

## TÜRKİYE'DE İNOVATİF BİR ÇATI KAPLAMA MALZEMESİ GELİŞTİRİLMESİ SÜRECİ ÖNERİSİ

Atıla Gürses <sup>1</sup>

Prof. Dr. Nihal Arıoğlu <sup>2</sup>

### ÖZ

Türkiye'nin 2023 hedefleri kapsamında dünyanın gelişmiş ilk 10 ülkesi sıralamasına girebilmesi için, önümüzdeki 5 yıllık süreçte yıllık büyüme oranının %6'nın üzerinde gerçekleşmesi ve 500 Milyar Dolarlık ihracat rakamına ulaşılabilmesi gerekmektedir. Bu da ancak teknolojik ürünler geliştirilebilmesi ve bunların ihraç edilebilmesi ile olasıdır. Teknolojik ürünler geliştirilebilmesi için, her şeyden önce üniversite, sanayi ve sivil toplum kuruluşları iş birliğinin geliştirilmesi, AR-GE (yeni bir sistem, hizmet, ürün, yazılım, süreç geliştirmek amacıyla tasarlanan yaratıcı projeler-araştırma ve geliştirme çalışmaları) çalışmalarına hız verilmesi ve AR-GE'de çalışacak teknik personelin yetiştirilerek istihdam edilmesi (işlendirilmesi) zorunludur.

Yapım teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte, çatılarda geleneksel malzemelerin yanısıra yenilikçi ürünlere talep giderek artmaktadır. Yeterli performansa sahip yenilikçi çatı kaplama malzemelerinin dış pazarlarda kendilerine pazar payı bulması zor olmayacaktır. Üretici firmaların mevcut ürünlerini modifiye ederek (değiştirerek, dönüştürerek) veya tamamen yeni çatı kaplama malzemeleri geliştirerek pazar paylarını arttırmaları, aynı zamanda ülkemiz ekonomisine önemli katkı sağlayacaktır.

Bu çalışma kapsamında, PVC (poli vinil klorür) su yalıtım örtüleri modifiye edilerek, enerji üretebilen ve eğimli çatılarda kullanılabilen yeni bir çatı kaplama malzemesinin geliştirilme süreci (aralarında birlik olan veya belli bir düzen veya zaman içinde tekrarlanan, ilerleyen, gelişen olay ve hareketler dizisi, vetime, proses) tanımlanmıştır. Elde edilen verilerin, üretici firmalar tarafından değerlendirilmesi ve çatı kaplama malzemelerine teknolojik bir yaklaşım sergilemeleri hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Türkiye hedef 2023, çatı kaplama malzemeleri, fotovoltaik panel, PVC su yalıtım örtüsü,

\*Makale Gönderim Tarihi: 21.06.2018 ; Makale Kabul Tarihi : 24.10.2018 Makale Türü: Araştırma  
1 Y. Mimar. Atıla GÜRSES, Onduline İnşaat Malzemeleri San ve Tic. A.Ş., Değirmen Sokak, Nida Kule, No:18, Kat:8,  
34742 Kozyatağı-Kadıköy, İstanbul, TÜRKİYE, T 0 216 384 16 00, F 0 216 384 16 10, atila.gurses@onduline.com.tr  
2 Prof. Dr.Nihal ARIOĞLU, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Taşkılla, Taksim 34437, İstanbul

## THE PROPOSAL OF DEVELOPMENT PROCESS FOR INNOVATIVE ROOFING MATERIAL IN TURKEY

Atıla Gürses<sup>1</sup>

Prof. Dr. Nihal Arıoğlu<sup>2</sup>

### ABSTRACT

For Turkey to reach the goal targeted for 2023 ‘500 Billion Dollar Export’ and to be within the Top 10 Countries, percentage of the growth rate should exceed 6%. Technological products should be developed and exported for this purpose. Realization of such action can happen by improving the university-industry relationship, by accelerating the Research and Development, and by training and employing technical personnel for R&D.

Regarding roof sector the demand for new products are getting as high as the traditional ones. A new roofing product that can fulfill the performance criteria can easily find a place for itself in the foreign market. By modifying existing products or developing new roofing options, producers can increase their share in the foreign market which will also help the national economy.

This study explains the process of developing new geomembrane roofing material that can produce energy and can be used on inclined roofs by modifying an existing geomembrane. Data collected from this study is to be evaluated by producers. The aim is to encourage the producers to develop new technologic roofing materials.

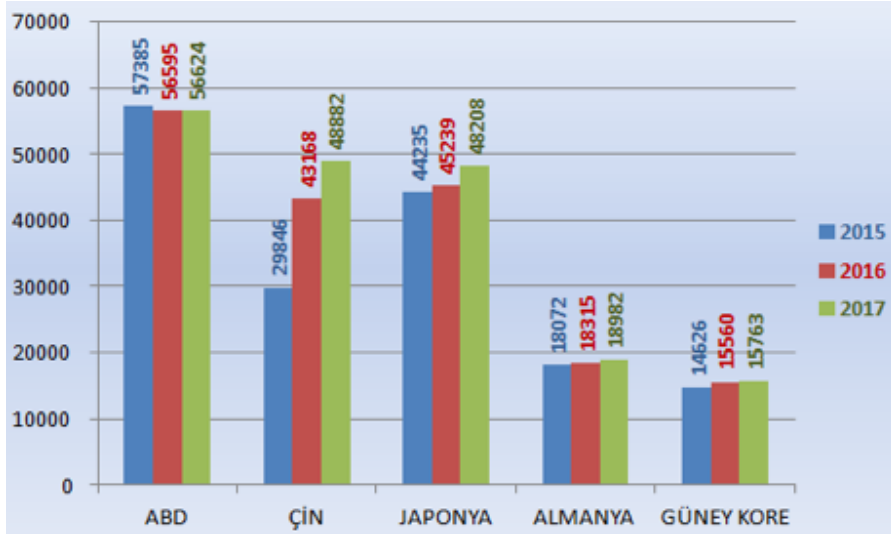
**Keywords:** Turkey vision 2023, roofing materials, photovoltaic panel, PVC waterproofing membrane,

\*Makale Gönderim Tarihi: 21.06.2018 ; Makale Kabul Tarihi : 24.10.2018 Makale Türü: Araştırma  
1 Y. Mimar. Atıla GÜRSES, Onduline İnşaat Malzemeleri San ve Tic. A.Ş., Değirmen Sokak,Nida Kule,No:18, Kat:8,  
34742 Kozyatağı-Kadıköy, İstanbul, TÜRKİYE, T 0 216 384 16 00, F 0 216 384 16 10, atila.gurses@onduline.com.tr  
2 Prof. Dr.Nihal ARIOĞLU, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Taşkışla, Taksim 34437, İstanbul

## GİRİŞ

Ekonomistlere göre, ihracat rakamlarımızın artması ve gelişmiş ilk 10 ülke sıralamasına girebilmemiz için, katma değeri yüksek teknoloji ürünleri geliştirmemiz ve bunları dış piyasalara kabul ettirmemiz gerekmektedir [1,2]. Sanayi ve teknolojiadaki gelişmeler gereksinimleri de değiştirmekte, dünyada her geçen gün birçok yeni yapı malzemesi kullanıma sunulmakta ve bunların bir kısmı da kendilerine önemli bir pazar oluşturmaktadır. Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü'nün (WIPO-The World Intellectual Property Organization) Dünya Fikri Mülkiyet Göstergeleri Raporu'na göre, 2017 yılında toplam 243500 uluslararası patent başvurusu yapılmış ve 2016 yılına göre yüzde 4,5'lik bir artış gerçekleşmiştir.

