

# PRİZMATİK VE LAZER KESİM PANELLERİN DOĞAL AYDINLATMA PERFORMANSI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Z. Tuğçe KAZANASMAZ, \* Pelin FIRAT, \*\* Merve TOSUN\*\*\*

\* İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Bölümü Gülbahçe kampusu, Urla, İzmir

\*\* Ekonomi Üniversitesi Mimarlık Bölümü, Balçova, İzmir

\*\*\* İzmir Büyükşehir Belediyesi, Etüd Proje Şube Müdürlüğü, Konak, İzmir  
tugcekanasmaz@iyte.edu.tr, pelinfirat@iyte.edu.tr, mervetosun@iyte.edu.tr

## ÖZET

Gelişmiş doğal aydınlatma sistemleri, iç hacimlerde gerek görsel konfor koşullarının sağlanması gerekse enerjinin verimli kullanılması açısından doğal aydınlatma performansının en iyi koşullarda elde edilmesi için geliştirilmiş sistemlerdir. Bu sistemler, en temel ve konvansiyonel doğal aydınlatma sistemi olan pencerelerin aksine, sadece iç hacmin ihtiyacı olan günışığını sağlamakla kalmaz, ayrıca çeşitli teknolojiler ve çözümler sunarak aydınlatma performansının iklim şartları da göz önünde bulundurularak artırılmasını sağlarlar. Bu bildiriye, gölgeleme imkanı da sağlayan gelişmiş aydınlatma sistemlerinden olan ve yayınlık gök ışığının iç hacme alınması ve doğrudan gelen günışığını engellenmesi prensiplerine dayanarak üretilmiş prizmatik ve lazer kesim paneller açıklanmış; teknik özellikleri, üretimleri ve mimari uygulamaları üzerinde durulmuştur. Özellikle, İzmir gibi sıcak iklim bölgelerinde inşa edilen atriyumlu (eski zamanlardan günümüze kadar kullanımı devam eden ve doğal aydınlatmanın geniş ve derin hacimli bina kütlelerinde etkin şekilde kullanılmasını sağlayan konvansiyonel doğal aydınlatma sistemi) veya tepe ışıklı binalarda bu sistemlerin uygulamalarının önerilebileceği düşünülmektedir. Ancak öncelikle bu sistemlerin teknik özellikleri ve farklı yerleşim alanlarından seçilen bina örneklerinin incelenmesi, olumlu ve olumsuz yönlerinin araştırılması gerekmektedir.

“Mimaride günışığı, hepimizin çok iyi bildiği ancak henüz çok az uygulayabildiği bir alandır”

“Daylighting in architecture is an area in which we know so much but yet practice so little” (Moore 1991)[1]

## 1.GİRİŞ

Gelişmiş doğal aydınlatma sistemleri, iç hacimlerde gerek görsel konfor koşullarının sağlanması gerekse enerjinin verimli kullanılması açısından doğal aydınlatma performansının en iyi koşullarda elde edilmesi için geliştirilmiş sistemlerdir. Bu sistemler, en temel ve geleneksel doğal aydınlatma sistemi olan pencerelerin aksine, sadece iç hacmin ihtiyacı olan günışığını sağlamakla kalmaz, ayrıca çeşitli teknolojiler ve çözümler sunarak aydınlatma performansının iklim şartları da göz önünde bulundurularak artırılmasını sağlarlar [2]. Bu bildiriye, gölgeleme imkanı da sağlayan gelişmiş aydınlatma sistemlerinden olan ve yayınlık gök ışığının iç hacme alınması ve doğrudan gelen güneş ışığının engellenmesi prensiplerine dayanarak üretilmiş prizmatik

ve lazer kesim paneller açıklanmış; teknik özellikleri, üretimleri ve mimari uygulamaları üzerinde durulmuştur.

Günümüzde, binaların enerji verimliliğinin ne kadar önemli bir konu olduğu anlaşılmış, çeşitli yasa ve yönetmeliklerle de enerji verimliliğinin artırılması için önlemler alınması gerekli hale gelmiştir. Binaların enerji yükünün, esas olarak ısıtma, soğutma ve aydınlatmanın oluşturduğu düşünüldüğünde binalarda enerji verimliliğinin ısıtma, soğutma ve aydınlatma dengesi içerisinde irdelenmesi ve kullanıcılarla birlikte uygulayıcıların (mimar, mühendis vb.) bu konuda bilgilendirilmeleri gerekmektedir. İç hacimlerin günışığı ile aydınlatılması için tasarlanan pencerelerin mimari tasarım ve uygulamalarındaki bazı eksikliklerden kaynaklanan, soğutma

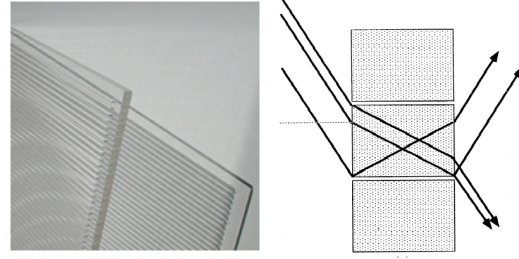
sezonunda aşırı ısınma (güney pencere alanının gereğinden fazla olması ve yazın fazla miktarda güneş ışınımının iç mekana geçmesi), ısıtma sezonunda kontrolsüz ısı kaybı (kuzey pencere alanının fazla olması ile ısı kaybının artması) gibi problemler, enerjinin verimli kullanılmasını engeller. Güneş ışığının kontrollü olarak iç mekana ulaşması sağlanmalıdır. Aynı zamanda, gün içinde aydınlatma değeri açısından tahmin edilemeyen değişiklikler nedeniyle, elektrik aydınlatmasına ihtiyaç duyulur. Elektrik aydınlatmasına ne kadar çok ihtiyaç duyulursa elektrik enerji tüketiminde de o kadar artış olur [4,5].

