

Öz

Mimaride günışığı etkinliği mekânsal kaliteyi arttıran ve insanın doğa ile bütünleşmesini sağlayan önemli bir mekânsal tasarım girdisidir. Sürdürülebilirlik kavramı ile birlikte mekânsal konfor şartlarının daha fazla iyileştirilmesi tasarımcılardan daha fazla talep edilmeye başlanmıştır. Enerji etkinliğinin de tasarımda daha fazla konuşuluyor olması, bu konuların tasarımcılar için tasarım evresinin daha erken evrelerinde düşünülme ihtiyacını doğurmuştur.

Çalışma tasarımcılar için günışığı bazlı bir destek modelini oluşturmayı amaçlamaktadır. Model kapsamında günışığına bağlı tasarım değişkenleri ile günışığı tasarım kriterleri ilişkilendirilmekte olan sorunlara çözüm önerileri için temel rehber oluşturulmaktadır.

Bu nedenle çalışmada günışığı faktörleri tasarımcı için rol gösterici ve sistematik biçimde ele alınarak detaylıca açıklanmaktadır. Böylece mimari tasarımda mimarların bu faktörleri daha erken tasarım evresinde kullanmaları ve içselleştirmeleri hedeflenmektedir.

Oluşturulan model tasarımcının farklı önem derecelerinde bakabildiğini kabul ederek destek sistemini oluşturmaktadır ve adım adım tasarımcının yanında olarak günışığı konusunda tecrübeli tasarımcıların davranış ve çözüm modelini ortaya koymaktadır. Model kapsamında farklı işlevlerin günışığı gereklilikleri de değerlendirilmekte ve sonuçta amaca yönelik aktif günışığı tasarımı çözümü için tasarımcıya yardımcı olacak bir sistem oluşturulmaktadır.

Çalışmanın sınanması bölümünde ise bir okul yapısı seçilerek modelin çalışması sınanmakta olan sorunların çözümleri model tarafından oluşturulmaktadır.

Abstract

Daylight activity in architecture is an important design input that increases the spatial quality and enables the integration of human with nature. With the concept of sustainability, further improvement of spatial comfort conditions has started to be demanded increasingly from designers.

The fact that energy efficiency is also discussed more in design has led to the need for designers to consider these issues earlier in the design phase.

The study aims to create a daylight based support model for designers. Within the scope of the model, daylight design variables and daylight design criteria are correlated and basic guidance is provided for solutions to possible problems.

For this reason, daylight factors are explained in detail in a systematic way. Thus, it is aimed for architects to use these factors in the early design phase and internalize them in architectural design.

The model created constitutes the support system by accepting that the designer can look at different degrees of importance and support by the designer at every stage of the design.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Mimari Planlamada, Günışığı Etkinliğinin Arttırılması için Kurgusal Tasarım Destek Modeli

Ümit Arpacioğlu

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Bölümü

Cemal İrfan Çalıskan

Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi

Bahar Şahin

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kültür Varlıkları Projeler Müdürlüğü

Nazlı Ödevci

Kültür Üniversitesi, Mimarlık Bölümü

Başvuru tarihi/Received: 22.08.2019, Kabul tarihi/Final Acceptance: 04.02.2020

1. Giriş

Günışığı, tasarımda yeni bir kavram değildir. Gün ışığının bir tasarım ilkesi olarak mimaride kullanımı, antik Roma dönemine kadar uzanmaktadır (Erel, 2004). Dönemin yapılarında, duvar açıklıklarından ışığın iç hacme alınması ilkesinin esas alındığı, bina konumlandırılmalarının gün ışığı değerlendirilmesine göre belirlendiği bilinmektedir. Mekânlar elektrik ile aydınlatılmadan önce, mekân ile günışığı ilişkisi mimarlar için büyük bir önem teşkil etmiştir. Günışığının, 1970'lerde yaşanan petrol ve enerji sıkıntısıyla yeniden önemi anlaşılmış, bu konuda bilimsel çalışmalar yapılmış, enerji sorununun devam etmesi sebebiyle de halen üzerinde çalışılan önemli bir konu haline gelmiştir.

Günışığı mekânsal kaliteyi arttıran ve insanın doğa ile bütünleşmesini sağlayan önemli bir mekânsal tasarım girdisidir. Son yıllarda sıkça konuşulan sürdürülebilirlik kavramı ile birlikte mekânsal konfor şartlarının daha fazla iyileştirilmesi tasarımcılardan daha çok talep edilmeye başlanmıştır. Enerji etkinliğinin de tasarımda daha fazla konuşuluyor olması, tasarımcıları bu konuları tasarım evresinin daha erken safhalarında düşünmeye yönlendirmiştir. Günışığının etkin kullanımının yararları iki ana grupta toplanabilir (IESNA, 2005; ASHRAE, 2001).

Enerji kazanımı ve ısısal yükte azalma: Ticari yapıların enerji tüketiminin yaklaşık %30'u aydınlatma enerjisi olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle günışığı ile aydınlatmanın oranı arttıkça, elektrik ile aydınlatma maliyetleri ve enerji giderleri düşmektedir (S. Hayter, Torcellini, 1999).

İnsan konforu, üretkenlik ve sağlık: Günışığının insan performansını yükselttiği kanıtlanmış bir gerçektir. Örneğin okullarda doğal aydınlatmanın etkinliği arttıkça deneysel sonuçların da iyileştiği görülmektedir. Ticari mekânlarda günışığı, satışları arttırmakta, konutlarda günışığına sürekli maruz kalan mekânlarda insanlar daha rahat uyumakta, hastanelerde pencereye yakın olan hastalarda uzak olanlara göre iyileşme oranı artmaktadır (Garris, 2004).

Günışığı, mimari tasarım içerisinde çok farklı boyutlarda karşımıza çıkmaktadır. Diğer fiziksel çevre konuları ile direkt ilişkili bir konu olması sebebiyle üzerinde oldukça fazla çalışılan disiplinler arası bir konudur. Bunu Le Corbusier'in doğal ışık ve mimarlık ilişkisini vurguladığı Resim 1'deki çizimlerinde ve şu sözünde görebiliriz; "Mimarlık ışıkta bir araya getirilmiş kütlelerin ustaca, doğru ve muhteşem oyunudur".

Günışığı, fiziksel çevre ve iklimsel faktörler mimari tasarım için önemli verileri

oluştururlar. Tasarımda bu derece önemli payı olan ve mekânda yaşam kalitesini arttıran fiziksel çevre faktörleri, tasarım evresinde öncelikle düşünülen, ancak bir o kadar da yönetilmesi zor bir konudur. Günışığının tasarımda etkin kullanılması elbette ki diğer fiziksel çevre değerleri ile birlikte düşünüldüğünde mümkün olmaktadır. Fakat günümüzde tasarlanan mekânlarda, günışığı faktörleri tasarım girdisi olarak yeterince tasarım sürecine dâhil olamamaktadır. Bu da toplam kalitenin düşmesine yol açarak, ciddi maddi kayıplara, iş gücü ve motivasyon kayıplarına neden olmakta ve verimliliği azaltmaktadır. Tecrübeli mimarlar tasarım süreçlerinde deneyimlerini kullanarak mekân kalitesini yükseltmeye ve sonuç ürün için gereklilikleri sağlamaya çalışmaktadırlar. Bu nedenle mimarların, özellikle erken tasarım evresinde, tasarımın fiziksel çevre değerleri açısından kalitesinin sağlanması için oldukça fazla bilgi birikimine ihtiyaçları vardır.

Tasarım ve yapım sürecinde fiziksel çevre değerleri, günümüzde yapım aşamasına yakın değerlendirilmektedir. Ne yazık ki bu aşamada tasarımcılar tarafından yalnızca gerekliliklerin yerine getirilmesi ile süreç sonuçlanmaktadır. Problemin çözümü, fiziksel çevre değerlerinin tasarım sürecine erken dönemde katılarak, mimarlar için çözüm alternatifleri oluşturulmasında aranmalıdır.

Modernizm manifestosu mimaride, yaygınlaşan cam –çelik, cam-betonarme kullanımı ile ışık cephe tasarımının temel yaklaşımlarından biri olmuş, beraberinde günışığının bina içine alınmasını kolaylaştırmıştır (Uzun, 2019).

Dünya üzerinde teknik konuları içselleştirmiş mimarların başarılı oldukça fazla örneğini bulmak mümkündür. Le Corbusier modern mimarlık örnekleri yaratırken tasarım girdilerinden en önemlilerinden biridir günışığı ve ülkemizde Altuğ-Behrüz Çinici'nin Artur Sitesi örneği 1969 yılında fiziksel ve sosyal sürdürülebilirlik ilkelere uygun biçimde tasarlanmış yapıların sözü edilen bağlamda öncü bir rol üstlendiği söylenebilir (Postalci & Atay, 2019).

Tasarım süreci düşünüldüğünde, süreç devam ettikçe tasarımın değişebilirliği

azalmakta iken, her değişim kararına karşı oluşan maliyetin ve alınan değişim kararı gerçekleştirme süresinin de arttığı söylenebilir. Bu nedenle hazırlanan çalışmada, erken tasarım evresinde, günışığı değerlerini tasarım sürecine dâhil edecek bir yöntemin oluşturulmasıyla maliyet ve zamandan tasarruf sağlanacağı ve bütünleşik mekân kalitesinin de arttırılacağı öngörülmüştür.

Günışığı ve fiziksel çevre değerlerinin proje sürecine erken tasarım evresinde, konsept aşamasında katılması projenin bütüncül kalitesini yükseltmekte, zamandan kazanç sağlamakta, proje maliyetlerini azaltmaktadır. Bu bütünleşik yaklaşım kalitenin yükselmesine yardımcı olurken, tasarım sürecinin ileriki aşamalarında farklı sorunların çıkmasını da engellemektedir.

2. Mimari Tasarımda Günışığı Kriterleri

Bu bölümde, tasarımı etkileyen günışığı faktörleri açıklanacak ve ilerideki bölümlerde tasarım kriterleri olarak kullanılacaktır. Bu faktörler konuda uzman olmayan tasarımcıya destek oluşturacak bilgi birikimi ve sistematüğünü oluşturmak için yapılandırılmıştır. Bazı kriterlerin konunun uzmanları tarafından ele alış ve hesaplanma yöntemleri daha detaylı bilgi hesaplama gerektiğinden, bu kriterler olabildiğince konunun uzmanı olmayan birisinin de uygulayabileceği kapsamda ele alınmaya çalışılmıştır. Bir aydınlatma danışmanının hesaplama ve uygulama için kullandığı hesap yöntemleri ve yazılımlar bu sistemden oldukça karmaşık ve yoğun

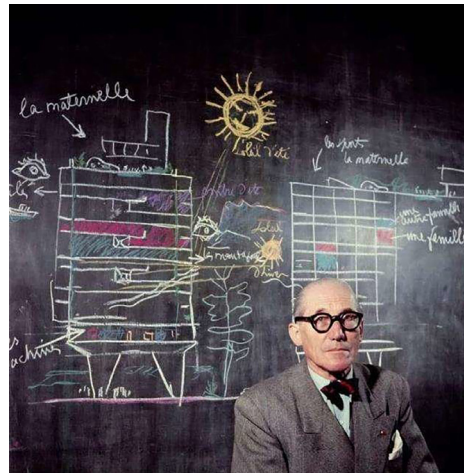
The model presents the behaviour and solution model of designers experienced in daylight.

The daylight requirements of different functions are also evaluated within the scope of the model and as a result a system is created to assist the designer for the purpose of active daylight design solution.

In the testing section of the study, a school structure is selected and the study of the model is tested and the possible problems are solved by the model.

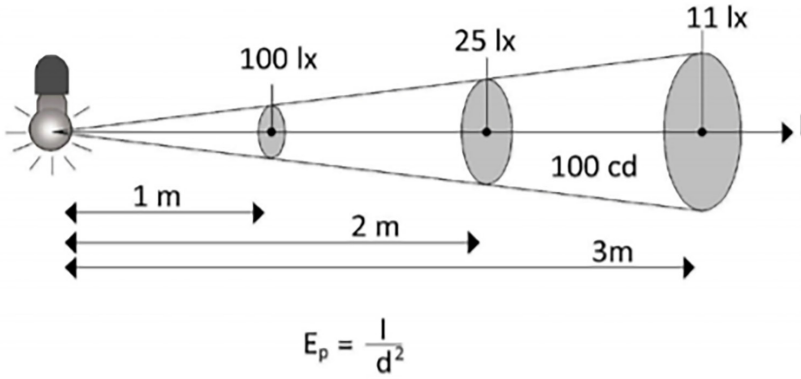
Anahtar Kelimeler: Günışığı, Mimari Tasarım, Fiziksel Çevre, Tasarım Destek Modeli, Sürdürülebilirlik

Keywords: Daylight, Architectural Design, Environment, Design Support Model, Sustainability



Resim: 1

Le Corbusier' in güneş ve hava konulu popüler skeçleri (Antoniou & Dimopoulos, 2018).



Resim: 2
Işık şiddeti, uzaklık ve aydınlık düzeyi arasındaki ilişki (Şahin, 2012).

Resim: 3
Deney odasında katılımcı üzerinde ve masada görülen, E_h -yatay aydınlık düzeyi, E_v -düşey aydınlık düzeyi (Gornicka, 2008).

bilgi gerektirmektedir. Çalışmanın amacı, konu için bir destek sistemi oluşturarak tasarımda farkındalık yaratmak ve bütünleşik kalitenin artmasını sağlamaktır.

2.1 Güneşli Aydınlatma Düzeyi Faktörü

Bir yüzeyde, birim alana düşen ışık akısının, yüzeyin alanına bölümü "Aydınlatma Düzeyi (E ; lm/m^2)" olarak tanımlanır (Kayakuş, 2018). Simgesi 'E', birimi lx' tür. Aşağıdaki formülle hesaplanır (Şahin, 2012).

$$E \text{ (Aydınlatma Düzeyi)} = \Phi \text{ (Işık Akısı)} / A \text{ (Alan)}$$

Belirli bir yüzeye düşen ışık şiddeti değişmediğinde, o yüzey alanında bulunan aydınlık düzeyi de değişmemektedir. Ancak, ışığın doğrusal yapısı, yapı içindeki dağılımı, tayfsal yapısı değişebilmektedir. Bununla birlikte ışık şiddeti aynı kaldığı halde mesafeye bağlı olarak aydınlık düzeyi değeri azalmaktadır (Resim 2) (Şahin, 2012). Aydınlatma düzeyi değeri denildiğinde, genel-

likle yatay çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyi değerleri akla gelmektedir. Ancak mekânın işlevine göre bu değişiklik göstermektedir. Yatay aydınlık düzeyi, çoğunlukla masa, çalışma yüzeyi ya da döşemede ölçülmektedir. Düşey aydınlık düzeyi ise beyaz tahta, duvarlar, tablolar, kullanıcının yüzü gibi düşey yüzeylere düşen ışık miktarını ifade etmektedir (Resim 3) (Şahin, 2012).

Güneşli aydınlatma etkisi, yapay aydınlatmaya göre insanların daha fazla dikkatini çekmekte, memnuniyetin artmasıyla birlikte daha çok tercih edilmesine neden olmaktadır. Bina sakinlerinin tercih ettiği aydınlık düzeyleri, kişinin ışığa karşı hassasiyetine, uyku düzenine, yaşına, konfor algısına, görme kapasitesine, yapılan eylemin çeşidine göre farklılıklar gösterebilmektedir. Tasarımda güneşli aydınlık düzeyi en öncelikli değerlendirilmesi gereken faktördür. Görsel konfor için tercih edilen yüksek aydınlık düzeyleri, mekanda daha iyi görsel performans sağlayabilmekle beraber, konforsuzluğa da sebep olabilmektedir (Arpacioğlu, 2012).

ABD'nin, aydınlatma konusunda tanınmış teknik ve eğitim otoritesi olan IES (Illuminating Engineering Society) standartlarına göre kullanıcıların yaş ortalamalarına bağlı olarak ofis binalarında 300 lx ile 500 lx arasında değişen aydınlık düzeyi değerleri öngörülmektedir. 55 yaşın üstünde kullanıcılar için 500 lx olarak belirlenen aydınlık düzeyi değeri, 55 yaşın altındaki kullanıcılar için 300 lx olarak belirlenmiştir (Arpacioğlu, 2010).

