

TÜRKİYE'DE

Güneş enerjisi kullanımı, ağır gelişmesine karşın, teknoloji ülkelerinin büyük yatırımlarına konu olan bir alan. Güneşin gezegenimize sunduğu temiz ve sınırsız enerjiyi yararlı kullanıma çevirmenin başlıca aracıysa, fotovoltaik hücreler de denen güneş pilleri. Hızla alternatif enerji kaynakları bulma zorunda olan ülkemizde bu alanda yapılanları merak ettik ve güneş enerjisi konusunda ileri çalışmalar yürüten Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü ile, Muğla Üniversitesi Temiz Enerji Kaynakları Araştırma Geliştirme Merkezi'ni ziyaret ettik. Sevinerek gördük ki Muğla'da



GÜNEŞ ENERJİSİ

araştırmalar güneş pillerinin en uç teknolojiye örnekleri üzerine odaklanmışken, Ege Üniversitesi'nde ise Silahlı Kuvvetler ve bazı sanayi kuruluşları ile ortaklık temelinde üretim çalışmalarının ilk adımları atılıyor. Ancak, bol güneşli ülkemizin bu avantajıyla sahip olduğu potansiyelin değerlendirilebilmesi ve güneş enerjisini yaygın olarak kullanmakla kalmayıp teknoloji üretebilme fırsatını da elden kaçırmaması için stratejik bir devlet desteğine ve fazla sayılamayacak bir finansman yatırımına gereksinim var.

Hazırlayanlar
Rařit Gürdilek, Gülgün Akbaba, Zeynep Tozar





Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Başkanı Prof. Dr. Sıddık İçli ve elektronik mühendisi Mete Neptun Enstitü'deki teknoloji atılımlarını BTĐ'ye anlattılar.

- Biz yenilenebilir enerji teknolojilerini Türkiye'de fiziki olarak kullanma çabası içindeyiz. Bunu sağlayabilmek için de olayın bir ekonomik boyutu olması gerekir. Örneğin güneş pilleri Türkiye'de pek yaygın değil. Nedeni, olağanüstü yüksek ücretli olmaları -satın alma gücünün çok üstünde- ve normal elektrik fiyatlarının çok çok üstünde maliyetlere oluşuyor. Bunun temel etkenlerinden en önemlisi, yurtdışından ithal olmaları. Bu onların fiyatlarını en az ikiye katlıyor, hatta 2,5'a katlıyor uluslararası piyasalara kıyasla.... Mesela biz 1 kW'ını 15 milyara aldık, halbuki yurtdışında bunun 1 kW'ının maliyeti -fabrika çıkışı- 5-6 milyar. Türkiye biliyorsunuz ekonomik olarak zayıf bir ülke. Gümrük; sonra riskler var diye yabancı firmalar fiyatı artırıyolar vs. vs. Dolayısıyla örneğin rüzgar enerjisi olsun, termal sistemler olsun, buna benzer şekilde kendi teknolojimizi kendimiz yaratıp, kendimiz üretebilmemiz lazım. Bu olmadan, dışarıdan ithal mallarla Türkiye'de yerli enerji hikayeleri anlatmak boş. Ben burada gençlere bundan söz etmeye çalışıyorum. Biz birşeyler başararsak, ülkemize gerçek katkı olur. Yoksa diğerlerinin yaptığı gibi dışarıdan satın al, biz de fazla bir araştırma yapmadan bol bol kongrelerde gezip tozalım... Enstitümüz bu hedefle 5 yıldır yürüyor ve başarılı olmaya başladık. Örneğin, organik güneş pillini üretmeyi başardık. Bu bizim asıl başarımız. Çünkü güneş pili çok ciddi bir teknoloji ve daha biz reklamını yapmadan, kokusu alındı Bir büyük elektronik firmamız geldi talip oldu, bizimle üretmek istedi bunu. İki ay oluyor. Ciddi bir teklifle geldiler. Güneş pili camlarını biz beraber üretelim dediler. Biz de Şişecam'la anlaşmamız lazım, bu Şişecam'ın hakkı dedik. Ondan sonra ses seda çıkmadı.

-Ne kadar yatırım yapmayı planladı?

-Onlar milyar dolarlarla konuşuyorlar. Biz dedik ki, organik güneş pili sahibi var, size silikon pil üretiminde yardımcı olalım. Oraya da bir yarım milyon dolarlık yatırım yapmayı planlıyorlar.

- Çalışmaları nasıl bir kadroyla yürütüyorsunuz?

- Rektörün boğazını sıkıyorum. 25 kişiyi geçtik biz. Bu genç beyinlerle olacak birşey, sadece Sıddık İçli'yle olacak birşey değil bu. Siz de gördünüz laboratuvarlarımızı. Bu çocuklara motivasyon veriyoruz, yol veriyoruz, hedef veriyoruz, onlar da takır takır yapıyor. Biz organik güneş pillerini öyle başardık.

- Verim kaçta?

- % 3

-Kararlılık?

- Kararlılıkta bir sorun yok. 3-4 yıldır çalışanı var burada. Çünkü bu katı fazda ince bir film. Nanometre skalasında.

-Evet, biz enstitü olarak bu hedefe yönlendik. İşin ilginç tarafı, sözünü ettiğim firma organik konusunda bizden umudunu kesince biz onlara silikon, daha doğrusu amorf silikon üretimini önerdik. Onu da kendi başımıza yaparız diye düşündüler herhalde, bir şey çıkmadı.

Bizim gibi kurumlarda iletişim için süreklilik gerekli. Şişecam onu sabırla yaptı 6 yıldır. Daha o konuda hiçbirşey yokken bize destek verdi. İşin ilginç yanı, bizim organik güneş pillerine -daha yeni olan bir olay bu, bir aydan az- bir Avustralya firması, ki bu firmayı izliyoruz zaten, bizim rakibimiz düzeyinde, Dyesol, ve birdenbire bir Türk de bulmuşlar bir ortak şirket şeklinde, Türkiye'de de organik güneş pili üretim tesisi kurmak istiyoruz, bize danışmanlık yapın diye bana geldiler. Tabii onlar bizim düzeyimizi bilmiyorlar. Muğla'da da Şener Oktik'in sempozyumunda ürünlerini sergilediler. Bizim organik güneş pillerinin aynısı; biz zaten biliyoruz yaptıklarını. O da ilginç yanı; niye Türkiye'de kurmak istiyorlar? Ben onu öğrendiğimde biraz canım sıkıldı çünkü bizim hükümetten kredi alacaklar zannettik. Uğraşmış da gerçekten, başaramamış. Kalkınma Bankası'ndan kredi almak istemiş, onun da faizi yüksek, onun için kendi kaynaklarımızla kuracağız diyorlar. Muğla'da gösterdi, bizimkilerin aynısı. Neyse sonra geldi, bizimle de yakın diyalog kurdu, genç arkadaşlara moral verdi: 'Bu, çok ileri teknoloji...

lojidir falan...'

