



HİDROJEN ISITMA SİSTEMLİ GES HİDROSERA PİLOT UYGULAMA PROJESİ

YENİLENEBİLİR ENERJİ ve ENERJİ VERİMLİLİĞİ PROGRAMI

YERİNDE İNCELEME TOPLANTISI

22 EYLÜL 2025



Utet Arge Enerji Hidrojen Mak. ve Kimya San. Tic. Ltd. Şti. Konya Ovası Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı

Hidrojen Isıtma Sistemli GES Hidroserra Pilot Uygulama Projesi





PROJE EKİBİ



Adı Soyadı	Görevi	Kurumu
Doç. Dr. Hakan BAŞAK	Proje Yürütücüsü	K.A.E.Ü. JİSTUAM
Dr. Öğr. Üyesi Müjdat ÖZTÜRK	Araştırmacı	K.A.E.Ü. Enerji Yönetimi Koordinatörlüğü
Dr. Öğr. Üyesi Oğuz TAŞDEMİR	Araştırmacı	K.A.E.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Dr. Öğr. Üyesi Alim AYDIN	Araştırmacı	K.A.E.Ü. JİSTUAM
Elek. Müh. Nurullah DOĞMUŞ	Araştırmacı	KOP
Mak. Müh. Hakan ŞAHİN	Araştırmacı	KOP



Neden Seracılık?



- Türkiye örtü altı tarım alanları açısından Avrupa'da **ikinci**, dünyada **dördüncü** sırada yer almaktadır.
- Son 21 yılda toplam bitkisel üretimimiz **%40 artışla** 137 milyon tona ulaşmıştır
- Son 21 yılda **seracılıkta üretim %123** büyüyerek 9.4 milyon tona ulaşmıştır.

Örtü altı koşullarında tarımsal üretimin avantajları;

- Üretimin tüm yıla yayılmasıyla yılda birden fazla ürün alınması, dolayısıyla birim alandan elde edilen **verim ve gelirdede artış** sağlaması,
- Ürünlerin mevsim dışında da pazarlarda yer almasına imkân sağlaması, **ürün arzında kesintiye uğranılmaması**,
- Tarımsal üretimin kontrollü alanlarda yapılması sebebiyle tarımın doğa koşullarına bağımlılığından kurtulması ve birim alandan elde edilen **ürünün verim ve kalitesinin standartlaşması**,
- Örtü altı üretim faaliyetinin sürekli devam etmesi sonucunda mevsimlik işgücü gereksinimi yerine sürekli iş imkânlarının olması ve **tarım sektöründeki gizli işsizlik sorununa çözüm** sunması,
- Örtü altı yapı elemanları ve ekipmanlarının üretimiyle ilgili yeni sanayi kollarının gelişmesine yardımcı olması ve **yeni iş kollarında istihdama katkı sağlaması**,



Neden Hidrojen Enerjisi?



- **“Geleceğin enerjisi”** olarak kabul edilen hidrojen enerjisi hem fosil hem de yenilenebilir kaynaklardan üretilebiliyor. Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen **yeşil hidrojen** çevreye zarar vermiyor ve yarınlar için temiz bir doğaya bırakmayı mümkün kılıyor.
- Evrenin temel enerji kaynağı olan hidrojen, **iklim krizi ile etkin bir şekilde mücadele etme ve sürdürülebilir kalkınmayı destekleme** noktasında önemli bir rol üstleniyor. Hidrojen enerjisi, bugün yeşil geleceğe giden yolda stratejik bir kaldıraç vazifesi görüyor.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, hidrojeni kullanarak karbon sıfır bir ekonomi modeli oluşturmak amacıyla hazırladığı **“Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası”** strateji raporuna göre Türkiye, sürdürülebilir enerjinin geleceğine katkısı itibarıyla **hidrojeni öncelikli alanlardan biri ilan etmiş durumdadır.**
- Yeni nesillere yaşanabilir bir dünya bırakmanın formülünü sunan yeşil hidrojen enerjisinin, yakın gelecekte sıfır karbon hedefini gerçekleştirmek için kullanılacak alternatiflerden biri olması bekleniyor.



Neden Hidrojen Enerjisi?



- Son yıllarda boyutu katlanarak artan ve sıklıkla gündeme gelen iklim krizi, hidrojen enerjisi üretimini küresel çapta güçlü bir çözüm haline getiriyor. Avrupa Birliği sınırları içerisinde önümüzdeki süreçte 130 milyar dolarlık hidrojen enerjisi projesinin hayata geçirilmesi bekleniyor. **Avrupa Birliği liderlerinin ayrıca, 2050 yılındaki sıfır emisyon hedefini hidrojen enerjisiyle gerçekleştirmek için 1 trilyon avroluk bir bütçe konusunda anlaştıkları biliniyor.**
- 1 kg hidrojen 2.1 kg doğal gaz veya 2.8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir.
- Isı ve patlama enerjisi gerektiren her alanda kullanımı temiz ve kolay olan hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere atılan ürün sadece su ve/veya su buharı olmaktadır.
- Güneş enerjisi, hidrojeni diğer elementlerden ayırmak için ideal bir enerji kaynağıdır. Dolayısıyla Güneş enerjisi kullanılarak elde edilmiş hidrojen yakıtı sonsuza kadar temiz enerji sağlayabilecek bir yakıttır.



