

TÜRKİYE GÜNEŞ ENERJİSİ SEKTÖRÜ

solar
3GW

TarımGES

ŞUBAT 2023
SOLAR3GW.ORG

*Hedefimiz
güneşte her yıl
3 GW
kurulu güç*

HAKKIMIZDA

Kimiz?

İklim krizinin çözümü için, yenilenebilir enerjinin; elektrik üretimi, ulaşım ve ısınma alanlarında tek kaynak olması gerektiği bilinciyle bir araya gelmiş Türkiye güneş enerjisi sektörü paydaşlarıyız.

Neyi amaçlıyoruz?

Ülkemizin, yüzyılımızda gerçekleşmekte olan “enerji devrimi”ne, tüm dünya ile eşzamanlı olarak ayak uydurabilmesi yolunda, iklim değişikliği ve güneş enerjisi alanında farkındalığını arttırmayı; bu yolla her yıl düzenli bir güneş enerjisi kapasitesinin şebekemize bağlanması için gerekli teknik ve mevzuat altyapısını oluşturmayı amaçlıyoruz.

Misyonumuz

Eskinin dönüşümüyle ya da tamamen yeni kapasite yaratılmasıyla, her yıl en az 3 GW güneş enerjisi gücünün şebekeye bağlanmasını sağlamak.

Vizyonumuz

Teknolojik anlamda yenilikçi, hukuksal anlamda paydaşların bütününe yararına çözümler üreterek; güneş enerjisi kapasite artışını istikrarlı ve sürdürülebilir bir çerçeveye oturtmak.

İÇİNDEKİLER

Kısaltmalar ve Kaynaklar	4
Başlarken	5
TarımGES nedir?	11
TarımGES ne değildir?	12
Tarihsel Gelişim	13
TarımGES Uygulamalarının Tarıma ve Sektöre Katkısı	14
TarımGES Uygulamalarının Faydaları ve Önündeki Zorluklar	15
TarımGES Uygulamalarının Faydaları	16
TarımGES Uygulamalarının Önündeki Zorluklar	24
TarımGES Elektrığının Kullanım Alanları	24
TarımGES Uygulamaları ve Kullanılan Ekipman	25
TarımGES'in Geleneksel Tarıma Göre Getirdiği Avantajlar ve Farklılıklar	29
TarımGES'e En Uygun Olan, En Sık Yetiştirilen Tarım Ürünleri	29
TarımGES Hakkındaki Mevzuat ve Teşvikler	30
Türkiye'de TarımGES Uygulamaları	31
Dünyadan Örnekler	34
Ar-Ge Kapsamında Kurulan TarımGES Örnekleri	35
TarımGES Farklı Uygulama Türlerine Dair Örnekler	37
TarımGES'in Solar3GW Önerileri İçindeki Yeri	39
TarımGES Konusundaki Öneriler	39

KISALTMALAR VE KAYNAKLAR

Kisaltmalar

GES: Güneş Enerjisi Santrali

EPC: Engineering, Procurement and Construction (Taahhüt firmalarını nitelemektedir)

YETA: Yenilenebilir Enerji Tedarik Anlaşmaları

PAR: Photosynthetically Active Radiation (Fotosentetik Aktif Radyasyon)

Kaynaklar

- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, mgm.gov.tr
- Fraunhofer ISE, <https://www.fraunhofer.de>
- National Renewable Energy Laboratory, <https://www.nrel.gov/>
- ODTÜ GÜNAM <https://odtugunam.org/>
- PV Magazine, <https://www.pv-magazine.com/>
- Springer Link, <https://link.springer.com/>
- Science Direct, <https://www.sciencedirect.com/>
- University of Sheffield, <https://www.sheffield.ac.uk/>
- Company Websites: MetSolar, Sun'Agri2B, Next2Sun, Enel Green Power, BayWa, Enel, The Guardian, REM Tec
- Ravi S, Macknick J, Lobell D, Field C, Ganesan K, Jain R, Elchinger M, Stoltenberg B (2016) Colocation opportunities for large solar infrastructures and agriculture in drylands. Appl Energy 165:383-392.
- Agrivoltaics provide mutual benefits across the food-energy-water nexus in drylands by Barron Gafford and colleagues <https://www.nature.com/articles/s41893-019-0364-5>
- Solar 3GW paydaşları görüş ve modelleri

BAŞLARKEN

Azalan ve kıt kaynaklara yeni bir çözüm: TarımGES

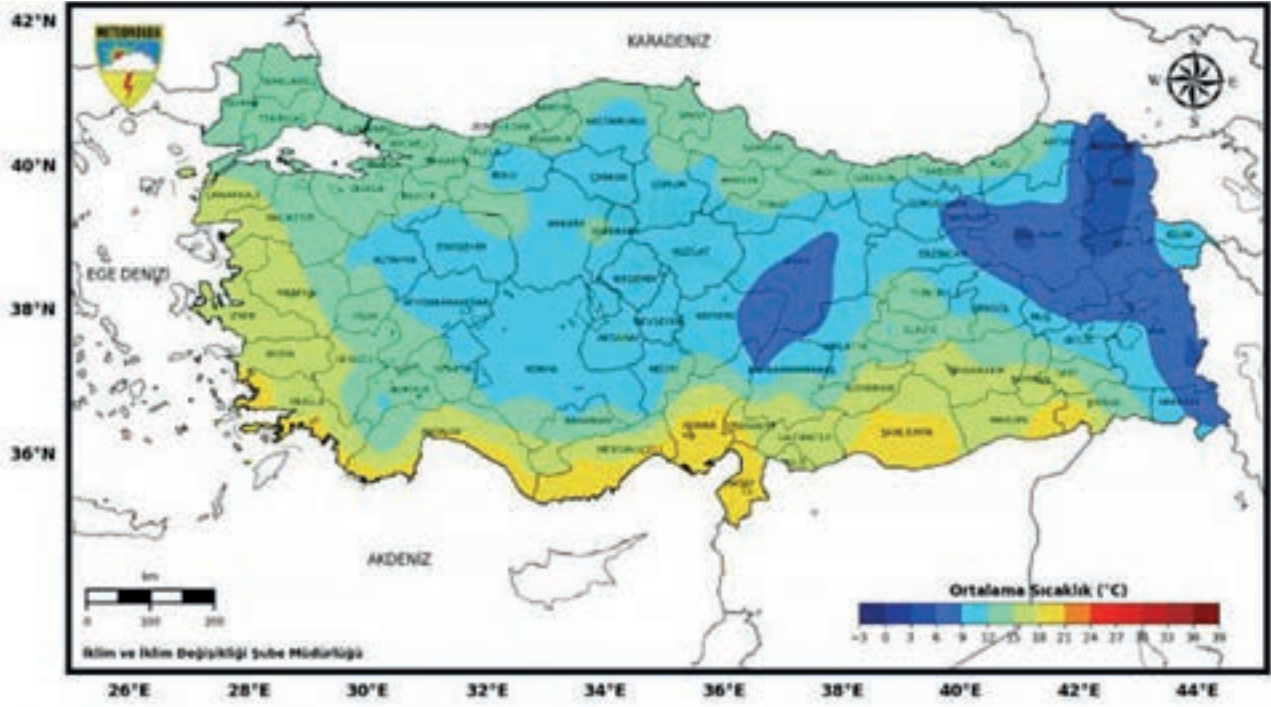
İklim değişikliği nedeniyle bize yaşam olanağı sunan yeryüzünün bu olanaklarının giderek azalmakta olduğu bir gerçek. Artan sıcaklıklar; değişen oranda yeryüzüne düşen yağmur miktarı; fırtınalar, hortumlar gibi giderek şiddetini arttıran olağanüstü hava olayları ve su gibi azalmakta olan hayati kaynaklar nedeniyle, içinden geçtiğimiz dönemde daha az kaynaktan daha fazla verim almaya yönelik teknolojiler ve uygulamalar giderek önem kazanmaktadır.

TarımGES aynı toprak parçasından hem elektrik hem tarım üretimi yapılabilen bir uygulama olanağı tanınmasıyla azalan kaynakların yönetimine yenilikçi bir çözüm sunan bir uygulamadır. Tarım üreticisine FV modüllerin sertleşen iklim koşullarına karşı korumayla daha yüksek bir verimle ürün elde etme, aynı zamanda elektrik gibi yüksek bir maliyet girdisini optimize etme hatta tüketimin artı kalan kısmında gelir kaynağı haline getirebilme olanağı sağlaması sosyal politikalara da katkı sağlayabilecek bir konudur. Yaşanan kuraklığa, giderek daralan kullanılabilir arazilere ve ülkelerin ekonomik politikalarına göre farklı şekilde uygulama olanağı sağlanabilecek tarımGES bu nedenle iklim değişikliğine karşı mücadele ederken önemli bir araçtır. Önemli olan ülkenin ihtiyaçları doğrultusunda bu aracı en doğru şekilde kullanabilmesidir.

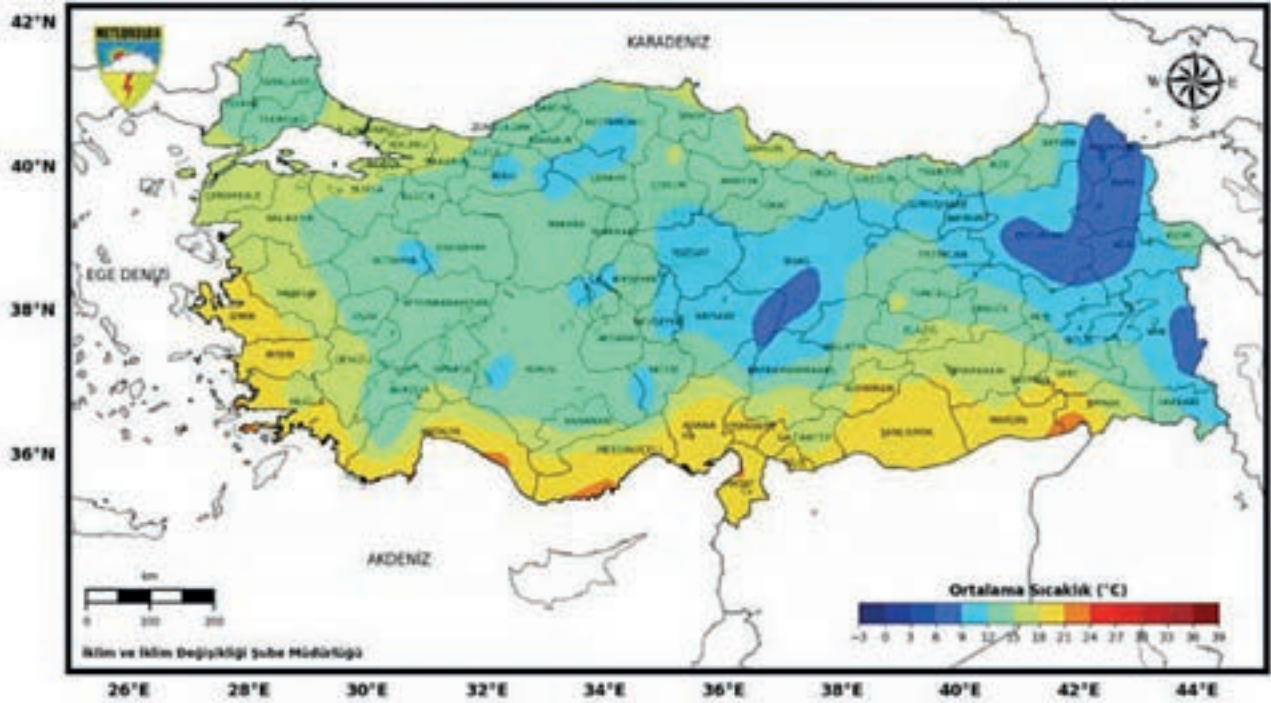
Türkiye, son yıllarda dünyadaki pek çok ülke gibi bir yandan pandemi etkisiyle daha da tetiklenmiş ekonomik krizle mücadele ederken bir diğer yandan enerji bağımlılığından ötürü enerji arzında başgösteren sıkıntılarla başa çıkmaktadır. Kendi kaynaklarıyla mümkün olan en fazla üretimi sağlamanın bu kriz ortamından çıkışa dair en akılcı çözüm yolu olduğu belirgin olup, varolan kaynakları en verimli şekilde kullanabilme olanağı veren tarımGES ülkemiz için de özellikle bu süreçte yararlanılması gereken bir uygulamadır.