Gölgeleme elemanları, yukarıda bahsedilen güneş ışığı kaynaklı sorunlar nedeniyle, ısı ve görsel konfor koşulları ile enerji verimliliğini sağlamak amacıyla pencerelerde veya tepe açıklıklarında kullanılırlar. Prizmatik ve lazer kesim paneller, hem gölgeleme ihtiyacını karşıladıkları hem de güneş ışığının iç hacimde düzgün dağılması ve gözün üst kısmına denk gelen karanlık yüzeylere ulaşabilmesini sağladıkları için günümüzde tercih edilen sistemlerden olmuşlardır. Özellikle, İzmir gibi sıcak iklim bölgelerinde inşa edilen atriyumlu (eski zamanlardan günümüze kadar kullanımı devam eden ve doğal aydınlatmanın geniş ve derin hacimli bina kütlelerinde etkin şekilde kullanılmasını sağlayan konvansiyonel doğal aydınlatma sistemi) veya tepe ışıklı binalarda bu sistemlerin uygulamalarının önerilebileceği düşünülmektedir. Ancak öncelikle bu sistemlerin teknik özellikleri ve farklı yerleşim alanlarından seçilen bina örneklerinin incelenmesi, olumlu ve olumsuz yönlerinin araştırılması gerekmektedir.

## 2. LAZER KESİM PANELLER

Güneş ışığını yönlendirmede kullanılan lazer kesim paneller, saydam akrilik malzemeden yapılmış ince panellere lazer kesim uygulanarak oluşturulan sistemlerdir.

Paneller, gelen ışınları panel içinde kırma – yansımaya – kırma işlemlerinden geçirerek iç mekana alır ve ışınları hep aynı açıda yönlendirdiğinden sistemden elde edilen verim oldukça yüksektir [2,5,6].



Şekil 1. Lazer kesim panel [5,6].

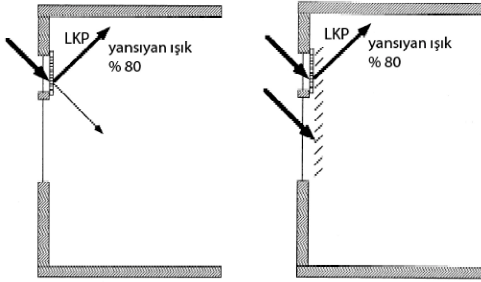
Saydam akrilik panele lazerle kesikler atıp, onu ince dikdörtgen şeritlere bölerek oluşturulan lazer kesim sistemlerde; her kesik yüzey küçük bir ayna gibi görev yapar ve kırılarak panelin içine giren ışınları yansıtır[2,5,6].

Lazer kesimde çoğunlukla uygulanan yöntem, panelde mukavemeti sağlayan dış bir çerçeve ve arada dikey destekler bırakacak şekilde boydan boya yarıklar oluşturmaktır. (1000mm x 600mm x 6mm lik bir panel için dış çerçevenin 20 - 30mm dikey desteklerin ise 10 - 20mm bırakılması yeterlidir.) Kesim derinliği panellerde belli bir limite tutulabilse de uygulamanın uğraştırıcı olması nedeniyle çok tercih edilmemektedir. (6mm lik panelin %75'inde kesik oluşturmak gibi) Kesilen boşluk ile kesim derinliği oranı 0.7 olan ve pencereye sabitlenmiş lazer kesim panel 45dereceden daha dik gelen hemen hemen bütün ışınları yansıtırken 20dereceden eğik gelen ışınların çoğunu da iç mekana geçirir. Bu şekilde ışınların bir kısmı panel tarafından tavana yansıtılıp orada yayılarak ikincil bir ışık kaynağı oluşturur [2,5,6].



Şekil 2 Laser kesim panel ile manzaranın görünümü [7]

Paneller görüntüde biraz bozulmaya yol açabilmekte birlikte dışarıyı görmeye olanak tanır, ancak güneş ışınlarını aşağıdan tavana doğru yönlendirdikleri için kullanıcılarda parlaltının orantısız dağılımından kaynaklanan konfor probleminin yaşanmasına neden olabilirler. Bunu önlemek için panellerin ya manzara amaçlı olmayan aydınlatma açıklıklarında kullanılması ya da göz hizasından yukarı bir seviyeye yerleştirilmesi önerilir (Şekil 2, Şekil 3).



Şekil 3 Laser kesim panel uygulama detayı [6].

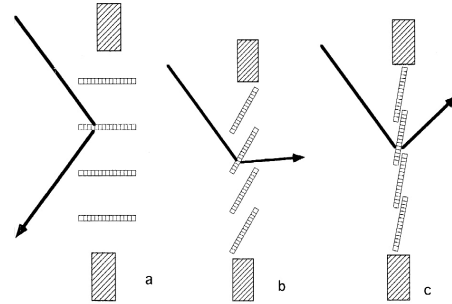
Günümüzde lazer kesim paneller, uygulanacakları açıklığa uygun olarak özel üretildikleri için maliyetleri yüksektir. Panellerin lamine edilmiş levhaların arasında üretilip siparişe göre istenilen ebatlarda kesilmesi de mümkündür ama bu sistem henüz ticari olarak uygulanmamaktadır [2] (Şekil 3).

Lazer kesim paneller; sabit güneş kırıcı sistemler olarak (pencerelerde), ışık yönlendirici sabit ya da hareketli sistemler olarak, panjurlu pencere formlarında güneş

kırıcı – ışın yönlendirici sistemler olarak kullanılabilir (Şekil 4).