-Niye Türkiye'de kurmak istiyormuş?

-Onu hâlâ çözebilmiş değiliz. Çünkü Türkiye'yi sanıyorum Ortadoğu pazarlarına kapı ve ucuz işgücü kaynağı olarak görüyorlar. Avustralya'da aslında bunlar bir üç-dört yıl önce bir binanın çatısını kaplamışlar bu pillerle. Tabii o zamanlar yeterli olgunlukta değildi teknoloji ve başarısız olmuş. Avustralya hükümetinden de destek almışlar. Belki Avustralya'da bir güvensizlik ortamı yarattı o firma.... Şimdi Avrupa'da bizim de birlikte çalıştığımız bir bilimadamı var, onu da başkan seçmişler (İsviçre Lausanne Üniversitesi'nden). Herneyse, artık uluslararası arenada da biz bu işte varız demek istiyorlar herhalde...

-Buradaysa Şişecam rakipleri oluyor herhalde.

-Şişecam organik pili üretecek.

-Ne zaman üretecek?

-Şişecam düğmeye bastı, hazırlıklara başladı...

-Ne kadar sürer tahminen?

-Yapalım derlerse iki yıl içinde yaparlar. Ama Şişecam da çok büyük bir firma, bazı kararlarını gizli tutuyor, bana da haber vermiyorlar. Yavaş da alabilirler bilemiyorum. Ama 2 yılla 4-5 yıl arasında kesin olur bu iş.

-Yani ticari ölçekte ürün...

- Evet.

-Peki maliyeti ekonomik olarak kabul edilebilir boyutlara indirebilecek mi?

-Zaten Şişecam, camını kendisi üretiyor. En pahalı girdilerden birisi. Kimyasallarını da biz Türkiye'de üretmeyi başardık. Sadece onun maliyeti, işletme tesislerinin maliyeti. Yoksa başka bir ciddi maliyet olacağını zannetmiyorum.

-Organik güneş pillinin kompozisyonu ne?

-Çok az miktarda, mesela 1 metrekairelik bir pilde 1 gramdan az kimyasal madde var. Organik kimyasal. Kimyasalların kalınlığı 5-6 mikron. Mikronla metrekaireyi çarpın, kaç gram olduğu ortaya çıkar herhalde...

Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü



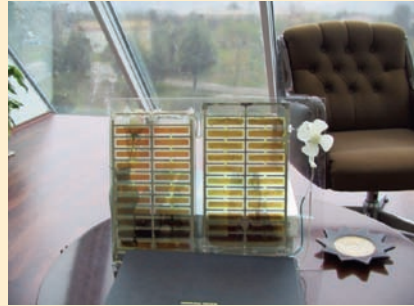
Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları konusunda araştırma ve geliştirme faaliyetleri ve lisansüstü eğitim amaçlarıyla 1978 yılında kurulmuştur. Güneş Enerjisi Enstitüsü 1978-79 Eğitim-Öğretim yılında lisansüstü eğitimine başlamıştır. Ege Üniversitesi Senatosunun 3.2.1981 tarih ve 4/6 sayılı kararı ile Enstitü Rektörlüğe bağlanmış ve 2547 sayılı Yüksek öğretim Kanununun geçici maddesi ile Enstitünün devamı sağlanmıştır.

Güneş Enerjisi Enstitüsü ana binası 1986 yılında tamamlanarak hizmete açılmıştır. Toplam 1000 m² taban alanına sahip olup, toplam kullanım alanı 2680 m²'dir. Bina 3 kat olarak tasarlanmış ve uygulanmıştır. Tek katlı Gama tipi bir Güneş Evi binası 1986 yılında tamamlanmış ve laboratuvar binası olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ana binanın pasif ısınma-soğuma kapasiteleri T. Şişe Cam fabrikalarından temin edilen güneş reglektif camlarla artırılmış, tüm çalışma alanları klimatize edilmiş, laboratuvar donanım alt yapıları zenginleştirilmiştir. Yeni donanımlı; Güneş Işınlı Fotosentez, Spektroskop, İnce Film, Biyokütle-Biyogaz, Solar Termal Teknolojiler, Güneş Enerjisi Destekli Jeotermal Isı Pompası laboratuvarları kurulmuştur. Kullanılmayacak oranda aşınmış olan Gama tipi Güneş Evi binası ise 2 Rüzgar Enerjisi firması tarafından onarılıp modernize edilmiş ve ofis-laboratuvar alt yapısına dönüştürülmüştür.

Enstitümüzde 2006 yılında kazandırılan Güneş Pili Laminasyon cihazı Güneş Pili hücrelerinden 0.5-2 m² boyutlarında Güneş Pili Paneli üretebil-

mektedir. Bu sistem TÜBİTAK-BİLTEN Uzay Uydusu Araştırmaları ile ortak bir protokol uyarınca üretim amaçlı satın alınmıştır. Organik Güneş Pili panellerinde bu laminasyon sisteminde üretimi amaçlanmaktadır.

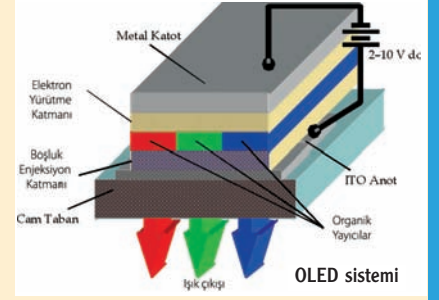
Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nün



GEE'nde üretilen organik güneş pili
22 paralel 2 seri bağlı OGP aktif alan: 230 cm²
0.45 Amper x 1.40 Volt 0.63 Watt %3 verim



Enstitümüz elektrik-elektronik grubu üyeleri:
Yabancı Uzman Mete Neptun, Arşt. Gör. Mete Çubukçu, Serkan ünalan, Arif Fatih İlkenler, Emre Akın



ulusal ve uluslararası işbirliği protokolleri aşağıda verildiği gibidir:

- Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A. Ş.
- Johannes-Kepler Üniversitesi, Organik Güneş Pilleri Enstitüsü, Linz, Avusturya
- Demirer Holding
- Özmak Telsiz Antenleri ve Elektronik San. Tic. Ltd. Şti. ile Sena Elektronik arasında teknolojik ve bilimsel işbirliği.
- Ege Soğ. Klima Soğuk Hava Tesisleri San. ve Tic. A.Ş.