Ortalama Sıcaklık Haritası (1981-2010, Türkiye)



Ortalama Sıcaklık Haritası (2021, Türkiye)

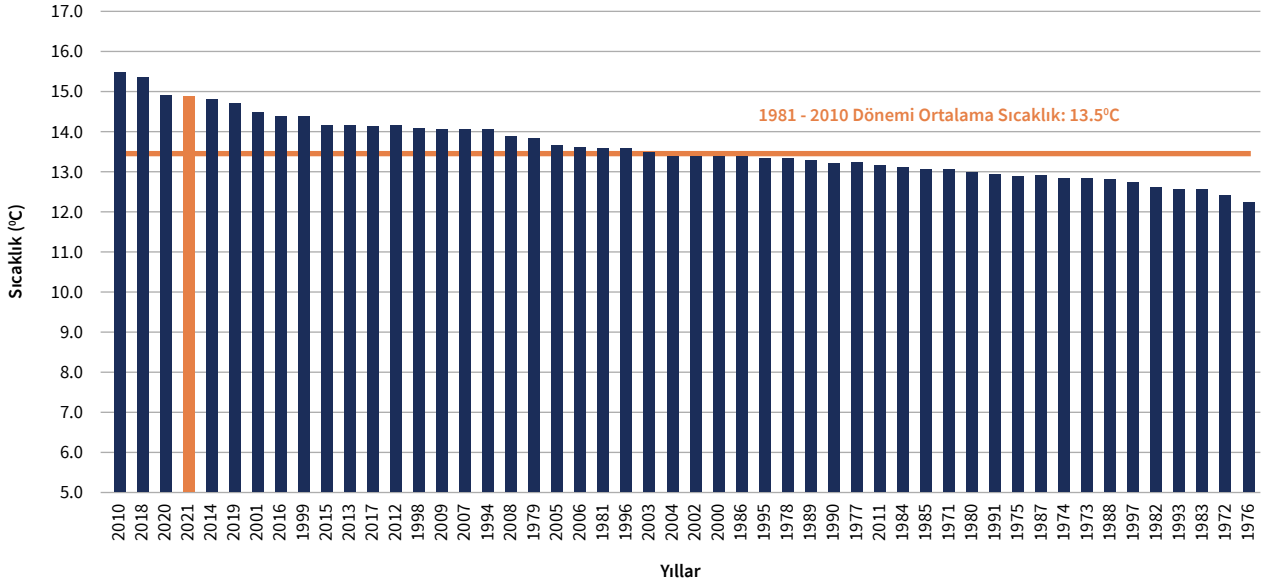


Kaynak: MGM

1981-2010 yılları arası ortalama sıcaklık 13.5°C iken, 2021 yılındaki ortalama bunun 1.4°C üzerinde, 14.9°C olarak gerçekleşmiştir.

2021 yılı 1976'dan bu yana 14.9°C sıcaklık ortalamasıyla en sıcak dördüncü yıl olmuştur. En sıcak yıllara baktığımızda 2010'dan bu yana olan yılların sekizinin bu sıralamada önde geldiğini görebiliriz. Giderek artan bu sıcaklık ortalamaları, iklim değişikliği perspektifinden önemli bir göstergedir.

Yıllık Ortalama Sıcaklık Sıralaması (1976-2021, Türkiye)



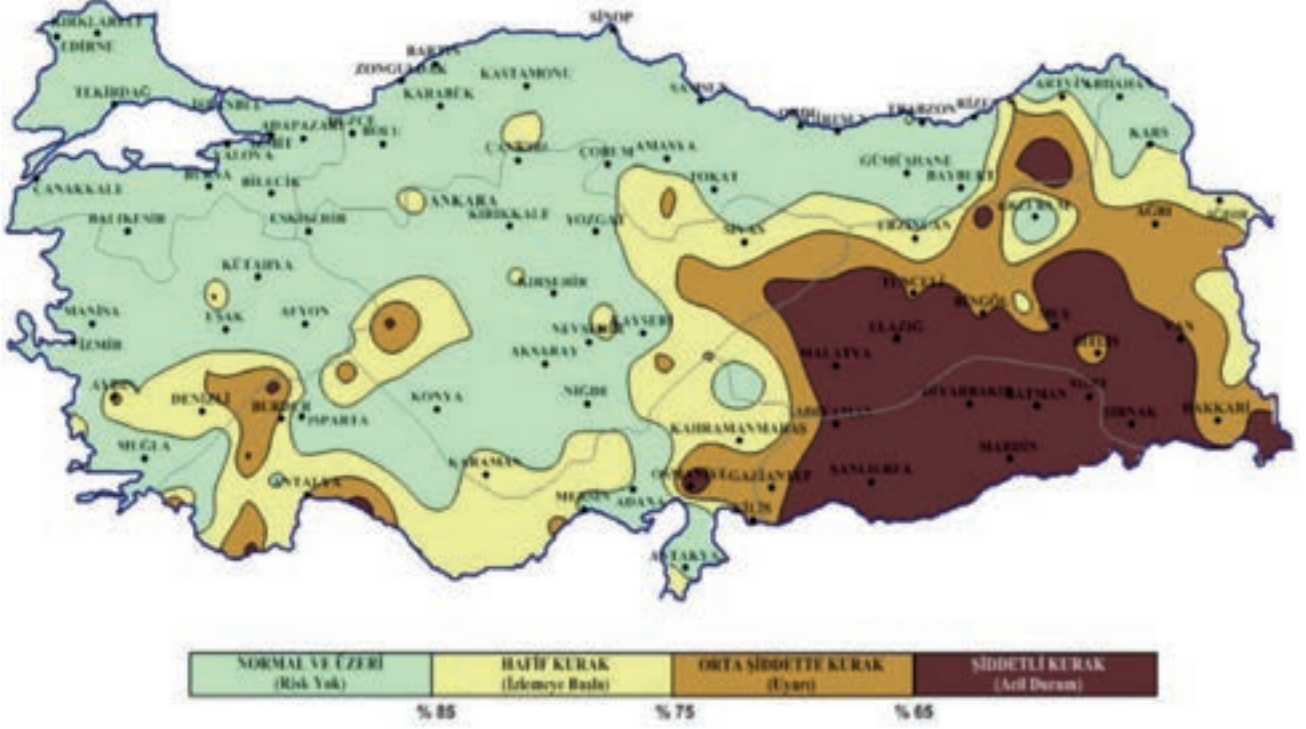
Kaynak: MGM

2020-21 yılı kış mevsimi ortalama sıcaklığı 6.2°C ile 1981-2010 ortalaması olan 3.6°C'nin 2.6°C üzerinde gerçekleşmiştir. Yaz ortalaması ise 1981-2010 ortalamasına göre mevsim normallerinin 1.3°C üzerinde gerçekleşmiştir.

2021 yılı yağışlarında yine kaydadeğer oranda bir azalış görülmektedir. 2021 yılında 524.8 mm olan alansal yağış toplamı, 574 mm olan 1991-2020 normalinin %9 altında seyretmiştir.

Türkiye, ortalama yükseltisi 1.100 m'den fazla, yüksek bir ülkedir. Ülkemizin yüzölçümünün %55'den fazlası 1000 m'den yüksek alanlara aittir. Bu fiziki koşul, Türkiye'nin iklim koşulları üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Türkiye'nin karasallık derecesinin yüksek olması, ülkede oluşan kuraklığa da önemli etkide bulunmaktadır.

Normalin Yüzdesi Metodu (PNI) ile Kuraklık Haritası (2021, Türkiye)

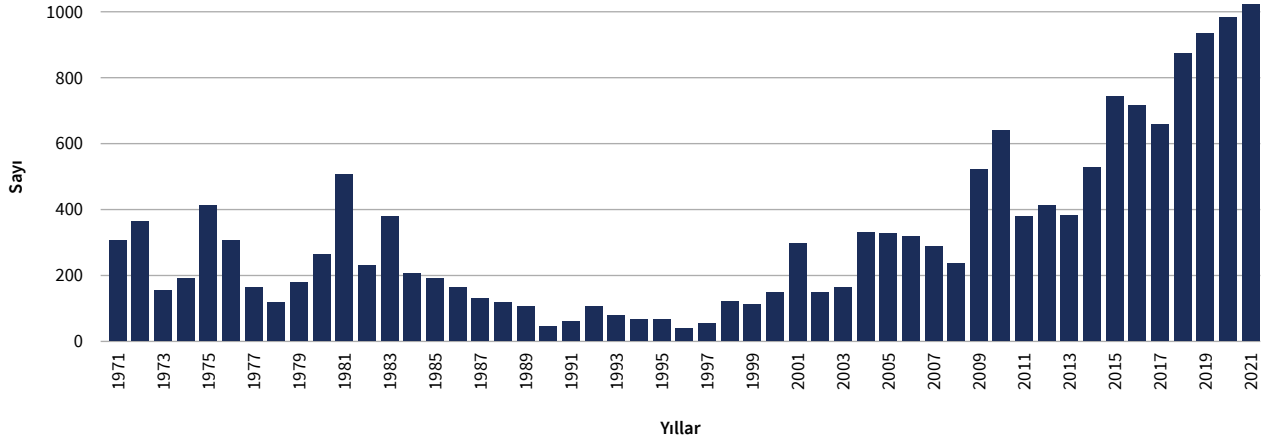


Kaynak: MGM

Yukarıdaki kuraklık haritasına göre özellikle Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu ve İç Anadolu bölgelerinde değişen şiddetlerde yoğun meteorolojik kuraklık görülmektedir.

2021 yılında 1024 ekstrem hava olayı yaşanmış, bu yıl 1971'den bu yana en fazla ekstrem hava olayı yaşanan yıl olmuştur. Aşağıdaki grafik, son yıllarda ekstremler hava olayı sayısının tutarlı bir şekilde arttığını göstermektedir.

Yıllık Ekstrem Hava Olayları (1971-2021, Türkiye)



Kaynak: MGM

2021'de gerçekleşen ekstrem hava olaylarından %40'ı fırtına-hortum, %28'i şiddetli yağış-sel, %13'ü dolu, %7'si şiddetli kar şeklinde gerçekleşmiştir.

Artan sıcaklıklar, artan kuraklık, azalan yağmur miktarları ve artan ekstrem hava olayları şeklinde ülkemizde de kendini gösteren iklim değişikliği süreci karşısında elimizde bulunan kaynakları nasıl kullandığımız, geleceği nasıl planladığımız her zamankinden çok daha önemlidir. Bu nedenle verimliliği düşük ya da kısıtlı olan tarım arazilerinin hem tarım hem elektrik üretimi için kullanılması ilk adımda kaynakların verimli kullanılması açısından önemli bir ilk adım olacaktır. TarımGES tarım arazilerinin elektrik kullanımı için açılması amacına hizmet etmemektedir, önemli olan mevcut arazilerin en optimum verimlilikte kullanılmasına kanal açmaktır.



TarımGES Nedir?

Güneş enerjisinden elektrik üretimi ve tarımsal üretimin eşzamanlı olarak aynı arazi üzerinde yapıldığı entegre sistem kurulumudur.

Alman Standardizasyon Enstitüsü'nün tarımGES sistemleri için tanımlanmış 91434 numaralı standardına göre ise; TarımGES öncelik tarımsal üretime sağlanacak şekilde aynı arazinin elektrik üretimi için de ikincil bir amaçla kullanılmasıdır.

Bu konudaki tanımlar bölgeden bölgeye farklılık göstermekle birlikte, konuyla ilgili öncü araştırma kuruluşlarından olan Fraunhofer tarımGES'i üç ana kategoriye ayırmaktadır;

1. Tarlalar: meyve, sebze bağcılık ve ekilebilir-dikilebilir tarımın yapıldığı araziler
2. Çayırlar, Otlaklar
3. Seralar

Yanısıra bahçe bitkileri yetiştiriciliği yapılan alanlarda ve balık çiftliklerinde de diğerleri kadar yaygın olmasa da tarımGES uygulamaları yapılabilmektedir.

