yatırımcılar, portföylerinde bu kaynakları dengeleyerek hem hızlı nakit akışı sağlayan hem de kalıcı değer yaratan varlıklara sahip olabilirler. Örneğin, hidroelektrik gibi 40 yıl boyunca üretim yapacak bir varlığın yanına 4 yılda kendini amorti eden bir güneş santrali eklemek, finansal açıdan dengeleyici bir strateji olabilir. Muş ilinin 6. Bölge teşvik avantajı, tüm bu yatırımların maliyetini aşağı çekmekte ve kârlılıklarını artırmaktadır. Ayrıca yenilenebilir enerjide düşen teknoloji maliyetleri ve artan verimlilikler, gelecek yıllarda yatırımların daha da ucuzlayacağı ve cazibenin artacağı anlamına gelir. Sonuç olarak, Muş'ta yenilenebilir enerji projeleri hem bölgesel ihtiyaçları karşılayacak hem de yatırımcıya tatmin edici getiri sağlayacak yapıda şekillenebilmektedir.

# Tanıtım

## 1. RİSKLER VE ZORLUKLAR

Her ne kadar yenilenebilir enerji yatırımları çevre ve ekonomi açısından olumlu imkanlar sunsa da, Muş ilindeki projelerin başarısını etkileyebilecek çeşitli riskler ve zorluklar bulunmaktadır. Bu bölümde kaynak bazında ve genel olarak bu riskler ele alınmakta, yatırımcıların dikkat etmesi gereken noktalar vurgulanmaktadır:

·İklimsel Riskler: Muş'un karasal iklimi, özellikle hidroelektrik ve güneş projelerini farklı şekillerde etkileyebilir. Kuraklık dönemleri hidroelektrik üretimde belirgin düşümlere yol açar; örneğin bölge genelinde yaşanabilecek birkaç yıllık yağış azlığı, barajların üretimini ciddi oranda kısıtlayabilir. [enerjiatlası.com](http://enerjiatlası.com). Uzun dönemli iklim değişikliği projeksiyonları Doğu Anadolu'da yağış rejiminde düzensizlikler öngördüğünden, hidroelektrik yatırımcıları için su temini riski bulunmaktadır. Güneş enerjisi tarafında ise yoğun kış şartları risk unsuru olabilir: Kışın panellerin karla kaplanması üretimi geçici olarak durdurabilir ve düzenli temizleme ihtiyacı doğurur. Ayrıca yılın yarısında güneşlenmenin %50'nin altında olduğu bir iklim, kış aylarında beklenenden düşük üretim riski taşır. [bingol.edu.tr](http://bingol.edu.tr). Rüzgâr enerjisi için en büyük iklimsel risk, rüzgâr rejiminin beklenen seviyenin altında kalmasıdır; ölçüm verilerinin üzerine çıkacak uzun süreli meteorolojik anomaliler (örn. genel rüzgâr durgunluğu) üretimi etkileyebilir. Biyokütle projeleri iklimsel risklerden nispeten az etkilenir ancak kuraklık tarımsal üretimi düşürüp biyokütle hammadde miktarını azaltabilir.

·Teknik ve Altyapısal Riskler: Muş, deprem kuşağında yer alan bir ildir. Özellikle baraj ve HES yapıları için sismik risk önem taşır. Barajların depreme dayanıklı inşa edilmesi esastır; büyük depremler sonrasında gövde ve tesisatlar detaylı kontrol gerektirir. Güneş ve rüzgâr santralleri de depremden etkilenebilir; panel taşıyıcı yapılar ve türbin kuleleri için sismik tasarım standartlarına uyulmalıdır. Bir diğer teknik risk, şebeke altyapısı ile ilgilidir: Eğer Muş'taki üretim kapasitesi tüketimi çok aşarsa, iletim hatlarında kapasite sıkışıklığı yaşanabilir. Yüksek üretim zamanlarında enerji iletiminde kısıtlar oluşması (trafo merkezinin yetersiz kalması gibi) durumunda bazı santraller üretim kısıntısına uğrayabilir. Bunu önlemek için TEİAŞ ile koordineli şekilde iletim altyapısına yatırımlar gerekecektir. Rüzgâr ve güneş santrallerinin şebekeye entegrasyonunda reaktif güç kontrolü ve gerilim regülasyonu gibi teknik konular da proje tasarımında hesaba katılmalıdır. Biyogaz tesislerinde ise sürekli tedarik ve mekanik aksamın sürekliliği riski vardır; motor arızaları veya atık tedarik zincirindeki aksamalar üretimi durdurabilir.