Bu başvuruların ilk sırasında 56624 başvuru ile ABD yer almıştır. İkinci sırada ise, 48882 başvuru ile son yıllarda bilim ve teknoloji alanında büyük ilerleme kaydeden ve bir önceki yıla göre %13'lük artış gösteren Çin bulunmaktadır. Japonya 48208 patent başvurusu ile 3. sırada, Almanya 18982 patent başvurusu ile 4. sırada ve Güney Kore 15763 patent başvurusu ile 5. sırada yer almıştır. ABD, Çin, Japonya, Almanya ve Güney Kore'nin 2017 yılındaki uluslararası patent başvuruları toplamı, dünyadaki patent başvurularının %77'sini oluşturmaktadır.



Şekil 1.1: 2015-2016-2017 yıllarında, PCT (Patent cooperation Treaty-Patent İşbirliği Anlaşması) uyarınca yapılan patent başvurularında ilk 5 sıra [3].

Türkiye 2017 yılındaki 1235 patent başvurusu ile 21. Sırada yer almıştır. Türkiye'nin uluslararası patent başvuruları, dünyadaki patent başvurularının binde 5'ini oluşturmaktadır [3]. Gelişmiş ülkelerin patent başvurularının yaklaşık olarak %50'si tescil edilirken, Türkiye patent başvurularının tescil oranı %25 civarındadır. Türkiye'de patent tescilleri açısından bakıldığında, inşaat malzemeleri ile ilgili buluşlar

yok denecek kadar azdır. Bunun sonucunda da bir yandan ihracatımızı geliştireceğiz derken, diğer yandan pek çok ürünün ithalatı gerçekleştirilmekte ve ithalat ihracat dengesi bir türlü kurulamamaktadır [4]. Ülkemizde birçok teşviğe rağmen ürün geliştirme konusuna gereken önem verilmemekte ve çoğu teşvik ise, ürün geliştirme hedefleri çerçevesinde kullanılmamaktadır [5].

Bunda, üniversite, sanayi ve sektörel sivil toplum kuruluşları işbirliğinin istenen düzeye olmamasının etkisinin büyük olduğunu gözardı etmemek gerekir.

Türkiye’de birçoğu kurumsallaşmamış olan sanayi kuruluşları, sistematik bir ürün geliştirme stratejisine sahip değildir. Bu nedenle sanayi kuruluşlarımız, herşeyden önce ürün geliştirme süreçlerini kurgulamalı, pazarın beklentisine göre talepleri belirlemeli ve doğru ve rakabetçi ürünü seçerek geliştirmelidir [6,7]. Diğer taraftan birçok inşaat malzemesinde olduğu gibi, çok sayıda ithal çatı kaplama malzemesinin Türkiye pazarına girmesi ve girmek için araştırma kuruluşlarına fizibilite raporları hazırlatması, Türkiye’de çatı kaplama malzemeleri konusunda açık olduğunun önemli göstergesidir [8].

## 2.ÇATI SEKTÖRÜ VE MALZEME

Çatı kaplama malzemeleri, özellikleri gerçek kullanıcılar tarafından tanımlanamayan, nasıl korunması ve nasıl bakım gerektirdiği bilinmeyen, ancak olası bir performans düşüklüğünün anında ciddi bir soruna dönüşmesine neden olan ve görsel etkinliği ile, özellikle çatıları sokak kotundan görülebilen binalara artı değer katabilen malzemelerdir. 2017 yılında 12,7 milyar m<sup>2</sup> olan dünya çatı pazarının, yıllık % 2,9 oranında artarak 2020 yılında 13,8 milyar m<sup>2</sup>’ye ve 124 milyar USD değerine yükseleceği tahmin edilmektedir. 2017 yılında 135 milyon m<sup>2</sup> olan ve dünya çatı pazarının %1’ini oluşturan Türkiye çatı pazarının da, 2020 yılında 140 milyon m<sup>2</sup>’ye yükseleceği tahmin edilmektedir [9-10].

Bu nedenle çatı kaplama malzemeleri pazarında kullanımı giderek artan PVC su yalıtım örtüleri, modifiye edilip uygulama şekli değiştirilerek performanslarının artırılması, esnek güneş hücreleri ile entegre edilerek elektrik elde edilmesi ve aynı zamanda çatı sisteminin havalandırılmasını sağlayan bir çatı kaplama malzemesinin geliştirme sürecinin tasarlanması hedeflenmektedir.

## 3.ÇATI KAPLAMA MALZEMELERİNDEN BEKLENEN PERFORMANSLAR

Binalarda enerji verimliliğini sağlamanın yollarından biri;

binaya büyük oranda ısının iletildiği bina dış kabuğunun, mevcut binalarda enerji etkin sistemler ile iyileştirilmesi, yeni yapılacak binalarda ise enerji etkin sistemler ile tasarlanmasıdır. Yansıtıcı çatı sistemi, ışınım yansıtma oranı ile yayınlama oranı yüksek olan ve söz konusu değerleri hizmet ömrü boyunca koruyabilen çatı kaplama malzemeleri ile tasarlanan çatı sistemidir [11]. Güneş ışınımı, belli faktörler altında ve özellikle zamana bağlı olarak oldukça değişik değerler gösterir. Farklı ısı değerleri için her bir yapı elemanı veya yapı malzemesinin, genleşme katsayısına bağlı olarak belirli oranlarda genleştiği bilinmektedir. Bu yüzden çatıyı oluşturan malzeme birbirinden ayrı çalışabilmelidirler. Çatı kaplama malzemelerinin güneş ışınlarını yansıtma değerleri de, özellikle yaz aylarında yapı içinde konfor şartlarının sağlanmasında en önemli kriterlerden biridir. Güneş ışınlarını yansıtıcılık R (solar reflectivity) sembolü ile gösterilir ve % ile ifade edilir. Güneş Işını Yansıtma İndeksi de SRI (Solar Reflectance Index) sembolü ile ifade edilir. ASTM E 1980 (American Association of Testing and Materials -Amerikan Test ve Malzemeler Derneği’nin güneş ışınlarını yansıtma ölçümü standardı) ile belirlenen bu değerlerin, LEED (Leadership in Energy and Environmental Design- Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik) Sertifikasyonunda belirtilmesi zorunludur. %15’den daha yüksek eğimli çatılar için SRI değeri 29’dan küçük olamaz. Beyaz renkli PVC su yalıtım örtülerinin SRI değerleri, yüzey temizliğine bağlı olarak 41 ile 89 arasında değişmektedir [12].

