

GELİŞMİŞ AYDINLATMA SİSTEMLERİ

Gizem ÜNAL¹ Duygu ÇETEGEN² Dilek ENARUN³

Elektrik Mühendisliği Bölümü

İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi, Ayazağa Kampüsü, Maslak, 34469, İstanbul

¹e-posta: gizem_unal@yahoo.com ²e-posta: dcectegen@elk.itu.edu.tr ³e-posta: dilek@elk.itu.edu.tr

Anahtar Sözcükler: Doğal aydınlatma, gelişmiş aydınlatma sistemleri, ışık rafı sistemi, petek ve stor sistemleri, prizmatik paneller, ışık yönlendirici gölgeleme elemanı, yöne göre seçici gölgeleme sistemleri, lazer-kesimli paneller, açısız seçici tepe feneri, ışık boruları, güneş ışığını yönlendiren cam sistemi, zenitten gelen ışığı yönlendiren holografik optik elemanlı cam, anidolic sistemler

ABSTRACT

Daylighting has beneficial effects on human physiology and psychology. Daylight is vital for its quality, spectral composition and variability. It permits excellent color discrimination and color rendering. In natural-lit spaces, high illuminance levels are obtained; therefore, the need for electrical lighting is reduced. With the use of innovative daylighting systems, daylight penetrates deeper into the space and the desired illuminance levels are provided on the work plane. Energy savings and user contentment are improved. Nowadays, there are different types of innovative daylighting systems for different applications. To achieve the optimum efficiency from these systems, system characteristics and building properties must be taken into account. This paper presents a general overview of the daylighting systems focusing on anidolic systems.

1. GİRİŞ

Aydınlatmada doğal ışık kullanımı eski Roma zamanlarından beri çok önemli bir yer tutmuştur. 20. yüzyılda elektrik enerjisinin kullanılmaya başlanmasıyla, doğal ışık göz ardı edilmiş ve yapay aydınlatma sistemleri tercih edilmişlerdir. Günümüzde karşı karşıya olduğumuz küresel ısınmadaki artış, ozon tabakasının yoğunluğunun azalması ve enerji kaynaklarının tükenmekte olması, doğal aydınlatmanın önemini bir kez daha ortaya koymuştur. Güneş ışığı kullanımıyla hacim içinde yüksek aydınlık düzeyleri sağlanabilir ve renklerin görülebilirliği artar. Ayrıca güneş ışığının insan bünyesi üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır. İşte bu sebeplerle doğal ışık iç aydınlatmada tercih edilmektedir. Gelişmiş aydınlatma sistemleri, güneş ışığını kontrol ederek, hacim içinde istenen aydınlık düzeyine ulaşılmasını ve düzgün aydınlık düzeyi dağılımını sağlarlar. Böylece hem hacmi kullanan kişilerin üretkenliği, hem de yapılan işin verimi artar.

2. GELİŞMİŞ AYDINLATMA SİSTEMLERİ

Son 30 yıldır yapılan araştırmalar doğrultusunda, çeşitli doğal aydınlatma sistemleri geliştirilmişlerdir. Bu sistemlerin geliştirilmesinde ışığın yayılması temel alınarak, çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Gelişmiş aydınlatma sistemlerinin başlıca hedefleri; güneş ışığının hacim içine yönlendirilmesi, belirli çalışma düzlemleri üzerinde doğal aydınlatmanın düzgünlüğünün sağlanması, görsel konforun artırılması, kamaşma kontrolünün sağlanması ve ısıtma-soğutma yüklerinin azaltılmasıdır. Doğru şekilde uygulanan sistemler bu hedefleri büyük ölçüde gerçekleştirmişlerdir. Böylece doğal ışığın da katkısıyla hacim içinde yüksek aydınlık düzeylerine ulaşılmış ve düzgün aydınlık düzeyi dağılımları sağlanmıştır [1, 2].

