



Gün Işığı ile Aydınlatmanın Önemi ve Işık Tüplerinin Yapılarda Etkin Kullanımı

Öğr. Gör Özlem SEVİNÇ

*Maltepe Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü
ozlemsevinc@maltepe.edu.tr*

Dr. Öğr. Üyesi Elif ALTIN

*Maltepe Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Gemi ve Yat Tasarımı Bölümü
shelif@yahoo.com*

ÖZET

Sürdürülebilirlik kavramı, beraberinde enerjinin etkin kullanımını ve doğal kaynaklardan mümkün olduğunca faydalanmayı önemli kılmıştır. Gün ışığının özellikle aydınlatmada kullanımını sağlamak ve arttırmak adına bilinen ve alışılmış yöntemlerin yanında alternatif olarak gelişmiş yöntemlerden de faydalanmak gerekmektedir. Bu çalışmada gün ışığının kullanıcı üzerine olumlu etkileri, enerji tasarrufu ve sürdürülebilirlik kavramı üzerinde durularak gün ışığı kullanımının artırılması adına yapılarda uygulanan çağdaş yöntemler tanıtılmıştır. Çağdaş yöntemlerden olan ışık tüpleri, binalardaki doğal aydınlatma verimliliğinin arttırmakta, kullanıcı üzerinde olumlu etkiler yaratmakta ve enerji tasarrufu sağlamaktadır. Işık tüpleri, mekana gün ışığının alınmasını sağlarken aynı zamanda gün ışığının hem ısı etkisi hem de kamaşma gibi olumsuz etkilerinin de önüne geçmektedir. Sonuç olarak ışık tüplerinin özellikle derinliği fazla olan, gün ışığının ulaşmasının zor olduğu, fabrika, büyük mağaza, ofis gibi bir çok mekanda kullanımını arttırmak, böylelikle yaygınlaşmasını sağlamak hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Doğal aydınlatma, Aydınlatma sistemleri, Işık tüpleri, Enerji tüketimi, Sürdürülebilirlik

ABSTRACT

The concept of sustainability has made it important to use energy effectively and make use of natural resources as much as possible. In order to provide and increase the use of daylight especially in lighting, alternative and advanced methods should be used as well as known and conventional methods. In this study, the positive effects of daylight on the user, the concept of energy saving and sustainability and contemporary methods applied in buildings in order to increase the use of daylight are introduced. Light pipe systems are modern methods, increasing the efficiency of natural lighting in buildings, creating positive effects on the user and saving energy. While the light pipes ensure the daylight absorption into indoors, it also prevents the negative effects such as thermal effect and glare. As a result, it is aimed to increase the usage of light pipes in many places especially with deep plan such as factories, department stores, offices where the daylight is difficult to reach, and thus to become widespread.

Keywords: Natural lighting, Lighting systems, Light tubes, Energy consumption, Sustainability

1-GİRİŞ

Sanayi Devrimiyle oluşan; kentleşme, hızlı nüfus artışı, ekoloji ve insan sağlığını tehdit eder hale gelen çevre sorunları 1960'lı yıllarda tartışılmaya başlanmış 1970'lerde yaşanan petrol krizi ile birlikte mevcut enerji kaynaklarının sorgulanmasına neden olmuştur. Kömür, petrol ve doğalgaz gibi yakıtlardan elde edilen fosil enerji kaynaklarının tükeneyeceği gerçeği; alternatiflerini araştırılması ve mevcut olanın etkin kullanımına sevk etmiştir. Doğaya en az zararı vererek, gelecek kuşaklara yaşanılabilir bir çevre bırakma



gereğince güneş, rüzgâr, su gibi yaygın ve sonsuz doğal kaynaklardan elde edilen yenilenebilir enerji kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır (Çelik, 2018- Aykal, 2009). Bulunduğu coğrafi konumu ile birçok ülkeye kıyasla güneş potansiyeli açısından oldukça avantajlı bir ülke olan Türkiye’de güneş enerjisini etkin ve verimli değerlendirmek için; Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından hazırlanan, yıllık güneşlenme sürelerini gösteren “GEPA (Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası) Albümü” kullanıma sunulmaktadır (URL-1). 2018 yılında toplam enerji tüketiminin dağılımına bakıldığında, en yüksek tüketimin %30,6’sı ile konut, ticaret ve hizmetler konusunda %33,2’si ile sanayi sektöründe gerçekleştiği görülmektedir. Bunu %26,1 ile ulaştırma, %10.5 ile diğer sektörler takip etmektedir (URL-2).

Toplam elektrik enerjisi tüketimi içinde aydınlatmanın payı ise \sim % 20 olarak verilmektedir (Onaygil,2016,s16). Bu rakamlar aydınlatmada enerji tasarrufu konusunda yapılacak olan her çalışmanın ne kadar değerli olduğunu göstermekle birlikte insan sağlığı açısından da önemli bir etken olacaktır.

Gün ışığının mimaride kullanımının artmasıyla, insan üzerindeki fiziksel ve psikolojik etkilerle birlikte görsel konfor değerlerinin sağlanabilmesi, bina aydınlatma enerjisi gereksinimlerinin en aza indirgenmesi tasarım açısından önemli olmuştur. Bu hedefle, EN 17037:2018 “Binalarda Günışığı” Avrupa Birliği Standardı, Haziran 2019 tarihinde Avrupa Standardizasyon Komitesi tarafından binalarda günışığı kullanımına yönelik olarak konut ve konut dışı binaları kapsayacak şekilde yürürlüğe konmuştur.

Söz konusu Avrupa Birliği Standardı dört temel başlık altında hedefleri belirlemektedir. Bunlar;

- . **Gün ışığı sağlama:** mekândaki gün ışığının miktar ve dağılımını kontrol etmektir.
- . **Görünüş:** pencereler ve çatı pencerelerinden görünüşün kalitesini değerlendirmektir.
- . **Gün ışığı:** gün ışığına maruz kalma süreleri ve aşırı ısınma konularının ele alınmasıdır.
- . **Parlama:** görüş konforu için parlamanın sınırlandırılmasını sağlamaktır.

EN 17037:2018 28.01.2019 tarihinde yapılan toplantı ile TSE Teknik Kurulu tarafından Türk Standardı olarak kabul edilerek yayımına karar verilmiştir. Hedeflenen amaç olan mekânlara gün ışığını alma konusunda sadece pencere ve çatı ışıklıkları değil alternatif yöntemlerin kullanımı da eklenebilmelidir. Bu sebeple kullanılacak yöntemler tekrar gözden geçirilerek çağdaş gün ışığı sistemlerinin de kullanımının yaygınlaşması sağlanabilir (URL-3).

2-DOĞAL AYDINLATMA

Güneş, gün ışığının ana kaynağıdır. Hacimlerin gün ışığı ile aydınlatılmasında birincil kaynak olduğu bilinmektedir. Mekanlarda gün ışığının doğru ve etkin kullanımı ile kullanıcının mekan konforu dolayısıyla verimliliğinin artması mümkün olabilmektedir. Aynı zamanda fizyolojik ve ekonomik etkileri de düşünüldüğünde gün ışığı kullanımını arttırmak üzere yapılacak her çalışmanın değerli olduğu görülebilmektedir (URL-4).

2.1 Doğal Aydınlatma ve Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik kavramı ilk olarak 1987 yılında BM Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WECD) tarafından “Ortak Geleceğimiz” başlıklı Brundtland Raporu’nda kullanılmaya başlanmıştır. Raporda sürdürülebilir kalkınma kavramı “gelecek nesillerin ihtiyacını karşılama olanaklarını tehlikeye atmadan bugünün ihtiyaçlarını karşılayan kalkınma” olarak tanımlanır (WCED, 1987, s:40 ve Şen, Kaya, Alpaslan, 2018, s:15). Sonrasında bu kavram ekolojik (çevresel), sosyal ve ekonomik ilişkiler çerçevesinde çeşitli platformlarda ele alınarak gelişmiştir.



Mimarlık için sürdürülebilirlik kavramınınsa, yeni bir kavram olmadığı söylenebilir. Tarih boyunca insanlar inşa ettikleri binalarda yerel malzemeler ve imkânları kullanmışlardır. Örneğin; iklim koşullarına, güneş ve rüzgâr yönlerine uygun olarak planlama yapmışlardır (Mendilcioğlu, 2017, s:20).

Endüstri Devrimi ile birlikte değişen yaşam şartları günümüzde artan çevre kirliliği ile dünya ekosistemini tehdit eder hale gelmiştir. Mimarlar "Sürdürülebilir Mimarlık" kavramı dahilinde projelerinde mekânsal konforu arttırarak çevre etkilerini azaltacak yaklaşımlar üzerine çalışmaktadır. Bu süreç sosyolojik, ekonomik ve ekolojik ilişkiler çerçevesinde değerlendirildiğinde, gün ışığı kullanımı tüm bu stratejileri hem ekonomik hem de kullanıcı üzerindeki etkileri sebebiyle önemli bir yere taşımaktadır (Tatar, 2013, s 148-149).