Çesitli uluslararası araştırmalar; soğutma amaçlı enerji tüketiminin, binanın görece en fazla güneş ısınımına maruz kalan bölümü olan çatıda, çatı kaplama malzemelerin geliştirilmesi ile azaltılabileceğini; bu açıdan da yansıtıcı çatı sistemlerinin enerji etkin çatı teknolojilerinden biri olduğunu ortaya koymaktadır. Yüzey rengi, pürüzlülüğü, madde iç yapısı ve nemlilik durumuna bağlı olarak, çatı kaplama malzemesinin güneş ışınımı etkisinde yüksek oranda yansıtma ve yayınlama gerçekleştirilmesi sonucu, yüzey sıcaklığı ve dolayısıyla soğutma amaçlı enerji tüketimi azaltılabilir [11].

Su, tüm yapı için olduğu gibi çatılar içinde zararlıdır. Çatıda su toplanması, çatı ve yapı içinde hasarlar oluşturabilir. Bu nedenle çatı üzerine gelecek suları (yağmur-kar) belirli noktalarda toplayıp, en kısa yoldan yapı dışına atmak gerekir. Yağmur sularının oluk ve derelerde toplanarak borular vasıtası ile dış ortama atılması, yapının sulardan en az oranda etkilenmesi açısından önemlidir. Tıkanma, taşma, göllenme nedenleri ile suyun çatı kaplama malzemesi altına sızması, özellikle buharlaşmanın az olduğu bölgelerde istenmeyen sonuçlara neden olur. Bu durumda, ısı yalıtımı da etkisini kaybeder. Bu nedenle suyun çatı üzerinde birikmesi önlenmelidir [13]. Çatı sistemi, yağış sularını geçirmeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Çatı yüzeyinde ve yağmur oluklarında suyun birikmesi için gereken önlemler alınmalıdır. Çatı üzerine gelen yağış suları, belirli noktalarda toplanarak en kısa yoldan güvenli bir şekilde yapıdan uzaklaştırılmalıdır [14].

Rüzgarın çatıya etkisi değişik biçimlerde olabilir. Bu etki, rüzgarın hızına, yapının yüksekliğine ve çatı eğimine bağlı olarak artar. Rüzgar, çatıların köşelerinde ve bitiş noktalarında bozulmalara neden olabilir. Oluşabilecek zararları önlemek için çatı kaplama malzemelerinin taşıyıcı sisteme sağlam bir

şekilde tespit edilmesi gerekir. Rüzgar, çatının her tarafında aynı etkiyi yaratmaz; çatının bir tarafında basınç gerilmesi yaratırken diğer tarafta emme etkisi ve buna bağlı olarak çekme gerilmesi yaratır. Oluk ve boruları tıkayan tüm maddeler de rüzgarla birlikte taşınır. Yağışla birlikte esen şiddetli rüzgar suların çatı örtüsünden içeri sızmasına sebep olabilir. Rüzgarın azlığı veya olmaması da sorun yaratabilir. Neme bağlı olarak havalandırmanın sağlanması içinde belirli hızda bir rüzgara ihtiyaç vardır [15].

Çatılarda yangın, çatının tüm niteliklerini kaybetmesine sebep verir. Çatı katmanlarında kullanılan malzemelerin birçoğu yangına karşı son derece dayanıksızdır. Yalıtım tabakaları, çoğu zaman yanıcı ve kolay tutuşan nitelikteki malzemelerden üretilirler. Çatının ana taşıyıcısı da yangın dayanımı az olan malzemelerden (ahşap, çelik) olabilir. Çatılarda yangının oluşturduğu hasarların azaltılması ve yangının büyümeden önlenmesi için yangın geçirmeyen veya geciktiren bölmelerin oluşturulması [15] güvenlik için önemlidir. Malzemelerin yangına dayanımları uluslararası literatürde AA'dan D' ye kadar olan bir çerçevede açıklanmıştır. Bu tanımlamaya göre ilk harf yangının nüfuz etme zamanı, ikinci harf ise kıvılcımın yayılma sınırları ifade etmektedir.

**Çizelge 3.1: Uluslararası yangına dayanıklılık tanımları [15].**

Penetrasyon (İlk Harf)	Penetrasyonun Gerçekleştiği Zaman	Sınır (İkinci Harf)	Kıvılcım Yayılma Sınırı
A	1 Saat İçinde Oluşmaz	A	Kıvılcımdan Etkilenmez.
B	0,5-1 Saat İçinde Oluşur	B	533 mm.'den Azdır.
C	İlk Yarım Saatte Oluşur	C	533 mm.'den Fazladır.
D	Bozulma Hemen Oluşur.		

Çatı, kendi ağırlığını, üzerine gelen dinamik ve statik yükleri güvenli bir şekilde taşıyarak, binanın strüktür sistemine iletmelidir. Çatı, taşıyıcı sistem hareketlerine, ısı genleşmeye, nem ve don nedeni ile oluşan genleşmeye ve kimyasal olay kaynaklı genleşmeye dayanıklı olmalıdır. Çatının taşıyıcı yapısı, ana bina gövdesini, gelebilecek her türlü (kar, rüzgar, v.b.) düşey ve/veya yatay etkilere ayıran en üst örtü elemanı olup, hem kendi ağırlığını, hem hareketli yükleri, hem de ısı ve su yalıtımının gerektirdiği diğer tüm elemanların yükünü emniyetle taşıyabilecek nitelikte, sabit ve stabil olmak zorundadır [14]. Çatı kaplama malzemeleri de yüklenme açısından; kendi

ağırlıklarının yanı sıra, üzerlerine gelebilecek rüzgar, kar, deprem yükleri gibi statik ve dinamik yükleri taşıyabilmelidir. Taşıyıcılık performansını, çatı sistemini etkileyen tüm yüklerin ve ısasal değişimlerin neden olabileceği gerilmelerin, standartların öngördüğü limit değerler içinde kalacak şekilde karşılanması olarak tanımlayabiliriz.