Yeni teknoloji fotovoltaik modüller ile, tarım arazilerinin verimli bir şekilde ikili kullanımı sağlanır. FV modüller ışık alma ihtiyacına göre konumlanır ya da ışık geçirgenliği olan teknolojilerde tercih edilir ve konstrüksiyonun altında yetişen ürünün fotosentezden elde edilen ışık verimi ile hem üretim verimliliği artar hem de kötü hava şartlarından korunmuş olur. Ayrıca modüllerin altındaki bitkilerin ve toprağın su kaybı azalmaktadır. Yanısıra bitkilerin terlemesi modüllerde soğutucu bir etki yaratmakta ve bu da elektrik üretim verimini arttırmaktadır.

Ek olarak, tarımGES projeleri çiftçiler, küçük ve orta ölçekli işletmeler tarafından kurulduğu bölgelere değer katar ve kırsal kalkınmaya teşvik eder.



TarımGES Ne Değildir?

- Tarımsal sulama değildir ancak kurulacak olan tarımGES'e bir seçenek olarak sulama çözümü entegre edilebilir.
- Standart bir GES sahasının hemen yanında meyve, sebze yetiştirmek değildir, ürünü koruyacak ve gerekli ışığı alması sağlanacak şekilde FV modüllerden elektrik üretimi sağlayarak taşıyıcı bir konstrüksiyonun altında tarım ürünü yetiştirilmesidir.
- TarımGES yalnızca tarım ürünü yetiştirmeyi değil aynı zamanda saha içinde güvenli bir şekilde hayvancılığı da ele alabilir.

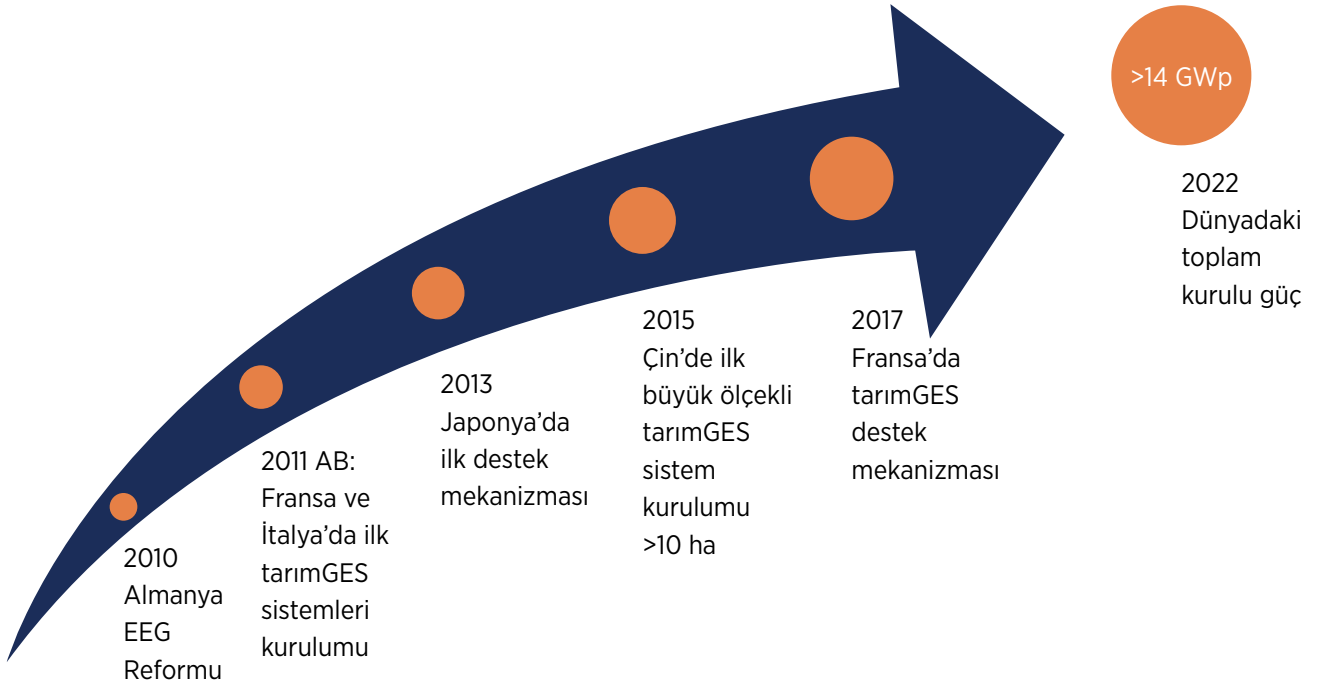


Kaynak: Wikimedia Commons

Tarihsel Gelişim

- Geçtiğimiz yıllarda ilgi ve test amaçlı tarımGES kuruluşları hızla artmıştır. Kenya gibi yoksul Afrika ülkelerinden İsveç gibi güneş yoksulu ülkelere kadar uygulamalara rastlamak mümkündür.
- Kurulu güç olarak katlanarak artan tarımGES uygulamaları, 2012'de 5 MWp'ten günümüzde dünya çapında 14 GWp'i geçen bir toplam güce ulaşmıştır.
- Geline bu aşamada, devlet tarafından sağlanan fonların tarımGES gelişiminde önemli etkisi olmuştur; Japonya (2013'ten beri), Çin (2014'ten beri), Kore (2016'dan beri), Fransa (2017'den beri), ABD (2018'den beri).
- Almanya'da 1.700 GW tarımGES potansiyeli olduğu tahmin edilmektedir.
- Japonya tarımGES uygulamalarında başı çeken ülkelerden biridir. Ülkede şu ana kadar 3.000'den fazla uygulama yapılmıştır.

2010'dan Bugüne TarımGES



Kaynak: Fraunhofer ISE

TarımGES Uygulamalarının Tarıma ve Sektöre Katkısı

- Fotovoltaik modüller, altındaki toprakta ve bitkilerde su kaybının önlenerek topraktaki nem dengesinin sağlanmasını, kuraklık yaşanan yerlerde bazı mahsüllerin hasatının ve kalitesinin artmasını sağlar.
- FV modüller, tarım ürünlerini ışık kaynaklı hasara karşı koruyarak fotosentezi artırır.
- Altındaki bitkilerin terlemesi modüllere soğutucu etki yapar ve elektrik üretim verimini artırır.
- Dolu, don ve yoğun yağıştan kaynaklanan mahsül kayıplarına karşı koruma sağlar.
- İklim değişikliğiyle artan sıcaklıkların olumsuz etkilediği domates, brokoli, lahana ve ıspanak gibi tarımsal ürünlere gölge sağlayarak bitki stresini azaltır ve daha verimli bir hasat elde edilmesine yardımcı olur.
- Özellikle kuraklık olan bölgelerde, uygun sistem tasarımıyla yağmur suyu toplanarak, sulama ve FV modül temizliğinde kullanılarak katkı sağlar.
- Çiftçinin gelir akışı desteklenir, uzun vadede öngörülebilir elektrik maliyetleriyle üretimini daha sürdürülebilir kılar.
- Konstrüksiyon konusunda sektöre gelişim imkanı sunar. Sulama seçeneğiyle geliştirilerek su kullanımında azaltım potansiyeli sağlanabilir.
- Topografik açıdan bozulmuş araziler doldurularak tarımsal açıdan yeniden bir canlanma sağlanır.
- Bölge ekonomisinin gelişmesine katkı sağlar.



TarımGES Uygulamalarının Faydaları ve Önündeki Zorluklar

Faydaları

1. Uygulamaya elverişli alanları mahsül, enerji ve su açısından daha verimli kullanabilmesi
2. Dolu, don ve kuraklık ihtimallerine karşı tarımsal üretime koruma sağlaması
3. FV modüllerin altında yetiştirilen mahsüllerin toprağın ısı derecesini düşük tutması nedeniyle modüllerin performansını arttırması
4. Tarım arazisi sahiplerinin gelir kaynaklarını çeşitlendirmesi, elektrik maliyetlerine katkı sağlaması
5. Araziyi hem tarım hem de elektrik üretimi için iki amaca hizmet edecek şekilde kullanabilme avantajı sunması
6. Özellikle kurak coğrafyalarda yağmur suyundan faydalanabilme avantajı sağlaması
7. Yerinde üretim-tüketim konusunda enerji dönüşümüne uygun bir çözüm sunması

Önündeki Zorluklar

1. Yasal mevzuatta iki amaçlı alan kullanımının öngörülmemiş olması
2. TarımGES uygulamasına dair önyargılar

Kaynak: Fraunhofer ISE

TarımGES Uygulamalarının Faydaları

1. Uygulamaya elverişli alanları mahsül, enerji ve su açısından daha verimli kullanabilmesi

Yapılan Ar-Ge çalışmalarında belirlenen coğrafyada;

MAHSÜL

- Acı biber üretiminin üçe katlandığı
- Çeri domates üretiminde su kullanım verimliliğinin %65 fazla olduğu ve toplam üretimin ikiye katlandığı gözlemlenmiş.

SU

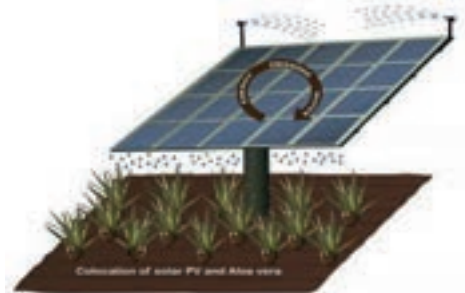
- Tarım-GES uygulamalarında iki günde bir yapılan sulamalarda toprağın nemini %15 oranında, her gün yapılan sulamalarda %5 oranında daha fazla koruduğu
- Su kullanımının %65 azaldığı gözlemlenmiş

ENERJİ

- Tarım-GES uygulamalarında kullanılan FV modüllerin gün boyunca geleneksel FV modüllere göre yaklaşık 9°C daha az ısındığı ve daha iyi performans gösterdiği gözlemlenmiş

Kaynak: NREL

Hindistan'da yapılan bir tarımGES uygulamasında FV modül temizliğinde kullanılan suyun, modüllerin altında yetiştirilen aloe vera verimliliğini sağlamak için gereken miktar suyla benzer olduğu hesaplanarak, iki sistemin entegrasyonun arazi ve su kaynaklarının kullanımı açısından maksimumda kullanılabileceği ortaya konmuştur. Bu entegrasyon, özellikle kurak ya da giderek kuraklaşan arazilerin daha verimli kullanımı için hem ekonomik hem sosyal fayda yaratmaktadır.



Kaynak: Ravi S, Macknick J, Lobell D, Field C, Ganesan K, Jain R, Elchinger M, Stoltenberg B (2016) Collocation opportunities for large solar infrastructures and agriculture in drylands. Appl Energy 165:383-392.

2. Dolu, don ve kuraklık ihtimallerine karşı tarımsal üretime koruma sağlaması

İklim değişikliğinden kaynaklanan kuvvetli güneş ışınımı, artan ısı ve giderek daha sıklıkla gerçekleşen don ve dolu gibi artan ekstrem hava olayları tarımsal verimi giderek daha olumsuz etkilemektedir. FV modüllerin doludan koruma sağlayan ağlar yerine nasıl bir sistem konfigürasyonu ile hangi mahsüllerle eşleştirileceği ve mahsüller üzerinde ne denli bir koruma sağladığı Fraunhofer ISE gibi araştırma enstitüleri tarafından araştırılmaktadır. Burada öncelik, mahsüllerin korunmasına yarayan ağların FV modüller tarafından ne denli ikame edilebileceğinin anlaşılması ve dolayısıyla üretimin mümkün olduğunca eski verimini koruyacağı şekilde sürdürülmesidir. Elde edilen mahsüllerin yüksek nitelikte olması ve aynı zamanda güneş elektriği üretilmesi eşanlı sağlanacak diğer hedeflerdir.

FV modüllerin gölgelemesiyle kuraklığa karşı zayıf bazı ürünlerin yetişmesindeki stres faktörü azalmakta, ortam gündüz ve gece daha sabit bir ısı derecesini koruyabilmektedir.



