

İÇBÜKEY CEPHELERDE ODAK ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Halit Beyaztaş¹

Konu Başlık No:

TÜRKÇE ÖZET

Son zamanlarda hızla gelişen teknoloji, bilgisayar ortamında tasarlanabilen her formun prefabrik olarak üretilebilmesine olanak sağlamış ve tanımlı veya tanımsız çeşitli formdaki yapı üretilebilir olmuştur. Bu teknolojiye bağlı olarak üretilen bazı yapı formlarının cepheleri, cephelerde kullanılan yansıtıcı malzemelerin de etkisiyle içbükey ayna etkisi göstermektedir. Bu tip formlarda güneşten alınan ışık odaklanarak yapı çevresindeki bir alana yansıtılmakta ve yansıtılan alanda biriken enerji yüksek tahribat meydana getirebilmektedir. "Ölüm ışını" olarak da adlandırılabilen bu yansıyan ışık yansıdığı alanda bulunan canlı veya cansız varlıklar için önemli bir tehdit teşkil ettiğinden dolayı bu konuda çeşitli önlemler alınmalıdır. Bu çalışmada içbükey ayna etkisi oluşturan cephe örnekleri incelenmiş ve içbükey ayna etkisinin asgari seviyeye indirilmesi için alınan önlemler tartışılmıştır. Yeni tasarlanacak yapılar için cephede kullanılacak malzemenin düşük yansıtıcılık katsayısına sahip olması, yansıtıcılığı yüksek cephe malzemesi kullanıldığında içbükey yapı formlarından kaçınılması, ve içbükey yapı formu yansıtıcılığı yüksek cephe malzemeleriyle birlikte kullanıldığında ise yapı formunun içbükey ayna etkisi oluşturmamasının önlenmesi için güneş kırıcılar kullanılması sonuçlarına varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER

İçbükey Cephe, Cephede Odak Etkisi, Cephe Malzemesi, Cephe Yansıtıcılığı, Konforsuzluk

ABSTRACT

Recent developments on technology makes it possible to design and built concave forms easily. Constructing these concave forms with high reflective facade material make the facade act as an concave mirror. This facade forms collect the sun light and reflects to a focus point around the building. This reflected high energy may cause destruction in the reflected point in addition the glare problem. This reflected sun light is named as "Death rays" due to its destructive nature for the built environment and live species including human beings. This study investigated concave facade examples and discussed the potential solutions for preventing death rays. This paper comes to the conclusion that preventing "death rays" problem on new buildings depends on 1) using low reflective facade materials, 2) avoiding designing concave facade forms with high reflective facade materials, and 3) using shading devices if concave facade forms and high reflective facade materials will be used together.

KEYWORDS

Concave Facade, Facade Focus Effect, Facade Material, Facade Reflectivity, Glare

¹ Halit BEYAZTAŞ, MSGSÜ, Meclis-i Mebusan Cad. no: 24, Fındıklı, İstanbul-Türkiye, 0212 252 16 00, beyaztashalit@gmail.com

1-GİRİŞ

Yapıların iç ortam konforunu artırmak için şeffaf yüzey veya cam kullanımı, uzun zamandan beri var olagelen bir uygulama olmasına karşın, bu saydam yüzeylerin boyutları geleneksel yapı teknolojisine bağlı olarak hep sınırlı olmuştur. 19.yy sonlarındaki çelik ve cam teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak cephelerde geniş ölçekli kullanılan camlar, devamında "giydirmeye cepheler" adı altında tüm yapı cephesini kaplayan bir malzemeye evrildi [1].

Görsel konforu maksimum seviyeye çıkarmak için kullanılan giydirmeye cepheler, iklimsel ve mevsimsel etkilerle belirli zaman dilimlerinde iç ortamda aşırı derecede parıltıya sebep olmuştur. Bu seviyedeki parıltı göz kamaşması ile neticelenen görsel konforsuzluğa neden olmuştur. Bunun yanında, termal performansı düşük olan saydam yüzeyler, yazın iç ortamın aşırı ısınmasına sebep olmuş ve soğutma ihtiyacını artırmıştır. Kışın ise ısıtma ihtiyacının artmasına neden olmuştur. Bu durumun sonucunda, konforu artırmak için kullanılan teknoloji görsel ve ısısal konforsuzluğa sebebiyet vermiş ve yapının kullanım maliyetini artırmıştır.