·Finansal ve Piyasa Riskleri: Yenilenebilir enerji projelerinin gelirleri büyük oranda elektrik fiyatına bağlıdır. Türkiye elektrik piyasasında fiyatlar döviz kuru, yakıt maliyetleri ve talebe göre dalgalanabilmektedir. Örneğin, YEKDEM mekanizmasında döviz bazlı fiyat dönemi bittiğinden, yeni projeler TL bazlı gelire maruz kalacak ve enflasyon/kur riskini taşımaktadır. Yüksek enflasyon ortamında sabit TL tarifesi gelirleri erozyona uğratabilir. Bu nedenle yatırımcılar için döviz kuru riski ve enflasyon riski önemli hale gelir. Finansman tarafında faiz oranlarının yüksek olması, özellikle uzun geri dönüşlü hidroelektrik projelerin fizibilitesini zorlaştırabilir. Projelerin önemli kısmı kredi ile finanse edildiğinden, kredi faizindeki birkaç puanlık artış bile nakit akışında büyük fark yaratır. Döviz cinsi borçlanmış projelerde ise TL gelir – döviz borç makası iyi yönetilmelidir. Piyasa risklerinden bir diğeri, düzenleyici risklerdir: Enerji piyasası mevzuatı zamanla değişebilir (örneğin teşvik miktarlarının revize edilmesi, vergi veya katkı payı getirilmesi vb.). Yatırımcılar için öngörülebilirlik esastır; ancak geçmişte YEKDEM başvuru sürelerinin uzatılmaması gibi durumlar bazı projelerin beklenen teşviği alamamasına yol açmıştır. Bu açıdan, yatırım kararları verilirken güncel mevzuat iyi analiz edilmeli, mümkünse teşvik haklarından yararlanmak için takvim dikkatle takip edilmelidir.

# Tanıtım

## 1. RİSKLER VE ZORLUKLAR

-Lojistik ve İnşaat Zorlukları: Özellikle büyük ekipman gerektiren rüzgâr ve hidroelektrik projelerinde Muş'un coğrafi koşulları inşaat sürecini zorlaştırabilir. Dağlık arazilere yol yapımı, ağır ekipman taşınması, kışın çalışma güclüğü gibi etkenler proje takvimini uzatabilir ve maliyeti artırabilir. Örneğin, bir rüzgâr türbininin kanatlarının Muş'a kadar taşınması sırasında dar dağ yollarında zorluk yaşanması muhtemeldir. Bu tip riskler, deneyimli mühendislik ve lojistik planlamasıyla aşılabılır, ancak bütçe ve süre üzerinde olumsuz etkisi olabilir. Ayrıca yerel tedarik ve işgücü temininde aksaklıklar yaşanabilir; bölgedeki nitelikli iş gücü kısıtlı olduğundan dışarıdan uzman getirmek gerekebilir, bu da giderleri artırır.

-Çevresel ve Sosyal Etkiler: Yenilenebilir enerji projeleri genel olarak çevre dostu olmakla birlikte, yerel düzeyde bazı itirazlar veya sorunlar doğurabilir. Hidroelektrik barajlarda yerel halkın yer değiştirmesi, su kullanım hakkı anlaşmazlıkları gibi sosyal konular gündeme gelebilir. Güneş santralleri geniş alan kapladığında arazi kullanım değişikliği ve toz oluşumu gibi etkiler yaratabilir. Rüzgâr türbinleri için zaman zaman kuş göç yolları, gürültü veya görsel etki konularında endişeler dile getirilebilir. Biyogaz tesisleri ise kötü koku yayabileceği için yerleşim yerlerine yakın olmamalıdır. Bu konular, proje geliştirme aşamasında ÇED raporlarında incelenmekte ve gerekli önlemler (örneğin türbinler için kuş sensörleri, gürültü bariyerleri; biyogaz tesisinde koku giderim sistemleri vb.) alınmaktadır. Yine de, toplumsal kabulü sağlamak için yerel halkla iletişim ve fayda paylaşımı önemlidir. Örneğin, projelerde yerel halka istihdam sağlamak, sosyal sorumluluk projeleri yürütmek, yöreye elektrik veya altyapı desteği sunmak gibi adımlar atılarak olası sosyal riskler minimize edilmelidir.