#### 4.ENERJİ ÜRETEN ÇATILAR

Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki ilk önemli çalışma 1725 yılında Fransız bilim adamı Belidor tarafından geliştirilen güneş enerjisi ile

çalışan bir su pompasıdır. Yine bir Fransız bilim adamı Mohuchok, Belidor'dan ilham alarak 1860'da parabolik aynalar yardımı ile güneş ışınımını odaklayarak küçük bir buhar makinesi üzerinde çalışmış, güneş pompaları ve güneş ocakları üzerinde deneyler yapmıştır. Eski saraylardaki çok sayıda ayna (Dolmabahçe Sarayı) güneş enerjisinden yararlanmanın en güzel örnekleridir. Birinci dünya savaşı sırasında petrolün önem kazanması ile güneş enerjisine yönelik çalışmalar azalmıştır. 1930 yılından itibaren ilgili çalışmalar artmışsa da fazla uygulama alanı bulamamış ve araştırma kurumlarının dışına çıkamamıştır. Ancak 1960'lı yıllarda ki petrol krizinin ortaya çıkması insanları alternatif enerji kaynakları konusunda çalışma yapmaya itmiş ve öncelikli olarak çalışmalar, temiz ve masrafsız enerji kaynağı olan güneş enerjisi üzerinde yoğunlaşmıştır. H. Buchberg ve J.R. Roulet adlı bilim adamları güneşi kolektörü ve deposu komple bir sistem yaparak, maliyetleri azaltmak için çalışmalar yapmışlardır. Kurdukları sistemin fiziki olarak yeterliliklerini incelemişlerdir. Y. Jalurai ve S.K. Gupta adlı bilim adamları güneş enerjisi depolama teknikleri üzerinde çalışmalar yapmışlardır [17].

Türkiye'de de güneş enerjisi konusundaki çalışmalar 1960'larda başlamış ve ilk güneş enerjisi kongresi 1975 yılında İzmir'de gerçekleştirilmiştir. Güneş enerjisi konusundaki çalışmalar ağırlıklı olarak ODTÜ, İTÜ, Yıldız ve Ege Üniversiteleri tarafından yaygın olarak yürütülmekle beraber, Türkiye'deki tek Güneş Enerjisi Enstitüsü Ege Üniversitesi bünyesinde 1978 yılında kurulmuştur [18].

Türkiye'de 80'li yıllardan itibaren güneş enerjili su ısıtma sistemleri yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamış ve bugün çözüm bulmakta zorlandığımız, üzerinde panelleri ve su tankları ile çok kötü görüntüler oluşturan bina çatılar ortaya çıkmıştır.

Fotovoltaik etki (güneş enerjisini elektrik akımına dönüştürme teknolojisi) ilk kez 1839'da keşfedilmesine rağmen, ilk güneş hücresi 1877'de üretilmiş, ilk silisyum güneş hücresi patenti 1954

yılında A.B.D. Bell Laboratuvarları tarafından alınmış ve fotovoltaik (PV) paneller çatılarda ilk kez 1985 yılında kullanılmıştır [17].

2000'li yıllarda güneşten elektrik elde etmek amacı ile binaların çatılarında fotovoltaik (PV) panellerin yaygın bir şekilde kullanımına başlanmış olup, Avrupa ülkeleri (özellikle İspanya ve Almanya) PV panel pazarının %80'ini oluştururken, ABD %6'lık pay ile ikinci, Güney Kore %5'lik pay ile üçüncü ve Japonya %4'lük pay ile dördüncü konumdadır. Türkiye'de de 2017 yılı sonuna kadar önemli bir gelişme olmamış ancak, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Temmuz 2017'de yayımladığı Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'ne göre, "binaların kendi ihtiyaçları için yapılacak güneş enerjisi sistemleri, taşıyıcı sistemi etkilememek ve muvafakat alınmak kaydıyla yapı ruhsatı gerektirmeyecek" kararından sonra güneş enerjisi piyasasında önemli gelişmeler olmuştur. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın (IRENA) 2017 yılı Yenilenebilir Enerji İstatistikleri Raporu'na göre Türkiye, 2017 yılında 3.422 MW ile dünya güneş enerjisi kurulu güç sıralamasında 13'üncü sıraya yükselmiş bulunuyor. Türkiye Elektrik İletim A.Ş.'nin Mart 2018 ayı sonu verilerine göre ise Türkiye'nin güneş enerjisi kurulu gücü 5 GW'a yaklaşmış bulunuyor. Çin güneş enerjisi kurulu güç sıralamasında 130,6 GW ile ilk sırada yer almaktadır. Dünyada ise bu konuda çok önemli gelişmeler olmuş, PV panellerin verimliliklerinin artırılması ve daha ekonomik hale getirilmelerinin yanı sıra, PV özellikli, ısı üreten çatı kaplama malzemeleri geliştirilmiştir. Bu konudaki çalışmalar hızla devam etmekte ve her geçen gün yenilikçi ürünler piyasaya sunulmaktadır.

PV sistemler çatılarda su ısıtma sistemleri kadar büyük görtüntü kirliliği yaratmasa da, uygulama hataları sonucunda çatılara verilen hasarlar, kullanıcıların ciddi su akıtma problemleri yaşamasına neden olmuştur. Panel teknolojisindeki gelişmeler sonucunda, PV paneller önce çatı düzlemine paralel (çatı kaplama malzemesinin hemen üzerine) yerleştirilmeye ve daha sonra da çatıya entegre (tümleşik) edilmeye başlanmıştır [19].



Şekil 4.1: Çatılarda fotovoltaik panel uygulamaları [19].

PV panellerin çatıya entegrasyonu ilk olarak büyük PV panellerle başlamış, giderek son kat çatı kaplama malzemesi boyutuna kadar küçülmüş ve son olarak son kat çatı kaplama malzemeleri PV panele dönüştürülmüştür. Bu gelişmeler sonucunda, PV panellerin çatıya uygulanmasının getirdiği detay problemler tamamen ortadan kaldırılmıştır.