Ayrıca, Milli Savunma Bakanlığı'yla birlikte, gerek "Ege Üniversitesi-Hava Eğitim

Foto Organik Nanoteknoloji Ürünleri

Ülkemizde ilk kez bir nanoteknoloji ürünü olan Organik Güneş Pilleri teknolojisini geliştiren, laboratuvar alt yapısını kuran ve Türkiye Şişe Cam Fabrikaları ve Türk Silahlı Kuvvetleri ile ortak üretim çalışmaları aşamasına gelen Enstitümüz, bu teknolojinin bir uzantısı olan şu andaki ekonomik boyutları Güneş Pillerinden daha büyük olan Organik LED lambalar ve Organik yapıda Alan Etkili transistörler - OFET, üretim teknolojilerine hedeflenmiştir. Organik LED lambalar minimum oranda elektrik akımı ile (mAmper) yüksek ışınım verebilen aydınlatma ve ikaz sistemleridir. OFET ler diğer transistör ler gibi bir tür elektrik-elektronik anahtar sistemleridir. Minimum miktar elektrik akımı (mA) ile çalışabildikleri gibi ışık ile (Foto-OFET) çalışabilmektedirler. Günümüzde hızla gelişen ve klasik hantal sistemleri hızla saf dışı eden pahalı elektronik sanayi ürünleri; dijital fotoğraf makineleri, cep telefonları, plazma televizyon ekranları vs. bu nanoelektronik teknoloji sanayi ürünleridir. Pahalı olmaları üretim maliyetlerinden değil karmaşık ve ileri düzey (moleküler boyut düzeyinde) nanoteknoloji bilgileri gerektirdiği, yani rakipleri olmadığı içindir. Ülkemize Güneş Pilleri ile birlikte OLED ve OFET teknolojilerinde getirilmesinin ekonomik boyutta beklenilmedik olağan dışı olumlu gelişmeler yaratabileceği açıktır.

OLED-OFET çalışmalarımızın T. Şişe Cam Fabrikaları, ASELSAN, ASPİLSAN, TÜBİTAK BİLTEN-Uzay Uyduları Teknolojileri Enstitüsü ile ortak yürütülmesi temel bilimsel ve laboratuvar çalışmalarımızın hızla teknolojik üretime yönlendirilmesini, Organik Güneş Pillerinde-OGP olduğu gibi sağlayacaktır.

Ayrıca halen yürürlükte olan ve haziran 2006'da sonlanacak olan Avrupa VI. Çerçeve projemiz MOLYCELL -Esnek Organik Güneş Pilleri'nin ortaklarından bir kısmı Fransa CEA, Hollanda ECN, Avusturya LIOS, İngiltere ICL, OLED ve OFET sistemleri ile araştırma çalışmaları yürütmektedirler. Bu ortaklar ve yeni ortaklar ile Avrupa Topluluğu VII. Çerçeve proje programına başvurular planlanmaktadır.

HEDEF, GÖKYÜZÜYLE KUCAKLAŞAN ÇATILAR

Muğla Üniversitesi Rektör Yardımcısı Prof. Mehmet Güneş ve Fizik Bölümü Araştırma Görevlisi Rüştü Eke, üniversitede yürütülen çalışmalarını Bilim ve Teknik ile paylaştılar

RG: Güneş arabaları için bir çağrı yaptık; çok güzel bir şey oldu, iyi ses getirdi; dinamizm getirdi, güneş enerjisi alanında bir farkındalık yarattığımızı düşünüyorum; ama görüyoruz ki bu paneller, yani bir güneş arabasında güneş enerjisinin itkiye dönüştürülmesini sağlayacak en önemli parça dışarıdan geliyor. Oldukça pahalı. Biz bunları ne zaman yapacağız, yapabilecek miyiz?

- Bunları yapabilmemiz, Türkiye'deki Pazar payına bağlı. 3 megawatt'lık bir pazar payı, Türkiye'de olduğunda, Türkiye de üretimi gerçekleştirebilir.

- 3 megawatt deyince, evlerde de kullanılmaya başlamış anlamını mı çıkaracağız?

- Toplam Pazar payı bu olduğunda, yani evlerde kullanıldığında.

-Bu Pazar nasıl oluşturulur?

-Evlerde kullanım için daha fazla teşvik gerekir. Almanya'nın ya da diğer Avrupa ülkelerinin yaptığı gibi.

-Bu miktar kaç evin ihtiyacını karşılar?

-3 megawatt dediğimizde yaklaşık olarak 1000 evin ihtiyacını karşılar. Çünkü bir evin ihtiyacını 2,5-3 kW'lık bir sistem rahatlıkla karşılar..

-Biz burada Muğla Üniversitesi yerleşkesi içinde güneş enerjisi kullanımının çeşitli ve verimli uygulamalarını gerçekleştirdik. Bunları, bir güneş enerjisi araştırmacısı olan rektörümüz Prof. Dr. Şener Oktik anlatacaktır. (Bkz: çerçeve)

Şimdi biz bunlardan sonra laboratuvar alanına geçerseniz, diğer çalışmamız buradaki güneş panelleri. Dışarıdan satın alındı. Bunu şebekeye monte edip, diğeri de Muğla bölgesinin çevre koşullarına göre farklı maddelerden yapılmış güneş pillerinin yıl boyunca performansını incelenerek, hangi tür malzemenin, Muğla bölgesine en uygun malzeme olacağını belirten çalışma arkadaşımızın doktora çalışması. Bunun yanında biz bunların üretimlerini ve temel karakterizasyonlarını da burada yapmayı hedefledik. Buradaki ince filmde başlayarak, ince filmin üretilmesi, daha sonra prototip güneş pillerinin yapılması ve standart güneş pili, güneş ışınımı altında bunların karakteristilerinin ve verimlerinin çıkarılması.