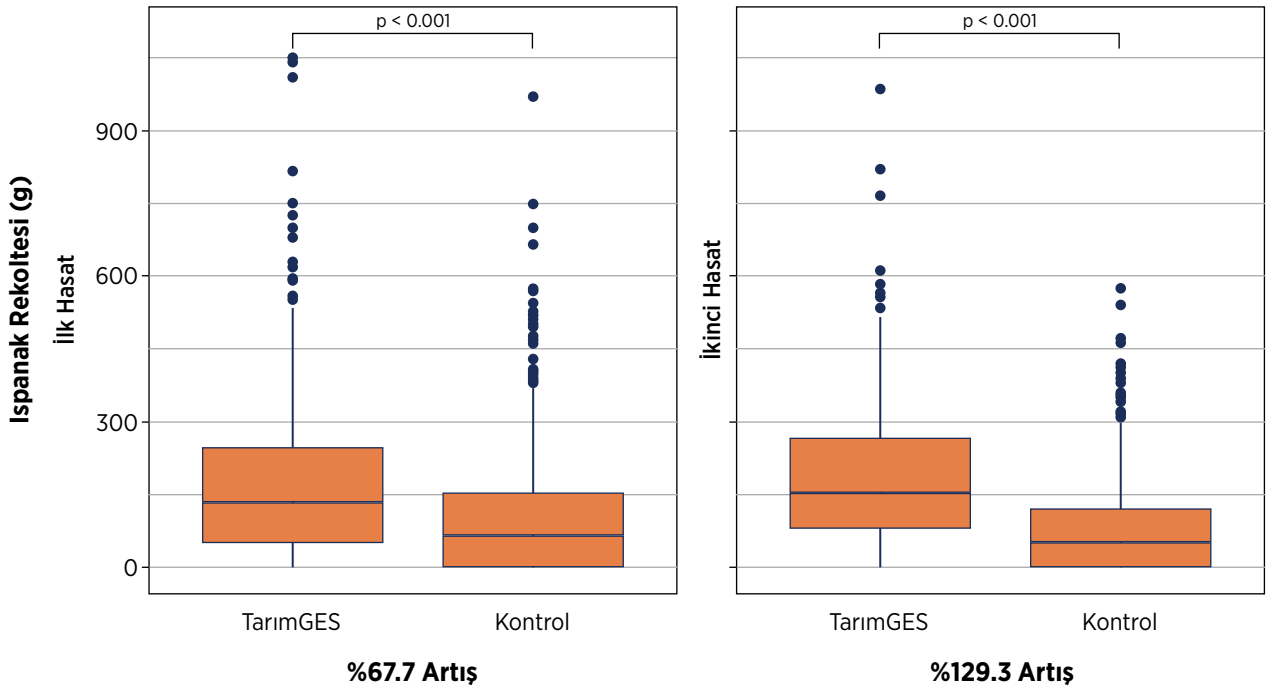
APV-Resola TarımGES Projesi

APV-Resola projesiyle tarımGES uygulamasının teknik anlamda yapıtaşlarını araştırmak ve bunun fizibilitesini ortaya koymak amaçlanmıştır.

Kaynak: Fraunhofer ISE, Wikimedia Commons

Tanzanya Sürdürülebilir Tarım Projesi

Tanzanya'da yürütülen sürdürülebilir tarım projesinde, ıspanak rekoltesinde yıldan yıla gelişim sağlandığı görülmüştür.

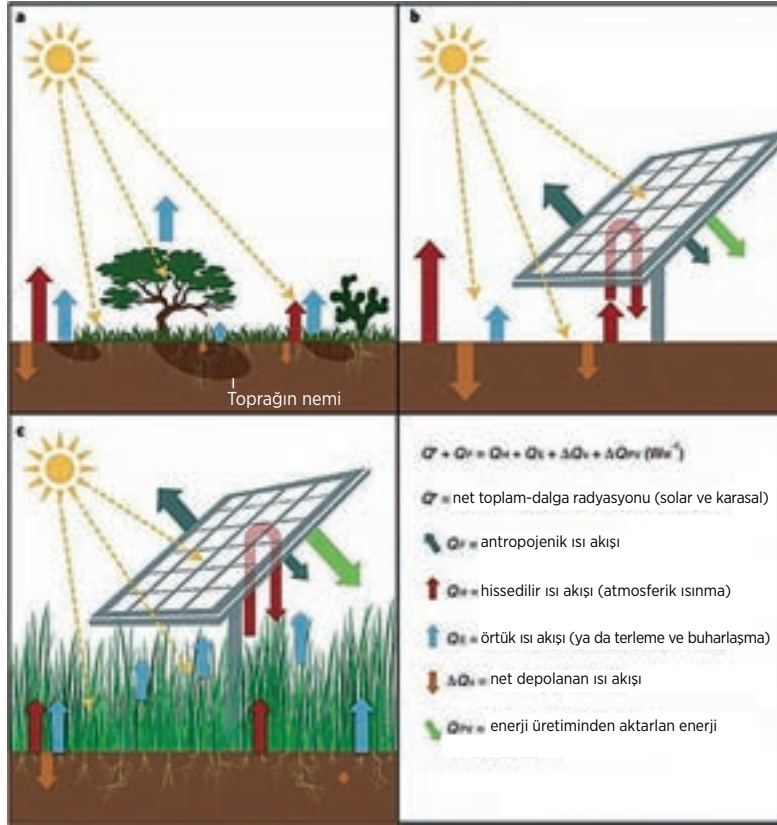


Kaynak: J.Maró & A. Mbele

3. FV modüllerin altında yetiştirilen mahsüllerin toprağın ısı derecesini düşük tutması nedeniyle modüllerin performansını arttırması

Bitkilerin terlemesinin FV modüller üzerinde soğutucu bir etki yaratarak elektrik üretiminde marjinal gelişim sağladığı bilinmektedir. Aynı lokasyondaki TarımGES kurulumunun, alışlagelen GES kurulumuna göre yıllık bazda yüzde bir oranında daha fazla elektrik ürettiği görülmüştür. Bu artış yaz aylarında yüzde üçü bulmaktadır.

TarımGES Uygulamasında Gün Ortası Enerji Alışverişindeki Değişikliklerin Gösterimi



a,b: Güneşten gelen enerjinin eşit oranlarda olduğu varsayıldığında (kırık sarı oklar), bitkilerle kaplı bir ekosistemden (a) bir güneş FV kurulumuna (b) geçiş, bitki örtüsünün ve mavi oklarla temsil edilen örtük ısı akışlarının ortadan kalkması nedeniyle bölgenin enerji akışı dinamiklerini önemli ölçüde değiştirecektir. Bu, daha yüksek yerleştirilmiş sıcaklıklar sağlayan daha büyük hissedilir ısı akışlarına (kırmızı ve turuncu oklar) yol açar.

c: Bitki örtüsünün, bu durumda tarım bitkilerinin yeniden yetiştirilmesi, örtük ısı akışlarını eski haline getirir ve atmosfere hissedilir ısı kaybını azaltacaktır. FV modüllerden enerjinin yeniden radyasyonu (açık mavi oklar) ve elektriğe aktarılan enerji (yeşil oklar) da görselde ayrıca gösterilmektedir. Ok boyutu ve adedi, etkinin büyüklüğünü simgelemektedir.

Kaynak: Agrivoltaics provide mutual benefits across the food-energy-water nexus in drylands by Barron-Gafford and colleagues

4. Tarım arazisi sahiplerinin gelir kaynaklarını çeşitlendirmesi, elektrik maliyetlerine katkı sağlaması

TarımGES uygulamaları arazi sahiplerine mahsülden kazandığının yanısıra, GES sistemi sayesinde elektrik üretebilme ve satabilme imkanı sağlamaktadır. Bu sadece elektrik satışı olarak değerlendirilmemeli, çiftçinin elektrik maliyetlerine, bir başka deyişle öztüketim harcamalarına büyük ölçüde katkı sağlayan bir konu olarak görülmelidir. Son yıllarda iklim değişikliğinin ve ekonomik krizin neden olduğu koşulların zorlayıcılığı karşısında bu durum çiftçiye ekonomik faaliyetini sürdürebilmesi açısından imkan sağlamaktadır. TarımGES uygulamaları tarımda dışa bağımlılığın önünü kesebilecek, çiftçinin refahına katkıda bulunabilecek uygulamalardandır.



© Wikimedia Commons

5. Araziyi hem tarım hem de elektrik üretimi için iki amaca hizmet edecek şekilde kullanabilme

'Agrivoltaic' terimi ilk kez Christophe Dupraz tarafından liderlik edilen bir grup bilimadamı tarafından kullanılmıştır. Bu grup 'agrivoltaic' yani tarımGES uygulamalarına dair yaptıkları araştırmalarda toprağın veriminin yüzde 35 ile yüzde 73 arasında arttığını ortaya koymuştur.

Fraunhofer bünyesindeki bilim insanları da hem güneş ışınımı hem de tarımsal üretimin birlikte nasıl daha sinerjik gerçekleşeceğine dair araştırmalarını çeşitli projeler ile sürdürmektedirler. Fraunhofer'ın yürüttüğü bu proje İsviçre, Almanya ve Avusturya'ya sınırları olan Lake Constance'da gerçekleştirilmiş ve bu kapsamda toplam kurulu gücü 194 kWp olan bir sistem kurulmuş, bu sistem dahilinde 720 adet çift yüzlü (bifacial) FV modül kullanılmıştır.

Araştırmacılar FV modülleri, mahsüllerin neredeyse uygulama olmasaydı alacakları kadar güneş ışığına maruz kalacakları şekilde beş metre yukarı yerleştirmişler, böylelikle üretim için kullanılan teknikler alışlagelen şekilde sürdürülebilmştir. 2016'da kurulumu yapılan bu projenin 2017 ve 2018'de alınan sonuçlarına göre arazinin kullanım verimliliği sırasıyla yüzde 60 ve yüzde 84 artmıştır.

Constance Gölü'ndeki Fraunhofer ISE tarımGES Araştırma Projesi



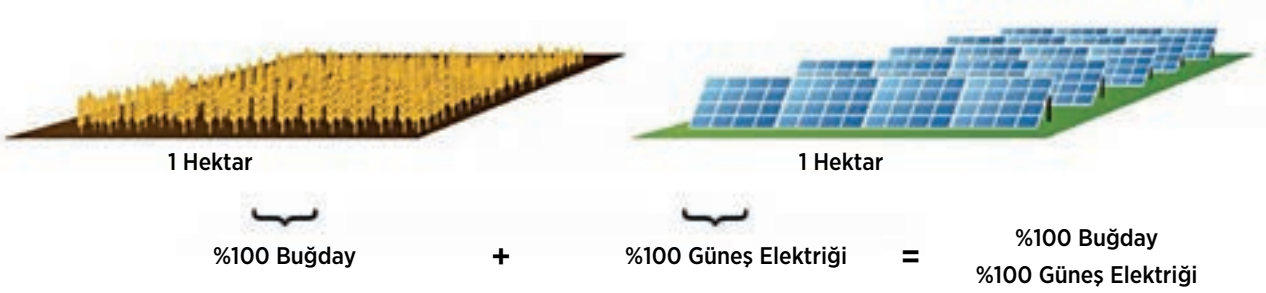
© Fraunhofer ISE



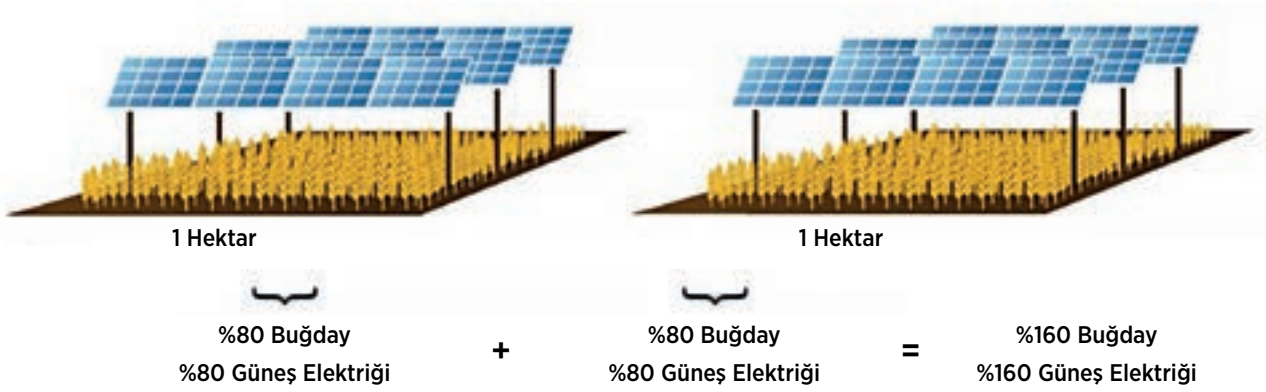
© Hofgemeinschaft Heggelbach

Kaynak: metsolar.eu, Fraunhofer ISE

Ayrı Amaçlar İçin Kullanılan Arazilerdeki Verim



İki Amaç İçin de Kullanılan Arazilerdeki Verim



Kaynak: Fraunhofer ISE

Tarım arazinin iki amaca hizmet edecek şekilde kullanılması arazi kullanım verimini %60 üzerinde arttırmaktadır. Giderek daha doğru değerlendirilmesi gereken kritik önemde bir kaynak olarak görülmesi gereken toprağın hem elektrik hem gıda üretimi için kullanılıyor olması ilk bakışta tekli kullanım açısından verimi düşürüyor gibi görünse de, ikili kullanıma hizmet vermesi açısından kaynağın verimini arttırmaktadır.