Çatıya yerleştirilen PV panellerden elde edilen doğru akım, evirici yardımı ile alternatif akıma çevrilir ve

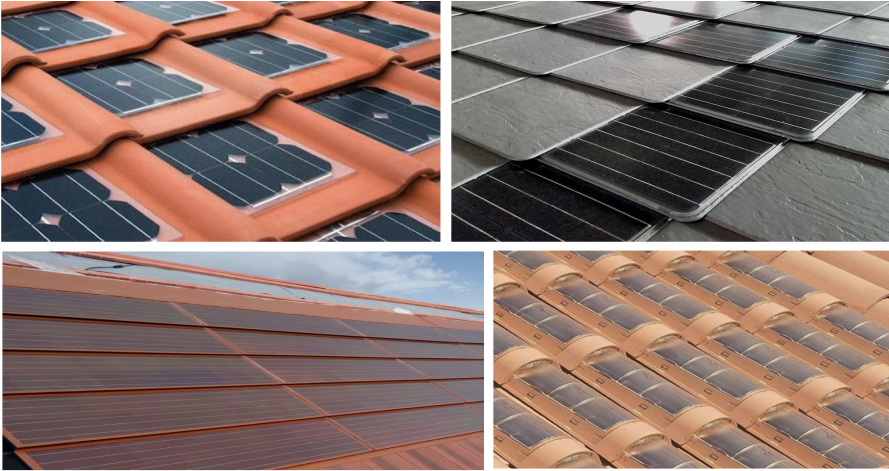
elektrik sistemine verilir. 1KW elektriksel güç elde etmek için, kristal PV paneller için 7-8 m<sup>2</sup> çatı alanına, ince film PV paneller için 10 m<sup>2</sup> çatı alanına, oluklu solar kiremitler için ise, kiremitin tipine bağlı olarak en az 30 m<sup>2</sup> çatı alanına gereksinim vardır. PV panellerin verimlilikleri sürekli olarak arttırıldığı için, kiremit boyutundaki paneller için de giderek daha küçük çatı alanları yeterli olmaya başlayacaktır.



Şekil 4.2: Çatıya entegre PV panel uygulamaları [21, 21].



Şekil 4.3: Çeşitli PV kiremitler [21, 22, 23].

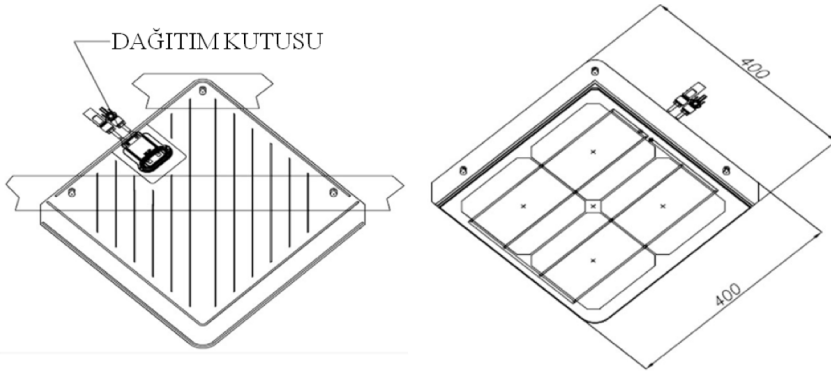


Şekil 4.4: Çeşitli PV kiremit uygulamaları [22, 23, 24].

Üzerine güneş enerjisi hücreleri entegre edilmiş olan 9,5mm kalınlıktaki seramik çatı kaplama malzemeleri, %0,05 gibi çok düşük su emme değerine sahiptir. Aşınmaya, dona dayanıklı olup, yüzeylerinde mantar ve yosun oluşmaz. Altlarının yivli dokusu, seramiklerin altının havalandırılmasını sağlar. 40cm x 40cm boyundaki seramikler, 4,40kg/adet kütleye sahiptir ve bir adet seramik ile 18W, 56 adet seramik ile 1kW elektriksel güç elde edilebilir [23].

Fotovoltaik çatı kaplama malzemelerinin en büyük problemlerinden biri olan tekdüze görüntüler konusunda Tesla Firması tarafından önemli gelişmeler sağlanmış ve PV özellikli dokulu çatı kaplama malzemeleri üretilmiştir. Tesla tarafından hidrografi yöntemi ile üretilen ve içlerine güneş hücreleri

yerleştirilen dokulu cam kiremitlerin her biri farklı bir görüntüsü bulunmaktadır. Yerden bakıldığında güneş hücreleri görünmeyen bu kiremitler, sıradan bir çatı görüntüsüne sahiptir. Böylece tüm çatıların tek tip olmasının önüne geçilmesi sağlanmıştır. Ayrıca güneş hücreli kiremitler, dokulu, arduvaz görünümlü, Roman kiremiti görünümüne ve pürüzsüz düzgün yüzeyli olarak 4 farklı tipte üretilmişlerdir. Bu farklı modeller aynı işlevi görmelerine rağmen, estetik olarak, kullandıkları binaların çatılarına farklı bir görüntüm vermekle birlikte yukarıdan bakıldığında şeffaf olarak görünmektedirler. Kiremitlerin içinde bulunan güneş hücreleri, kiremitlerin şeffaflıkları sayesinde güneş ışınlarını içlerinde toplayarak elektriksel güç üretebilmektedir.



Şekil 4.5: Fotovoltaik seramik çatı kaplama malzemesi alt ve üst görünüşü [23].



Şekil 4.6: Güneş enerjisi üreten çatı kaplama malzemelerinin anatomisi [25].





Düzgün yüzeyle cam kiremitler



Roman yüzeyle cam kiremitler



Arduvaz tipi cam kiremitler



Dokulu cam kiremitler

**Şekil 4.7 : Tesla tarafından geliştirilen 4 değişik tipte fotovoltaik cam kiremit uygulama örnekleri [25].**

Ancak bu malzemelerin  $m^2$  fiyatları binlerle ifade edildiği için, henüz yaygın bir kullanım alanı bulamamıştır. Bu ürünler internette sipariş edilerek alınabilmekte ve yüksek maliyetlerinin yanı sıra uygulama için uzun bir bekleme sırası bulunmaktadır. Teknolojik olarak güneş hücrelerinin verimlilikleri her geçen gün arttırıldığından, maliyetlerinde önemli düşüşler olmaktadır. Bu da güneş hücrelerinin çatılarda yaygın bir şekilde kullanımının önünü açacaktır. Yakın bir gelecekte, elektriksel güç ve çatı kaplama malzemeleri birbirlerinin ayrılmaz parçası olacak ve tüm binalar kendi enerjilerini üretir hale geleceklerdir.

### 5.YENİ ÇATI KAPLAMA MALZEMESİ GELİŞTİRME SÜRECİ VE AKIŞ ŞEMASI

Çatı sektöründeki boşluklar ve enerji etkin çatılar konusundaki gelişmeler, yeni bir çatı kaplama malzemesi geliştirilmesi için yeterli kadar veri oluşturmaktadır. Bu kapsamda PVC su yalıtım örtüleri, performans özellikleri artırılarak, taşıyıcı bir altlık yardımı ile kolaylıkla çatı levhasına dönüştürülebilir. Bu dönüşümde, örtünün altında bir başka malzeme kullanılması, örtünün kalınlığının azaltılabilmesi olanağını beraberinde getirecektir.