Türk Standartları Enstitüsü'nün 2013 yılında yayınladığı TS EN 12464-1 nolu standardında; iş alanı ile çevreleme alanındaki aydınlatma düzeyinin ve dağılımının görsel bir işin çabuk, güvenli ve rahatça algılanıp sürdürülebilmesinde büyük bir etkiye sahip olduğu ifade edilmektedir (Türk Standartları Enstitüsü, 2013). Standardın 5.3. maddesinde, iç kısımların (alanların), işlerin ve faaliyetlerin aydınlatma özellikleri çizelgeler halinde verilmekte olup bu çizelgelerdeki verilere göre Tasarım Destek Modeli'nde belirlenen bazı işlemlere ait sürdürülen aydınlatma yoğunluğu (\bar{E}_m) değerleri Tablo 1'de gösterilmektedir.

İÇ KISIM, İŞ VEYA FAALİYET TİPİ		Em (lx)	İÇ KISIM, İŞ VEYA FAALİYET TİPİ		Em (lx)	
EĞİTİM BİNALARİ	Sınıflar, özel ders odaları	300	ENDÜSTRİYEL FAALİYETLER VE ZANAATLAR (Çimento, çimento ürünleri, beton, tuğlalar)	Kurutma	50	
	Akşam dersleri ve yetişkin eğitim için sınıflar	500		Malzemelerin hazırlanması; fırınlama ve karıştırıcılar ile ilgili çalışma	200	
	Konferans salonu	500		Genel makine işi	300	
	Sanat okullarındaki sanat odaları	750		Kaba kalıplar	300	
	Teknik çizim odaları	750		Kablo ve tel imalatı	300	
	Uygulama odaları ve laboratuvarlar	500		Sargı: -büyük bobinler -orta boy bobinler -küçük bobinler	300	
	El işi odaları	500			500	
	Eğitim odaları	500			750	
	Müzik prova odaları	300		ENDÜSTRİYEL FAALİYETLER VE ZANAATLAR (Elektrik ve elektronik sanayi)	Bobinin empenye edilmesi	300
	Bilgisayar uygulama odaları (menülerle çalıştırılan)	300			Galvanizleme	300
	Dil laboratuvarı	300			Montaj işi: -Büyük transformatörler gibi kaba işler -Anahtarlama kabloları gibi orta işler -Telefonlar gibi ince işler -Ölçü aletleri gibi hassas işler	300
	Hazırlık odaları ve atölyeleri	500				500
	Spor odaları, jimnastik salonları, yüzme havuzları (genel kullanım)	300				750
		1000				
OFİSLER	Dosyalama, kopyalama, vb.	300				
	Yazma, elektronik yazma, okuma, veri işleme	500				
	Teknik çizim	750	Elektronik iş yerleri, deney yapma, ayarlama		1500	
	CAD iş istasyonları	500	ENDÜSTRİYEL FAALİYETLER VE ZANAATLAR (Gıda maddeleri ve lüks gıda sanayi)		Aşağıda verilenler için çalışma yerleri ve bölgeleri: -bira fabrikaları, maltlama zemini, -yıkama, fiç doldurma, temizleme, eleme, soyma için, -reçel ve çikolata fabrikalarında pişirme, -şeker fabrikalarındaki çalışma yerleri ve bölgeleri, -çiğ tütünün kurutulması ve mayalanması için, mayalama kabini	200
MÜZELER	Sergiler, ışığa duyarlı olmayan	Aydınlatma gösterge özellikleri ile belirlenir.			Ürünlerin sınıflandırılması ve yıkanması, öğütme, karıştırma, paketleme	300
	Işığa duyarlı sergiler	1.Aydınlatma gösterge özellikleri ile belirlenir. 2.Zarar veren radyasyona karşı koruma çok önemlidir.			Mezbahalar, kasaplar, mandıralar, mandıralar ve değirmenler, çalışma alanları ve kritik bölgeler, şeker rafinerilerindeki filtreleme zemini	500
TİYATROLAR, KONSER SALONLARI, SİNEMALAR	Oturma alanı – muhafaza etme, temizleme	200			Meyve ve sebzelerin kesilmesi ve ayıklanması	300
	Sahne alanı - donatım	300		Mezelerin imalatı, mutfak işi, puro ve sigaraların imalatı	500	

İÇ KISIM, İŞ VEYA FAALİYET TİPİ		Em (lx)	İÇ KISIM, İŞ VEYA FAALİYET TİPİ		Em (lx)
RESTORANLAR	Restoran, yemek odası, etkinlik odası	Aydınlatma uygun atmosferi oluşturmak için tasarlanmalıdır.	ENDÜSTRİYEL FAALİYETLER VE ZANAATLAR (Gıda maddeleri ve lüks gıda sanayi)	Cam ve şişelerin muayenesi, üretim kontrolü, traşlaması, sınıflandırılması, dekorasyonu	500
	Self servis restoran	200			
	Büfe	300			
KÜTÜPHANELER	Okuma alanı	500		Laboratuvarlar	500
SAĞLIK HİZM. TESİSLERİ (Genel kullanım için odalar)	Bekleme odaları	200			
	Dinlenme odaları	200			
	Günlük odalar	200	Renk muayenesi	1000	

Tablo: 1 (devamı)

TS EN 12464-1 standardına göre iç kısımların, işlerin ve faaliyetlerin aydınlatma özellikleri (Türk Standartları Enstitüsü, 2013).

Bu değerler, yatay, dikey veya eğik olabilen iş alanı üzerindeki sürdürülen aydınlatma düzeyleridir ve normal görsel koşullar için geçerli olup aşağıdaki faktörleri göz önünde bulundurur (Türk Standartları Enstitüsü, 2013):

- Görsel rahat ve iyi hissetme duygusu gibi psikolojik-fizyolojik bakış açıları
- Görsel işler için kurallar
- Görsel ergonomi
- Uygulamayla ilgili tecrübe
- Fonksiyonel güvenliğe katkı
- Ekonomi

Görsel koşulların normal varsayımlardan farklı olduğu durumlarda, aydınlatma yoğunluğu değeri, aydınlatma yoğunlukları ölçeğindeki en az bir adım ile ayarlanabilir (Türk Standartları Enstitüsü, 2013).

2.2 Güneşli Faktörü (DF)

Güneşli faktörünün ilk olarak, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE-Commission Internationale de L'éclairage) tarafından 1955 yılında gerçekleştirilen Zürih kongresinde kabul gördüğü bilinmektedir. Yapılan tanımlamaya göre güneşli faktörü, gökten gelen ışığın, yatay düzlem üzerinde oluşturduğu aydınlık düzeyine oranını gösteren değer olarak ifade edilmektedir (Arpacioğlu, 2012).

Güneşli, doğrudan güneşten gelen ışık ve yaygın gök ışığından oluşmaktadır (Hülya, 2008). Zamana göre değişiklik gösteren doğal aydınlatma tasarım faktörü olarak önem taşımaktadır (Kutlu, 2019). Güneşli-

nın, iç mekânların düzenlenmesinde, insan davranışları üzerinde etkileri ispatlanmış bir faktör olarak birçok araştırmaya konu olduğu bilinmektedir (Agency & Programme, 2000). Fizyolojik ve psikolojik yönleri ile insanı etkileyen güneşli faktörü, aynı zamanda enerji tasarrufu sağlamaya olanak sağlayan doğal bir unsur olarak, iç mekânda konfor koşullarının oluşmasında etkili olan tasarımın en önemli girdilerinden biri olarak kabul edilmektedir (Kutlu, 2019). Yapıda güneşli faktörü esas alınarak tasarlanmış bir pencere, enerji tüketimini önemli oranda azaltabilmektedir. Binada genel enerji tüketiminde, toplamın %15 ve %30'luk payının aydınlatma kaynaklı olduğu bilinmektedir (Acosta, Munoz, Campano Laborda, & Navarro, 2014). Bu bağlamda, yapıda sürdürülebilirlik kavramının, güneşli faktörü ve parametreleri ile doğrudan ilişkili olduğu ifade edilebilir.

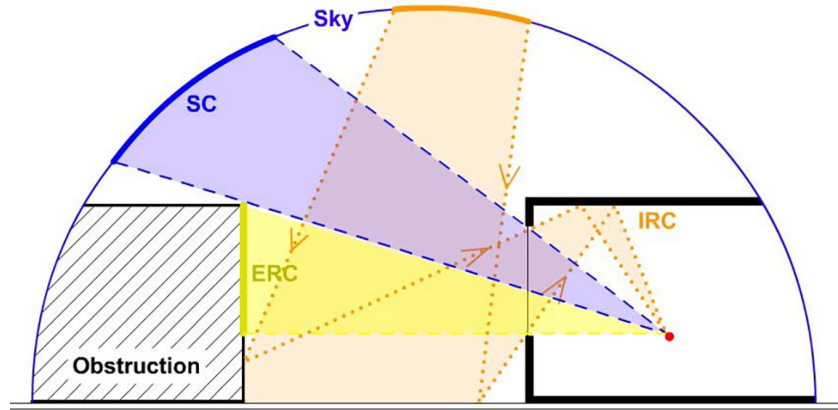
Güneşli tasarım stratejileri, yapının bulunduğu diğer binalar ile olan pozisyon ve şartlar da dikkate alınarak belirlenen doğal ışığın varlığına bağlıdır (Agency & Programme, 2000). Mevsim ile ilgili iklimsel değişiklikler de güneşli stratejisinde önemli bir faktörü oluşturur.

Yapıda pencere ölçüsü, pencere formu ve oda ölçüleri, gün ışığını etkileyen temel üç faktör olarak sayılabilir (Vaisi & Kharvari, 2019). Bu faktörlerden birincisi olan, cephe pencere ölçüsünün belirlenmesinde ise temel üç faktörün doğrudan etkili olduğu bilinmektedir (Athanasios Tzempelikos & Athienitis, 2007). Bunlardan birincisi, mekâna gün

ışığının alınmasıdır ki; yeterli ölçülerde tasarlanan pencere, gün ışığının iç mekâna alınmasında doğrudan etkili iken, gereğinden büyük ölçülerde tasarlanan pencerenin özellikle güneye bakan cephelerde kamaşma sorunları yaratabileceği ifade edilebilir. Tzempelikos, pencere ölçüsü belirlenmesinde etkin diğer faktörleri, aydınlatma, ısıtma ve soğutma amaçlı olarak kullanılan enerjinin azaltılması olarak ifade etmektedir (Athanasios Tzempelikos & Athienitis, 2007). Binalardaki enerji tasarrufu konusunda Avrupa Birliği'nin EN 15193 (Energy Performance of Buildings' Energy Requirements, 2007) standardı, aydınlatma sistemlerini binanın enerji performans değerlendirmesi için uygun bir unsur olarak görmesi, güneşli yapı tasarımlarında daha önemli bir faktör durumuna getirmiştir (Bellia, Cesarano, Iuliano, & Spada, 2008).

Güneşli Faktörünün; "Gök", "Dış Yansımış", "İç Yansımış" olmak üzere üç bileşenden oluştuğu bilinmektedir. Gök bileşeni, sky component olarak da ifade edilen, gökten dolaysız olarak içeri giren ve gözlem noktasına ulaşan güneşliyi ifade etmektedir. "Externally reflected component" olarak literatüre geçen dış yansımış bileşen, gökten gelen ışığın dış yüzeylerdeki engeller üzerinden yansıyarak gözlem noktasına ulaşması olarak tanımlanmaktadır. Bina içerisindeki gözlem noktasına, binayı çevreleyen diğer yapılar, zemin kaplamaları, saydam yüzeylerden yansıyan ışık bu kapsamda ele alınmaktadır. Pencereyi geçen gün ışığının, iç yüzeylerde yansıyarak gözlem noktasına ulaşması ise, iç yansımış bileşen (internally reflected component) olarak ifade edilmektedir (Resim 4) (Arpacioğlu, 2010).

Güneşli konusunda yapılmış bilimsel araştırmalara bakıldığında, bazı ülkelerin belirli mekânlar için sınır değerleri belirlenmektedir. Yapıda cephenin ışık performansı olarak ifade edebileceğimiz güneşli faktörü, dış ve iç mekân arasındaki doğal ışık oranı olarak açıklanabilir. Bu oranda %2 altı ve %5 üstü değerlerinin genel anlamda memnuniyetsizlik sınırını oluşturdukları ifade edilebilir. %2 altı değer, yetersiz güneşliyi; %5 üstü değer,



Resim: 4
Güneşli Faktörü (Daylight Factor DF)
bileşenleri (Arpacioğlu, 2010).

kamaşma sınırını ifade etmektedir. Mimari form ve tasarım stratejilerinin belirlenmesinde güneşli limitlerine uyumluluk; yapının enerji, konfor, insanın fizyolojisi ve psikolojisi gibi birçok alana uygun mimari özellikler taşımasına yardımcı olacağı gibi, yapının estetik görünüm ve başarısına da katkı sağlayacaktır (Taşoluk, 2014).

2.3 Güneşli Kamaşma Faktörü

Kamaşma uygun olmayan bir parlaklık dağılımından kaynaklanan, görsel performansı, ayrıntıları ve nesnelere tanımlama yeteneğini düşüren, görme duyusunda kısmi rahatsızlığa neden olabilen özel durum olarak tanımlanmaktadır (Bellia et al., 2008). Güneşli Kamaşma Faktörü, güneşli ile doğrudan bağlantılı bir faktördür. Doğrudan güneş ışığı ve iç, dış yüzeylerden gelen ikincil yansımaya ile ilişkilidir. Özellikle kullanıcının mekânı, yer değiştirmeden kullandığı, ofis, okul, fabrika gibi yapılarda önem taşımaktadır. İnsan üzerindeki etkisi kapsamında; psikolojik (discomfort glare), fizyolojik (disability glare), köreltici kamaşma (blinding glare) olmak üzere üç grupta incelenebilir (Kılıç, 1994). Bu üç grup, oluşma durumlarına göre kendi içlerinde, dolaysız kamaşma (direct glare) ve yansımaya kamaşması (reflected glare) olarak ele alınmaktadır (Bellia et al., 2008).

Kamaşmanın oluşmasındaki etkenler, günümüzde halen tam olarak bilinmemekle birlikte (Pierson, Wienold, & Bodart, 2017); literatürde karşılaştığımız bazı etkenleri şu şekilde sıralayabiliriz (Kılıç, 1994):

- Kaynağın büyüklüğu ve ışıklılığı
- İlgili doğrultudaki ışık yeğinliği

- Kaynağın görme alanındaki konumu
- Ortamın genel ışıklılığı
- Görsel işlevin süresi

Kamaşma oluşmasındaki etkenlerin, aydınlatma ile ilgili, şartlar ile ilgili ve konu ile ilgili olmak üzere üç ana grupta ele alındığı görülmektedir. Yapılan bu çalışmada daha önceki araştırmalar üzerinden belirlenen faktörler; kesin, muhtemel, kesin olmayan gibi etki olasılıkları ile değerlendirilmiştir (Pierson et al., 2017). Bu değerlendirme başlıkları arasında; parlama kaynağının parlaklığı, adaptasyon seviyesi, kontrast etkisi, gözlemci tarafından görülen parlama kaynağının boyutu gibi faktörler kesin etki sınıfında; görüş açısı, günlük zaman dilimi, görev zorluğu, önceki aydınlık ortam gibi faktörler muhtemel etki sınıfında; duygusal durum, kafein alımı, yiyecek alımı, yorgunluk gibi faktörler kesin olmayan etki sınıfında değerlendirilmiştir.

Kamaşma konusunda yapılan araştırmalarda, sonuçlar arası analitik değerlendirme ve rahatsızlık derecesi, çeşitli modeller ile açıklanmakla birlikte, evrensel bir metot bahsetmek mümkün görülmemektedir. Kamaşma öngörüsüne yönelik kullanılmakta olan modeller Güneşli Kamaşma Endeksi (DGI - Daylight Glare Index) veya Güneşli Parlama Olasılığı (DGP - Daylight Glare Probability) isimleri ile ifade edilmektedir (Pierson et al., 2017). Bina içinde belirlenen bir gözlem noktasındaki kamaşma durumunu ölçmek üzere, DGP ve DGI dışında bazı güneşli kamaşma tahmin modelleri de kullanılmıştır. Diğer tahmin modelleri, BGI (British Glare Index), CGI (CIE Glare Index), UGR (CIE Unified Glare Rating) isimleri ile bilinmektedir. Bu tahmin modellerinden DGI, UGR ve DGP'nin en yoğun kullanılan modeller olduğu ifade edilebilir (Hamedani et al., 2019).

Tablo: 2
Kamaşma etkisi matematiksel fonksiyonu ve dört temel değişken (Hamedani et al., 2019).