Farklı uygulamalar için farklı doğal ışık sistemleri kullanılabilirler. Gelişmiş aydınlatma sistemleri gölgeleme etkisine sahip olanlar ve olmayanlar

olarak başlıca iki gruba ayrılırlar. Gölgeleme sistemleri direkt güneş ışığının hacim içine girmesini sınırlandırırken, yayınlık güneş ışığını hacim içine iletirler. Bu sistemler aynı zamanda günışığının yönlendirilmesi amacıyla da kullanılabilirler. Gölgeleme etkisine sahip olmayan sistemler ise, günışığını hacmin derinliklerine yönlendirmek için kullanılırlar. Optik sistemler olarak da adlandırılan bu sistemler, kendi aralarında yayınlık ışığı yönlendiren sistemler, direkt ışığı yönlendiren sistemler, dağıtıcı sistemler ve ışık taşıyıcı sistemler olarak sınıflandırılırlar [2, 3].

2.1. Gölgeleme Sistemleri

Gölgeleme etkisine sahip başlıca sistemler, ışık rafı sistemi, petek ve stor sistemleri, prizmatik paneller ve ışığı yönlendiren gölgeleme elemanlarıdır. Bunlardan en eskisi olan ışık rafı sistemi pencerenin iç veya dış tarafına yerleştirilebilir. Bu sistem pencere kenarında gölge oluşturduğu gibi, yüzeyi yansıtıcı olduğundan, günışığının oda içine yönlendirilmesine de olanak sağlar. Oda içerisinde sağlanacak olan aydınlık düzeyi, tavan yüksekliğine ve malzemesine bağlıdır [2, 4, 5].

Petek ve stor sistemleri, gölgeleme, kamaşmayı önleme ve günışığını yönlendirme amacıyla kullanılırlar. Bu sistemler çok sayıda yatay, düşey veya eğimli peteklerden oluşurlar. Petekler düz veya kıvrımlı olabilirler ve enlerinden dar olmak üzere, eşit aralıklarla dizilirler. Petek ve stor sistemleri ışığı engelleyebilir, yutabilir, yansıtabilir veya bina içine geçirebilirler. Bu sistemler ayrıca aydınlatmanın düzgünlüğünü artırarak ve gölgeleme etkisi sağlayarak, soğutma yüklerinin azaltılmasına da katkıda bulunurlar [2, 5, 6].

Prizmatik paneller, ince, düzlemsel, testere dişi görünümünde, akrilikten yapılmış aygıtlardır. Genellikle çift cam arasına yerleştirilirler. Günışığını yönlendirmek ve gölgeleme sağlamak amacıyla kullanılırlar. Gölgeleme için kullanıldıklarında renk dağılmasına sebep olabilirler [2, 7].

Işık yönlendirici gölgeleme elemanı, geleneksel gölgeleme sistemlerine göre hacim içinde daha yüksek aydınlık düzeyleri sağlar. Yapısında bulunan reflektörler ve yansıtıcı yüzeyler sayesinde, hem güneş ışığını, hem de gök ışığını hacim içine yönlendirir [2, 8].

Yöne göre seçici gölgeleme sistemleri, yayınlık ışığı hacim içine iletirken, güneş ışığı demetini yönlendirme veya yansıtma amacıyla kullanılırlar. Yöne göre seçici gölgeleme sistemleri, penceredeki görüşü değiştirmeden, hacim içine günışığı girmesini sağlarlar. Yapılarında holografik özellikte saptırıcı kafesler kullanılmıştır. Bu kafesler yayınlık ışığı yönlendirirler. Bu sistemlerin uygulamada iki çeşidi görünür:

1) Saydam Gölgeleme Sistemleri:

Bu sistemlerde holografik özellikli optik elemanlar, dar bir açı aralığındaki ışığı yansıtacak şekilde tasarlanmışlardır. Böylece dağılmış ışık hacim içine iletilirken, direkt güneş ışığının girişi engellenir.

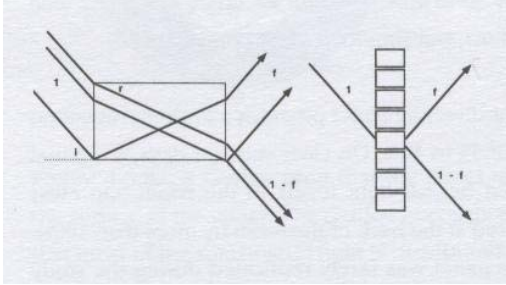
2) Güneş Işığını Yoğunlaştıran Sistemler:

Bu sistemlerde holografik elemanlar, direkt güneş ışığını başka bir cam eleman üzerindeki opak şeritlere yansıtacak ve yoğunlaştıracak şekilde tasarlanırlar. Opak elemanlar üzerinde güneş ışığı yansıtılır, yutulur veya elektriksel ve ısı enerjisi çevrilir [2, 9].