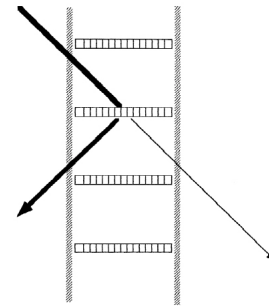


Şekil 4 Işık yönlendirici sistem olarak lazer kesim panel uygulaması, Kenmore South State School, Brisbane, Australia. [2]



Şekil 5 Yatay olarak monte edilen lazer kesim panel [6]

Panjurlu pencere formunda, bir sıra lazer kesim panel, pencere açıklığına yatay olarak monte edildiğinde üst katlardan gelen güneş ışığı çok büyük oranda dış mekana geri yansıtılır. Bu sistem, güneş ışığını engelleyen sistemler arasında, manzara kaybına neden olmama açısından tektir (Şekil 5). Paneller çift cam sistemlerin arasında ya da pencere açıklıklarında jaluzi sistemlerin çitalarıyla yer değiştirerek monte edilebilir (Şekil 6).



(a)

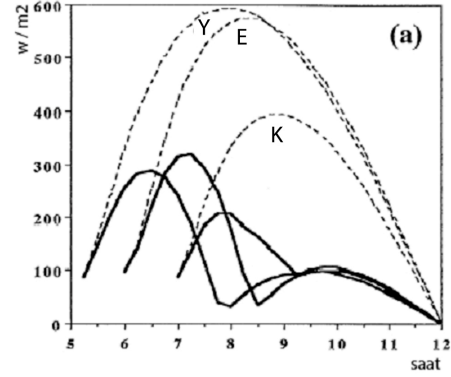


(b)

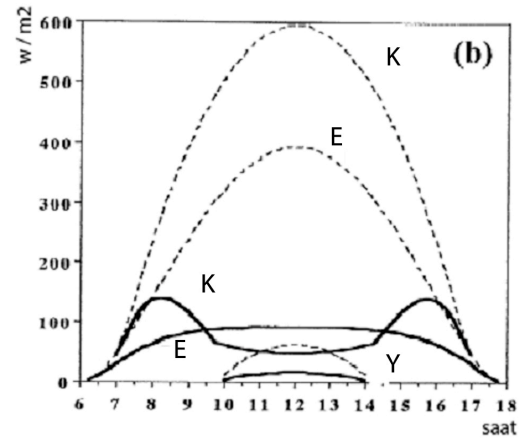
Şekil 6. Çift cam sistemlerin arasında ve jaluzide kullanım [6]

Lazer kesim panellerin çeşitli binalarda uygulamalarına rastlanmaktadır. Jaluzi sistemlerle entegre kullanılan lazer kesim panellerin bir örneği, Brisbane, Avustralya'da ( $27^{\circ}$  güney enlemi) yer alan bir ofiste görülmektedir. Pencereledeki lazer kesim paneller, güneş ışığını tavana yönlendirmekte ve daha düzgün ve fazla miktarda aydınlatılan bir iç mekan oluşturulmaktadır [6]. (Şekil 6)

Bu binada yürütülen bir araştırmada ölçümler yapılmış ve bunlar sonucunda, açının ayarlanabildiği benzer cam sistemlerinin Brisbane'de doğu ve batı yönlenimli pencere açıklıklarında kullanılmasının, ışımadan kaynaklanan ısınma problemini engellemede en etkili yöntem olduğunu göstermiştir. Bu uygulamanın, yazın en sıcak dönemlerinde sabah 7 ile öğlen 12 arasında doğu yönlenimli cephelerde, öğlen 12 ile akşam 5 arasında ise batı yönlenimli cephelerdeki güneş enerji yükünün %75'ten de fazla miktarını engellediği açıkça görülmektedir (Şekil 7). Panelin olmadığı durumda (pencere açık) güneş ışıması miktarı en fazla  $600\text{W}/\text{m}^2$ 'ye kadar çıkarken, lazer kesim panel uygulandığında güneş ışıması 100 ile  $300\text{W}/\text{m}^2$  aralığında kalmıştır.



(a) Doğu cephesindeki bir pencere için yapılan ölçüm sonuçları



(b) Kuzey cephesindeki bir pencere için yapılan ölçüm sonuçları

K- kış

E- ekinoks

Y- yaz

----- pencere açıkken

— ofisteki uygulama

Şekil 7 Lazer kesim panel uygulaması ile güneş ışımasını değişimi [6].

Norveç, Sandvika'daki, Bilim ve Teknoloji Üniversitesi'nde ( $59^{\circ}$  kuzey paraleli) kullanılmakta olan bir ofis binasında düşey konumlandırılmış lazer kesim panelleri incelenmiştir. Deney için binada, biri test biri kontrol odası olmak üzere iki oda seçilmiştir. Kontrol için seçilen, panellerin kullanılmadığı odayla aynı pencere boyutlarına sahip olan test odasındaki panel, pencerenin üst kısmına yerleştirilmiştir. Her

iki hacimdeki aydınlık değerleri ölçülerek performans değerlendirmesi yapılmıştır. Sonuçlar, lazer kesim panellerin, hava kapalı olduğunda aydınlık düzeyi ya da dağılımında neredeyse hiçbir fark yaratmadığını; açık

hava koşullarında ise özellikle ara bölgede, yılın tüm mevsimlerinde ve günün büyük bir kısmında aydınlık değerlerini yükselttiğini göstermektedir [2].