$G = \left(\frac{L_s^e \cdot \omega_s^f}{L_b^g \cdot f(P)} \right)$	
G	: Kamaşma
L_s^e	: Parlama Kaynağının Parlaklığı
ω_s^f	: Kaynak ile Gözlemci Arasında Oluşan Açık
L_b^g	: Arka Planın Parlaklığı
$f(P)$: Pozisyon Endeksi

Türk Standartları Enstitüsü'nün 2013 yılında yayınladığı, EN 12464-1 (2002) standardı üzerinden hazırlanan, TS EN 12464-1 nolu standart, rahatsız edici kamaşma yöntemi olarak CIE Birleşik Göz Kamaşması Değeri (UGR) tahmin modelini temel almakla birlikte, bu konuda standart bir yöntemin olmadığına da vurgu yapar (Türk Standartları Enstitüsü, 2013) Tahmin yöntemleri konusunda yaptığımız literatür araştırmasında, bu yöntemlerin, yüksek parlama kamaşmaları tahmini noktasında yetersiz kaldıklarını ifade eden bazı değerlendirmelere rastlanmıştır (Suk & Schiler, 2012).

Bu tahmin modellerinin, temel olarak dört fotometrik değer odaklı çalıştığı bilinmektedir (Tablo 2). Kamaşma etkisi ile ilgili yapılan fiziksel ölçümler ve algılanan parlama arasındaki ilişkiyi, bu dört temel değişken üzerinden tanımlayan bir matematiksel fonksiyon da türetilmiştir (Hamedani et al., 2019). Pierson, Wienold ve Bodart, kamaşma tahmini üzerine yazdıkları makalede (Pierson, Wienold, & Bodart, 2018), kamaşmayı etkileyen bu dört temel matematiksel değer ilk olarak 2015 yılı yapılan bir çalışmada (Khanie, Wienold, & Andersen, 2015) tanımlandığını ifade eder.

2.4 Güneşli Aydınlanma Oranı Faktörü

Güneşli Etkinliği (DAR - Daylight Availability Ratio) analiz yapılan mekân için öngörülen aydınlık düzeyi seviyesinin o mekân için yeterlilik oranını vermektedir. Mekân işlevine uygun saat aralıkları diliminde, yıl içerisinde bahar aylarında, yaz aylarında ve kış aylarında analiz yapılarak güneşli etkinliği belirlenir. DAR, aydınlatma enerjisi ve görsel konfor ile yakın ilişkili ve yılın farklı zaman dilimlerinde farklılık gösteren bir parametredir (Athanasios Tzempelikos, 2005).

DAR hesaplamaları tüm yılı kapsayan akademik çalışmalarda kullanılan ve literatürde diğer faktörlere göre görece daha az karşılaşılan fakat önemli bir değerlendirme kriteridir. Fakat tasarımcıların bu uzman hesaplamaları tüm yıl için yapmaları bir akademik çalışmayı gerektireceğinden, oluşturulan modelde DAR'ın, yılın en az dış aydınlığa sahip olduğu kabul edilen 21 Aralık günü, kapalı hava şartlarında hesaplanmasının ve mekânsal yeterliliğe ba-

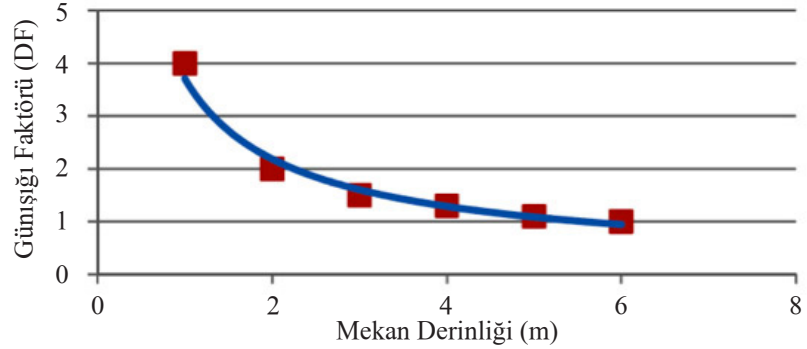
kılmasının tasarımcıya daha hızlı ve pratik bilgi üreteceği kabul edilmiştir. Bu nedenle kriterin ismi de literatürde karışıklığa neden olmamak için “Günüşiği Aydınlanma Oranı” olarak belirlenmiştir.

Biraz daha açıklamak gerekirse, Aydınlik Düzeyi ve Günüşiği Faktörü (DF) ölçümlerinde mekânın ortalama değerlerine bakılmaktadır. Bazı mekanlarda ortalama değer tutturulmasına rağmen, mekân içinde bulunan kullanıcılar için mekânın büyük çoğunluğunda bu değerlerin sağlanması tasarım kalitesi açısından büyük öneme sahiptir. İleriki bölümlerde anlatılacak Düzgünlük Faktörü’nden farklı olarak, mekânın gerekli Aydınlik Düzeyi seviyelerinin homojen dağılıp dağılmadığı, belirli yerlerde ışık toplanmalarının ya da yetersizliklerinin olup olmadığı bu faktörle anlaşılabilir. Bir mekân için gerekli Aydınlik Düzeyi’nin 300 lx olduğu bir durumda, mekân hesaplamalarında ortalama aydınlık düzeyi bu değeri sağlasa bile mekânın 300 lx’ün altında kalan yüzdesi tasarım kalitesi açısından değerlendirilmelidir.

Standart ve yönetmeliklerde olmayan bu konu daha çok akademik çalışmalarda cephenin performans kriteri olarak kullanılmıştır. Bu nedenle olması gerekli sınır değerleri mevcut değildir. Hazırlanan modelde bu konu ile ilgili alınan kararlar da diğer faktörler gibi gerektiğinde değişebilir, gelişebilir niteliktedir. Literatüre bağlı olarak dış aydınlığın bulunduğu yılın tüm zamanlarında mekânın aydınlık yeterliliğinin %80’in üzerinde olması öngörülmüştür.

2.5 Günüşiği Düzgünlük Faktörü

Günüşiği Düzgünlük Faktörü (GDF), aydınlatılmış bir mekanın en karanlık noktadaki aydınlık düzeyinin, mekanın ortalama aydınlık düzeyine oranıdır (YTÜ, 2019). Mekanlar arasında geçişlerde veya aynı mekan içerisinde aydınlık düzeyinde bir fark oluşması durumunda bu geçiş kontrollü şekilde yapılarak, kamaşma veya karanlık alanlar oluşması engellenmelidir (T.Arpacioğlu, 2010). Svetlana Olbina 2005 yılında tamamladığı doktora çalışmasında, Günüşiği Faktörü’nün mekan içerisindeki farkının %30’u geçmeyecek şekilde ($DF_{min}/DF_{ortalama} \geq 0.3$)



Grafik 1: Günüşiği Düzgünlük Faktörü (GDF) grafik gösterimi.

tasarım yapılması gerektiğini belirtmiştir (Olbina & Beliveau, 2010). Bu tanıma göre; Arpacioğlu’nun geliştirdiği, Günüşiği Öncelikli Fiziksel Çevre Tasarım Destek Modeli’nde, cepheden mekan içindeki en derin noktaya doğru bir metre aralıklarla seçilen tasarım noktalarının aydınlık değişimini gösteren Günüşiği Düzgünlük Faktörü grafik gösterimi aşağıda Grafik 1’de belirtilmiştir (Arpacioğlu, 2010).

Düzgünlük faktörü, birim alana düşen ışık şiddetinin minimum olduğu noktanın, ortalama aydınlığa oranı olarak da tanımlanmaktadır. İç mekanlarda görsel konfor koşullarını sağlamak ve kontrast farklarının oluşumunu kontrol etmek için düzgünlük faktörü gereklidir (Yılmaz, 2016).

Yapı sektörüne enerji verimliliği konusunda yön veren yeşil bina sertifikalarında da düzgünlük faktöründen “günüşiği” başlığı altında bahsedilmektedir. Bu sertifika sistemlerinden BREEAM (Building Research Establishment’s Environmental Assessment Method) ilk olarak 1990 yılında İngiltere’de kullanılmaya başlanan, daha sonra tüm dünyada kabul görmüş olan bir yeşil bina sertifika sistemidir. Bu sertifika sisteminde amaç bir binanın çevreye etkisi ve verimlilik performansının standartlar ile ilişkilendirilerek ölçümünün yapılmasıdır. Aydınlatma da kişinin psikolojik ve fiziksel koşullarını en çok etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. BREEAM’de günüşiği bölümünde, gerekli ortalama günüşiği faktörünün minimum değerlerini belirten Tablo 3 aşağıda gösterilmiştir (BRE, 2011).

Günüşiği düzgünlük faktörünü sağlamak için,

a) En az %3 düzgünlük oranı veya Tablo 3’teki ortalama günüşiği faktörü değerinin

Bina tipi / arsa tipi	Krediler	İstenilen ortalama gün ışığı faktörü	Uyulması gereken asgari alan (m ²)	Diğer şartlar
İç mekan birleşme veya iç avlu alanı		%3	%80	En az 0.7 düzgünlük faktörü oranı ya da minimum %2.1 gün ışığı faktörü

Tablo 3
Gerekli ortalama güneşli faktörünün minimum değerleri.

en az %3 katı “minimum nokta güneşli faktörü” gerekmektedir. Orta avlular gibi üstü cam çatı ile kaplı boşluklar, Tablo 3’teki ortalama gün ışığı faktörü değerinin en az %7 katı bir minimum eşitlik oranına veya en az %7 gün ışığı faktörüne sahip olmalıdır (BRE, 2011).

b) İç mekanların en az %80’i masa veya masa üstü yüksekliğinden dışarı bakıldığında nitelikli bir gökyüzü manzarasına sahip olmalıdır (konut yapılarında yerden 0.85 m yükseklikte, ofis vb. işlevli diğer binalarda 0.7 m yükseklikte) (BRE, 2011).

c) Oda derinliği kriteri şu şekilde karşılanmalıdır: $d / w + d / HW < 2 / (1-RB)$

d = oda derinliği, w = oda genişliği, HW = Zemin seviyesinden pencere yüksekliği, RB = odanın arka yarısında yüzeylerin ortalama yansımaları

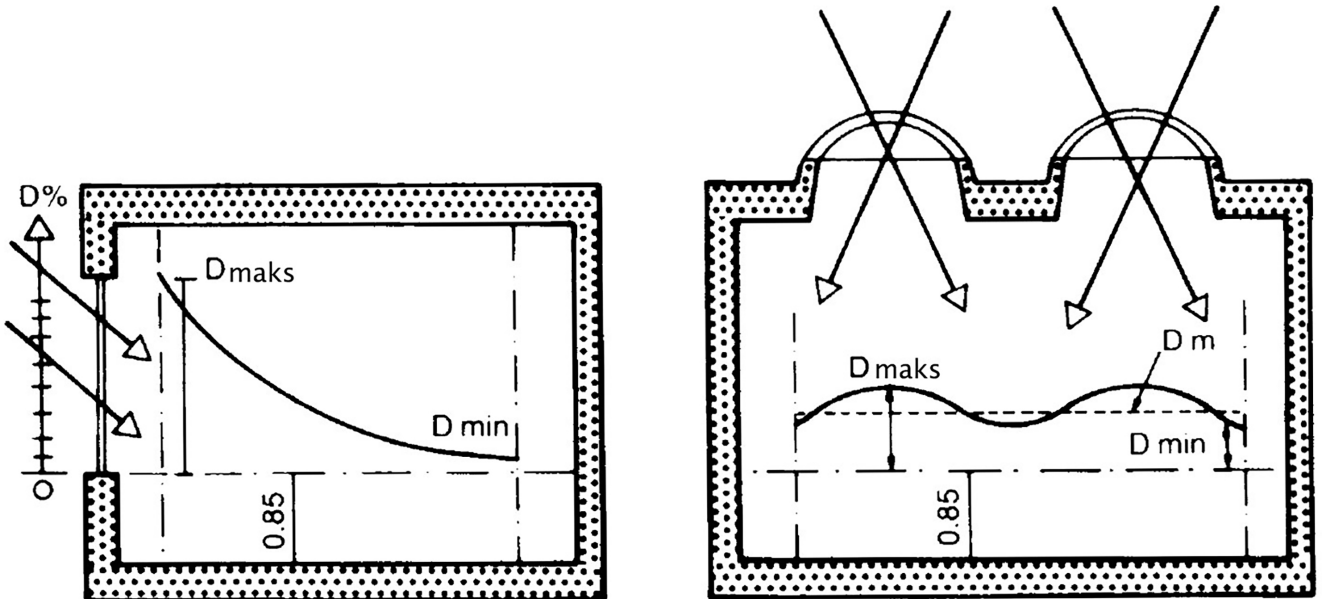
Güneşliğin cepheden veya tavadan alınması da düzgünlüğü etkileyen önemli bir faktördür. G ile ifade edilen güneşli aydınlatmasının homojenliği (D_{min} / D_{max} olarak nitelendirilen), cephedeki düşey bir doğramadan alınan ışık durumunda $G \geq D_{min}/D_{max} 1:6$ olmalıdır. Tavandan gelen

ışık durumunda ise $G \geq D_{min}/D_{max} 1:2$ olmalıdır. Bu tanımlama iç alanlardaki güneşliğin değişimini tarif eder. Düzgünlük faktörü, üstten aydınlatma durumunda daha iyidir, çünkü tepe ışığı parlaklığı ufuktaki parlaklıktan üç kat daha fazladır (Resim 5) (Neufert, 2002). Duvarda ise, duvarın yansıtıcılığı ile düzgünlük arasındaki ilişkiye bakılırsa, daha yüksek bir duvar yansıtmasının doğrusal bir şekilde daha yüksek bir tek düzgünlükle sonuçlandığı görülmektedir (Mangkuto, Rohmah, & Asri, 2016).

Düzgünlük faktörü, okul (derslik), ofis (çalışma alanları) ve dükkân (ticari alanlar) gibi iç mekânda homojen bir aydınlığın gerekliliği olduğu işlevler için büyük önem taşır. Ticari alanlarda göze hitap eden ortamların yaratılması için Tablo 4’te verilen düzgünlük faktörü kriterleri yerine getirilmelidir (Yılmaz, 2016).

Eğitim alanlarında da kaliteli bir eğitimin söz konusu olabilmesi için ışığın eşit şekilde mekânda dağılması önem arz eder. Sınıf ortamındaki güneşliğin kullanılabilirliği, öğretmen ve öğrencilerin görsel işlerini kolaylıkla yapabilmelerini sağlayacak kadar yüksek olmalıdır. Bununla birlikte

Resim 5
Düzgünlük: Cepheden gelen ışık (soldaki oda) ve tavadan gelen ışık (sağdaki oda) (Neufert, 2002).



günüşiği sınıf içerisinde eşit olarak dağıtılmalıdır. Günüşiğinin iç mekandaki aşırı dağınık yayılımı öğrencilerin görsel işlerini yapmalarını zorlayabilir (Costanzo, Evola, & Marletta, 2017).

Cephedeki güneş kırıcılar düzgünlüğün sınıf içerisine yayılmasına engel olur çünkü sınıfta ışık tek bir cepheden gelmektedir. 6 metreden daha derin olan sınıflarda, aydınlık olan cephe tarafı ile odanın diğer ucu arasındaki kontrastı artıran aydınlık seviyelerinde bir fark vardır. “Guide for Daylighting Schools” kitabına göre sınıfın yeterince günüşiği alabilmesi için cam cephe oranının sınıf tabanına oranı %8-%11 arasında olmalıdır (A Tzempelikos & Athienitis, 2015).

2.6 Yıllık Günüşiği Etkinliği Faktörü

Geliştirilen Modelde Yıllık Günüşiği Etkinliği Oranı, bir mekân için yıllık yapay aydınlatma gerektirmeden günüşiği ile gerekli aydınlık düzeyini sağlama oranı olarak kabul edilmiştir. Yapay aydınlatmanın dolaylı olarak kullanılmama oranını vermektedir. Tasarlanan mekân için ortalama günüşiği faktörü bilgisi ile belirlenen yapay aydınlatma kapalılık oranı, o mekân için gerekli aydınlık düzeyinin değerine bağlı olarak bulunabilmektedir. Yapay aydınlatmanın kontrol biçimi de günüşiği aydınlanma oranını belirlemede etkili olmaktadır (BRE, 1985).