-İdari ve Lisanslama Riskleri: Enerji projelerinin hayata geçmesi uzun bir izin ve onay sürecini gerektirir. Lisanslama, imar onayı, çevre izni, kamulaştırma gibi süreçlerde gecikmeler yaşanabilir. Özellikle kamu kurumlarıyla koordinasyon gerektiren baraj projelerinde kamulaştırma riskleri (hak sahipleriyle uzlaşma, dava süreçleri) önemli bir gündem olabilir. Güneş ve rüzgâr projelerinde TEİAŞ'ın kapasite tahsisi ve bağlantı görüşü kritik adımlardır; eğer şebeke kapasitesi yetersiz görülürse proje izin alamayabilir. Biyokütle projelerinde de atık tedariki için çiftçilerle veya belediyeye anlaşma sağlanması, bunların sürekliliği gibi konular idari risk teşkil eder. Bu riskleri en aza indirmek için, deneyimli yerel ortaklarla çalışmak, kamu kurumlarıyla şeffaf ve sürekli iletişimde olmak, izin süreçlerini uzman danışmanlarla yürütmek tavsiye edilir.

Yatırımcılar için Muş'taki yenilenebilir enerji projelerinde riskleri yönetmenin bazı yolları şunlardır:

1. Çeşitlendirme: Tek bir kaynağa veya projeye büyük yatırım yapmak yerine farklı kaynaklara dağıtarak risk dengelemesi yapılabilir. Örneğin hem hidroelektrik hem güneş yatırımlarına sahip olmak, kuraklık ve güneşlenme risklerini dengeler.

2. Sigorta: Doğal afetler (deprem, sel), makine kırılması, gelir kaybı gibi durumlar için sigorta poliçeleri yaptırılabilir. Özellikle hidroelektrik barajlar için kapsamlı sigorta önemlidir.

3. Uzun vadeli satış anlaşmaları: Serbest piyasadaki fiyat oynaklığını azaltmak için organize toptan satış piyasasında uzun dönemli elektrik satış kontratları (PPA) yapılabilir. Örneğin bir sanayi kuruluşuyla 10 yıllık TL bazlı fiyat anlaşması, gelir belirsizliğini ortadan kaldırır.

4. Yerli halkla işbirliği: Projelerin sosyal kabulünü artırmak adına yerel paydaşlarla (köy muhtarları, belediyeler, çiftçi birlikleri vb.) baştan işbirliği yapılmalı, proje faydaları anlatılmalıdır.

5. Teknik yedekleme: Özellikle rüzgâr ve biyogaz tesisleri için kritik yedek ekipman ve uzaktan izleme sistemleri bulundurulurarak arıza duruş süreleri minimize edilmelidir.

6. Güncel kalma: Mevzuat ve teşviklerdeki değişimleri yakından izleyerek yatırım planlarını dinamik tutmak gerekir. Örneğin yeni açıklanacak bir kapasite tahsis programına (YEKA ihaleleri gibi) hazırlıklı olmak, avantaj sağlayabilir.

# Tanıtım

## 1. RİSKLER VE ZORLUKLAR

Özetle, Muş ilindeki yenilenebilir enerji yatırımlarında riskler tamamen yönetilemez olmamakla birlikte çeşitlidir. Doğru planlama, teknik analiz ve paydaş yönetimi ile bu risklerin büyük kısmı azaltılabilir veya tolere edilebilir seviyelere çekilebilir. Unutulmamalıdır ki enerji yatırımları uzun vadeli girişimlerdir ve başlangıçta yapılan iyi fizibilite çalışmaları ile projenin ömrü boyunca karşılaşılabileceği sorunlar büyük ölçüde öngörülebilir. Bu raporda belirtilen risk unsurları da yatırım kararlarının şekillendirilmesinde dikkate alınmalı, gerektiğinde uzman danışmanlık hizmetleriyle daha detaylı risk analizleri gerçekleştirilmelidir.

# Tanıtım

## 1. TEŞVİKLER VE DESTEK MEKANİZMALARI

Türkiye'de yenilenebilir enerji yatırımlarını özendirmek ve hızlandırmak amacıyla çeşitli teşvik ve destek mekanizmaları yürürlükte. Muş ili, hem genel yenilenebilir enerji teşviklerinden faydalanmakta hem de bölgesel kalkınma teşvikleri kapsamında ek avantajlar elde etmektedir. Bu bölümde, yatırımcıların Muş'taki projeleri için yararlanabilecekleri başlıca teşvik unsurları özetlenmiştir:

-Bölgesel Yatırım Teşvikleri (6. Bölge): Muş ili, Kalkınma Planlarında en yüksek teşvik bölgesi olan 6. Bölge kapsamındadır. Bu kapsamda Muş'ta gerçekleştirilecek enerji yatırımları, belirli şartları sağlamaları halinde şu desteklerden yararlanır:

o KDV İstisnası: Yatırımın gerçekleştirilmesi sırasında alınan makine-ekipman için Katma Değer Vergisi ödenmez.

o Gümrük Vergisi Muafiyeti: Yurt dışından ithal edilecek ekipmanlar için gümrük vergisi muafiyeti uygulanır.

