

# EKOLOJİK MİMARLIK KAPSAMINDA BİNA BÜTÜNLEŞİK NANO-PV MALZEMENİN İNCELENMESİ

İdil Ayçam<sup>1</sup>

Nilay Özeler Kanan<sup>2</sup>

iaycam@gazi.edu.tr , nilay.kanan@afet.gov.tr

<sup>1</sup>Gazi Üni., Müh-Mim.Fak., Mim. Böl. Ankara

<sup>2</sup>Afet İşleri Genel Müd. Ankara

## ÖZET

*Ekolojik mimarlık kapsamında sürdürülebilir yaşam, enerji etkin bina tasarımları, enerjinin üretilmesi, depolanması ve kullanılması, çevreye uyumlu eco-mimesisler\* (Çevresel bio-entegrasyonlar) oluşturulması gelişmiş dünya ülkelerinin bilimsel çalışmalarıyla ilerletilmekte, uygulama denemeleriyle de varlığını ortaya koymaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisi ve yeni teknoloji türleriyle enerjiyi en verimli kullanımın giderek yaygınlaştığı görülmektedir.*

*Bu çerçevede baktığımızda gelişmiş dünya ülkelerinin daha fazla verim almayı amaçladıkları güneş pili (fotovoltaik, PV) teknolojileri enerji üretme, depolama ve kullanma yeteneğiyle, vazgeçilmez yapı malzemesi olarak yerini almakta ve malzemenin üretim verimini bir adım daha öteye taşıma ihtiyacını doğurmaktadır. Günümüzde bu ihtiyacı nanoteknoloji alanındaki çalışmalar, güneş pili teknolojilerinin verimini arttıran uygulama olanakları ile ortaya konulmaktadır.*

*Fotovoltaik malzemenin bina ile bütünlük tasarım ilkelerine göre yerini alması pv malzemenin bulunuşundan bu yana incelenmektedir. Binaya entegre güneş pilleri, enerji etkin bina tasarımında önemli avantajlar sağlamasına karşın cam üzerine fotovoltaik malzemenin uygulanması, malzemenin boyut, renk, büyüklük ve ağırlık özellikleriyle tasarımcının kullanımı için sınırluluklar getirdiği gözlenmektedir. Gelişen teknoloji paralelinde yeni çözümler arama ihtiyacı doğmaktadır. Son yıllarda yeni nesil fotovoltaik teknolojilerinden biri olan nanoPVnin (Nanotüp güneş hücreleri) geliştirildiği görülmektedir. Nanopv mevcut güneş pili malzemelerine göre titanyum (Ti) ince filmler halinde daha ince, daha esnek, daha hafif ve güneş enerjisi kazancını maksimuma çıkaran yapısıyla enerjinin üretilmesinde, depolanmasında ve kullanılmasında önemli katkıları bulunduğu ve uygulama kolaylıkları olduğu görülmektedir (9).*

**Anahtar Kelimeler:** Ekolojik mimarlık, nanoteknoloji, pv (fotovoltaik, güneş pili) ve nano-pv, bina bütünlük sistemler, bina bütünlük nano-pv

## GİRİŞ

Günümüzde yaşanan enerji sorunları karşısında tüm dünya birtakım çözüm önerileri getirmekte ve yeni teknolojik araştırmalar içerisine girmektedir. Bu araştırmalar mimari anlamda ele alındığında; enerji ihtiyacını aza indirgeyen, enerjiyi üretebilen ve depolayan, insan sağlığına uygun ortam şartlarını oluşturabilen, enerji üretimine bağlı olarak maddi tasarruf sağlayan ve ekolojik dengeyi koruyan yapı ve planlamalara yönelik değişen tasarım kriterleri, yapı malzemeleri seçimi ve kullanımı ile ekolojik mimarinin hedefi olmaktadır (1).

Bu noktada, insan yaşamının fiziksel ve kültürel gelişimi içerisinde enerjinin binalarda nasıl kullanılacağı sorusuna cevap veren, güçlü ve verimli teknolojilerden biri olma özelliğine sahip olan güneş pilleri (fotovoltaikler ya da PV'ler), malzeme tasarımı ve bina entegre (bütünlük) tasarımı ilkelerine her geçen gün yeni soluklar katmaktadır.

