



SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ SEÇİLİ DERSLİKLERİNİN İÇ ÇEVRE KALİTESİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Sema YURDAKUL*¹, Nihat AYYILDIZ², Vesile Ecem ÇELİK¹, Esra İÇÖZ³

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Isparta, Türkiye

³ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler

SDÜ,
Derslik,
İç Çevre Kalitesi,
Termal Konfor,
CO₂ Seviyesi.

Öz

Öğrencilerin eğitim gördükleri çevrenin onların tüm davranışlarını etkilediği hususu bugün bilimsel bir gerçek olarak kabul edilmektedir. Bu yüzden etkili ve başarılı eğitim için bu çevrenin düzenlenmesi gereklidir. Bu kapsamda, Süleyman Demirel Üniversitesi (SDÜ) dersliklerindeki mevcut iç çevre kalitesinin belirlenebilmesi ve durumun ortaya konulması amacıyla, bu çalışmada SDÜ'nün 3 farklı fakültesinde (Mühendislik, Teknoloji ve Hukuk Fakülteleri) yer alan toplamda 86 dersliğin CO₂, sıcaklık, nem, aydınlatma ve gürültü seviyeleri ölçülmüş ve elde edilen değerler mevcut standartlarla karşılaştırılmıştır. Çalışmada ortalama sıcaklık 18,5 °C (Mühendislik Fak.) ile 29 °C (Hukuk Fak.), nem %16,6 (Mühendislik Fak.) ile %54,4 (Teknoloji Fak.), CO₂ 629 ppm (Mühendislik Fak.) ile 3924 ppm (Mühendislik Fak.), aydınlatma 202 lüks (Mühendislik Fak.) ile 866 lüks (Mühendislik Fak.) ve gürültü değerleri ise 27,4 dBA (Hukuk Fak.) ile 55,3 dBA (Mühendislik Fak.) arasında değişmektedir. Ayrıca, yüksek doluluk oranına sahip olan dersliklerde doğal havalandırmanın yetersiz kaldığı ve oldukça yüksek CO₂ değerlerinin elde edildiği görülmüştür. Genel olarak ölçümlerin gerçekleştirildiği fakülteler göz önüne alındığında, mevcut dersliklerde bir aydınlatma, gürültü ve nem probleminin olmadığı ancak Mühendislik Fakültesi binasının eski olmasından dolayı binadaki bazı dersliklerin yeterince ısıtılmadığı, buna karşın Hukuk Fakültesindeki dersliklerin ise aşırı ısıtıldığı yani Fakültelerdeki ısıtma sistemlerinin yeterince verimli ve istenilen randımanda çalıştırılmadığı görülmüştür.

INVESTIGATION OF THE INDOOR ENVIRONMENT QUALITY OF THE SELECTED CLASSROOMS OF THE SULEYMAN DEMİREL UNIVERSITY

Keywords

SDU,
Classroom,
Indoor Environment Quality,
Thermal Comfort,
CO₂ Level.

Abstract

Today, environment in which the students are educated affects all their behaviors are accepted as a scientific fact. Therefore, the environment should be organized in accordance with successful and effective education. For this purpose, CO₂, temperature, humidity, lighting and noise levels were measured and the values obtained were compared with the current standards in 86 classrooms located in the Engineering, Technology and Law Faculties of Suleyman Demirel University (SDU), in order to determine the existing indoor quality of the classrooms in SDU and to reveal the real situation. In the study, the average temperatures varied from 18.5 °C (Faculty of Engineering) to 29 °C (Faculty of Law), humidity varied from 16.6% (Faculty of Engineering) to 54.4% (Faculty of Technology), CO₂ varied from 629 ppm (Faculty of Engineering) to 3924 ppm (Faculty of Engineering), lighting varied from 202 lux (Faculty of Engineering) to 866 lux (Faculty of Engineering) and noise varied from 27.4 dBA (Faculty of Law) to 55.3 dBA (Faculty of Engineering). Furthermore, it was observed that in the classrooms with high occupancy rate, natural ventilation was insufficient and high CO₂ values were obtained. In general, the faculties in which the measurements were carried out were considered, it was seen that there was no lighting, noise and humidity problems in the existing classrooms. However, although some classrooms located in the buildings of the Faculty of Engineering which has

* İlgili yazar / Corresponding author: Sema Yurdakul: semayurdakul@sdu.edu.tr, +90-246-211-1282

the oldest buildings in the campus could not be heated sufficiently, it was observed that some of the classrooms were overheated in Faculty of the Law. Therefore, it has been seen that heating systems in faculties cannot be operated efficiently and in desired performance.