2.2. Optik Sistemler

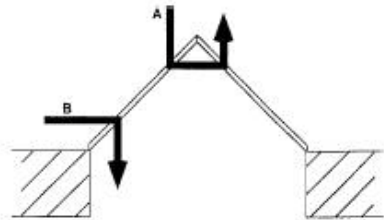
Lazer-kesimli paneller, akrilik maddeden yapılmış ince bir levhaya lazerle kesikler atılarak yapılır. Bu levhaların yüzeyinde kesikler yüzünden dikdörtgenler oluşur. Şekil 1'de görüldüğü gibi her bir bölgenin yüzeyi küçük bir ayna görevi görür ve panel içinden geçen ışığın sapsmasına yol açar. Bu sistem sayesinde günışığı odanın içine daha etkin bir biçimde girer. Direkt güneş ışığı tavana yönlendirilerek, tavadan hacim içine yansır. Böylece ısınma ve kamaşma problemleri ortadan kalkar.

Hacim içinde düzgün bir aydınlatma sağlanır ve yüksek aydınlık düzeyleri elde edilir.



Şekil 1. Aynasal yüzeylerdeki ışık sapması [2]

Açısal seçici tepe feneri, hacim içerisinde gün boyu sabit aydınlık düzeyinin sağlanması ve yaz aylarında hacmin fazla ısınmasının engellenmesi amacıyla kullanılır. Bu sistem, lazer-kesimli panelerin tepe feneri içinde, piramit veya üçgen biçiminde yerleştirilmesiyle oluşur. Bu düzenek ışığı açısal seçici geçirmeye olanak tanır. Böylece bu sistemle hacim içerisine düşük eğim açısıyla gelen ışığın büyük bir bölümü hacme alınırken, yüksek eğim açısıyla gelen ışığın çok küçük bir bölümünü hacme alınır (Şekil 2) [2, 10, 11].

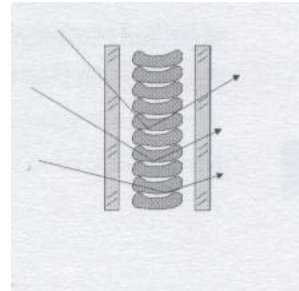


Şekil 2. Yüksek eğim açılı ışık demeti A sistemden geri yansırken, düşük eğim açılı ışık demeti B'nin hacim içine sapması [2]

Işık boruları günışığını derin hacimlere yönlendirmek amacıyla kullanılırlar. Sistemde günışığını toplayan bir eleman, bir ışık borusu ve bir de ışık yayıcı eleman bulunur. Işık borusu, mat beyaz veya yansıtıcı özellikteki bir film ile kaplıdır. Toplayıcı

elemanın ilettiği ışık, ışık borusu boyunca tam iç yansıma ile iletilir ve yayıcı eleman sayesinde oda içine dağıtılır. Işık boruları; tek katlı binaların, iç kesimlerdeki odaların ve penceresiz hacimlerin aydınlatılmasında kullanılabilirler. Böylece hacim içerisindeki aydınlık düzeyini ve görsel konforu arttırlar [12, 13, 14].

Güneş ışığını yönlendiren cam sistemi, içbükey akrilik parçaların çift cam arasında düşey olarak yerleştirilmesi ile oluşur (Şekil 3). Bu sisteme her açıdan gelen ışık, akrilik parçalar tarafından yakalanarak tavana yönlendirilir. Tavanda eğimli yansıtıcılar kullanıldığı takdirde, yönlendirilen ışık belirli iş alanlarının üzerine yansıtılabilir. Bu sistem, direkt güneş ışığından faydalanmak amacıyla tasarlanmıştır. Dolayısıyla bu sistemin, güneşlenme olasılığı yüksek olan coğrafi bölgelerde ve güneş ışığını direkt alan bina cephelerinde kullanılması tercih edilir [2, 15].



