

Türkiye'nin Farklı İklim Bölgelerinde Yer Alan Eğitim Yapısı Dersliklerinin TS EN 17037 "Binalarda Gün ışığı Kullanımı" Standartı Çerçevesinde Değerlendirilmesi

Elif Şura Özen ¹, Özlem Sümengen ^{*2}

¹Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, KAYSERİ

^{*2}Erciyes Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, KAYSERİ

(Alınış / Received: 14.05.2022, Kabul / Accepted: 18.07.2022, Online Yayınlanma / Published Online: 23.08.2022)

Anahtar Kelimeler

Güneş ışığı,
TS 17037
Eğitim Yapıları,
İklim
Enerji Kullanımı

Öz: Enerjinin etkin kullanımı sürdürülebilir mimarlık ve enerjinin sürdürülebilirliği için gün geçtikçe önemi artan bir konu olmakla beraber yapılarda güneş ışığı kullanımı da etkin bir parametre olarak tasarım sürecindeki yerini almıştır. Her tür yapı tipolojisi için güneş ışığı kullanımı aydınlık miktarı ve kalitesi, enerjinin etkin kullanılması için önemli bir etken olmakla birlikte güneş ışığı kullanımına yönelik birçok çalışma bulunmaktadır. Yapı tiplerine ve enerjinin kullanıldığı alana göre bu alanda yapılan çalışmalar farklılıklar göstermekle birlikte gelişen teknolojik imkânlar sayesinde binalarda enerji verimliliği çalışmalarının sistemli bir şekilde artmaya devam ettiği görülmektedir. Yaygın yapı tipolojileri kapsamında yer alan Eğitim yapıları ise, enerji ihtiyacının ve güneş ışığı kullanımının en yoğun olduğu yapı tiplerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizde son yıllarda eğitim yapıları başta olmak üzere kamu yapılarında tip projelerin farklı bölgelerde ve iklim türlerinde uygulandığı görülmektedir. Bu çalışmada Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı bir tip eğitim yapısı örneği üzerinden hacimdeki güneş ışığı alımı ve buna bağlı olarak enerji ihtiyaçları karşılaştırılarak, bu yapı örneklerinin aynı plan şemaları ile önerilen revizyonlarla birlikte farklı iklim bölgelerinde kullanımı değerlendirilecektir.

Evaluation of Classrooms of Typical Educational Buildings Built in Different Climate Regions of Turkey in the Framework of TS EN 17037 "Daylight Use in Buildings" Standard

Keywords

Daylight,
TS 17037
Educational Buildings,
Climate
Energy Use

Abstract: Although the effective use of energy is an issue that is increasing day by day for sustainable architecture and the sustainability of energy, the use of daylight in buildings has also taken its place in the design process as an effective parameter. For all types of building typologies, the use of daylight, the amount and quality of light, is an important factor for the effective use of energy, and there are many studies on the use of daylight. Although the studies carried out in this field differ according to the building typicals and the area where energy is used, it is seen that the energy efficiency studies in buildings continue to increase in a systematic way thanks to the developing technological opportunities. Educational buildings, which are within the scope of common building typologies, appear as one of the building types with the most intense energy need and daylight use. In our country, it is seen that typical projects are implemented in different regions and climate typical in public buildings, especially in educational buildings. In this study, the use of these building samples in different climatic zones with the same plan schemes and the proposed revisions was evaluated by comparing the daylight intake in the volume and accordingly the energy needs over a type of education structure example affiliated to the Ministry of National Education in different climatic regions of Turkey.

*İlgili Yazar, email: osumengen@hotmail.com

1. Giriş

Enerji etkin tasarımı ve enerjinin doğru bir şekilde kullanılması en küçük yapı biriminden itibaren bütün yapıların tasarım aşamasında en önemli kriterlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapma ve doğal aydınlatma ile beraber çevresel etmenler de tasarıma dâhil edilerek hem iç mekânda hem de çevresel olarak görsel konfor koşulları sağlanmaktadır [1]. Günışığı kullanımı toplam bina enerji tüketim maliyetini azaltırken, doğal ışığın hacimde kullanılması kullanıcılar için de görsel anlamda uyarıcı ve üretken bir alan oluşturmaktadır [2]. Bunlarla birlikte günışığı; mekânsal kaliteyi artıran ve insanın doğa ile bütünleşmesini sağlayan önemli bir mekânsal tasarım girdisidir. Enerjinin etkin kullanımı tasarımda öncelikli bir etken haline geldikçe, günışığından yararlanma yöntemleri de tasarım sürecine dahil edilmiştir [3]. Kullanıcılardaki fizyolojik ve psikolojik tesirlerin yanı sıra enerji korunumu ve verimliliğinin en üst düzeyde olması için de günışığı kullanımı oldukça önemlidir. Gün ışığının etkin kullanılmasında, düzgün bir aydınlık sağlanması, direkt günışığından korunarak kamaşmanın önüne geçilmesi, iklim kontrolü ve diğer çevresel etmenlere uyumlu bir tasarımın gerçekleştirilmesi öncelikli hedefler arasındadır. Bu hedefler, bulunulan iklim bölgesinin özellikleri, binanın işlevi ve kullanım saatleri gibi değişkenlere bağlı olarak farklı önceliklere sahip olabilirler [4]. Günışığı kullanımı her yapı tipolojisinde olduğu gibi eğitim yapısında da görsel konforunun sağlanması için büyük önem taşımaktadır.

Eğitim yapıları kapsamında ele alınan sınıflar ise, birden çok aktivitenin yapıldığı ve aydınlanma kalitesinin öğrencilerin öğrenme aktivitesi için kritik öneme sahip olduğu mekânlardır [5]. Yener, sınıf mekânlarındaki aydınlatmanın sınıfın sahip olduğu objeleri de içerek şekilde okuma, yazma gibi aktivitelere olanak sağlayacak düzeyde olması gerektiğini belirtmiştir[6]. Okullarda öğretilen okuma, yazma gibi birçok aktivite görsel performansı etkileyen aydınlatma tasarımının doğal ve ana birer sonucu olarak kabul edilmektedir [7]. Bir sınıfta yeterli aydınlık miktarı ve kalitesinin oluşturulmaması öğrenci aktiviteleri üzerinde olumsuz etkiler oluşmasına sebep olmaktadır[8]. Aydınlatma miktarının yeteri kadar sağlanmadığı bir sınıfta öğrencinin öğrenme yeteneğine olumsuz tesir edecek durumlar ortaya çıkması muhtemeldir. Işık yetersizliği öğrencinin gözlerinde bir baskı oluşturarak yüksek stres seviyesine sebep olurken bilginin işlenebilirlik seviyesini de olumsuz yönde etkilemektedir[9].

Bir sınıfın geometrik yapısı ve bunu içeren parametreler günışığı alımını ve buna bağlı olarak görsel konforu etkilemektedir. Gün ışığı kullanımını optimize etmek için bu geometri tasarıma doğru bir biçimde dahil edilmelidir[10]. Eğitim yapılarında aydınlatma sistemleri, temelde öğretmenlerin, öğrencilerin ve personelin belirli eylemleri konforlu bir ortamda kolay ve rahat bir şekilde yürütmelerini sağlayacak, enerjiyi etkin kullanacak bir biçimde düzenlenmelidir. Görsel konfor gereksinimlerini karşılayan bir aydınlatma düzeni elde etmek için, bir okuldaki tüm mekânları ve mekânlardaki işlevleri ayrı ayrı ele almak gereklidir[11]. Bir eğitim yapısının sahip olması gereken birçok özellik bulunmaktadır. Bunlardan bazıları eğitim ve yaş grubuna göre bir arazide yer alması, açık kapalı alanların dengeli olması, iklim koşullarının gözetilmesi, çevresinin imar durumu ve okulda kullanılan doğal ışığın gözetilmesi gibi noktalardır [12]. Ülkemizde birçok öğrencinin eğitim gördüğü yapılar genel olarak aynı mimariye sahip tip projeler olarak tasarlanmaktadır ve bu tip eğitim yapıları coğrafi şartlar gözetilmeksizin tüm bölgelere ve illere uygulanmaktadır [13]. Duraler ve Yener, doğu ve batı cephelerindeki derslerin günün belirli saatlerinde kullanıcı kontrolünde güneş kontrol elemanı eklentisi ile kullanımını önerdikleri çalışma, tip eğitim yapısında yöneliminin ve cephe seçiminin önemli unsurlar olduğunu göstermiştir[14]. Sechi ve diğ. yaptıkları çalışmada okul binalarının cephelerinin tipik yönelimi, büyük pencerelerinin varlığı ve okul binalarının kalıcı konumu çevresel etmenlerle birleştiğinde görsel konfor temelinde bir sorun yaratabileceğini gözlemlemişlerdir[15].

Binanın güneş ışığından yararlanabilmesi için bina konumunun topografik durumu doğal havalandırma ve gün ışığından yararlanma açısından önemlidir. Güneş radyasyonunun geliş açısı arazinin yönelimi ve eğimi tarafından etkilenmektedir [16]. Gün ışığının aydınlatma ve ısıtma özellikleri bulunmaktadır. Soğuk iklime sahip, güneş ışığının çok etkili olmadığı yerlerde, doğal ışık mekânda istenen bir tasarım öğesidir, güneşin çok etkili olduğu sıcak yerlerde ise tasarımda doğal ışığın rahatsız edici aşırı parlak ve ısıtıcı etkisi farklı yöntemlerle önlenmeye çalışılmaktadır[17]. Adane ve Dabe sıcak ve kuru iklim bölgelerinde düşük katlı konut binalarında bina profillerinin gün ışığı ve iç mekân performansına etkisini araştırdıkları çalışmalarında gün ışığı ve iklim doğrudan konut yapı tipi üzerinden ilişkilendirilmiştir. Çalışmada aynı zamanda "tip tasarım" olarak adlandırılan konut binaları üzerinden bu gün ışığı çalışmasının yapılarak bina profili derinliğinin saptanması amaçlanmıştır ve Radiance eklentili Ecotect programını kullanılarak gün ışığı analizleri yapılmıştır. Nagpur bölgesinden seçilen tip tasarım konut için hava durumu "Energy Plus" web sitesinden elde edilmiştir. Tip tasarım konutun kullanılan ve yaşanan bölgelerinde simülasyon yardımıyla yapılan analizlerin sonucunda aydınlık düzeyinin yeterli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Araştırma sonunda bina yönelimini ve profilinin binanın gün ışığı kullanımında etkisinin yanı sıra sıcak kuru iklim bölgelerinin ve gün ışığının ilişkisi de az katlı tip tasarım konut üzerinden elde edilmiştir[18]. Bokel ve diğ. bir simülasyon aracılığıyla literatürde gün ışığı ile ilgili sunulmuş standartlar ve iklimsel veriler eşliğinde Çin'de soğuk iklim bölgesinde yer alan bir okul üzerinden iklim, gün ışığı ve ısınma arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir[19]. İklim verilerinin tasarımıyla ilişkisini belgeleyen bir başka çalışma Yılmaz tarafından yapılmış olan "Farklı İklim Bölgelerinde Bir İlköğretim Tip Projesinin Enerji Etkin Geliştirilmesine Yönelik Uygulama Örneği" adlı çalışmasıdır. Yılmaz mevcut bir tip eğitim yapısını

Türkiye'deki iklim bölgelerini gözetip "Design Builder" adlı simülasyon programını kullanarak enerji tüketimi açılarından ele almış ve karşılaştırmıştır. Seçilen Tip eğitim yapısı bir ilkokul olup, beş farklı iklim bölgesini ifade eden Erzurum, Antalya, Ankara, İstanbul ve Diyarbakır pilot illerine ilişkin veriler simülasyon programına işlenmiştir. Çalışmada iklimsel veriler ve tip projeler arasındaki çelişkiler ortaya konmuştur[20].

Kutlu ve diğ. çalışmasında; sıcak ılıman iklimde bulunan bir tip eğitim yapısının dersliğinde Radiance programı ile gün ışığı analizi yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar ile sıcak-ılıman iklimde bulunan bir okul dersliği için cephe tasarım önerileri ve farklı cephe yönleri için hem iklimsel şartlara uygun hem de görsel konforu sağlayan sistemler ile gün ışığına duyarlı kontrol edilebilen yapma aydınlatma sistemleri geliştirmişlerdir[21]. Sürdürülebilir tasarım ilkeleri dikkate alınarak tasarlanan okulların taşıdığı öğrenmeyi destekleyen role destek olarak, sürdürülebilir okul tasarımında önem taşıyan gün ışığı kullanımı, ısıtma ve soğutma için kullanılan yöntemler, doğal havalandırma, rüzgâr enerjisinden yararlanma, su kullanımı ve malzeme seçimi olarak kategorize edilmiş olan temel ilkeler incelenmektedir [22].

Okulların eğitim ve mekân kalitesini arttırmaya yönelik çalışmalardan biri olan tasarım kılavuzları ülkelerin ulusal eğitim sistemi, standart ve yönetmeliklerine uygun, enerjiyi etkin kullanan okulların inşa edilmesini ve okulların yenilenerek çağın şartlarına uyum sağlamasını amaçlamaktadır [23]. Kılavuzlarda, mekânlara ilişkin özellikler, tasarım önerileri, sağlanması gereken konfor koşulları (görsel, işitsel ve ısıl konfor) ve enerji etkin kullanımı gibi farklı konularda bilgiler bulunmaktadır [24]. MEB Eğitim Yapıları asgari tasarım standartları kılavuzunda dersliklerin yönlendirilmesiyle ilgili öneriler iklim bölgelerini içerecek şekilde verilmiştir. Bu kılavuza göre bir derslik tasarımının gün ışığını sol taraftan alması gerektiği belirtilmiş olup aydınlık düzeyi değerleri kütüphane ve laboratuvarlarda en az 500 lx, koridor vb. alanlarda 150 lx, genel eğitim mahallerinde ise en az 300 lux olmalıdır. Derslik pencerelerinin alanının taban alanına oranı en az %25 olmalıdır, bu oranın iklim bölgesine bağlı olarak *gerekirse* %50 artırılabilceği belirtilmiştir [25]. Konunun değerlendirme ölçütü olan Binalarda Günışığı kullanımı standartlarını içeren TS EN 17037 Binalarda Günışığı Standardı CEN/TC 169 "Lightandlighting - Işık ve aydınlatma" Teknik Komitesi tarafından hazırlanmış, CEN tarafından 29.07.2018 tarihinde onaylanmış ve Türk Standartları Enstitüsü Teknik Kurulu'nun 28.01.2019 tarihli toplantısında Türk Standardı eşdeğeri olarak kabul edilerek yayımına karar verilmiştir. Bu standarda göre mekânlardaki gün ışığının minimum performansı tanımlanmıştır. Gün ışığının aydınlatma unsuru olduğu hacimler için minimum gün ışığının sağlanması, güneş ışığına maruz kalma ve kamaşma kapsamında birtakım öneriler sunulmuştur [26].