Bu eğilimlere dayanarak 20.yüzyılda Richard Feynman tarafından ortaya koyulan nano malzeme kavramı, 21.yüzyılda nanoteknoloji bilimi ile kendini disiplinlerarası çalışmalarda var etmeye başlamıştır (6). Nanoteknoloji ve Mimarlık, bu disiplinlerarası çalışmaların sürdürüldüğü küçük bir kısımdır. Bu bilim, araştırma çalışmalarıyla yapı malzemesi alanındaki gelişmeleri birkaç adım öteye taşımaktadır (6). Günümüzde nanopv teknolojisinde teorik çalışmaların yanı sıra uygulamaya yönelik gelişmelerin yürütüldüğü, ABD gibi gelişmiş ülkelerde enerji politikalarına yönelik kanun tasarılarında yer bulduğu görülmektedir (9). Kanun tasarısı incelendiğinde yapı malzemesi olarak kullanılan güneş pilinin, nanoteknoloji uygulaması ile nano karakter kazanması, yapısı, malzemenin gelişim hedefleri ve izlenilecek yollar dışında, nano mimarlık güneş hücreleri, nano güneş teknolojileri gibi (Nano-Architecture PV) kavramlar da ortaya konmaktadır (Bkz. Tablo1).



Değişkenler	Günümüzdeki konumu (2007)	Gelecekteki hedefler (2015)
Görüş; prensip yöntemin doğru olup olmadığının test edilme süreci	Hem görüş önerileri hem de test edilme süreci	2010'a kadar, prensipte malzeme sistemleri özellikleri arzu edilen değerlerde tanımlanmalı, böylece prensipte test edilen güneş hücreleri verileri kanıtlanmalı.
Malzemeler; Yapıları; Etkisi	Malzemeler arzu edilen özelliklere sahip olmamalı; Yapılar en iyi şekilde kullanılmamalı; Etki < %3 olmalı	2015'e kadar, önerilen yapılar ve malzemeler tanımlanmalı; hedef etki değeri %15 laboratuvar koşullarında sağlanmalı; ince film ve/veya CPV teknolojileri ile uygunluğu değerlendirilmeli

Tablo 1 Günümüz ve gelecek hedefleri veren NREL/MP-520-41742 haziran 2007 kanun tasarısından alınmıştır.

Ekolojik mimarlık, nanoteknoloji, güneş pilleri ve nano güneş pilleri ile bina entegre tasarım ve bina entegre güneş pilleri terimlerini tanımlamak gerekmektedir.

**Ekolojik Mimarlık:** Çevre kirliliğini azaltıcı, enerji kullanımını minimumda tutan, güneş enerjisi başta olmak üzere diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik tasarımları ortaya koyan, geri dönüşümlü malzeme kullanımını arttırabilen, kullanıcılara daha sağlıklı ve güvenilir yaşam ortamları sağlayan bina ve bina çevresi arasında dinamik ve sürekli etkileşimler bütünüdür (1, 8).

**Nanoteknoloji:** Atom ve moleküllerin bir araya getirilmesi ile nanometre ölçeklerde (1nanometre (nm) = 10<sup>-9</sup> metre (m)) işlevli yapıların oluşturulmasıdır (6).

**Güneş Pilleri:** Güneş ışınlarının elektrik enerjisine çevrilmesine yönelik temel yapıtaşı silikon malzeme olan ve monokristal silikon, multikristal silikon, amorf silikon, kadmiyum telluride\* (CdTe), bakır indium\* diselenide (CIS) türlerinde yaygın olarak üretilen yarıiletken sistemlerdir (4). Güneş pilleri hücre-modül-panel ve dizi şekillerinde bağlanarak istenilen m<sup>2</sup>'lerde uygulanma imkanları sağlamaktadır.

**Nano Güneş Pilleri:** Temel yapıtaşı yarıiletken silikon atom elementi olan mevcut güneş pilinden boyut olarak küçük, enerji verimi ise yüksek, güneş ışınlarını elektrik enerjisine çeviren bir sistemdir. Mevcut sistemlerden nanotel, nanotüp, nanoatom yapıtaşı özelliklerine göre farklılaşmaktadırlar. Atomlar farklılaşmalarını; diziliş yapılarına göre tek bileşenli, göbek-kabuk yapıya ya da içine nanoteli veya nanokristali gömülü şekilleriyle sağlamaktadırlar (6).