Bu konuda benim yurtdışında yapmış oldu-

ğum doktora çalışması, "amorf silisyum bazlı güneş pillerinin genel karakteristikleri üzerinde. Şu an amorf silisyum güneş pillerine ilave olarak, silisyum nanokristal yapıdaki formu güneş pilleri için daha verimli ve gelecek için önemli. Bu konuda bizim Avrupa'da, Almanya'nın Münih Araştırma Merkezi'yle başlatmış olduğumuz temel bir çalışma var. Üretilen filmlerin fizikini anlatıyor. Büyütmeye koşullarının sonucunda "hangi koşullarda en iyi kalitede film elde ediyoruz?" Türkiye'deki güneş piliinde elektrik akımlı voltajı sağlayan yük taşıyıcıların özellikleri, malzemenin yapısına göre. Biz bunları karakterize etmeye çalışıyoruz. Bu karakterizasyonda, mikroyapı, elektronik ve optik karakterizasyon ve bunlardan malzemenin en iyi kalitede olduğuna emin olduktan sonra biz güneş pili yapmaya ve bu güneş pillerini de daha sonra portatif ya da geniş yüzeyde uygulamalarına geçmeyi hedefliyoruz.

Problemin birincisi tamamlandı. Bu yıl Nisan ayında TÜBİTAK ve Almanya bunu desteklemişti. Şimdi projenin ikinci aşamasını yapmaya başladık. Şimdi bir Alman üniversitesinin de katıldığı bir üçlü bir araştırma projesi geliştiriyoruz. Bunun yanı sıra TÜBİTAK'a sunacağımız projelerimiz de var. Ve yapmak istediğimiz şu: Buradaki temel karakterizasyon laboratuvarlarımızda eksikliklerimiz var. Bunları tamamlayarak Muğla Üniversitesi'nde fotovoltik malzemelerin üretiminde ve karakterizasyonunda bir laboratuvara sahip olmak. Hem fiziğin anlatılması, elde edilen sonuçların nümerik-sayısal modellemelerinin yapılması konusunda çalışmalarımız olacak. Bu konuda Fotovoltik Grubu olarak Şener Hocamızın önderliğinde birbirimizi tamamlayan bir ekip olarak hedefimiz, önümüzdeki 5 yıl içinde sistemleri buraya kurmak ve burada prototip güneş pillerinin üretimini sağlamak istiyoruz.

Güneş pillerini Türkiye'de yapmak bizim için çok önemli. Bunun ilk basamağı da Ar-Ge'den oluşuyor. Şimdi mevcut teknoloji silisyum teknolojisi. Bu çok pahalı: tek kristal. Bunun yanında çoklu kristal var. Bunun da verimi %16 civarında piyasada. Tek kristalin laboratuvarında üretilen prototipinin verimi %30'ları aşmış durumda. Bunlar

genellikle uzay uygulamaları için kullanılıyor. Ama çok özel üretim yöntemlerle yapılan dizaynlarda elde ediliyor. Üstelik de Avustralya'daki grup bu konuda çalışıyor. Burada önemli olan ucuz olacak, kolay olacak, ve altlıklar (cam, plastik, çelik gibi) üzerine yapılabilecek ve montesi kolay olacak. Binanın bir parçası olacak; amaç o. Bunları burada üretmek.

-Siz, bükülebilir esnek fotovoltik hücreler değil, sert rijid hücreler üzerinde çalışıyorsunuz galiba deney çalışmalarınızda.

-Biz cam üzerine yapıyoruz, ama çelik üzerine de yapılabiliyor. Yaptığımız örnekler plastik de olabilir. Şimdi birkaç tanesi solar güneş pillerinin dizaynı var. Bu dizayna göre, ucuz altlıklar, alttabakalar üzerine bunu büyütebiliyorsunuz, bu büyütmeye işlenişinde bir dolu problem var: Yüzeye yapışma olsun, yük taşıyıcıların verimli bir şekilde toplanmaları olsun.

Aslında güneş pillerinde, fotovoltik elektrik üretim olayı çok kısa, 1, 1,2 mikron kalınlıkta oluyor. Malzemenin diğer kısmı sadece bir altlık olarak, diğer kısmı çöpe gidiyor.

Buradaki amaç sadece güneş pili verimli bir şekilde, spektrumunu tamamiyle soğurabilen 1 mikron ya da daha ince bir güneş pili. Bunun için ince film güneş pilleri, teknolojisi geleceğimizin teknolojisi olacak. Burada ana olarak silisyum yine başta: ince film silisyum.

- İnce film şimdiki uygulamalarda yok mu?

-Hayır, bir tek amorf silisyumda kullanılanlar ince film teknolojisi. Tekli kristal ya da çoklu kristal, bunlar ince film teknolojisi değil. Bu malzeme üretimi tamamiyle farklı bir teknoloji.

Burada tek kristal silisyum, amorf ve mikro kristal yapıdaki silisyum çok daha önemli. Baktığımızda tek kristal atomlar mükemmel dizilmiş. Burada amorf silisyum varsa, en önemli problem, güneş altında bozunuyor. Bozunmasının sebebi de, ışıkla yaratılan elektronik kusurlar var. Bunlar güneş verimini; ürettiğiniz %10'sa %5'lere düşürüyor birkaç yıl içinde. Yeni malzemeler mikrokristal ya da nanokristal yapıda. Bu nanokristal yapıda adacıklar var malzemenin içinde. Aralarında da amorf bölgeler var. Ama amorflla karşılaştırdı-

ğımız zaman, bu ışıkla yaratılan elektron kusurlar hemen hemen ortadan kalkmış ve bunu ince film olarak, 1mx1m cam ya da plastik üzerine büyütmemiz mümkün. Kavşakları yapmanız mümkün, ama şu an bu teknolojiye problemler var. Problem de şöyle: Malzemeyi optimum hale getirmek için hazırlık koşullarının birini değiştirdiğinizde malzemenin özelliği değişiyor. Güneş pilleri değişiyor. Şimdi bu çalışmalarımız ince film silisyum teknoloji üzerinde. Mikrokristal, nanokristal silisyum ince film malzemeler.

Bunun yanında amorf silisyum karbon alaşımı, amorf silisyum germanyum alaşımı, mikrokristal silisyum germanyum alaşımı, bunlar tabii içindeki mikro yapıyı değiştirerek çok farklı özellikler üretebilir. Bu ürettiğiniz özelliklerin fiziği çok ilginç. Bunun fiziğinin anlaşılması gerekiyor. Bizim bu konuda temel çalışmalarımız var. Yurtdışıyla, laboratuvarlarla ortak çalışıyoruz. Ortak projeler yapıyoruz. Çünkü bir sisteme dayanıklı bir çalışma yapmak mümkün değil. Onun için ortak çalışmalarımızla burada uluslararası bir fotovoltaik araştırma grubu ve araştırma projelerinin yapıldığı bir durum haline getireceğiz.