2. Materyal ve Metot

Çalışmada Türkiye'nin İklim Bölgelerini ifade eden 5 pilot il seçilmiş ve bu iklim bölgeleri tanıtılmıştır. Bu beş ile yapıldığı teyit edilen tip eğitim yapısı vaziyet planı, kat planları ve cepheleriyle incelenmiştir. Tip eğitim yapısı dersliği üzerinden beş pilot ilde gün ışığı farklı mevsim ve farklı saatlere göre analiz edilmiş, bu analizler ve gün ışığı simülasyonları TS EN 17037 Binalarda Günışığı Standartları referans alınarak tablolar halinde düzenlenmiş olup bulgular kısmında edinilen sonuçlar grafik ve tablo olarak değerlendirilmiştir.

2.1 Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinin tanıtılması

Türkiye, iklim kuşaklarından ılıman kuşak ile subtropikal kuşak arasında yer almakta olup coğrafi konumuna bağlı olarak farklı iklim tipleri görülmektedir. Bu çeşitliliğe sebep olan kıyı bölgelerde deniz sebebiyle ılıman iklim görülürken iç kesimlerde karasal iklim özellikleri öne çıkmaktadır[20].

2.1.1 Ilımlı nemli iklim bölgesi

Türkiye'nin ılımlı iklim bölgesi Balıkesir'den başlayarak kuzey sahil şeridini içeren illeri kapsamaktadır. Deniz faktörü sebebiyle bu iklim bölgesi nemli olup ılıman bir ısı seviyesine sahiptir. Bu bölgelerde binaların serbest formlu olduğu görülmektedir. Kübik form genel olarak yaygındır ve yamacın eğimine paralel olacak biçimde farklı zemin kotlarına konumlandırılmaktadırlar. Geleneksel binalarda ise ahşap iskelet ve yığma taş duvarlar üzerine oturan iki katlı yığma sisteme rastlanmaktadır[20].

2.1.2 Ilımlı kuru iklim bölgesi

Türkiye'nin iç kesimlerinin sahip olduğu iklim özelliklerini içermektedir. Denizle herhangi bir sınır olmamasından kaynaklı olarak gün içi mevsimlik sıcaklık farkları ılıman nemli iklim bölgesine göre fazladır. Kışların yazlara göre daha baskın yaşandığı görülmektedir [20]. Bu bölgelerde Vadi yamaçlarında eğime paralel olacak biçimde yerleşen dağınık ya da yoğun olarak gruplanmış güneşe doğru bir yerleşimin olduğu görülmektedir. Nemli bir bölge olmadığı için rüzgârın konfor etkisi çok göz önüne alınmamaktadır[20].

2.1.3 Sıcak nemli iklim bölgesi

Türkiye'nin Balıkesir'e kadar güney ve batı sahil şeridini içeren bölgesidir. Güneyde yer alması ve denizin de etkili olması sebebiyle nemli ve sıcaktır. Güneş ışınlarının açısına bağlı olarak yazların sıcak ve kurak kışların ise ılık ve yağışlı olduğu görülmektedir. Bina formu olarak uzun dikdörtgen formlara rastlanmaktadır. Mekândaki hava sirkülasyonunu sağlayabilmek için ise zeminden kaldırılmış döşeme ve yüksek çatı kullanımı faydalı bulunmaktadır. Güneş ışınlarından yeterince korunabilmek için ise geniş saçaklar kullanılmalıdır. Bu bölgede büyük bir kısmı dışarıda geçtiği için sofa, taşlık, veranda kullanımı yaygındır. Duvarlarda rüzgâr hareketine imkân sağlayan geniş açıklıklar bulunmaktadır [20].

2.1.4 Sıcak kuru iklim bölgesi

Türkiye'nin güneydoğusunu içeren iklim bölgesidir. Güneyde yer aldığı için sıcaktır; ancak denize kıyısı olmadığı için kuru iklim bölgesidir. Bu bölgede kışın don olaylarına az rastlanırken, yaz mevsiminde şiddetli sıcaklar hakimdir [20]. Vadi rüzgârlarının etkisinin azaltılması için sıcak kuru iklim bölgelerinde vadi tabanlarının tercih edildiği görülmektedir. Bu durum rüzgârdan korunmaya da olanak sağlamaktadır. Bu bölgede en sıcak dönemde güneş ışınlarından korunmak amacıyla az katlı ve sıkışık dokunun tercih edildiği görülmektedir. Rüzgârın nem sirkülasyonuna etkisi olduğu sürece rüzgârdan da yararlanılmaktadır. [20].

2.1.5 Soğuk iklim bölgesi

Türkiye'nin iç ve doğu bölgelerini içeren bu iklim bölgesinin en belirgin özellikleri Erzurum'da görülmektedir. Kışlar çok soğuk yazlar ise ılık geçmektedir. Bu bölgelerde enerji etkinliğini maksimum düzeye çıkarabilmek için güneş ışınlarından optimum düzeyde faydalanılması gerekmektedir. Yapıların güneye yönlendirilmesi, kare ya da kareye yakın kompakt formlar kullanılması uygun bulunmaktadır. Isı kayıplarını minimize etmek için yapıyı etkileyen kontrolsüz hava hareketlerinden kaçınılmalıdır [20].

Çalışmada ele alınan tip eğitim yapısının ülkemizde var olan 5 iklim bölgesinden seçilen 5 pilot ilde uygulandığı kabul edilmiştir. Bu iller ve iklim bölgeleri:

- Ankara, ılımlı kuru iklim bölgesi.
- Antalya, sıcak nemli iklim bölgesi.
- Diyarbakır, sıcak kuru iklim bölgesi.
- Erzurum, soğuk iklim bölgesi.
- İstanbul, ılımlı nemli iklim bölgesi olarak belirlenmiştir.

2.2 Örneklem yapı özellikleri

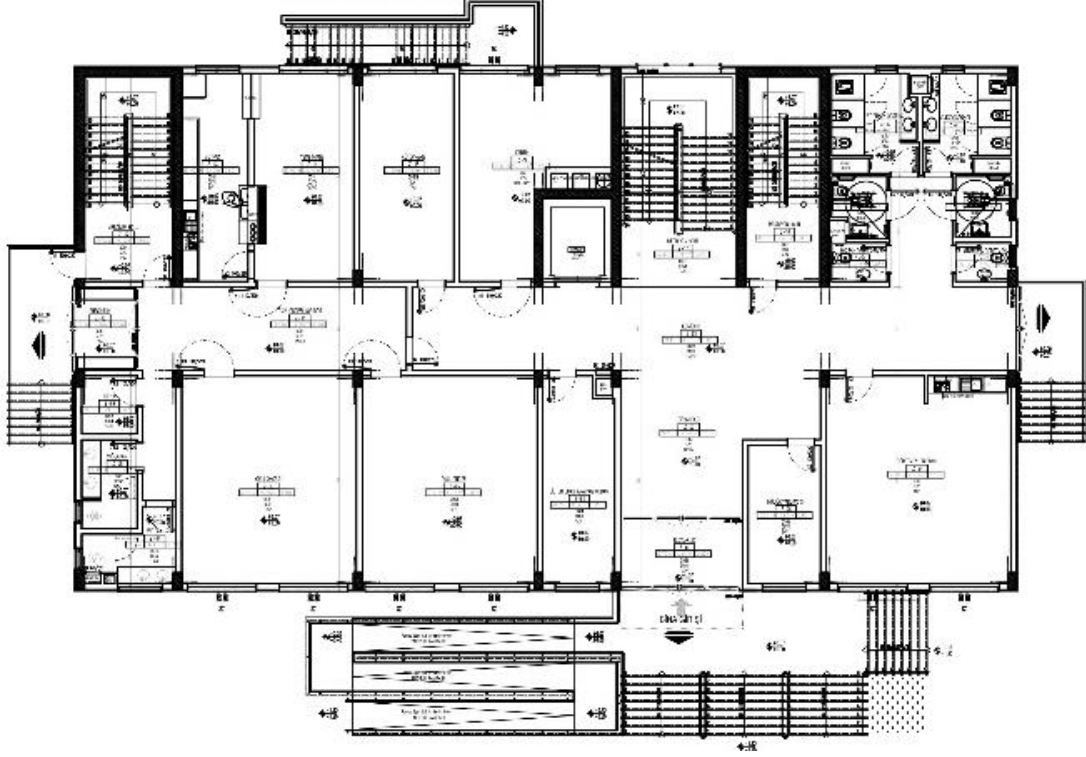
Çalışma alanı olarak seçilen eğitim yapısı; Milli Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanarak uygulanan 12 derslikli bir ilkökul projesidir (Şekil 1). Proje, Milli Eğitim Bakanlığı tarafından gerekli olan her bölgede uygulanmıştır. Bodrum kat ile birlikte toplam 5 katlı olan yapı 280 kişi kapasiteli olup yüksekliği 24,5 metredir. Yapının toplam inşaat alanı 3212.41 metrekaredir. Şekil 1'de tip eğitim yapısına ait görsel yer almaktadır [27].



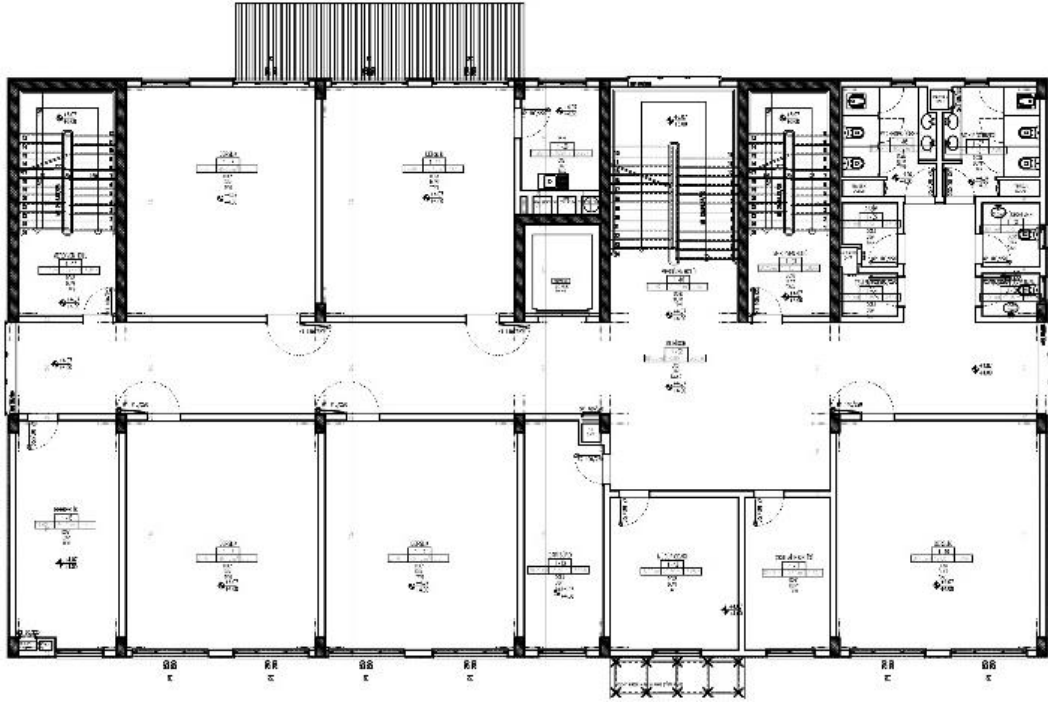
Şekil 1. Çalışma alanı olarak seçilen 12 derslikli tip ilkökul yapısı. Sivas İl Milli Eğitim Müdürlüğü Emlak ve İnşaat İşleri (2021).

2.2.1 Plan şemaları

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından gerekli görülen her bölgede inşa edilen bu eğitim yapısının zemin katında yemekhane, kantin, kütüphane, rüzgârlık ve okul öncesi eğitimin verildiği derslikler yer almaktadır. Zemin kat girişinde dışarıyla ilişki kuran rüzgârlık; kat holü ve dış bölge arasında aracı görevi görmektedir. Mahaller uzun bir sirkülasyon aksına karşılıklı olarak yerleştirilmiştir (Şekil 2). Birinci katta ise güney ve kuzeye konumlandırılmış dersliklerle beraber idari birimler görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 2. Zemin kat planı. Sivas İl Milli Eğitim Müdürlüğü İnşaat Emlak İşleri (2021).