**Entegre:** Fr. Intégré sf. Bütünleşmiş (20).

**Bina entegre (bütünleşik) tasarım ve bina entegre güneş pili:** Mimari tasarım sırasında süreç dahil edilmiş olup, binanın formuna ve planlamasına

yön veren bina pasif tasarım sistemleri ile bütünleşik çalışması ve elde edilecek olan enerjinin maksimum seviyelere yükseltilmesi hedeflerine yönelik olarak yapılan bütünleşik tasarımdır.

Bina bütünleşik güneş pilleri de yapıda kopuk monte bir sistem olarak değil, doğal bütünleşik, mimar tarafından tasarım süreci içinde tercih ettiği, binada renk, malzeme, boyut, sunum açısından iyi cepheler sağlayabildiği, iyi mühendislik çözümlerinin uygulanabildiği, yeni teknolojileri (inovatif, smart malzemeler) kullanabildiği bütünleşik sistemdir.

Bu tanımlamalar ışığında yapı, bina formu, bina kabuğu, yapı fiziki elemanları ve yapım sistemleri bir arada düşünülerek hayata geçirilmelidir.

## EKOLOJİK TASARIM VE GÜNEŞ PİLLERİ

Ekolojik tasarım konusuna enerji etkinliği yönüyle baktığımızda;

- 1) Ekonomik yönden; İlk maliyetlerin düştüğünü,
- 2) Sosyal yönden; Kullanıcıların konfor koşullarının geliştiğini,
- 3) Çevresel yönden; Düşük miktarda elektrik ve fosil tabanlı yakıt kullanıldığını, daha az CO<sub>2</sub> emisyonu ve hava kirliliği olduğunu, fosil yakıtların üretim ve tüketiminden daha az etkilendiği dünya ülkeleri ve Türkiye tarafından görülmektedir (8).

Yapı teknolojisindeki gelişmeler enerji etkinliğine yönelik önemli kazanımlar sağlamakta, günümüzde sıfır enerjili hatta kendi enerjisini üreten binalar inşa edilmektedir. Binalarda temiz yenilenebilir enerjinin elde edilmesinde kullanılan yapı malzemelerinden bir tanesi güneş pili (PV, fotovoltaik).

Güneş pilleri 1839 yılında Fransız fizikçi Edmund Becquerel'in güneş ışımının yarıiletken elektrotların elektrik akımına dönüştürmesinden bu yana gelişmekte ve geliştirilme çalışmalarına devam ettirilmektedir (3). Piller mevcut ve yeni bina sistemlerine dâhil edilebilmektedir. Sistem ihtiyaca cevap verecek kadar PV modül, doğru akım/alternatif akım dönüştürücü, ihtiyaç anında kullanabilmek için elektriği depolayabilecek akü veya pil, kontrol merkezi, çeşitli kablo ve sigorta parçalarından oluşmaktadır (4).

Günümüzde dünya devletlerinin şehir elektriğini karşılamak için kurdukları PV çiftlikleriyle özellikle İspanya, Almanya, Portekiz ve Kore de vazgeçilememesinin yanı sıra dünyada sayıca fazla olan konut yerleşim birimleri içinde vazgeçilemeyecek bir sistem olduğunu, kullanım ve pratik tasarım çözümleriyle ortaya koymaktadır.

## BİNA BÜTÜNLEŞİK GÜNEŞ PİLLERİ

Güneş pili teknolojisi ilk yıllarda sanayide etkin olarak kullanılmış, mimarlık ve yapı platformunda yeterli ilgi görmesi entegre pv uygulamalarının gerçekleşmesi sonucu artmıştır. Günümüzde bina formuna, estetik arayışlara cevap verecek çatı, cephe, balkon, parapet ve gölgelik alanlarda kullanılacak bina tasarımı sürecinde bütünleşik olabilecek güneş pili sistemleri geliştirilmektedir.

Entegre (bütünleşik) fotovoltaiklerin yararlarına baktığımızda;

\* Binaya entegre pv sistemleriyle oluşturulan tasarım maliyeti, bağımsız ve monte çatı+pv modül veya cephe+pv modül gibi sistemlerle oluşturulan tasarıma göre daha ucuz ve avantajlıdır.

\* Yapı malzemelerinden ve o binadan çevreye yayılan CO<sub>2</sub> emisyonu daha azdır.

\* Mimarlar tasarım serbestliği ve iyi bir sistem bütünlüğü sağlamaktadır ve buna bağlı olarak Pv malzemenin talebi ve pazarlaması artmaktadır.