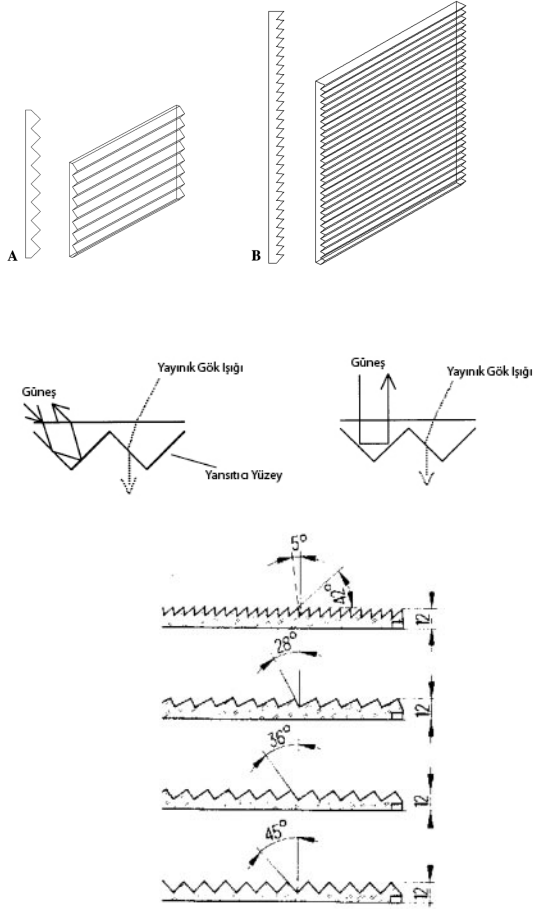
Lazer Kesim Panel Norveç: 59 Kuzey	İç Mekandaki Aydınlık Değeri (% or lux) Pencere Bölgesi						Dış Ortam Koşulları (klux)	
	Pencere Bölgesi		Ara Bölge		Duvar Çevresi		Evg	EvgS
	Test Odası	Ref. Odası	Test Odası	Ref. Odası	Test Odası	Ref. Odası		
Bulutlu Hava (DF %)	5.4%	5.8%	2.5%	2.3%	1.0%	0.9%	12.2	5.5
Kış (Hava Açık) : Öğle Saati	Sun	Sun	Sun	Sun	2,230	1,240	23.4	78.8
Kış (Hava Açık) : 15:00	1,400	1,150	680	480	320	190	5.2	23.4
Ekinoks (H. Açık) : Öğle Saati	7,620	4,730	4,200	2,540	1,710	1,220	58.5	96.6
Ekinoks (H. Açık) : 15:00	2,720	2,630	1,370	1,120	720	460	38.7	62.7
Yaz (Hava Açık) : Öğle Saati	4,790	3,700	2,660	1,800	970	700	85.7	77.1
Yaz (Hava Açık) : 15:00	1,470	1,360	790	630	390	260	63.9	48.4

Pencere bölgesi, ara bölge ve duvar çevresi bölgeleri pencereden sırasıyla 1.67, 2.75 ve 4.91 m mesafededir. "Sun" sensörlere çarpan güneş ışığını belirtir. "Evg (klux)" evrensel dış ortam yatay parlaklık değeridir. "EvgS (klux) güneye bakan bir yüzey üzerinde evrensel dış ortam dikey parlaklık değeridir. "DF" günışığı faktörüdür.

Şekil 8 Norveç'teki ofis binasında alınan ölçüm sonuçları [2]

### 3. PRİZMATİK PANELLER:

Prizmatik paneller, sıcak iklimlerde günışığını yönlendirmek ya da yansıtma için kullanılan, saydam akrilikten yapılmış ince, düzlemsel, testere dişli elemanlardır. Gölgeleme elemanı olarak kullanıldıklarında doğrudan gelen güneş ışığını yansıtma daha homojen olan yayınlık gök ışığının içeri alınmasına olanak tanır[2, 8].



Şekil 9 Prizmatik panellerin kesit ve perspektifleri. (A - simetrik prizmatik panel, B - asimetrik prizmatik panel 42° ve 5°) [2, 9]

Prizmatik panellerin temel fonksiyonu, doğal ışığın iç mekanın derinliklerine kadar ulaşmasını sağlamaktır.

Günışığının kontrollü kullanımını sağlamak için prizmatik paneller, yansıtma ve kırılmayı kullanırlar ve sistem, belli açılardan gelen

ışığı yansıtıp farklı açılardan gelen ışığı içeri geçirecek şekilde tasarlanabilmektedir.

Lineer prizmatik panellerin iki yansıtma açıları bulunmaktadır ve dış etkilerden korunabilmeleri için çoğunlukla çift camlı sistemlerin aralarına yerleştirilirler. Günümüzde, prizmatik paneller “enjeksiyon kalıp” (injection moulding) ve “özel kazıma” (specialised etching) yöntemleriyle üretilmektedir.

Enjeksiyon Kalıp yöntemi ile prizmatik paneller, dört farklı yansıtma açısı ile saydam akrilik polimer malzemeden üretilmektedirler. Tercihe bağlı olarak, her prizmanın aynı açılı yüzleri alüminyum filmlerle kaplayarak daha iyi yansıtma değerlerine ulaşmak mümkün olmaktadır.

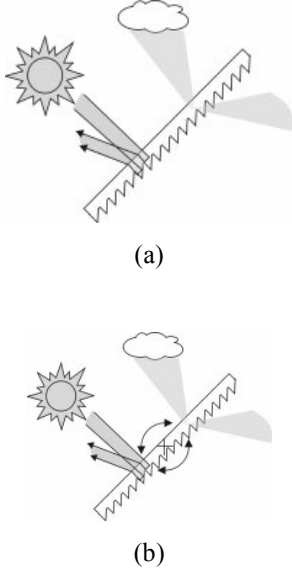
Özel kazıma işlemi ise; 1mm’den daha sık aralıkta prizmaların elde edilebildiği bir üretim şeklidir. Akrilik filmde oluşan sonuç çok narin olsa da optik niteliği oldukça iyidir. Bu filmler, çift camlı sistemlerin aralarına uygulanabilir.