Günüşiği aydınlanma oranının, geliştirilen modelde tasarımcı eğilimine göre ve fonksiyona göre değişiklik göstermekte olduğu, iklimsel bölgeye göre ise değişiklik göstermediği kabul edilmiştir. İşleve göre değişen günüşiği aydınlanma oranı seviyeleri, mekânın kullanımları arasındaki farklılıklara göre değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Günüşiği aydınlanma oranı ile ilgili yapılan çalışmalar, olması gereken sınır değerleri belirleyebilmek için oldukça sınırlıdır. Bu nedenle literatüre bağlı kabule dayalı olarak minimum sınır değerleri kabul edilmiştir. Literatüre bağlı olarak, standartlarda gerekli görülen aydınlık düzeyi şartlarını mekânın %80’inin sağlaması gerektiği öngörülmüş ve 21 Aralık günü, saat 12.00 için kapalı hava şartları seçilerek hesaplamalar yapılmıştır.

EN 12464 Standart	U _o
Satış Alanı	0.4
Kasa Alanı	0.6
Paketleme Alanı	0.6
SLL Aydınlatma El Kitabı	U _o
Genel profil (Dükkan tipinden bağımsız olarak)	en az 0.7
IESNA Aydınlatma El Kitabı (dükkan tiplerine göre)	U _o
Büyük mağaza (genel satış)	0.33–0.66

3. Aktif Günüşiği Tasarımı Destek Modeli

Tasarım sürecinde mimarlar analitik yapıda rasyonel kararlar verdikleri gibi içgüdüsel, keyfi kararlar da verebilmektedirler. Fakat fiziksel çevre değerleri ve teknik konular ile ilgili karar mekanizması çoğunlukla analitik yapıda gerçekleşmektedir. Bu süreçte tasarımcının tecrübesi ve bilgi birikimi, tasarımın o andaki sorunlarını belirlemede öncelikli rol oynamaktadır. Mekân tasarımında günüşiği değerlerinin etkinliğinin artırılması için oluşturulacak modelde, günüşiği ekseninde detaylanan ve mekânın aktif günüşiği tasarımını sağlayacak bir kapsam belirlenmiştir.

3.1 Amaç ve Hipotez

Bir “Tasarım Destek Modeli” olan ve mekânsal kalitenin artırılmasını amaçlayan bu çalışma, günüşiği ve günüşiğime bağlı tasarım kriterleri ile bu kriterlere bağlı tasarım değişkenlerini ele almaktadır. Böylece günüşiği konusunda tecrübesiz bir mimarın bilgi birikimi desteklenmiş ve tasarımın günüşiği sorunlarının çözümü ile ilgili destek sistemi kurulmuş olacaktır. Hazırlanan çalışmada, erken tasarım evresinde, günüşiği değerlerini tasarım sürecine dâhil edecek bir yöntemin oluşturulmasının maliyet ve zamandan tasarruf sağladığı gibi bütünleşik mekân kalitesini de arttıracığı öngörülmüştür.

Geliştirilen “Kurgu Modelin” dayandığı hipotezler şu şekilde sıralanabilir.

- Mimarın “Aktif Günüşiği Tasarımı” konusunda gösterdiği karar verme davranışı modellenabilir.

- Tasarımı etkileyen günişığı verileri birbirleriyle kesin olarak ilişkilidir. Dolayısıyla fiziksel çevre sorunlarının tek başına değil, bütünleşik ele alınarak çözümlenmesi toplam kaliteyi artırarak tasarım sürecine destek olur.
- Tasarımda günişığı değerlerinin tasarım sürecine dâhil olma aşamasının öne çekilmesi, erken tasarım evresinde tasarımcının fark etmediği ya da önemsemediği birçok konfor sorununu çözümlenerek, tasarımın gelişmesine, esneklik kazanmasına, zaman tasarrufuna ve maliyetin düşmesine olanak tanır.
- İşleve, tasarımcı eğilimine, yönelmeye ve iklimsel verilere göre değişen çözümlenme aşaması, tasarımın sorunlarının daha net ortaya çıkmasını ve bu sorunlara karşı çözümlerin erken tasarım aşamasında daha kolay bulunmasını sağlamaktadır.
- Tasarımcı için rehber niteliği taşıyan tasarım değişkenleri ile Günişığı Kriterleri ilişki değerlendirmesi, tasarımın günişığı sorunlarına bütünleşik ve daha verimli çözüm bulunmasını sağlar.

3.2 Modelin Yöntemi

Günişığı konusunda, özellikle erken tasarım aşamasında kullanılması amaçlanan modelin yaklaşımı öncelikle bilgi birikimi oluşturmak ve tecrübeli tasarımcıların teknik yaklaşımlarını model alarak, bu konuda daha az bilgiye ve tecrübeye sahip tasarımcıya destek sistemi oluşturmaktır. Model ile ilgili tecrübesi olan uzmanların günişığı tasarımı konusundaki yaklaşımlarını sistematik biçimde ortaya koyarak bir yaklaşım oluşturmayı amaçlar. Model sadece günişığın temel konularını erken tasarım aşaması için ele alır.

Modelin ele aldığı problem; günümüzde tasarımcıların tasarım girdilerinin artmakta oluşu ve bu girdiler sonucunda çoğunlukla yönetmeliklerin öngördüğü tasarım problemlerinin çözümlerine ağırlık verilmesidir. Bu durum günişığı gibi görsel konforun yanında ısısal konfor ve enerji performansını etkileyen fakat yönetme-

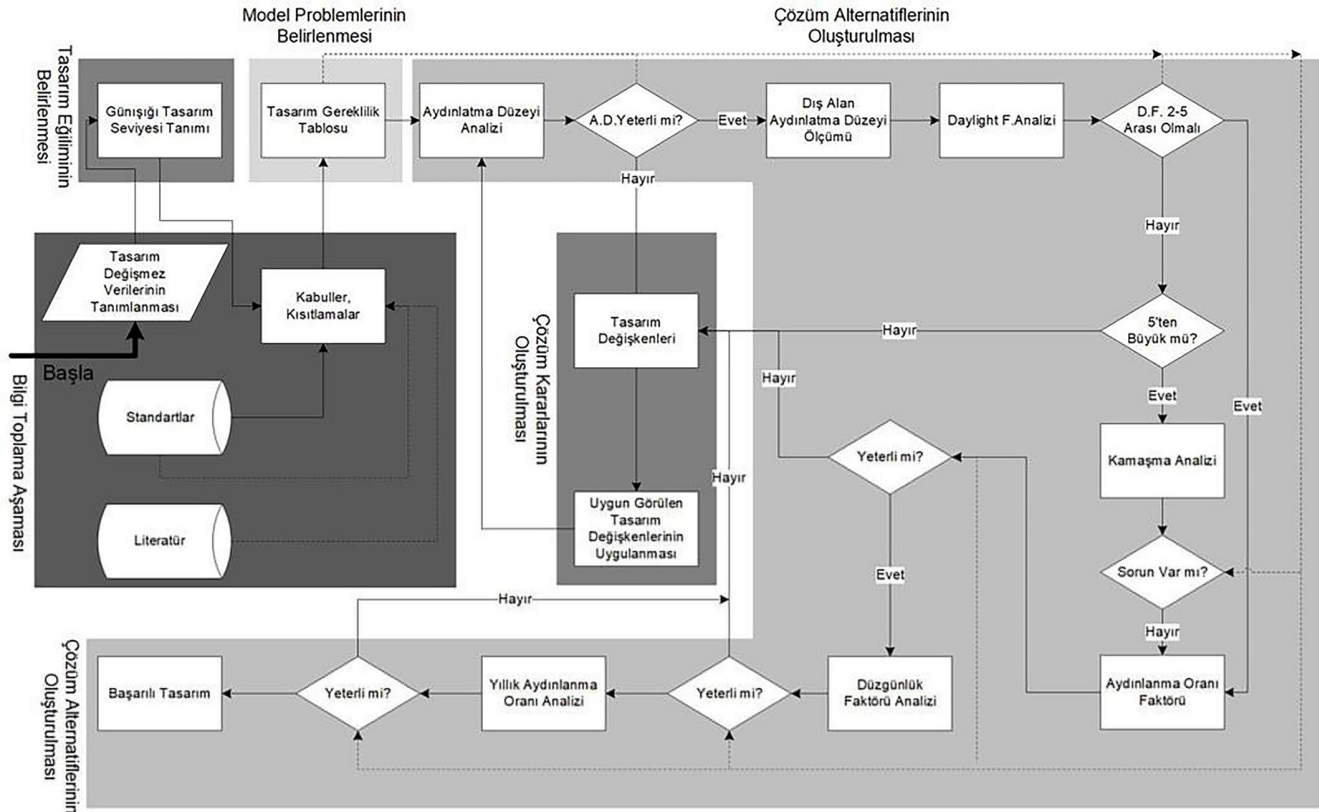
liklerde sınırlı derecede ele alınan teknik konularda tasarımın görece zayıflamasına neden olmaktadır.

Modelin hipotezi, “Günişığı Etkinliği Konusunda Tecrübeli Bir Mimarın Tasarım Yaklaşımları Modellenebilir” şeklinde yazılabilir. Bu konuda uzmanlığı olan akademisyenler ve piyasa tecrübesi olan kişilerden uzman görüşü yöntemini kullanarak bir platform çalışması yapılmıştır. Çalışmaya 3 akademisyen, 3 doktora öğrencisi, 2 piyasada günişığı konusunda çalışan uzman çağrılarak görüşleri alınmış, model içinde kullanılan akış ve çözüm ağırlıkları revize edilmiştir.

Çalışma yöntemi olarak, uzman tasarımcının tasarıma yaklaşım sistematigi ve öncelikleri ilk aşamada yapılandırılmıştır. Daha sonra mekânın işlevsel farklılıklarının günişığı kriterlerine göre öncelikleri belirlenmiş ve tasarım eğilimlerinin de günişığı çözümlerinde farklılık gösterebileceği kabulüne dayanarak model akışı yapılandırılmıştır.

Model içinde kullanılan kriterlerin hesaplama ve sonuç üretme sistemi, özellikle bu konudan anlamayan tasarımcıların uygulayabileceği seviyede tutulmaya çalışılmıştır. Konunun uzmanlarının kriterler için gerçekte uygulayacakları hesap ve analiz yöntemlerinin daha kapsamlı ve doğru sonuç üreteceği unutulmamalıdır.

Model, erken tasarım evresinde tasarımcıya Günişığı Tasarımı konularında destek olmak için tasarım sürecine dâhil olmakta ve model sonuçları tasarımcı tarafından değerlendirilmektedir. Tasarım değişkenleri ile günişığı kriterleri arasındaki ilişki tasarımcıya tanımlanarak, tasarıma özgü bütünleşik çözümlerin oluşturulması sağlanmaya çalışılmaktadır. Model bir döngüden oluşmaktadır. Model için gerekli bilgi toplandıktan sonra, tasarım önerilerinin tasarımcı tarafından yeniden değiştirilmesi ile modelin çözümlenme aşamasına geri dönmektedir. Tüm sorunlar çözümlenip model akışı tamamlandığında ise tasarımın görece günişığı aktif bir tasarım olması sağlanmış olur. Model bu yönü ile “Kurgu Model” olmasına rağmen tasarımcı ile etkileşen bir değişkenlik de sağlamaktadır.



Resim: 6
Günüşüğü Tasarım Destek Modeli Algoritması
ve Akışı.

3.3 Günüşüğü Destek Modeli Akış şeması

Geliştirilen model, akış şemasında görüleceği üzere, hiyerarşik beş aşama üzerine kurgulanmıştır (Resim 6):

- Bilgi Toplama Aşaması
- Kısıtlamaların ve Tasarım Eğiliminin Belirlenmesi Aşaması
- Çözümleme (Analiz) ve Problemlerin Belirlenmesi Aşaması
- Çözüm Alternatiflerinin Oluşturulması Aşaması
- Çözüm Kararlarının Oluşturulması Aşaması

Modelin işleyişi şematik olarak Resim 6'da gösterilmektedir.

3.3.1 Model Bilgi Toplama Aşaması

Tasarımcı tasarım süreci içinde birçok ön karar oluşurmaktadır. Tasarım sürecinde alınmış tüm kararlar ve süreçteki tasarımın durumunu içeren bilgiler model için girdi oluşurmaktadır. Bilgi toplama aşamasında "model-tasarım girdileri" iki grupta incelenmektedir. İlki, tasarım sürecinde değişmedi-

ęi, model akışı süresince de değişmeyeceği kabul edilen girdilerdir. İkincisi, tasarımcının tasarım sürecinde değiştirebileceği, müdahale edebileceği tasarım değişkenleridir. Tüm model girdilerinin düzenlendiği aşamaya "Bilgi Toplama Aşaması" ismi verilmektedir. Bilgi toplama aşaması aşağıdaki başlıklar altına toplanabilmektedir.

- Tasarım Süreci Boyunca Değişmez Veriler
 - o Tasarımcıya Bağlı Olmayan Değişmez Veriler
 - o Tasarımcıya Bağlı Olan Değişmez Veriler
- Tasarım Süreci Boyunca Değişebilen Veriler

Tasarım evresinde, mekânın tasarım sürecinde değişkenlik gösterebilecek özellikleri, geliştirilen model için Değişken Model-Tasarım Girdileri'ni oluşurmaktadır. Bu değişken girdiler, aynı zamanda modelin günüşüğü problemlerine karşı ele aldığı ve derecelendirdiği sorunlara öneride bulunduğu çözümlerini oluşurmaktadır.

Değişmeyen girdiler ise model çözümleme aşaması için hazırlanan Tasarım Gerekliklik Tablosu'nu oluşturan girdilerdir. Örnek vermek gerekirse, bir tasarımın bulunduğu konum, iklim, işlev gibi verilerin tasarım süreci boyunca değişmeyeceği ama tasarımın sorunlarının belirlenmesi için de kullanılacağı kabul edilmelidir.

3.3.2 Tasarım Önceliklerinin Belirlenmesi ve Kıstasların Oluşturulması Aşaması

Modelin akış şemasında, Resim 6'da görüldüğü gibi ilk aşamada tasarımcı bir işlev tanımlı yapmaktadır. Tasarım için değişken olmayan ama çözümleme aşamasını ve "Tasarım Gerekliklik Tablosu" nu etkileyen verilerin girişi ve tanımlaması yapılmaktadır. Model gerekli standartlar, yönetmelikler, bazı durumlarda ise günişığı literatürüne bağlı kalarak bir Tasarım Gerekliklik Tablosu oluşturur. Burada tasarımcının eğilimlerini de dikkate almak yararlı olacaktır. Tasarımcı kimi zaman daha yüksek seviyede günişığı çözümü beklerken kimi zaman da gerekliliklerle yetinmektedir. Bu durumu örnek ile açıklamak gerekirse, bir okul yapısında sınıfların tasarımı ele

aldığında, bazı tasarımcılar yüksek önceliği günişığı ve konfora verirken, bazıları bu kriterleri aynı derecede öncelikli bulmaktadır. Bu durumun birçok sebebi vardır fakat bu konu ele alınan modelin kapsamı dışındadır. Model, bu tasarım seviyesi farklılıklarını bir tasarım gerçeği kabul ederek, Günişığı Kriterleri için tasarım öncelik seviyelerini belirlemiştir.

Tablo 5'te, en düşük seviye 1 en yüksek seviye 5 olarak ifade edilmek üzere, 1-5 aralığında derecelendirme yapılarak belirlenen işlevler için öncelikli olması gereken Günişığı Kriterleri belirlenmiştir. Tasarım aşamasında hangi seviyelerin dikkate alınacağını belirlemek için 3 Tasarım Seviyesi oluşturulmuştur.

- A Tasarım Seviyesi (Seviye no 2, 3, 4 ve 5 için): Tamamen Günişığına Bağlı Tasarım
- B Tasarım Seviyesi (Seviye no 3, 4 ve 5 için): Aktif Günişığı Tasarımı
- C Tasarım Seviyesi (Seviye no 4 ve 5 için): Standart Tasarım

Tasarım seviyelerinin çeşitlenmesi amaca yönelik günişığı çözümlerine destek

Resim: 5
İşleve göre Günişığı Kriterleri tasarım öncelik seviyeleri.