2.2 Doğal Aydınlatmanın Mekan ve Kullanıcı Psikolojisi Üzerine Etkileri

Doğal aydınlatma, iç mekânda yapay ışık kaynağı kullanımını azaltarak enerji tasarrufu sağlamanın yanı sıra, mekan algısına estetik olarak da katkı sağlamaktadır. Mekâna alınma biçimine bağlı olarak mekan içinde yarattığı etkileri ile güneş ışığının gün içindeki değişkenliği dış dünya ile iç mekan arasında olan ilişkiyi sağlamakta önemli rol oynamaktadır (Bayhan,2018,s:24-29). Böylelikle, hem mekanda hem de kullanıcı üzerinde etkileri ile de gün ışığı kullanımı mimarlar ve mekanlar için önem taşımaktadır.

2.2.1 Fizyolojik etkileri

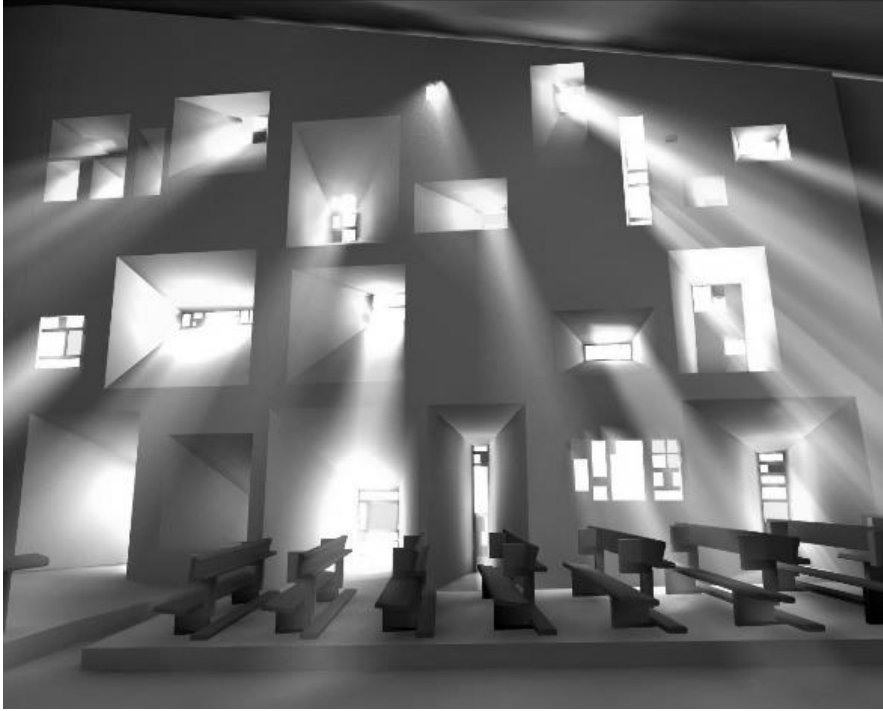
Mimari mekanda doğal ışığın kullanımı, tarihsel süreç içinde hep var olarak tasarımı yönlendirici olmuştur. Mekanda doğal aydınlatma işlevselliğinin yanı sıra ışıkla tamamlanarak, estetik bir değerle mimari tasarımın parçasıdır (Özorhon, 2002, s:16).

Tarihsel süreçte Le Corbusier, Louis Khan hem sözleri hem de yapılarıyla gün ışığının önemini anlatmaktadır. Le Corbusier'e göre;

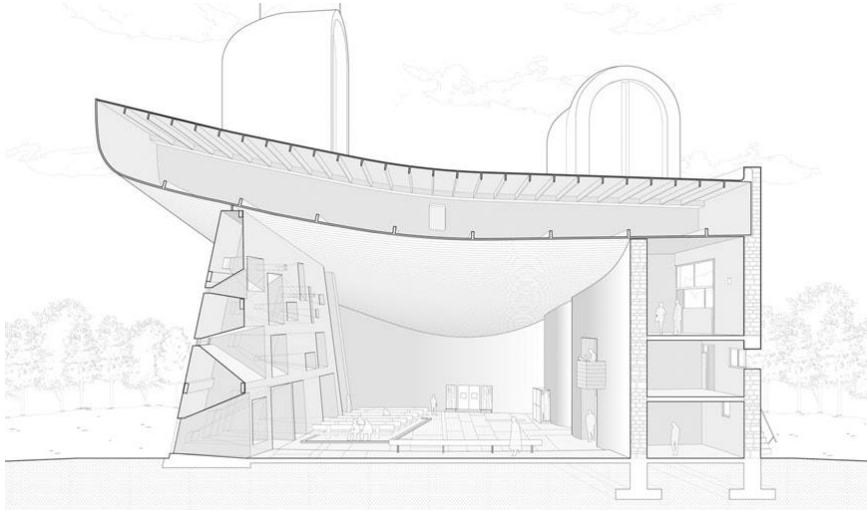
"Mimarlık ışık altında bir araya getirilmiş kütlelerin ustaca, doğru ve muhteşem oyunudur. Gözlerimiz formları ışıkta görmek için yapılmıştır. Işık ve gölge bu formları açıklar."

Gün ışığının değişkenliği, mekana alınış şekli, temas ettiği malzeme ve mekanın sınırları bu bunda belirleyici olurken ışık ve gölgeler farklı etkiler yaratarak mekana anlam katmaktadır (Cimcoz, 2001 s: 18-21).

"Bir mekan doğal ışığa sahip olmadıkça gerçekten mekan değildir" diyen Louis Khan da; projelerinde gün ışığını kullanarak mekan algısını kuvvetlendirmeye çalışmıştır. Söz konusu tasarımcıların mekan ve gün ışığının mekan üzerine etkilerini örneklendirecek yapı tasarımları bulunmaktadır.

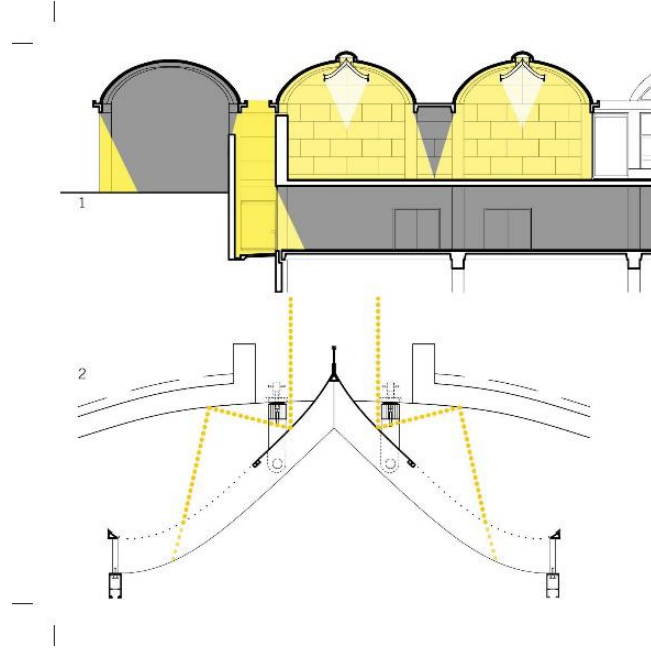


Şekil 1. Ronchamp Şapeli iç mekan görünüşü -Le Corbusier'in tasarımı ,(URL- 5)



Şekil 2. Le Corbusier'in tasarımı olan Ronchamp Şapeli Kesiti ,(URL- 6)

Le Corbusier'in tasarımı olan; Şekil 1 ve 2 de Ronchamp Şapeli' ne ait görselde duvara farklı boyutlarda ve dışarıya doğru küçülerek yerleşmiş pencerelerden mekana ışığın gücünü arttırarak girmesini sağlamaktadır. Bu şekilde dini atmosferi vurgulamaktadır.



Şekil 3. Louis Kahn'ın tasarımı olan Kimbell Sanat Müzesi Kesiti ve Tonoz detayı , (URL-7)

Pencere yaklaşımına ek olarak ; Şekil 3 'de ise Louis Kahn, Kimbell Art Müzesinde gün ışığının tonozdan içeri girmesini sağlayacak tasarımı görülmektedir.



Şekil 4. Pantheon Tapınağı Kubbe İç mekân Görünüşü ve Ayasofya Cami tepe ışıklığı (URL -8, OĞUZ, IŞIK,2003)

Tarihi birçok yapıda mekana gün ışığının etkin sağlanmasında pencerelerin yanı sıra gün ışığı etkisini arttırmak adına yapının tepesi ve kubbelere yerleştirilen çatı ışıklıkları kullanılmıştır. Şekil 4 te tarihi yapılarda çatı ışıklıklarının kullanımının örneklerinden olan Pantheon Tapınağı ve Ayasofyanın gün ışığını almasına ve kubbe üzerine yerleştirilmiş tepe ışıklıklarına yer verilmiştir. Bu ve benzeri yapıların pencere boyut ve konumlarının belirlenmesinde, bölgenin iklim koşulları, yapının ihtiyaçları, inşa yöntemi ve kullanılan malzemeye göre karar verilmekte böylelikle yapıların, aydınlatma, havalandırma ihtiyaçları karşılanmaktadır(OĞUZ, IŞIK,2003,s:1-5).