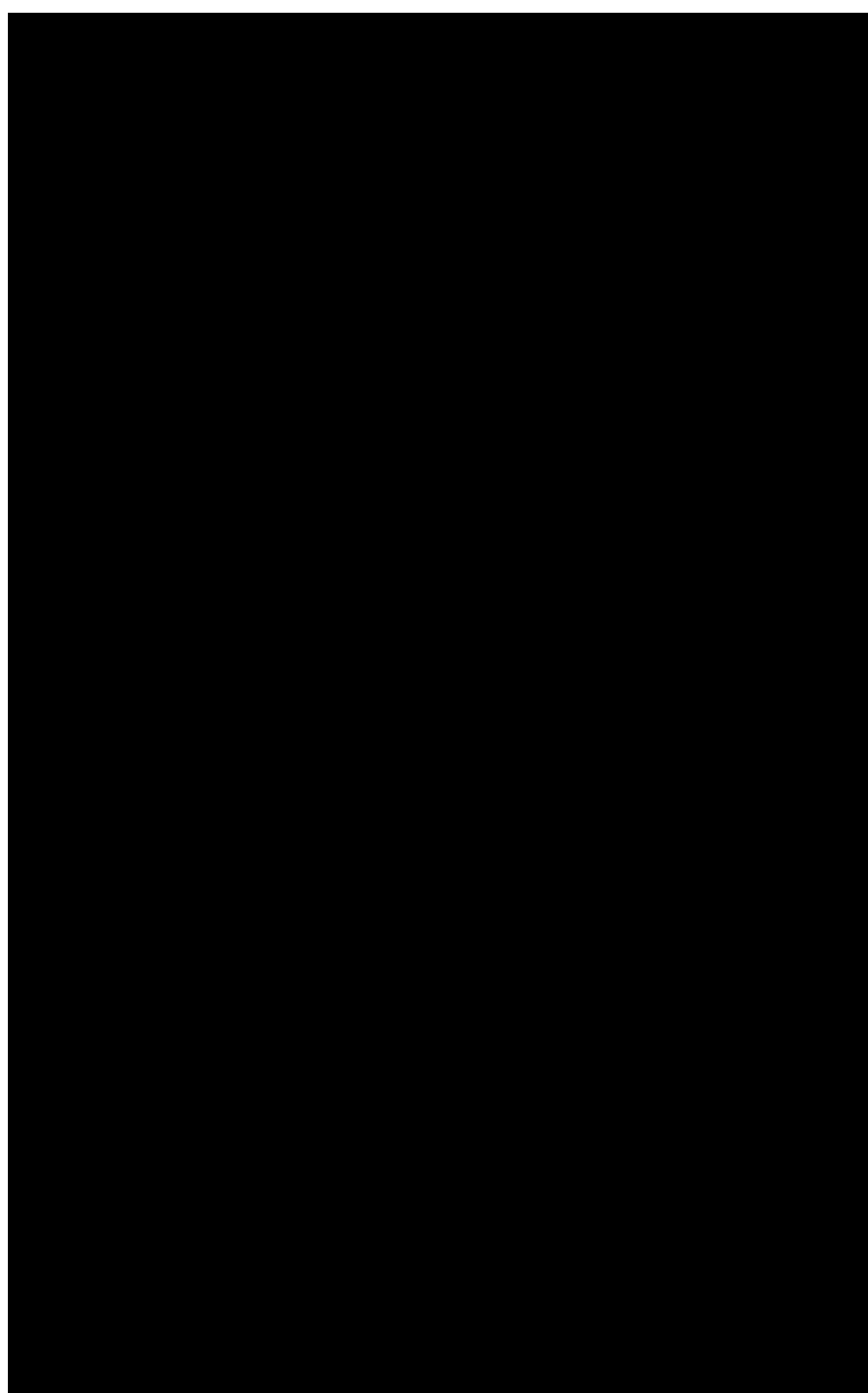
Sera Isıtmasında Kullandığımız Hidrojen Plazma Kombinin Dirençli Elektrik Isıtıcılarından Farkı Nedir?



- Dirençli elektrik ısıtıcılarının **100 birim enerji** harcayarak sağladığı ısıyı,
- Hidrojen plazma kombi sistemi **35 birim elektrik** harcayarak sağlamaktadır.
- Hidrojen plazma kombinin, elektrikli ısıtıcılara kıyasla **verimlilik artış oranı 2.86**'dır, bu da **%186 daha verimli** olduğu anlamına gelmektedir.



Hidrojen Plazma Kombi Çalışma Prensibi





Proje İhtiyacının Tanımı



- Seralarda ısıtma maliyetinin toplam üretim giderlerinin %20-60'ını oluşturmaktadır. Ülkemizde bulunan yaklaşık **541.000 da'lık** sera alanının yalnızca **21.000 da'lık kısmı modern seracılık altyapısına sahiptir** ve bu seralarda düzenli olarak kış dönemlerinde ısıtma yapılabilmektedir. Yüksek ısıtma maliyetleri nedeniyle ısıtılmayan seralarda **üretim çok soğuk periyotta ara verilmekte**, ya da **yalnızca üşüme ve don zararını önlemeye yönelik, düşük verimli ve basit ısıtma sistemleri kullanılmaktadır**. Bu durum, kış aylarında sera alanlarının etkin kullanılmasını engellemekte; hem **gıda arzında sürekliliği**, hem de **işletmelerin ekonomik sürdürülebilirliğini** olumsuz etkilemektedir.
- Düzenli ısıtma yapılamayan seralarda meyve tutumunu sağlamak amacıyla yaygın olarak **hormon kullanımının** insan sağlığı üzerinde olumsuz etki oluşturmaktadır.
- Seraların ısı gereksinimini karşılamada jeotermal kaynaklar önemli avantajlar sunmakla birlikte, bu **kaynakların her bölgede bulunmaması**, bazı bölgelerdeki **debi ve sıcaklık değerlerinin yetersizliği**, **sondaj maliyetlerinin yüksek oluşu** ve jeotermal enerjinin **farklı sektörlerle olan rekabeti** bu kaynağın kullanımını sınırlamaktadır. Diğer yandan, fosil yakıtların **yenilenebilir olmayışı** ve **çevresel zararları** ile birlikte, doğal gaz gibi alternatiflerin **yüksek birim fiyatı**, **dışa bağımlılık** ve **altyapı kurulum gereksinimleri**, seracılıkta daha **sürdürülebilir, erişilebilir ve çevre dostu** ısıtma çözümlerine olan ihtiyacı artırmaktadır.
- Bu bağlamda, **Türkiye'nin sahip olduğu yüksek güneşlenme potansiyelinin** değerlendirilmesi, güneş enerji santralleri (GES) ile sürdürülebilir ve düşük maliyetli elektrik üretiminin mümkün kılınması, sera ısıtmasında yeni çözümler geliştirilmesi açısından stratejik önem taşımaktadır. **GES'ten elde edilen elektrik enerjisinin hidrojen plazma ısıtma sistemleriyle yüksek verimle ısı enerjisine dönüştürülebilmesi**, seraların ısıtma maliyetlerini önemli ölçüde azaltma ve kış aylarında üretimi artırma potansiyeli taşımaktadır.
- Proje sonucunda, tarımsal üretimde düşük maliyetli, çevre dostu ve sürdürülebilir enerji kullanımı yaygınlaştırılarak, ısıtılmalı modern seracılığın ülke genelinde daha verimli ve kârlı bir şekilde uygulanmasına katkı sağlanması hedeflenmektedir.