6. Özellikle kurak coğrafyalarda yağmur suyundan faydalanabilme avantajı sağlaması

TarımGES sistemlerinin bir diğer avantajı, suyun kıt bir kaynak olduğu coğrafyalarda, yağmur suyunun toplanarak sulama ve panel temizliği amaçlarıyla kullanılabilmesidir. Su konusunda verimli bir döngü oluşturulan V-görünümlü ya da yerleştirilen kanallara akış sağlayan farklı eğimlerde sistem tasarımları yapılmaktadır. Bununla ilgili olarak, AB ve Prima liderliğinde Cezayir’de 2019’da başlatılmış ve hala sürmekte olan, ‘Şeylerin İnterneti’ ile entegre WaterMed 4.0 projesi hayata geçirilmiştir. Aynı zamanda 2020’de Mali ve Gambiya’da APV-MaGa Araştırma projesinde de su, enerji ve yiyecek üçgenine odaklı beş prototip system kurulmuştur.

7. Yerinde üretim-tüketim konusunda enerji dönüşümüne uygun bir çözüm sunması

GES’ler için sadece marjinal kuru tarım arazilerine yönelmek, yerleşim yerleri ve sanayi bölgelerinden santralleri gitgide uzaklaştırmaktadır. Bu doğrultuda tarımGES yerinde üretim-tüketim konusunda enerji dönüşümüne uygun aşağıdaki şekilde faydalar sunmaktadır;

- Elektrik üretimini, tüketime yaklaştırarak, artan şebeke verimi.
- Aşağı çekilen işletme maliyetleri.
- Tarım için gereken sulama pompası, aydınlatma, ısıtma vb. faaliyetlerde gerekli olan enerjinin en ucuz şekilde yerinde üretilebilmesi

TarımGES Uygulamalarının Önündeki Zorluklar

1. Mevzuatta iki amaçlı alan kullanımının öngörülmemiş olması

Mevzuatta tarımsal üretimin ve elektrik üretiminin aynı anda sağlanmasına yönelik tarımGES uygulaması henüz konu edilmemiştir. Aksine; tarım arazisi vasfı taşıyan arazileri elektrik üretimine konu etmek mümkün değildir, GES uygulamalarına dayalı başvurular için tarımsal kullanım bütünlüğünü bozan alanları kapsamadığına dair ilgili il veya ilçe müdürlüklerinden belge alınmaktadır. TarımGES uygulamaları tarım alanlarının bütünlüğünü bozmamakla birlikte, aynı alanı daha verimli kullanmayı amaçlayan ve çiftçinin ekonomisine katkı sağlayan uygulamalardır. Bu konuda yapılacak olan uygulamalarda atıl halde bulunan halihazırda üretim yapılmayan tarım arazilerinden yararlanılabileceği gibi, üretim yapılan araziler için de toprak sahiplerinin inisiyatifinde olacak şekilde tarımGES projeleri geliştirilebilir. Ayrıca, %80 minimum fotosentetik aktif radyasyon (PAR), %30 maksimum alan kullanımı gibi standartlar asgari seviyede belirlenebilir. Hibrit santraller gibi tarımGES projelerinin de tanım ve kota olarak mevzuatta yer alması, ülkemizin enerji bağımsızlığı konusunda bir kanalı daha kullanılabilir hale getirecek, tarım ekonomisine de fayda sağlayacaktır.

2. TarımGES uygulamalarına dair önyargılar

TarımGES uygulamalarıyla tarım yapılacak arazilerin aslında görünürde tarıma hizmet vereceği ama geri planda sadece ticari amaçlı elektrik üretimine hizmet vereceği yönde bir bakış açısı bulunmaktadır. Bazı çevrelerde ise bu uygulamalarla tarım toprağının zarar göreceğine dair bir kanı da oluşmuştur. Tüm bu önyargı ve görüşler, elektrik üretimi konusunda mevzuatta oldukça detaylı olarak yer verilen koşullar ve standartlar kapsamında bu uygulamalar özel olarak ele alınarak ve tanımlanarak aşılabılır. TarımGES uygulamalarının her iki amacı da belirlenen düzeyde, toprağın da korunarak karşılayabileceği koşullar tanımlanabilir.

TarımGES Elektriğinin Kullanım Alanları

Öztüketim GES modelinde olduğu gibi buradan sağlanan elektriği direkt şebeke vermek mümkündür. Burada üretilen elektrik, önce sulama pompası, aydınlatma ve diğer ihtiyaçlar için iç tüketime kullanılacak, fazlası da satılabilecektir. Satış modelinde ise henüz tarımGES'lere özel bir teşvik uygulaması yoktur. Üretilen elektrik, mevcut tarifeye göre elektrik piyasa alışı/satışı üzerinden satılabilecektir.

TarımGES Uygulamaları ve Kullanılan Ekipman

FV Modül

Tarım üretimindeki verimlilik açısından ışık geçirgenliği yüksek çift yüzeyli cama cam fotovoltaik modüllerin kullanımı tercih edilebilmektedir. Çerçevesi panel kullanılacak olursa konstrüksiyon tasarımı, panel açısı altta yetiyecek tarım ürününün ışık ihtiyacı durumuna göre adapte edilebilir.

Solar Kablo

Kullanılan solar kabloda bir fark yoktur.

Inverter

İnverter'da daha sağlıklı çalışması açısından mutlaka fansız olanlar tercih edilmelidir.

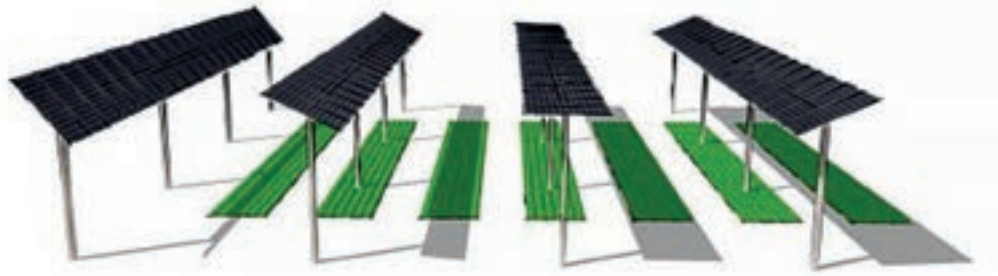
Konstrüksiyon

Standart uygulamalarda konstrüksiyonda yüksek boyda ve traktör gibi araçların geçişine uygun ağır çelik yapılar kullanılır. Ayrıca yer belirlenirken hesaplanan rüzgar yükünün fazla olması durumunda konstrüksiyon maliyeti artabilmektedir. Konstrüksiyona tercihen sulama özelliği de eklenebilir.

Japonya'da 'Yeni Enerji ve Teknoloji Gelişim Organizasyonu' tarafından en son yayınlanan kılavuza göre tarımGES projelerinin yüksekliğinin bina yönetmeliğine göre 9 metreyi geçmemesi gerekmektedir. Ayrıca tarımGES projelerine konu olan tarımsal ürünlerin ya da bu projeler kapsamında yapılacak hayvancılığın muhakkak projenin planlanması aşamasında yapılması beklenmektedir. Projenin planlanması veya inşaat süreçlerinden sonra dahil edilen tarımsal nitelik tarımGES kapsamında görülmemektedir.

Kaynak: PV Magazine

TarımGES projelerinin teknik özellikleri, uygulandığı bölgeye ve büyüklüklerine göre değişim göstermektedir. Bazı tarımGES projelerinde takip sistemleri kullanılmakta, bu da hem elektrik üretim çıktısında artış sağlamakta hem de mahsülün sağlıklı büyümesi için ihtiyaç duyduğu ışığa yönelik iyileştirme sağlamaktadır.



Hareketli bir GES sistemiyle enerji ve mahsül üretim performanslarına dair iyileşme sağlandığı yapılan araştırma da ortaya konmuştur. Araştırma sonuçlarının değerlendirildiği makalede tek eksenli GES takip sistemiyle entegre kurulan, altında marul yetiştirilen tarımGES uygulamasında hem elektrik hem de marul üretimine ilişkin olumlu çıktılar elde edildiği gözlenmiştir.

Standart takip modunda, modüller güneşin açısına göre elektrik üretimini optimize edecek şekilde otomatik olarak konum almakta ve aynı zamanda santral seviyesinde de güneşten gelen radyasyonu sabit bir sisteme göre daha fazla almaktadır. Yapılan araştırmada ürüne aktarılan radyasyonun arttırılarak buradaki verimliliğin arttırılması için aynı zamanda gündüz saatleri boyunca güneşten gelen radyasyona göre adapte edilen kontrollü bir takip sistemi de kurulmuş ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Sabah ve geç akşamüstü saatlerinde, FV modüller, ürünlerin daha az gölgeleneceği şekilde uyarlanmış, öğle saatlerinde ise gölgeleme, ürünlerdeki terleme ve buharlaşmayı, yüksek ısı derecesinin neden olacağı olumsuz etkileri ve ürünlerin büyümesine etki edecek aşırı radyasyonu azaltıp dengeleyecek şekilde arttırılmıştır. Bunun sonucunda, kontrollü takiple mahsülün biyokütlesi artarken elektrik üretimi kontrollü olmayan takip sistemine göre azalış göstermiştir.

Kaynak: Springer Link, Science Direct

Işığın hem FV modüller hem de tarım için verimli kullanımını geliştirmenin yanı sıra takip sistemli FV modüller yağmur suyunun tarımGES sistemlerinin altındaki dağılımını düzenlemek için de kullanılabilir.

TarımGES uygulamaları, aynı zamanda üzüm bağları ve yoğun meyve yetiştiriciliği yapılan tarım faaliyetlerinde de olumlu yönde fayda sağlamaktadır. 2018 yılında Fransa'da SunAgri tarafından şarap bağına yapılan uygulamadan verimlilik adına olumlu yönde sonuçlar alındığı ortaya konmuştur. Uygulamada, 1,000 m²'lik şarap bağının 600 m²'si takip sistemli FV modüllerle kaplanmıştır. Toplamda 280 modülden oluşan 84 kW'lık bir sistem kurulmuş, FV modüller 4.2 m yüksekliğe sahip konstrüksiyonların üzerine yerleştirilmiştir. Modüller, yapay zeka algoritması kullanan gerçek zamanlı bir uygulamayla hareket ettirililmektedir. Algoritma, güneş ışığını, üzümlerin su ihtiyaçlarını, mahsülün yetiştirilme modelini, toprağın kalitesini ve hava koşullarını dikkate alarak modüllerin ideal eğimini saptayabilmekte, ekstrem hava olayları olduğunda yapay zeka modülleri mahsülü koruyacak şekilde kontrol edebilmektedir. Örneğin sıcaklık dalgaları oluştuğunda, üzümler FV modüller tarafından gölgelenmiş ve daha az suya ihtiyaç duyulmuştur.