Alıntı / Cite

Yurdakul, S., Ayyıldız, N., Çelik, V.E., İçöz, E. (2019). Süleyman Demirel Üniversitesi Seçili Dersliklerinin İç Çevre Kalitesi Açısından İncelenmesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(4), 811-818.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

S. Yurdakul, 0000-0002-1728-1588
N. Ayyıldız, 0000-0002-1734-4251
V.E. Çelik, 0000-0002-9753-3764
E. İçöz, 0000-0001-9021-4157

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	17.03.2019
Revizyon Tarihi / Revision Date	28.05.2019
Kabul Tarihi / Accepted Date	28.05.2019
Yayın Tarihi / Published Date	19.12.2019

1. Giriş

İnsanların büyük bir kısmı zamanlarının %90'nını kapalı ortamlarda geçirmektedir (Lee ve Chang, 2000; Jurado vd., 2014). Ancak bu kapalı ortamlar, dış ortamdan gelen ve/veya iç ortamlarda gerçekleştirilen faaliyetler sonucu oluşan kirleticilerle birlikte insan sağlığını ve üretkenliğini olumsuz yönde etkileyen bir ortama dönüşmektedir (Jurado vd., 2014).

Yaşadığımız ortamlardaki sıcaklık ve nem değerleri, gürültü, aydınlatma, CO₂ ve havalandırma seviyeleri iç çevre kalitesini belirleyen parametrelerdendir (Fadeyi vd., 2014). Tıpkı konutlarda ve iş yerlerinde olduğu gibi üniversitelerde de öğrenciler ve üniversite çalışanları zamanlarının çoğunu iç ortamlarda geçirmektedir.

İç çevre kalitesinin öğrencilerin çalışma ve öğrenme performansını arttırdığı ve devamsızlığı azalttığı literatürde sıklıkla yer almaktadır (Jones ve Kirby, 2012). Ancak ülkemizde sınıfların kalabalık olması, binaların ve pencerelerin sızdırmaz oluşu, çoğu binalarda mekanik havalandırmanın olmayışı ve ikili öğretimin olması, tavan yüksekliklerinin yetersiz olması ve sınıfların ders aralarında yeterli seviyede havalandırılmaması hem iç mekanlarda kirleticilerin birikimine sebep olmakta hem de mekanın hava kalitesini önemli ölçüde düşürmektedir (Bulgurcu vd. 2006).

Literatürde, okullardaki iç çevre kalitesi parametrelerinin (havalandırma, termal konfor, CO₂ seviyesi, iç ortam kirleticileri vd.) belirlenmesi ve öğrenciler üzerindeki etkileri üzerine bir çok çalışma yapılmakla birlikte (Myhrvold vd., 1996; Lee ve Chang, 2000; Shendell vd., 2004; Wargoocki ve Wyon, 2007; Teli vd., 2013; Haverinen-Shaughnessy ve Shaughnessy, 2015; Dorizas vd., 2015; Abdallah, 2017), okullardaki iç çevre parametreleri ile ilgili de çeşitli yasal düzenlemeler bulunmaktadır (Okullardaki iç mekanların boyanması ve iç ortam hava kalitesi, 1994, Okullardaki çocukların zararlılardan ve böcek ilaçlarından korunması, 2002; Okullarda iç ortam kalitesi, 2003; Bina bülteni 101, 2006; Okulların akustik tasarımı, 2015). Ülkemizde de eğitim kurumlarının iç hava kalitesinin belirlenmesine

yönelik literatürde bazı çalışmalar olmasına rağmen (Ekmekcioglu vd., 2007; Kus vd., 2008; Sofuoğlu vd. 2011; Acıkgöz, 2013; Akal vd., 2015; Ugranlı vd. 2015; Yurdakul vd., 2016 ve 2019) halen üniversitelerimizdeki iç çevre kalitesinin geliştirilmesi çalışmalarının yapılması ve tasarım esaslarının belirlenmesi büyük bir eksiklik olup acilen yerine getirilmesi (Ekren vd., 2017), mevcut durumun ortaya konarak halihazırdaki binalarda gerekli iyileştirmelerin yapılması ve gelecekte inşaa edilecek binaların bu tasarım esaslarını dikkate alarak projelendirilmesi; kampüslerde yer alan iç mekanların etkin ve verimli kullanılması açısından önem arz etmektedir.