Projenin Özgünlüğü



- Hidrojen enerjisi tüm dünyada geleceğin enerjisi olarak kabul edilmekte olup, farklı alanlarda kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. **Projemiz hidrojen plazma kombi teknolojisinin sera ısıtılmasında kullanıldığı ilk ve tek çalışmadır.** Ayrıca hidrojen plazma kombilerin tükettiği elektriğin GES sisteminden temin edilmesi ile de projemiz, çok daha **çevre dostu ve düşük maliyetli sürdürülebilir alternatif bir ısıtma sisteminin seracılığa kazandırıldığı bir Ar-Ge çalışması olma özelliği de taşımaktadır.**
- Projenin yürütüldüğü her bir kompartımanı 216 m² olan seranın, modern bir ticari sera işletmesinin tüm özelliklerini taşıyor olması ve ısıtmanın 5 ay boyunca kesintisiz olarak bitkisel üretim ile devam ettirilmiş olması da proje sonuçlarının ticari sera işletmelerine aktarılarak uygulanabilirliğini de sağlamaktadır. **Dolayısı ile proje sonuçlarının ticarileşme potansiyeli de son derece yüksektir.**



Projenin Amacı ve Kapsamı



- Bu projenin temel amacı, seracılıkta önemli bir maliyet kalemi olan ısıtma giderlerini düşürmek amacıyla, yenilenebilir enerji kaynaklarından (GES) elde edilen elektrik ile çalışan hidrojen plazma ısıtma sistemlerinin performans ve maliyet etkinliğini değerlendirmek ve bu sistemlerin sürdürülebilir sera ısıtma çözümleri olarak uygulanabilirliğini ortaya koymaktır.
- **Projenin kapsamı:**
 - GES destekli hidrojen plazma ısıtma sisteminin teknik performansının değerlendirilmesi
 - Sistem için On-Grid ve Off-Grid senaryolarında enerji üretim-tüketim dengelerinin analiz edilmesi
 - Elektrik üretim ve tüketim verilerine dayalı olarak maliyet analizlerinin yapılması
 - Hidrojen plazma sisteminin, doğalgaz ve jeotermal sistemlerle karşılaştırmalı değerlendirilmesi
 - Elde edilen tüketim fazlası enerjinin, seranın diğer enerji ihtiyaçlarında (soğutma, otomasyon, aydınlatma vb.) nasıl değerlendirilebileceğinin belirlenmesi
- **Proje, modern seracılığın yaygınlaştırılmasına, enerji verimliliğinin artırılmasına ve tarımsal üretimde sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.**



Projenin Belirlenen Hedefleri



- **Yenilenebilir enerji kullanımını yaygınlaştırmak:** Güneş enerjisi santrali (GES) destekli hidrojen plazma kombi sisteminin, sera ısıtmasında kullanılabilirliğini ortaya koyarak fosil yakıt bağımlılığını azaltmak.
- **Çevre dostu ısıtma sistemi geliştirmek:** Karbon salımı oluşturmayan bir sistem ile tarımsal üretimde olumsuz çevresel etkileri azaltmak.
- **Isıtma maliyetlerini düşürmek:** GES destekli sistemin On-Grid ve Off-Grid senaryolarındaki ekonomik analizlerini yaparak, sera işletmeleri için en verimli maliyet modelini belirlemek.
- **Sistem performansını değerlendirmek:** Hidrojen plazma sisteminin farklı enerji kaynakları (doğalgaz ve jeotermal) ile karşılaştırmalı analizlerini yaparak, teknik uygunluğunu ve avantajlarını ortaya koymak.
- **Şebeke ile mahsuplaşma modeli oluşturmak:** Üretilen fazla elektriğin şebekeye verilmesi ile gelir elde edilme potansiyelini hesaplamak ve sera işletmelerine sürdürülebilir ekonomik katkı sağlayan bir model sunmak.
- **Sürdürülebilir tarımsal üretime katkı sağlamak:** Yenilenebilir enerji entegrasyonu sayesinde, seralarda yıl boyu üretimin teşvik edilmesi ve üretim sürekliliğinin sağlanması.



Projenin Verimlilik İle İlişkisi



- Seracılıkta verimlilik, yalnızca birim alandan elde edilen ürün miktarını değil; aynı zamanda üretim sürecinde kullanılan kaynakların (enerji, girdi, iş gücü) etkinliğini ve ekonomik sürdürülebilirliği de kapsamaktadır. Ancak ülkemizde mevcut sera alanlarının yalnızca %5'inden daha azında düzenli ısıtma yapılmakta, bu da verimliliği sınırlayan en önemli faktörlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Geri kalan büyük orandaki seralar ise, özellikle kış aylarında yüksek ısıtma maliyetleri nedeniyle ya üretim dışı bırakılmakta veya katma değeri düşük serin iklim bitkileri yetiştirilmekte ya da düşük verim ve kalite ile üretim yapılmaktadır. Bu durum seraların yıl boyunca etkin kullanımını kısıtlayarak verimliliğini düşürmektedir.
- Proje kapsamında kullanılan GES destekli hidrojen plazma ısıtma sistemi, enerji maliyetlerini önemli ölçüde düşürerek bu soruna etkin bir çözüm sunmaktadır. Özellikle On-Grid sistem tasarımıyla, ihtiyaç fazlası elektrik enerjisinin şebekeye verilmesi sayesinde sera işletmeleri düşük maliyetli ısıtma sağlamakla kalmamakta, hatta gelir elde etme imkanına da kavuşmaktadır. Bu durum, enerji girdisinin üretim maliyetleri üzerindeki baskısını azaltarak ekonomik verimliliği artırmaktadır.
- Ayrıca sistemin sağladığı sabit ve yeterli sıcaklık, bitkilerde meyve tutumu ve gelişimi için elverişli bir ortam sunmakta; bu sayede üretimde süreklilik ve kalite artışı sağlanmaktadır. Böylece düşük sıcaklıkta meyve tutumunu sağlamak için kimyasal büyüme düzenleyici kullanımına olan ihtiyaç ortadan kalkmakta, bu da hem üretim maliyetlerinin azalmasına, hem de gıda güvenliğinin artmasına katkı sunmaktadır.
- Jeotermal kaynakların sera ısıtması için yetersiz kaldığı bölgelerde de bu sistem, alternatif veya tamamlayıcı bir ısıtma çözümü sunarak coğrafi bağımlılığı azaltmakta ve daha geniş alanlarda sürdürülebilir seracılık yapılmasını mümkün kılmaktadır.
- Sonuç olarak, proje çıktıları doğrudan:
 - **Enerji verimliliği,**
 - **Kaynak kullanım etkinliği,**
 - **Ekonomik karlılık,**
 - **Üretim sürekliliği ve ürün kalitesi,**
 - **Yenilenebilir enerji (PV)**
 - **Gıda güvenliği**