İŞLEV	GÜNIŞIĞINA BAĞLI AYDINLIK DÜZEYİ	GÜNIŞIĞI FAKTÖRÜ	GÜNIŞIĞINA BAĞLI KAMAŞMA	GÜNIŞIĞINA BAĞLI AYDINLANMA ORANI	GÜNIŞIĞINA BAĞLI DÜZGÜNLÜK FAKTÖRÜ HOMOJENİTE	GÜNIŞIĞINA BAĞLI YILLIK AYDINLANMA ORANI
Okul (Derslik)	5	5	5	5	5	5
Ofis (Çalışma Mekanları)	5	5	5	5	5	5
Konut (Yaşam Alanı)	4	3	2	3	2	3
Fabrika (Üretim Alanı)	2	2	4	2	2	2
Müze (Sergi Alanı)	2	2	4	1	2	1
Tiyatro (Salon)	1	1	1	1	1	1
Çok Amaçlı Salon	3	3	3	2	2	3
Spor Salonu (Saha)	3	3	4	3	4	3
Dini Yapı (İbadet Alanı)	2	2	1	1	1	2
İmalathane (Atölye)	3	2	4	2	3	2
Restoran (Yemek Alanı)	4	3	3	3	3	3
Kütüphane(Okuma Salonu)	4	4	5	3	3	3
Hastane (Hasta Odası)	5	5	3	4	4	4

olmaktadır ve gereksiz zaman kayıplarını önlemektedir. Kabul edilmelidir ki tasarımcı için tasarımda günışığı konularından farklı problemlerde vardır. Böylece bilgi toplama aşamasında tasarımcıya bağlı değişmez verilerden biri olarak tasarım seviyesi, gereklilikler tablosu aşamasını etkilemektedir.

Gereklilik Tablosu, tasarımcının fiziksel çevre eğilimine, yapının bulunduğu iklim bölgesi, yapının işlevi ve yönleneşine göre farklı kısıtlamaları içerir. Bu değişken ve oldukça geniş veri tablosu, tasarımcı için değerlendirme yapmayı kolaylaştırmaktadır. Her tasarımın farklılığını ön gören ve tasarımcı ile etkileşimli olarak fiziksel çevre eğilimini belirleyen model, her eğilim seviyesine göre farklı veri oluşturmaktadır. Modelin bu yönü ülkeye ya da iklimsel bölge çeşitliliğine göre değişebilir niteliktedir.

Ayrıca işlevsel farklılık ve gereklilikler de modelde ele alınarak tasarımcı için yol gösterici tanımlamalar yapılmaktadır. Model kapsamında, ilgili işlevin temel birimleri ele alınmakta ve kompleks projelerin, kendi içindeki işlevsel farklılıklara göre modeli birçok defa kullanarak tasarımın alt mekanlarına daha doğru çözüm üretecekleri kabul edilmiştir.

3.3.3 Model Çözümleme ve Problemlerin Belirlenmesi Aşaması

Çözümleme verilerinin değerlendirilebilmesi için her aşamada Gereklilik Tablosuna ihtiyaç vardır. Gereklilik Tablosu çözümleme sonucunda oluşan veri için olması gereken sınır değeri tanımlayan tablodur. Sorgulama sonucunda, öngördüğü sınır değerleri karşılayamayan faktörler “Çözülmesi Gerekli Sorun” olarak kaydedilir.

Modelin bu aşamasında, tasarımın günışığı kriterlerine göre analiz edilmesi ve olası problemlerin belirlenmesi gerekmektedir. Oluşturulan model kurgusal bir model olduğundan dolayı analiz yazılımlarının gelişebileceğini ve değişebileceğini kabul eder. Günümüzde, BIM (*Building Information Modeling*) sürecine dâhil yeni nesil tasarım programları ile analiz sonuç verileri kolay elde edilebilmektedir.

Çözümleme aşamasında, tasarım ile ilgili analiz sonuçlarının alınabilmesi için ilk önce tasarımın analiz yapılabilecek üç boyutlu modelinin olup olmadığı, model tarafından sorgulanmaktadır. Bu aşamada hazır bir üç boyutlu model yok ise analiz sonuçlarının alınabilmesi için üç boyutlu modelin hazırlanması öngörülmektedir.

Daha sonra tasarım içinde bulunan mekânlar değerlendirilerek, model için analiz sonuçlarının alınacağı karar mekânları belirlenmektedir. Bu aşamada tasarım için önemli olan ve tasarıma yön veren mekânlar değerlendirmeye alınmaktadır. Hazırlanan model istendiği takdirde proje içindeki tek bir mekân için de çalışabilmektedir. Örnek vermek gerekirse, okul işlevli bir mimari projede sınıflar, projenin içindeki diğer mekânlardan öncelikli olarak değerlendirilmek istenebilir.

Faktörlerin kendi içindeki hiyerarşik yapısı şu şekilde açıklanabilir: Mekân kalitesi düşünüldüğünde, Günışığı Etkinliği Modülü'nün altı faktöründen ilk akla gelen Aydınlık Düzeyi'dir. Aydınlık düzeyinin yeterli olmadığı bir mekânda, günışığı düzgünlüğünün ya da kamaşma probleminin tasarımcı için daha düşük seviyede öncelikli olacağı öngörülmüştür.

Tasarımın üç boyutlu modeli bilgisayar ortamında fiziksel çevre analizlerinin yapılacağı formata getirildikten ve değerlendirilecek mekânlar belirlendikten sonra analiz sonuçları oluşturmaya başlanır. Oluşturulan modelde günışığının mekân ilişkisini değerlendirmek için kriterler belirlenmiştir. Bu kriterlerin modelin uygulanması ve çözümleme aşamasında kullanımının kolaylaştırılabilmesi için aşağıdaki kabuller yapılmaktadır. Kriterlerin ve kriterlerin ölçütlerinin hatta özellikle çözümleme aşamasında kullanılan hesaplama ve belirleme yöntemlerinin zamana, olanaklara ve literatüre göre değişebileceği kabul edilmiştir. Bu yaklaşım ile model gelişebilir niteliktedir. Çözümleme aşamasında tasarımcının bu konuda uzman olmadığının kabul edilmesinden dolayı oluşturulan model bazı zor hesaplamalar yerine literatüre bağlı kabulleri esas almayı amaç edinmiştir (Tablo 6). Bu tasarıma ve

Güneşli Aydınlik Düzeyi	TS EN 12464-1 standardına göre değerler kabul edilmiştir. Mekanın ortalama değerinin karşılaştırılması kabul edilmiştir. Değerlerin en kötü dış aydınlık kabulü olan 21 Aralık saat 12 de kapalı hava şartlarında hesaplanması öngörülmüştür.
Güneşli Faktörü	Literatüre bağlı olarak %2-5 aralığının yeterliliği kabul edilmiştir. Değerlerin en kötü dış aydınlık kabulü olan 21 Aralık saat 12 de kapalı hava şartlarında hesaplanması öngörülmüştür.
Güneşli Bağı Kamaşma	Literatüre bağlı olarak Güneşli Faktörünün %5 in üzerine çıkması durumunda kamaşma olma ihtimali kabulü öngörülmüştür. Kamaşma hesaplamaları uzman yazılım ve donanım gerekmesinden dolayı bu kriter kabul üzerinden yapılandırılmaktadır. Gerekli destek sitemlerinin tasarımcıda bulunması halinde analiz edilerek sorun belirlenmesi tavsiye edilmektedir.
Güneşli Bağı Aydınlanma Oranı	Literatüre bağlı olarak standartlarda gerekli görünen aydınlık düzeyi şartlarını mekanın %80 inin sağlaması gerektiği ve 21 Aralık saat 12 de kapalı hava şartlarında hesaplanması öngörülmüştür.
Güneşli Düzgünlük Faktörü	Literatüre bağlı olarak mekan içindeki aydınlık fahlıklarının eşitlenmesi yada minimuma indirilmesi için mekanın üç noktasından alınacak ölçümlerin farklarının %30 u geçmemesi öngörülmüştür. Bu değer projeye ve tasarımcıya göre değişebilir nitelikte kabul edilebilir.
Güneşli Yıllık Aydınlanma Oranı	Literatüre bağlı olarak dış aydınlığın bulunduğu yılın tüm zamanlarında mekanın aydınlık yeterliliğinin %80 in üzerinde olması öngörülmüştür. Mekanın tüm kullanım saatlerinin hesabı gerekmekte olduğu için hesaplanamaması durumunda yılın en kötü dış aydınlık seviyesinde üç kullanım saati kabul edilip hesaplama yapılabilir. Mekanın kullanıma başladığı saat , öğlen ve genel kullanımın sona erdiği saat kabul edilebilir.

Tablo: 6
Modelin Çözümleme Aşamasında kullanılan kriterler, kabuller ve kıstaslar.

sürece göre gerektiğinde değişebilir ve gelişebilir bir yaklaşımdır.

3.3.4 Model Tasarım Değişkenleri ve Çözüm Kararlarının Oluşturulması Aşaması

Geliştirilen model, belirlenen sorunların her biri için çözüm alternatifi hesaplamak yerine oluşan sorunlar bütünü için en uygun çözüm alternatifi kümesini oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. Geliştirilen model sorunlara bütünlük çözüm aramaktadır. Bu durum tasarım aşamasının karakteristik özelliklerindedir. Tasarımcı öngördüğü ya da belirlediği tasarım problemlerini çözmek için en mantıksal ve pratik yolu seçmek, aramak zorundadır.

3.3.4.1 Tasarım Değişkenleri

Belirlenen sorunlara karşı modelin oluşturacağı çözüm önerileri “Model-Tasarım Değişken Girdileri”inden oluşmaktadır. Bu girdiler tasarımcının güneşli konularında tasarımda değiştirebileceği tüm kantitatif özellikte mekânsal değişkenleri içerir.

- Pencere Oranı: Cephenin saydam yüzey alanının opak yüzey alanına oranıdır. Cepheye bağlı tasarım faktörlerinden pencere oranı, Güneşli Düzgünlük Faktörü dışında tüm güneşli kriterlerini etkileyen bir değişkendir.
- Pencere Biçimi: Cephede, pencere

oranı ve konumu sabit tutularak uygulanan farklı pencere biçimleri, mekânın farklı bölümlerindeki aydınlık düzeyi dağılımında değişiklik göstereceğinden Tasarım Destek Modelinin değişkeni olarak güneşli kriterlerini etkilemektedir.

- Pencere Konumu: Pencere oranı ve biçimi sabit tutularak pencerenin cephedeki konumunun değiştirilmesi, mekâna giren güneşli farklı bölgelerde yoğunlaştıracağından tüm güneşli kriterlerini etkilemektedir.
- Çatı Penceresi: Tasarım Destek Modelinde; çatı penceresinin pencere oranı, biçimi ve konumundan bağımsız olarak tasarımda kullanılıp kullanılmamasının yarattığı etki hesaba katılmaktadır. Tasarımda kullanılması durumunda mekâna giren güneşli büyük oranda arttıracığından güneşli kriterlerinin değerlerini önemli ölçüde değiştirebilir.
- Cam Geçirgenlik Yüzdesi: 380 – 780 nanometre dalga boyları arasındaki görünür güneş ışığının camdan geçiş yüzdesi olarak tanımlanmaktadır (Şenkal Sezer, 2005). Cephede cam güneşli geçirgenlik yüzdesi yüksek ya da düşük camlar kullanılması mekâna giren güneşli miktarını değiştirmekte ve güneşli kriterlerini etkilemektedir.

- Gölgeleme Elemanı: Gölgeleme elemanının iç mekandaki Aydınlık Düzeyine, anlık ve Yıllık Aydınlanma Oranına ve Günişiği Faktörüne etkisi azdır. Ancak Kamaşmayı engelleyen önemli bir unsur olduğundan tasarım girdisi olarak ele alınabilir.
- Işığı Etkileyen Peyzaj: Peyzaj öğeleri dış mekânda yer alsa dahi iç mekân ile aralarında her türlü aydınlık yüzeyini etkileyen unsurlara sahiptir. Özellikle odunsu gövdeli köklü bitkilerin, yıllık yaprak dökme ve yaprak açma döngüsü sebebiyle iç mekânda yıl boyunca değişen aydınlık oranını etkiler.
- Zemin ve Tavan Tipi: Zeminin ve tavanın formu, dokusu, yüzey kaplama malzemesi, yüzeye düşerek yansıma yapacak günişiğini etkileyen her türlü form, mimarideki aktif günişiği oranını etkiler. Söz gelimi, tavan kaset döşeme olabilir ve formundaki girinti çıkıntılar gölgelendirilmiş alanların oluşmasına yol açabilir.
- Öteleme Teknolojileri: Aynalama sistemleri olarak da bilinen bu teknolojiler sayesinde dış mekandaki günişiğini içeride en köşe noktalara kadar almak mümkündür. Ayna gibi yansıtıcı yüzeyler aracılığı ile günişiği yönlendirilerek iç mekâna yayılabilir. Öteleme teknolojileri, Yıllık Aydınlanma Oranı'nı, Günişiği Düzgünlük Faktörü'nü ve Kamaşma'yı doğrudan etkiler.
- İç Mekân Rengi: İç mekânın rengi, iç mekandaki aktif günişiğini ortalama değerlerin üzerinde etkileyen bir role sahiptir. Renk, günişiğini yansıtıcı veya absorbe edici özelliği nedeniyle günişiği tasarım girdisi olarak ele alınabilir.
- Tefriş: İç mekânda bulunan sabit ve hareketli mobilyalar, taşınmazlar ve diğer her türlü tefriş tanımına girecek dekoratif unsur, iç mekânın aydınlanma oranını ortalama düzeyde etkileyecektir. İç mekânın farklı noktalarının aydınlanmasını etkileyen unsurları oluşturur.

3.3.4.2 Tasarım Değişkenleri İle Günişiği Kriterlerinin İlişkisi

Mimarın tasarımı için düşünebileceği tüm tasarım değişkenleri ile belirlenen sorunlar arasında matematiksel ve mantıksal bir ilişki vardır. Tecrübeli bir mimar, tasarım evresinde özellikle fiziksel çevre konuları için bu mantıksal ilişkiyi kullanarak çözüm oluşturur ya da tasarımında değişiklik yapma kararı verir.

Daha da açıklamak gerekirse model, kriterler arasında hiyerarşik bir yapıda sıralı analiz yapmasına rağmen çözüm alternatiflerinin oluşturulması sırasında diğer kriterlerde sorun olduğu zaman, bütünleşik çözüm olacak seçeneğe öncelik vermektedir. Tasarımcı daha önceden uzmanlar tarafından belirlenmiş ve ilişki puanlaması yapılmış çözüm alternatifleri içinden çözümü değerlendirir. Çözüm önerileri, tasarımın farklı sorunlarının ya da şartlarının olduğu kabulü ile tasarımcı tarafından değerlendirilir.

Tablo 7'deki "İlişki Tablosu", Günişiği Faktörleri ile "Model - Tasarım Değişken Girdileri" arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Bu nedenle model ilk önce İlişki Tablosu'nu kullanarak tüm model-tasarım değişken girdileri içinden çözüm olabilecek alternatifleri oluşturur. Bir mimari tasarımda, belirlenen sorunlara karşı, sorunlar ile ilişkili kriterlerin hiyerarşik yapısı tasarımcının oluşturduğu çözüm kararını etkilemektedir.

Modeldeki hiyerarşi ve tasarım değişkenleri ile kriterler arasındaki çözüm ağırlıkları, 3.2. bölümde açıklanan uzman görüşü yöntemi ve alanda çalışan tecrübeli uzmanlar ile yapılan toplantılar sonucunda, konuların tartışılarak doldurulduğu anket formları ile belirlenmiştir. Tabloda yer alan seviyeler en düşük 1, en yüksek 5 ile ifade edilmiş ve 1-5 aralığında derecelendirme yapılarak seviyeleri belirtilmiştir.

Modelde günişiği faktörlerinin hiyerarşik yapısının, projeye ve tasarımcıya özgü farklılıklar gösterebileceği gibi genelleme yapılarak mantıksal bir önem sıralaması dâhilinde de ele alınabileceği kabul edilmiştir. İstenildiği takdirde tasarımcının isteği doğrultusunda çözüm ağırlıklarının

CEPHEYE BAĞLI FAKTÖRLER	GÜNEŞLİĞİNE BAĞLI AYDINLIK DÜZEYİ	GÜNEŞLİĞİ FAKTÖRÜ	GÜNEŞLİĞİNE BAĞLI KAMAŞMA	GÜNEŞLİĞİNE BAĞLI AYDINLANMA ORANI	GÜNEŞLİĞİNE BAĞLI DÜZGÜNLÜK FAKTÖRÜ HOMOJENİTE	GÜNEŞLİĞİNE BAĞLI YILLIK AYDINLANMA ORANI	TOPLAM
Pencere Oranı	5	5	4	4	2	5	25
Pencere Biçimi	4	4	3	3	2	3	19
Pencere Konumu	3	3	3	4	3	3	19
Çatı Penceresi	5	5	3	5	4	5	27
Cam Geçirgenlik Yüzdesi	3	3	3	3	1	3	16
Gölgeleme Elemanı	1	1	5	1	4	1	13
Işığı Etkileyen Peyzaj	2	1	3	2	1	4	13
Zemin ve Tavan	3	4	3	4	4	4	22
Öteleme Teknolojileri	1	1	5	4	5	5	21
İç Mekan Renk	3	3	4	4	4	4	22
Tefriş	3	3	3	3	4	3	19

Tablo: 7
Tasarım Değişkenleri ve Güneşli Kriterleri İlişkisi tablosu.

hesaplandığı hiyerarşik yapı değişebilir niteliktedir. Fakat geliştirilen modelin ana kurgusu olarak, güneşli tasarımı konusunda tasarımcıya destek verilmesi kabulü ile genel bir hiyerarşi oluşturulmuştur.