\* Bina bütünleşik güneş pillerinin kullanımı bina kullanıcılarına, buldukları ve yaşadıkları şehirde hatta sokakta çevre hakkında söz sahibi olmalarını ve çevresel sürdürülebilirliği gelecek nesillere aktarabilmeyi sağlamaktadır.

\* Sistemin diğer yapı sistemlerine göre teknik kablolama detayları daha basit, uygulanması daha kolaydır.

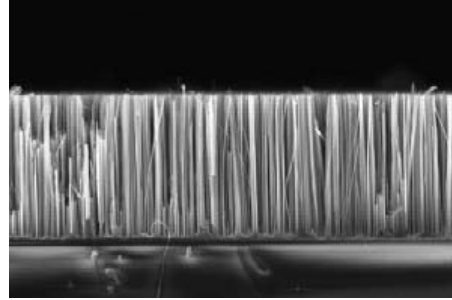
Binaya entegre pv uygulamaları yukarıda belirtilen avantajları nedeniyle günümüzde yapı sektöründe karar verici konumda olan tasarımcılar, inşaatçılar, müteahhitler, kullanıcılar tarafından giderek yaygınlaşmaktadır.

## NANOTEKNOLOJİ, NANO-PV VE BİNA BÜTÜNLEŞİK NANO-PV

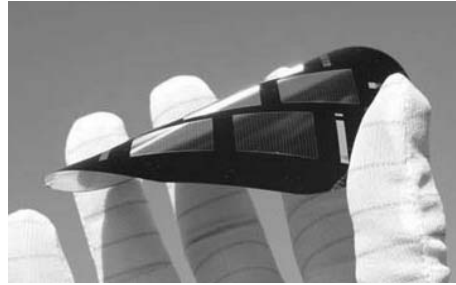
Nanoteknoloji bilimi, atomların ve moleküllerin kimyasal yapıları kullanılarak nanometrik yapılar oluşturmak için yıllardır üzerinde uğraşılan bilim dalıdır. Nanoteknolojinin 3 ana özelliği bulunmaktadır. Bunlardan biri disiplinlerarası inanılmaz bir bağ kurabilmesidir. Örneğin; fizik, kimya, malzeme bilimi, biyoloji, makina ve elektrik mühendisliği, eczacılık ve daha birçok bilinen disiplin ortak çalışarak ürün verebilmektedir. İkincisi atomlar ve moleküller arasındaki bağların sınırları ortaya konabilmektedir. Üçüncü olarak insan, malzeme ve ekosistem atom yapılarının gelişim ve kontrolünün atomal seviyede yapılabilmesini sağlamaktadır.

NanoPV, ileri teknoloji ve 21.yüzyılın PV ürünüdür. Nano-micro kristalli yüksek enerji etkin güneş hücrelerinin üretimini kapsamaktadır. NanoPV yapılarındaki nano kristal a-Si:H(Hidrojen

amorf silikon) ve transparan iletken TCLO(transparent conducting light trapping oxides) teknolojisi ile diğer güneş pillerine göre %8-%10'un üstünde verimini arttırmaktadır (Bkz.Resim 1, Resim 2) (11, 18, 21).



Resim 1 Nano ince film yapısı (mikroskopik görüntü)



Resim 2 Thin film fotovoltaik örneği

ABD firmaları satış kanallarını, ABD, AB ve Asya'ya yönlendirmektedir. Asya ülkelerinden Tayvan ve Kore fotovoltaik şirketleriyle nano ince film pv üretimi yapılması amacıyla sözleşme imzalanmıştır (11).

1955'te uzay bilimlerinde kullanılması için üretilen ilk pv üretimi için 14 MW güç belirlendi. Günümüzde ise ileri teknoloji ürünü olan nanopv'nin ilk üretimi için 10 MW güç kapasite hedeflenmiştir. 5 yıllık süre de 200 MW güçlük yüksek etkin nano kristal güneş hücrelerinin üretilmesi hedeflenmektedir. Bu doğrultuda Tayvan ülkesi, Asya'daki en büyük ince film güneş hücreleri üreticisi olması beklenmektedir (10, 11).

İlk defa ABD hükümeti Enerji Bakanlığı tarafından, Güneş Enerjisi Teknolojileri Programı kapsamında hazırlatılan Nano-mimari PV başlıklı kanun tasarısının (Management Report NREL/MP-520-41742 June 2007) mecliste görüşülmesi, uygulama örneğinin üretilmesi ve pazar payının ortaya konması amacıyla beklenmektedir (9).