o Vergi İndirimi: Yatırıma katkı oranı ve vergi indirim oranı en yüksek seviyededir (6. Bölge'de yatırıma katkı oranı %50 ila %55, kurumlar vergisi indirim oranı %90'lara varabilir). Bu sayede işletme karından ödenmesi gereken verginin büyük kısmı alınmaz, yatırım tutarının yarısına yakını vergiden muaf kazançla geri kazanılabilir.

o Sigorta Primi (İşveren) Desteği: Yatırım sonrası işletmede çalışacak personel için işverenin ödeyeceği SGK primi, 10 yıla kadar devlet tarafından karşılanır (6. Bölge'de üst limit olmaksızın).

o Gelir Vergisi Stopaj Desteği: Bölgede istihdam edilen personelin gelir vergisi stopajı 10 yıl boyunca alınmaz (sadece 6. Bölge'ye özgü bir destektir).

o Faiz Desteği: Kullanılacak yatırım kredisinin faizinin bir kısmı hazine tarafından karşılanır (TL kredilerde yıllık 7 puana kadar, döviz kredilerde 2 puana kadar indirim). 6. Bölge'de bu destekten faydalanma imkanı yüksektir.

o Yatırım Yeri Tahsisi: Uygun görülen durumlarda kamu arazileri yatırımcıya tahsis edilebilir veya düşük bedelle kiralanabilir.

Bu teşvikler, Muş gibi yatırım maliyetlerinin görece yüksek olduğu bir ilde projelerin ekonomik fizibilitesine büyük katkı sağlar. Örneğin, 100 milyon TL'lik bir güneş enerjisi yatırımının 6. Bölge teşvikleriyle 50 milyon TL'lik kısmı vergi indirimleri ve sigorta desteği yoluyla yatırımcıya dönebilir. Bu da öz kaynak ihtiyacını ve finansman maliyetlerini azaltır.

Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM): Türkiye, yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriğe devlet alım garantisi veren YEKDEM'i 2011-2020 arasında başarıyla uygulamıştır. Muş ilindeki mevcut HES'lerin ve lisanssız GES'lerin bir kısmı bu mekanizmadan yararlanmıştır. 2020 sonuna dek devreye giren projeler için 10 yıl süreyle sabit döviz bazlı tarifeler ödenmiştir (HES: 7,3 ¢cent/kWh, RES: 7,3 ¢cent, GES: 13,3 ¢cent, biyogaz: 13,3 ¢cent, vb.). Örneğin Alpaslan 1 HES devreye girdiği dönemde YEKDEM'e dahil edilmiş ve ürettiği elektriği uzun süre 7,3 cent üzerinden satmıştır. Bu tür destekler sayesinde yatırımcı belirsiz piyasa fiyatlarına maruz kalmadan öngörülebilir gelir elde etmiştir. 2021 itibarıyla YEKDEM yenilenerek TL bazlı olarak sürmektedir. 1 Temmuz 2021 – 31 Aralık 2025

# Tanıtım

## 1. TEŞVİKLER VE DESTEK MEKANİZMALARI

·arasında işletmeye girecek projeler için 10 yıl süreyle geçerli alım garantisi fiyatları belirlenmiştir. Buna göre:

- o Güneş ve Rüzgâr: 32 kuruş/kWh temel fiyat + yerli ekipman kullanımı halinde ilave 8 kuruş/kWh destek (5 yıl süreyle).
- o Hidroelektrik: 40 kuruş/kWh temel fiyat + yerli ekipman 8 kuruş ilave.
- o Biyokütle (çöp gazı): 32 kuruş/kWh + 6 kuruş ilave; Biyokütle (diğer): 54 kuruş/kWh + 11 kuruş ilave.
- o Jeotermal: 54 kuruş/kWh + 7 kuruş ilave (Muş'ta jeotermal yoktur ama genel bilgi için).

Bu tarifeler, her 3 ayda bir TÜFE+ÜFE endekslerine göre güncellenmektedir, yani enflasyona karşı kısmi koruma vardır. YEKDEM'den yararlanmak için projelerin yerli aksam şartlarını sağlaması halinde ilave getirisi olur. Muş'taki yeni yatırım yapacak yatırımcılar, projelerini 2025 sonuna dek işletmeye alabilirlerse bu avantajlı tarifelerden faydalanabileceklerdir. Bu, özellikle güneş ve rüzgâr projeleri için önemli bir destektir zira piyasa fiyatının altına düşse de garanti alım imkanı finansman bulmayı kolaylaştırır. 2026 sonrası dönem için de benzer mekanizmanın devam edeceği Enerji Bakanlığı tarafından ifade edilmektedir. YEKDEM haricinde, lisanssız üretim kapsamında öz tüketim teşviki de önemli bir mekanizmadır: Muş'ta örneğin bir fabrikanın çatısına kuracağı GES ile kendi ihtiyacını karşılaması halinde, fazla elektriği şebekeye satıp gelir elde edebilir (2023 itibarıyla öz tüketime yönelik lisanssız GES'ler ihtiyaç fazlası elektriği kilovatsaat başına ~1,3 TL bedelle şebekeye verebilmektedir). Bu, yatırımın geri dönüşünü hızlandıran bir uygulamadır.