gibi çok boyutlu verimlilik unsurlarını olumlu yönde etkilemekte ve ülkemizde modern seracılığın yaygınlaşmasına katkı sağlamaktadır.



ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMALARININ DESTEKLENMESİ

HİDROJEN ISITMA SİSTEMLİ GES HİDROSERA PİLOT UYGULAMA PROJESİ



Proje İçeriği: Yapılan görüşmeler neticesinde Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi bünyesindeki 7 adet 216'şar m² lik seralardan 3 adedinin pilot uygulama projesine tahsis edilmesi planlanmış ve **Sera 1:** GES destekli Hidrojen-Plazma ısıtma sistemi ile ısıtılmış, **Sera 2:** Doğalgaz ile ısıtılmış ve **Sera 3** ise jeotermal enerji ile ısıtılmıştır. Bu kapsamda plazma-hidrojen kombilerin ihtiyacı olan GES sisteminin kurulu güçleri hem Off-Grid, hem de On-Grid sisteme uygun olabilecek şekilde hesaplanmış ve toplamda 79 kWe olacak şekilde planlanmıştır.



Sistem tasarımları tamamlandıktan sonra İşbirliği Protokolü hazırlanarak **24 Ekim 2022** tarihinde Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi ile KOP Bölge Kalkınma İdaresi arasında “**KOP – HİDROSERA** (Hidrojen Isıtma Sistemli GES Hidrosera Pilot Uygulama Projesi)” protokolü imzalanmıştır.



ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMALARININ DESTEKLENMESİ

HİDROJEN ISITMA SİSTEMLİ GES HİDROSERA PİLOT UYGULAMA PROJESİ



79 kWe Güneş Enerji Santrali (GES) kurulum işi tamamlanmış, sistem 14.03.2024 tarihinden itibaren elektrik üretimine başlamıştır.

Hidrojen - Plazma kombi sisteminin kurulum işi tamamlanmış, Sera entegrasyonu 03.06.2024 tarihinde yapılmıştır.





Hidrojen Kombi elektrik sayacı



Bina Elektrik sayacı



Doğalgaz sayacı



Ultrasonik su sayacı



Jeotermal su sayacı



NutriControl Otomasyon Sistemi



Seraların iklimlendirilmesi NutriControl otomasyon sistemi ile kontrol edilmiştir.

Pilot Olarak Seçilen 3 Serada da **Sırk Domates** bitkisi yetiştirilmiştir.

Seraların ısıtma sıcaklık isterleri; **Gece 14 °C**
Gündüz 20 °C

Seraların **nem düzeyi: %65** olarak ayarlanmıştır.



Hidrojen Isıtma Sistemli GES Hidrosera Pilot Uygulama Projesi



KOP (Konya Ovası Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı) Destekli Ortak Ar-Ge Projesi

Proje Çalışma Konuları

1. GES destekli hidrojen plazma kombi ile ısıtılan **(Sera 1)**
2. Doğalgaz ile ısıtılan **(Sera 2)**
3. Jeotermal ile ısıtılan **(Sera 3)**





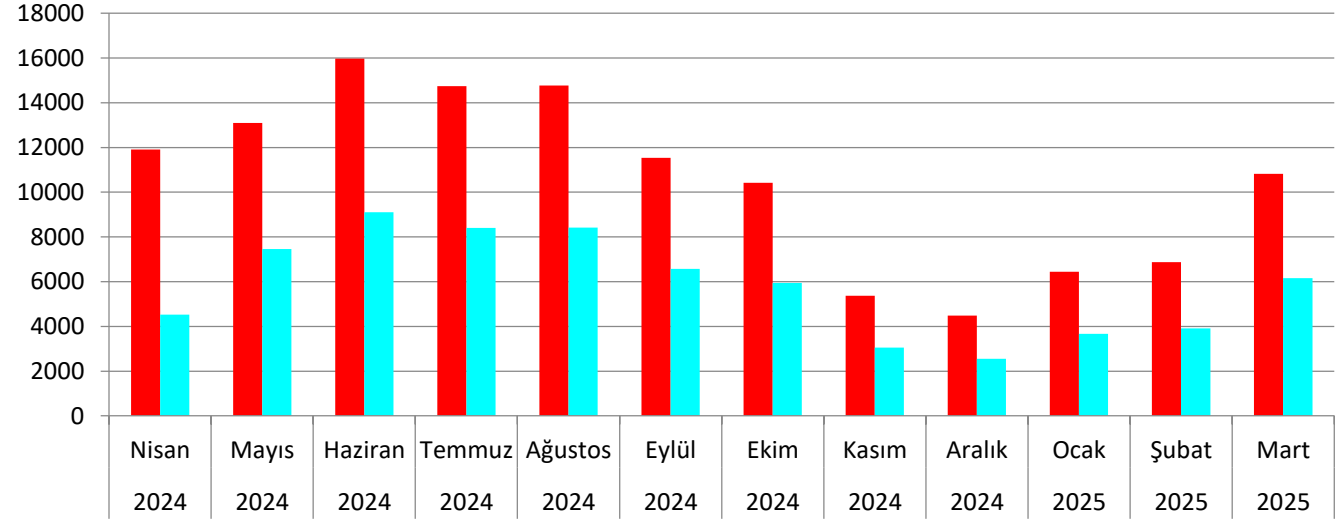
ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMALARININ DESTEKLENMESİ