Bu konforsuzlukları gidermek için yeni kaplama teknolojileri geliştirilmiştir. "Reflekte cam" olarak adlandırılan kaplamalı camlar güneş ışığının yüksek bir kısmını geri yansıtarak iç ortama giren güneş ışığı oranını azaltmaktadır. Böylece göz kamaşması probleminin en alt seviyeye indirilmesi hedeflenmiştir. Isısal konforsuzluğu ve artan ısıtma-soğutma enerji ihtiyacını minimize etmek için de benzer kaplama teknolojileri geliştirilmiştir [2]. Şekil 1 de gösterildiği gibi bu iki kaplama teknolojisi beraber kullanılarak enerji tasarruflu ve reflekte yeni camlar elde edilmiştir.



■ TENTESOL Güneş Kontrol Kaplaması ■ İTERCAM Low-e Kaplama

Şekil 1: Cam kaplama örnekleri (Kaynak: <http://www.trakyayapicam.com.tr/giydirmecphe.php> (08.03.2016))

Yapı içerisindeki konforsuzluğu iyileştirmeye yönelik geliştirilen kaplama teknolojileri, iç mekan konforunun artırılmasına katkı sağlamalarına karşın bu kaplama teknolojileri yapı cephelerinin ayna gibi davranmalarına neden olmuştur. Bu tip cepheler üzerine gelen güneş ışığını ayna gibi yansıtmaktadır. Yapı cephesinden dış ortama yansıtılan güneş ışığı, yansıdığı alanlardaki veya komşu binalardaki kullanıcılar için konforsuzluğa neden olabilmektedir [3]. Yapı formuna bağlı olarak, yapı cephesi düz ayna, içbükey ayna veya dışbükey ayna davranışı gösterebilir [4]. Bu çalışma kapsamında, yapı cephesinin içbükey ayna davranışı gösterme durumu vaka çalışmaları üzerinden incelemiştir.

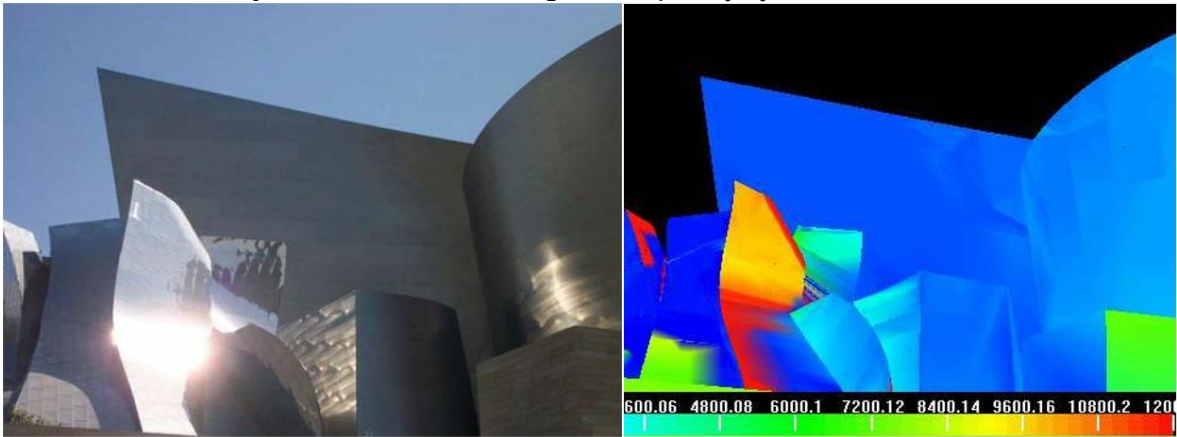
2- İÇBÜKEY AYNA (ODAK) ETKİSİ

Yüksek yansıtıcılığı olan cephe malzemesinin içbükey formdaki yapıların cephesinde kullanılması sonucu oluşan cephenin içbükey ayna davranışı göstermesi durumudur. Son zamanlarda hızla gelişen teknoloji, bilgisayar ortamında tasarlanabilen her formun prefabrik olarak üretilmesine olanak sağlamış ve geometrik olarak tanımlı veya tanımsız çeşitli formdaki yapı üretilbilir olmuştur. Bu teknolojiye bağlı olarak üretilen bazı yapıların içbükey formları, cephelerde kullanılan yansıtıcı malzemelerin de etkisiyle içbükey ayna etkisi göstermektedir. Bu tip formlarda güneşten alınan ışık odaklanarak yapı çevresindeki bir alana yansıtılmakta ve yansıtılan alanda biriken yüksek enerji tahribat meydana getirebilmektedir. "Ölüm ışını" olarak da adlandırılabilen bu yansıyan ışık yansıdığı alanda bulunan canlı veya cansız varlıklar için önemli bir tehdit teşkil etmektedir [5]. Bu kapsamda Disney Concert Hall, Vdara Hotel ve Walkie Talkie Tower yapılarının cepheleri vaka çalışması olarak incelenmiştir.