Teras çatılarda 1,2 mm ile 2,5 mm arasındaki kalınlıklarda kullanılan PVC su yalıtım örtüleri, biçimlendirilmeleri halinde 1mm ve belki daha düşük kalınlıklarda kullanılabilir ve bu da altında kullanılacak olan taşıyıcının maliyetini karşılayacaktır.

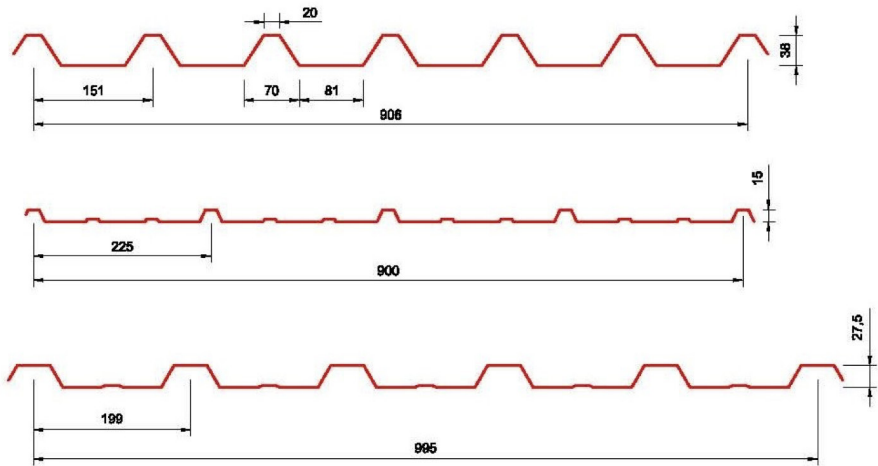
Proje 5 aşamada gerçekleştirilmiş ve proje aşamalarının kolaylıkla takip edilebilmesi amacı ile proje akış şeması hazırlanmıştır. Taşıyıcı altlık olarak, kolay bulunabilirliği, üretim kolaylığı ve ekonomik olmaları nedenleri ile sac, organik elyaf, polipropilen ve PVC ile çalışılması kararlaştırılmıştır. Ancak ilk aşamada altlık olarak, piyasada bulunan 12 farklı çatı kaplama malzemesi kullanılarak denemeler yapılmıştır. Altlık olarak kullanılan bu malzemelerin üzerine 1mm kalınlığında PVC su yalıtım örtüsü soğuk yapıştırma yöntemi ile yapıştırılmıştır. Yapıştırma işleminde özel olarak imal ettirilen, HDPE esası soğuk yapıştırıcı kullanılmıştır.

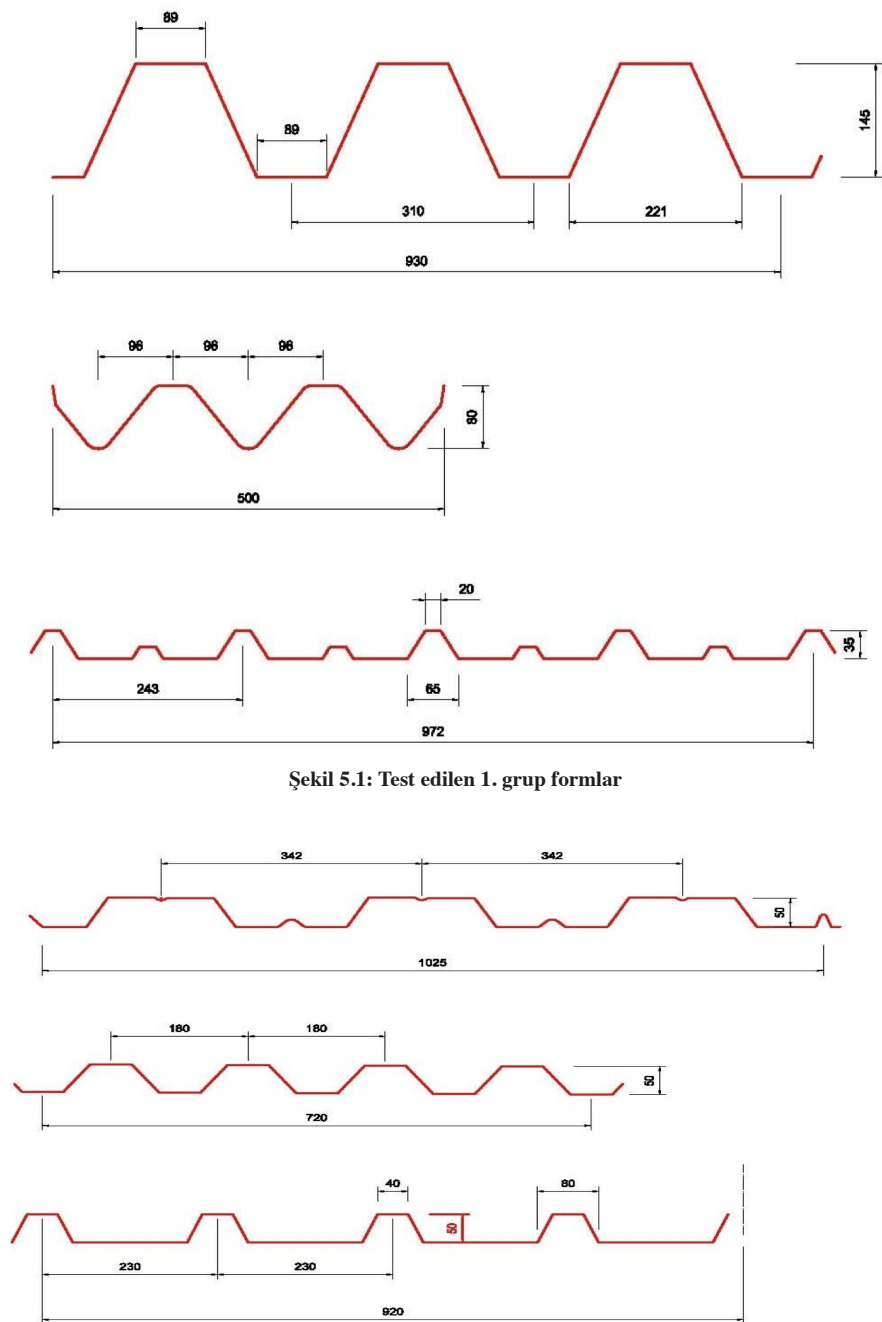
Köşeli formlar üzerine yapıştırılan PVC örtülerde, dış ve iç köşelerde açılmalar görülmüştür. Bunun önlenmesi için, yapıştırma işleminden sonra örtünün, yapıştırıcı kuruyuncaya kadar preslenmesi gerektiği, bunun da seri üretim açısından uygun olmadığı anlaşılmıştır. Köşeli formlar üzerine PVC membran yapıştırılmasında sorunlar yaşandığı için, parabolik formlar tercih edilmiştir.