Gördüğünüz gibi güneş pili bu. Katmanlı. Altta bir çeliğin üzerine gümüş var, çinkooksit var, N tabakası var. Burada portakal renginde olan da esas güneş ışığını soğuran kısım.içinde bir iç



elektrik alanı yaratıp, ışıkla yaratılan elektronla boşlukları topluyorsunuz. Bu en basit güneş pili oluyor.

Bu tek kavşaklı. Bunun yanında, 1, 2, 3 kavşaklı yeni güneş pili dizaynları var. Ama bunlarında hep en önemli kısmı olan, güneşi soğuran kısmı. Güneş'in enerjisi çok geniş olduğu için mikrokristal, amorf silisyum güneş pili, silisyum germanyum değişik bant yapılarına, yasak enerji alanlarına sahip olduğu için bunları katmanlı yaptığınız zaman bütün spektrumu soğurma şansına sahipsiniz. Dolayısıyla Güneş'ten hiçbir şeyi zayi etmeden soğurduğunuz elektron boşlukları da verimli şekilde toplayabilirsiniz, o zaman güneş piliniz verimli olur. Toplayamamanızın nedeni de, bunun içinde oluşan elektronik kusurlar. Elektronik kusurlar bizim ışıkla yarattığımız bu boşlukları tekrar birleşme merkezi olarak davranıyorlar. Ve bu zamanda siz buradaki yük taşıyıcıları kay-

bediyorsunuz. Güneş pillerinin de verimi düşüyor.

Bunlar gerçekten yeni teknoloji. Türkiye bu teknolojiye sahip olmadan, yeni panellere sahip olamaz. Bu mümkün değil. En basitinden laboratuvarında sahip olacağız; bizim yurtdışında çalıştığımız laboratuvarlarda bu böyle. Bunları geliştirip, daha sonra sanayi bazına geçiş olur.

-Bir hedef gerekiyor; vizyon derken onu kastediyorum. Diyelim bir şirket size yatırım yapmayı kabul etti; siz ne zaman "tamam, bu üretilebilir" diyeceksiniz? Akademik araştırmaların ucu yok; sürekli yenilenmek durumunda; ama bir yandan da ihtiyaç var. Temiz enerji kullanımı gerekli. Bu nedenle ne zaman "tamam kardeşim ver parayı başlıyoruz ortak olarak" diyeceksiniz? Ve neyle? Yani hedef ne? Monokristal silisyum panelini mi bekleyeceğiz, polikristalle mi başlayacağız?

-Hedef kesinlikle monokristal.

- Ne zaman yapacağız?

-Altyapının olgunlaşması, burada bunu yapabilecek bir üretim laboratuvarı, ilk hedefimiz.

- Yani özetle bizim daha laboratuvarlarımızı geliştirmemiz gerek?

-Biz buna, altyapıya bir yatırım gerek diyelim.

- Ne kadar yatırım? Maliyeti?

-Bir milyon dolarlık bir alt yapı gerektiriyor. Başındaki bilim adamını, uzmanı eğitmek gerekiyor.

-Evet, bir de ucuz altlık üzerine yapıyorsunuz. Bu çok önemli. İsteddiğiniz esnek malzemelerin üzerine, plastiğin üzerine, kauçuğun üzerine o tür şeyleri yapabiliyorsunuz. Binanın tepesine bunu monte ediyorsunuz. Şu an bunun maliyeti ötekilerden yüksek, onun için rekabet edemiyor.

- Hedef, bunu da rekabet edebilir maliyete getirmek?

- Şimdi bizim kullandığımız araştırma merkezlerinde de küçük bazda, bunların prototip ürünleri yapıp, knowhow, yani bilgi üretiliyor ve kuruluşlara "evet, bizim ürettiğimiz standart güneş altındaki verimi bu" deniyor. Bizim amacımız da bu. Bunu gösterebilmek. Bize bir hayırsever para verirse, (DPT'ye de bir proje hazırlıyoruz zaten,) ama burada bunu üretmek. Mesela bir başka tane daha var. Kızgın tel yardımıyla ince film büyütme sistemi bu. Ve Türkiye'de bu teknoloji yok. Bu teknolojiyi diğer teknolojilerle birlikte getirebildiğinizde, bütün katmanları farklı "depositor" sistemleriyle yapıyorsunuz. Ve "benim ürettiğim güneş pilim" diyebilirsiniz. Başlangıçtan bu noktaya gelinceye kadar arada Ar-Ge var, fiziksel yoğunlaşma olarak, yapılacak çok şey var. İnce filmlerin çok ayrıntılı karakterizasyonları, fiziksel modellerin iyice anlaşılması gerekiyor. Bizim yaptığımız ortak çalışmada, 8-10 farklı tekniği kullanıyorsunuz. Ve kullandığınız bu tekniklerle elde ettiğiniz sonuçlarla bu verimi nasıl artıbiliyorsunuz? İnanın bu yaptığımız çalışmalar sonucunda belirlediğimiz o parametre uzayındaki bölgede üretilen güneş pilleri, en yüksek güneş pilleri verimini, en yüksek akımı verdi. Bunları biz rapor ettik. Ama çalışmalar daha devam ediyor. Çok fazla bilinmeyenler var. Ama gelecekte..

- Mehmet Hocam, bu sayının kapak yazısını Türkiye'de güneş enerjisi çalışmalarına ayırırken, Güneş arabalarıyla da örtüşsün istedik. Benim merak ettiğim, polikristal, nanokristal, tamam ama insanlar "ben bunu evimin çatısına ne zaman koyabileceğim" diyor. En basitini. Yani üretim talebi gerekirse, var işte. Bir de güneş arabaları üretmeleri için çocuklara coşku verdik; istiyoruz ki gidip de onbinlerce dolar harcayıp, falanca yerden alacağı yerde, daha basit olsa da Türkiye'den alabilsinler. Hangi sene? Üretimle yönelik çalışmalar ne aşamada?

-Bizimki temel çalışma olduğu için biz burada gerçekten bir prototip ürün üretmek istiyoruz. Sanayici ilgilenirse, bu tabii yerel değil, birlikte, dış sanayisiyle birlikte olur. Şu anki çalışmalar, mesela bizim yurtdışındaki gruplar, şirketlerle birlikte çalışıyoruz. Bunu Türkiye'de yapmak için bir alt yatırım yapmamız gerekiyor.