Şirketlerin ve hükümetlerin hedefleri ile üretilen malzeme, tıpkı önceki bütünleşik bina sistemleri gibi alternatifleri ile ortaya konacaktır. Eski sistemlere malzemenin boyut, renk, büyüklük ve ağırlık özelliklerine göre taşıyıcı kurgusunun da değişeceği ve böylece bina bütünleşik nano fotovoltaik uygulamasına da yeni çözümler getirilmesi; enstitüler, bilim kurumları, üniversiteler ile özel şirket AR-GE'lerinden beklenmektedir.

NanoPv üretim çalışmaları yapılması ve hedeflenen ürünün ortaya çıkması ile avantajlar ve dezavantajlar görülmektedir.

Avantajları;

- 1) İnce film üretim teknolojisini esas alan NanoPV malzeme, mimarlara esnek yapı formları tasarlama imkânı verecektir. Pv panellerin boyutu tasarımı sınırlayıcı bir özellik taşımayacaktır.
- 2) Yapı atomal yapısı ile kendini yenileyebilecek, temizleyebilecek ve bunun sonucunda bina bakım, işletim ve işçilik giderlerinin azalmasını sağlayacaktır.
- 3) Atom silikon yapılu güneş pili teknolojileri kullanılmasıyla oluşacak elektrik enerjisi elde etme verimi, madde silikon yapılu güneş pili teknolojilerine göre %8-%10 oranında artacaktır.
- 4) Nanopv malzemenin hafifliği, bina yükünün azalmasına katkıda bulunacaktır.
- 5) Atomal yapıdaki nanopv, mevcut pv malzemeye göre daha az m<sup>2</sup>'lerde daha fazla elektrik enerjisi üretecektir.
- 6) İstihdamı arttıracak, işsizliği azaltacak, üniversitelerde bilimsel çalışmaların ve ders içeriklerinin yönünü değiştirebilecek bu işle ilgilenen özel şirketlerin açılması, fabrikaların kurulması sağlanabilecektir.

Dezavantajları;

- 1) Nanometrik ebatlarda üretim yapmak ve bu ölçeği gözlemlemek kolay olmadığından, özel üretim, denetim ve onarım (ölçme ve görüntüleme) yöntemleri gerekecektir (6).
- 2) Nanopv ilk uygulama maliyeti, mevcut ürünlerin maliyetinden daha yüksek olacaktır.
- 3) Onarım ve denetim işlemleri için yeterli teknik servis elemanının bilgi ve uygulama alanında yetiştirilebilmesi uzun yıllar alabilecektir.

## SONUÇ

Bina bir sistemler bütünü olarak yapıldığından bu sistemlerin birbiri ile olan ilişkileri tasarım sürecinde ortaya konulmalı, yapım aşamasından önce mühendis danışmanlığı alınarak uygun sistemlerin uygun mekânlara kurgulanması sağlanmalıdır. Uygun sistem seçimi ise malzeme seçiminin doğru yapılabilmesi ile paralellik göstermektedir.

Geçmişte tüketici yapı malzemesini seçerken "malzemenin o iş için uygunluğu", "fiyatı", "uygulanabilme kolaylığına bakarken", günümüzde CE yapı malzemeleri sertifikasının belirtilmesi için zorunlu tuttuğu belgede malzemenin çevreye ne kadar zararlı olduğu, CO<sub>2</sub> emisyonu değeri, geri dönüşümlü malzeme özellikleri gibi verilere bakarak seçimini yapmaktadır.

Her sınıftan tüketicinin malzeme kriterlerini uygun bulduğu güneş pili teknolojileri ve sistemleri geniş bir yelpazede sosyal, çevresel, ekolojik ve ekonomik fayda sağlamaktadır.

Disiplinlerarası çalışmayı gerektiren ve özgün örnekler veren ölçülebilir faydaları olan güneş pilleri, çeşitli uygulamalarda yıllarca en verimli haline gelebilmesi için test edilmiştir.