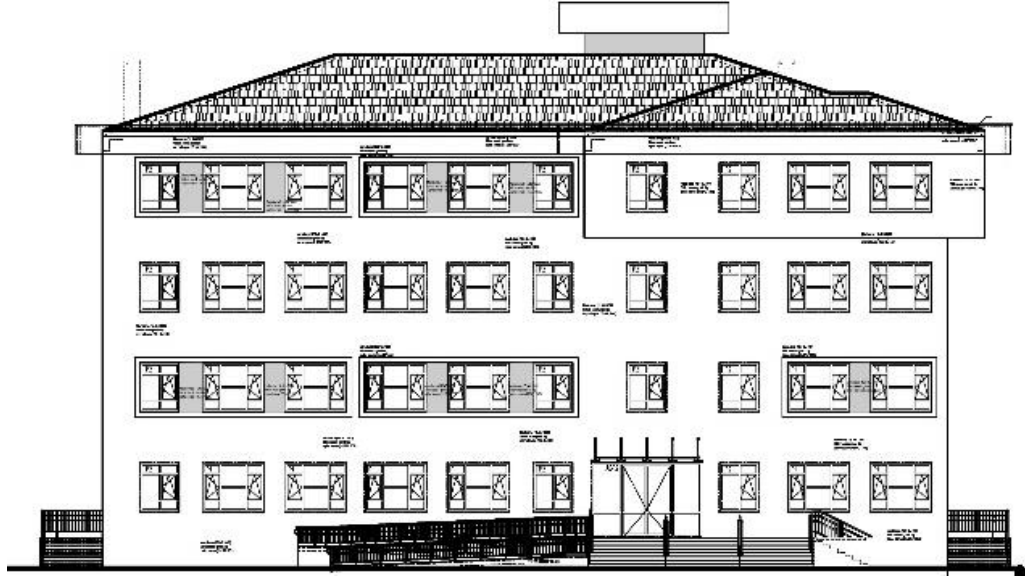


Şekil 3. Birinci kat planı. Sivas İl Milli Eğitim Müdürlüğü İnşaat Emlak İşleri (2021).

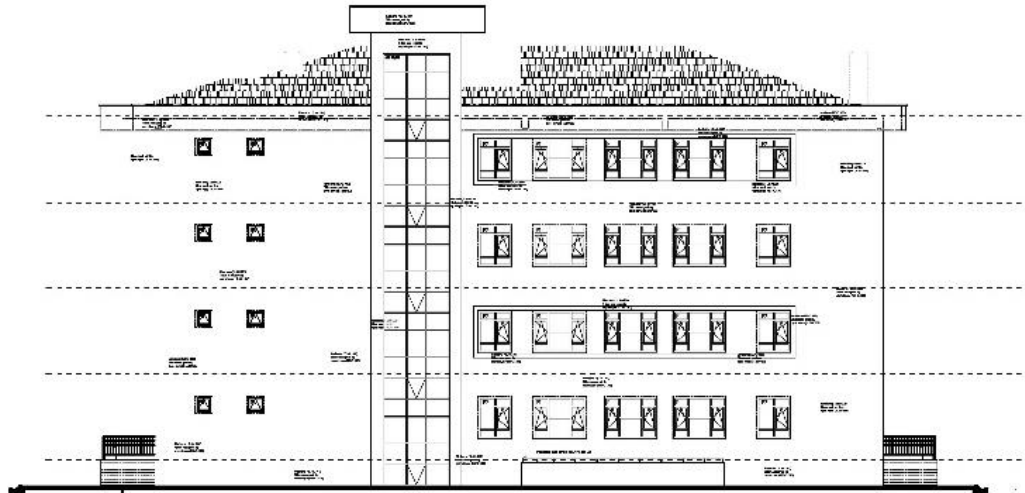
İkinci katta atölyeler ve kuzey-güney cepheye konumlandırılmış derslikler bulunmaktadır. Üçüncü katta ise bu katlardan farklı olarak doğu cephesinde konumlandırılmış bir konferans salonu bulunmaktadır. İkinci ve üçüncü katlarda da aynı plan şeması uygulanmıştır.

2.2.2 Görünüşler

Seçilen eğitim yapısında derslikler ve atölyeler kuzey ve güney cepheye karşılıklı olarak yerleştirilmiştir. Oldukça yalın bir düzenlemenin yanı sıra kuzey cephede tip eğitim yapılarında yaygın olarak kullanılan bir kule formu yükseltilmiştir. Batı cephenin orta kısmında boydan boya şeffaf cephe dikkat çekmekte olup, bunun dışında bu cephede herhangi bir pencere açıklığına rastlanmamaktadır. Şekil 4 ve 5'te yapının güney ve kuzey görünüşlerine yer verilmiştir.



Şekil 4. Yapının güney görünüşü. Sivas İl Milli Eğitim Müdürlüğü İnşaat Emlak İşleri. (2021)



Şekil 5. Yapının kuzey görünüşü. Sivas İl Milli Eğitim Müdürlüğü İnşaat Emlak İşleri. (2021)

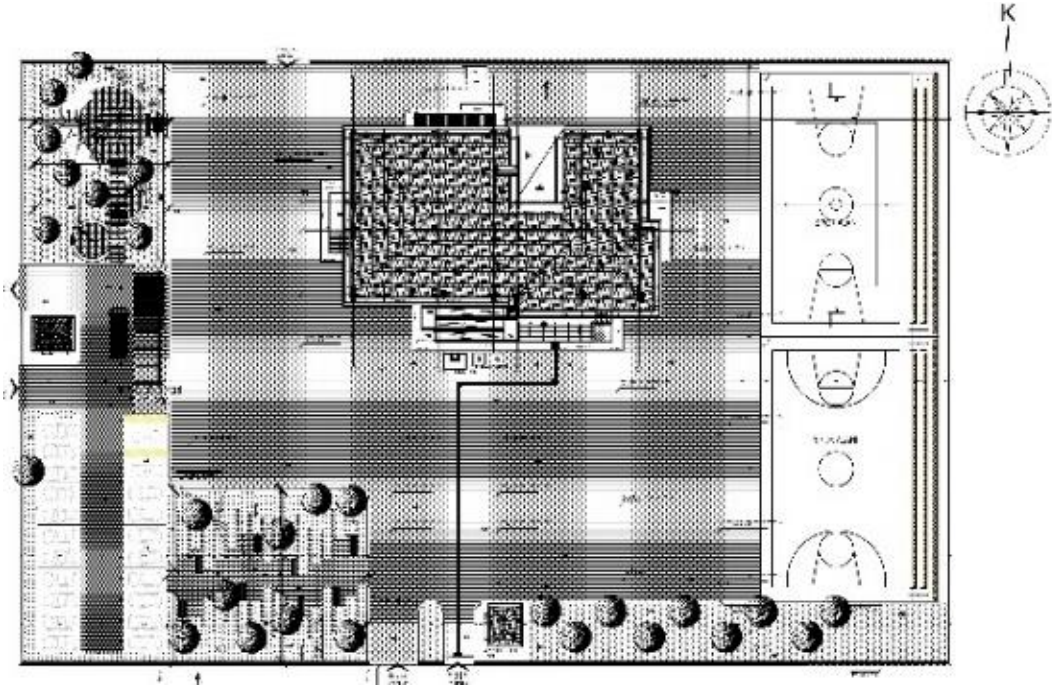
2.3 Uygulanan Yöntem

Türkiye'de gerekli olan her ile uygulandığı teyit edilen tip eğitim yapısı seçilmiştir. Yapı 2D AutoCAD çizimleri üzerinden VELUX Daylight Visualizer 2 programında modellenmiş ve yapının güney cephesine konumlandırılmış derslik üzerinden gerekli tasarım parametreleri oluşturularak simülasyonlar gerçekleştirilmiştir [28]. Yapının güney cephesinden bir derslik temel alınarak bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Güney cephesindeki derslik sayısının fazla olmasının yanı sıra binanın konumlandırılışının güneşe göre yönelimi doğal aydınlatma tasarımı ile doğrudan ilgilidir. Kuzey Yarım Küre'de güneş ışınlarını güneyden en büyük açılarla alan Türkiye için binaların güney cephesindeki cam yüzeyler, kışın güneş enerjisi istenildiği zaman verimli olduğu gibi, güneş kontrolünün de dış görüşü kesmeden yapılması mümkündür [29]. Çalışmada dersliklerin kuzey ve güneye konumlandırıldığı, dört mevsimde ve günün belirli saatlerinde kullanılan bir eğitim yapısı ele

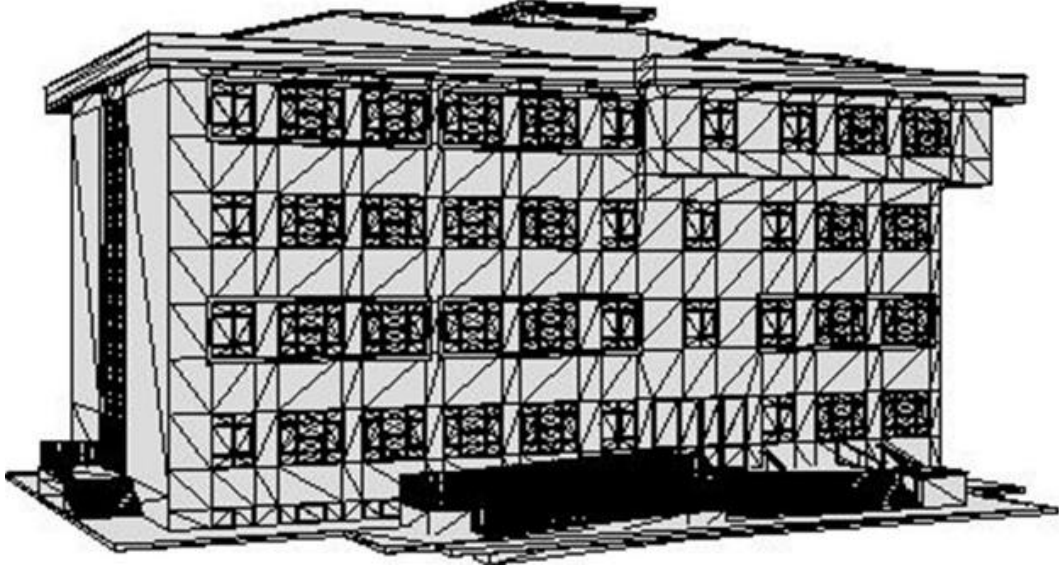
alındığı için gün ışığından daha fazla yararlanan cephe ele alınmış, böylelikle analizler optimize koşulları içerecek şekilde yapılmıştır. Her bir il için programda enlem ve boylamlar ayrı olarak girilmiştir. Dersliğin penceresinde kullanılan cam malzemenin ışık geçirgenliği MEB'in Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Kılavuzuna göre ayarlanmıştır. TS EN 17037 standartında belirtildiği gibi analizler, dersliğin penceresi zeminden 0.85 m yüksek olacak şekilde modellenmiş ve simülasyon bu doğrultuda gerçekleştirilmiştir. Türkiye uluslararası standartlara göre ortalama gök modeline sahip bir ülke olarak kabul edilmiştir[30]. Her bir il için farklı mevsim ve saatlerde yapılan günışığı analizleri sonucunda elde edilen aydınlık düzeyleri TS EN 17037 Binalarda Günışığı Standartları Kılavuzuna göre değerlendirilmiş ve tablo haline getirilmiştir. TS EN 17037'nin yanı sıra eğitim yapıları için detaylı standartlar sunan TS –EN 12464-1 Light and Lighting: Lighting Of Work Places-Indoor Work Places, Brussels:CEN kılavuzu da referans olarak ele alınmıştır.

2.3.1 Beş farklı iklim bölgesine göre tip eğitim yapısı dersliğinin günışığı analizleri

Tip Eğitim yapısının, beş farklı iklim bölgesini temsil eden illerde, aynı yönelim ile konumlandırıldığı kabul edilmiştir (Şekil 6). Şekil 6'da tip eğitim yapısının konumlanmasını ifade eden vaziyet planına yer verilmiştir. Örnek yapı olarak seçilen tip eğitim yapısı Türkiye'de gerekli görülen tüm il ve ilçelerde uygulanmıştır. Çalışmada iklimsel veriler üzerinden analizler yapılacağı için ülkemizin beş farklı iklim tipini temsil eden Ankara, Antalya, Diyarbakır, Erzurum ve İstanbul illeri VELUX Daylight Visualizer 2 programında lokasyon olarak seçilmiştir ve yapı VELUX Daylight Visualizer 2 Programında modellenmiştir (Şekil 7).



Şekil 6. Tip eğitim yapısı vaziyet planı. Sivas İl Millî Eğitim Müdürlüğü İnşaat Emlak İşleri.(2021).



Şekil 7. Yapının modeli (Velux Daylight V2)

Türkiye’de görsel konfor koşullarının değerlendirilmesi için TSE tarafından onaylanan “TS EN 12464-1: Çalışma Alanlarının Aydınlatılması Standardı” kullanılmaktadır [31]. Çalışmada bir dersliğin ihtiyacı olan minimum aydınlık düzeyi aylara ve saatlere göre incelendiği için TS EN 12464-1’in eğitim yapısı mekânlarında olması gereken minimum aydınlık düzeyleri de tablo olarak ifade edilmiştir.

Tablo 1. TS EN 12464-1 Çalışma alanlarının aydınlatılması standardı. (TS EN 12464-1, 2013).

AYDINLATILACAK YER	MİNİMUM AYDINLIK DÜZEYİ (lx)
Sınıflar, özel ders odaları	300
Akşam dersleri ve yetişkin eğitimi için sınıflar	500
Konferans salonu	500
Sanat odaları	500
Teknik çizim odaları	750
Uygulama odaları ve laboratuvarlar	500
Bilgisayar uygulama odaları	300
Holler	200
Dolaşım alanları, koridorlar	100
Merdivenler	150
Öğrencilerin ortak kullandığı alanlar	200

Eğitim yapılarında günışığının önemi ve gerekliliğine önceki bölümlerde yer verilmiş olup çalışmanın bu bölümünde mekânlardaki gün ışığı alımının hesaplanmasına ve TS EN 17037 binalarda gün ışığı standartlarına göre değerlendirilmesine yer verilmiştir (Tablo 2). Hedef gün ışığı faktörü DT, Minimum Hedef Gün Işığı Faktörü DTM, yıl boyunca gündüz saatlerinin yarısından fazlasında günışığı faktörü 300 lx’ü sağlayan değer D300, yıl boyunca gündüz saatlerinin yarısından fazlasında 100 lx değerini taşıyan gün ışığı faktörü D100 olarak tanımlanmaktadır[32].