Vaka 1: Walt Disney Concert Hall (Los Angeles, 2003)

İçbükey ayna etkisi ilk olarak 2003 yılında Los Angeles de inşa edilen ve tasarımı Frank Gehry binası olan Walt Disney konser salonunun kurucular odasının cephesinde görülmüştür. Kurucular odasının diğer birimlerden ayırmak için cephesi içbükey formda pürüzsüz çelik ile kaplanmıştır. Yüksek yansıtıcılıktaki pürüzsüz çelik ile kaplı yapı kabuğunun yüzeyi içbükey ayna etkisi göstermiştir. Resim 1 de görüldüğü gibi, aldığı güneş ışığını odaklayarak yapı çevresine yansıtmıştır. Bunun sonucunda kaldırım yüzey sıcaklıkları aşırı derecede artmış, etraftaki objelerin plastikleri aşırı sıcaktan yumuşama göstermiş, ve komşu bina kullanıcıları yüksek göz kamaşması ve aşırı sıcaklık artışından şikayetçi olmuşlardır [6]. Mahkemeye taşınan şikayetler sonucu, mahkeme bu yapının ısısal ve görsel konforsuzluk veya tehlikeye neden olup olmadığını araştırılmasına hükmetmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, yapı etrafında sıcaklığın 58 dereceye kadar çıktığı bulunmuş ve bunun mevsim etkisinden daha çok yapı yüzeyinden yansıyan ışıktan kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Komşu apartman binalarda yaklaşık 8.3 C derece sıcaklık artışı tespit edilmiştir. Yansıma nedeniyle oluşan görsel konforsuzluk yaşa, cinsiyete, ve biyoloji gibi subjektif faktörlere bağlı olsa da, literatür çalışmalarında arka plan ve yansıyan alan arasındaki farkın 1/3 oranını geçmesi göz kamaşmasının varlığı olarak kabul edilmektedir [4][7]. Bu bağlamda, bu oranın çok daha fazla çıktığı görülmektedir[6][8][9].

Resim 1: Walt Disney konser salonunun kabuğundaki içbükey ayna etkisi [6].



Aşırı şikayetlerden dolayı, yapı kabuğunun düzgün (aynasal) yansıma yapan parlak yüzeyi kumlama yöntemi kullanılarak yangın (diffuse) yansıma yapan bir yüzeye dönüştürülmüştür ve böylece gözde kamaşmaya sebep olan parıltı seviyesi düşürülmüştür. Yapı yüzeyi için çeşitli plastik, renkli film, diffusing film, ve opak film kaplama malzemeleri denenmiş, yansımayı azaltan farklı malzemeler başarı sağlamışsa da dayanıklılıkları yeterli olmadığı için kumlama tekniği kullanılmıştır. Bu işlem sonrası yapılan saha çalışması kumlamanın ışığı dağıtmakta başarı sağladığını fakat etki alanındaki zemin sıcaklığının hala yüksek olduğunu tespit etmiştir. Bundan hareketle kumlama yönteminin kısmi başarı

sağladığı sonucuna ulaşılmıştır [10]. Bununla beraber yansıma probleminin çözülmesi ve sıcaklığın düşürülmesi komşuları memnun etmiştir. Bu yapının cephesinin metal olması kumlanabilmesine imkan sağlamıştır.

Vaka 2: Vdara Hotel (Las Vegas, 2009)

Rafael Viñoly tarafından tasarlanan Vdara Hotel silindirik içbükey formda, yüksek katlı, ve giydirme cepheci bir yapıdır. Yüksek yansıtıcılıktaki giydirme cephe üzerine düşen güneş ışığını toplayıp odaklayarak otelin havuzunun bulunduğu alana yansıtmaktadır (Resim 2). Havuz kullanıcıları için göz kamaşmasının yanında aşırı sıcaklıktan saç ve derilerinde yanmalar olduğu şikayet edilmiştir. Otel sözcüsü güneşin sürekli hareketi yansıyan alanı da gün içinde sürekli değiştirdiği için kalıcı önlem alınmasının zor olduğunu bu yüzden havuz etrafında kalın ve etkili şemsiyelerin çözüm olarak kullanıldığını belirtmiştir [11].