2.2.2 Psikolojik etkileri

Doğal aydınlatmanın yapay aydınlatma kaynaklarına kıyasla insan sağlığı ve sirkadiyen ritim (biyoriyim) üzerine olumlu etkileri bilinmektedir (Joseph A, 2006, s:2). Sirkadiyen ritim; 24 saatlik döngüde tekrarlanan biyolojik, fizyolojik ve davranışsal ritimlerin bir gün içinde tekrarıdır. Sirkadiyen ritmi etkileyen en önemli faktörlerden biri ışıktır ve biyolojik saati tetiklemektedir. Diğeri ise melatonin salınımıdır. Melatonin karanlığın başlangıcı ile saat 21.00-22.00'de başlar gece en yüksek değerine gece saat 02.00-03.00'te ulaşmaktadır, daha sonra ışık başlangıcından önce düşüş sergileyerek saat 07.00-09.00'da son bulmaktadır (Sözlü, Şanlıer, 2016,s:101-102). Bu şekilde dünyanın aydınlık ve karanlık döngüsü insanın biyolojik ritminde etkili olarak gece uyumamız sabahları uyanmamıza, yardımcı olmaktadır. Ruh halimizi, dikkatimizi, vücudumuzun biyolojik saatini etkilemektedir. Yapay aydınlatmanın durağan yapısı, gün ışığının değişkenliği ve dinamikliği yanında insan metabolizmasının ihtiyaçlarını karşılamada başarılı olamamaktadır. Bu sebeple gün ışığı almayan mekânlarda insan psikolojisi olumsuz olarak etkilenmektedir (Memiş, Ekren,2019-Şahin , 2012).

3-YAPILARDA GÜN IŞIĞINDAN YARARLANMA YÖNTEMLERİ

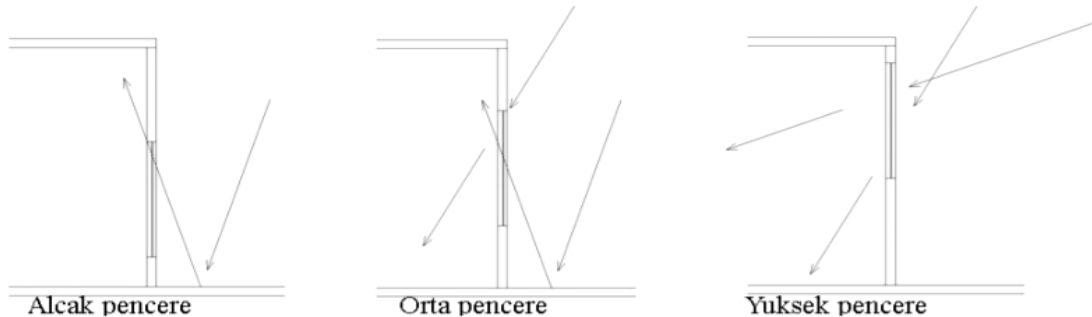
Gün ışığının kullanıcı ve mekan üzerinde bıraktığı olumlu etkiler ve bununla birlikte sürdürülebilirlik kavramı sonrasında doğal kaynak kullanımının gerekliliği gün ışığından olabildiğince faydalanmayı gerektirmektedir.

3.1 Binalarda Kullanılan Gün Işığı Açıklıkları

Kaynağı güneş olan gün ışığını mekânlara almanın pek çok yolu bulunmaktadır. Gün ışığı ile aydınlatmada bulunan bölgenin gök koşulları tasarımda kritik öneme sahip olmaktadır. Ayrıca hacimde gün ışığının kamaşma etkisi de tasarımda dikkat edilmesi gereken unsurlardandır. Bununla birlikte yapının bulunduğu bölgedeki yönü, diğer binalar ile olan ilişkisi, saydam ve yarı saydam yüzeylerin varlığı önemli bir etkidir. Isıtmanın istendiği kış aylarında ve soğutmanın istendiği yaz aylarında binaların saydam yüzeylerin varlığı yapı kabuğunun termal performansını zayıflatmaktadır. Bu nedenle yapıdaki yeri ve tasarımıyla önemli olan gün ışığından yararlanma yöntemleri aşağıda alt başlıklarda açıklanmaktadır (Kutlu, 2019, s:226-233).

3.1.1 Pencereleler

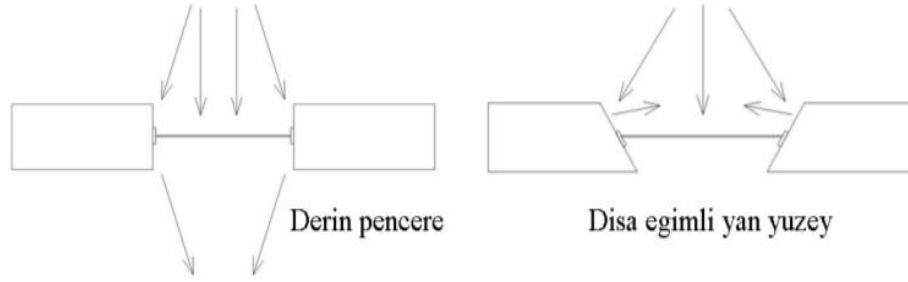
Binalarda gün ışığını mekâna almanın en bilinen yolu pencerelerdir. Pencereleler her iklim bölgesi için kullanıma uygundur, dış ortamla görsel iletişimi de sağlamaktadır. Görsel konfor açısından olumlu yönlerine karşın iklim koşullarına ve geliş açısına bağlı olarak özellikle yazın batı ve güney yönlerinde ısı etkisi ve kamaşma etkisine önlem alınması gerekmektedir (Yener, 2007,s: 232). Pencerelelerin duvardaki yeri, duvar kalınlığı ve pencerede kullanılan camların tek veya çift olması mekândaki gün ışığının niceliğini etkilemektedir (Sirel, 1965, s:4).



Şekil 5. Pencere yüksekliğinin mekândaki gün ışığına etkisi (Tezel, 2007, s. 38).

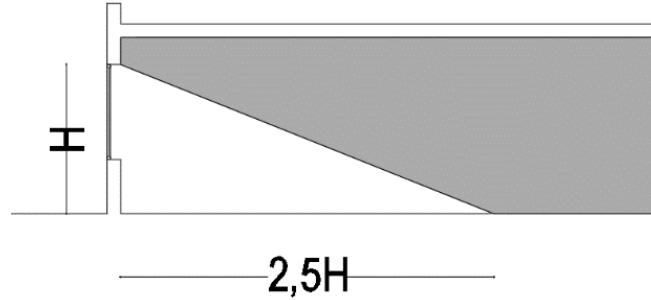
Pencere açıklıkları yerden ne kadar yüksekte olursa, mekân içinde daha derin bir etki yaratmaktadır. Yerden daha yüksek pencerelelerde güneş ışınları, zeminden yansıyarak mekânda daha derinlere ulaşabilmektedir. Şekil 5'de gün ışığının yansıma etkisini göstermektedir. Ayrıca kamaşma olmasını da engellemektedir. Büyük açıklıklar ısıtma

veya soğutma açısından problem yaratabilmektedir. Pencere/duvar oranı, 0.18 olması durumunda daha etkin bir ışık sağlanmış olmaktadır.



Şekil 6. Duvar kalınlığı ve doğrama yeri sonucu oluşan yansıma (Tezel, 2007, s. 38).

Şekil 6'daki pencerenin yer aldığı aydınlatmada diğer unsur olan duvar kalınlığı da mekâna gün ışığı alımında etken olmaktadır. Duvarın kalınlığı ve pencere dışında kalan kısmın ışığı yansıtması sonucu kontrollü olarak ışığın mekâna alınması sağlanabilir. Bu şekilde kamaşmanın da önüne geçilebilir.

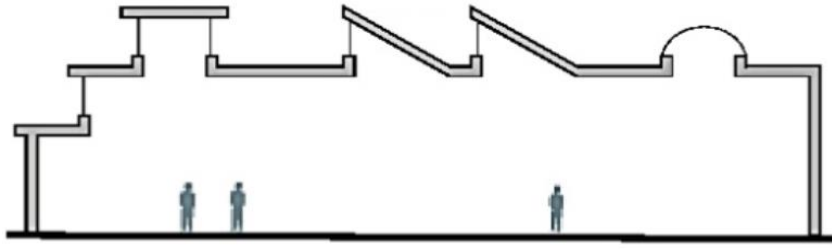


Şekil 7. Pencere yüksekliği ve mekan derinliğine etkisi

Yapılarda iç mekanlara etkin gün ışığı alınabilmesinde oda derinliği ve pencere yükseklikleri etkili olmaktadır. Şekil 7'de görülmekte olduğu gibi bunun için pencere yüksekliğinin en fazla 2.5 katına kadar olan mekan derinliğine etki edebilmektedir (Djalilova , Şahin, 2019, s: 51).

3.1.2 Çatı Işıklıkları

Binalarda mekana gün ışığı alımını sağlayan yatay açıklıklardır. Çatı ışıklıkları dış görüş sağlamamakla birlikte, mekana gün ışığı almakta etkilidirler. Direkt gün ışığı alımında güneş kontrolü gerekebilmektedir. Binanın tasarımına göre farklı biçimlerde ve boyutlarda kullanımı ile mekana gün ışığı alımında farklı dağılımlar ve etkiler elde etmek mümkün olabilmektedir. Yönlere göre ışık alımında ısıl etki konusunda olumlu ve olumsuz sonuçlar oluşabilmektedir. Özellikle güney yönlerine bakan ışıklıklar kışın ısıl kazanç sağlarken yazın istenmeyen ısı kazançlarına sebep olabileceklerinden güneş kontrollü yapılması gerekmektedir. Bu noktada çatı ışıklıklarında cam seçimleri önemli olmaktadır. Güvenlik amaçlı seçilecek camların temperlenmiş veya laminasyonlu cam olmaları uygun olacaktır (Djalilova , Şahin, 2019, s: 52).