Bu bakımdan, çalışma kapsamında, Süleyman Demirel Üniversitesi merkez yerleşkede yer alan üç fakültedeki seçili derslikler iç ortam kalitesi; iç hava kalitesi (CO₂), termal konfor (sıcaklık ve nem), görsel konfor (aydınlatma) ve akustik konfor (gürültü) parametreleri açısından incelenmiş ve bu amaçla toplamda 86 derslikte ölçümler gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada Süleyman Demirel Üniversitesi'nde merkez yerleşkede yer alan en eski fakültelerden olan yapım yılları 1984'e uzanan Mühendislik Fakültesi ve Teknoloji Fakültesi ile yapım yılı 2010 yılı olarak üniversitenin en yeni fakültelerinden biri olan Hukuk Fakültesi dersliklerinde iç ortam kalitesi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler; 11 bloktan oluşan ve iki kat üzerine inşaa edilen Mühendislik Fakültesi'nde 45, 2 bloktan oluşan ve yine iki katlı olan Teknoloji Fakültesi'nde 18 ve 1 bloktan oluşan, üç katlı inşaa edilen Hukuk Fakültesi'nde 23 olmak üzere toplam 86 derslikte, 18.10.2016 ile 20.12.2016 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada; toplam 86 dersliğin CO₂, sıcaklık, nem, aydınlatma ve gürültü seviyeleri belirlenmiştir. Bu amaçla seçili parametrelerin ölçümleri için TESTO 435-2 kombine ölçüm cihazı ve Testo 816-1 gürültü ölçüm cihazı kullanılmıştır. Aydınlatma ölçümleri EN 12464-1:2011 Işık ve Aydınlatma-İş Yerlerinin Aydınlatması Standardı'ndaki (2011) ölçüm yükseklikleri göz önüne alınarak dersliklerde yerden yaklaşık 0,8 m'de gerçekleştirilmiştir. Dersliklerdeki aydınlatma ölçüm noktalarının sayısı oda indeksi (Eşitlik 1) kullanılarak

hesaplanmış ve aydınlatma seviyesi ölçümleri yatay bir düzlemde gerçekleştirilmiştir. Noktalar seçilirken duvarlar ve gölge düşüren yüzeylerden en az 0,5 m uzaklıkta olmalarına dikkat edilmiştir (Erlalitepe vd., 2011).

$$\text{Oda indeksi (K)} = \frac{L \times W}{H \times (L + W)} \quad (1)$$

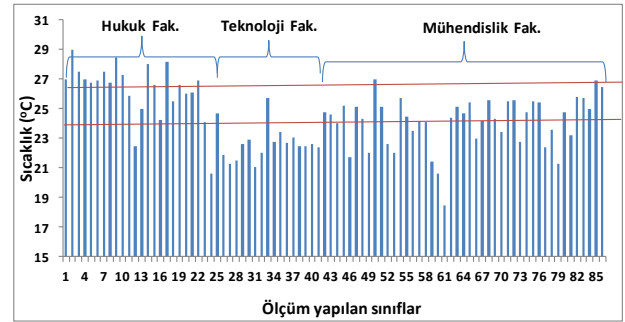
Burada L; iç mekânın derinliğini, W; iç mekânın enini ve H; iç mekânın yüksekliğini ifade etmektedir. Dersliklerin sıcaklık, nem ve CO₂ ölçümleri ise yerden yaklaşık 1,2 m yükseklikte (oturma pozisyonunda) ve bir ders boyunca gerçek zamanlı ölçümler şeklinde gerçekleştirilmiştir. Gürültü ölçümleri ise derslikler boşken, yerden yaklaşık 0,91±0,05m yükseklikte oturan kişiler için okuma düzleminin ortasında, yüzeylerden (duvar, dolap vb.) en az 0,5-1 m, pencere ya da hava alma boşluklarından en az 1-1,5 m uzaklıkta gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılacak derslikler belirlendikten sonra, belirlenen alanda eşit olarak dağılmış en az 3 ölçüm noktasında, en az 5 dakikalık ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada ayrıca, dersliklerin bulunduğu binaların dışında da iç ortam ölçümleriyle eş zamanlı olarak dış ortam gürültü ve CO₂ ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Çalışmada sınıflarda ölçülen CO₂ değerlerinin öğrenci sayısı ve birim alana düşen öğrenci sayısı ile arasında olan ilişkisini belirlemek için SPSS 20.0 paket programı ile doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Her iki modelde F testi anlamlı bulunmuştur (p<0.01). Ayrıca, her iki modelin doğruluğunu test etmek amacıyla elde edilen artıkların (residualların) P-P Grafiği (Predicted-Probability Plot) çizdirilmiş; standardized residualların normal dağılım gösterdiği görülmüştür. Ayrıca bunu test etmek için Kolmogrov-Smirnov Testi uygulanmış ve her iki modelin çarpıklık (Skewness) değerlerinin birin altında olduğu ve standardized residualların normal dağılım gösterdiği (p>0.05) görülmüştür. Tahmin edilen değerler (predicted) ile standardized residualların dağılım grafikleri çizdirilmiş ve noktaların yaklaşık olarak eşit bir şekilde sıfırın etrafında dağıldığı görülmüştür.