Resim 2: Vdara Hotel'in cephesindeki içbükey ayna etkisi ve cephenin ışığı odaklama davranışı [12]



Kaynak: <http://gizmodo.com/a-brief-history-of-buildings-that-melt-things-1247657178>

Walt Disney Konser salonundaki etkiden farklı olarak yapının oluşturmuş olduğu konforsuzluk komşu binaları değil kendi kullanıcılarını etkilemiştir. Bu örneği Walt Disney örneğinden ayrılan diğer bir nokta ise problemin çözüm yöntemindeki yaklaşım farklılığıdır. Walt Disney'in şeffaf olmayan metal cephesi kumlanabilmekte iken, otelin cam cephesinde böyle bir yaklaşım mümkün olamamaktadır. Cepheye eklenecek güneş kırıcılar ile çözüm sağlanabilecek olsa da bu oldukça maliyeti yüksek bir yöntemdir. Böyle bir ekleme yapının estetik görünüşünü de değiştirecektir. Otel yönetimi problemin kaynağını ortadan kaldırmak yerine, daha minimum maliyet ile konforsuzluğu en az seviyeye indirmeye çalışmıştır. Bina formuna ek olarak, burada problemin ana kaynağının seçilen camın yansıtıcılık değerinin çok yüksek olması olarak saptanmıştır. Ortalama bir "clear glass" camın yansıtıcılığı %9 iken Vdara Hotel'in cephesinde kullanılan camın yansıtıcılığı %44 dür [5]. Bina iç mekan konforu ve enerji tasarrufu açılarından pozitif etkisi olan bu cam tipinin, negatif etkisi dış mekanda çok açık ve etkili bir şekilde hissedilmiştir. Bu yapı cephesinin sebep olduğu konforsuzluk kendi özel mülkiyeti ve kullanım alanları içinde kalmasından ötürü problemin çözülmesi için herhangi bir hukuki sürece başvurulmamıştır. Problemin erken teşhis edilmiş olması ve alınan önlemler müşterilerin mal ve can güvenliğini korumuştur.

Vaka 3: Walkie Talkie Tower (London, 2014)

20 Fenchurch sokağında bulunan bu bina, Vdara otelin mimarı Rafael Viñoly'nin Londra da tasarladığı bir başka içbükey formda, yüksek katlı, ve giydirme cepheci bir yapıdır. Bu yapı Vdara Hotel gibi silindirik içbükey formda değil, parabolik içbükey formda bir yapıdır. Yapı cephesi güneşten aldığı ışığı odaklayarak bina çevresine yansıtmaktadır (Resim 3). Gün içerisindeki güneş hareketlerine ve mevsimsel

açılara bağlı olarak yansıyan ışığın odaklandığı yer değişmektedir. Göz kamaşmasına ek olarak, odaklanan noktadaki artan enerji yapma çevreye zarar vermektedir. Yansıyan ışığın komşu binadaki dükkanın giriş kapısındaki paspasta yanık oluşturduğu ve sokakta park halinde bulunan bir Jaguar marka aracın boyasını tahrip ettiği saptanmıştır (Resim 4). Bunun sonucunda araç sahibine tazminat ödenmiştir.

Resim 3: Walkie Talkie Tower binasının cephesinin oluşturduğu yansımaya ve göz kamaşması.



Kaynak: <http://www.thetimes.co.uk/tto/science/article3858974.ece> (September 3, 2013)

Resim 4: Yansıyan ışığın komşu binadaki dükkanın giriş kapısındaki paspasta oluşturduğu yanık ve sokakta park halinde bulunan bir Jaguar marka aracın boyasındaki oluşturduğu tahribat.