Şekil 8.Çatı ışıklığı uygulama alternatifleri (Qahtan A.,)

Çatı ışıklıklarının binanın tasarımına göre farklı biçimlerde tasarımına ilişkin alternatiflere Şekil 8' de yer verilmiştir.



Şekil 9.Tianjin Sanat Müzesi(URL-9)

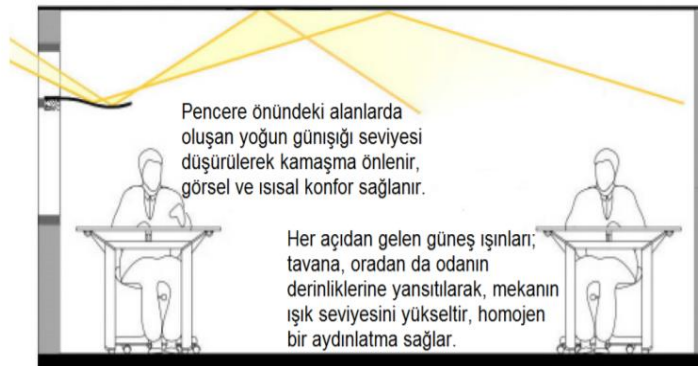


Şekil 10. Frank Lloyd Wright Guggenheim Müzesi (URL-10)

Mimaride çatı ışıklıklarının farklı şekillerde kullanım örnekleri Şekil 9'da Tianjin Sanat Müzesi'nde çatı ışıklığının farklı kullanımı ve Şekil 10'da Frank Lloyd Wright'ın Guggenheim Müzesi'nde ise tüm galeri boşluğunda gün ışığının mekana olumlu etkilerini göstermektedir.

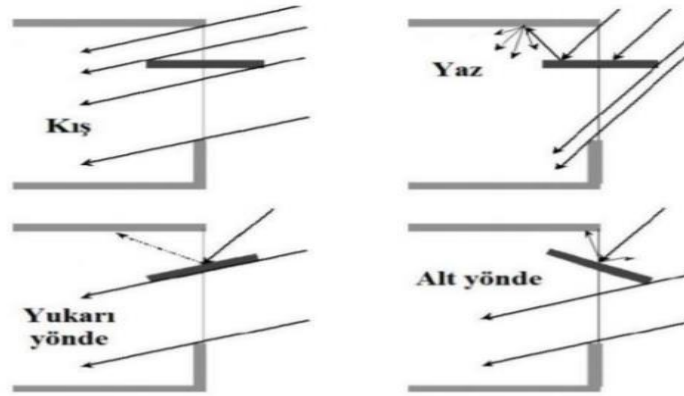
3.1.3 Işık rafları

Işık rafları dış görüşü etkilemeyecek şekilde pencereyi ikiye bölerek pencerelerin göz hizasının üzerine yerleştirilen aynı zamanda gölgeleme elemanı olarak kullanılabilen sistemlerdir. Günışığının tavadan yansımaları sağlayarak gün ışığının mekanın derinliklerine kadar ulaşmasını sağlarken, pencereye yakın kısımda kamaşmanın olumsuz etkilerinin de önüne geçilmektedir. Işık rafları tasarımda ilk aşamada yer alabileceği gibi sonradan yapıya ilave de edilebilmektedir (Demircan, Gültekin, 2017,s:47).



Şekil 11. Işık rafı örneği (URL-11)

Şekil 11'de ışık raflarının kullanımı ve beraberinde kullanıcıya olumlu etkileri görülmektedir.



Şekil 12. Işık raflarının yaz ve kış aylarında kullanım alternatifleri (Djilova, Şahin, 2019).

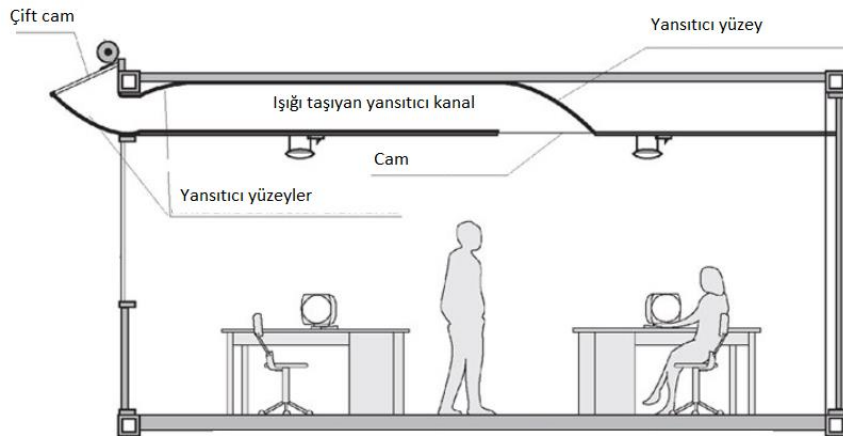
Tavandan yansımanın olumlu etkilerinden faydalanmak adına daha çok yüksek tavanlı mekanlarda kullanılması ve tavan ile mesafesinin olabildiğince fazla olacak şekilde yerleştirilmesi uygun olacaktır. Işık rafları gün ışığının özellikle güney yönlerinde etkili olurken doğu ve batı yönlerinde ise kapalı ve bulutlu hava koşullarında verimli olamamaktadır. Işık rafları pencerelerin dışında, içinde veya her iki tarafında yer alabilmektedir. Şekil 11 ve 12’de pencere dışında yer alan ışık rafları aynı zamanda gün ışığı kontrolü sağlayarak ısı kazanç kontrolü yapabilmektedir. Yaz aylarında ışığın dik konumda gelmesi sebebiyle gün ışığının mekana girişini engelleyerek ısı kontrolü sağlarken kış aylarında daha yatık olarak gelen gün ışığının mekanın derinliklerine kadar girmesini sağlayarak ısı kazanç sağlanmasına olumlu etki etmektedirler (Djilova, Şahin, 2019:44-60).

3.2 Çağdaş Gün Işığı Sistemleri

Gün ışığını mekâna almak için kullanılan yöntemlerden olan pencereler derinliği fazla olan mekânlarda yetersiz kalabilmektedir. Pencerelerin ebatlarını büyütme veya sayılarını arttırmak bazı durumlarda ısı etkinin olumsuz olarak artmasına yol açmaktadır. Çatı ışıklıkları ise buldukları çatı katları için etkin olurken uzak katlarda etkinliğini yitirmektedir. Gün ışığının etkin kullanımı sürdürülebilirlik ve enerji tüketimi kullanıcı üzerine olumlu etkileri sebebiyle ışığı yansıtan, yönlendiren veya taşıyan çağdaş sistemlerin kullanımı yaygınlaşmaktadır (Yener, 2007, s:234).

3.2.1 Anidolik sistemler

Gelişmiş gün ışığı sistemlerinden olan anidolik sistemleri hem güneşli hem de bulutlu gök koşullarında iyi performans göstermektedir.

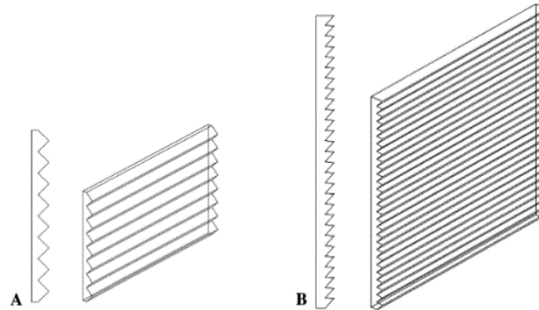


Şekil 13. Anidolik sistem ile gün ışığının taşınması,(URL-12).

Şekil13'de mekânda gün ışığının ulaşmadığı daha derin kısımlara kadar yönlendirmektedir. Cepheye yerleştirilen açıklıktan alınan gün ışığını reflektörler vasıtasıyla taşıyacak kanala iletmektedirler. Yüksek yansıtıcı özellikli kanallar ile gün ışığı hacmin derinliklerine taşıyarak, kamaşma yaratmadan gün ışığı iletilmiş olmaktadır (URL-12).

3.2.2 Prizmatik paneller

Prizmatik paneller üzerine gelen ışığı yansıtan ve yönlendiren dişlerden oluşmaktadır. İki cam arasına veya cam yüzeye uygulanabilen çeşitleri bulunmaktadır. Prizmatik paneller yapıları sebebiyle gün ışığının yönüne göre gerektiğinde ışığı yansıtarak gölgeleme elemanı olarak kullanılabilmesi gibi yine yönlendirerek mekânın derinliklerine ulaştırabilmektedir. İklim koşulları, yönler ve yaz kış konumlarına göre özel olarak hesaplanarak oluşturulacak dişler sayesinde gerektiğinde kışın ısı kazancı, yazında yansıtıcı görevi görebilmektedir. Pencere ve çatı ışıklıkları gibi cam yüzeylere uygulama örnekleri bulunmaktadır. Şeffaf olmalarına karşın dış görüş kayıplarını minimuma indirmek amaçlanmaktadır (Andersen, Rubin, Scartezini ,2003,S:157-173).