Prizmatik panellerin birbirinden tamamen ayrı iki işlevi vardır: Bunlardan ilki gölgeleme elemanı olarak kullanılması, ikincisi ise gün ışığını yeniden yönlendirmesidir. Cephe ya da çatıdaki konumlanışları, kullanılma amaçlarının ne olduğuyla ilişkilidir. Prizmatik paneller, genelde cephede konumlandırılırken gelen **yayınlık gök ışığını** yönlendirerek iç mekanda tavan ya da tavana yakın kısımlara iletirler. Buna ek olarak da aynı anda, pencerenin parlaklığını düşürürler. Paneller, bu koşullarda parlamayı engelleyici ve ışınları yönlendirici bir görev yaparlar. Ama güneş alan cephelerde, ek olarak güneş kırıcı elemanlar da kullanılmalıdır [2].

Prizmatik paneller, doğrudan gelen **güneş ışığını** iç mekana yönlendirecek sistemler gibi de kullanılabilirler. Parlamayı ve renk bozulmasını önlemek için doğru profil

seçimi ve panellerin mevsimsel döşenmesi gereklidir.

Panellerin sabit güneş kırıcı sistem şeklinde uygulanması çoğunlukla cam kaplı çatılarda görülmektedir. Prizmatik yapı, güneşin hareketine göre tasarlanmakta ve paneller çift camlı sistemin arasında konumlanmaktadır. Hareketli güneş kırıcı sistem şeklinde ise prizmatik paneller panjur(louver) formundadır. Çift camın önüne ya da arkasına düşey ya da yatay düzenlemelerle sabitlenirler. Bu uygulama, güneşten gelen parlamayı kontrol etmekle birlikte yayımlık gök ışığına karşı bir çözüm değildir, sistem sadece güneş kırıcı eleman gibi davranır (Şekil 10) [2].



Şekil 10 Sabit (a) ve hareketli (b) güneş kırıcı sistemler [2]

Prizmatik paneller yapı olarak saydam olsa da dışarıyı biraz bozulmuş şekilde görüntülememize olanak tanır, açılıp kapanamadıkları takdirde manzara amaçlı ek bir pencere açıklığı gereklidir.

Eğer prizmatik paneller sabit konumda gölgeleme elemanı olarak kullanılıyorsa renk dağılmasını önlemek için sistemin arkasına yerleştirilecek aşındırılmış cam levhalar gibi ek uygulamalar gerekmektedir. Paneller, gelen güneş ışınlarını yeniden

yönlendirmek için kullanıldıklarında; piyasada mevcut bulunan türleri, gelen ışınları aşağıya yönlendirerek kamaşma problemine yol açabilir. Bilgisayar analizleri, prizmatik paneller düşey olarak ve sabit durumda konumlandırıldıklarında yılın belli zamanlarında aşağı yönlene güneş ışınlarını engellemenin imkansız olduğunu ortaya koymuştur. Yine de doğru profil seçimi ve panellerin mevsimsel döşenmesi ile bu sorun engellenebilir. Günışığını yönlendirmede prizmatik panellerin kullanımı tarihsel süreçte de iyi gözlenebilir. 20. Yüzyılın başından itibaren bu alanda mevcut patentlere rastlanmaktadır. Geçmişte çok ciddi bir problem olan üretim, akrilik polimerin kullanılmaya başlanmasıyla ortadan kalktı ve ilk defa olarak panelleri çok hassas ve kusursuz üretmek mümkün oldu. Buna ek olarak prizmaların aynı yöne bakan yüzlerini yansıtıcı filmlerle kaplamak da prizmatik sistemlerin kullanım olanaklarını arttıran bir uygulama oldu. Yine de maliyetlerin yüksek oluşu panellerin yaygınlaşmasına çok önemli bir engel teşkil etmektedir.

Panellerin genişleme katsayılarının yüksekliği, ısısal genişlemeye imkan verecek şekilde tasarlanmalarını gerektirmektedir. Buna ek olarak akrilik malzemenin yanıcı olması nedeniyle yangın tedbirleri dikkatle uygulanmalıdır[2].



(a)



(b)

Şekil 11 Örnek binalar; (a)3M Merkez Binası 275, St. Paul, Minnesota, USA

(b)Alman Parlamento Binası, Bonn, Almanya.[2]

Prizmatik panellerin 3M Merkez Binası, (Minnesota, USA), Alman Parlamento Binası'nda, (Bonn, Almanya)(hareketli güneş kırıcı prizmatik paneller şeklinde) kullanıldığı bilinmektedir. Araştırma amacıyla da prizmatik panellerin pencerelerde Norveç Bilim ve Teknoloji Üniversitesi'nde kullanılmakta olan bir ofis binasında uygulandığı ve aydınlık düzeyi ölçümleri yapıldığı görülmüştür.

Test odalarının eni 2,9m, boyu 5,5 m ve yüksekliği 2,7m' dir. Ölçüm yapılan ana pencerenin (2,2m<sup>2</sup>, manzara penceresi) üst kısmında boydan boya ek bir ışıklık penceresi(1m<sup>2</sup>) mevcuttur. Prizmatik paneller bu ışıklığa düşey olarak monte edilmiş ve toplam pencere alanının %31ini kaplamaktadır.Referans odasında ise herhangi bir panel ya da güneş kırıcı eleman yoktur. Her iki oda için eş zamanlı yapılan ölçüm sonuçları, güneşin pencerenin bulunduğu cepheye dik olduğu durum içindir [2].