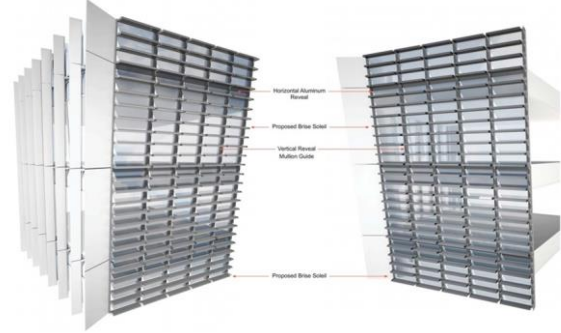
Kaynak-1: <http://www.citylab.com/design/2013/09/can-reflective-buildings-produce-death-rays-be-prevented/6758/>

Kaynak -2: <https://www.quora.com/What-are-some-infamous-architectural-blunders> (23.03.2016)

Yoğun bir kentsel doku içerisinde inşa edilen bu bina, Vdara otelden farklı olarak güneş ışığını kendi mülkiyet sınırları içerisine değil şehirdeki farklı noktalara yansıtmış ve fiziksel tahribat meydana getirmiştir. Bu sebepten dolayı çözüm olarak yapı cephesi alüminyum güneş kırıcılar ile kaplanmıştır (Resim 5). Yapının estetik görünümünden ödün vermemek için seçilen "Brise soleil" tipi güneş kırıcılar, yapının dış görünüşünü çok fazla değiştirmese de gökdelen kullanıcıları ile şehir manzarası arasındaki

görsel ilişkinin kalitesini düşüren istenmeyen bir öge olmuştur. Bu projenin on milyondan az bir bütçeye mal olduğu iddia edilmiştir [13].

Resim 5: Walkie Talkie binasının cephesi alüminyum güneş kırıcılar ile kaplanmıştır. Kaplanan alüminyum güneş kırıcılar panel örnekleri.



Kaynak-1: <https://www.quora.com/What-are-some-infamous-architectural-blunders> (23.03.2016) Kaynak-2: <http://www.architectsjournal.co.uk/news/repair-job-for-walkie-scorchie-tower-to-start-this-month/8662654.article?referrer=RSS> (23.03.2016)