-Tamam, 1 milyon dolar siz yatırım yaptınız, araştırma da birlikte olacak. Ondan sonra üretim için yatırım ne kadara çıkıyor? 1000 evli "güneş kasabası", pilot kasaba yapacağız.

-O kısma geldiğinizde rekabetiniz yurtdışı firmalarıyla, Yani bizim Türkiye'de üretim bakımından hiçbir altyapımız yok. Şu ana kadar hiçbir yatırım yapmamışız. Sadece laboratuvarlarda Ar-Ge, karakterizasyon üzerine yatırımlarımız başlamış durumda. Kenan Hoca'nın yaptığı çalışmalar, paneller dışarıdan alınmış. Türkiye'de bir yatırım olacaksa, dış ortam koşullarının performansının ayrıntılı karakterizasyonları yapılması gerekiyor. Şimdi şu sene demek çok zor. Her şey yatırıma bağlı. Ama bir yerde yapılan yatırım, bunun geri-

- Yani size bir destek, devlet ya da bir hayırsever, misyon sahibi çıktı, "dile benden ne dilersem: bir milyon dolar verdim sana" dedi. Yeter mi bu?

-Prototip üretimleri yaparız. Ve standart, 10 cm X 10 cm cam üzerine, katmanlı güneş pilini yapıp, evet burada ürettiğimiz sistemin, ilk yaptığımız güneş pilinin verimi şu, %3' de olabilir. Ama önemli değil. Bu sistemi kullanarak ne yaparız? Fiziğini araştırırız, ve bu güneş pilinin verimini %10'lara, şu anki markette neyse ona çıkarmaya çalışırız.

-%16 galiba, değil mi?

%16 olan çoklu kristaller, ince filmlerde %9-12 civarında. İnce film silisyumdaki güneş pillerinin verimi %9-12 civarında.

- Üstünlüğü ne?

-1 dakikada bir katmanı yapıyorsunuz. Enerjiyi az soğuruyorsunuz.

- Enerji az, hızlı üretim.



Prof. Dr. Şener Oktik (arka sırada soldan üçüncü) ve çalışma arkadaşları.

dar elektrik enerjisi üreterek şebekeye aktarabilmektedir. Yaz aylarında Kütüphane binası'ndaki soğutma sistemleri tam kapasiteyle çalıştığı durumlarda günlük elektrik ihtiyacının yaklaşık %10'u güneş enerjisinden üretilen elektrik enerjisi ile karşılanabilmektedir. (resim 1)

Güneş gözelerinin performansının incelenmesi için karakteristik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Kütüphane çatısı'na bu sistemin yanına çok kanallı bir ölçüm sistemi 2003 yılında kurulmuştur. Güneş gözeleri veya modül gruplarının performans parametreleri ölçülüp bir veri tabanında toplanmaktadır. Yakın gelecekte bu veriler ülkemiz ve dünyadaki bilim insanlarının kullanımına açılacaktır.. (resim 2)

Binaya entegre Fotovoltaik sistem uygulaması olarak Muğla Üniversitesi Yerleşkesi içerisinde bulunan "Türk Evi" öğrenci kafeteryasının çatısını 215 m2 büyüklüğündeki güney cephesinde 2003 yılında fotovoltaik çatı uygulaması yapılmıştır.. 25,6kWp kurulu güce sahip bina entegreli şebeke bağlantılı sistem ile yıllık toplam 35.000kWh'in üzerinde elektrik enerjisi üretilerek şebekeye aktarılmaktadır. 2006 yılı mayıs ayı sonunda sistemin kurulumundan itibaren 3 yılda üretmiş olduğu toplam elektrik enerjisi 102.000kWh değerinin üzerindedir. (resim 3)

Bir diğer uygulamada ise 15kW güce sahip hibrit bir fotovoltaik sistemin kurularak Üniversite giriş kapısı önünde bulunan havuzların su pompalarının beslenmesi amaçlanmış ve güneş gözelerinin yerleşimi için en uygun alan olarak Muğla Üniversitesi Kongre Merkezi karşısındaki otopark alanı seçilmiştir. Hibrit olarak planlanan sistem halen şebeke ile uyumlu olarak çalışmakta olup şu anda sadece fotovoltaik kısmı devrededir, dizel jeneratör ve rüzgâr jeneratörü testleri henüz gerçekleştirilmemiştir. Mevcut haliyle sistem 2 saat otomom süresine sahiptir. (resim 4)

Güneş gözelerinin çevresel aydınlatma birimlerinde kullanımının örneği olarak da toplam

4kWp güce sahip 75Wp ve 85Wp tek kristal ve çok kristal silisyum güneş pilleriyle Muğla Üniversitesi yerleşkesi içerisinde çeşitli noktalara bağımsız aydınlatma direkleri yerleştirilmiştir. Her birinde 60 adet LED (ışık yayan diyot) bulunan 80 adet lamba 40 adet direğe bağlanmıştır. Muğla Üniversitesine girişi sağlayan Sıtkı Koçman Köprüsü üzerindeki 10 adet fotovoltaik aydınlatma birimi halkın bu konuya ilgisinin çekilmesine 2002 yılından bu yana büyük etken olmaktadır.. 17 adet PV aydınlatma birimi üniversite yerleşkesinde bulunan orman içerisindeki su deposu gibi kör noktalara yerleştirilmiştir. 23 direk ise orman içerisinde inşa edilen koşu yolunun aydınlatılmasında kullanılmıştır. (resim 5)

Dış ortamdaki hava durumunun ve bulunulan çevredeki rüzgâr potansiyelinin belirlenebilmesi için Merkez Kütüphane çatısına bir meteoroloji istasyonu kurulmuştur. Meteoroloji istasyonu ile güneş gözelerinin performansını belirlemede kullanılan çevre sıcaklığı, rüzgâr hız ve yönü, bağıl nem ve basınç ölçülmektedir. Ölçülen değerler Ammonit marka veri toplama ve depolama ünitesinde saklanarak işlenmek üzere bilgisayara aktarılmaktadır. (resim 6)

Yarı iletken aygıtlar olan fotovoltaik gözeler üzerinde temel araştırmalar büyüyen bir altyapı ile hergün güçlenmektedir. Muğla Üniversitesi laboratuvarlarında ayrıntılı olarak elektrik sel karakterizasyon, optiksel karakterizasyon, yapılabilmekte olup, yapısal belirleme ve kimyasal analizler de önemli ölçüde yapılabilmektedir..