Baca temizleme, anten ayarlama v.b. nedenlerle zaman zaman çatıların üzerine çıkılması gerekeceği ve çatılar üzerine yapılacak kedi merdiveni olarak isimlendirilen

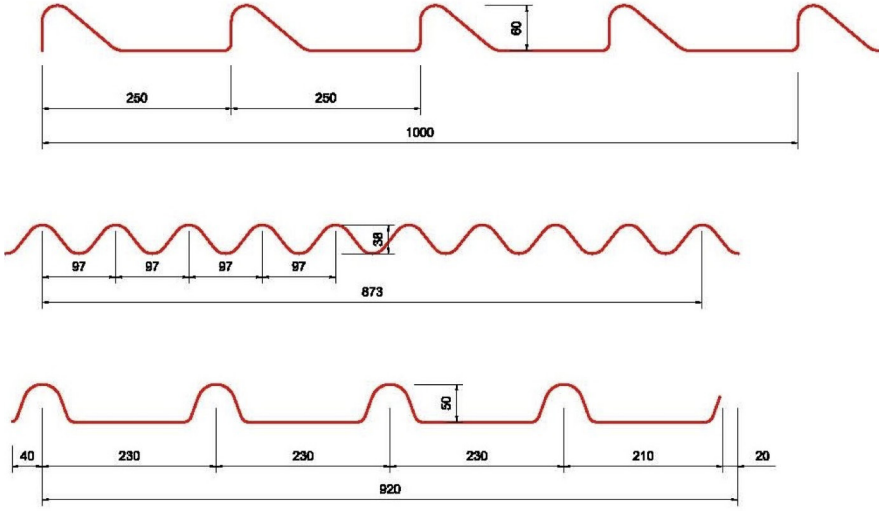
yürütme yollarının da yüksek maliyetleri dikkate alınarak, sürekli oluklu malzemeler yerine, üzerine basılabilecek düzlükler bulunan formlar denenmiş ve 1 tümsek 1 düzlük şeklindeki oluklu form ile çalışmalara devam etme kararı alınmıştır. Seçilen formun imalat, görsellik ve kullanım açısından uygun olduğu ve uygulama açısından hiçbir zorluk taşımadığı gözlemlenmiştir. Seçilen form, malzeme üzerine daha sonra yapıştırılacak olan esnek güneş hücrelerinin de kolaylıkla yapıştırılabilmesini sağlayacaktır.

Isı yalıtımlı malzemede de aynı form tercih edilmiş, hem altlık hem de ısı yalıtımı olarak 20 kg/m<sup>3</sup> yoğunlukta polistiren köpük tercih edilmiştir. Genleştirilmiş polistiren köpüğün (EPS – expanded polistiren foam) en ince kesitteki kalınlığı 5cm olarak alınmıştır. Ancak istenirse, bölgesel iklim şartlarına ve yapılacak ısı yalıtım hesaplarına göre farklı kalınlıklarda polistiren köpük altlıklar yapılabilir. Yapıların yangından korunması hakkında yönetmeliğin 28. Maddesinde belirtilen, çatı kaplamalarının BROOF sınıfı malzemelerden, çatı kaplamaları altında yer alan yüzeyin veya yalıtımın en az zor alevlenici malzemelerden olması gerekir ifadesine bağlı olarak, kullanılacak polistiren köpüğün zor alevlenen tipte seçilecektir. Avrupa Plastik Üreticileri Derneği APME (Association of Plastics Manufacturers Europe) tarafından zor alevlenen olarak tanımlanan polistiren köpükler, DIN 53436'ya göre üretilmektedir. Yapılacak deneme çalışmalarında bu özellik aranmayacaktır.





Şekil 5.1: Test edilen 1. grup formlar



Şekil 5.2: Test edilen 2. grup formlar



Şekil 5.3: Projenin 1. Aşaması, form ve malzeme seçimi.

Elastik fotovoltaik paneller, üretim tamamlandıktan sonra çatı kaplama malzemesi üzerine sıcak laminasyon yöntemi ile yapıştırılacaktır. Böylece

PV panelin çatı yüzeyine mükemmel bir şekilde yapışması sağlanacaktır.

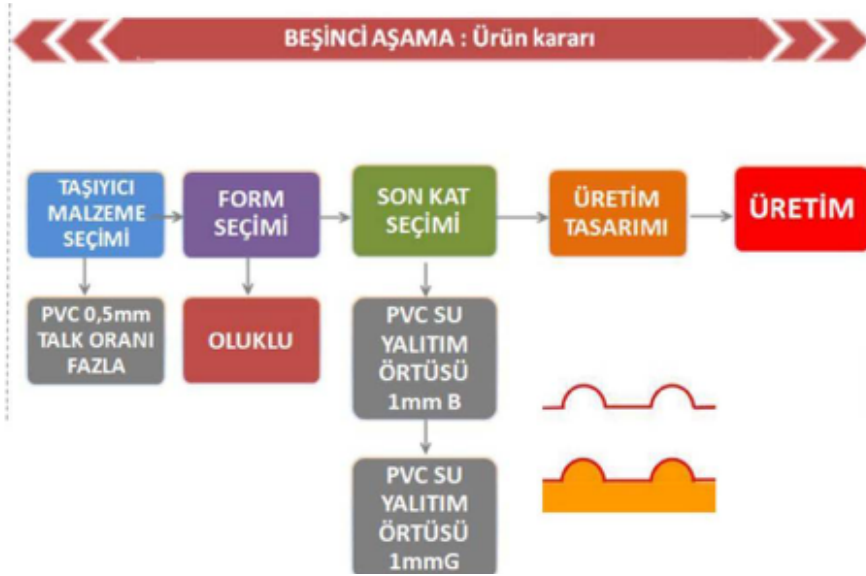
Şekil 5.4: Projenin 2. Aşaması, ürün niteliklerinin ve seçeneklerinin belirlenmesi.



Şekil 5.5: Projenin 3. Aşaması, seçeneklerin test edilip değerlendirilmesi.



Şekil 5.6: Projenin 4. Aşaması, taşıyıcı malzeme seçimi ve form kararı.



Şekil 5.7: Projenin 5. Aşaması, ürün kararı.



Şekil 5.8: Projenin 5. Aşaması, ürün kararı.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Projenin ana fikri, mevcut PVC su yalıtım örtülerine, altında kullanılacak sert bir altlığa veya ısı yalıtım malzemesine yapılandırılması sureti ile form verilmesi ve düz kısımların üzerine esnek fotovoltaik panelin laminasyonla entegre edilmesidir. Sert altlık, geri dönüşümlü PVC'den çok az enerji sarfiyatı ile imal edilebilecektir. Isı yalıtımlı çözümde kullanılacak olan 18-20 Kg/m<sup>3</sup> yoğunluktaki EPS, aynı zamanda altlık görevini üstlenecektir.