·Uluslararası Hibe ve Kredi İmkanları: Özellikle biyogaz, çöp gazı, enerji verimliliği gibi alanlarda uluslararası kuruluşların hibe ve düşük faizli kredi programları bulunmaktadır. Muş ilinde belediyenin bir atıktan enerji projesi AB hibesine başvurabilir veya bir çiftçi kooperatifi biyogaz projesi için Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) desteği alabilir. Örneğin, AB'nin IPA (Instrument for Pre-Accession) fonları veya IFC gibi kurumların kredileri yenilenebilir projelerde kullanılabilir. Bu dış kaynaklar, finansman maliyetini azaltarak projelerin fizibilitesini artırır.

·Diğer Destekler: Yenilenebilir enerji ekipman üretimini teşvik için de mekanizmalar mevcuttur. Muş'ta eğer bir yatırımcı güneş paneli fabrikası kurmak isterse, endüstriyel yatırım teşviklerinden yararlanabilir ve bu da dolaylı olarak bölgedeki enerji yatırımlarını destekler. Ayrıca Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın zaman zaman düzenlediği YEKA (Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı) ihaleleri bölgede büyük ölçekli projelerin gelişmesine olanak tanır. Örneğin ileride Doğu Anadolu YEKA-GES veya YEKA-RES ihalelerine Muş ili dahil edilirse, büyük kapasiteler tek seferde ihale edilebilir ve kazanan firmalar uzun vadeli alım garantisiz projelerini gerçekleştirebilir. Yine TÜBİTAK ve KOSGEB gibi kuruluşlar, yenilenebilir enerji teknolojilerine yönelik Ar-Ge çalışmalarına hibe desteği vermektedir. Muş Alparslan Üniversitesi ile işbirliği yaparak bölgeye uygun teknolojiler (ör. soğuk iklim panel verimliliği, rüzgâr türbini buzlanma çözümleri gibi) geliştiren yatırımcılar bu tür desteklerden faydalanabilir.

# Tanıtım

## 1. TEŞVİKLER VE DESTEK MEKANİZMALARI

Muş Özelinde Değerlendirme: Bölgesel teşvikler dikkate alındığında, Muş'ta yenilenebilir enerji yatırımı yapmak Türkiye'nin batı illerine kıyasla finansal açıdan daha avantajlı hale gelebilir. Teşvik unsurları toplamda yatırımın %50'sine varan bir destek paketi sunabilmektedir. Bu durum, yatırımcılar için Muş'u cazip kılmaktadır. Nitekim güneş enerjisinde büyük grupların (Kiler Holding vb.) Muş'ta 150 MW gibi iddialı projeler planlaması, sadece güneş potansiyelinin değil teşviklerin de etkisiyle kararı verilmiş yatırımlar olarak görülebilmektedir. Aynı şekilde, 6. Bölge destekleri sayesinde Muş'ta istihdam edilecek mühendis ve teknisyenlerin maliyeti yatırımcı için daha düşük olacak, bu da işletme giderlerini azaltacaktır. Yatırımcıların bu teşviklerden tam yararlanabilmesi için, Yatırım Teşvik Belgesi almaları şarttır. Muş için teşvik belgesi düzenlemek, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının ilgili birimleri (veya Kalkınma Ajansı) aracılığıyla mümkündür ve prosedür iyi yönetildiğinde desteklerden azami ölçüde yararlanmak mümkün olur.

Özetle, Muş ilindeki yenilenebilir enerji projeleri cazip teşviklerle desteklenmektedir. Bölgesel avantajlar, YEKDEM alım garantileri ve ulusal/uluslararası fonlar bir araya geldiğinde, yatırımcıların risk-getiri profilini iyileştirmekte, projelerin finansmanını kolaylaştırmaktadır. Yatırımcıların bu mekanizmaları yakından takip etmesi ve başvuru sürelerine riayet etmesi önemlidir. Örneğin 2025 sonuna kadar projeyi bitirip YEKDEM'e girmek ile 2026'ya kalmak arasında önemli gelir farkı olabileceğinden, proje planlarını teşvik takvimine uygun yapmak gerekir. Sonuç olarak, Muş'ta yenilenebilir enerji yatırımları sadece doğal kaynak avantajlarına değil, aynı zamanda güçlü bir teşvik destek zeminine de sahiptir. Bu da ilin uzun vadede yenilenebilir enerji yatırımlarıyla kalkınması hedefini daha ulaşılabilir kılmaktadır.