Şekil 3. Güneş ışığını yönlendiren cam sistemi [2]

Zenitten gelen ışığı yönlendiren holografik optik elemanlı cam sistemi, yayınık gök ışığını hacmin derinliklerine yönlendirme amacıyla kullanılır. Sistemin en önemli parçası holografik özellikli saptırıcı kafeslere sahip olan polimerik filmidir. Bu film, iki cam arasında lamine edilmiştir. Holografik eleman, zenitten gelen dağılmış ışığı yönlendirir. Bu sistem direkt güneş ışığı aldığı takdirde renk dağılması ve kamaşma gözlenebilir; direkt güneş ışığı almayan cephelerde kullanılmalıdır. Sistem bina cephesine uygulandığı için, bina yüzeyi ile uyum sağlamak zorundadır. Bu sistemin başarı gösterdiği uygulama

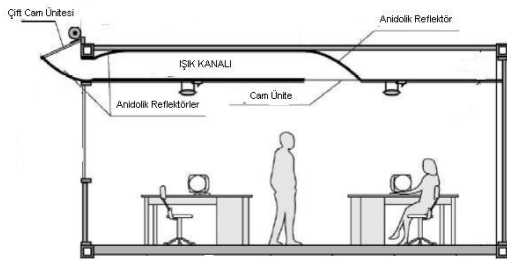
alanları gök görüşünün engelli olduğu hacimler ve yüksek gök parlıtısına sahip bulutlu iklimlerdeki hacimlerdir [2, 9].

3. ANİDOLİK SİSTEMLER

Gelişmiş aydınlatma sistemlerinin büyük bir bölümü, açık gök koşulları için tasarlanmışlardır ve doğru uygulandıkları taktirde, günışığının toplanmasında ve hacim içine yönlendirilmesinde başarı göstermişlerdir. Kapalı gök koşullarında da, doğal ışığı etkin bir biçimde toplayıp, hacim içerisine dağıtabilecek sistemlerin tasarlanmasına ihtiyaç duyulmuştur. Anidolik sistemler bu şekilde ortaya çıkmışlardır. Bu sistemler, reflektörlü sistemlerden yararlanarak yüksek açısal seçicilik sağlarlar. Anidolik sistemler kendi içlerinde anidolik tavanlar, anidolik açıklıklar ve anidolik petek sistemleri olarak sınıflandırılırlar [2, 16].

3.1. Anidolik Tavanlar

Anidolik tavan sistemleri kapalı gök koşullarına sahip bölgelerdeki binalarda, gökyüzündeki yayımlık ışığı hacmin derinliklerine yönlendirmek amacıyla kullanılırlar. Şekil 4'te görüldüğü gibi, bir ışık kanalı ve bu ışık kanalının başında ve sonunda yer alan reflektörlerden oluşurlar. Cephe yüzeyinde bulunan ilk reflektör yayımlık ışığı toplayarak ışık kanalına iletir. Işık kanalının iç yüzeyi yüksek yansıtıcı özellikte olup, ışık tam iç yansıma prensibine göre kanal boyunca iletilir. Işık kanalının çıkışındaki parabolik reflektör, yayımlık ışığı hacim içine düzgün bir biçimde dağıtır [2].



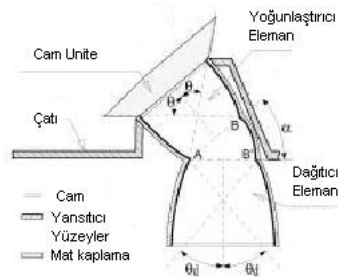
Şekil 4. Anidolik Tavan Sistemi [16]

Sistemin girişinde yatay düzlemle 25° lik açı yapan cam bir ünite bulunur. Bu ünite, üzerine düşen günışığını ışık kanalına yönlendirir. Ayrıca sistemin çıkışında da güvenliği sağlamak ve sistem bakım masraflarını azaltmak amacıyla cam bir ünite bulunur. Sistemdeki bütün harici parçalar yoğunlaşmayı ve ısı köprüleri engellemek için yalıtılmışlardır [2, 16].