Şekil 14. Prizmatik panel kesiti farklı açılarda dişliler (Kazanasmaz, Fırat, Tosun ,2011)

Akrilik panel olarak üretilmiş 2 farklı panel yapısı Şekil 3.10 de gösterilmektedir. Şekil 14 A'da simetrik dişler, B'de asimetrik açılarda dişlerden oluşan panel örneği gösterilmektedir.



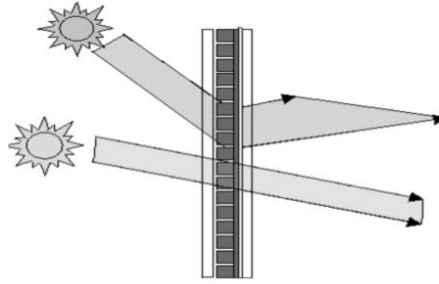
Şekil 15. 3M Merkez Binası, (Minnesota, USA)

Prizmatik paneller açık gök koşullarında ve yaz aylarında gün ışığı konusunda etkin olurken kış aylarında ve kapalı hava koşullarının baskın olduğu iklim bölgelerinde etkinliğini yitirdiği gözlenmektedir. Prizmatik panellerin bina cephesinde güneş kırıcı olarak kullanımı örneği Şekil 15' de görülmektedir (Kazanasmaz , Fırat, Tosun ,2011).

3.2.3 Lazer Kesim Paneller

Gün ışığının yönlendirilmesi amacıyla şeffaf akrilik malzeme üzerine lazer ile dikdörtgen kesikler atılarak elde edilen sistemlerdir. Bu sistemde her bir kesik ayna özelliği

göstererek ışığı yönlendirmektedir. Gün ışığını dik alan ve ısıl etkinin fazla olduğu bölgelerde ışığı dağıtarak kamaşma ve ısıl etki önlenmektedir.



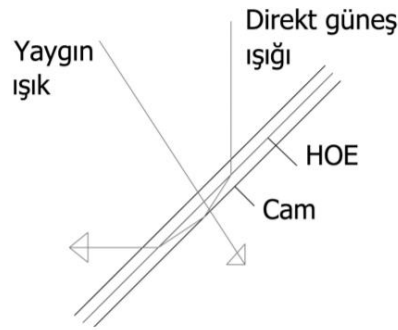
Şekil 16. Lazer kesim panellerin çalışma prensibi (Apaydın,2012,s:103)

Güneşin daha dik geldiği bölgelerde ise gün ışığının hacmin derinliklerine ulaşmasını sağlayacak şekilde yönlendirme yapılmaktadır. Çalışma prensipleri Şekil 16'da gösterilmektedir (Apaydın,2012,s:103).

Kullanım amacına uygun olarak yüzeyde istenen açıda panel boyunca veya kısmi olarak uygulanabilmektedir. Genelde iki cam arasında uygulanabildikleri gibi dış kısımda üzeri korunarak ya da iç kısımda kullanılabilirlerdir.

3.2.4 Holografik optik elemanlar

İki cam yüzeyi arasında film tabakası yerleştirilmesi ile oluşmaktadır. Film tabakası üzerine lazer ile oluşturulan desenler gelen gün ışığını yansıtırken, yaygın olarak gelen gök ışığını geçirirlerdir (Manav, B., Kutlu, R., Küçükdoğu, M.Ş., 2009).



Şekil 17. Holografik optik elemanların çalışma prensibi (Manav,Kutlu, Küçükdoğu, 2009).

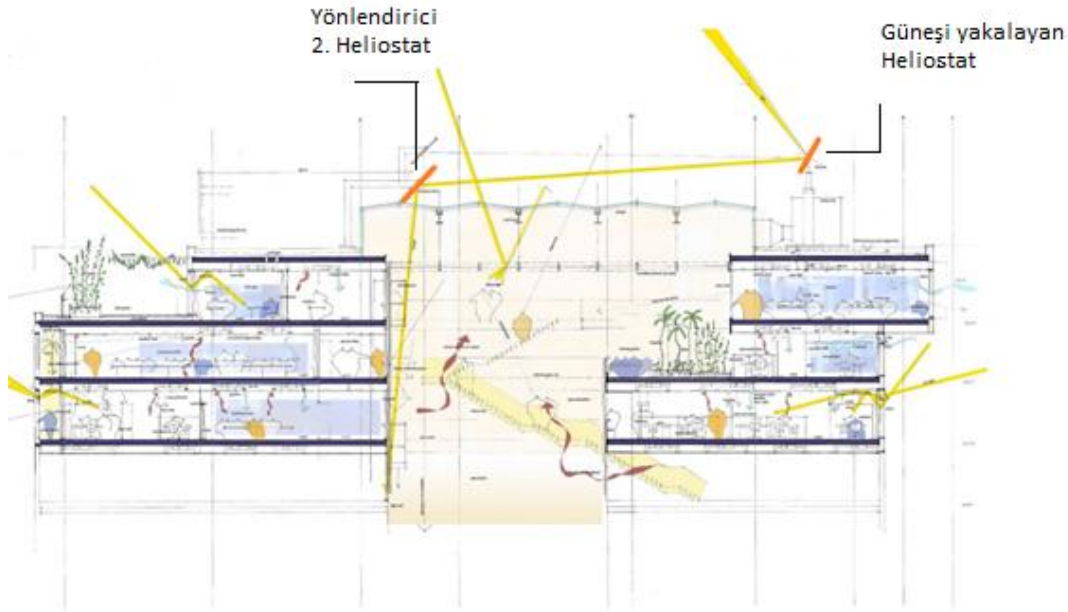
Yapılacak olan uygulamalarda özellikle yansıtıcı bir tavan ile kullanıldığında etkinliği artmakta ve hacmin derinliklerine ulaşmaktadır. Holografik optik elemanların çalışma prensibi Şekil 17 'de gösterilmektedir.

3.3 Gün Işığını Taşıyan Sistemler

Işık taşıyıcı sistemler direkt gün ışığının ulaşmadığı veya gün ışığının direkt olarak ulaştığı mekânlarda ısıl etkinin olumsuzluklarını, kamaşma sorunlarını çözümlenmede kullanılmaktadırlar(Erel, 2004 s:124)

3.3.1 Heliostat

Dış ortama yerleştirilen ve heliostat adı verilen ışığı yakalayıp toplayan sistemlerdir. Genellikle çatıya ve güney yönüne yerleştirilen heliostatlar güneşi takip edebilen otomatik bir veya daha çok ayna ve mercekten oluşmaktadır.



Şekil 18. Genzyme Center (URL-14)

Şekil 18 'de Genzyme Center çatısındaki uygulama görülmektedir. Çatıya yerleştirilen ilk heliostat gün ışığını yakalayıp ikinci mercek ile atriyumdan mekanın derinliklerine ulaştırmaktadır (URL-13).

3.3.2 Gün Işığı Tüpleri

Gün ışığı tüpleri gün ışığını taşıyıcı sistemlerden biridir. Gün ışığını mekan derinliklerinde kullanımını sağlarken ısıl etkiyi ve kamaşmayı azaltmakta ve enerji tasarrufu sağlamaktadır.



Şekil 19. Gün ışığı tüpleri çalışma prensibi (URL -15)

Çatıya yerleştirilen fanus sayesinde gün ışığını mekana alarak yansıtıcı kanallar ile gün ışığının mekana iletilmesini sağlamaktadır (Harputlu,2015,s:20). Şekil 19'da gün ışığı tüplerinin çalışma prensibi görülmektedir.

3.3.3 Fiber optik ile günışığı taşıyan sistemler

Gün ışığının toplandıktan sonra fiber optik kablolar vasıtasıyla taşınmasını sağlayan sistemlerdir. Ticari olarak bilinen sistem "Himawari"dir. Himawari sistemi petek şeklinde ışık toplayıcı ve ışığı ileten fiber kablolardan oluşmaktadır (Harputlu,2015, s:21).



Şekil20. Himawari gün ışığı toplayıcılar (URL-16)

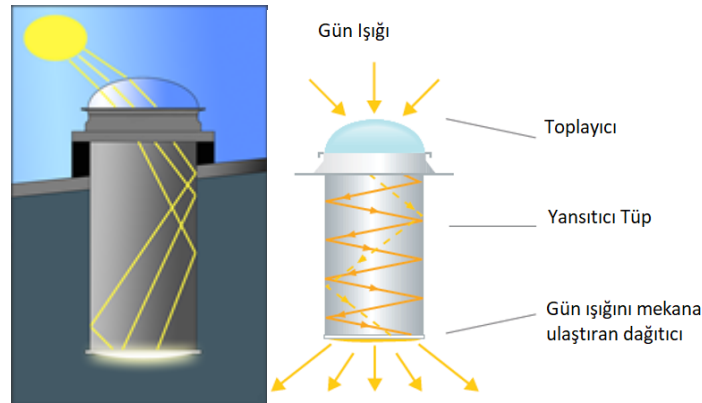
Şekil 20' de Himawari sistemlerin orta ve büyük boy toplayıcıları görülmektedir. Dış mekâna yerleştirilen kolektörler sayesinde maksimum verim ile toplanan gün ışığı pencere yönü oda konumu gibi kısıtlamalara bağlı olmadan gün ışığını istenen noktalara iletebilmektedir (URL-17).