3.3.4.3 Çözüm Kararlarının Oluşturulması

Geliştirilen model, çözüm önerilerinin hesaplanması için güneşli konusunda tecrübeli tasarımcıların oluşturdukları değer kararlarını kullanarak tasarım davranışını modellemektedir. Tasarımcı model sonucunda çıkan çözüm ağırlıklarını değerlendirerek tasarımına en uygun çözüm kararını oluşturur.

Geliştirilen Model, "Model-Tasarım Değişkenleri'nin çözüm ağırlıklarını belirledikten sonra en uygun çözüm alternatif kompozisyonunun oluşturulması için tasarımcı ile etkileşimli bir işlem yürütmektedir. Tasarımcı ile etkileşimli işlem sürdürülmesinin nedeni, tasarımcının belirlenen çözüm alternatifleri arasından, çözüm ağırlıklarını değerlendirerek kendi

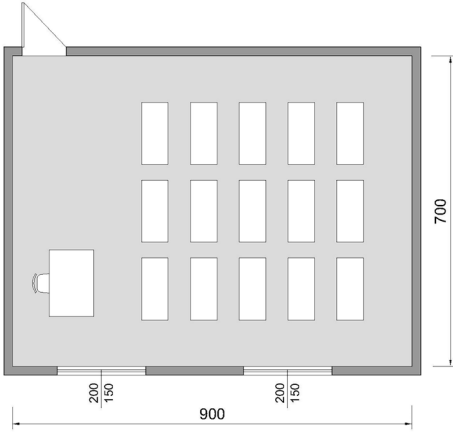
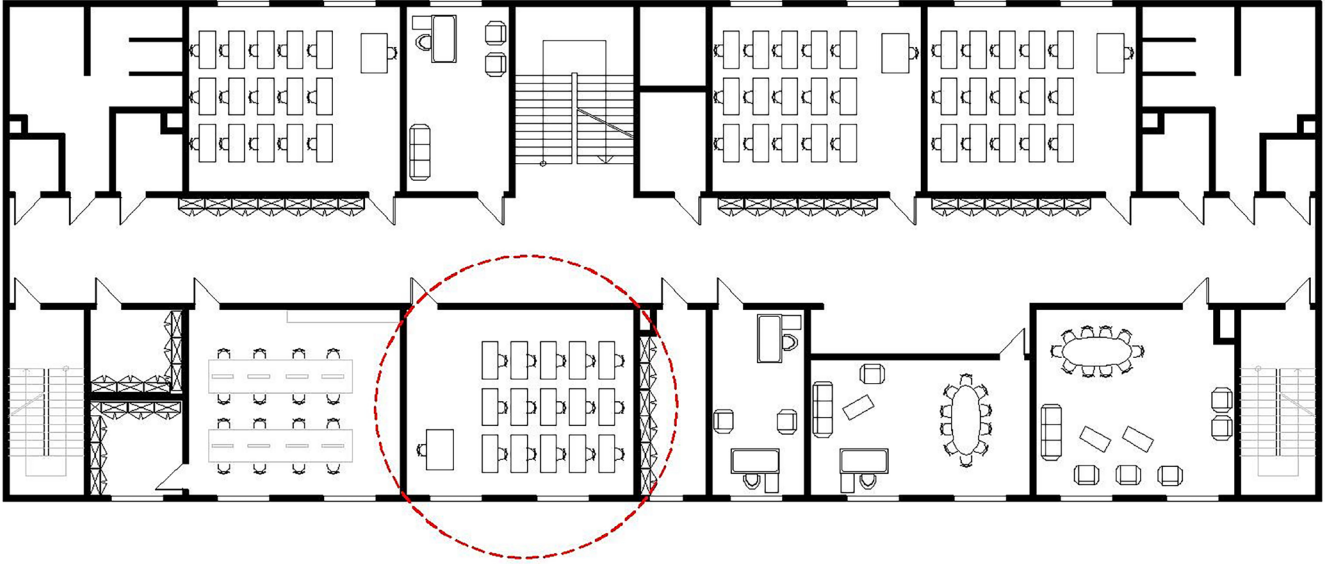
seçim yapma özgürlüğünün sağlanmasıdır. Ayrıca modelin önerdiği çözüm kararları özellik niteliğindedir. Bu nedenle modelin özelliği tasarımcıya kendi kararlarını oluşturabilme ve bu kararlara göre tasarıma en uygun sonuç uygulamayı seçme imkânı vermektedir.

3.3.4.4 Akış Şeması Tasarım Döngüsü

Geliştirilen model bir Tasarım Destek Sistemi'dir. Modelin önerilerini tasarımcı değerlendirmektedir. Tasarımcı istediği takdirde modeli, tasarım evresinin istediği bir aşamasında yeniden kullanabilir. İsterse kompleks bir projede proje kapsamındaki mekanlar için ayrı ayrı da modeli çalıştırabilir.

4. Aktif Güneşli Tasarım Destek Modelinin Sınanması

Geliştirilen güneşli modelinin sınanması için, İstanbul'da bulunan, Millî Eğitim Bakanlığı'nın 12 derslikli tip lise projesi seçilmiştir (MEB, n.d.-a) (Resim 7). Millî Eğitim



Bakanlığı'nın yeni proje hedefleri arasında, okullardaki fiziki koşulların iyileştirilmesi yer almaktadır. Bakanlık birçok yeni proje geliştirmiştir. Bu projeler içinde yaygın kullanımı olacağı düşünülen örneklem üzerinden gidilmiştir (MEB, n.d.-b).

Modelin sınaması için, Resim 7'deki tip okul projesinin güney cephesinde konumlandırıldığı kabul edilen, yaklaşık 9,00m

x 7,00m boyutlarındaki derslik kullanılmıştır. 2 adet penceresi bulunan sınıfın pencerelerinin boyutları 2,00m x 1,50m (h) dir. Sınıfta 15 adet sıra ve 1 adet öğretmen kürsüsü bulunmaktadır (Resim 8 ve 9).

Oluşturulan kurgu modelde, sınamaya tasarım seviyesi seçilerek başlanmıştır. Tablo 5'te tasarım seviyelerinin işlevlere göre dağılımı gösterilmiştir. Millî Eğitim Bakanlığı'nın okullar için yüksek tasarım seviyesi seçmesine gerek olmadığı düşünülmüş, standart tasarım seviyesinde (C Tasarım Seviyesi) okullar için tüm günün ışığı kriterlerinin modele dahil olduğu tespit edilerek Tablo 8'deki kabuller belirlenmiştir.

Modelin söz konusu kriterler için analizleri, konunun bilgi seviyesi arttıkça daha farklılaşabilecektir. Işığın yetersizliği kadar fazla olma durumu da tasarımda sorunlara neden olabilmektedir. Aydınlık Düzeyi analizleri için 21 Aralık gününün seçilmesinin sebebi, dış aydınlık seviyesi-

Resim: 7

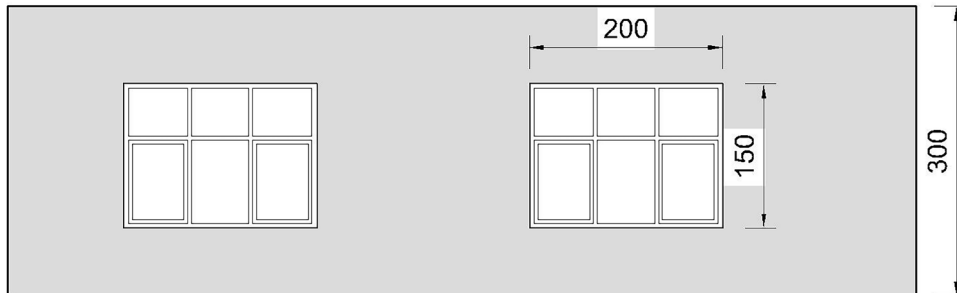
Millî Eğitim Bakanlığı'nın 12 Derslikli Tip Lise Projesi planı (MEB, n.d.-b).

Resim: 8

Sınaması Yapılan Derslik Planı.

Resim: 9

Sınaması Yapılan Derslik Cephesi.



Tablo: 8

Dersliklerde Modelin Çözümleme Aşamasında kullanılan kriterler, kabuller ve kıstaslar.

Güneşli Aydınlik Düzeyi	Min ortalama 300 lux
Güneşli Faktörü	%2-5 aralığı
Güneşli'ne Bağlı Aydınlanma Oranı	%80
Güneşli'ne Bağlı Kamaşma	%5 den Küçük Güneşli Faktörü
Güneşli Düzgünlük Faktörü	Min %30 Farklılık
Güneşli Yıllık Aydınlanma Oranı	%80

nin görece daha düşük olması durumunda tasarımı ölçmektir.

Güneşli analizleri için ECOTECT Programı ve Radiance hesaplaması kullanılmıştır. Seçilen derslik Ecotect programında modellenerek, sınıfın güneşli analizinde, kapalı gök koşullarında, 21 Aralık günü, saat 12.00'ye göre hesaplamalar yapılmıştır.

Güneşli Kriterleri, seçilen derslik için Güneşli Tasarım Destek Modeli Akış Şeması'ndaki akışa göre analiz edilmiştir. Model akışına göre öncelikle Güneşli Aydınlik Düzeyi analizleri yapılmalıdır. Ecotect programında hesaplama düzlemi yerden 70 cm olarak belirlenerek Güneşli Aydınlik Düzeyi analizi yapılmıştır. Analizlerin

sonuçlarını veren analiz yüzeyinin boyama aralığı, 0-1000 lx arasındadır ve kontur boyaması aralığı 100 birim olarak ayarlanmıştır. Yapılan analizde sınıfın ortalama aydınlık düzeyi 272 lx olarak bulunmuştur. Tasarım Gereklilikleri Tablosu'na göre (Tablo 8) aydınlık düzeyinin yetersiz olduğu saptanmıştır (Resim 10) (Autodesk, 2011).

Yapılan analiz sonucunda belirlenen soruna, modele göre tasarım değişkenlerinden yüksek etki oranına sahip olan çözüme bulunmaya çalışılmaktadır. Seçilecek tasarım değişkeni iki aşamalı seçilmektedir. Oluşan sorun ile ilişkili etki oranı ve tüm faktörlere bağlı etki oranı değerlendirilmektedir. Öncelikle sorun için, faktör ile ilgili

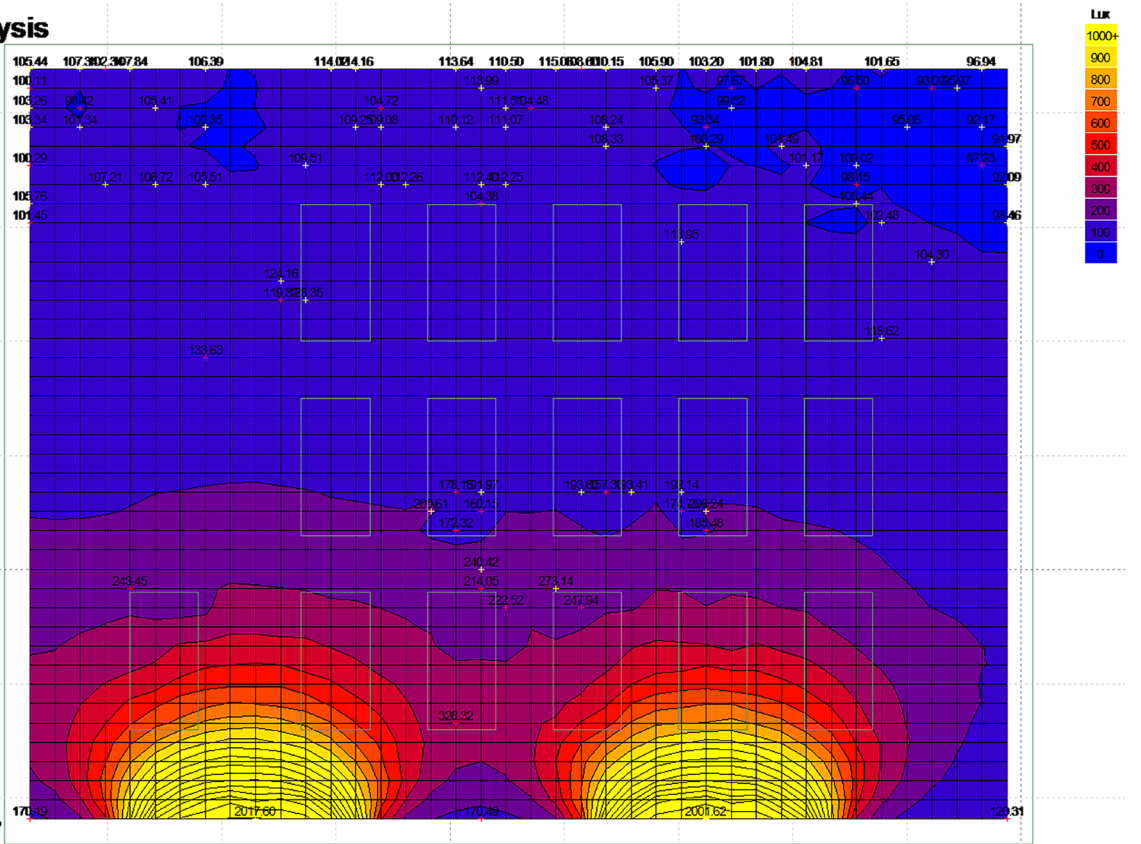
Resim: 10

Ecotect Programında Analiz Edilen Güneşli Aydınlik Düzeyi Değer Aralıkları.

Daylight Analysis

RAD Luminance

Contour Range: 0 - 1000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ECOTECT v5



Cepheye Bağlı Faktörler	Aydınlık Düzeyi Faktörü	Tüm Kriterlerin Toplam Etki Puanı
Pencere oranı	5	25
Pencere biçimi	4	19
Çatı penceresi	5	27

Tablo: 9
Oluşan soruna bağlı seçilen yüksek öncelikli tasarım değişkenleri.

yüksek ilişkili seçenekler değerlendirmeye alınmış ve bu seçenekler arasında tüm kriterlere etki puanı yüksek olan seçenekler tasarımcıya önerilmiştir. Fakat tasarımcının tasarımına bağlı olarak bu seçenekleri kendisinin seçeceği düşünülmüştür.

Tasarım değişkenleri ve Güneşli Kriterleri İlişki Tablosu'nda (Tablo 7) aydınlık düzeyini en fazla etkileyen ve toplam etki puanı en yüksek olan tasarım değişkenleri Tablo 9'da değerlendirilmiştir.

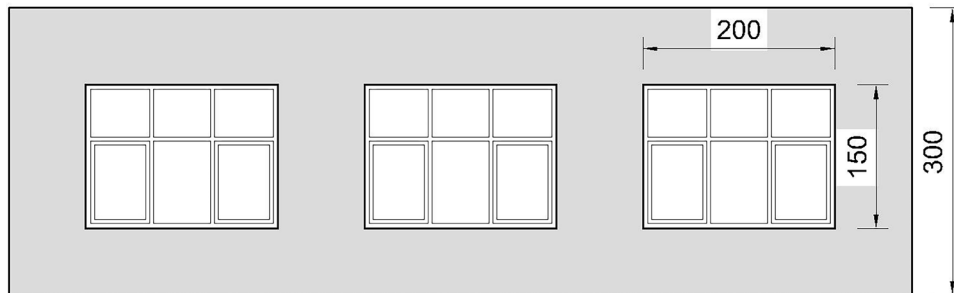
Tabloya göre tasarımı yönlendirecek değişkenlerden çatı penceresi en yüksek etki oranına sahiptir. Ancak projenin kurgusunun çok katlı olmasından dolayı çatı penceresi açılmamakta ve bu seçenek seçilememektedir. İkinci en yüksek puan alan pencere oranı değişkeni tercih edilmiştir. Binanın cephe tasarımı kurgusunu bozmamak için, proje incelenip pencere modülünün diğer mekânlarda da aynı olması ihtimaline karşı, pencere modülünün biçimini değiştirmeden sayısının artırılmasına karar verilmiştir. Dersliğin cephesinde bulunan 2 adet pencere sayısı 3 adet olarak değiştirilerek model tekrar sinanmıştır (Resim 9 ve 11).