3. Araştırma Bulguları

İç ortam kalitesi parametreleri için elde edilen ortalama değerler ve ölçüm aralıkları Tablo 1'de verilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere fakültelerin bina yaşlarının, ısıtma sistemlerinin ve yapı stillerinin farklılığından dolayı ölçülen ortalama değerlerin de farklılık gösterdiği görülmektedir. Aynı zamanda, bina içerisindeki sınıfların konumuna (cephe, kat, büyüklük) ve derste öğrenci sayısına da bağlı olarak ölçülen değerlerin geniş bir aralıkta değiştiği yine Tablo 1'den görülmektedir.

3.1. Sıcaklık ve Nem Seviyeleri Ölçüm Sonuçları

Bilimsel yazında; sıcaklık ve nem, eğitim mekânlarında çalışma performansını etkileyen önemli parametreler arasında yer almaktadır (Puteh, vd., 2012., Haverinen-Shaughnessy ve Shaughnessy, 2015). Ölçüm yapılan dersliklerde ders süresince ölçülen sıcaklıkların ortalama değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Çalışma süresince, 86 dersliğin ortalama sıcaklığı 24,4±2,09 °C olarak bulunmuştur. Avrupa Birliği "İç Hava Kalitesi, Termal Çevre, Aydınlatma ve Akustiğe Hitaben Binalarda Enerji Performansının Değerlendirilmesi ve Dizaynı İçin Gerekli İç Ortam Parametreleri Yönetmeliği'nde (prEN 15251-2006)"; mekânik havalandırmanın olmadığı ve hâlihazırda kullanılmakta olan binalarda, kış mevsiminde kabul edilebilir sıcaklık değerlerinin 19-25 °C aralığında olduğu belirtilmiştir.



Şekil 1. Ortalama Sıcaklık Değerleri (Kırmızı çizgiler en düşük ve en yüksek sınır değerleri göstermektedir)

Şekil 1'e göre; çalışma dönemi boyunca, sıcaklık derecesi alt sınır olan 19 °C değeri Mühendislik Fakültesi'nde yer alan bir derslikte kaydedilmiştir. Genel olarak Mühendislik Fakültesi'nin sıcak su hattının sonunda bulunan blokta yer alan dersliklerde diğer bloklarda bulunan dersliklere kıyasla daha düşük ortalama sıcaklıklar kaydedilmiştir. Hukuk Fakültesi'nde ise neredeyse ölçümü yapılan tüm dersliklerde, sıcaklık üst sınırının aşıldığı (23 sınıfın 20 tanesinde) gözlenmiştir.

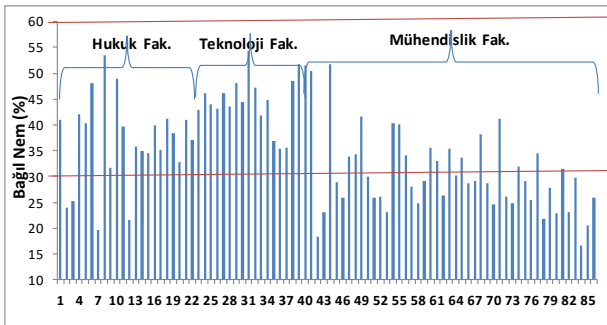
Tablo 1. İç Hava Kalitesi Parametrelerinin Fakülte Bazlı İstatistiksel Değişimi