4-İŞIK TÜPLERİNİN YAPILARDA KULLANIM ALANLARI VE TASARIM KRİTERLERİ YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Gün ışığını taşıyıcı özelliğe sahip ışık tüplerinin patenti ilk olarak 1881 yılında Amerika'da alınmıştır. Patenti alınan bu ilk uygulamada tüp iç duvarları yansıtıcı özelliğe sahip olan konvansiyonel ayna ile kaplanmaktaydı. Günümüzde iç duvarda kullanılan malzemeler yansıtıcılığı daha yüksek olan malzemeler kullanılarak geliştirilmektedir (Menteşeoğlu,2011,s:31).

4.1 Işık Tüplerinin Sınıflandırılması

Işık tüpleri gelen gün ışığını genellikle çatıya koyulan toplayıcılar aracılığıyla toplayarak borular ile iletmektedirler.



Şekil 21 .Işık tüpü çalışma prensibi (URL-18)

Işık tüplerinin yapısı ve ışığı mekana taşıyan boruların temel çalışma prensibi Şekil 21' de görülmektedir.

Işık tüplerinde 3 ana parça bulunmaktadır,

-Gün ışığını toplayan genellikle kubbe şeklinde olan ve çatıya yerleştirilen toplayıcı kısım aynı zamanda dış ortam koşullarına karşı koruma sağlamaktadır.

-Gün ışığını yansıtarak mekan derinliğine kadar taşıyacak olan tüp ise yüksek yansıtıcılık özelliğine sahip genellikle gümüş-alüminyum alaşımından oluşan aynı zamanda UV

ışınlarına dayanıklı malzemelerden oluşmaktadır. Bu tüpler düz yada dirseklili olabilmektedir.

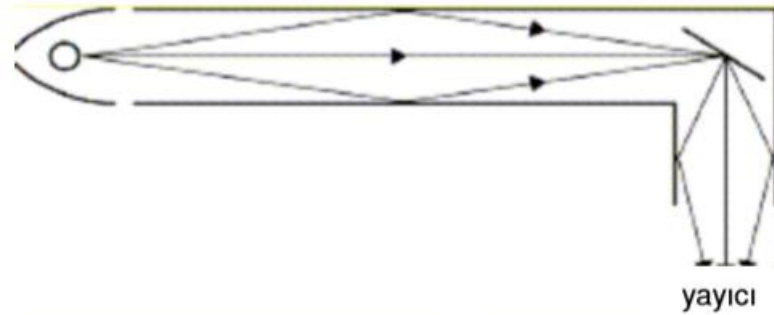
-Taşınan gün ışığını mekana dağıtacak olan dağıtıcı kısım ise homojen olarak mekana gün ışığının ulaşmasını sağlamaktadır (URL-18,URL-19).

Işık tüplerinin veriminde gelen gün ışığı miktarı, açısı, tüp yansıtıcılığı ve uzunluğu önemli olmaktadır. Gök ışığının az olduğu iklim bölgelerinde verimi düşük olduğundan yapay ışık kaynakları ile desteklenmeleri gerekmektedir(Menteşeoğlu,2011, s:31).

4.2 Işık Tüplerinin Yapısı

Işık tüpleri imalatına göre üçe ayrılmaktadır;

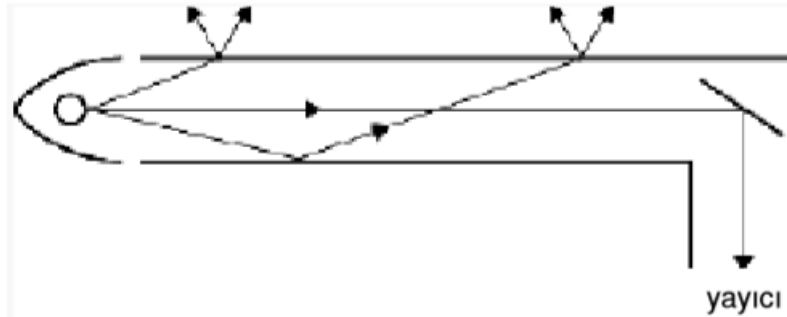
1-Ayna yüzeyli ışık tüpleri: Tüp içindeki yansıtıcı yüzey ve aldığı yolun uzunluğuna bağlı olarak mekana aldığı gün ışığı performansı etkilenmektedir. Yaklaşık olarak 300mm çaplı bir tüp içinde gün ışığı 12m ye kadar verimli olabilmektedir.



Şekil 22 Ayna yüzeyli ışık tüpleri

Şekil 22 boru içine eklenen ayna yüzeyleri ve ışığın tüp içerisinde ilerleyişi görülmektedir.

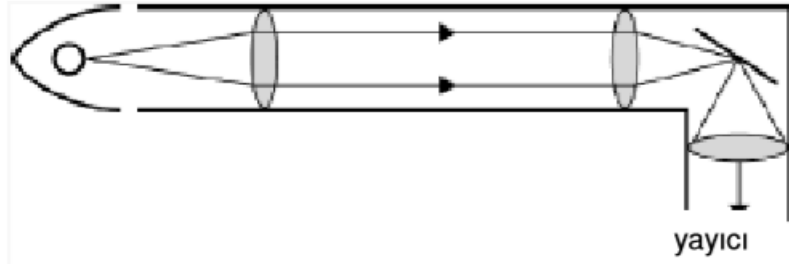
2- Prizmatik yüzeyli ışık tüpleri: Bu tip ışık tüpler ışığı tekrar yönlendirecek yapıda prizmatik yüzeylerden oluşmaktadır.



Şekil 23. Prizmatik yüzeyli ışık tüpleri

Boru içerisindeki prizmatik yüzeyler yansımayı artırarak ayna görevi görmektedirler. Prizmatik yüzeyli ışık tüplerinin çalışma prensibi Şekil 23' de gösterilmektedir.

3- Mercek (Lens) sistemi ışık tüpleri: Mercek sistemli ışık tüplerinde ışık toplandıktan sonra lens ile aynaya iletilmektedir. Bu sistemleri iki dezavantajı bulunmaktadır. Sisteme eklenen lensler maliyeti arttırmakta aynı zamanda lenslerin uzun dönemde kirlenmesi sonucu verimlilikleri düşmektedir (Öztürk,2006,s:63-64).



Şekil 24. Mercek (Lens) sistemi ışık tüplerinde gün ışığının taşınması

Boru içerisine yerleştirilerek etkisi ve ışık taşıma yolunun uzunluğunu arttıran mercekler ve ayna yardımı ile boru içerisindeki ışık yayılımı Şekil 24' te görülmektedir.

Işık tüpleri içyapısındaki bu ilaveler vasıtasıyla gün ışığını taşımadaki etkinliği artırılması hedeflenmektedir. İçi sadece yansıtıcı film ile kaplanan daha basit yapıya sahip tüp yapıları bulunmaktadır(Erel,2004,s:135).

4.3 Işık Tüplerinin Kullanım Alanları ve Uygulanma Örnekleri

Işık tüpleri, özellikle gün ışığını mekân içerisine almanın en bilinen yöntemi olan pencerelerin gün ışığını almakta sınırlı kaldığı mekânın derinliklerine ulaştırabilmektedirler. Pencereler kat yüksekliğine de bağlı olarak gün ışığını maksimum 6 metre derinliğe taşıyabilirken ışık tüpleri gün ışığı etkinliğine ve ışık borusunun ışığı yansıtmasına bağlı olarak daha derinlere ulaşabilmektedirler. Çatıya yerleştirilen toplayıcılar ve sonrasında oluşturulacak düşey shaftlar ile sadece binaların üst katlarında değil alt katlarda da etkili olabilmektedir. Özellikle gün ışığının etkin olduğu iklim bölgeleri yani kuzey yarım küre için güney bölgelerinde etkin olabilirken kuzey bölgelerde etkinliği düşmektedir. Gün ışığının daha az etkin olduğu bu bölgeler için ise çatıya yerleştirilecek heliostat adı verilen ışığı yakalayıp toplayan sistemler ile entegre edilerek kullanılabilir. Gün ışığını mekana alırken aynı zamanda homojen bir dağılım sağladıklarından kamaşma yapmamaktadır. Ayrıca yine gün ışığının ısı etkisini mekana taşımadıklarından soğutma yüklerini azaltmaya destek olmaktadır(Özgün, 2007,s:35-36).