21 Aralık günü, saat 12:00 için 3 pencereli model kapalı gök koşullarında tekrar analiz edilmiştir. Ortalama aydınlık düzeyini 300 lx'e ulaştırmak amacıyla yapılan bu tasarım değişikliğinden sonra, Resim 12'de gördüğümüz 552,86 lx sonucu elde edilmiştir. Derslikler için bu sonuç uygundur ve modelin kendi akışına devam edilmiştir.

Modeldeki bir sonraki aşama olan dış alan aydınlatma düzeyi ölçümünü, analiz yapılan yazılım tipik yıl kullandığı için kendisi yapmaktadır. Analizlerde Ecotect programı ve hesaplama metodolojisi olarak Radiance hesaplaması kullanılmıştır (Autodesk, 2011). Tasarım gereklilik tablosuna göre güneşli faktörünün (DF) %2 ile %5 arasında olması gerekmektedir. Yapılan analiz sonucu DF %3.97 çıkmıştır. Bu değer, modelde, bu aşamada gerekliliği sağlamaktadır. Modelde göre %2-5 arasında çıkan DF analizi kamaşma sorununa da neden olmadığı için Aydınlanma Oranı Faktörü analizi aşamasına geçilmiştir.

Aydınlanma Oranı Faktörü için oluşturulan model, ortalama gökyüzü şartlarında, 21 Aralık günü, saat 12:00 seçilerek analiz edilmiştir. Bu faktör ortalama gökyüzü analizi ile yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda aydınlanma oranı %96.2 çıkmıştır. Bu değer Aydınlanma Oranı Faktörü için yeterlidir.

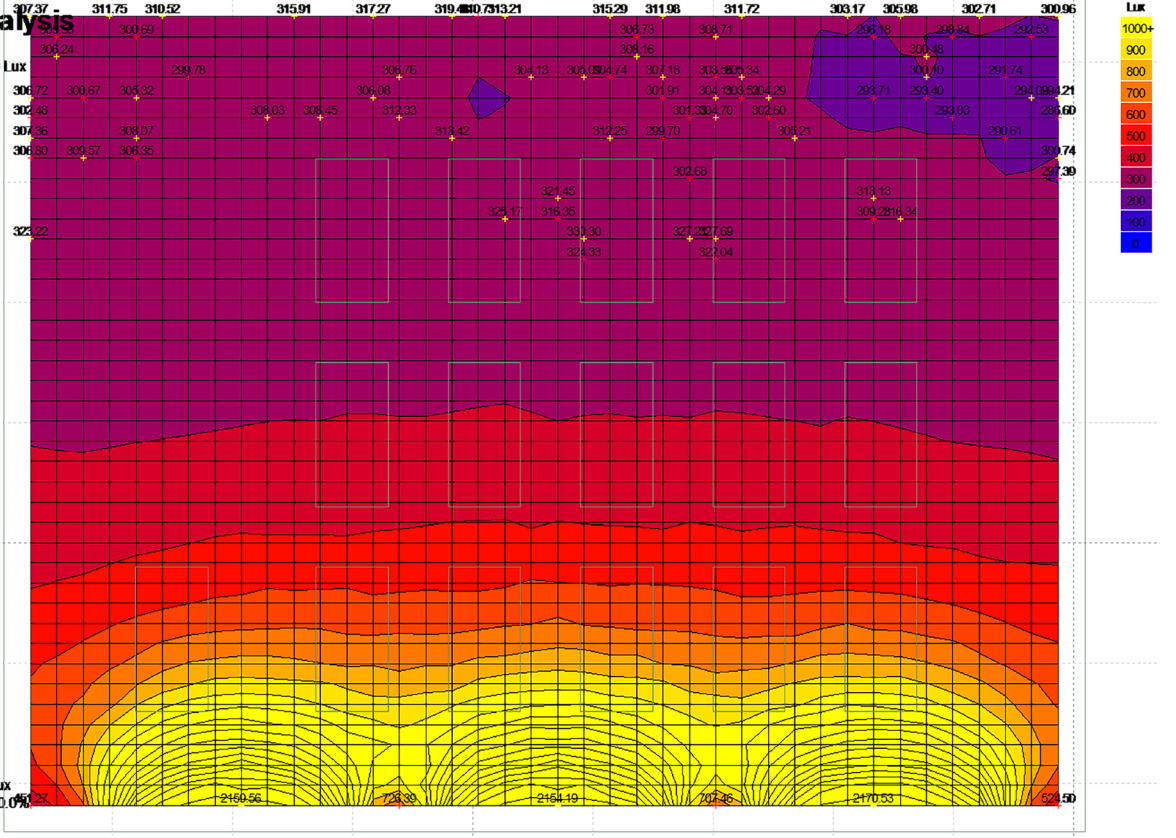
Bir sonraki faktör Düzgünlük Faktörü'dür. Düzgünlük Faktörü analizi için, ayarlanmış Aydınlık Düzeyi hesap yüzeyinden yararlanılarak, sınıfın pencere ve iç duvarından bir metre mesafeden ve sınıfın orta noktasından alınan hesaplama değerleri arasındaki farklara bakılmıştır. Hesaplamalar sonucunda Resim 13'te görüldüğü gibi hesaplama sonuçları farklarının sınır değerleri aştığı ve sınıf için Düzgünlük Faktörünün sağlanması gerektiği sonucuna varılmıştır.



Resim: 11
Tasarım Değişkeni Uygulanarak Pencere Oranı Artırılmış Derslik Cephesi.

Lighting Analysis

RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 1000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ECOTECH v5



Resim: 12
Projeledeki Pencere Modülü Arttırıldıktan
Sonra Yapılan Analiz Sonucu.

Yapılan analiz sonucunda belirlenen sorunun çözülmesi için modele göre tasarım değişkenlerinden yüksek etki oranına sahip değişkenin bulunması gerekmektedir. Tasarım değişkenleri ve güneşli kriterleri ilişki tablosunda (Tablo 7) Düzgünlük Faktörünü en fazla etkileyen ve toplam etki puanı en yüksek olan tasarım değişkenleri Tablo 10'da değerlendirilmiştir.

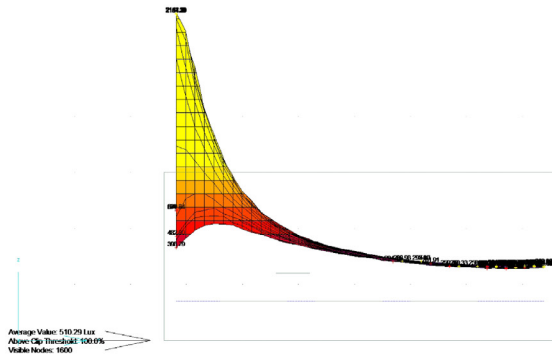
Tablo 10'a göre tasarımı yönlendirecek değişkenlerden Öteleme Teknolojileri en yüksek etki oranına sahiptir ve tercih edilmiştir. Öteleme Teknolojileri kendi içinde değerlendirildikten sonra okul binaları için en uygun seçeneğin ışık rafı olduğu karara varılmıştır.

Işık rafı, güneşliğin verimli kullanılmasını sağlayarak enerji tasarrufu sağlayan, gelişmiş güneşli aydınlatma sistemlerinin

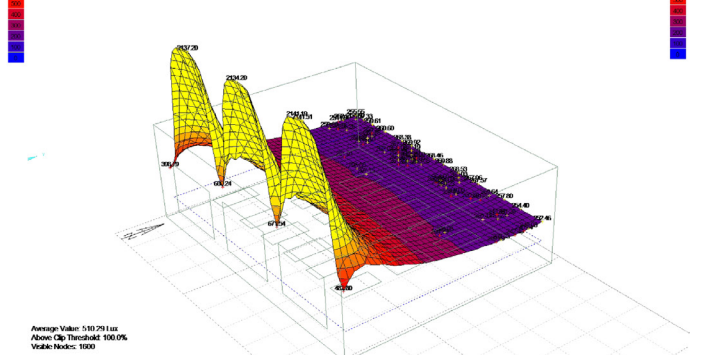
Resim: 13
Güneşli Düzgünlük Faktörü Analizi.

Lighting Analysis

RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 1000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ECOTECH v5

**Lighting Analysis**

RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 1000 Lux
In Steps of: 100 Lux
ECOTECH v5



Cepheye Bağlı Faktörler	Günışığı Düzgünlük Faktörü	Tüm Kriterlerin Toplam Etki Puanı
Öteleme Teknolojileri	5	21
İç mekan Renk Değişimi	4	22
Tefriş	4	19

Tablo: 10

Oluşan soruna bağlı seçilen yüksek öncelikli tasarım değişkenleri.

dendir (Kurtay & Esen, 2018). Işık rafları cepheye sonradan monte edilebilen veya ilk tasarımda bir tasarım unsuru olarak cephe ile bütünleşmiş bir yapı elemanı olabilir. Genellikle dış cephede farklı örnekleri görülen cam rafı uygulamalarının, pencere içerisine bir ray üzerine monte edilen uygulamalarına rastlanmaktadır (Byun, Ryu, & Kim, 2019).

Işık rafı uygulamaları camlardan gelen güneş ışığının engellenmesi veya yapı içerisinde yönlendirilmesi esasına dayanmaktadır (Yener, 2007). Pencerede göz hizasının üzerinde yer alan cam rafı, üst kısımdan ışığın içeri alınmasını sağlayan yatay veya yataya yakın pozisyonda bulunabilmektedir. İç mekanda dengesiz aydınlık ve kamaşmanın önlenmesinde etkindir (Kim, Lee, Jang, Park, & Choi, 2019). Özellikle

çalışma mekanlarında ve okullarda çalışma konforunun sağlanmasında etkili olan ışık raflarının örnek okul günışığı analizinde tüm camlara uygulanarak pencere önündeki fazla ışığın içeri yansıtılarak mekânın derinindeki ışık oranının yükseltilmesi amaçlanmıştır. Pencereye iç veya dıştan monte edilebilen cam rafları, yansıtıcılığı yüksek malzemelerden veya işlenmiş alüminyumdan yapılmaktadır (Kazanasmaz, 2009). Analizde kullanılan ışık rafı, özel bir cam yüzeyden oluşmaktadır. Işık rafının üzerindeki kaplamanın ışık yansıtma indeksi 6'dır.

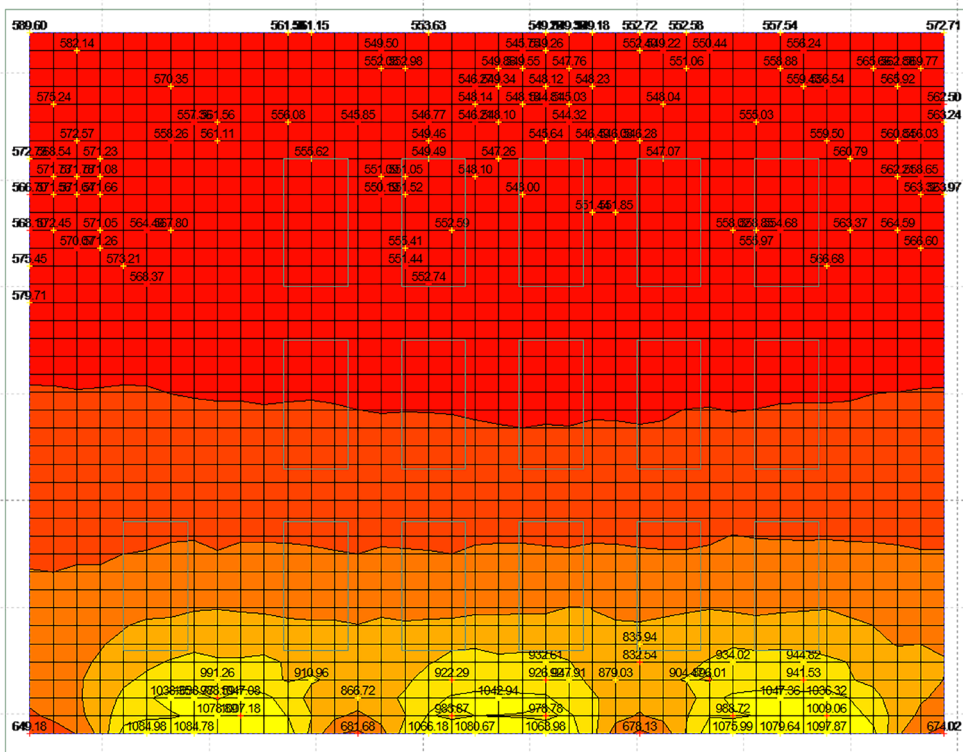
Işık rafı uygulanmış modelde yapılan analizler sonucunda, model kurgusu gereği tüm faktörler yeniden değerlendirilmiştir. Hesaplama sonucunda Aydınlık Düzeyi ortalaması 654 lx olarak belirlenmiştir.

Resim: 14

İşık Rafı Uygulanmış Model Analizi.

Lighting Analysis

RAD Illuminance
Contour Range: 0 - 1000 Lux
In Steps of: 100 Lux
© ECOTECH v5



Average Value: 654.04 Lux
Above Clip Threshold: 100.0%
Visible Nodes: 1600

Güneşli Faktörü ortalaması ise 4.87 olarak hesaplanmıştır ve modele göre yeterlidir. Aydınlanma Oranı ise %100 olarak bulunmuştur (Resim 14).

Böylece modele göre, daha önceden sorun olarak belirlenen Güneşli Düzgünlük Faktörü hesaplamaları yeniden yapıldığında, pencere önünde hesaplanan değerlerin düştüğü ve mekânın iç tarafında iki katına varan değer artışları olduğu saptanmıştır (Resim 15).

Yıllık Güneşli Aydınlanma Oranı çözümlenmesi yapılan sınıf mekânında, en son ışık rafı ile yapılan hesaplamalarda güneşli faktörü ortalaması ise 4,87 olarak bulun-

muştur. Buna bağlı olarak aşağıda, Resim 16'da görülmekte olan yazılım kullanılarak Yıllık Güneşli Aydınlanma Oranı hesaplanmıştır. Sınıf konfor değerlerine göre %80 oranını tutturmaktadır.