Muğla Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenen ve devam eden bir başka proje ile de Muğla üzerindeki güneş ışınımının tayfsal değişimi ölçülmeye çalışılmaktadır. Muğla sınırları içerisinde linyit kömürüne dayalı termik santrallerden açığa çıkan ve çevreye yayılan gaz ve parçacıkların çevre kirliliğine olan etkisini güneş ışınımının değişik dalga boylarındaki tayfsal analizi yoluyla belirleyebilmek mümkündür. Ölçüm-

lerde, 200-1100nm aralığında her biri farklı dalga boyu aralıklarında ölçüm alabilen sekiz bölümden oluşan S2000 spektrometre kullanılmaktadır. Muğla üzerinde bulunan toplam O3, NO2, SO2, O2 ve aerosollerin dağılımının günlük ve aylık değişimler gösterdiği gözlenmiş, Muğla yöresindeki termik santrallerin bu değişimlerdeki etkisi olası bulunmuştur.

Güney Ege, Muğla İklim Koşullarında Güneş Enerjisi Kondenzasyonlu

Sistemiyle Çalışan Otomatik Kontrollü Keresite Kurutma Tesisinin Tasarımı, Kurulumu ve Kurutma Ekonomisinin Araştırılması isimli bir DPT projesi kapsamında 40 m3 iç hacme sahip, 40 m2 havalı güneş kolektörü yüzeyli yıllık 300 m3 kereste kurutabilme kapasitesine sahip bir kereste kurutma tesisi kurulması planlanmıştır. Bu projede, ısı pompası yardımıyla fırın kazançlarını artırılması ve katı atık yakıt takviyesi ile kış aylarında da kurutma yaparak malzeme deformasyonlarının en aza indirilmesi, çakıl deposu kullanılarak enerji kullanım etkinliğinin artırılması amaçlanmış olup teçhizatın montajı tamamlanmış ve deneysel verilerin alınmasına başlanmıştır. (resim 7)

Güneş ısı toplalarının, elektrik enerjisi elde edilmesinde de kullanılan TEC (Thermoelectric Collectors) sistemleri ile fotovoltaik hibrit diye adlandırılan elektrik üretiminin ön planda olduğu ve yan ürün olarak ısı enerjisinin üretildiği sistemler (PVHC), kojenerasyonun iki değişik amaçlı kullanımını belirtmektedir. 54 kWp şebeke bağlantılı fotovoltaik güç sistemleri çalışmalarına böylece kojenerasyon uygulaması ve ısı enerjisinin geri kazanımı yolu ile birleşik verimliliklerinin artırılması ile Araştırma Fonu tarafından desteklenen bu proje ile yeni bir boyut eklenmiş olacaktır.

Prof. Dr. Şener Oktik
Muğla Üniversitesi Rektörü

mek istiyorum. Bunlardan birincisi Alman, diğeri de İtalyan modeli. Almanya'da olduğu gibi, sistemi kurarsınız, sistemin hiçbirşeyine karşmaz; fakat sistemden ürettiğiniz enerjiyi diğer kullandığınız enerjiye göre 4 kat, 5 kat daha fazla fiyattan sizden alabiliriz şeklinde devlet garanti verebilir. Veya İtalya'da olduğu gibi...

-4-5 kat daha pahalıya alıyor mu Almanya?

-Alıyor. 9-10 cent'e satıyor, fakat 40-50 cent'e geri alabiliyor. Tabii fotovoltaik enerjiyi farklı orandan alıyor, rüzgardan üretilen enerjiyi farklı. Temiz enerjilere farklı kotalar uygulanmış, çünkü her birinin maliyetleri değişik...

İtalya'da uygulandığı gibi de olabilir. İtalya diyor ki, 20 kW'lık güce sahip bir sistem kurarsanız, sistemin % 75 maliyetini ben karşılarım. Yani siz bunu belgelediğiniz zaman % 75'ini ben size öderim, ondan sonra da herhangi birşeyine karşmam diyor. Bu da bir sübvansiyon yöntemi. İşte bizim de bunlara bakarak kendimize göre bir model geliştirmemiz lazım. Ülkemizin ekonomik şartlarına göre bu modellere yakın bir modeli tercih etmemiz lazım. Avrupa'da yakın bir zamanda elektrik üretip satan şirketlere şu getirilecek: Diyebilecekler ki -yeşil sertifikalar o zaman sözkonusu olacak- 'siz enerji üretiyorsunuz, satıyorsunuz ama bu enerjinin belirli bir oranını temiz enerjilerden üretmek zorundasınız. Üretmiyorsanız, o zaman üreten, o yatırımı yapmış bir başkasından, para verip onun sertifikasını almak zorundasınız. Yani siz üretmiyorsunuz, ama üreten bir başkasından alıyorsunuz; kiralyorsunuz bir başka deyişle. Önümüzdeki 10-20 yıl içinde bunlar Avrupa'da yerine oturacak, orada oturunca biz de AB ile müzakerelere başlamış, bu süreç içerisindeki bir ülke olarak biz de yavaş yavaş getireceğiz.

-Yani ne getireceğiz? Teknoloji.

-Yavaş yavaş bunları artık biz kendimiz istemesek bile, bu doğrultuda, AB'ye girecek ülkeler içerisinde, aday ülkeler içerisinde yer aldığımız için, bunları oradan zorlamalarla yapmak zorunda kalacağız. Diyecek ki Avrupa, 'sen elektrik enerjisi üretiyorsun, bunun belirli bir oranını -%3, %5, %8 her ne kadarsa- temiz enerjilerden karşılamak zorundasın.' Tabii bizim barajlarımızdan, hidroelektrik santrallerimizden belirli bir kısmını karşıladığımız için, bir sıkıntımız görünmüyor.