Tablo 2. TS EN 17037 Binalarda Gün Işığı Standartlarına göre minimum günışığının sağlanması şartları (Bircan Ve Yener, 2019)

Öneri Seviyesi	Günışığı Açıklık Tipi	Aydınlık Düzeyi	Günışığı Faktörü
Minimum Öneri	Cephe Açıklığı	300 lx: Hacim×0,5	DT>D300 Hacim×0,50
		100lx :Hacim×0,95	DTM>D100 Hacim×0,95
Minimum Öneri	Çatı Açıklığı	300 lx: Hacim×0,95	DTM>D300 Hacim×0,95

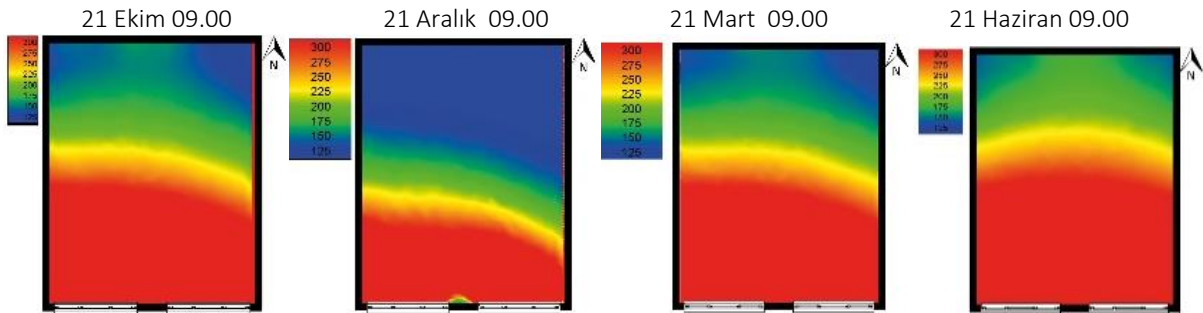
Avrupa Standartlar Komitesine (CEN) üye ülkelerin başkentleri için $E_{v,d,med}$ (gökten gelen yayınık ışığın yatayda oluşturduğu medyan aydınlık düzeyi) değerleri ve buna bağlı olarak hacimde sağlanması gereken minimum ortalama günışığı faktörü belirtilmiştir.

CIE raporlarıyla beraber TS EN 17037 Binalarda Gün Işığı standartlarında da medyan aydınlık düzeyleri 33 ülkenin başkenti için hesaplanmış ve Ankara ili için $E_{v,d,med}=19\ 000$ lx olarak verilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü resmi sitesinden edinilen güneşlenme süresi dağılımı verileri ve Türkiye için güneşlenme süresinin mekânsal analizlerini içeren çalışmalarında Kandırmaz ve Zateroğlu'nun Türkiye'nin illeri için yıllık güneşlenme sürelerini ifade eden çalışmasındaki veriler temel alınmıştır. Bu veriler referans alınarak, TS EN 17037 Binalarda Gün Işığı Standardında Ankara için verilen 19 000 lx değerindeki medyan değer üzerinden bağlantı kurularak diğer iller için de hesaplanmıştır [33] [34]. Bu durumda seçilen pilot iller için medyan aydınlık düzeyleri ; Ankara 19 000 lx, Antalya 23 000 lx, Diyarbakır 22 000 lx, Erzurum 18 000 lx, İstanbul ise 13 000 lux olarak hesaplanmıştır. TS EN 17037 Binalarda Gün ışığı standartlarına göre hacimlerde gün ışığı saatlerinin %50'sinde 300 lx aydınlık düzeyi değerinin sağlanması için Minimum Günışığı faktörü %1.6 ve 100 lx için %0.5 olarak belirtilmiştir [26]. Milli Eğitim Bakanlığı'nın (MEB) asgari tasarım standartları kılavuzunda yer alan öneriler doğrultusunda tasarlanan tip eğitim yapısında seçilen derslik özellikleri aşağıdaki gibidir;

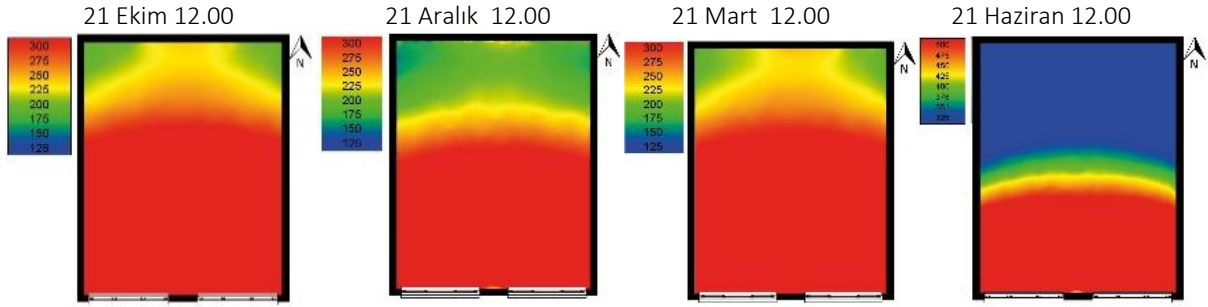
- Öğrenci Kapasitesi: 30
- Hacim Boyutları: 7.5 m*6.3m
- Hacim yüksekliği: 3.85 m
- Derslik alanı: 46.45 metrekare
- Pencere Boyutları: 2.5 m* 2 m
- Pencere Adedi: 2
- Camın Işık Geçirime Katsayısı %60 (Milli Eğitim Bakanlığı, 2015)
- Pencere Alanı/Taban Alanı: yaklaşık olarak %21 oranında olup kılavuzda belirtilen %25 standardını karşılamamaktadır.

Binalarda yeterli güneş ışığının iç mekâna alınması ve minimum güneşlenme süresi ölçütlerinin sağlanması, TS EN 17037:2019 standardında sağlık yapıları, eğitim binaları ve konut binaları gibi tipolojiler başta olmak üzere güneş ışığı alımının önemli olduğu tüm mekânlarda vurgulanmıştır[35]. Analizler sadece iklim bölgeleri farklılaşacak şekilde diğer fiziksel koşullar sabit kabul edilerek yapılmıştır. Günışığı analizlerini yapabilmek için CIE Standartlarına bağlı olarak "ortalama gök modeli" seçilmiştir. VELUX programında edinilen görseller Photoshop CS6 programında 2 boyutlu AutoCAD çizimlerine aktarılmıştır. Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı eğitim yapıları; ağırlıklı olarak eylül ayında faaliyete geçip haziran ayında kapanan ve hafta içi kullanılan mekânlardır, buna göre en aktif olan ders dönemini temsilen 4 ay seçilmiştir. Bu aylar Ekim, Aralık, Mart ve Haziran olmak üzere hesaplama günü olarak da her ayın 21'i olarak belirlenmiştir. Ayrıca ilköğretimlerde ağırlıklı olarak örgün öğretim söz konusu olduğu için gün ışığı alımı için hesaplama saatleri 09.00, 12.00 ve 15.00 olarak seçilmiştir.

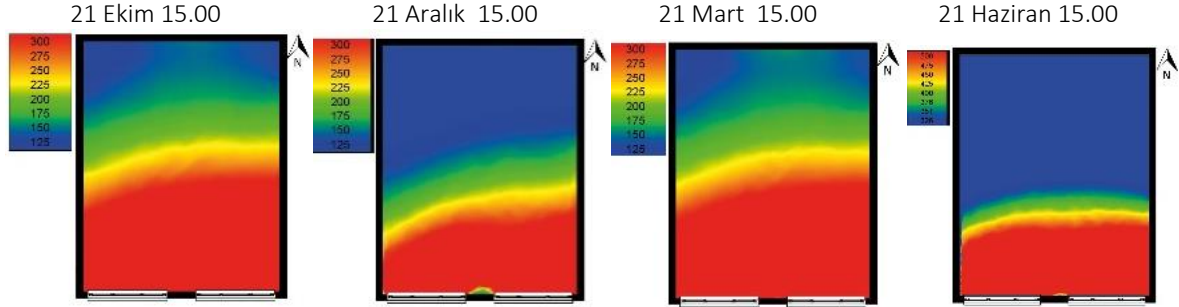
Ilımlı kuru iklim bölgesi için seçilen pilot il olan Ankara'nın gün ışığı analizleri belirtilen saat dilimlerine göre yapılmıştır ve edinilen sonuçlar Şekil 8-9-10 ve Tablo 3'te belirtilmiştir.



Şekil 8. Ankara ili (35,5 N- 32,5 E) için hacimlerde günışığı alımı simülasyon sonuçları-09.00



Şekil 9. Ankara ili (35,5 N- 32,5 E) için hacimlerde günışığı alımı simülasyon sonuçları-12.00



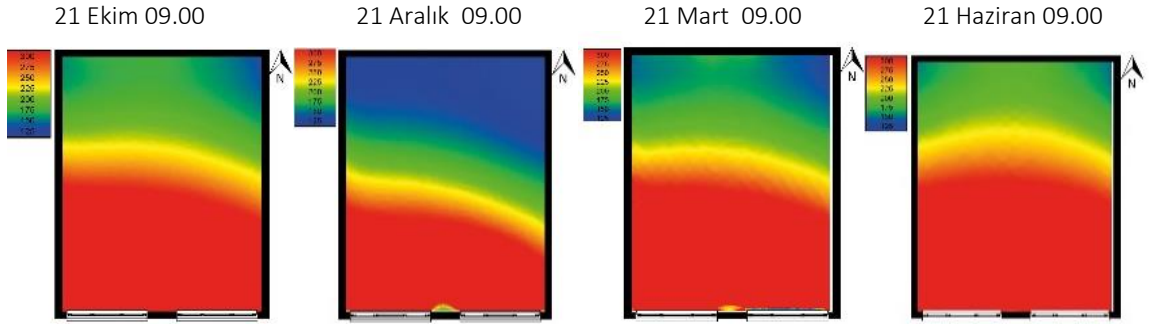
Şekil 10. Ankara ili (35,5 N- 32,5 E) için hacimlerde günışığı alımı simülasyon sonuçları-15.00

Tablo 3. Seçilen tip eğitim yapısı güney cephe dersliğinin Ankara (35,5 N- 32,5 E) ili için farklı zaman dilimlerindeki aydınlık düzeylerinin TS EN 17037 Standartlarına göre değerlendirilmesi

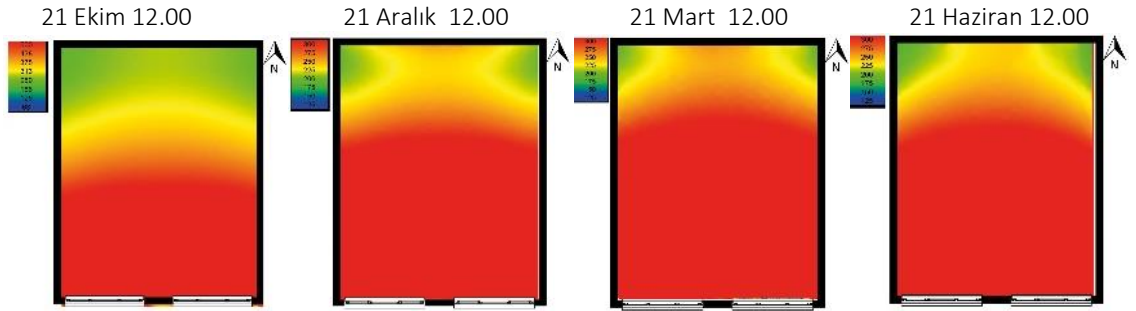
Ankara (35,5 N, 3	Max. Aydınlik Düzeyi	Min. Aydınlik Düzeyi	Gün Işığı Performansı Sınıflandırması (%)	
			100 lx ≤	300 lx ≤
21 Ekim 09:00	1263 lx	101 lx	%100	%35
21 Ekim 12:00	1404 lx	115 lx	%100	%56
21 Ekim 15:00	1217 lx	93 lx	%98	%39
21 Aralık 09:00	734 lx	62 lx	%71	%23
21 Aralık 12:00	1426 lx	102 lx	%100	%52
21 Aralık 15:00	528 lx	43 lx	%64	%15
21 Mart 09:00	1391 lx	107 lx	%100	%42
21 Mart 12:00	2238 lx	163 lx	%100	%59
21 Mart 15:00	1290 lx	101lx	%100	%34
21 Haziran 09:00	1572 lx	124 lx	%100	%45
21 Haziran 12:00	2360 lx	153 lx	%100	%55
21 Haziran 15:00	1576 lx	120lx	%100	%44

Ankara ili Ekim ayında saat 09.00 ve 15.00'da istenilen mekânın %50'sinde en az 300 lx değerindeki aydınlık düzeyi kriterini sağlayamamış, TS EN 17037 standardına göre minimum koşulu Ekim ayında sadece saat 12.00'da uygunluk göstermiştir. Mekânın %95'inde en az 100 lx değerini içeren aydınlık düzeyi kriteri ekim ayında her saat için sağlanmıştır. Aralık ayında saat 12.00'da 100 lx değerini içeren aydınlık düzeyi kriteri hacmin tamamında ve 300 lx değerindeki aydınlık düzeyi kriteri hacmin %52'sinde sağlanmış, diğer zaman dilimlerinde her iki minimum koşul da karşılanamamıştır. Mart ayında 100 lx değerindeki aydınlık düzeyi kriteri seçilen her saat için karşılanırken, 300 lx değerindeki aydınlık düzeyi kriteri saat 09.00 ve 15.00'da mekânının %50'sinde etkili olacak şekilde karşılanamamıştır. Haziran ayı için 100 lx değerindeki aydınlık kriterinin hacmin tamamında tüm zaman dilimlerinde sağlandığı görülürken, 300 lx değerindeki aydınlık düzeyi kriterinin hacmin en az % 50'lik kısmında etki etmesi saat 12.00'da gerçekleşmiştir.