Prizmatik Panel Norveç: 59 Kuzey	İç Mekandaki Aydınlık Değeri (% or lux)						Dış Ortam Koşulları (klux)	
	Pencere Bölgesi		Ara Bölge		Duvar Çevresi		Evg	EvgS
	Test Odası	Ref. Odası	Test Odası	Ref. Odası	Test Odası	Ref. Odası		
Bulutlu Hava (DF %)	3.4%	5.2%	1.4%	2.1%	0.6%	0.7%	3.4	1.4
Kış (Hava Açık) : Öğle Saati	Sun	Sun	Sun	Sun	Sun	Sun	11.0	51.1
Ekinoks (H. Açık) : Öğle Saati	Sun	Sun	Sun	Sun	1,410	1,640	38.4	90.8
Yaz (Hava Açık) : Öğle Saati	3,240	3,130	2,140	1,650	710	660	87.5	76.0

Pencere bölgesi, ara bölge ve duvar çevresi bölgeleri pencereden sırasıyla 1.67, 2.75 ve 4.91 m mesafededir. "Sun" sensörlere çarpan güneş ışığını belirtir. "Evg (klux)" evrensel dış ortam yatay parlaklık değeridir. "EvgS (klux)" güneye bakan bir yüzey üzerinde evrensel dış ortam dikey parlaklık değeridir. "DF" günışığı faktörüdür.

Şekil 12 Norveç'teki ofis binasında alınan ölçüm sonuçları[2].



Yapılan ölçümler, bulutlu havalarda prizmatik panellerin bütün bölgelerdeki aydınlık değerlerini %20 - %35 arasında düşürdüğünü ve referans odasına göre günışığı dağılımının daha düzensiz olduğunu göstermiştir. Pencerenin üst kısmındaki parıltı değerleri de düşmüştür.

Yaz mevsimi ve açık hava koşullarında, prizmatik paneller kapalı havalara göre daha düzenli ve homojen bir günışığı dağılımı sağlamıştır. Ara bölgedeki aydınlık değeri %30' a kadar yükselmiş, Duvar çevresinde ise aydınlık değeri yaklaşık %14 artmıştır. Ekinoks ve kış dönemlerinde prizmatik paneller duvar çevresindeki bölgeye (iç kesimlere) güneş ışınlarının doğrudan ulaşmasını engellemiş ya da azaltmıştır.

Prizmatik panellerin bulutlu havanın baskın olduğu iklimlerde limitli uygulama alanları varken, açık havanın baskın olduğu iklimlerde paneller günışığını yönlendirmede ve daha homojen bir günışığı dağılımı sağlamada daha başarılıdır.

#### 4. GELENEKSEL BİR DOĞAL AYDINLATMA SİSTEMİ: ATRİYUM

Atriyumlu yapıların kökeni, avlunun evin sosyal toplanma merkezi olduğu eski Yunan ve Roma avlulu ev tipinden gelir. Atriyumun merkezci yerleşmesi hem sirkülasyon elemanı olmasına hem de alanın düzenlenmesine yardımcı olur. Atriyum belirli enerji kazanımlarıyla birlikte hoş ve konforlu bir çevre sunar. Geçmişte olan su sızıntısı, dayanıklılık problemleri günümüzdeki cam ve sistem teknolojisindeki değişiklikler sayesinde kolayca çözülmekte ve büyük ölçekli atriyumların kullanılmasına izin vermektedir[1,10,11].



(a)



(b)

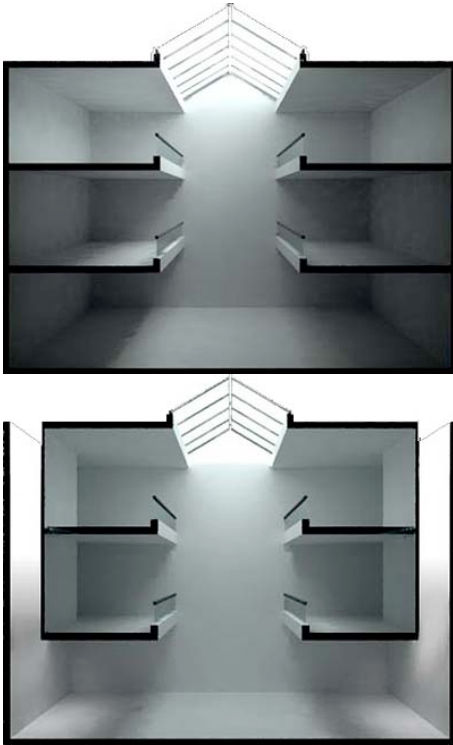
Şekil 13 Atriyum örnekleri (a) Chicago Üniversitesi Ticaret Okulu (b) Pompei'de bir Roma atriyumu [12,13]

Atriyumlu binalar; eski Roma ve Yunan evlerindeki avlunun gölge sağlaması, termal ısıyı depolaması ve iç hacimlere transfer etmesi, havalandırma sağlaması ve buharlaşma sayesinde soğutma gerçekleştirmesi gibi benzer gereksinimler için gerekli olmaktadır.

Atriyumlar, maksimum enerji kazanımı, gün ışığıyla verimli çalıştığı, havalandırma sağladığı ve pasif ısıtma ve soğutma teknikleri için tasarlanmışlardır. Çünkü atriyum yapının merkezinde camla korunan bir alan olduğundan yapının içinde ikinci bir

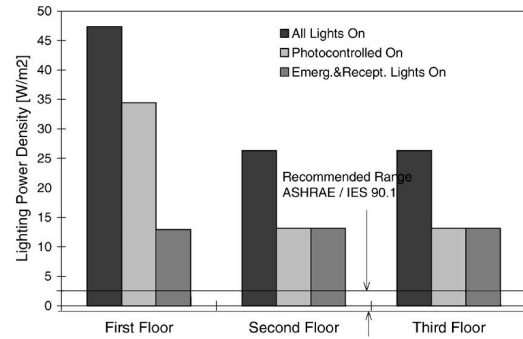
görüş bölgesi yaratır. Gün ışığı, büyük iç mekânlarda ışığın yüzeylerden yansımaları sonucunda alt katlara kadar ulaşır.