Ama alt birimler olarak güneşten, rüzgardan ve diğerlerinden koyulduğunda, o zaman bazı şeyler farkedecek. Biz de ilk etapta güneşe bu öncelliği vermeliyiz. Tabii fotovoltaik, en pahalı elektrik enerjisi şu anda. Yani rüzgardan, hidroelektrikten, diğerlerinden pahalı. Ama biz de şanslı bir bölgedeyiz, bir güneş kuşağında yer almaktayız, enerjiye sahibiz. Muğla için konuşuyorum - Avrupa'da sadece İtalya'nın en güney kısmı, Sicilya bölgesi ve Fransa'nın Korsika bölgesi, İspanya'nın da en güneyi bizimle aynı güneş enerjisine sahip. Aynı kuşakta yer alıyoruz. Diğer bölgelerin güneş enerjileri bizimle kıyaslanamayacak ölçüde. Dolayısıyla bu maliyetlere de yansıyor. Yani bir sistemi kurduğunuzda, Almanya'da, 30 yılda kendisini amorti ediyorsa, bizde 15 yılda ediyor. Orayla öyle bir ki-

yaslamamız sözkonusu. Veya bir başka deyişle birim maliyete geçecek olursanız Almanya kWh'ini 1,5 euro'ya malediyorsa, biz 70 cent'e. Değerler itibariyle konuşursak, bizde 16-17 cent'e maledebiliriz. Almanya'daki sistem kWh'ini 40 cent'e malediyorsa, biz bunu -Muğla ya da İzmir- 20-25 cent'e maledebiliriz. Tabii şöyle birşey de var. Bu sistemler büyüklüklerine göre de değişiyor. Yani siz 3 kW'lık bir sistem kurarsanız maliyetiniz farklı oluyor, 50 kW'lık bir sistem kurarsanız farklı oluyor. Sistem boyutu büyüdükçe maliyetiniz düşüyor. Çünkü firmalara gittiğiniz zaman, bana bir güneş pili lazım dediğinizde, kaç tane diye soracak. Siz 1 tane dediğinizde farklı fiyat veriyorlar, 50 tane dersiniz farklı. Genellikle dünyada 1 farklıdır, 2-8 arası farklıdır, 8-40 veya 50 arası farklıdır, 50'yi geçtiği zaman, zaman isterler, üreticisinden özel fiyat alırlar, ona göre yaparlar. Ö. en son olarak Ege'deki sistemi örnek vereyim...



-Birim dediğiniz ne?

-Modül... 1 metrekairelik, 150 W'lık bir modül düşünün. 150-160 W. En son yaptığımız işlem konusunda -ben de içerisinde bulundum- Ege'deki sistemden bahsedeyim. 11 kW'lık bir sistem kuraçığımız dediğimizde, ben özel fiyat alayım, üreticisiyle görüşeyim dedi firmalar. İlk etapta net bir rakam veremediler.

-Anladığımız kadarıyla alıp rafa koymuyor, talep üzerine üretiyor.

-Büyük bir bölümü o şekilde. Alıp rafa koyanlar da var ama bu, şirketlerin büyüklük ölçüsünde. Çoğu şirket zaten talep oranında çalışır. Kapasitesi vardır, siz talebinizi yaparsınız, o talebe göre üretir, verir.

-Şirket kendi altyapısıyla üretiyor değil mi?

-Türkiye'de bulunan şirketlerden sadece bir-iki tanesinin haricindekiler, hep yurtdışından çalışıyorlar. Herşeylerini yurtdışından alıyorlar -bir ithalat firması gibi- bir araya getirip montajını yapıp satıyorlar. Türkiye'de İzmir'de bir şirket var, o da hücreleri, yani az önce bahsettiğimiz 10'a 10 veya 16'ya 16 boyutunda dediğimiz hücreleri alıp bunu kendi laboratuvarlarında iç bağlantılarını yapıp modül haline getirip onun laminasyonunu yapıp, modül olarak satabiliyorlar. Türkiye'de şu anda bir tane şirket var. "Orijin Solar". İzmir'de. Kendi laminatörü var. Fethiye'de bulunduğunu söyledi görüşmelerimizde. Fethiye'de bir atölyesi var. Gözeleri ithal ediyor; bunu zaten şu anda Türkiye'de yapmak mümkün değil, ama az önce hocamın da bahsettiği yatırımları yapabildiğimiz zaman... Yeter ki bunu yapabilelim. 10 santimetrekairelik yapalım, % 3 olsun, ama bunu geliştiririz dedi. Geliştirmede, % 12, 13, 15 verimlere çıkabildiğinde, artık biz bunu piyasaya verebiliriz. Burada üretirsiniz, öbür şirket sizden alır, iç bağlantılarını yapar, lamine eder ve piyasaya sürer.

-Ege'de de laminasyon (koruyucu kaplama) yapılıyor bildiğim kadarıyla...

-Ege'de de laminatör var, O firmayla gereken teması yaptık, birtakım işlemler sonucunda ürün alındı, geldi, şimdi bir başka firmadan hücreler alınıyor, yani gözeler geliyor, arkadaşlarımız laboratuvarında gözelerin bağlantılarını uygun şekilde yapıyorlar, lehimlemelerini çok dikkatli şekilde yapıyorlar, ve istedikleri boyutta lamine edip modül halinde bunları piyasaya sürme şansına sahibiz. Tabii ilk etapta kendi ihtiyacımız için bu yapıldı.

Tüketici Dağıtıcı Anlaşması

-Burada iki tür sistem var. Birincisi, bire bir anlamında, yani maliyetler anlamında destekler olabilir. Burada kuruluş aşamasında sübvansiyon yapılmaktadır. Ondan sonra da sistem der ki, sizin ürettiğinizle benim ürettiğim ve benim sattığım, enerjidir. Sen 100 üretmiş 105 tüketmişsen, 5 tüketmişsindir, bu 5'in parasını vereceksin. Veya diğer sisteme göre, 150 üretmişsin ama 100 tüketmişsin, o zaman o 50'nin parasını size çek olarak geri verir. Yani 50'lik bir kotanız olur orada, onun parasını alırsınız. Ama normal tarifeden alırsınız. Bir diğer sistemde de, bu da çift sayaç sistemi, kuruluşunda hiç birşeye karşmaz. Yani sistemin instalasyonuna, kuruluş maliyetine hiç karşmaz, der ki siz temiz enerji üretiyorsunuz, dolayısıyla sizin ürettiğiniz enerjiyi normalden pahalı olarak, örneğin kWh başına 40 cent, 30 cent'e alıyorum, ama ben, sizin benden aldığımız enerjiyle 10 kWh'e satıyorum. Gelir, ay sonunda veya yıl sonunda sizin sayacıma kontrol eder, siz ne tüketmişsiniz, ne üretmişsiniz. 105 birim üretmişsiniz. 105 birimi 40 cent'ten hesaplar. Diğer sizin tükettiğinizi de, 80 birime 80 birimi de 10 cent'ten hesaplar -tabii bunlar varsayımlı rakamlar- sonuç olarak sizin artınız vardır, eksiniz vardır, ikisini örtüşdürür, size kalan neyse geri vereceği, onu verir.