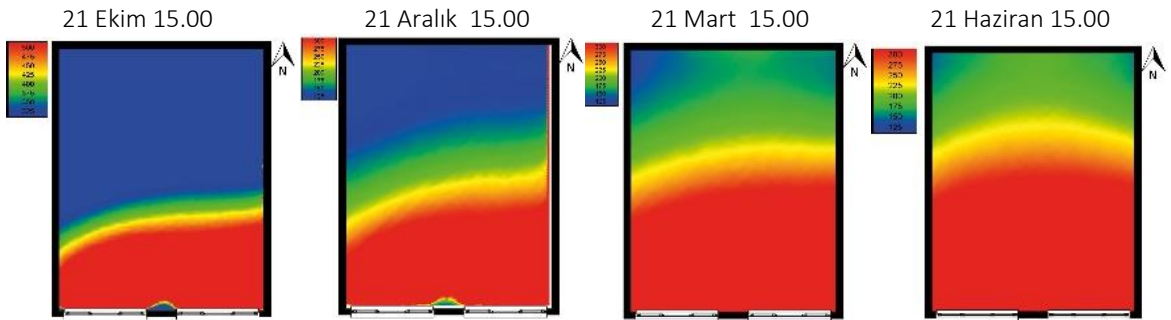
Sıcak nemli iklim bölgesi için seçilen pilot il olan Antalya'nın gün ışığı analizleri farklı zaman dilimlerine göre yapılmıştır ve edinilen sonuçlar Şekil 11-12-13 ve Tablo 4'te belirtilmiştir.



Şekil 11. Antalya ili (36.68 N-30,98 E) için hacimlerde günışığı alımı simülasyon sonuçları-09.00



Şekil 12. Antalya ili (36.68 N-30,98 E) için hacimlerde günışığı alımı simülasyon sonuçları-12.00



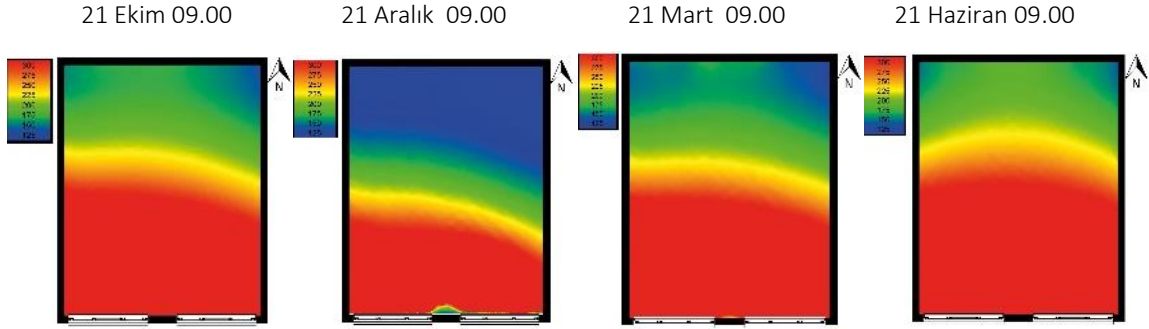
Şekil 13. Antalya ili (36.68 N-30,98 E) için hacimlerde günışığı alımı simülasyon sonuçları-15.00

Tablo 4. Seçilen tip eğitim yapısı güney cephe dersliğinin Antalya (36,68 N- 30,98 E) ili için farklı zaman dilimlerindeki aydınlık düzeylerinin TS EN 17037 standartlarına göre değerlendirilmesi

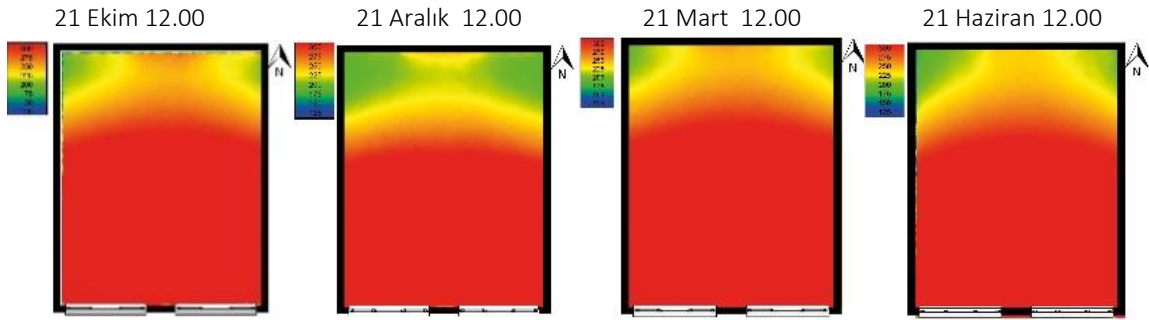
Antalya(36.6815, 30.984,E)	Max. Aydınlık Düzeyi(lx)	Min. Aydınlık Düzeyi(lx)	Gün Işığı Performansı Sınıflandırması(%)	
			100 lx ≤	300 lx ≤
21 Ekim 09:00	1395 lx	120 lx	%100	%100
21 Ekim 12:00	2253 lx	186 lx	%100	%61
21 Ekim 15:00	1298 lx	111 lx	%100	%100
21 Aralık 09:00	868 lx	87 lx	%96	%3
21 Aralık 12:00	1282 lx	108 lx	%100	%100
21 Aralık 15:00	736 lx	77 lx	%94	%100
21 Mart 09:00	1402 lx	114 lx	%100	%100
21 Mart 12:00	2242 lx	183 lx	%100	%57
21 Mart 15:00	1284 lx	111 lx	%100	%100
21 Haziran 09:00	1502 lx	131 lx	%100	%42
21 Haziran 12:00	2210 lx	156lx	%100	%56
21 Haziran 15:00	1506 lx	130 lx	%100	%50

Antalya ilinde Ekim ayında saat 09.00 ve 15.00 saatlerinde mekânın %95'inde 100 lx değerindeki aydınlık düzeyi kriteri sağlanmış, saat 12.00'da ise bu kriterle beraber mekânın %50'sinde 300 lx değeri içeren minimum aydınlık düzeyi kriteri karşılanmıştır. Aralık ayında saat 12.00'da her iki koşul da karşılanırken, saat 15.00'da iki minimum aydınlık düzeyi kriteri de karşılanamamıştır. Mart ayında saat 09.00'da ve saat 15.00'da mekânın %50'sinde en az 300 lx değerindeki aydınlık düzeyi kriterinin karşılanmadığı görülürken saat 12.00'da her iki koşulun sağlandığı görülmektedir. Haziran ayında saat 09.00'da 300 lx değerindeki aydınlık düzeyi kriterinin hacimde istenilen oranda karşılanmadığı görülürken bunun dışındaki zaman dilimlerinde gerekli koşulların sağlandığı görülmektedir.

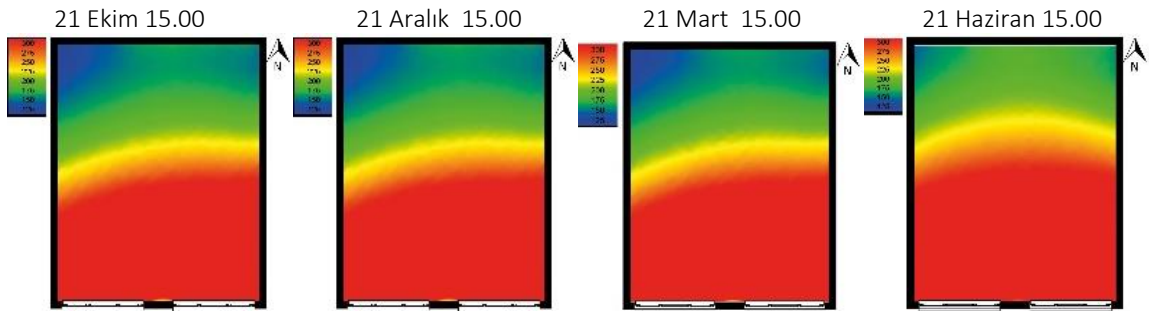
Sıcak kuru iklim bölgesi için seçilen pilot il Diyarbakır için elde edilen veriler ve değerlendirmeler Şekil 14-15-16 ve Tablo 5'te belirtilmektedir.



Şekil 14. Diyarbakır ili (38,066 N- 40,2715 E) için hacimlerde günışığı alımı simülasyon sonuçları-09.00



Şekil 15. Diyarbakır ili (38,066 N- 40,2715 E) için hacimlerde günışığı alımı simülasyon sonuçları-12.00



Şekil 16. Diyarbakır ili (38,066 N- 40,2715 E) için hacimlerde günışığı alımı simülasyon sonuçları-15.00

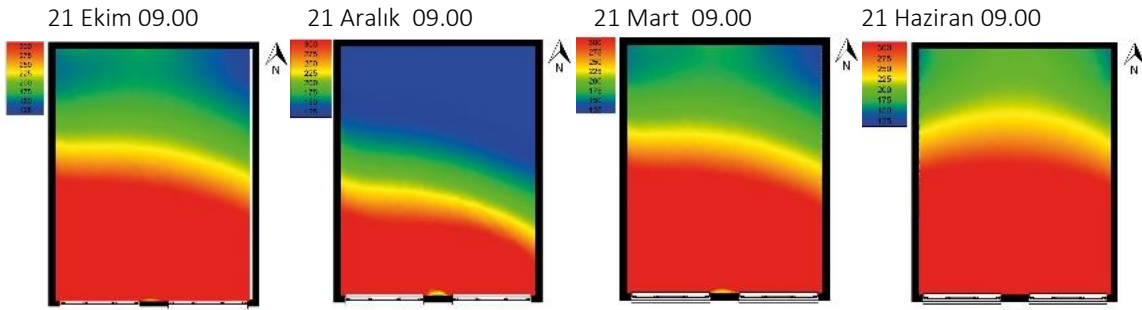
Tablo 5. Seçilen tip eğitim yapısı güney cephe dersliğinin Diyarbakır (38,066 N- 40,2715 E) ili için farklı zaman dilimlerindeki aydınlık düzeylerinin TS EN 17037 Standartlarına göre değerlendirilmesi

Diyarbakır(38.066, 40.2715,E)	Max. Aydınlık Düzeyi(lx)	Min. Aydınlık Düzeyi(lx)	Gün Işığı Performansı Sınıflandırması (%)
			100 lx ≤ 300 lx ≤
21 Ekim 09:00	1347lx	120 lx	%100
21 Ekim 12:00	2234 lx	186 lx	%100
21 Ekim 15:00	1279 lx	107 lx	%96
21 Aralık 09:00	789 lx	74 lx	%92
21 Aralık 12:00	1529lx	102 lx	%100

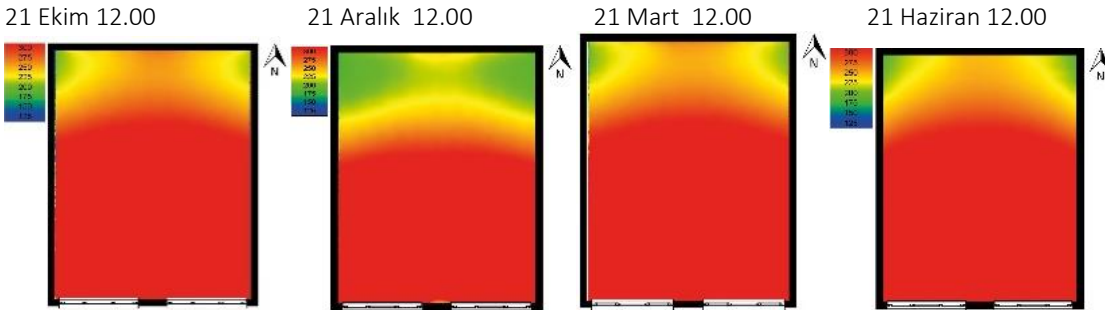
21 Aralık 15:00	749 lx	73lx	%90
21 Mart 09:00	1385 lx	112 lx	%100
21 Mart 12:00	2270 lx	185 lx	%100
21 Mart 15:00	1372 lx	105 lx	%100
21 Haziran 09:00	1582 lx	130 lx	%100
21 Haziran 12:00	2387 lx	168 lx	%100
21 Haziran 15:00	1494lx	136 lx	%100

Diyarbakır'da Ekim ayında her saat mekânın %95'inde en az 100 lx değerindeki aydınlık düzeyi kriteri karşılanırken, saat 12.00 dışında 300 lx değerinde aydınlık düzeyi kriteri sağlanamamıştır. Aralık ayında saat 12.00'da gerekli aydınlık düzeyleri kriterleri gerekli oranlarda karşılanırken, diğer zaman dilimlerinde gerekli koşullar karşılanamamıştır. Mart ayında her saat dilimi için 100 lx değerindeki aydınlık düzeyi kriteri karşılanırken, 300 lx değerindeki koşul sadece saat 12.00'da karşılanmıştır.

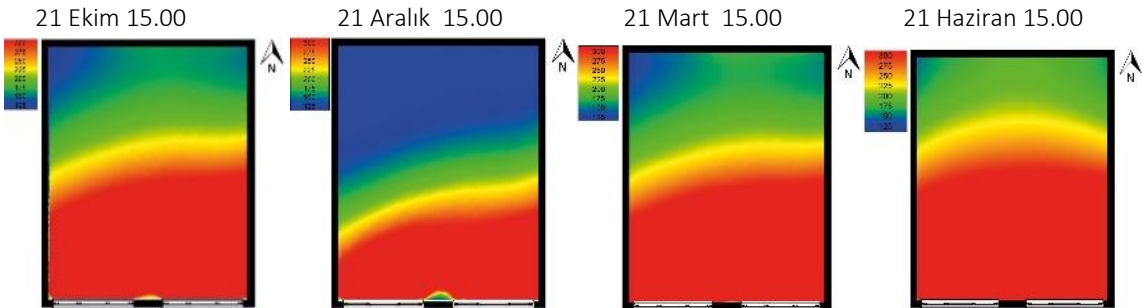
Soğuk iklim bölgesi olarak seçilen pilot il Erzurum için elde edilen veriler ve değerlendirmeler Şekil 17-18-19 ve Tablo 5'te belirtilmektedir.