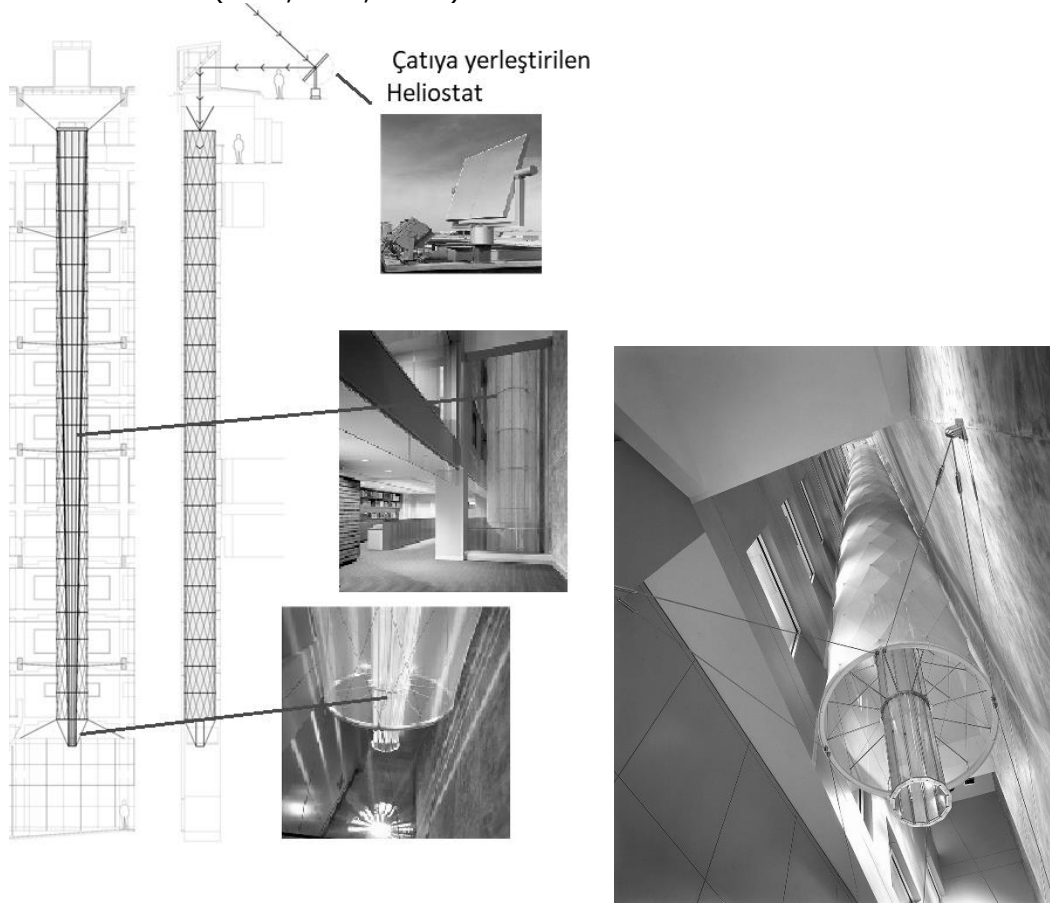
Işık tüplerinin kullanıldığı örnekler;

Işık tüplerinin kullanımı dünyada ilk olarak 1986 da Avustralya'da kullanılmış daha sonra kullanımı yaygınlaşarak devam etmektedir. Işık tüplerinin kullanılmakta olan basit yapıya sahip ve herhangi bir ilave toplayıcı sisteme ihtiyaç duymayan tipleri piyasada sıklıkla bulunmaktadır. Bu sistemlerde çatıya yerleştirilen dış kubbe vasıtasıyla düz veya dirsekli olarak imal edilen borular iç yüzeyi %95 yansıtma özelliğine sahip film ile kaplanmakta ve gün ışığını mekanın derinliğine ulaştırmaktadır.



Şekil 25. Mağaza ve depoda kullanım örnekleri(URL- 24)

Çatıya yerleştirilen ve çok daha kısa yol kat ederek mekana gün ışığı ulaştıran ışık tüpleri hem aldığı yolun kısa olması sebebiyle ışık verimliliğinde kayıp oluşmasını önlemekte hem de pencere vasıtasıyla gün ışığının mekana ulaşamadığı derin ve büyük mağaza ve depo gibi alanlarda kullanılabilir. Bu şekilde gün ışığının ısı etkisinin azalması da sağlanmaktadır. Şekil 25' de mağaza ve depoda kullanımına ait örnek görsel bulunmaktadır (Erel ,2004,s:135).



Şekil 26. Morgan Lewis Hukuk Ofis Binası'nda bulunan ışık tüpü (URL-20)

Amerika'da bulunan ve 2001 yılında inşa edilen Morgan Lewis Hukuk Ofis Binası'nda kullanılan ışık tüpüne ait uygulama Şekil 26'da görülmektedir. Aynı zamanda 2002 yılında IEA (Illuminating Engineering Society Award) Ödülüne layık görülen bu uygulamada binanın çatısına yerleştirilen elektrikli ve güneşi takip eden heliostat sistemi ile toplanan gün ışığı şeffaf ışık borusunun düşey olarak 36 metre boyunca ofis içinde yol alarak mekanın gün ışığı alması sağlanmaktadır. Tüp içinde bulunan yansıtıcı (Fresnel) lenslerle ışığın boru içinde yol almasına yardımcı olmaktadır (URL- 20).



Şekil 27. Berlin Postdamer Platz İstasyonu(URL-21)

Bir diğ er örnek Heliobus firması tarafından tasarımı gerçekleş en Şekil 27'de görülmekte olan Berlin Postdamer Platz İstasyonunda ışık almayan noktalara gün ışığını iletmektedir (URL- 21)



Şekil 28. Borusan Rumeli Hisarı Ofisi Işık tüpü (URL-23)

Yine aynı firma tarafından Türkiye'de Borusan firmasının Rumeli Hisarında bulunan Yusuf Ziya Paşa Yalısı için tasarlanan ışık tüpünün 6,5 metresi bina dışında olup 22 metre uzunluğu bulunmaktadır. Şekil 28'de görülen yapının 6. katının terasına yerleştiren ışık tüpleri heliostat ve aynalar yardımı ile ışık tüplerine iletilmektedir (URL-22-PLD dijital Dergi sayı 27 s:22-23).



5-SONUÇ

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de artan enerji ihtiyacı ve sonrasında gelişen sürdürülebilirlik kavramı birçok alanda olduğu gibi mimari tasarımda da belirleyici unsur olmuştur. Sürdürülebilirlik adına yapılacak çalışmalarda özellikle aydınlatma ve gün ışığının etkin kullanımı önem taşımaktadır. Bu sebeple mimari projelerde gün ışığının mümkün olduğunca mekana alınmasını sağlamak, enerji tasarrufu sağlamanın yanında kullanıcı üzerindeki psikolojik ve fizyolojik etkileri de düşünüldüğünde çok daha önemli olmaktadır. Yaşadığımız tüm mekanlara günışığının ulaşmasını sağlayan geleneksel yöntemler pencereler ve çatı ışıklıklarıdır. Özellikle bodrum katlarda, kullanım derinliğinin fazla olduğu yapılarda ve bitişik yapılanmanın yoğun olduğu durumlarda gün ışığı alınmasında alışılmış yöntemler yetersiz kalmaktadır. Pencerelerin bina tasarımına bağlı olarak boyutlarının sınırlı olması, mekanın derin olması, çevre binaların varlığı veya yöne bağlı olumsuzluklar sebebiyle tek başına gün ışığının verimli olmasına yetmemektedir. Pencere açıklıklarının büyümesi ile oluşacak ısıl etki ve kamaşma da olumsuz sonuçlar yaratmaktadır. Çatı ışıklıkları da çoğu zaman sadece çatı katlarında verimli olurken beraberinde ısıl etki ve kamaşma ile olumsuz etkileri getirmektedir. Bu sebeple geleneksel yöntemlerin kullanımının yanı sıra gün ışığının mekanlara mümkün olduğunca alınmasını sağlamak için alternatif yöntemler yaratmak, geliştirmek ve kullanımını yaygın hale getirmek, bu sayede gün ışığı etkisini arttırmak mümkün olabilecektir. Işık tüplerinin gerek mevcut binalara entegrasyonunun sağlanmasının yanı sıra yeni projelerde alternatif olarak kullanımının artırılması enerji tüketimi ve kullanıcı memnuniyeti açısından olumlu olacaktır. Işık tüplerinin basit yapıya sahip olan alternatiflerinin özellikle tek katlı depo, mağaza ve fabrika binalarında kullanımı yaygın hale getirilmesi yapay aydınlatmaya destek olabilecek ve enerji tasarrufu sağlayacaktır. Basit ve yalın ışık tüpleri aldıkları yolun kısa olması sebebiyle hem boru içinde hem de dış toplayıcıların olduğu çatı alanında yardımcı sistemlere gerek olmadan kullanımının sağlanması ile hem daha ekonomik hem de ışık verimliliklerinde kayıp olmadan mekana ulaşması sağlanabilecektir. Bu sayede yöne ve ilkim koşullarına bağlı olmadan hem enerji tasarrufu sağlanmış, iç mekanda homojen bir aydınlık elde edilmiş olacak, hem de ısıl etki ve kamaşma gibi olumsuz etkilerin önüne geçilmiş olacaktır. Yine bu sistemlere entegre edilecek yapay aydınlatmalar ile beraber kullanma yolları yaratılabilmektedir. Daha yüksek, derinliği fazla olan binalar ile gün ışığının direkt olarak alınmasının mümkün olmadığı mekanlara ise destek sistemler vasıtasıyla toplayıcıların ilave edilerek daha çok gün ışığı alınması ve mimari tasarım sırasında oluşturulacak olan şaftlar yardımı ile gün ışığının taşınması mümkün olabilecektir. Alternatif gün ışığı sistemlerinin kullanımının yaygınlaşması ve tanınması ile bu sistemlerin maliyetlerinin de ekonomik hale gelmesi tasarımda önem kazanmıştır. Bu sayede gün ışığının etkin kullanımı konusunda istenen hedeflere ulaşılabilecektir.