HİDROJEN ISITMA SİSTEMLİ GES HİDROSERA PİLOT UYGULAMA PROJESİ



GES Elektrik Üretimi

GES Kurulu Güç 79 kWe			1 Kombi için Hesaplanan Off - Grid 30 kWe	Aylık Ortalama Güneşlenme Süreleri
2024	Nisan	11907	4522	5,0
2024	Mayıs	13099	4974	5,5
2024	Haziran	15980	6068	6,7
2024	Temmuz	14747	5600	6,2
2024	Ağustos	14772	5610	6,2
2024	Eylül	11540	4382	4,9
2024	Ekim	10422	3958	4,4
2024	Kasım	5370	2039	2,3
2024	Aralık	4489	1705	1,9
2025	Ocak	6447	2448	2,7
2025	Şubat	6872	2610	2,9
2025	Mart	10822	4110	4,6
TOPLAM (kWh)		126.467	48.025	Ort 4,4
TL (4,91 TL)		620.953	235.803	



Sistem On-Grid Olarak Hesaplanması Halinde Elde Edilecek Gelir;

79 kWe GES 1 yıllık gelir 126.467 (kWh) x 4.91 (TL) = 620.953 TL

30 kWe GES 1 yıllık gelir 48.025 (kWh) x 4.91 (TL) = 235.803 TL

GES kurulum maliyeti: 79 kWe 1.800.000 TL 2.89 Yıl – 30 kWe 650.000 TL 2.76 Yıl



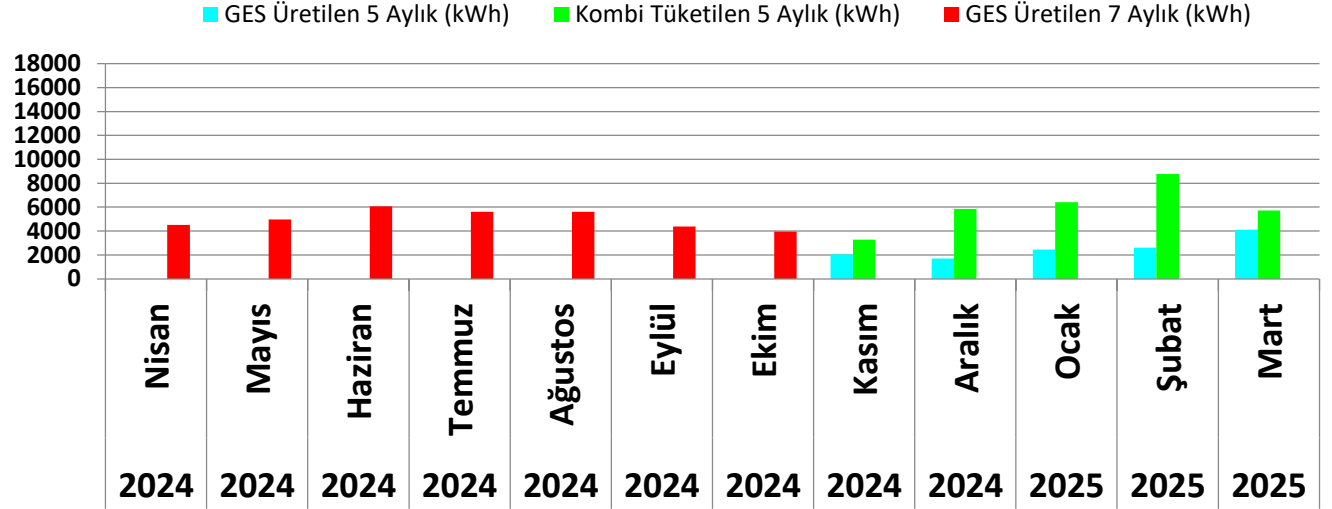
ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMALARININ DESTEKLENMESİ

HİDROJEN ISITMA SİSTEMLİ GES HİDROSERA PİLOT UYGULAMA PROJESİ



Hidrojen – Plazma Kombi Elektrik Tüketim Tablosu

Yıl	Ay	30 kWe GES Üretilen (kWh)	H-P Kombi Tüketilen (kWh)	Günlük Ort. H-P Kombi Çlış. Süresi.	Fark (kWh)
2024	Kasım	2039	3291	3,7	-1252
2024	Aralık	1705	5865	6,5	-4160
2025	Ocak	2448	6402	7,1	-3954
2025	Şubat	2610	8776	9,8	-6166
2025	Mart	4110	5712	6,3	-1602
TOPLAM		12.912	30.046	Ort. 6,7	-17.134
Yıllık Toplam Üretim			48.025		+17.979



Isıtma Sistemlerinin 5 Aylık Kıyas Verileri

Hidrojen – Plazma Kombi ile Isıtma Yapılan Serada Tüketilen Elektrik Enerjisi Miktarı
 $30.046 \text{ (kWh)} \times 4.91 \text{ (TL)} = \underline{147.525 \text{ TL}}$



Jeotermal ile Isıtma Yapılan Serada Tüketilen Elektrik Enerjisi ve Su Miktarı
 $7.485 \text{ (kWh)} \times 4.91 \text{ (TL)} + 3.557.76 \text{ (su m}^3\text{)} \times 9 \text{ (TL)} = \underline{68.767 \text{ TL}}$

Yaklaşık 100 Yataklı Termal Otelin Günlük Su Tüketimi



Doğalgaz ile Isıtma Yapılan Serada Tüketilen Elektrik Enerjisi ve Gaz Miktarı
 $2.832 \text{ (kWh)} \times 4.91 \text{ (TL)} + 8.758.93 \text{ (gaz m}^3\text{)} \times 14.23 \text{ (TL)} = \underline{138.545 \text{ TL}}$

Yaklaşık 19 Ton CO2 Salınımı Mevcuttur

Sistem Off-Grid Olarak Düşünüldüğünde GES + **Hidrojen – Plazma Kombi** 5 Aylık döneme ait üretim ve tüketim verileri;