Şekil 17. Erzurum ili (40,0515 N- 41,443 E) için hacimlerde günışığı alımı simülasyon sonuçları-09.00



Şekil 18. Erzurum ili (40,0515 N- 41,443 E) için hacimlerde günışığı alımı simülasyon sonuçları-12.00

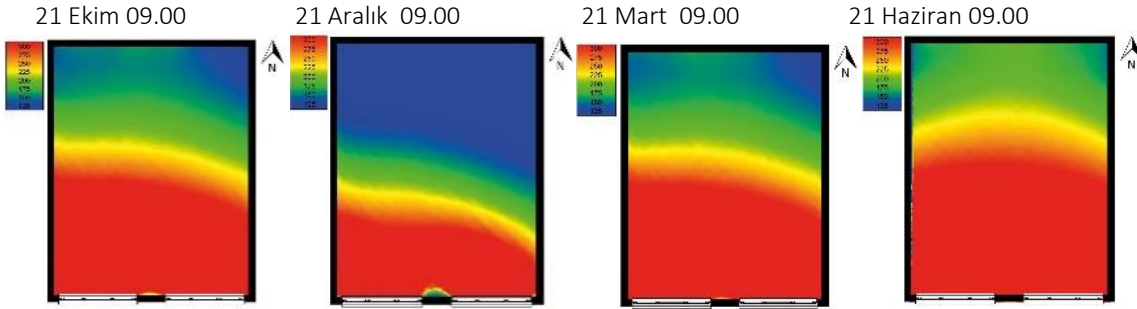


Şekil 19. Erzurum ili (40,0515 N- 41,443 E) için hacimlerde günışığı alımı simülasyon sonuçları-15.00

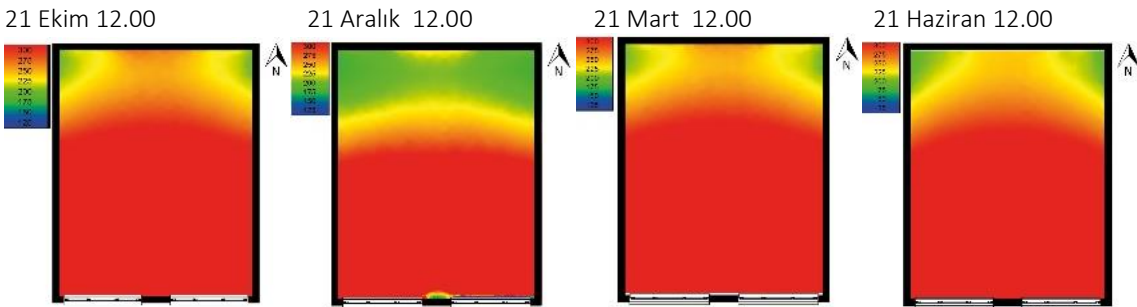
Tablo 6. Seçilen tip Eğitim yapısı güney cephe dersliğinin Erzurum(40,0515 N- 41,443 E) ili için farklı zaman dilimlerindeki aydınlık düzeylerinin TS EN 17037 Standartlarına göre değerlendirilmesi

Erzurum(40.0515, 41.443,E,)	Max. Aydınlik Düzeyi(lx)	Min. Aydınlik Düzeyi(lx)	Gün Işığı Performansı Sınıflandırması (%)	
			100 lx ≤	300lx ≤
21 Ekim 09:00	1293lx	113 lx	%100	%6
21 Ekim 12:00	2110 lx	195 lx	%100	%6
21 Ekim 15.00	1215 lx	100 lx	%100	%
21 Aralık 09:00	596 lx	73 lx	%76	%
21 Aralık 12:00	976 lx	177 lx	%100	%
21 Aralık 15:00	856 lx	42 lx	%75	%
21 Mart 9:00	1296 lx	113 lx	%100	%
21 Mart 12:00	2026 lx	193 lx	%100	%
21 Mart 15:00	1268lx	112 lx	%100	%
21 Haziran 09:00	1558 lx	139 lx	%100	%
21 Haziran 12:00	2353 lx	173 lx	%100	%
21 Haziran 15:00	1493 lx	135 lx	%100	%

Erzurum'da Ekim ayında 300 lx aydınlık düzeyi değeri minimum kriterin saat 9.00 ve 15.00'da sağlanmadığı, 12.00'da aydınlık düzeyi değerlerinin istenilen kriterleri karşılandığı görülmektedir. Mekânın %95'inde 100 lx değerindeki aydınlık düzeyi kriteri seçilen her saat için karşılanmıştır. Aralık ayında sadece 12.00'da gerekli iki koşul karşılanırken, diğer zaman aralıklarında her iki kriter de sağlanamamıştır. Mart ayında saat 12.00'da her iki aydınlık düzeyi kriterinin de karşılandığı, diğer saatlerde ise yalnızca mekânın %95'inde 100 lx değerindeki aydınlık düzeyi kriterine ulaşıldığı görülmektedir. Haziran ayı için ise seçilen saatlerde gerekli tüm kriterler sağlanmıştır. Ilımlı nemli iklim bölgesi olarak seçilen pilot il İstanbul için elde edilen veriler ve değerlendirmeler Şekil 20-21-22 ve Tablo 6'da belirtilmektedir.

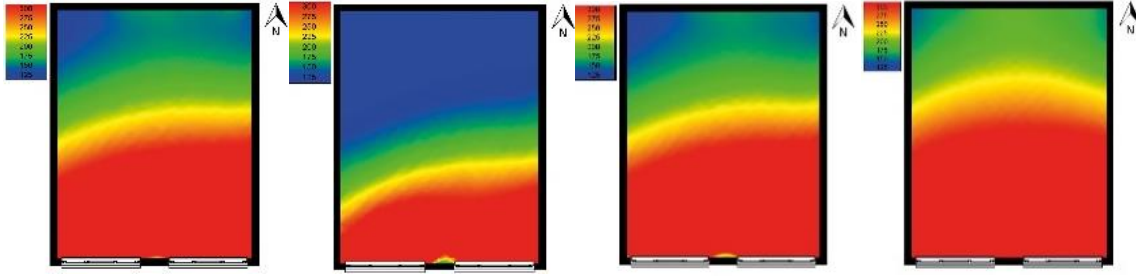


Şekil 20. İstanbul ili (41,1 N- 28,6 E) için hacimlerde günışığı alımı simülasyon sonuçları-09.00



Şekil 21. İstanbul ili (41,1 N- 28,6 E) için hacimlerde günışığı alımı simülasyon sonuçları-12.00

21 Ekim 15.00 21 Aralık 15.00 21 Mart 15.00 21 Haziran 15.00



Şekil 22. İstanbul ili (41,1 N- 28,6 E) için hacimlerde günışığı alımı simülasyon sonuçları-15.00

Tablo 7. Seçilen tip eğitim yapısı güney cephe dersliğinin İstanbul (41,1 N- 28,6 E) ili için farklı zaman dilimlerindeki aydınlık düzeylerinin TS EN 17037 Standartlarına göre değerlendirilmesi

İstanbul(41,1 N, 28,6, E,)	Max. Aydınlık Düzeyi	Min. Aydınlık Düzeyi	Gün Işığı Performansı Sınıflandırması (%)	
			100 lx ≤	300 lx ≤
21 Ekim 09:00	1224 lx	114 lx	%100	%47
21 Ekim 12:00	2177 lx	195 lx	%100	%68
21 Ekim 15:00	1301 lx	105 lx	%100	%43
21 Aralık 09:00	667lx	67lx	%65	%24
21 Aralık 12:00	1354x	163 lx	%100	%53
21 Aralık 15:00	662 lx	62 lx	%74	%24
21 Mart 09:00	1332 lx	108 lx	%100	%41
21 Mart 12:00	2178 lx	191 lx	%100	%63
21 Mart 15:00	1297lx	106lx	%100	%39
21 Haziran 09:00	1646 lx	138lx	%100	%48
21 Haziran 12:00	2387 lx	172 lx	%100	%60
21 Haziran 15:00	1644lx	133lx	%100	%48

İstanbul'da Ekim ve Aralık ayı için yetersiz bir günışığı performansı görülmektedir. Ekim ayı için her saat diliminde 100 lx değerindeki aydınlık düzeyi kriteri mekânın en az %95'inde sağlanırken, 300 lx değeri içeren aydınlık düzeyi kriterine mekânın %50'sinde rastlanılan tek saat 12.00 olmuştur. Mart ayında seçilen her saatte mekânın %95'inde 100 lx değerindeki aydınlık düzeyi kriteri sağlanırken 300 lx değerindeki aydınlık düzeyi kriteri sadece saat 12.00'da karşılanmıştır. İstanbul ili için Haziran ayı da diğer illere göre olumsuz sonuç vermiş olup 100 lx değerindeki minimum kriteri her saat diliminde mekânın tümünde ulaşılırken, 300 lx değerindeki aydınlık düzeyi kriteri sadece 12.00'da karşılanmıştır.

Farklı mevsimlerde ve farklı saatlerde seçilen pilot illere göre gün ışığı analizleri yapılmış ve TS EN 17037'ye göre gün ışığı performanslarını belirten tablolara yer verilmiştir. Farklı mevsimlerde ve farklı saatlerde değişiklik gösteren aydınlık düzeyleri sonuç kısmında değerlendirilmiştir. Her il için gün ışığı analizleri, CIE kılavuzuna uygun olacak şekilde Türkiye için kabul edilen "ortalama gök koşulu" modeline göre yapılmıştır. Bu hesaplamaların sonuçlarına göre Aralık ayı tüm illerde TS EN 17037 standardı gün ışığı aydınlık düzeyi kriterlerini en az oranda karşılayan ay olmuştur. Haziran ayı tüm iklim bölgeleri için hemen hemen %100 verimliliğin gerçekleştiği, TS EN 17037 standardına göre aydınlık düzeyi kriterlerini en yüksek oranda sağlandığı ay olarak gözlemlenmiştir. Bunlara bağlı olarak, cephe açıklıklarında yapılacak revizyonların Aralık ve Haziran ayları dışındaki aylarda etkisinin daha belirgin olarak ortaya konabileceği görülmektedir. Bu nedenle çalışmanın devamında revizyonlara bağlı olarak değişen gün ışığı etkisi Ekim ve Mart ayları kapsamında ele alınmıştır.

2.3.2 Farklı iklim bölgelerindeki tip eğitim yapısında cephe açıklığı revizyonunun gün ışığı performansına etkisi

Çalışmanın bu bölümünde ise seçilen pilot illerde yer alan örneklem yapıdaki dersliklere ait cephe açıklıklarının artırılması durumunda mart ayı için hacimde oluşan aydınlık düzeyi değerleri incelenmiştir. Hacimlerin gün ışığı alımında farklı saatler ve iller için farklılaşan sonuçlar vermesi nedeni ile cephe açıklıklarındaki revizyonların etkisinin hesaplanmasında Mart ayı esas alınmıştır.

Pencere konfigürasyonu, gün ışığının yoğunluğunu ve homojenliğini önemli ölçüde etkilemektedir [36]. Gün ışığının iç mekândaki dağılımında pencerenin büyüklüğü, şekli ve konumu önemli bir etkidir[37]. Yapıda günışığı faktörü esas alınarak tasarlanmış bir pencere, enerji tüketimini önemli oranda azaltabilmekte olup binada toplam enerji tüketiminin %15 ve %30'luk payının aydınlatma kaynaklı olduğu bilinmektedir. Çalışmanın ilk bölümlerinde belirtildiği gibi MEB'in 2015 Asgari tasarım Kılavuzu Standartlarında Pencere Alanı /Taban alanı en az %25 olmalıyken çalışmada kullanılan bu derslik için bu oran yaklaşık olarak %21'dir. Yapıda pencere ölçüsü, pencere formu ve oda ölçüleri, gün ışığını etkileyen temel üç faktör olarak sayılabilmektedir [38]. Özellikle, okullar gibi, gün boyunca kullanılan yapılarda, görsel konfordan ödün vermeden sağlanan etkin enerji kullanımı ile büyük oranda enerji tasarrufu elde edileceği bilinmektedir [39].

Bu bilgiler kapsamında örneklem yapıya ait dersliğin pencere alanı %25'e çıkarılmış ve her il için mart ayı saat 09.00, 12.00 ve 15.00'da hesaplamalar yeniden yapılmıştır. Elde edilen veriler Tablo 8-9 ve 10'da yer almaktadır.