Kaynak: Springer Link, PV Magazine, Sun'Agri2B

Piolenc, Fransa'daki SunAgri tarımGES Uygulaması

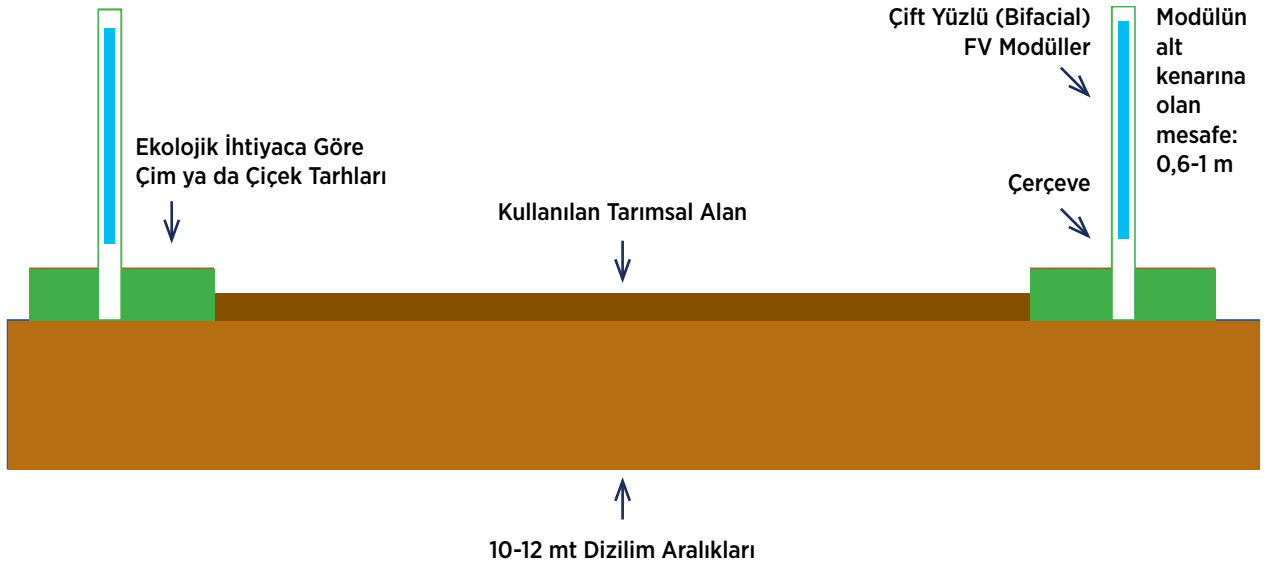


Görsel: Antoine Bolcato (RPC)

Hindistan'da üzüm bağlarındaki potansiyeli araştıran başka bir çalışma kapsamında yapılan modellemede bu bağların yıllık gelirinin tarımGES uygulamasıyla geleneksel bağcılığa kıyasla katlanacağı ve aynı miktar üzüm hasadının da korunacağı ortaya konmuştur. Hindistan'daki üzüm yetiştirilen toplam 34.000 hektar alan üzerine tarımGES uygulaması yapılması halinde ise buradan toplam 16.000 GWh yani 15 milyon kişinin enerji talebini karşılayacak miktarda elektrik üretilebilecek potansiyel olduğu hesaplanmıştır. Aynı zamanda kırsal alanlarda yapılacak tarımGES uygulaması o bölgenin elektrifikasyonunu da sağlayacaktır.

TarımGES uygulamalarında görülen bir başka tür seçenek dikey tip uygulamadır. Tamamiyle dikey yerleştirilen modüllerle yapılan bu uygulamada toplam kaplanan alan arazinin sadece %1'i kadardır. Uygulama dikey yapıldığı için güneş ışığının sadece %10-20'si FV modüle yansımaktadır. Yağmur suyunun yönlendirilmesi üzerinde FV modüllerin hiçbir etkisi yoktur. Bu uygulamalarda arazinin %90'ı tarım için verimli bir şekilde kullanılabilir. Bu tarımı maksimum düzeyde önceliklendiren bir tarımGES uygulamasıdır. Dikey uygulamaların %15'e kadar eğimli çift yözlü güneş bakılı FV modüllere göre eşit ya da daha fazla bir verimlilik sağladığı söylenmektedir.

Dikey TarımGES Tasarımı



Kaynak: Springer Link, Science Direct, Next2Sun

TarımGES'in Geleneksel Tarıma Göre Getirdiği Avantajlar ve Farklılıklar

- Bölge ve ürün koşullarına göre değişen oranlarda sulama ihtiyacını düşürür.
- Sulama için yağmur suyu toplama imkanı sağlar.
- Rüzgâr erozyonunda azalma sağlar.
- Koruyucu ağ veya levhalar yerine FV modüllerin kullanılabilmesi seçeneğini sunar.
- Tarımsal meyve-sebze üretimi için FV takip sistemleriyle gün ışığını daha optimize hale getirebilme olanağı sunar.
- Altta yetişen bitkilerin sağladığı soğutma etkisiyle daha yüksek modül verimliliği sağlar.
- TarımGES uygulaması belli periyotlarla ve kötü hava koşullarında yıpranarak yenileme ihtiyacı duyulan plastik, cam dayanıksız seralar yerine kalıcı bir çözüm sunar.
- Arazi tipi GES üretimine göre alansal olarak bir kayıp söz konusu olabilir çünkü ışık geçirgenliği olması gerektiği için panel yerleşimi alttaki ürünün ışık ihtiyacına göre konumlandırılır.

TarımGES'e En Uygun Olan, En Sık Yetiştirilen Tarım Ürünleri

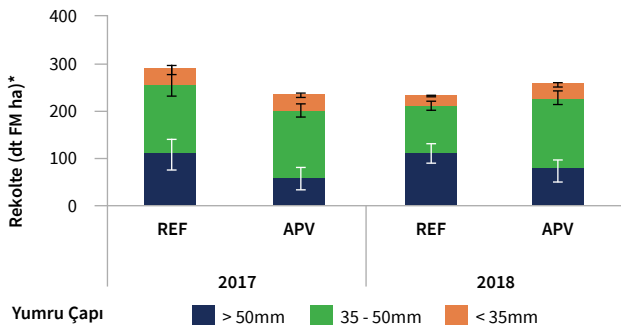
TarımGES projeleri için seçilen tarım ürünleri, kurulum yapılan lokasyonda iklim koşulları ve toprak kalitesine bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir.

Şu ana kadar yapılan araştırmalarda aloe vera, domates, mera çayırı ve marulun gayet başarıyla yetiştirildiği görülmüştür. Kimi marul çeşitlerinin hasadı gölgede çok daha yüksek olurken, kimi marul çeşitleri de FV modülü olmaksızın ne mahsul veriyorsa o miktarı korumaktadır.

Arizona Üniversitesi'nin yaptığı araştırmaya göre FV modüllerin gölgelemesiyle bazı meyve ve sebzelerden iki veya üç kat daha fazla mahsul alındığı gözlenmiştir. Birkaç yıl süren bu proje kapsamında kurak bir bölgede acı biber, meksika biberi ve çeri domatesin üretim verimlilikleri incelenmiştir.

Almanya'da yapılan ilk ekilebilir tarım arazisi pilot projesi olan APV-RESOLA'da yonca, patates, kış buğdayı ve kereviz ekilmiştir.

APV-RESOLA Projesindeki 2017-2018 Patates Rekoltesi



* Hektar başına taze rekoltenin desitonu

- Projenin ilk yılı olan 2017'de tarımGES uygulaması altındaki patates rekoltesinde %18 düşüş olmuş ancak ikinci senesi olan 2018'de rekolte %11 yükselmiştir.
- 35-50 mm çapındaki yumruların payı her iki senenin rekoltesinde de en yüksek paya sahiptir.

Kaynak: Farunhofer ISE, PV Magazine

TarımGES Hakkındaki Mevzuat ve Teşvikler

Hali hazırda tarımGES uygulamalarının tanımlandığı bir mevzuat bulunmamaktadır. TarımGES mevzuata, tarım arazisinin korunarak GES yatırımı yapılabilecek şekilde girmelidir.

TarımGES mevzuatına dair öneriler;

- TarımGES mevzuata tarım arazisinin korunarak GES yatırımı yapılabilmesini sağlayacak şekilde girmelidir.
- TarımGES lisansa derç edilecek şekilde ilgili bir lisansla da 'yenilenebilir kaynağa dayanan ve tarımı destekleyen bir uygulama' olarak da tanımlanabilir.
- Özellikle tarım alanı olarak tanımlanmış ancak halihazırda tarım yapılmayan alanlar tarımGES lisansı kapsamında önceliklendirilebilir. Böylelikle nitelikli tarım arazisi sınıfındaki tek başına tarım yapılsa rantabl olmayan birtakım araziler, elektrik üretimi faaliyetiyle birlikte değerlendirilerek ekonomiye kazandırılabilir.
- TarımGES uygulandığı alandaki tarım toprağının ürün verimini düşürmeyecek şekilde tasarlanmalıdır.
- GES kurulumlarının tarım alanlarına yapılmasını yasaklayan Bakanlık Kararına ek bir karar yayınlanarak; belirlenen arazide yapılacak GES ile birlikte tarımsal faaliyetin sürdürüleceği belirtilirse bu bir tarımGES uygulaması olarak nitelendirilmeli ve GES kurulumuna izin verileceği belirtilebilir. Bu kapsamda sağlam bir çerçeve oturtulmalı, detaylar net olarak belirtilmelidir;
- TarımGES uygulaması yapılacak arazi için maksimum bir tarım alanı kaybı belirtilmeli, kayıplar düzenli aralıklarla ölçümlenmelidir. Belli sınırı aşan kayıplara dair cezai şart getirilmelidir.
- "Tarım ile birlikte enerji üretimi taahhüt edilir ise, marjinal tarım alanı dışındaki arazilerde de tarımGES'e izin verilir. İlgili proje kapsamında tarım faaliyetinin kontrolü Tarım Bakanlığı'na, enerji üretiminin kontrolü Enerji Bakanlığı tarafından yürütülecektir" şeklinde bir madde YEK Kanunu'na eklenebilir. Aynı şekilde tarımGES tanımının da ilgili kanunun tanımlar kısmına eklenmesi gerekir.
- Yatırımcı, planlama ve planlamayı akredite veya gerçekten ehil ve bağımsız bir kuruma teyit ettirmelidir. Bağımsız şekilde teyit edilen bir fizibilitede; planlanan arazinin toprak değerlendirmesi, laboratuvar ölçümleri, üretilmesi planlanan ürünlerin sınıflandırılması, proje arazisine uygunluğunun teyidi, planlanan GES'ten nasıl etkileneceğine dair analiz, inşaat sürecinin toprak kalitesine dair muhtemel etkileri üzerine bir analiz gibi önemli değerlendirmeler yer almalıdır. Aynı zamanda sürecin tarım arazisine zarar vermeyecek şekilde yönetilmesi için denetim zorunluluğu da getirilmelidir.
- Tarımsal sulama amaçlı GES ile tarımGES ayrımı mevzuatta net bir şekilde yapılmalıdır.
- Yetiştirilecek ürün ve tarım toprağı açısından kısıt olmamalı, bu yatırımcının kararına bırakılmalıdır.
- Tarım yatırımcılarını biraraya getirebilmek için komşu parsellerdeki üretimlerde birleştirilebilmeli, yatırımcı yan parsellerdeki tüketim noktalarına da elektrik satışı yapabilmelidir. Böylelikle elektrik enerjisinin tüketildiği yerde üretilmesi önceliklendirilerek, kayıplar önlenmiş ve dağıtık şebeke yapısı güçlendirilmiş olacaktır.

Teşvikler konusunda

- TarımGES teşviği daha çok üretilen tarım ürünlerine yönelik bir alım garantisi veya ek destek primi olarak verilebilir. Buradaki destek tarımsal sürdürülebilirliğin sağlanmasına yardımcı olacaktır. Lisanslı bir tarımGES uygulaması kapsamında üretilen elektriğin serbest piyasaya satış hakkı olması yeterli olacaktır. Öte yandan tarımGES uygulaması lisanssız kapsamda da öztüketim amaçlı olarak da tanımlanmalıdır. Bu kapsamda gerekirse hibe desteği verilebilir.
- Profesyonel fizibilite için hibe sağlanabilir ya da faizsiz kredi verilebilir. Böylelikle; düzgün projelerle daha sağlıklı tarımGES uygulamaları yapılmış olur.
- Ekonomik değeri yüksek olan Ar-Ge gerektiren kahve çekirdeği, blueberry, gojiberry gibi bazı ithal ürünler ürünler için ilave teşvikler getirilebilir.
- Uygun bir fizibilite dahilinde onaylanmış yatırımlar, yatırım teşvik kapsamına girerek '0 faizli veya düşük faizli' kredi destekleriyle yapılabilir. Böylelikle likidite sorunuyla zorlanan yatırımcıların önü açılmış olacaktır.