Anidolik tavan sistemleri düşey cephelerde pencerenin üst bölümüne monte edilmelidirler. Kapalı gök koşullarına sahip bölgelerdeki yayımlık günışığından faydalandıkları için tüm enlem derecelerindeki binalarda kullanılabilirler. Bu sistemler açık gök koşullarına sahip bölgelerde kullanılmak istendiklerinde, kamaşma ve ısınma sorunlarını engellemek için ek gölgeleme sistemlerine ihtiyaç duyulabilir [16].

3.2. Anidolik Açıklıklar

Anidolik açıklıklar göğün geniş bir bölümünden gelen yayımlık gün ışığını hacim içine iletirken, direkt güneş ışığının hacme girmesini engelleyen sistemlerdir. Şekil 5'te görüldüğü gibi, toplayıcı ve dağıtıcı özellikteki reflektörler sistemin temelini oluştururlar. Anidolik toplayıcı eleman, ışığı dar huzmeli olarak toplayarak, sistemin performansını artırır. Girişte toplanan yayımlık ışık, alüminyum yüzeylerden yansıtılarak dağıtıcı elemana gelir. Burada ışık düzgün bir biçimde hacim içine yönlendirilirken, aynı zamanda oluşabilecek kamaşma ve herhangi bir geri yansıma da engellenmiş olur. Bakım ihtiyacını azaltmak ve yabancı maddelerin sistem içine girmesini önlemek için açıklık girişinde bir cam ünite bulunur [17].



Şekil 5. Anidolik Açıklık Sistemi [2]

Anidolik açıklıklar doğu-batı doğrultusundaki çatı uygulamalarında kullanılırlar. Şekil 6 çatıda bulunan bir anidolik açıklık sistemini göstermektedir. Sisteme kuzey yarımkürede kuzeye doğru, güney yarımkürede güneye doğru eğim verilmelidir. Böylece anidolik toplayıcı eleman üzerinde optimum miktarda yayınlık ışık toplanır [2, 17].



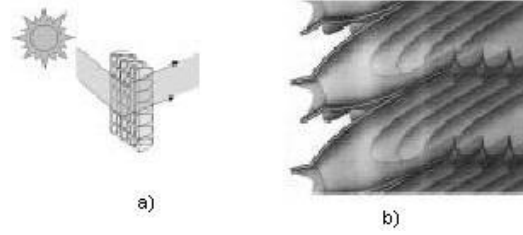
Şekil 6. Anidolik açıklık sistemlerinin çatı uygulaması [2]

Bu sistemler, müzeler, atriumlar ve süpermarketler gibi görsel konforun sağlanması gereken mekanlarda çok kullanışlıdır. Yayınlık ışıktan yararlanıldığı için, istenen görsel konforun sağlanmasında giriş açıklıklarının büyüklüğü önemli rol oynar [2].

3.3. Anidolik Petek Sistemleri

Anidolik petek sistemleri yüksek açısız seçiliğin yanı sıra, direkt güneş ışığı ve kamaşmanın da yönlü kontrolünü sağlarlar. Bu sistemler, içi boş reflektörlerden oluşurlar. Şekil 7'de görüldüğü gibi her bir reflektörün içinde ikişer tane üç boyutlu parabolik yoğunlaştırıcı vardır. Parabolik yoğunlaştırıcılardan ilki dışarıya yönlendirilmiştir ve yüksek eğim açılı ışığı geri yansıtırken, düşük eğim açılı ışığı sistem içine geçirir. İkinci yoğunlaştırıcı eleman ters yönde yerleştirilir ve yayınlık ışığı hacmin iç bölgelerine yönlendirmekle görevlidir. Kamaşmayı engellemek amacıyla ışık tavana doğru 25° lik açıyla yönlendirilir [16].

Anidolik petek sistemleri, uygulamada stor düzeninde veya pencerenin üst bölümüne sabitlenerek kullanılabilirler. Reflektörlere zarar gelmemesi için bütün uygulamalarda sistem çift cam arasına yerleştirilmelidir.



Şekil 7. a) Anidolik Petek Sistemi [2]
b) Anidolik Petek Sisteminin iç yapısı [16]

Bu sistem, direkt güneş ışığını kontrol ederken, ısıtma-soğutma yüklerini de azaltır. Çoğunlukla açık gök koşullarına sahip bölgeler için tasarlanmıştır, fakat kapalı gök koşullarına sahip bölgelerde de kullanılabilirler [2].