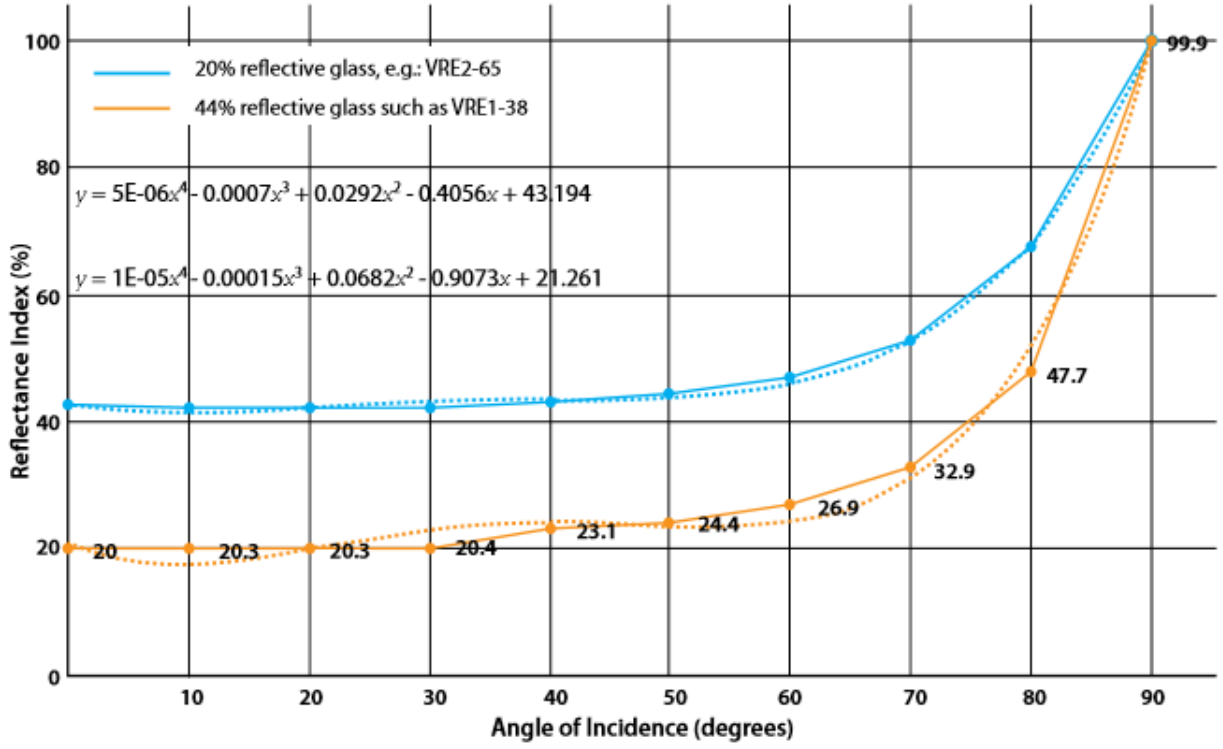
DEĞERLENDİRME ve SONUÇ

Yapının çevreyle olan ilişkisi ve çevreye olan negatif etkisi uzun zamandır tartışılan bir konudur. Bu ilişki ilk olarak yapı inşa edilmesiyle yeşil alan kaybı olarak başlayıp ve bundan dolayı ısı adası oluşturması, ısıtma-soğutma-aydınlatma için kullanılan yüksek enerjinin CO2 yayılımını artırması ve küresel ısınmaya neden olması, büyüyen ekolojik ayak izleri, artan oluşum enerjisi (embodied enerjisi), ışık kirliliğinin zaman içinde doğaya ve insan hayatına olan negatif etkileri gibi sıralandırılabilir [14]. Bu olumsuz etkiler uzun zaman için de ortaya çıkmış ve dolaylı etkiler oldukları için fark edilmeleri de uzun zaman almıştır. Bu durum yapının kısa süre içinde ve doğrudan doğayı tahrip edebilmesinin fark edilmesiyle yeni bir boyut kazanmıştır. Yakın zamanda inşa edilen ve ileri teknoloji ürünü malzemelerin getirdikleri üstünlükleri sıra dışı tasarımlarında kullanan yapıların doğrudan ve kısa zaman içinde çevresinde aşırı konforsuzluğa ve tahribata yol açabildiği gözlenmiştir.

Bu kapsamda üç adet içbükey formdaki cephede "içbükey ayna" etkisi incelenmiştir. İçbükey yapı formlarında güneşten alınan ışık odaklanarak yapı çevresindeki bir alana yansıtılmakta ve yansıtılan alanda biriken enerji yüksek tahribat meydana getirebilmektedir. Bu konforsuzluk ve tahribat 1) sürücüler için konforsuzluk oluşturması ve sürüş güvenliğini tehlikeye atması, 2) çevre sıcaklığının artması, 3) komşular için görsel konforsuzluk, 4) komşu binaların enerji kullanımının artması, 5) yeşil alanda ve çevrede tahribat olarak sıralandırılabilir.

Yansımanın, özellikle de güneş kaynaklı oluşan yansımanın, ölçülebilmesi için kabul görmüş herhangi bir ölçüm birimi veya metodu bulunmamaktadır. Bununla beraber yapı cephesinin sebep olduğu ışık parıltısının sınırlandırılması, kullanılan malzemenin yansıtıcılığının azaltılması, çevrede oluşan termal radyasyonun indirgenmesi ve yansımanın maksimum etkisinin direk güneş ışınımı etkisini geçmemesi fikirleri tartışılmaktadır. Önlem olarak inşaat malzemelerinin güneş ışığını yansıtıcılıkları Sydney ve Singapur da %20 ile sınırlandırılmıştır [5] [15].

Yansıtma temelde malzemenin özgün karakteristiği olsa da ışık kaynağının veya güneşin geliş açısına göre de malzemenin yansıtma oranı değişir. Bu değişim Şekil 2 de gösterilmiştir. Bununla beraber, yapının formu, coğrafi konumu, yönlenmesi, ve iklime göre cephenin yansıtma performansı değişir. İçbükey formlar ışığı odaklayıp yansıtıkları için yansıyan ışığın etkisi çok daha yüksektir. İçbükey formların yüksek yansıtıcılık özelliği olan malzemelerle kullanılmaması çözüm önerisi olarak sunulmaktadır.



Şekil 2: Işık geliş açısına bağlı olarak malzemenin yansıtma oranındaki değişim ilişkisi [5].

Tahribata sebep olabilecek yansıma problemini önlemek için yüksek yansıtıcılığı olan cephe malzemesinden ve güneye yönelen içbükey bina formundan kaçınılmalıdır. Ayrıca, yüksek katlı binalar için bina kat planlarında değişiklik yapılmalıdır [15]. Cephede doluluk ve boşluk oranlarının güneş hareketine göre ayarlanması da bir başka çözüm alternatifi olabilmektedir.