Tablo 8. Revizyon -2 için değişen günışığı değerleri (Mart Ayı Saat:09.00)

İl	Max. Aydınlık (lx)	Min Aydınlık Düzeyi (lx)	Gün Işığı Performansı Sınıflandırması (%)	
			100 lx ≤	300 lx ≤
Ankara	1034 lx	102 lx	%100	%62
Antalya	1107 lx	102 lx	%100	%63
Diyarbakır	906 lx	99 lx	%100	%65
Erzurum	973 lx	102 lx	%100	%61
İstanbul	1030 lx	133 lx	%100	%60

Tablo 9. Revizyon-2 için değişen günışığı değerleri (Mart Ayı Saat:12.00)

İl	MaxAydınlık (lx)	Min Aydınlık Düzeyi (lx)	Gün Işığı Performansı Sınıflandırması (%)	
			100 lx ≤	300 lx ≤
Ankara	1462 lx	139 lx	%100	%85
Antalya	1496 lx	144 lx	%100	%87
Diyarbakır	1300 lx	150 lx	%100	%86
Erzurum	1268 lx	141 lx	%100	%87
İstanbul	1395 lx	133 lx	%100	%86

Tablo 10. Revizyon-2 için değişen günışığı değerleri (Mart Ayı Saat:15.00)

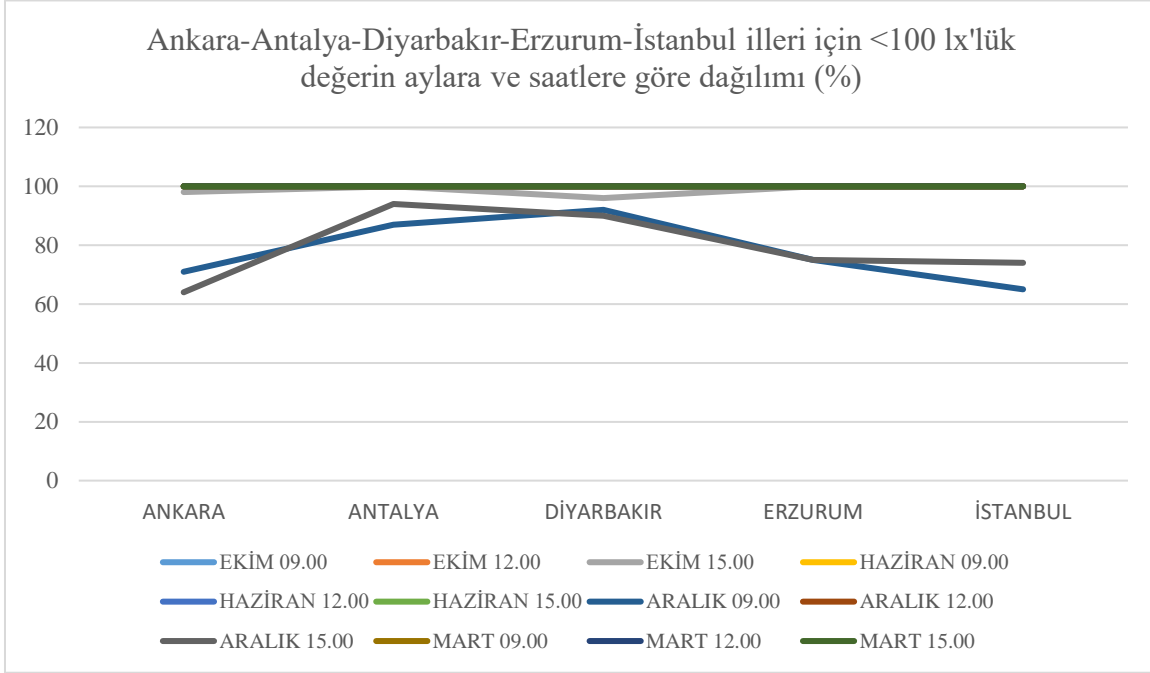
İl	Max.Aydınlık (lx)	Min Aydınlık Düzeyi (lx)	Gün Işığı Performansı Sınıflandırması (%)	
			100 lx ≤	300 lx ≤
Ankara	1023 lx	101 lx	%100	%60
Antalya	1056 lx	104 lx	%100	%62
Diyarbakır	906 lx	99 lx	%100	%63
Erzurum	1002 lx	100 lx	%100	%59
İstanbul	978 lx	96 lx	%100	%59

Tablo 12-13ve 14'te seçilen tip eğitim yapısının dersliğinde pencere alanı/tabana oranının %21'den %25'e çıkarılmasıyla beraber iklim bölgelerini temsil eden pilot iller bazında mart ayına ait farklı zaman dilimlerindeki aydınlık düzeyleri yer almaktadır.

3. Bulgular

Örnek alan çalışmasında Milli Eğitim Bakanlığı İnşaat ve Emlak İşleri Şubesinin Türkiye'nin her ilinde uyguladığı 12 derslikli tip eğitim yapısının güney cephesine konumlandırılmış 30 kişi kapasiteli dersliğine ait gün ışığı analizleri, Türkiye'nin farklı iklim bölgelerini temsil eden Ankara, Antalya, Diyarbakır, Erzurum ve İstanbul illerinde farklı zaman dilimlerinde yapılmıştır. Tip eğitim binasında dersliklerdeki gün ışığı düzeyinin saatlere ve aylara göre farklılıkları ortaya konmuştur. TS EN 17037 standartlarına göre değerlendirme yapıldığında seçilen iller için hem ortak hem de farklı noktalar göze çarpmaktadır. Mevsim, saat gibi doğal etkenlerin yanı sıra yapı cephesindeki revizyonların; yapının hacimlerindeki gün ışığı

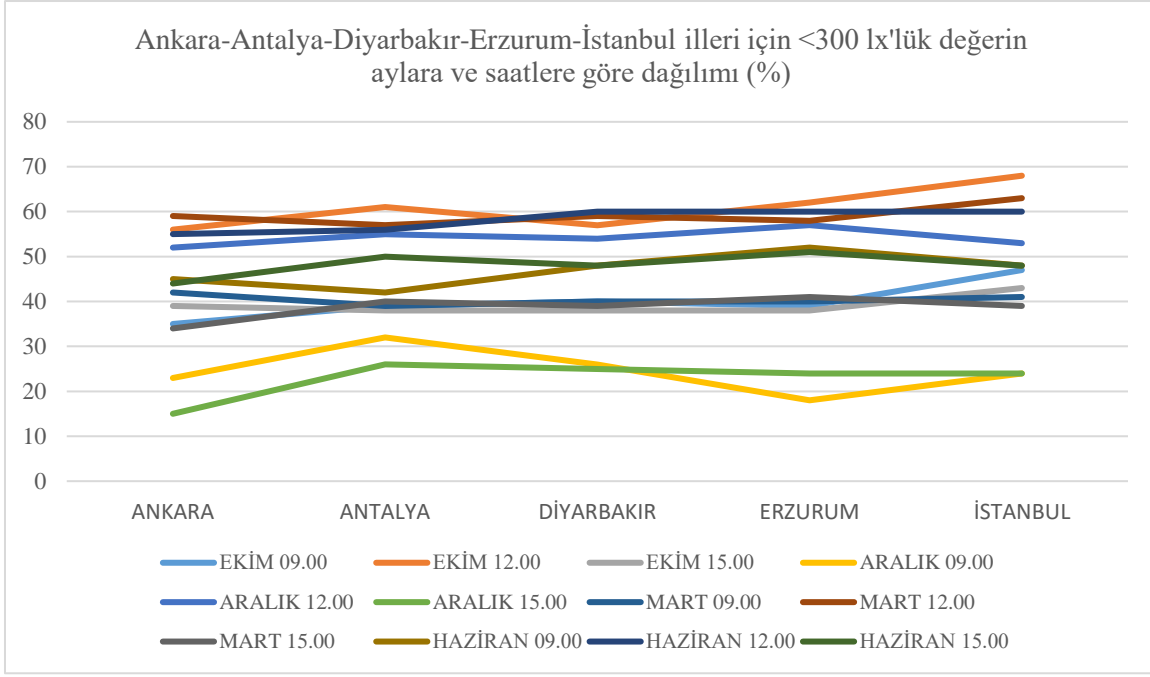
miktarını değiştirdiği görülmektedir. Tüm parametrelerin sabit olduğu sadece coğrafik konumun ve iklim bölgesinin farklılaştığı tip eğitim yapısına ait bir derslikten elde edilen veriler aşağıdaki grafikte yer almaktadır.



Şekil 23. Ankara-Antalya-Diyarbakır-Erzurum-İstanbul illeri <100'lük değerlerin aylara ve saatlere göre dağılımını gösteren grafik.

Yukarıdaki grafikte beş pilot ilde yapılan gün ışığı aydınlık düzeyleri, oluşturulan tablolardan yola çıkılarak karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Grafikten de anlaşıldığı üzere mekânın %95'inde 100 lx değerindeki aydınlık düzeyi kriteri her ilde Ekim, Mart ve Haziran ayları için seçilen her saatte sağlanmıştır. Burada dikkat çeken nokta aralık ayıdır. Mekânın %95'inde 100 lx değeri içeren aydınlık düzeyi kriteri aralık ayında saat 09.00 ve 15.00'da hiçbir il için sağlanamazken aralık ayında 12.00'da her il için sağlanmaktadır. Bu sonuçlarda ortalama gök modeline sahip olunmasının yanı sıra havadaki bulutluluk oranının kış mevsiminde saatlere göre oranı etkili olmuştur.

Yapılan çalışmada TS EN 17037 Standardında belirtilen "mekânın %95'inde 100 lx değeri sağlayan aydınlık düzeyi kriteri" bu pilot iller için seçilen saat ve aylarda büyük farklılıklar göstermemiştir. Bu noktada TS EN 17037 Standardında belirtilen "mekânın %50'sinde 300 lx değeri sağlayan aydınlık düzeyi kriteri" daha okunaklı sonuçlar sunacaktır. Beş pilot il aşağıda verilen grafikte belirlenen aylara ve saatlere göre "mekânın %50'sinde 300 lx değeri sağlayan aydınlık düzeyleri" üzerinden karşılaştırılmıştır.



Şekil 24. Ankara-Antalya-Diyarbakır-Erzurum-İstanbul illeri <300'lük değerlerin aylara ve saatlere göre dağılımını gösteren grafik.

Aydınlık düzeyi ve zaman ve farklılıkları arasındaki ilişkiyi ifade eden grafiklerden anlaşıldığı üzere her il için tip eğitim yapısının gün ışığı analizi farklı zaman dilimlerinde farklı değerlere sahiptir. Bu değerler "mekânın %95'inde 100 lx ve mekânın %50'sinde 300 lx değerlerini sağlayan aydınlık düzeyi" kriterlerine göre karşılaştırılmıştır (Tablo 11).

Tablo 11. 5 farklı iklim bölgesini temsil eden pilot illerin saatlere göre aydınlık düzeyi standartlarını sağlama oranlarının karşılaştırılması.

İl	Ekim	Aralık	Mart	Haziran
Ankara	100 lx ≤ %100 300lx ≤ %33	100 lx ≤ %33 300lx ≤ %33	100 lx ≤ %100 300lx ≤ %33	100lx ≤ %100 300lx ≤ %33
Antalya	100 lx ≤ %100 300lx ≤ %33	100 lx ≤ %67 300lx ≤ %33	100 lx ≤ %100 300lx ≤ %33	100lx ≤ %100 300lx ≤ %67
Diyarbakır	100 lx ≤ %100 300lx ≤ %33	100 lx ≤ %33 300lx ≤ %33	100 lx ≤ %100 300lx ≤ %33	100 lx ≤ %100 300lx ≤ %33
Erzurum	100 lx ≤ %100 300lx ≤ %33	100 lx ≤ %33 300lx ≤ %33	100 lx ≤ %100 300lx ≤ %33	100 lx ≤ %100 300lx ≤ %100
İstanbul	100 lx ≤ %100 300lx ≤ %33	100 lx ≤ %33 300lx ≤ %33	100 lx ≤ %100 300lx ≤ %33	100lx ≤ %100 300lx ≤ %33

Şekil 23-24 ve tablo 11'de yer aldığı üzere tip eğitim yapısının aydınlık düzeyinin farklı iklim bölgelerindeki seçilen illere göre farklılık gösterdiği görülmektedir. Bu verilere göre;

- Gün ışığının hacimde sağladığı aydınlık düzeyi kriterinde seçilen her il için en verimli saat 12.00 olmuştur.
- Antalya ili için gün ışığı aydınlık düzeyi değerleri ve performans verimliliği diğer illere göre daha olumlu sonuçlar vermiştir.
- Seçilen 12 derslikli tip eğitim yapısının gün ışığı kalitesi sınıflandırmasında en olumsuz sonuçlar İstanbul, Ankara ve Diyarbakır illerinde görülmüştür.
- Aralık ayı her il için en olumsuz sonuçları gösteren ay olmuştur. Standartta göre sağlanması gereken minimum aydınlık düzeyi kriterlerinin en az oranda sağlandığı ay olmuştur.
- Haziran ayı gerekli minimum aydınlık düzeyi değerlerinin karşılanması bağlamında en yüksek oranları vermiştir.
- Gün ışığı analizleri incelendiğinde TS EN 17037 Standardına göre "mekânın %50'sinde en az 300 lx değerini sağlanması" kriterine büyük oranda yaklaşamamıştır. Saat 12.00'da her il için belirlenen her ayda bu kriterler

sağlanmıştır. Ancak diğer zaman dilimlerinde standarda göre minimum değerleri içeren kriterlerin sağlanamamış olması öğrencilerin öğrenme aktivitesi için ve enerji tüketimi açılarından olumsuz bir sonuç doğurmaktadır.

Tip eğitim yapılarının iklim farkları ele alınmadan ve cephe yönelimi gözetilmeksizin inşa edilmesinin görsel konfor anlamında olumsuz sonuçlar doğuracağı ve enerji tüketimi artışı olarak geri döneceği aşikârdır. Aynı zamanda cephe açıklıklarının her iklim tipinde standart olmasının işlevsel olmadığı görülmektedir. Bu durum sonraki dönemlerde bu yapının cephelerinde farklı elemanları ve cephe kabuğu ihtiyacını ortaya çıkaracağı için maliyetin öngörüldüğünden yüksek olmasına yol açmaktadır.

Çalışmanın bir diğer bölümünde ise cephe açıklıklarının revize edildiği farklı bir senaryo ele alınmıştır. Bunun sebebi, parametrelerin revize edilmesi halinde mevcut durumda meydana gelen değişimlerdir. Önceki bölümlerde belirtildiği gibi gün ışığı kullanımını etkileyen en önemli parametrelerden biri düşey ve yatay cephe açıklıklarıdır. Seçilen eğitim yapısının dersliğindeki pencere alanının taban alanına oranı %21'den %25'e çıkarıldığında gün ışığı performansında meydana gelen değişim analizleri yapılmıştır. Pencere alanının artırılması ve Milli Eğitim Bakanlığı Eğitim yapılarında Asgari Tasarım Kılavuzu Standartlarında verilen orana getirilmesi aydınlık düzeyi bağlamında her ilde mart ayının belirlenen zaman aralıkları için artışa sebep olmuştur.