Geliştirilen çatı kaplama malzemesinin çatı alt yapısına tespiti çivilerle yapılacak ve tespit noktaları

malzemenin altında kalacaktır. Malzemenin bir alttaki malzemeye tespiti (ön biniler), malzeme üzerindeki kendinden yapışkanlı şeritlerle sağlanacaktır. Böylece çatı yüzeyinde hiçbir tespit elemanı görülmeyecek ve bu da, tespit elemanlarındaki paslanma, çürüme v.b. oluşabilecek hasarların neden olabileceği problemlerin tamamen bertaraf edilmesini sağlayacaktır.

Tümsekler altındaki boşluklar, ilave bir uygulamaya gerek kalmadan çatı arasının havalandırılmasını sağlayacaktır. Bunun için saçaklarda tümseklerin içinin tıkanmaması ve mahyada da nefes alan örtü kullanılarak veya uygun bir detay çözümü ile hava sirkülasyonunun sağlanması gereklidir. Ürün

tasarımı esnek olup, en uzun kenarın 2,00m'den fazla olmaması şartı ile, tümsekler ve düzlüklerin istenilen ölçülerde yapılabilmesine olanak vermektedir. Ancak biçimin oluşturulmasında, geleneksel çatı kaplama malzemelerinin biçimlerinden çok fazla farklılaştırılmamasına da özen gösterilmiştir. Ürün boyutlarının, uygulama kolaylığı ve şantiyedeki taşımalar açısından en=60cm ve boy=200cm olarak düşünülmüştür. Ürün tasarımı aynı zamanda, çatı yüzeyinin her iki kenarının istenirse tümsek, istenirse düzlükle bitirilmesini sağlamaktadır. Bu esneklik, detay çözümlerinin kolaylıkla yapılabilmesi olanağı sağlayacaktır. Çatı bitiş noktaları için üzerinde PV panel olmayan malzemeler de üretilmelidir.

Geliştirilen çatı kaplama malzemesi, Leed, Bream gibi sertifikasyonlarda büyük puan kazandıran, istenen SRI değerini sağlayacak özelliklere sahiptir. Her ne kadar aralıklı bir alt yapı üzerine uygulanabiliyor olsa da, tamamen dolu bir alt yapı üzerinde uygulanmasının daha iyi sonuç vereceği düşünülmektedir.

**KAYNAKÇA**

- [1] Gürlelel,Can F. (2016). İnşaat ve İnşaat Malzemeleri Sektöründe Gelişmeler ve Beklentiler,Nisan 2016, s.17, İstanbul.
- [2] 2023 Türkiye İhracat Stratejisi, T.C. Resmi Gazete, 13.06.2012, sayı: 28322.
- [3] Url-3 < [http://www.wipo.int/export/sites/www/ipstats/en/docs/infographics\\_systems\\_2017.pdf](http://www.wipo.int/export/sites/www/ipstats/en/docs/infographics_systems_2017.pdf)> , erişim tarihi, 03.10.2018.
- [4] Türk Patent ve Marka Kurumu 2017 Faaliyet Raporu, 27.02.2018, Ankara.
- [5] Türkiye İnovasyon Haftası Bildiriler Kitabı, 8-10.12.2015, İstanbul
- [6] Ankara Sanayi Odası. (2005). Aile Şirketleri: Değişim ve Süreklilik, Ankara.
- [7] Peşkiroğlu,N. (2014). "Aile İşletmeleri ve Kurumsallaşma", Kalkınmada Anahtar Verimlilik Dergisi, Sayı 312, Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ankara.
- [8] İpsos Danışmanlık, Yüz yüze görüşme, Maltepe/İstanbul, Tel: (0216) 587 11 11.
- [9] Url-9 < <https://www.freedoniagroup.com/World-Roofing.html>> , erişim tarihi, 25.05.2018.
- [10] Url-10 < <http://catider.org.tr/index.php?action=page&id=258>> Çatı Kaplama Malzemeleri 2017 Yılı Sektör Büyüklüğü Araştırması, erişim tarihi, 21.09.2018.
- [11] Kültür, S., Türkeri, N. (2010). Çatı Kaplama Malzemelerinin Uzun Dönem Isınım Yansıtma Performansının Laboratuvarında Deneysel Değerlendirilmesi, 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İzmir.
- [12] Witt, M., Jickells, T. (2005). Atmospheric Environment, Volume 39, Issue 40, Pages 7657-7926, Elsevier Ltd.
- [13] Ergün, A., Kürklü, G. (2008). Çatı Tasarımı ve Uygulamasında Detay Hataları, Sonuçları ve Düzeltme Çalışmaları, 4. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, İTÜ Mimarlık Fakültesi, Taşkışla- İstanbul, 13-14 Ekim.
- [14] Coşkun, K. (2006) Çatı sistemleri ile ilgili performans gereksinimleri, 3.Ulusal Çatı & Cephe Kaplamaları Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, İTÜ, İstanbul, 17-18 Ekim.
- [15] Çakır, Z. (2000). Düz Çatılarda Isı ve Su Yalıtım Malzemelerinin Performans Yaklaşımı İle Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [16] T.C. Resmi Gazete, Sayı 12937. (2007), Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, Madde 28: Çatılar, Değişiklik: 10/08/2009.
- [17] Koca, T. (2016). Türkiye'de Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretim Potansiyeli, Enerji ve Çevre Dergisi, Kasım/Aralık 2016, s.50-55.
- [18] Url-16<<http://eusolar.ege.edu.tr>>, alındığı tarih 03.12.2017.
- [19] Url-14<<http://www.goodshomedeign.com/solar-roof-tiles>>, alındığı tarih 18.02.2017.





#### KAYNAKÇA

- [20] Url-15< <https://www.thisoldhouse.com/ideas/solar-shingles>>, alındığı tarih 05.10.2017.
- [21] Url-16<<http://www.ecocetera.com/solar-roof-tiles-bristol>>, alındığı tarih 05.10.2017.
- [22] Url-17<<http://www.designweneed.com/solar-power-photovoltaic-tile>>, alındığı tarih 05.10.2017.
- [23] Url-18<<http://www.ardogres.it/ardosolar.php>>, alındığı tarih 05.10.2017.
- [24] Url-19<<http://www.quiet-corner.com/wp-content/uploads/2016/07/Solar-Roof-Tiles-5.jpg>>, alındığı tarih 05.10.2017.
- [25] Url-20<[http:// www.tesla.com](http://www.tesla.com)>, alındığı tarih 03.12.2017.