KAYNAKLAR

- Andersen, M., Rubin M., Scartezini J.L.(2003). "Comparison Between Ray-tracing Simulations and Bi-directional transmission Measurements On Prismatic Glazing", *Solar Energy*, 74, 157-173.
- Apaydın, S. (2012) "Ofislerde Aydınlatma Tasarımının Sürdürülebilirlik Açısından Mekan Tasarımına Etkileri", T.C. Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İç Mimarlık Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi S:103.
- Aykal, E., Gümüş, B., Akça, B. (2009). Sürdürülebilirlik Kapsamında Yenilenebilir Ve Etkin Enerji Kullanımının Yapılarda Uygulanması, Yeksem 09Emo Yayın, 78
- Bayhan D.(2018)."Gün Işığı Almayan Kapalı Mekanlarda Gün Işığı Etkisi Yaratan Uygulamaların Kullanıcı Algısına Etkisi Üzerine Bir Çalışma" İTÜ- Sosyal Bilimler Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi).
- Cimcoz, N.(2001). Mekanda Gün ışığı, *Ege Mimarlık*, sayı 38-39, S:18-21.
- Çelik, K., (2018) Eğitim Yapılarında Sürdürülebilir Aydınlatma Tasarımı için Bütüncül Bir Yaklaşım, İstanbul: YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, (Doktora Tezi).
- Joseph A. (2006). Impact of Light on Outcomes in Healthcare Settings, Director of Research, The Center for Health Design.



- Kazanasmaz Z. T., Fırat P., Tosun M., "Prizmatik ve Lazer Kesim Panellerin Doğal Aydınlatma Performansı Açısından Değerlendirilmesi", http://www.emo.org.tr/ekler/f20239b3aebdc66_ek.pdf (Erişim Tarihi:10.05.2020).
- Kılıç Demircan R., Gültekin A. B., (2017). "Binalarda Pasif ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi", Dergipark, Cilt:10, Sayı:1, Sayfa: 36-51.
- KUTLU R. , (2019). "Bir Tasarım Ögesi Olarak Günışığı", The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication - TOJDAC ISSN: 2146-5193, April 2019 Volume 9 Issue 2, p. 226-233 .
- Manav, B., Kutlu, R., Küçükdoğu, M.Ş., (2009). "Mimaride Kullanılan Cam Türlerinin Aydınlatma Açısından İncelenmesi", Ulusal Elektrik Tesisat Kongresi, V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 7-10 Mayıs 2009, İzmir.
- Mendilcioğlu R.F., (2017). "Parametrik Tasarım Yönteminin Sürdürülebilir İç Mekanlarda Doğal Aydınlatmaya Etkisi", Ankara: Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü (Sanatta Yeterlik Tezi).
- Menteşeoğlu D.,(2011). "Yeni Nesil Aydınlatma Sistemleri-2 "Uzak Kaynaklı Yapma Aydınlatma Sistemleri" EMO İzmir şubesi.
- Oğuz, G.P., Işık N., (2003). "Tarihi Yapılardaki Doğal ve Yapay Aydınlatma Uygulamaları", II. Aydınlatma Sempozyumu, Diyarbakır, 1-5.
- ONAYGIL S., (2016). "Aydınlatma Tekniği, Verimlilik, Planlama ve Yönetim", Aydınlatmada Planlama ve Yönetimin Önemi" Semineri, Gaziantep Büyükşehir Belediyesi.
- Özgün Ö.,(2007). "Tubular Light Guidance Systems As Advanced Daylighting Strategy" İTÜ FenBilimleri Enstitüsü ,Yüksek Lisans Tezi
- Öztürk Ç.,(2006). "Gelişmiş Doğal Aydınlatma Sistemleri ve Uygulama Örnekleri" Gazi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- SİREL Ş. , (1965). "Günışığı ile Aydınlatma ve Pencere ,YFU Yayınları, <http://www.yfu.com/yazilar/mim65-mayis.pdf> (Erişim Tarihi: 05.05.2020).
- SÖZLÜ S., ŞANLIER N., (2017). "Sirkadiyen Ritim, Sağlık ve Beslenme İlişkisi, Derleme, Türkiye Klinikleri", J Health Sci 2017;2(2):100-9.
- Şen H., Kaya A., Alpaslan B., (2018). "Sürdürülebilirlik Üzerine Tarihsel ve Güncel Bir Perspektif, Ekonomik Yaklaşım" , 29(107): 1-47.
- Tatar E., (2013). "Sürdürülebilir Mimarlık Kapsamında Çalışma Mekanlarında Gün Işığı Kullanımı İçin Bir Öneri", Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(1), 147-162.
- URL-1 Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM), <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx> (Erişim Tarihi:16.03.2020).
- URL-2 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/DengeTablolari/Denge-Tablolari> (Erişim Tarihi:16.03.2020).
- URL-3 PLD Türkiye <https://pldturkiye.com/ts-en-17037-binalarda-gunisigistandardi-ve-uygulamasi/> (Erişim Tarihi:30.03.2020).
- URL-4 KAZANASMAZ Z. Tuğçe, Binaların Doğal Aydınlatma Performanslarının Değerlendirilmesi, http://www.emo.org.tr/ekler/69de2344203534f_ek.pdf (Erişim tarihi:02.04.2020).
- URL-5 "Vandals break into Le Corbusier's Ronchamp chapel and spark a scandal", <https://www.theguardian.com/artanddesign/architecture-designblog/2014/jan/23/vandals-break-in-le-corbusier-ronchamp-chapel-scandal> (Erişim Tarihi 30.05. 2020).
- URL-6 "Notre Dame du Haut Chapel by Le Corbusier – Ronchamp"
<https://www.inexhibit.com/mymuseum/notre-dame-du-haut-le-corbusierronchamp-chapel/> (Erişim Tarihi 02.05.2020).
- URL-7"Case Case Study - Kimbell Art Museum"
https://issuu.com/jonp91/docs/kimbell_case_study/6(Erişim Tarihi 02.05.2020).
- URL-8 "Pantheon dome - oculus light"
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pantheon_dome__oculus_light_\(5832357251\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pantheon_dome__oculus_light_(5832357251).jpg) (Erişim Tarihi:05.05.2020).



- URL-9 "Tianjin Art Museum" <https://www.archdaily.com/239524/tianjin-artmuseum-ksp-jurgen-engel-architekten/5001336028ba0d2c9f000f74-tianjin-artmuseum-ksp-jurgen-engel-architekten-image> (Erişim Tarihi: 12.04. 2020).
- URL-10 "Guggenheim" https://s3.amazonaws.com/contemporaryartgroup/wpcontent/uploads/2008/11/bulloch_guggenheim_1.jpg (Erişim Tarihi: 05.05.2020).
- URL-11 "Güneşli aydınlatma" <https://gunesigiaydinlatma.com/Product/SkyboxShelf> (Erişim Tarihi: 24.08.2020).
- URL-12 "Splitting up anidolic daylighting systems" <https://spie.org/news/1743-splitting-up-anidolic-daylighting-systems?SSO=1> (Erişim Tarihi: 24.08.2020).
- URL-14 "Green Building" https://inhabitat.com/genzyme-center/genzyme_1/ (Erişim Tarihi 03.05.2020)
- URL-15 Köse Ö., Üstün İ., Yağlı H., Öztürk N. A., Karakuş C., Koç Y., Koç A.,(2018) "Işık Tüpüyle Doğal Aydınlatma Sistemlerinin İskenderun Bölgesine Uygulanabilirliği Ve Tasarımı" <https://www.thesisat.org/isik-tupuyle-dogalaydinlatma-sistemlerinin-iskenderun-bolgesine-uygulanabilirligi-vetasarimi.html> Erişim Tarihi 03.05.2020).
- URL-16,17 "Himawari" https://www.kankyosolutions.com/th/pdf/05_HIMAWARI.pdf (Erişim tarihi 04.05.2020)
- URL-18 Sunvia-Gün Işığı Aydınlatma Sistemleri <http://www.sunvia.net/nasil.php> (Erişim Tarihi: 17.06.2020).
- URL-19 Sunvia-Gün Işığı Aydınlatma Sistemleri <http://www.sunvia.net/teknik.php>(Erişim Tarihi: 17.06.2020).
- URL-20 Carpenter&Lowings" The Solar Light Pipe Makes the Rhythm Of The Day And Seasons Perceptible By Reflecting Changing Light Conditions Within The Building Itself" https://carpenterlowings.com/portfolio_page/solarlight-pipe/ (Erişim 17.06.2020).
- URL-21 "Daylight in The Train Station" <https://heliobus.com/en/portfolio/daylight-in-the-trainstation> (Erişim Tarihi: 10.04.2020).
- URL-22 Dijital Aydınlatma Tasarım Dergisi-PLD-Türkiye <https://issuu.com/pldturkiye/docs/sayi-27/22> (Erişim Tarihi: 17.05.2020).
- URL-23 "Lightpipe In Istanbul" <https://heliobus.com/en/portfolio/daylight-engineering-in-the-turkish-metropolis> (Erişim Tarihi: 13.04.2020).
- URL-24 "Sunvia-Gün Işığı Aydınlatma Sistemleri" http://www.sunvia.net/content/pdf/sunvia_hakkinda.pdf (Erişim Tarihi: 17.06.2020)