GES Sistemi ile üretimden elde edilen 5 aylık gelir
 $12.912 \text{ (kWh)} \times 4.91 \text{ (TL)} = \underline{63.398 \text{ TL}}$

Şebekeden Kullanılacak Elektrik Enerjisi Miktarı
 $17.134 \text{ (kWh)} \times 4.91 \text{ (TL)} = \underline{84.128 \text{ TL (Aylık -16.825)}}$

Sistem On-Grid Olarak Düşünüldüğünde GES + **Hidrojen – Plazma Kombi** 5 Aylık döneme ait üretim ve tüketim verileri;

GES Sistemi ile üretimden elde edilen 5 aylık gelir
 $12.912 \text{ (kWh)} \times 4.91 \text{ (TL)} = \underline{63.398 \text{ TL}}$

GES Sistemi ile üretimden elde edilen 7 aylık gelir
 $17.979 \text{ (kWh)} \times 4.91 \text{ (TL)} = \underline{88.277 \text{ TL (Aylık +17.655)}}$



ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMALARININ DESTEKLENMESİ

HİDROJEN ISITMA SİSTEMLİ GES HİDROSERA PİLOT UYGULAMA PROJESİ



Yıllık Tarımsal Üretim Gelirleri ve Enerji Giderleri Nihai Tablosu

Hidrojen Kombi Isıtma



Üretim Giderleri	Tutarı (TL)
1. Fide	3.000
2. Gübre İlaç	30.000
3. Yetiştirme ortamı	6.000
4. Sulama	1.500
5. Diğer giderler	2.000
TOPLAM	42.500

Verim 50 ton/da
İşçilik Giderleri Hariçtir.
Domates Satış Rakamı
Ortalama 45 TL Alınmıştır.

Yapılan Hesaplamalarda Sistem
Yıl İçerisinde Mevcut
Güneşlenme Süreleri İle 18,76
kWe Kurulu Güç ile Birlikte
Isıtma Maliyetlerini
Sıfırlamaktadır.

30 kWe GES On-Grid + Hidrojen Kombi Isıtma

- Isıtma maliyeti 0.0 TL
- 216 m² seradan alınabilecek domates verimi 10.000 kg
- TOPLAM GİDER (Isıtma + Üretim Gideri)=0.0+42.500=42.500 TL
- **1 kg domates maliyeti: 4,25 TL**
- **10.000 kg domates kârı 407.500 TL + 88.277 TL = 495.777 TL**

Tüm Sistem (1.44 m TL) Geri Dönüş Süresi 2.9 Yıl

30 kWe GES Off-Grid + Hidrojen Kombi Isıtma

- Isıtma maliyeti 84.128 TL
- 216 m² seradan alınabilecek domates verimi 10.000 kg
- TOPLAM GİDER (Isıtma + Üretim Gideri)=84.128+42.500=126.628 TL
- **1 kg domates maliyeti: 12.7 TL**
- **10.000 kg domates kârı 323.000 TL**

Tüm Sistem (1.94 m TL) Geri Dönüş Süresi 6.0 Yıl

18.76 kWe GES On-Grid + Hidrojen Kombi Isıtma

- Isıtma maliyeti 0.0 TL
- 216 m² seradan alınabilecek domates verimi 10.000 kg
- TOPLAM GİDER (Isıtma + Üretim Gideri)=0.0+42.500=42.500 TL
- **1 kg domates maliyeti: 4,25 TL**
- **10.000 kg domates kârı 407.500 TL**

Tüm Sistem (1.19 m TL) Geri Dönüş Süresi 2.9 Yıl

Tüm Sistem (0.79 m TL) Geri Dönüş Süresi 3.0 Yıl

Doğalgaz Isıtma

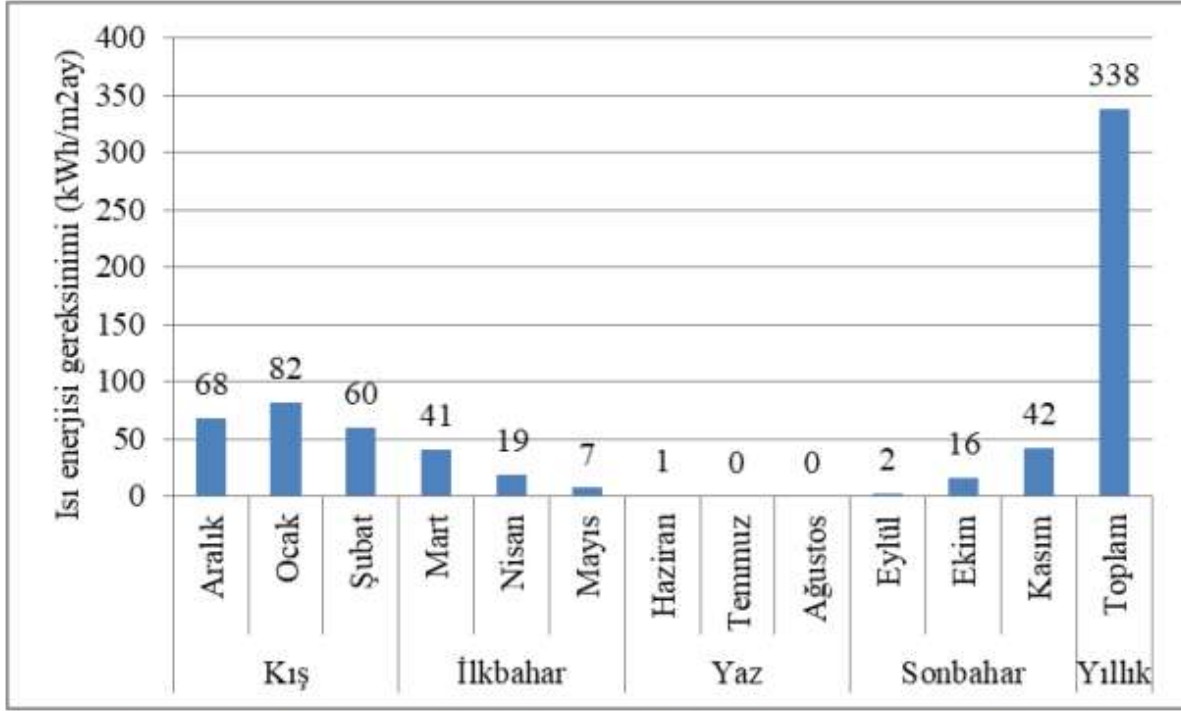
- Isıtma maliyeti 138.545 TL
- 216 m² seradan alınabilecek domates verimi 10.000 kg
- TOPLAM GİDER (Isıtma + Üretim Gideri)=138.545+42.500=181.045 TL
- **1 kg domates maliyeti: 18.1 TL**
- **10.000 kg domates kârı 269.000 TL**