Türkiye’de TarımGES Uygulamaları

Türkiye’de Tarıma Entegre Fotovoltaik Sistem Uygulamaları

1. Ayaş TarımGES (Kabul edildi)

Proje ID	TR51/21/KIRSAL/0018
Proje adı	Tarımsal arazinin çift yönlü kullanımına uygun yenilikçi GES uygulaması
Başvuran kuruluş	Ayaş Tarım ve Orman İlçe Müdürlüğü
Ortak kuruluş	ODTÜ-GÜNAM
İş birliği	Çiftçi
Proje konumu	Ayaş ilçesi, Akkaya köyü
Proje alanı	1¼ dönüm (GES alanı) + 1¼ dönüm (Kontrol alanı)
Proje süresi	15 ay
Fotovoltaik büyüklük	100 kW
Sistem yapısı	Doğu-Batı ekseninde güneşi takipli
Destekleyici Kuruluş	Ankara Kalkınma Ajansı
Başvurulan program	2021 yılı çağrısı, Kırsal Kalkınma Mali Destek Programı

Ekim	Ekim Bölgeleri					
	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	5. Bölge	6. Bölge
Birinci Ekim	Domates	Biber (Dolma)	Kavun	Ispanak	Fiğ(Macar)	Fiğ(Macar)
İkinci Ekim	-	-	-	Ispanak	Turp	Kırmızı Lahana

2. Kayseri TarımGES (Kabul edildi)

Proje ID	22AG012
Proje adı	Tarımda yeşil dönüşüm için güneş enerjisi - meyve
Başvuran kuruluş	ODTÜ-GÜNAM
Ortak kuruluş	Erciyes Üniversitesi - Ziraat Fakültesi
İş birliği	Ankara Üniversitesi - Ziraat Fakültesi
Proje konumu	Erciyes Üniversitesi - Ziraat Fakültesi Deneme Bahçesi
Proje alanı	½ dönüm (GES alanı) + ½ dönüm (Kontrol alanı)
Proje süresi	48 ay
Fotovoltaik büyüklük	45 kW
Sistem yapısı	Sabit veya doğu-Batı istikametinde çift taraflı modül ile tarımsal verim öncelikli yazılım destekli konumlandırma (projede tasarımı netleştirilecek)
Destekleyici Kuruluş	TUBİTAK
Başvurulan program	1004
İncelenecek ürün	Kayısı

3. Mustafakemalpaşa TarımGES (Kabul edildi)

Proje ID	22AG012
Proje adı	Tarımda yeşil dönüşüm için güneş enerjisi - meyve
Başvuran kuruluş	ODTÜ-GÜNAM
Ortak kuruluş	TAT Gıda A.Ş.
İş birliği	Ankara Üniversitesi – Ziraat Fakültesi
Proje konumu	Mustafakemalpaşa – TAT Gıda Deneme Bahçesi
Proje alanı	½ dönüm (GES alanı) + ½ dönüm (Kontrol alanı)
Proje süresi	48 ay
Fotovoltaik büyüklük	>45 kW
Sistem yapısı	Sabit veya doğu-Batı istikametinde çift taraflı modül ile tarımsal verim öncelikli yazılım destekli konumlandırma (projede tasarımı netleştirilecek)
Destekleyici Kuruluş	TUBİTAK
Başvurulan program	1004
İncelenecek ürün	Birinci ürün domates, ikinci ürün bezelye

4. PV4Plants (Kabul edildi)

Proje ID	101096409
Proje adı	AgriPV system with climate, water and light spectrum control for safe, healthier and improved crops production
Başvuran kuruluş	KalyonPV
Ortak kuruluş	ODTÜ-GÜNAM, TAT, YTU, DTU, R2M, UoS ve diğer 8 ortak
İş birliği	Türkiye (Mustafakemalpaşa – TAT Gıda Deneme Bahçesi), İspanya, Danimarka
Proje konumu	½ dönüm (GES alanı) + ½ dönüm (Kontrol alanı)
Proje alanı	48 ay
Proje süresi	>20 kW
Fotovoltaik büyüklük	Sabit veya doğu-Batı istikametinde çift taraflı modül ile tarımsal verim öncelikli yazılım destekli konumlandırma (projede tasarımı netleştirilecek)
Sistem yapısı	Horizon Europe
Destekleyici Kuruluş	HORIZON-CL5-2022-D3-01-06: Novel Agro-Photovoltaic systems (IA)
Başvurulan program	Birinci ürün domates, ikinci ürün bezelye
İncelenecek ürün	Birinci ürün domates, ikinci ürün bezelye

5. KOZ (Değerlendirme devam ediyor)

Proje ID	101096409
Proje adı	Konya Ovası İklim Koşullarına Uygun Kontrol Donanımı ve Algoritması ile Donatılmış Tarımsal Fotovoltaik Uygulaması ve Verimlilik Analizleri
Başvuran kuruluş	ODTÜ-GÜNAM
Ortak kuruluş	TUBİTAK-MAM, TAGEM
İş birliği	Solar3GW
Proje konumu	Konya Meram (TAGEM deneme arazisi)
Proje alanı	>1½ dönüm (GES alanı) + >1½ dönüm (Kontrol alanı)
Proje süresi	24 ay
Fotovoltaik büyüklük	100 kW
Sistem yapısı	Doğu-Batı istikametinde çift taraflı modül ile tarımsal verim öncelikli yazılım destekli konumlandırma (projede tasarımı netleştirilecek)
Destekleyici Kuruluş	TUBİTAK, TAGEM ve Solar3GW
Başvurulan program	1003 Öncelikli alan destekleme programı
İncelenecek ürün	Buğday ve Fiğ
Başvurulan program	Sensör kitlerinin bağlanabildiği kablosuz donanım alt yapısı, dijital tarım yazılımı ve çiftçi ara yüzünün geliştirilmesi

SusMedHouse projesi

AB destekli HORIZON/PRIMA programı kapsamında AR&TeCS A.Ş. tarafından tasarlanıp inşa edilen sürdürülebilir, rekabetçi, çevre dostu ve yüksek teknolojili bir sera projesidir. Bu proje kapsamında seradaki verimliliği arttırabilmek için 48 kW toplam kurulu gücünde bir TarımGES uygulaması da yapılmıştır. Bu doğrultuda FV modüllerin gölgeleme etkisinin ışık simülasyonunu gerçekleştirdikten ve ekinler için uygun yetiştirme koşulları sağlamak üzere FV sistemin optimum yönünü ve tasarımını bulduktan sonra, elektriğin fizibilitesini incelemek için 700 m²lik seranın üzerine her biri 400Wp olan 120 adet fotovoltaik modül yerleştirilmiştir. Sonrasında AR&TeCS ve Fraunhofer Güneş Enerjisi Sistemleri Enstitüsü tarafından üretim ve farklı mahsuller üzerindeki etkisi inceleme altına alınmıştır. Böylelikle güneş enerjisinden faydalanarak, ısıtma ve soğutmada elektrik enerjisi harcamasını azaltmak ve ayrıca geçiş mevsimlerinde gölgeleme etkisiyle seranın optimum sıcaklığı korumasını sağlamak mümkün olmuştur.

Proje, mevsimden ve konumdan bağımsız olarak sınırlı kaynaklarla ideal bitki büyümesine ulaşmak için yüksek teknoloji sera özel optimizasyon mekanizmaları ve duysal ağ dahil olmak üzere SusMedHouse'un çekirdeği olarak yapay zekadan (AI) oluşturulmuştur. Gerçek zamanlı veriler sağlayarak ve eylemler için beklenen sonuçları göstererek etkinliği arttırmak için karar destek sistemi (DSS); haşere ve patojen izleme, erken uyarı sistemi, durum iyileştirici algoritmalar, şebeke ve piyasaya bağlı maliyet hesaplayıcı sayesinde hasat tahmini sistemde yer almaktadır. Seradaki verimliliği arttırmak için güneş kontrol kaplamalarını, düşük emisyonlu (Low-E) kaplamaları ve agro-fotovoltaik (TarımGES) olarak PV panellerini içerecek olan Güneş Işığı ve Aydınlatma optimizasyonu yapılmıştır. Kaynak tüketimini azaltmak ve verimliliği arttırmak için gerçek zamanlı biyosensör geliştirilmiştir.

Projenin, geliştirilen alt sistemlere sahip testleri de yapılan ortakları aşağıdaki şekildedir;

Fraunhofer Güneş Enerjisi Sistemleri Enstitüsü (Fraunhofer ISE), Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo (CNR-ISAFOM), Associação de Viticultores do Concelho de Palmela (AVIPE), PROTEUS Ltd. (PROTEUS), Antalya Tarım Üretim Danışmanlık ve Pazarlama A.Ş. (Antalya Tarım), Water On-Line Analysis Europe S.L (WOLA). Projede seranın tasarımı, imalatı ve FV modüllerin montajı İHSAN TÜRKELİ Makine Ltd. Şti. tarafından gerçekleştirilmiştir.

Dünyadan Örnekler

ÜLKE	SAĞLAYICI	DETAYLAR
HOLLANDA	BayWa	1,2 MWp ve 4.500'den fazla güneş paneli.
		Güneş enerjisi santrali artık her yıl yaklaşık 400 haneye yetecek kadar yeşil enerji üretiyor.
		Toplamda 4.500 tesis, yılda yaklaşık 23 ton frenk üzümü hasadı üretecek.
İSPANYA	Enel Green Power	Her biri 50 MW kurulu güce sahip Los Naranjos ve Las Corchas projelerine yaklaşık 60 milyon € yatırım.
		250.000'den fazla güneş paneli, dokuz elektrik dönüşüm merkezi, bir trafo merkezi ve 4,5 kilometrelik bir yeraltı kablo ağı içeriyor.
		Sürdürülebilir inşaat modeliyle hayata geçirilmiş bu iki projede her biri 50 MW'dan toplam 100 MW'lık bir güneş enerjisi kurulumu yapılmış, bunun için de 258.120 adet çift yüzlü (bifacial) modül kullanılmıştır. 70 milyon euro yatırım tutarıyla hayata geçen projeler 25.500 hanenin ihtiyacına eşdeğer yıllık 202 GWh'lık bir elektrik üretimi sağlamaktadır. Tesiste yerel halktan çobanlarla yürütülen hayvancılık faaliyeti aynı zamanda santralin bakımına da katkı sağlamaktadır.
		Las Corchas'ta aynı zamanda arıcılık da yapılmaktadır. Akıllı kovanlar, sensörler, kameralar ve GPS sistemleriyle donatılmıştır. Arıcılık, o bölgenin uzun yıllardır sürdürdüğü bir faaliyet alanı olup, bu tesise de entegra edilmiştir. Üretilen bal, yerli halkın sosyal projelerine de katkı sağlamaktadır.
FRANSA	Sun'Agri	Grenache Noir'e dikilen 1.000 m ² 'lik asmanın 600 m ² 'si Sun'Agri tarafından geliştirilen güneş panelleri ile kaplandı. Tesisin ihtiyaçlarına göre uyarlanmış algoritmalar kullanılarak kontrol edilen paneller, asmaların güneş ışığı veya gölge gereksinimlerine bağlı olarak eğiliyor.
		Gölge maksimum seviyeye ulaştığında paneller yüzey alanının %66'sını kaplar. Hasat makinesinin geçmesine izin verecek şekilde yerden 4.20 m yüksekliğe yerleştirilirler. Sensörler yardımıyla ölçülen su stresi, gölgeli asmalarda daha düşük - su gereksinimlerindeki azalma, sistemlere bağlı olarak %12 ile %34 arasında değişmektedir. Gölgeleme, korunan asmalar için %17 daha yüksek olan tane ağırlığı üzerinde de olumlu bir etkiye sahipti.
AVUSTRALYA	ENEL	Canadian Solar tarafından geliştirilen Mildura yakınlarında bulunan 121.6 MW'lık Carwarp Solar Farm ve İspanyol geliştirici Fotowatio Renewable Ventures tarafından geliştirilen 98.8 MW'lık Winton Solar Farm'dır.

Kaynak: BayWa, Enel Green Power, Sun'Agri, Enel

Ar-Ge Kapsamında Kurulan TarımGES Örnekleri

APV-RESOLA, Heggelbach, Almanya (2016)

- Heggelbach'da yapılan kurulumda kışlık buğday, patates, kereviz ve çim/yonca ürünleri test edilmiştir.
- Cama-cam modüller kullanılmış, hem modül sıraları arasında daha geniş bir mesafe bırakılmış hem de modüller yedi metreden yukarı olacak şekilde güney-batı hizalı konumlandırılmıştır.