- 100 lx değerindeki aydınlık düzeyi kriteri, pencere alanının artırılmasıyla her ilde mart ayı için farklı zaman dilimlerinde sağlanmıştır. Pencere alanının yaklaşık %21 olduğu durumda da 100 lx değerindeki aydınlık düzeyini içeren kriter hemen her ilde yüksek oranda sağlandığı için pencere alanının aydınlık düzeyine etkisinde 300 lx değerindeki aydınlık düzeyi kriterinin mekânın %50'sinde sağlanması esas alınmaktadır.
- Pencere alanının artırılmasıyla her il için mart ayı seçilen her saatte 300 lx değerindeki aydınlık kriteri, mekânın %50'sinde elde edilmesi koşulu sağlanmıştır.
- Kılavuzda belirtilen asgari pencere alanı oranına uyulması (%25) her ilde mart ayı için aydınlık düzeyi değerlerinde artış sağlamıştır.

4. Tartışma ve Sonuç

Türkiye'nin 5 farklı iklim bölgesi için Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı tek tip eğitim yapısındaki dersliklerin gün ışığı performansının değerlendirildiği bu çalışmada iklimsel verilerin tasarım aşamasında ele alınması gereken önemli bir parametre olduğu sayısal göstergelerle ortaya konmaktadır. Gün ışığının farklı iklimlerde etkin kullanılması birçok parametreye bağlı olup cephe malzemesi, cam ve güneş kırıcı seçimi, cephe yönelimi, pencere boyutları gibi değişkenler sonuçlara etki etmektedir. Gün ışığını etkileyen parametrelerden cephe açıklıklarının artırılması görsel konfor koşullarındaki minimum standartları sağlamıştır; ancak iklimsel verilerin göz önüne alınmadığı bir yapıda enerjinin etkin kullanımından söz edilememektedir. Farklı iklim koşullarını ifade eden beş pilot il üzerinden yapılan bu çalışmada temel parametre olarak gün ışığı aydınlık düzeyi ele alınmıştır.

Çalışmada pencere alanını artırmak kısa vadede çözüm önerilerinden biri olmuştur; ancak bu durum Erzurum gibi soğuk iklim bölgesinde yer alan illerde ısı kaybının artması ile enerjinin etkin kullanımına engel teşkil edecektir. Çalışma öncesinde öngörülen aksine güneşli gün süresi coğrafi konumu nedeniyle diğer illere göre fazla olan Antalya ili özellikle "mekânın %50'sinde 300 lx değerindeki aydınlık düzeyi" kriterini sağlamakta yetersiz kalırken diğer iller daha olumlu sonuçlar vermiştir. Ankara ve Erzurum'un söz konusu tip eğitim yapısı için TS EN 17037 standardına gün ışığının minimum aydınlık düzeyini içeren kriterlerini sağlamakta uygun iller olduğu; ancak bu tip eğitim yapısının Antalya, İstanbul ve Diyarbakır illeri için bu illerin farklı coğrafi ve topografik özelliklerinin temel alınarak yeniden düzenlenmesi gerektiği görülmektedir. Her mevsim güneş ışınlarını aynı açı ile alan Erzurum ve Ankara illeri için sonuçların birbirine benzer çıktığı görülmektedir. Erzurum'da enerji maliyetini artırsa da gün ışığının kazanımı noktasında ortak bir payda olduğu görülmektedir. Benzer şekilde Antalya ve Diyarbakır illerinde enerji maliyeti konusunda gün ışığında bir verimden bahsetmek mümkün değildir; ancak ısı korunumu gibi konularda bu iki il daha avantajlı olacaktır. Belirgin bir iklim parametresi olan gün ışığının değeri seçilen beş pilot ilde farklılık göstermiştir ve bu durum diğer konfor gereksinimleri için binalarda tüketilen enerjinin belirlenmesinde birçok farklı sonuçları beraberinde getirecektir. Çalışmada hedeflenen sonuç olarak "tip yapı" kavramının yeniden gözden geçirilmesinin ve aynı yapının farklı iklim bölgelerinde benzer tipolojide inşa edilmemesinin gerekliliği görülmektedir. Tip eğitim yapısı dersliği üzerinden yapılan bu çalışmada bu derslik TS EN 17037 Standardına göre sağlaması gereken minimum aydınlık düzeyi değerlerini karşılamamıştır. Buna bağlı olarak yapının bütünü için bir enerji verimliliğinden bahsetmek mümkün değildir. Tasarımda iklim girdisinin tasarım sürecinin yanı sıra yapının kullanımında da önemli bir parametre olduğu görülmektedir. Sonuçların mevsimlere göre ilden ile farklılık göstermesi beklenen bir durumdur; ancak hâlihazırda çalışmada varılmak istenen sonuçta özellikle öğrenme üzerinde etkili olan gün ışığının ve buna bağlı değişen birçok noktanın her topografik bölge üzerinden ayrı ayrı ele alınmasıdır. Bir tip eğitim yapısının gerekli

görülen her yere yapılması sağlıklı bir sonuç vermeyecek ve sonuçta çalışmanın içeriğinde görüldüğü gibi temel standartlarda belirtilen minimum aydınlık düzeyinin sağlanmadığı eğitim yapıları ortaya çıkacaktır.

Gün ışığını optimize kullanmak için pencere alanının artırılmasının yanı sıra uygun cephe seçimi, bina kabuğunun yenilenmesi gibi yöntemler mevcuttur; ancak inşa edilmiş bir yapı üzerinden bu revizyonların yapılması maliyet ve zaman yönünden uygulanabilir görülmemektedir. Bu sonuçlar enerjinin etkin kullanımı göz önünde bulundurularak tasarım sürecine iklimsel verilerin dâhil edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Pencere boyutlarının, açıklık oranlarının, cam tipleri ve diğer parametrelerin sabit olduğu koşullarda her iklim bölgesi için eşit verimlilik ve gün ışığı performansının sağlanması mümkün görünmemektedir. Bu nedenle tek tip yapıların her iklim bölgesinde uyarlanması ile ilgili koşulların, binaların enerji performansı ve gün ışığı standartlarının sağlanmasındaki yetersizliği bu çalışmada yapılan hesaplamalarla ve karşılaştırmalarla ortaya konmuştur. Standartlaşmanın getirdiği koşullar düşük maliyetli ve süreci hızlandıran biçimde ele alınsa da gün ışığı etkisinin farklı iklim bölgelerindeki değişkenliği enerji verimliliğinde olumsuz sonuçlar doğuracaktır. Tüm bunlar; iklim parametrelerinin tasarım sürecinde önemli bir girdi olduğunu ve cephe açıklıkları, pencere boyutları, yönlenme gibi etkenlerin her bölge için özgün bir şekilde ele alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Tasarım sürecinde doğal aydınlatma verileri ile iklimsel veriler eş zamanlı olarak incelenmeli, analiz edilmeli ve uygulama aşamasına geçilmelidir. Bu çalışmanın, farklı iklim bölgelerindeki tek tip yapıların uygulanmasının gün ışığı ve enerji tüketimine olan etkisini sayısal veriler ile ortaya koyarak bundan sonraki çalışmalara da kılavuz niteliğinde olması hedeflenmektedir.

Kaynakça

- [1] Al-Khatatbeh, B. & Mahdeb, S.(2017).Improving visual comfort and energy efficiency in existing classrooms using passive daylighting techniques. *Energy Procedia*, 136,102-108.
- [2] Kutlu, R.(2019).Bir tasarım ögesi olarak günışığı. *The Turkish Journal Of Design And Communtion*, 9(2), 226-233.
- [3] Arpacıoğlu, Ü. (2012). Mekânsal kalite ve konfor için önemli bir faktör: gün ışığı. *Mimarlık*, (368), 48-53.
- [4] Yener, A. (2007). *Binalarda gün ışığından yararlanma yöntemleri: çağdaş teknikler*. Ulusal Tesisat Mühendisliği Sempozyumu Bidirileri Kitabı.
- [5] Cooper, A., Megri, A., Sobers, A. &Yu, Y. (2014). Illuminance evaluation and assessment at three elementary schools. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*,7 (1), 129-136.
- [6] Yener, A. (2011). Güneş kontrollü sınıflarda günışığı analizi. *Mimarlık Bilimi İncelemesi*, 45(4), 311-316.
- [7] Newsham, GR. & Veitch, J.A.(1998). Determinants of lighting quality I: State of the science. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 27 (1), 92-106.
- [8] Hwang, T. & Kim, J.T.(2011). Effects of indoor lighting on occupants' visual comfort and eye health in a green building. *Indoor and Built Environment*, (20), 75–90.
- [9] Liberman, J. (1991). *Light Medicine of the future*. Bear &Company Publishing.
- [10] Bakmohammadi, P. & Norzai, E.(2020). Optimization of the design of the primary school classrooms in terms of energy and daylight performance considering thermal and visual comfort. *Energy Reports*, 6, 1590-1607.
- [11] Çelik, K.(2018). *Eğitim yapılarında sürdürülebilir aydınlatma tasarımı için bütüncül bir yaklaşım* (Yayın No:514981)[Doktora tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- [12] Barkul, Ö. & Köse, Ç.(2012). İlköğretim yapılarında tip proje uygulama sorunları üzerine bir inceleme. *Megaron*, 7 (2), 94-102.
- [13] Yılmaz, A. (2012). İlköğretim okullarının fiziksel yapılarının eğitim ve öğretim açısından değerlendirilmesi. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 115(28), 77-107.
- [14] Duraler, Y.(2017). *Tip ilkokul dersliklerinin gün ışığından etkin yararlanmasına yönelik bir çalışma* (Yayın No. 465403)[Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].Ulusal Tez Merkezi.

- [15] Pierangioli, L., Randazzo, M., Secchi, S. & Scurpi, F.(2015). Retrofit strategies for the improvement of visual comfort and energy performance of classrooms with large windows exposed to East. *Energy Procedia*, 78, 3144-3148.
- [16] Kılıç, E.S.(2021).Improving visual comfort and energy efficiency in existing classrooms using passive daylighting techniques. *Okul Öncesi Eğitim Yapılarında Enerjinin Etkin İyileştirme Stratejileri, Uludağ Üniversitesi*. Yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi].
- [17] Tezel, D.(2007). *Mekân tasarımında doğal ışığın etkileri* (Yayın No.222620) [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi
- [18] Adane, V. & Dabe, T.(2018). The impact of building profiles on the performance of Daylight and indoor temperatures in low-rise residential building for the hot and dry climatic zones. *Building and Enviroment*, 140, 173-183.
- [19] Bokel, R., Dobbelsteen, A., Sun, Y. &Zhang, Q.(2017). Optimization of thermal and daylight performance of school buildings based on a multi-objective genetic algorithm in the cold climate of China. *Energy And Buildings*, 139, 371-384.
- [20] Yılmaz, Y.(2009). *Farklı iklim bölgelerinde bir ilköğretim tip projesinin enerji etkin geliştirilmesine yönelik uygulama örneği* (Yayın No.251958) [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- [21] Manav, M., Kutlu, R., Küçükdoğu, M. Ve Yener, A.(2012). Daylight analysis and lighting energy management for schools in hot-temperate climates. . *İtü Az*, 9 (1), 149-164.
- [22] Dostoğlu, N. & Şahin, E.(2015). Okul binaları tasarımında sürdürülebilirlik. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 20(1), 75-91.
- [23] Çelik, K. & Ünver, R.(2017, 18-19 Ekim). *Aydınlatmanın eğitim yapıları tasarım kılavuzlarındaki yeri* [Konferans sunumu]. Dokuzuncu Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir. Türkiye.
- [24] Çelik, K. & Ünver, R.(2019). Eğitim yapıları tasarım kılavuzları bağlamında dersliklerin görsel konfor ve enerji kullanımı açısından değerlendirilmesi. *Journal of International Research*, 12 (63), 441-446.
- [25] Milli Eğitim Bakanlığı. (2015). Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu, İnşaat ve Emlak İşleri Müdürlüğü.
- [26] TS EN 17037. (2019). *Binalarda Günışığı Standartı*.
- [27] Sivas İl Milli Eğitim Müdürlüğü. (2021). *Arşiv*. İnşaat ve Emlak İşleri Şubesi.
- [28] Velux, Daylight Visualizer 2.(2021, 1 Temmuz). <https://www.velux.com/what-we-do/digital-tools/daylight-visualizer>
- [29] Kazanasmaz, Z.T. (2009, 07-09 Mayıs). *Binaların doğal aydınlatma performanslarının değerlendirilmesi*. 5. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir, Türkiye.
- [30] Onak, B. & Yıldırım, N. (2020). Eğitim Yapılarında Aydınlatma Türü ve Kullanımı Önerileri: Kocaeli Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Binası. *Mimarlık ve Yaşam*, 5(2), 361-380.
- [31] TS EN 212464-1.(2013). *Light And Lighting:Lighting Of Work Places-Indoor Work Places*.
- [32] Bircan, P. & Yener, A.(2019, 18-19 Eylül). *İlköğretim dersliklerinde gün ışığı performansının TS EN 17037 standardı açısından değerlendirilmesine ilişkin bir çalışma* [Konferans sunumu]. 12. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İstanbul, Türkiye.
- [33] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (2022, 14 Nisan). <https://www.mgm.gov.tr/>
- [34] Kandırmaz, H., Zateroğlu, T. Türkiye için Güneşlenme Süresinin Mekansal Analizi (2018). *SETSCI Conference Indexing System*, 3, 590-593.
- [35] Şener, F.(2021, 20 Kasım). TS EN 17037 Binalarda Gün ışığı standartı ve uygulaması.
- [36] Korsayi, S.S., Tahsildoost, M. & Zomorodian, Z.S. (2016). The effect of window configuration on Daylight performance in Classrooms: a field and simulation study. *International Journal Of Architectural Engineering And Urban Planning*, 26(1). 15-24.

- [37] Acosta, I. (2015). Analysis of daylight factors and energy saving allowed by windows under overcast sky conditions. *Renewable Energy*, 77, 194-207.
- [38] Arpacioğlu, Ü., Çalışkan, C.İ. & Şahin, B.(2020). Mimari planlamada günüşi etkisinin artırılması için tasarım destek modeli. *Tasarım-Kuram*, 16(29), 53-78.
- [39] Başkan, T. & Sözen, M. (2006). Dersliklerde görsel konfor ve etkin enerji kullanımı: Bir örnek derslik aydınlatması. *Megaron*, 1(2-3), 143-153.