Tüm Sistem (0.70 m TL) Geri Dönüş Süresi 2.6 Yıl

Jeotermal Isıtma

- Isıtma maliyeti 68.767 TL
- 216 m² seradan alınabilecek domates verimi 10.000 kg
- TOPLAM GİDER (Isıtma + Üretim Gideri)=68.767+42.500=111.267 TL
- **1 kg domates maliyeti: 11,2 TL**
- **10.000 kg domates kârı 339.000 TL**

Tüm Sistem (0.75 m TL) Geri Dönüş Süresi 2.2 Yıl



Mevsimler	Aylar	Yakıt miktarı	
		İthal kömür kg/m² ay	Doğalgaz m³/m² ay
Kış	Aralık	15	9
	Ocak	18	11
	Şubat	13	8
	Toplam	46	27
İlkbahar	Mart	9	5
	Nisan	4	2
	Mayıs	2	1
	Toplam	15	9
Yaz	Haziran	0	0
	Temmuz	0	0
	Ağustos	0	0
	Toplam	0	0
Sonbahar	Eylül	0	0
	Ekim	4	2
	Kasım	9	5
	Toplam	13	8
Yıllık Toplam (kg veya m³/m² yıl)		74	44

Çalışmada, serada ihtiyaç duyulan ısı enerjisi gereksinimi **ISIGER** uzman sistem ile saatlik değerlerden gidilerek hesaplanmıştır (Baytorun ve ark., 2016)

• Kömür = $74 \text{ kg/m}^2 \times 9.5 = 703 \text{ TL/m}^2$

216 m² sera için $703 \times 216 = \mathbf{151.848 \text{ TL}}$

• Doğalgaz = $44 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 14.23 = 626 \text{ TL/m}^2$

216 m² sera için $626 \times 216 = \mathbf{135.216 \text{ TL}}$

• Projemizde

Hidrojen Plazma kombi = $\mathbf{147.525 \text{ TL (216 m}^2\text{)}}$

• Projemizde

Doğalgaz = $\mathbf{138.545 \text{ TL (216 m}^2\text{)}}$



Üç farklı enerji sisteminin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amacıyla çeşitli verimlilik analiz yöntemleri, ölçüm sistemleri ve kıyaslama teknikleri uygulanmıştır. Her bir ısıtma sisteminin enerji dönüşüm etkinliği, maliyet-yararlılık oranı ve tarımsal üretime katkısı nicel olarak değerlendirilmiştir. Kullanılan başlıca verimlilik teknik ve yöntemleri:

1. Tüketilen Enerji Miktarı Açısından Enerji Verimliliği Analizi

- Her ısıtma sistemine entegre edilen sayaçlar ile elektrik, doğalgaz ve jeotermal su tüketimleri günlük olarak ölçülmüştür.
- Tüketilen enerji miktarı ile sera ortamının istenilen sıcaklık düzeyinde tutulduğu gün sayısı kıyaslanarak sistemin enerji verimi hesaplanmıştır.

a) **Hidrojen Plazma Kombi:** 30.046 kWh

b) **Doğalgaz:** $2.832 \text{ (kWh)} + (8.758,93 \text{ (gaz m}^3) \times 10,64) = 2.832 + 93.195 = 96.027 \text{ kWh}$

c) **Jeotermal:** $7.485 \text{ (kWh)} + (((3.557,76 \text{ (su m}^3) \times 1000) \times 4,18 \times 5)) : 3600 = 28.139,8 \text{ kWh}$

GES sistemi bir yıl boyunca 48.025 kWh elektrik üretmiştir. Hidrojen kombi ise 5 aylık ısıtma sezonunda 30.046 kWh enerji tüketmiş olup 17.979 kWh elektrik enerjisi üniversitenin sistemine entegre edilmiştir.



2. Maliyet Etkinlik Analizi (Cost-Effectiveness Analysis)

- Her ısıtma sisteminde kullanılan enerji miktarına karşılık oluşan toplam ısıtma maliyeti (TL) belirlenmiştir.
- Ayrıca On-Grid GES senaryosunda mahsuplaşma sonucu elde edilen gelir de maliyet analizine dahil edilmiştir.
- Böylece sistemlerin kg başına ısıtma maliyeti karşılaştırılmıştır.

3. Tarımsal Verimlilik Analizi

- Sistemlerin verim üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.
- Bitki gelişim süresi,
- Meyve tutumu oranı,
- Toplam verim (kg/m²)



4. Karşılaştırmalı Performans Değerlendirme (Benchmarking)

- Üç farklı sistem aynı iklim ve üretim koşullarında eş zamanlı olarak yürütüldüğü için doğrudan kıyaslamaya olanak tanımıştır.
- GES destekli On-Grid Hidrojen plazma kombi ısıtma sistemi ile kg domates maliyeti doğalgazlı ısıtma sistemine göre **%76.52** oranında iyileştirme sağlamıştır.
- GES destekli On-Grid Hidrojen plazma kombi ısıtma sistemi ile kg domates maliyeti jeotermal ısıtma sistemine göre ise **%62.05** oranında iyileştirme sağlamıştır.