# Tanıtım

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu fizibilite raporunda, Muş ilindeki güneş, rüzgâr, hidroelektrik ve biyokütle enerji potansiyelleri kapsamlı bir şekilde ele alınmış, teknik ve ekonomik analizler ışığında değerlendirilmiştir. Muş ili, mevcut durumda enerji üretiminde büyük ölçüde hidroelektriğe dayansa da, güneş ve rüzgâr enerjisi alanlarında kayda değer bir büyüme potansiyeli barındırmaktadır. Yapılan analizler ve derlenen veriler ışığında aşağıdaki sonuç ve öneriler ortaya çıkmıştır:

-Yenilenebilir Enerji Portföyünün Genişletilmesi: Muş, hali hazırda enerji ihtiyacının tamamını karşılayacak ve dışarıya enerji verecek düzeyde üretime sahiptir. Ancak üretimin %94 gibi çok büyük bir kısmı hidroelektriğe dayalıdır. Bu tek kaynağa bağımlılığı azaltmak ve enerji portföyünü çeşitlendirmek için güneş ve rüzgâr yatırımlarının devreye alınması kritik önemdedir. Güneş enerjisinde halihazırda ön lisans almış 192 MW, rüzgârda 62 MW'lık proje stokunun gerçekleşmesi durumunda, Muş'un elektrik üretim karması çok daha dengeli hale gelecek ve yenilenebilir üretim kapasitesi ~735 MW seviyesine ulaşacaktır. Bu çeşitlilik, bir kaynaktaki aksaklığın (örneğin kuraklık) diğer kaynaklardan telafi edilebilmesini sağlayacaktır. Öneri: İlin enerji stratejisinde güneş ve rüzgâr projelerine kolaylık sağlanmalı, bürokratik süreçler hızlandırılmalıdır.

-Güneş Enerjisine Odaklanma: Araştırma bulgularına göre Muş'ta güneş enerjisi en hızlı geri dönüş ve en az riskli işletmeye sahip kaynak olarak öne çıkmaktadır. Yıllık 6,5 saat ortalama güneşlenme süresi ve geniş uygun araziler, Muş'u adeta bir "güneş tarlası"na dönüştürmek için elverişlidir. Özellikle Bulanık, Malazgirt gibi ovalık ilçelerde büyük ölçekli GES projeleri hayata geçirilebilir. Halihazırda planlanan 150 MW'lık Eğrimeç GES projesi bunun bir örneğidir ve gerçekleştiğinde bölgenin en büyük güneş santrallerinden biri olacaktır. Öneri: Yatırımcılar, Muş'ta güneş projelerine öncelik vermeli; teknolojik olarak çift yüzeyli (bifacial) paneller, takip sistemleri gibi verimi artırıcı donanımları değerlendirerek iklimin avantajlarından azami faydayı sağlamalıdır. Ayrıca lisanssız güneş kurulumları da teşvik edilerek kamu binaları, üniversite yerleşkesi, hastaneler gibi yerlere güneş panelleri kurulması desteklenmelidir.

-Rüzgâr Projelerinin Seçici İlerlemesi: Muş'ta rüzgâr potansiyelinin sınırlı olduğu tespit edilmiştir; bu nedenle tüm bölgeye yaygın türbin kurulması gerçekçi değildir. Ancak belirlenen yüksek potansiyelli alanlarda (muhtemelen Varto civarı veya kuzey dağ etekleri) projeler geliştirmek yine de anlamlı olacaktır. 62 MW'lık lisanslı kapasitenin inşası ile elde edilecek deneyim, ilde rüzgâr konusunda daha net bir resim ortaya koyacaktır. Öneri: Rüzgâr projeleri, kapsamlı rüzgâr ölçümleri ile desteklenmeli, gerçekleştirilebilirliği en yüksek lokasyonlardan başlanarak hayata geçirilmelidir. Gerekirse türbin sayısını az tutup büyük kapasite (3-5 MW) türbinler seçilerek, altyapı maliyeti düşük tutulan pilot bir proje yapılabilir. Bu proje sonuçlarına göre ileride ek kapasite artırımı planlanabilir.