Atriyum kesitinin biçim oranı, iç galerideki güneş ışınım miktarını; dolayısıyla gün ışığı, pasif ısıtma ve soğutma faktörlerini belirler. Bu oranın büyük olması, atriyumun alt alanlarındaki güneş ışınım miktarını azaltır ya da artır. Düşük olması ise, gün ışığı, pasif ısıtma ve soğutma için idealdir. Genel olarak, atriyum gün ışığının yapının iç mekânlarına ulaşabilmesini sağlar. Düşey camlı atriyum yapıları dış çevreyi görebilme imkânı vermesine rağmen eğer pencere düzeni kontrolü yapılmamışsa gün ışığı miktarı şiddetli olacağından kapalı gök şartları altında ışık miktarı ideal olmaktan çıkabilir.



Şekil 14 Atriyumda ışığın dağılımı [17]

Atriyumlu binalarda günışığına bağlı olarak ortaya çıkabilecek aşırı ısınma veya kamaşma problemleri ile enerji performansı değerlendirme çalışmaları yürütülmektedir[14,15]. Son yıllardaki çalışmalar, otomatik aydınlatma kontrol sistemlerinin kurularak enerji tasarrufu yapılmasına yönelik olmaktadır. Günışığı miktarına bağlı olarak, yapma aydınlatma ile sağlanan aydınlık düzeyini ayarlayan bu tür sistemlerin uygun bir şekilde seçilmesi ile örneğin, yıllık % 46'ya varan oranlarda elektrik enerjisi tüketiminden tasarruf sağladığı hesaplanmıştır (Şekil 15) [16].



Şekil 15 Katlardaki aydınlatma gücünün yoğunluğu [16].



Şekil 16 Genzyme Center içindeki ışık panelleri[18]

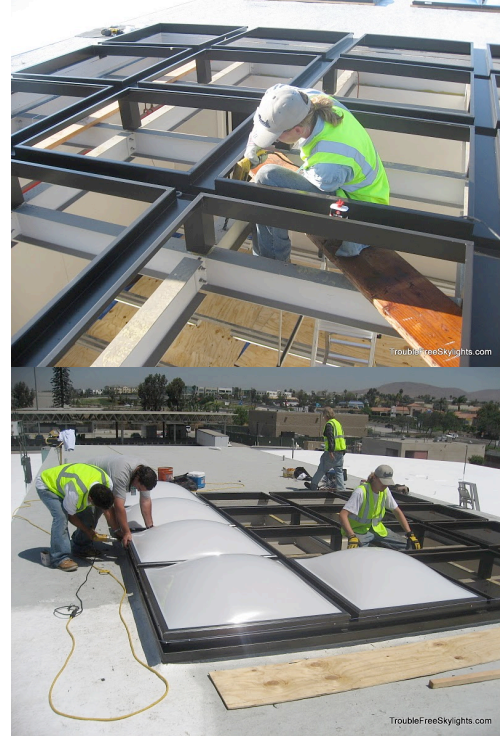
Teknolojinin gelişmesiyle atriyumlu binalar içerisinde ışığın düzgün şekilde dağılması ve binanın en derin kısımlarına kadar ışığın ulaştırılabilmesi için yeni yöntemlere başvurulmaktadır. Genzyme Merkezi'nde uygulanan doğal ışık güçlendirme sistemi ile, tamamen otomatik olarak çalışan ve çatıya monte

edilmiş bir dizi heliostat (güneş ışınlarını yansıtan güneş izleme aynaları) günışığı atriyumun içine getirir. Sabit aynalar atriyumun üst kısmında yer alır ve böylece on iki katlı atriyumun en derin kısımlarına dahi günışığının bol miktarda ulaşmasını sağlar. Atriyum içinde, ışık birden fazla prizmatik cep ile asılıdır, ışık yansıtıcı paneller ve yansıtıcı bir ışık duvarı ile zemin seviyesine kadar tüm yola yansır [18].

## 5. TEPE IŞIKLIĞI

Tepe ışıklıkları, yatay cam çatı olarak çatıya ya paralel ya da paralele yakın bir şekilde konumlandırılırlar. Tepe ışıklıkları, büyük bir miktarda ışığın küçük açıklıklarla ya tek katlı yapının ya da çok katlı yapının en üst katının aydınlatmasını sağladığı için stratejik bir doğal aydınlatma aracıdır. Tepe ışıklığını uygulama kuralı tavan yüksekliğinin 1 -1,5 katı olmasıdır.

Çatıdaki konumlarını göz önüne alındığında, çatı ışıklıkları, konveksiyon ve pencere diğer türlerine göre daha fazla iletim ısı kazanmak ve kaybetmek eğilimindedirler. Kış aylarında gün ışığının çoğunu sağladığı gibi yaz aylarında ışık ve ısı kazancı olur bu yüzden panjurlu tepe ışıklıkları da uygulanmaktadır.



Şekil 17 Tepe ışıklığı uygulaması [19]

İklim özelliğine bağlı olarak, bol miktarda parlak günışığının görüldüğü Brisbane, Avustralya'da inşa edilmiş Waterford State Okulunda, lazer kesim panellerin piramit formundaki tepe ışıklıkları ile birlikte camın iç kısmına yerleştirilerek uygulandığı görülmektedir. Paneller, tepeden yoğun miktarda ve dik açıyla gelen günışığını yönünü değiştirerek içeri ulaşmasına engel olur, ancak yatay açıyla gelen ışığı iç kısımdaki sınıflara doğru yönlendirir. Tepe açıklığının alt kısmında ise ışığı kırarak dağıtan ve yayınlık hale getiren paneller de yerleştirilmiştir. Bu binada yapılan çalışmalara göre, tepe ışıklıklarının sınıfların aydınlatılmasında yeterli olduğu ve elektrik aydınlatmasına gerek kalmadığı anlaşılmıştır[2].