5. Karbon Ayak İzi ve Çevresel Verimlilik Değerlendirmesi

- Fosil yakıtlı sistemlerle yenilenebilir enerji kaynaklı sistemlerin karbon salımı potansiyelleri karşılaştırılmıştır.
 - a) **Hidrojen Kombi:** $30.046 \text{ kWh} \times 0.492 = 14.782 \text{ kg}$
 - b) **Doğalgaz:** $(2.832 \text{ kWh} \times 0.492) + (8.758.93 \times 2.02) = 1393 + 17.693 = 19.086 \text{ kg}$
 - c) **Jeotermal:** $7.485 \text{ kWh} \times 0.492 = 3.682 \text{ kg}$
- CO₂ salım katsayısı 0,492 ton CO₂/MWh olarak alınmıştır.
- GES destekli On-Grid Hidrojen kombi sisteminin ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisi tamamen yenilenebilir enerji kaynağından elde edildiği için karbon salınımı sıfırlanmıştır. Hatta GES sisteminden elde edilen fazla elektrik enerjisi (17.979 kWh) üniversite tarafından kullanıldığı için 8.845 kg karbon salınımı da engellenmiştir.



ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMALARININ DESTEKLENMESİ

HİDROJEN ISITMA SİSTEMLİ GES HİDROSERA PİLOT UYGULAMA PROJESİ



Hidrojen – Plazma Kombi Sisteminin Avantajları ve Dezavantajları (Jeotermal ve Doğalgaza Kıyasla)

- Sistem kurulumu için alt yapı ihtiyacının daha düşük, kurulumun daha pratik ve özellikle küçük ölçekli işletmeler için daha düşük maliyetli olması.
- Sera ısıtması için yeterli sıcaklığa sahip olmayan jeotermal kaynakların (30-50°C), hidrojen kombiler ile ilave ısıtma yapılarak kullanılabilmelerine imkan sağlayabilecek olması.
- GES den elde edilecek elektriğin yaz aylarında seraların soğutma ve diğer elektrik ihtiyacını karşılayabilmesi.
- Sistemin CO₂ salınımı sıfır olduğu için, doğalgaz ve jeotermalden de daha çevre dostu olması.
- Sistemin bakım ihtiyacının çok az olması, arıza ihtimalinin düşük olması, işletiminin pratik olması.
- Jeotermal sondaj maliyetleri, kuyu bakım onarımı ve borularda oluşan kabuklaşma vb. maliyeti yüksek bakım kalemlerinin olmaması.
- Doğalgazın kent merkezlerine uzak bölgelerdeki işletmelere ulaştırılmasının yüksek maliyeti ve doğalgazdan kaynaklanabilecek afet risklerinin olmaması.
- Projede kullanılan hidrojen plazma kombinin yüzde yüz yerli ve milli bir sistem olması.
- Hidrojen plazma kombilerin GES sistemiyle entegre edilmeden kullanımında yüksek elektrik gideri oluşması
- Off-Grid sistemlerde depolama veya mahsuplaşma olmadığından, gece saatlerinde şebekeden elektrik tüketimi



Projenin belirlenen hedeflere ulaşma düzeyi ve sürdürülebilirliği

Proje kapsamında başlangıçta belirlenen teknik, ekonomik ve çevresel hedeflere büyük ölçüde ulaşılmıştır. Özellikle sera ısıtmasında güneş enerjisi destekli hidrojen plazma sisteminin uygulanabilirliği başarıyla test edilmiş ve aşağıdaki hedefler somut verilerle gerçekleştirilmiştir:

- **Enerji verimliliği sağlanmış**, Off-Grid ve On-Grid senaryolarında sistemin enerji üretim ve tüketim dengesi hesaplanmış, mahsuplaşma ile ek gelir elde edilmiştir.
- **Isıtma maliyetleri önemli oranda azaltılmış**, GES destekli On-Grid sistemle sera ısıtmasının sıfır maliyetle gerçekleştirilebildiği gösterilmiştir.
- **Sera içi sıcaklık kontrolü başarıyla sağlanmış**, iklimlendirme otomasyonu sayesinde bitki gelişimi için optimal sıcaklık değerleri korunmuştur.
- **Üretim süreci iyileştirilmiş**, domates verimi ve kalite parametreleri olumlu etkilenmiştir.
- **Fosil yakıt kullanımına alternatif geliştirilmiş**, çevreye duyarlı, yenilenebilir enerji temelli bir model uygulanabilir hale getirilmiştir.

Tüm bu sonuçlar, projenin hedeflerine yalnızca teorik düzeyde değil, uygulamalı olarak da ulaşıldığını açıkça ortaya koymaktadır.



Sürdürülebilirlik Düzeyi



- **Teknik sürdürülebilirlik:** Kullanılan GES destekli hidrojen plazma sistemi, uzun ömürlü, kurulumu kolay, düşük bakım gerektiren ve mevcut altyapıya entegre edilebilir bir teknolojidir. Sistem, tüm sera türlerine kolaylıkla adapte edilebilecek esnekliktedir.
- **Ekonomik sürdürülebilirlik:** Proje sonucunda geliştirilen modelle, üreticiler yüksek ısıtma maliyetlerinden kurtulmakta, fazla enerji üretimi sayesinde ek gelir elde edebilmekte ve yatırım geri dönüş süresi kısalmaktadır. Bu yönüyle sistemin ticari sera işletmelerinde de yaygınlaştırılması mümkündür.
- **Çevresel sürdürülebilirlik:** GES destekli hidrojen plazma kombi karbon salımı yapmayan bir model sunmakta, böylece tarımsal üretimde çevreye duyarlı bir enerji dönüşümü sağlamaktadır. Seralar yeterli düzeyde ısıtılabilirdiği için meyve tutumunu sağlamak amacıyla kullanılan kimyasal bitki gelişim düzenleyicilere olan ihtiyaç azalmakta bu da gıda güvenliği ve insan sağlığı açısından ilave fayda sunmaktadır.
- **Kurumsal sürdürülebilirlik:** Projenin üniversite ve KOP gibi bölgesel kalkınma odaklı kurumlar tarafından desteklenmiş olması, çıktılarının başka projelere temel oluşturabilecek nitelikte olduğunu ve yaygınlaştırılabileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, proje yalnızca kısa vadeli hedeflere değil, uzun vadeli **tarımsal sürdürülebilirlik, enerji dönüşümü ve kırsal kalkınma hedeflerine** de katkı sağlayacak düzeyde başarılı ve uygulanabilir bir model sunmaktadır.



KOP

TEŞEKKÜRLER