4. SONUÇ

Yenilenebilir enerji kaynakları, enerji tasarrufuna sağladıkları katkıdan dolayı gittikçe önem kazanmaktadır. Bu grubun en önemli üyesi olan güneş enerjisi ise, gelişmiş aydınlatma sistemlerinin doğuşuna temel oluşturmuştur.

Gelişmiş aydınlatma sistemleri, hacim içinde istenilen aydınlık düzeylerinin, aydınlık düzeyi dağılımlarının ve görsel konforun sağlanması konularında başarı gösterirler. Hacim içindeki kullanılabilir günışığı miktarını artırarak, aydınlatmanın kalitesini yükseltirler.

Uygun sistemin seçilmesinde belirli kriterlere dikkat etmek gerekmektedir. Öncelikle binanın içinde bulunduğu bölgenin enlemi, gök koşulları ve engelleri, aydınlatmanın hedefleri, pencere yerleşimi ve işlevi ve mimari tasarım göz önüne alınmalıdır. Sistemin maliyet ve enerji tasarrufu da düşünülerek, uygulama için en doğru sistem seçilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Çetegen D., Enarun D., 2000. Doğal aydınlatma konusundaki yeniliklere bir bakış, 3. Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul, 30-35.

- [2] Daylight in Buildings - A source book on daylighting systems and components, IEA SHC Task 21, ECBCS Annex 29, 2000.
- [3] Kischkoweit-Lopin, M, 2002. An overview of daylighting systems. *Solar Energy*, Vol.73, sayı.2, 77-82.
- [4] Littlefair, P.J.,1995. Light shelves: Computer assessment of daylighting performance. *Lighting Research and Technology*, 27, 79-91.
- [5] Aizlewood, M.T., 1993. Innovative daylighting systems: An experimental evaluation. *Lighting Research and Technology*, 25, 141-152.
- [6] Wong, N.H, Istiadji, A.D., 2004. Effect of external shading devices on daylighting penetration in residential buildings. *Lighting Research and Technology*, 36,4. 317- 333.
- [7] Willmert, T., 1999. Prismatic daylighting systems, once commonly used, reemerge as a promising technology for the future. *Architectural Record New York*, Vol.187, 177-179.
- [8] Greenup, P.J., Edmonds, I.R., 2004. Test-room measurements and computer simulations of the micro-light guiding shade daylight redirecting device. *Solar Energy*, 76, 99-109.
- [9] James, P.A.B, Bahaj, A.S., 2005. Holographic optical elements: various principles for solar control of conservatories and sunrooms. *Solar Energy*, 78, 441-454.
- [10] Edmonds, I.R., Greenup, P.J., 2002. Daylighting in the Tropics. *Solar Energy*, Vol. 73, No.2, pp. 111-121.
- [11] Reppel, J., Edmonds, I.R., 1998. Angle- selective glazing for radiant heat control in buildings: Theory. *Solar Energy*, Vol.62, 245-253.
- [12] Houghton, D., 1999. Here comes the sun—a look at daylighting systems. *Architectural Lighting*, Vol.14, 48-50.
- [13] Rosemann, A., Kaase, H., 2005. Lightpipe applications for daylighting systems. *Solar Energy*, 78, 772-780.
- [14] Canziani, R., Peron, F., Rossi, G., 2004. Daylight and energy performances of a new type of light pipe. *Energy and Buildings*, 36, 1163-1176.
- [15] Beck, A., Körner, W., Gross, O., Fricke, J., 1999. Making better use of natural light with a light-redirecting double-glazing system. *Solar Energy*, Vol.66, sayı.3, 215-221.
- [16] Scartezzini, J.L., Courret, G., 2002. Anidolic Daylighting Systems. *Solar Energy*, Vol.73, sayı. 2, 123-135.
- [17] Molteni, S.C., Courret, G., Paule, B., Michel, L., Scartezzini, J.L., 2000. Design of anidolic zenithal lightguides for daylighting of enderg-round spaces. *Solar Energy*, Vol.69, sayı.1-6, 117-129.