(a)



(b)

Şekil 18 (a)Piramit şeklindeki tepe ışıklığı, (b) sınıf içerisinde düzgün dağılan doğal ışık[2].

## 6.TARTIŞMA VE SONUÇ

Geleneksel güneş kırıcılar, aşırı ısınma ve parıltı etkilerini önlemekle birlikte iç mekandaki günışığı kalitesinin ve miktarının düşmesine neden olurlar. Bu koşullarda günışığı kullanımını ve kalitesini arttırmak amacıyla ışınları kırmak dışında yönlendirme de yapabilen gelişmiş doğal aydınlatma sistemleri tasarlanmıştır. Günışığından optimum yararlanmayı sağlayan bu sistemlerin birçok farklı türü olduğundan; özelliklerinin iyi bilinmesi, kullanım amacına uygun nitelikte sistem seçimini kolaylaştıracaktır [20].

Bu yazıda incelenen lazer kesim ve prizmatik paneller; tüm iklim bölgelerinde kullanılması önerilen ve düşey pencereler ile tepe ışıklıklarında uygulanabilen gelişmiş doğal aydınlatma sistemleridir. Monte edilecekleri yer,

yönlenim, iklim, iç mekan hacminin derinliği, arzu edilen aydınlık niteliği ile manzara ihtiyacına yanıt verip vermemeleri gibi kriterlere göre tercih edilirler.

İncelenen örneklerde özellikle yaz döneminde ve açık hava koşullarında iç hacimde ölçülen doğal aydınlık düzeylerinin belirli ölçüde arttığı ve daha düzgün dağıldığı, ve elektrik enerjisi tüketiminde azalma olduğu görülmüştür. Benzer şekilde sıcak iklim özelliğine sahip İzmir’de de atriyumlu veya tepe ışıklıklı binalarda iç hacim doğal aydınlatma performansının ve binanın enerji performansının iyileştirilmesinde prizmatik ve lazer kesim panellerin uygulanabileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Moore, Fuller. “Concepts and Practice of Architectural Daylighting”. Van Nostrand Reinhold, United States of America.1991.
- [2] International Energy Agency (2000). Daylight In Buildings—A Source Book On Daylighting Systems And Components, International Energy Agency (IEA) Solar Heating and Cooling Programme, Energy Conservation in Buildings & Community Systems, A report of IEA SHC Task 21/ECBCS Annex 29/July 2000, California, USA.
- [3] Kazanasmaz, T. Mevcut Binaların Enerji Verimliliğinin Artırılması. Ege Mimarlık, Temmuz 2011, 34-37.
- [4] Leslie,R. Capturing the daylight dividend in buildings: Why and how?.Building and Environment, 38, 2003, 381-385.
- [5] Lawrence Berkeley National Laboratory, Building Technologies Program, Daylighting Facades, [http://gaia.lbl.gov/hpbf/techno\\_b.htm](http://gaia.lbl.gov/hpbf/techno_b.htm)
- [6] Edmonds, I.R. ve Greenup, P.J. Daylighting in the tropics, Solar Energy, 73;2, 2002, 111-121.
- [7] Solartran, Lasercut Panels, <http://www.solartran.com.au/lasercutpanel.htm>
- [8] Manav,B., Kutlu, R., Küçükdoğu, M.Ş., Mimaride kullanılan cam türlerinin aydınlatma

açısından incelenmesi, V. Ulusal Aydınlatma sempozyumu, Mayıs 2009, 61-69.

[9] Andersen, M., Rubin M. ve Scartezzini J.L. Comparison between ray-tracing simulations and bi-directional transmission measurements on prismatic glazing, Solar Energy, 74;2003,157-173

[10] Ander, Gregg D. "Daylighting Performance and Design". John Wiley & Sons, Inc. United States of America, 2003.

[11] Bednar, Michael J. "The New Atrium". McGraw-Hill Company, United States of America, 1986.

[12] <http://en.wikipedia.org/wiki/File:University-of-chicago-business-school-atrium.JPG>

[13] <http://www.thefullwiki.org/Peristyle>

[14] Johnsen, K. and Watkins, R. Daylight in Buildings, ECBCS Annex 29/SHC Task 21, AECOM, 2010.

[http://www.ecbcs.org/docs/ECBCS\\_Annex\\_29\\_PSR.pdf](http://www.ecbcs.org/docs/ECBCS_Annex_29_PSR.pdf)

[15] [http://eprints.qut.edu.au/15780/1/John\\_Mabb\\_Thesis.pdf](http://eprints.qut.edu.au/15780/1/John_Mabb_Thesis.pdf)

[16] Atif, Morad R., Galasiu Anca D. "Energy performance of daylight-linked automatic lighting control systems in large atrium spaces: report on two-monitored case studies". Energy and Buildings 35, (2003): 441-461.

[17] Natural frequency, Daylighting design strategies, 2011.

[http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/Daylight\\_Strategies](http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/Daylight_Strategies)

[18] Lee, E. Green Building: Genzyme Center LEEDS the Way, <http://inhabitat.com/genzyme-center/>

[19] <http://www.troublefreeskylights.com>

[20] Kischkoweit - Lopin, M. An Overview of Daylighting Systems, Solar Energy, 73;2, 2002, 78-82