APV-Obstbau, Almanya (2020-2025)

- Proje 2020 yılında başlatılmış, 8 farklı elma türünün rekoltesi üzerinde bir tarımGES araştırma projesi olarak tasarlanmıştır.
- Projenin toplam bütçesi 1.3 milyon euro ve kurulu gücü 258 kWp'dir.
- Sabit ve takip sistemli olmak üzere iki farklı konfigürasyonla kurulan sistemde transparan FV modüller kullanılmıştır.

APV-2.0, Strukturwandel, Almanya (2020-2025)

- Projeye geleneksel kömür madenciliği yapılan sahalarda biyo-ekonomi bazlı yapısal bir değişimi başlatmak amaçlanmıştır.
- Projenin bütçesi 2.5 milyon euro, kurulu gücü 300 kWp'dir.
- Heterojen ışık alma koşullarına uygun bitki büyüme modellerinin geliştirilmesi için çeşitli mahsüllerin yerinde fenotipik* izlenmesi tasarlanmıştır.

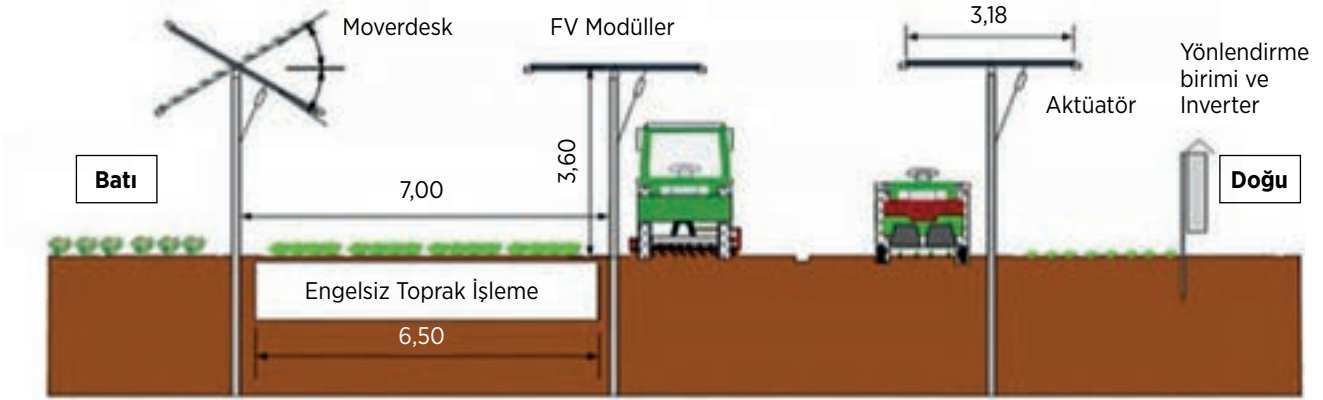
Sheffield Üniversitesi'nin 'Harvesting the Sun Twice' projesi, Kenya (2020-2023)

- Kenya'da yapılan bu tarımGES uygulamasında 180 adet 345 watt panel altında yetiştirilen lahanaların, kontrol arazisine ekilen ve aynı miktarda su ve gübre ile yetiştirilen lahanalardan üçte bir oranında daha büyük ve sağlıklı olduğu görülmüştür.
- Patlıcan, marul ve mısırdaki da benzer sonuç alınmıştır.

* Fenotipik: Dışyapısal. Bir organizmanın genetik yapısına bağlı olarak, dış etkenlerin de etkisiyle ortaya çıkan görünüşü.

Kaynak: Fraunhofer ISE

Weihenstephan, Almanya (2013)



© 2020 B. Ehrmaier, M. Beck, U. Bodmer

2013'de Weihenstephan'da kurulan bu sistemde fazla gölgeleme sorunu doğu-batı takipli tasarımla çözülmüş.

Sistemin Teknik Özellikleri	
Alan	21*23 m= 483 m ²
Moverdesk	1,6 m ² 'de 30 modülde 3,2 x 21 m'de 3 adet
Takip	Doğu-batı, takvim kontrollü
FV Modül	CSG 245 Wp; 200 Wp/m ² (average value); 245 Wp x 90 = 22 kWp; 45 Wp/m ²
Yıllık Üretim	35.000 kWh
Kullanım	Öztüketim, teşviksiz

Bu araştırmada en iyi hasadı alabilmek için optimal modül mesafesinin ne olacağına dair testler de yapılmış, çin lahanası üretiminde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

Modüllerin aralıksız yerleşiminde	→	Çin lahanası ağırlığı 1348 g	→	Geleneksel üretimin %50'si
Modül mesafesi 25 cm iken	→	Çin lahanası ağırlığı 1559 g	→	Geleneksel üretimin %56'sı
Modül mesafesi 66 cm iken	→	Çin lahanası ağırlığı 1970 g	→	Geleneksel üretimin %71'i
GES kurulumu olmayan durumda	→	Çin lahanası ağırlığı 2762 g	→	Geleneksel üretim

Kaynak: The Guardian

TarımGES Farklı Uygulama Türlerine Dair Örnekler

TarımGES uygulamalarında, projenin niteliğine ve ihtiyacına göre pek çok farklı tasarım yapılabilmektedir. Bunlardan bazılarının örnekleri aşağıda görülebilir;

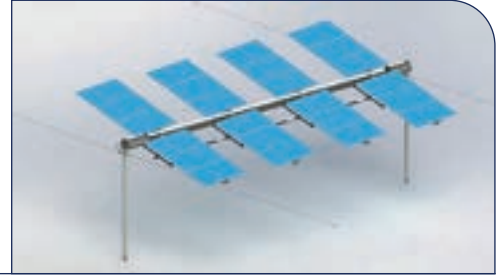
Tracker 10

- Tracker başına 2.5'dan 4.35 kWp'e kadar güç
- Her bir tracker'da 10 FV modül
- 12 m tracker uzunluğu
- 4-5 mt yükseklik



Tracker 2.1

- Tracker başına 16.8 kWp güç
- Her bir tracker'da tek-yüzlü ya da çift-yüzlü 24 FV modül
- 14 m tracker uzunluğu
- 4-5 mt yükseklik



REM Tec tarafından geliştirilen bu çift aksamli sistemlerde modüller yerden 5 mt yüksekliğe konumlandırılmış, araziyi tarım için olabildiğince serbest bırakırken elektriğin üretimini de maksimize edecek şekilde tasarlanmıştır. Çift yüzlü modüller kullanılarak elektrik üretiminin artırılması hedeflenmiştir.

REM Tec yanısıra farklı firmalarca da projenin niteliğine bağlı olarak tasarlanan farklı takip sistemli tarımGES uygulamaları da bulunmaktadır.

Kaynak: REM Tec

Takip sistemli tarımGES uygulamalarının yanısıra sabit sistemli pek çok farklı tasarım da hayata geçirilmiştir.



Görsel: Chloride Exide Ltd

Güneşten elektrik üretimini, tarımı ve yağmur suyu hasadını aynı arazi üstünde gerçekleştiren tarımGES uygulaması. Sheffield Üniversitesi ve Latia Agripreneurship Enstitüsü tarafından yarı kurak Kenya-Kajiado'da yapılan tarımGES Ar-Ge uygulaması.



Görsel: TSE

Kuzeydoğu Fransa'da TSE tarafından geliştirilen 3 hektar alana uygulanan bu projede 2.4 MW'lık bir GES uygulaması yapılmış, ekilebilir-dikilebilir bu arazide soya, buğday, çavdar, arpa ve kolza tohumu yetiştirilmesi planlanmıştır. Tasarım geniş tarım makinalarının geçebileceği kadar yüksekte konumlandırılmıştır.

Kaynak: University of Sheffield, The Guardian, PV Magazine

TarımGES'in Solar3GW Önerileri İçindeki Yeri

Haziran 2021'de yayınlanan '2020 Sonrası Büyüme İçin İş Modeli Önerileri' raporunda, Solar3GW varolan modellere ek olarak iyileştirilmiş öztüketim modeli ve ticari temelli "Yenilenebilir Enerji Tedarik Anlaşmaları" (YETA) ve "İhalesiz, Teşviksiz Lisanslı" iş modellerinin sektör dinamiğinde yer almasını senelik en az 3 GW hedefine ulaşmak için son derece gerekli olduğunu belirtmiştir. TarımGES, önerilen tüm modeller kapsamında hafif bir düzenlemeyle kolaylıkla hayata geçirilebilecek bir uygulamadır.

Bu doğrultuda; ticari modelleri hayata geçirirken, bugüne kadar olan "GES'ler yalnızca marjinal kuru tarım arazisi sınıfındaki arazilere kurulabilir" ifadesinin, "Marjinal kuru tarım arazi sınıfı dışındaki arazilere GES kurulmak istenmesi halinde, bu GES'ler TarımGES uygulaması olarak projelendirilir ve kurulur" şekline dönüştürülmesi ve mevzuata TarımGES tanımının bu raporda da belirtildiği şekilde eklenmesi gerekmektedir. Bundan sonraki aşamada "ihalesiz teşviksiz lisanslı" veya "YETA" modeli üzerinden bir GES kurulduğunda, sadece GES'in kurulacağı arazi sınıfına göre hareket edilmesi yeterlidir. Eğer arazi, marjinal kuru tarım arazisi sınıfından başka bir sınıfta ise, GES'in TarımGES ile kurulacağı varsayılarak projelendirmesi ve imar ve izinlerinin de buna göre yapılması gerekir. Bu yolla, yatırımcı da fizibilitesine ilk günden TarımGES'ten gelecek ek maliyetleri ve belki nakil hattı kısalığından kaynaklı maliyet düşüşlerini, buna karşılık da tarım ürününden gelecek ek geliri koyabilir. Bu yolla, gerçekte kullanılmayan, kamuya ait tarım arazileri, tarımsal üretime de geçebilir. Aynı hedef ile kamu da bu tip atıl arazileri tarıma açmak isterse, enerjiden gelecek gelirin cazibesini kullanarak, TarımGES YEKA'ları düzenleyebilir.

Tarım alanlarımızın sadece binde birine TarımGES kurduğumuz durumda, bugünün teknolojisi ile 11 GW üzerinde bir güç elde edebiliriz. Solar3GW hedefimiz olan her yıl en az 3000 MW güneş gücünün, araziye kurulacak kısmı olan 1350 MW'ın tamamı TarımGES uygulaması şeklinde kurulsaydı, bu, her yıl tarım alanlarımızın sadece onbinde birine bir kurulum gerçekleştirmemiz anlamına gelir. Bu yolla temiz ve ucuz elektrik üretirken, gittikçe artan ekstrem hava koşullarına karşı ilgili tarım ürününe ek bir koruma sağlanıp, tarımsal verim arttırılır. TarımGES, raporumuzda detaylıca açıkladığımız gibi hem tarımsal üretim, hem de elektrik üretimi için bir kazan-kazan fırsattır.

TarımGES Konusundaki Öneriler

- TarımGES kurulacak alanda acil kamulaştırma yapılabilirdir
- TarımGES yapılacak alanlar için bir kapasite tanımlanmalı ve duyurulmalıdır.
- Küçük ölçekli (< 750 kWp*) ve daha büyük ölçekli sistemler (> 750 kWp) için kurulum standartlarını içeren mevzuat düzenlemesi yapılmalıdır.
- Marmara bölgesi gibi arazi sıkıntısı olan bölgelerde küçük ölçekli sistemlere yönelik belli bir destek tarifesi oluşturulabilir ve bu şekilde toprağın en verimli haliyle kullanılması sağlanabilir.
- Büyük ölçekli sistemlerin kurulumu YEKA benzeri ihale yöntemleriyle sağlanabilir.
- TarımGES projelerinin onayı ayrıca ve daha hızlı yürütülecek şekilde daha kolay bir prosedürel işleyişte tanımlanabilir.
- TarımGES konusunda kapsamlı bir AR-GE programı oluşturulabilir. Özellikle büyük ölçekli projelerin uzun vadede izlenmesi ve değerlendirilmesi bu program üzerinden yapılabilir.
- Bölgeler özelinde yetiştirilebilecek ürünler ve kurulabilecek sistemleri ele alan çalışmalar yapılabilir; bu çalışmaların bölgelerdeki yerel halkı bilinçlendirmek ve farkındalığı arttırmak için kapsamlı iletişimi yapılabilir.



 @solar3gw

 @solar3gw

 @solar3gw

 @solar3gw

 solar
3GW

SOLAR3GW.ORG