Tasarımcılar cepheyi kullanırken estetik kaygılarıyla beraber performans kriterlerini de göz önünde bulundurmaları gerekmektedir. Günümüze kadar tasarımcının temel sorumluluk alanı tasarladığı binanın performansı olarak kabul edilmiş olsa da, artık yapı performansı yapının uzak ve yakın çevresini etkilemekte ve çevresel etki analizleri yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda yapı cephesinde kullanılacak malzeme ve yapı formunun bütünleşik düşünülmesi gerekmektedir. Tasarım aşamasında yapının çevresel etki analizi yapılması kolay ve düşük maliyetli tasarım alternatiflerinin geliştirilebilmesine olanak sağlamaktadır. Tamamlanmış yapılarda oluşan problemin çözüm yolları yüksek maliyet doğurabileceği gibi tasarımcı, mülk sahibi, ve tahribattan mağdur olan taraf arasında ortaya çıkan anlaşmazlıklar hukuki süreçlerle de sonuçlanabilir. Ayrıca, geç kalmış çözüm alternatifleri yapının estetik görünümünü olumsuz etkileyebilecektir. Halihazırda herhangi bir kabul görmüş kriterin olmamasından dolayı bir boşluk olsa da, bilgisayar simülasyon programları yardımıyla güneş ışınlarının takibi, yansıyan ışınların yoğunluğu, ve sıcaklığı gibi çevrede oluşturduğu olumsuz etkiler analiz edilebilmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] D. E. ŞEN, "THE UNBEARABLE LIGHTNESS OF GLASS: TRANSPARENT ARCHITECTURE," *ANADOLU Univ. J. Sci. Technol.* -A, vol. 13, no. 2, pp. 103–114, 2012.
- [2] A. Ö. AYŞİN SEV, VOLKAN GÜR, "CEPHENİN VAZGEÇİLMEZ SAYDAM MALZEMESİ CAM," in *Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi*, 2004.
- [3] N.-J. Shih and Y.-S. Huang, "A study of reflection glare in Taipei," *Build. Res. Inf.*, vol. 29, no. February 2015, pp. 30–39, 2001.
- [4] M. Schiler, "Examples of Glare Remediation Techniques Four buildings," in *Plea2009*, 2009, no. June, pp. 22–24.
- [5] V. Montes-Amoros, "When buildings attack their neighbors: Strategies for protecting against 'death rays,'" *CTBUH J.*, no. 1, pp. 20–25, 2015.
- [6] M. Schiler and E. Valmont, "Microclimatic impact: Glare around the Walt Disney Concert Hall," in *Proceedings of the Solar World Congress 2005: Bringing Water to the World*, 2005, p. 511.
- [7] W. Osterhaus, M. Davies, P. Raynham, and S. Curtis, "A Different Toolbox for Glare Studies - Can New Techniques Improve Our Understanding of Glare?," in *Victoria*, 2005, no. September, pp. 19 – 21.
- [8] K. Japee, Shweta; Schiler, Marc; Ander, Gregg; Andereck, "a Method of Post Occupancy Glare Analysis for Building Energy Performance Analysis," in *Ases*, 1995.
- [9] M. Schiler and a Prof, "Toward a Definition of Glare: Can Qualitative Issues Be Quantified?," in *Second EAAE-ARCC conference on architectural research, Paris, France*, 2000.
- [10] J. Y. Suk, "Post Treatment Analysis of the Glare Remediation of the Walt Disney Concert Hall," UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA, 2007.
- [11] A. M. Joan Whitely, "Vdara visitor: 'Death ray' scorched hair," *LAS VEGAS REVIEW-JOURNAL*, 25-Sep-2010.
- [12] DailyMailReporter, "Las Vegas hotel guests left with severe burns from 'death ray' caused by building's design," *Mail Online*, 29-Sep-2010.
- [13] A. BROWN, "New shutters on London's 'Walkie Scorchie' attempt to nullify skyscraper's 'death ray,'" *Express*, 09-Oct-2014.
- [14] M. Kolokotroni, S. Robinson-gayle, and A. Cripps, "Environmental impact analysis for typical office facades," *Build. Res. & INFORMATION*, vol. 32, no. February, pp. 2–16, 2004.
- [15] V. M. CHARLES D. CLIFT, "SOLAR REFLECTIVITY STUDIES," in *SYMPOSIUM ON BUILDING ENVELOPE TECHNOLOGY*, 2012, pp. 68–73.