-Hidroelektrik Kaynakların Verimli İşletilmesi: Yeni büyük baraj yapma imkanı sınırlı olsa da, mevcut barajların optimum işletilmesi önemlidir. Alpaslan 1 ve 2 barajlarının koordineli çalışması (su kullanım optimizasyonu) ile maksimum enerji üretimi hedeflenmelidir. Ayrıca planlanan küçük HES projeleri (Yonca, Ak, Kaynarca) fizibilite onaylandığı takdirde devreye alınarak mevcut potansiyel tamamen değerlendirilmelidir. Öneri: DSİ ve enerji şirketleri işbirliğiyle, Murat Nehri havzası için bir Havza Bazlı İşletme Planı hazırlanmalı, sulama, taşkın kontrolü ve enerji üretimi dengesi bilimsel verilere dayalı şekilde yönetilmelidir. Mevcut HES'lerde gerekirse rehabilitasyon yatırımları (türbin verimini artırma, sediment temizleme vb.) yapılarak verimlilik artırılabilir.

# Tanıtım

## SONUÇ VE ÖNERİLER

-Biyokütle ve Biyogaz Projelerinin Başlatılması: Muş'ta henüz bu alanda somut bir adım atılmamıştır, ancak raporumuz göstermektedir ki özellikle biyogaz, kırsal kalkınma için önemli bir fırsattır. Öneri: İl Özel İdaresi veya Belediyesi öncülüğünde, Muş'ta bir biyogaz pilot projesi başlatılabilir. Örneğin kamu-özel sektör işbirliğiyle 0.5-1 MW'lık bir hayvan atığı biyogaz tesisi kurulup işletilebilir. Bu sayede hem teknik tecrübe kazanılır hem de çiftçiler arasında model oluşturularak yaygınlaşma sağlanabilir. Ayrıca belediye atık sahasında çöp gazı toplanmasına hemen başlanmalıdır; bu düşük maliyetli bir iş olup bir-iki yıl içinde 0,5 MW'lık üretim devreye alınabilir. Tarım atıkları için ise kooperatifler aracılığıyla bir peletleme tesisi kurulup köylerin kış yakacak ihtiyacı çevreci pelet yakıtla karşılanabilir.

-Entegre Planlama ve Hibrit Tesisler: Muş gibi bir bölgede yenilenebilir kaynakların bir arada bulunduğu düşünülerek hibrit enerji santralleri konsepti değerlendirilebilir. Örneğin, Alpaslan Barajı havzasına kurulacak yüzer güneş panelleri (floatovoltaics) ile hem su yüzeyi buharlaşması azaltılır hem de ek güneş elektriği üretilir. Yine rüzgâr türbinlerinin yanına güneş panelleri kurulması (hibrit) sayesinde aynı bağlantı noktasından çift kaynaklı üretim yapılabilir. Bu, şebeke kullanımını verimli kılar ve üretim profilini düzleştirir. Öneri: Muş'ta yeni yatırım düşünen şirketler, hibrit santral başvurularını değerlendirmeli; örneğin ön lisanslı rüzgâr projesine ek güneş kapasitesi ilavesi gibi opsiyonları gündeme almalıdır. Bakanlık da hibrit projelere olumlu bakmakta ve mevzuat buna imkan tanımaktadır.

-Yatırım Ortamının İyileştirilmesi: Muş iline dışarıdan gelecek yatırımcılar için yerel yönetimlerin ve kurumların rehberlik etmesi, süreçleri kolaylaştırması önemlidir. Öneri: Muş Valiliği ve Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı (DAKA), yenilenebilir enerji yatırımlarını çekmek üzere özel bir program geliştirebilir. Örneğin arazi tahsislerinde kolaylık, izin süreçlerinde koordinasyon, yerel halkın bilgilendirilmesi gibi konularda proaktif davranılmalıdır. Ayrıca her yıl Muş'ta Enerji Yatırımcıları Toplantısı düzenlenerek ilin potansiyeli ve başarı öyküleri tanıtılabilir. Bu sayede yatırımcı güveni artacak ve daha fazla proje gelecektir.

-Eğitim ve İstihdam: Yenilenebilir enerji sektöründe nitelikli işgücü ihtiyacı giderek artmaktadır. Muş Alparslan Üniversitesi bünyesinde enerji teknolojileri ile ilgili programlar açılarak yerel gençlerin bu sektörlerde istihdamı sağlanabilir. Öneri: Üniversite-sanayi işbirliği ile öğrenciler sahada staj imkanlarına kavuşmalı, mezunlar Muş'taki santrallerde çalışma fırsatı bulmalıdır. Bu hem işsizliği azaltacak hem de yatırımcıya kalifiye personel temin edecektir.