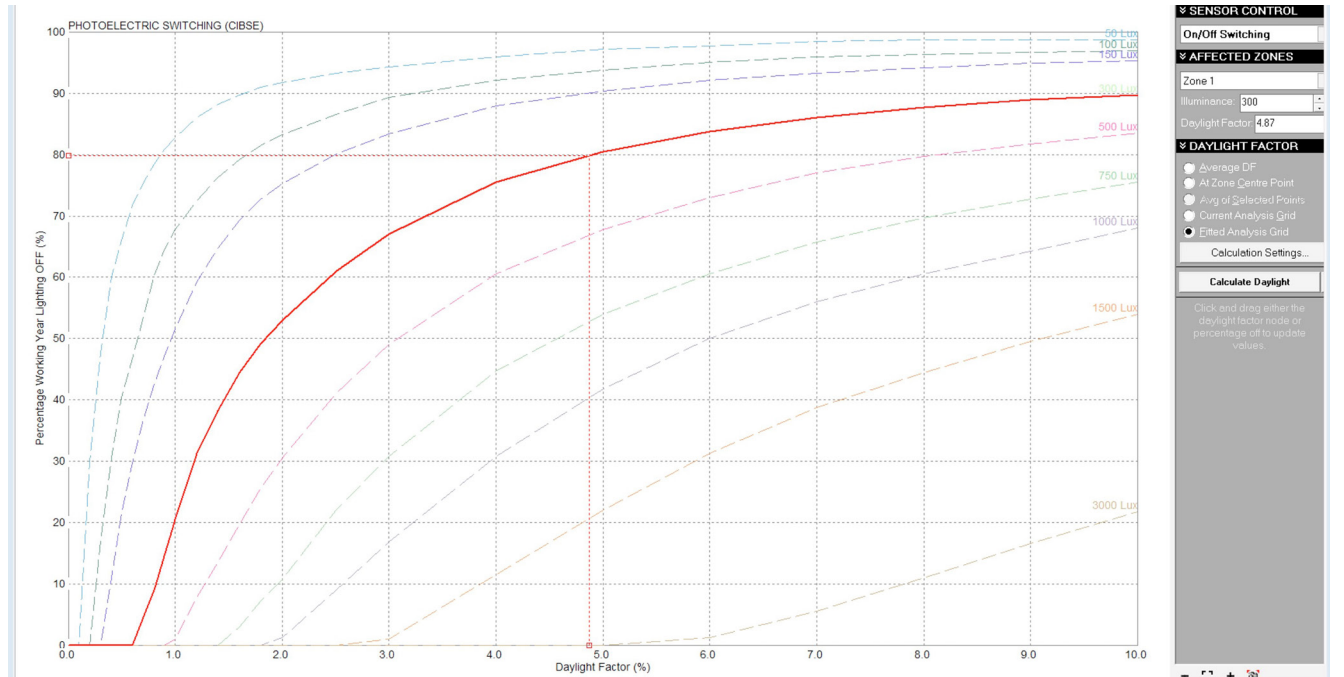
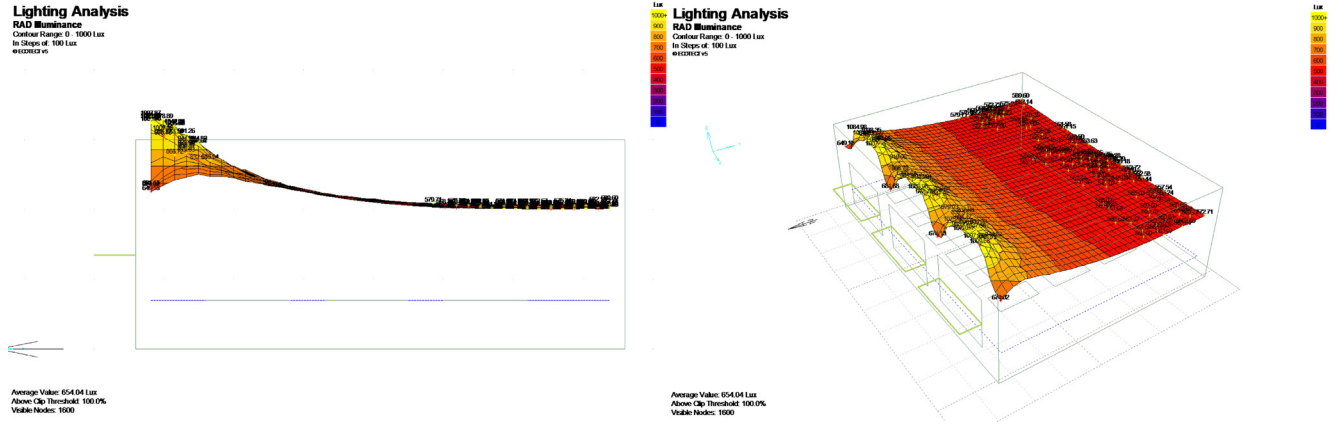
Tasarlanan kurgu modelin, bir okul binası içindeki bir sınıf birimi örneğinde sınanarak denemesi neticesinde, 21 Aralık günü, kapalı hava şartları kullanılarak tüm revizyonları yapılmış ve bu en kötü hava şartında bile güneşliğinden maksimum yararlanma sağlanmaya çalışılmıştır. Model, istenildiği takdirde, tasarım sürecinin herhangi bir aşamasında tekrar kullanılabilir. Uygun ölçüm cihazlarının bulunması durumunda, mevcut binalarda da güneşliği

Resim: 15

İşık Rafı Uygulanan Modelin Güneşli Düzgünlük Faktörü Analizi.

Resim: 16

Yıllık Güneşli Aydınlanma Oranı Hesaplama Yazılımı.



etkinliğinin artırılması ve sorunların çözümü için kullanılabilir niteliktedir.

5. Sonuç

Geliştirilen model, erken tasarım aşamasında günışığı konusunda destek almak amacıyla tasarımı bu konuda geliştirmek isteyen tasarımcı için kurgulanmıştır.

Model, tasarım sürecinde kullanılan birçok faktör için tasarımı yönlendirici bir karar sistemi oluşturarak toplam kalitenin, tasarımcıya bağlı gelişmesine destek olmaktadır. Günışığı konularında tasarımcının içselleştiremediği ve bu nedenle tasarım sürecine dâhil edemediği birçok faktörün tasarım sürecine dâhil olmasını sağlayarak, tasarımın fiziksel çevreye daha uyumlu, mekânsal konforu yüksek ve sürdürülebilir olmasını sağlamaktadır.

Modelin temelini oluşturan ve tasarımcı için aynı zamanda rehber niteliği taşıyan çözümlenme aşaması, fiziksel çevre sorunlarını belirlenmesini sağlayan bir kaynak niteliğindedir. Tasarımcıya, belirlenen problemlerin çözümünün dışında, mekân için gerekli günışığı faktörlerini açıklamakta ve sistematik olarak değerlendirme fırsatı vermektedir.

Tasarım aşamasının en önemli özelliklerinden biri de tasarımcı aktif bir süreç olmasıdır. Tasarımcı planladığı tasarım için en fazla söz söyleme ve tasarımı yönlendirme yetkisine sahip kişidir. Tasarım aşamasına adapte olacak bir destek sisteminin, tasarımcının bu aktif rolü ile uyumlu çalışması ve tasarımcıya daha fazla imkân vererek tasarımı yönlendirmesine yardımcı olması beklenmektedir. Bu nedenle oluşturulan model, tasarımcıyla birçok kere etkileşime girerek ve model içinde aktif rol alarak bunu sağlamaktadır.

Model sonucunda, tasarımcı çıkan çözüm ağırlıklarını değerlendirerek tasarımına en uygun çözüm kararı oluşturur. Oluşan çözüm kararı ile birlikte tasarım aşamasına döner ve tasarım süreci devam eder. Çözüm kararlarının doğrulamasının yapılmasının sebebi, çözüm kararını etkileyen günışığı değerlerinin dışında oldukça çok faktörün olmasıdır. Bu nedenle modelde çıkan karar, bir tavsiye niteliğindedir. Çö-

züm kararının yorumlanması ve tasarıma yansıtılması tasarımcıya bırakılmıştır.

Model, tasarım aşamasının tüm evrelerinde ya da mevcut bir yapının günışığı sorunlarının belirlenmesinde kullanılabilir niteliktedir. Kurgulanan modelin, tasarım süreci ile uyumlu olduğu, istenilen aşamada sürece tasarımcı tarafından dâhil edilerek bilgi ürettiği ve üretilmiş bilginin değerlendirilmesini yine tasarımcıya bıraktığı sonucuna varılmıştır.

Model gelişebilir niteliktedir. Günışığı konusundaki gelişmelerin ve analiz tekniklerinin farklılaşması sonucunda daha doğru bilgi üretebileceği kabul edilebilir. Ayrıca modele diğer fiziksel çevre konularının eklenmesi ile daha fazla kriterin tasarıma entegrasyonu sağlanabilir. Modelin ürettiği bilginin ve kararın diğer tasarım kriterleri ile ilişkili değerlendirilmesi (*ısı konforu, enerji verimliliği, işitsel konfor, yatırım maliyeti, işletme maliyeti, vb*) gerekmektedir. Bu yönüyle model gelişime açıktır.

Günümüzde fiziksel çevre konularındaki literatüre bakıldığında, günışığı etkinliğinin tasarımda artmasının farklı tasarım kriterlerini de olumlu etkilediği görülmektedir. Bu yönüyle modelin tasarımcı için herhangi bir tasarımda günışığı etkinliğini arttırmasının çoğunlukla tasarıma olumlu katkı oluşturacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Yapı Fiziği ve Malzeme Lisansüstü programında Yapı Kabuğu Performans Kriterleri doktora dersi kapsamında hazırlanmıştır. Çalışmaya katkılarından dolayı Dr. Cüneyt Diri'ye teşekkürlerimizi sunarız●

Kaynakça

- Acosta, I., Munoz, C., Campano Laborda, M., & Navarro, J. (2014). Analysis of daylight factors and energy saving allowed by windows under overcast sky conditions. *Renewable Energy*, 77. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.12.017>
- Agency, I. E. A. (IEA) S. H. and C., & Programme, E. C. in B. & C. S. E. (2000). *Daylight in buildings*. Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Antoniou, D., & Dimopoulos, T. (2018). Southern Orientation and Natural Cross Ventilation: Mind the Gap (s) What Clients, Valuers, Realtors and Architects Believe. *RELAND: International Journal of Real Estate & Land Planning*, 1, 426–439.
- Arpacıoğlu, Ü. (2010). *Güneşli Öncelikli Fiziksel Çevre Tasarım Destek Modeli*. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.
- Arpacıoğlu, Ü. (2012). Mekansal Kalite ve Konfor İçin Önemli Bir Faktör: GÜNEŞLİ. *Mimarlık*, 368, 48–53.
- Arpacıoğlu, Ü. (2012). Fiziksel Çevre Tasarım Destek Modeli. *Tasarım + Kuram Dergisi*, 7(11–12), 98–114.(Ü. Olacak)
- ASHRAE. (2001). *The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*.
- Autodesk. (2011). Ecotect Analysis. *Autodesk*.
- Bellia, L., Cesarano, A., Iuliano, G. F., & Spada, G. (2008). Daylight glare: a review of discomfort indexes. *Visual Quality and Energy Efficiency in Indoor Lighting: Today for Tomorrow*.
- BRE. (1985). Lighting Controls and Daylight Use. Watford, UK: Building Research Establishment BRE Digest 272 TIM 14947.
- BRE. (2011). BREEAM New Construction Non-Domestic Buildings. In *BREEAM New Construction Non-Domestic Buildings Technical Manual* (p. 406).
- Byun, Y. H., Ryu, R., & Kim, Y. S. (2019). Proposal for Light Shelf System that Applies Biomimicry for Lighting Energy Conservation.
- Costanzo, V., Evola, G., & Marletta, L. (2017). A Review of Daylighting Strategies in Schools : State of the Art and Expected Future Trends. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/buildings7020041>
- Erel, B. (2004). *Gün Işığı İle Aydınlatma Alanında Geliştirilen Yeni Teknolojiler Hakkında Bir Araştırma*. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Garris, L. . (2004). The deliberation of daylighting. *Buildings Magazine*.
- Gornicka, G. B. (2008). *Lighting at Work Environmental Study of Direct Effects of Lighting Level and Spectrum on Psychophysiological Variables. Regulation*. Retrieved from <https://doi.org/10.6100/IR639378>
- Hamedani, Z., Solgi, E., Skates, H., Hine, T., Fernando, R., Lyons, J., & Dupre, K. (2019). Visual discomfort and glare assessment in office environments: A review of light-induced physiological and perceptual responses. *Building and Environment*.
- Hülya, O. (2008). *Gün Işığı ile Aydınlatmanın Temel İlkeleri Ve Gelişmiş Gün Işığı Aydınlatma Sistemleri*. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul, Haziran.
- IESNA. (2005). *Lighting Handbook*.
- Kayakuş, M. (2018). Eğitim Kurumlarındaki Aydınlatmanın Uluslararası Standartlara Göre İncelenmesi, (November).
- Kazanasmaz, Z. T. (2009). Binaların Doğal Aydınlatma Performanslarının Değerlendirilmesi. *V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, Temmuz 2009*.
- Khanie, M. S. S., Wienold, J., & Andersen, M. (2015). A sensitivity analysis on glare detection parameters. In *Proceedings of 14th International Conference of the International Building Performance Simulation Association, Hyderabad, December 7e9*.
- Kim, K., Lee, H., Jang, H., Park, C., & Choi, C. (2019). Energy-saving performance of light shelves under the application of user-awareness technology and light-dimming control. *Sustainable Cities and Society*, 44, 582–596.
- Kılıç, E. (1994). *Kamaşma ve kamaşmanın belirlenmesinde kullanılan yöntemlerin incelenmesi*. Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Kurtay, C., & Esen, O. (2018). Ofis yapıları için ışık rafı tasarımında 30° ve 45° enlemlerinde optimum verim sağlanması için bir yöntem. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*, 2018.
- Kutlu, R. (2019). BİR Tasarım Ögesi Olarak Güneşli. *The Turkish Online Journal of Design Art and Communication*, 9(2), 226–233.
- Mangkuto, R. A., Rohmah, M., & Asri, A. D. (2016). Design optimisation for window size, orientation, and wall reflectance with regard to various daylight metrics and lighting energy demand: A case study of buildings in the tropics. *Applied Energy*, 164, 211–219. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.11.046>
- MEB. (n.d.-a). Milli Eğitim Bakanlığının Tip Tip Okul Projeleri 2016. <http://iedb.meb.gov.tr/www/bakanligimiza-ait-yeni-projeler/icerik/315>
- MEB. (n.d.-b). Milli Eğitim Bakanlığına Ait Yeni Projeler 2016. <http://iedb.meb.gov.tr/katalog/files/mobile/index.html#64>
- Neufert, E. (2002). *Architects' Data*. ((Oxford Brookes University Baiche, B.; Walliman, N.,Ed.) Blackwell Science.
- Olbina, S., & Beliveau, Y. (2010). Decision-Making Framework for Selection and Design of Shading Devices Based on Daylighting. *Journal of Green Building*, 2(3), 88–105. Retrieved from <https://doi.org/10.3992/jgb.2.3.88>
- Pierson, C., Wienold, J., & Bodart, M. (2017). Discomfort glare perception in daylighting: Influencing factors. *Energy Procedia*, 122, 331–336. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.332>
- Pierson, C., Wienold, J., & Bodart, M. (2018). Daylight discomfort glare evaluation with Evalglare: influence of parameters and methods on the accuracy of discomfort glare prediction. *Buildings*, 8(8), 94.
- Postalci, I. E., & Atay, G. F. (2019). Rethinking on cultural sustainability in architecture: Projects of Behruz Çinici. *Sustainability (Switzerland)*, 11(4), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su11041069>
- S. Hayter, Torcellini P.A., J. R. (1999). Optimizing building and HVAC systems. *ASHRAE Journal*.
- Şahin, T. (2012). *Yapı İçeri Aydınlatma Düzeyinin Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi*. T.C. YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ.
- Şenkal Sezer, F. (2005). Farklı Cam Türlerinin Performans Kriterlerinin İncelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 10(1), 15–21.
- Suk, J., & Schiler, M. (2012). Investigation of Evalglare

- software, daylight glare probability and high dynamic range imaging for daylight glare analysis. *Lighting Research & Technology*, 45(4), 450–463. Retrieved from <https://doi.org/10.1177/1477153512458671>
- Taşoluk, D. (2014). *Mimari tasarıma bir girdi olarak doğal aydınlatma, Konya'daki ofis binalarının doğal aydınlatma bakımından incelenmesi*. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2013). *Turkish Standard TS EN 12464-1*. <https://intweb.tse.org.tr/>
- Tzempelikos, A., & Athienitis, A. K. (2015). The effect of shading design and control on building cooling demand. *Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment*, (May), 953–958.
- Tzempelikos, Athanasios. (2005). *A methodology for integrated daylighting and thermal analysis of buildings. Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*. <https://doi.org/10.1177/001088048102200214>
- Tzempelikos, Athanassios, & Athienitis, A. K. (2007). The impact of shading design and control on building cooling and lighting demand. *Solar Energy*, 81(3), 369–382.
- Uzun, T. (2019). Bauhaus Ekolü Ve Kuramsal Arka Planı. In *Mimarlık, Planlama ve Tasarım Alanında Yeni Ufuklar* (1. Baskı, pp. 411–448). Ankara: Gece Akademi yayınları.
- Vaisi, S., & Kharvari, F. (2019). Evaluation of Daylight regulations in buildings using daylight factor analysis method by radiance. *Energy for Sustainable Development*, 49, 100–108.
- Yener, A. K. (2007). Binalarda Güneşten Yararlanma Yöntemleri: Çağdaş Teknikler. 8. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*. Temmuz 2007.
- Yılmaz, F. Ş. (2016). Energy efficient lighting system retrofit for retail environments. *ITU A/Z Journal*, 13(1), 209–224. Retrieved from <https://doi.org/10.5505/ituifa.2016.30502>
- YTÜ Mimarlık Fakültesi (2019). *Aydınlatma Laboratuvarı Çalışma Notları (Deney Föyü)*.