Yapılan testler ve bilimsel çalışmalar devam ettirilmekte, bu doğrultuda ileri teknoloji içeren ürünler ortaya konmaktadır. Güneş enerjisi teknolojileri alanında ortaya konan NanoPvler ve uygulama teknolojileri getirmiş olduğu avantajlar doğrultusunda binaya entegre yeni nesil PVler (BINanoPV) olarak dünya pazarında yerini hızla almayı hedeflemektedir. Bu hedefler doğrultusunda Türkiye'deki gelişmelere baktığımızda;

Türkiye'de nanoteknoloji alanında çalışan sayılı üniversite ve kurum bulunmakta, ancak bunlardan hiçbiri pv ve nanopv yapı malzemeleri konusunda bilimsel çalışma hazırlanamamıştır. Bu konuyu daha ileriye taşımak amacıyla hükümet, üniversite, sanayi işbirliği ile güneş pili teknolojileri üzerinde ülkemiz özelinde deneysel çalışmalar yapılmalıdır. Bu deneysel çalışmaların sonuçları kamuoyuna ve meclise sunularak enerji stratejileriyle desteklenmelidir.

Ülke içi bölgesel çözümler geliştirilerek ortaya çıkacak bilgi ve veriler (teknik uygulama kılavuzları, broşürleri vb.) halktan kullanıcıların rahatlıkla ulaşabileceği bilgi tabanları oluşturularak faydalanması sağlanmalıdır. Meslek odaları tarafından meslek adamları, bilim adamları ve akademisyenlerin öğretilmesiyle bilgilendirilmeli, maliyet bedelleri kamuoyuna duyurulmalı ve düşük vergi oranları ile teşvik sağlanmalı, alım artırılmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Ekolojik Mimarlık ve Planlama Ulusal Sempozyum Bildiriler Kitabı (2007)
2. F. Hordeski, M., (2005). "Dictionary of energy efficiency technologies", Fairmont press, Georgia, 306 p (140-142).
3. Fieber, A., (2005). "Building integration of solar energy", Lund University, Department of Construction and Architecture, 208 p (39-41, 59-70),.
4. Roof, S., et al,(2001). "Ecohouse a design guide", Architectural Press, 346 p (165-169).
5. F.Smith, P., (2004). "Eco-refurbishment a guide to saving and producing energy in the home", Architectural Press, 126 p (72-83).
6. Erkoç, Ş., (2008). "Nanobilim ve nanoteknoloji", Odtü Bilim ve Toplum



- Kitapları Dizisi 106 s (7-28).
7. Addington, D.M., et al, (2005). “Smart materials and Technologies for the architecture and design professions”, Architectural Press, 241 p (44-45, 225).
  8. J.Kibert, C., (2008), “Sustainable construction”, John Wiley&Sons, Inc. Press, 407 p (99-127).
  9. [www1.eere.energy.gov/solar/solar\\_america/pdfs/41742.pdf](http://www1.eere.energy.gov/solar/solar_america/pdfs/41742.pdf)
  10. [www.kenmos-pv.com.tw/english/product/strength.htm](http://www.kenmos-pv.com.tw/english/product/strength.htm)
  11. [twbusiness.nat.gov.tr/doc/05-Photovoltaic-en.doc](http://twbusiness.nat.gov.tr/doc/05-Photovoltaic-en.doc)
  12. [www.solarfeeds.com/greentech-media/5399-150-solar-statups-part-4-thin-film-.html](http://www.solarfeeds.com/greentech-media/5399-150-solar-statups-part-4-thin-film-.html)
  13. [www.jetsongreen.com/2008/06/nano-vent-skin.html](http://www.jetsongreen.com/2008/06/nano-vent-skin.html)
  14. [www.INTENDESIGN.com](http://www.INTENDESIGN.com)
  15. <http://nanoarchitecture.net/index.php?q=nanoparticles&s=search>
  16. [www.fuefficiency.org/doi\\_grants\\_solar\\_research](http://www.fuefficiency.org/doi_grants_solar_research)
  17. <http://www.entrerrios.net/index.html>
  18. <http://www.grcblog.com/?cat=30>
  19. <http://jolifukyu.tokai-sc.jaea.go.jp/fukyu/tayu/ACT03E/01/0105.htm>
  20. <http://tdkterim.gov.tr/bts/?kategori=veritbn&kelimesec=113394>
  21. Selvan, J.A.A., et al, (2005) “Advanced nanocrystalline Si:H solar cell structures using novel transparent conducting light trapping oxides” (TCLO), Energy Photovoltaics, Inc., Princeton, IEEE, 1492-1495