Sonuç olarak, Muş ili yenilenebilir enerji kaynakları açısından büyük bir potansiyele ve bunu hayata geçirecek önemli fırsatlara sahiptir. Güneş, rüzgâr, hidroelektrik ve biyokütle alanlarındaki dengeli bir gelişim, Muş'u bölgenin temiz enerji üssü haline getirebilir. Bu raporun bulguları, yatırımların teknik olarak mümkün ve ekonomik olarak kârlı olduğunu göstermektedir. Elbette her proje özelinde detaylı mühendislik etütleri ve finansman analizleri yapılmalıdır; ancak genel çerçevede Muş, yatırımcısına uygun planlama ile geri dönüş sağlayacak bir ortam sunmaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2023). Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu Raporu. ETKB Yayınları.
2. Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ). (2024). Türkiye Elektrik Üretim-İletim İstatistikleri 2023. <https://www.teias.gov.tr>
3. EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu). (2024). Lisanslı Elektrik Üretim Tesisleri Listesi. <https://www.epdk.gov.tr>
4. TÜİK. (2023). İl Bazında Güneşlenme Süresi ve Güneş Işınımı Verileri. Türkiye İstatistik Kurumu Yayınları.
5. YEGM (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü). (2022). Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA). <https://www.yegm.gov.tr>

# Tanıtım

## SONUÇ VE ÖNERİLER

6. Alpaslan Enerji. (2023). Alpaslan 2 Barajı Teknik ve Üretim Verileri. Şirket İç Yayınları.
7. Muş İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. (2023). Muş Tarım ve Hayvancılık Raporu 2022. Muş Valiliği Yayınları.
8. Muş Belediyesi. (2023). Atık Yönetimi ve Katı Atık Düzenli Depolama Sahası Bilgileri. Belediye Resmî Sitesi.
9. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2024). Türkiye Biyokütle Enerji Potansiyeli Raporu. <https://www.csb.gov.tr>
10. Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TUREB). (2023). Rüzgar Enerjisi 2023 Durum Raporu. <https://www.tureb.com.tr>
11. Türkiye Güneş Enerjisi Sanayicileri Derneği (GÜNDER). (2023). Güneş Enerjisi Pazar Raporu 2023.
12. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2024). YEKDEM Destek Mekanizması Bilgilendirme Raporu.
13. Demirtaş, C., & Yıldız, H. (2022). Muş ilinde yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 34(3), 241–253.
14. Çakır, H., & Ercan, A. (2021). Doğu Anadolu Bölgesi'nin iklim özellikleri ve enerji planlamasına etkileri. İklim ve Enerji Dergisi, 9(2), 117–131.
15. Limak Enerji. (2023). Alpaslan 1 ve 2 HES Yıllık Üretim Raporları. Kurumsal Yayınlar.
16. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2023). Yatırım Teşvik Sistemi Rehberi (6. Bölge Uygulamaları).
17. EPDK. (2022). YEK Destekleme Mekanizması Katılımcı Listesi. <https://www.epdk.gov.tr>
18. Bayazıt, M. (2021). Muş Ovası'nda rüzgâr ve güneş potansiyelinin değerlendirilmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 52(1), 85–96.
19. Erdoğan, R., & Karagöz, A. (2020). Biyogaz potansiyelinin kırsal kalkınmadaki rolü: Doğu Anadolu örneği. Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi, 26(4), 33–47.
20. Gök, M. & Tunç, M. (2022). Türkiye'de rüzgar enerji yatırımları ve bölgesel dağılım. Enerji Ekonomisi Dergisi, 14(1), 55–64.
21. TÜBİTAK MAM. (2023). Türkiye Yenilenebilir Enerji Strateji Belgesi 2023–2030. Gebze: TÜBİTAK Yayınları.
22. Türkiye Belediyeler Birliği. (2023). Belediyeler İçin Yenilenebilir Enerji Rehberi. TBB Yayınları.
23. Güven, F., & Aydoğdu, A. (2021). Türkiye'nin Doğu illerinde enerji yatırımları ve geri dönüş sürelerinin karşılaştırılması. Ekonomik Araştırmalar ve Yorumlar Dergisi, 15(4), 89–103.
24. Malatya TSO. (2023). Doğu Anadolu Bölgesi Enerji Yatırımları ve Yatırımcı Rehberi. Malatya: Oda Yayınları.
25. Yılmaz, E. (2022). Güneş enerji santrali yatırımında fizibilite hesaplamaları: Doğu Anadolu örneği. Mühendislik Teknolojileri Dergisi, 7(2), 76–88.
26. UNDP Türkiye. (2023). Yenilenebilir Enerji ve Kırsal Kalkınma Raporu. <https://www.tr.undp.org>
27. KOSGEB. (2024). Yenilikçi Enerji Girişimleri İçin Destek Programı Rehberi. <https://www.kosgeb.gov.tr>
28. DAKA (Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı). (2023). Muş İli Yatırım Rehberi. <https://www.daka.org.tr>