Fakülte	Sıcaklık (°C)	Nem (%)	CO ₂ (ppm)	Aydınlatma (lüx)	Gürültü (dBA)	Ölçüm sırası Öğrenci Sayısı	Ölçüm tarihi
Hukuk	26,5±1,5 22,5-29*	36,9±8,5 19,6-53,4*	2233±778 859-3810*	468,5±88 324-670*	35,51±4,7 27,4-42,6*	1375	28.11-05.12 2016
Teknoloji	22,6±1,2 20,6-25,7	45,2±5,4 35,3-54,4	1801±414 918-2546	419,4±86 301-696	45,3±5,3 36,5-53,1	737	18.10-31.10 2016
Mühendislik	24,1±1,7 18,5-27	29,7±6,8 16,6-51,7	1824±704 629-3924	418,9±155 202-866	41,61±5,9 32,1-55,3	1547	13.12-20.12 2016

* Ölçülen en düşük ve en yüksek değeri ifade etmektedir.

Bunun sebebi muhtemelen; Mühendislik Fakültesi binalarının ortalama 30 yıllık olması dolayısıyla; binada bulunan peteklerin ve/veya ısıtma borularının iç yüzeyinde kireç, çamur ve korozyon atıklarının birikmesinden dolayı fakültenin ısıtma tesisatının veriminde bir düşüşe neden olması, Hukuk Fakültesi binasının ise nispeten daha yeni olması sebebiyle tesisatının daha verimli olarak çalışmasıdır.

İç ortamdaki bağıl nemin %30 ile %60 arasında olmasını tavsiye etmektedir (Alberta, 2003). ISO 7730-2015 Termal Çevrenin Ergonomi Standartları'nda ise bağıl nemin minimum ve maksimum değerleri %30 ile %70 aralığında verilmektedir. İngiltere'deki Building Bulletin 101'de okullardaki Efektif Havalandırma İçin Gerekli Tasarım ve İşletme Standartları'nda nem için bir sınır değeri verilmemektedir, İngiltere'deki bina standartlarına (ODPM, 2006) göre, 12 saatlik bir periyotta bağıl nemin iki saatten fazla %70'i geçmemesi veya ısıtma sezonunda herhangi bir 12 saatlik ölçüm periyodunda bağıl nemin bir saatten fazla %90'ı geçmemesi gerekmektedir (Jones ve Kirby, 2012). Bu çalışmada, dersliklerde ölçülen ortalama nem değerlerinin %60'ın altında kaldığı görülmektedir (Şekil 2). 86 dersliğin 31 tanesinde ölçülen değerler alt sınır değerinin altında bulunmuştur. Bu duruma, dersliklerin sadece doğal olarak havalandırılmasının ve mevsimin kış olmasının sebep olduğu düşünülmektedir.



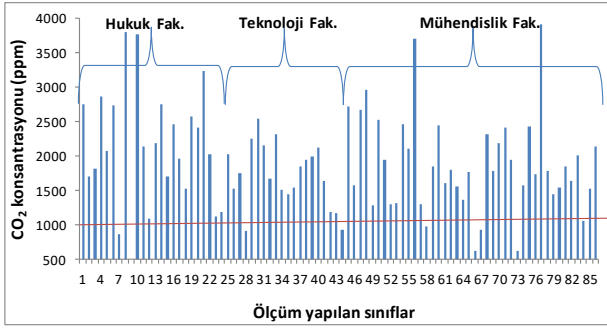
Şekil 2. Çalışma Süresince Dersliklerde Kaydedilen Ortalama Bağıl Nem Değerleri (Kırmızı çizgiler en düşük ve en yüksek sınır değerleri göstermektedir)

3.2. Karbondioksit (CO₂) Seviyesi Ölçüm Sonuçları

Bilimsel yazında iç ortamlarda kabul edilebilir CO₂ değerlerinin çoğu ülkede eski ASHRE standardında (ASHRAE 62-1989) bahsedilen değer (1000 ppm) veya bu değere yakın bir konsantrasyon, sınır değer olarak kabul edilmesine rağmen; ASHRE daha sonraki direktiflerinde değişikliğe gitmiş ve son direktifinde de bu değer 2500 ppm olarak verilmiştir. Yine aynı direktifte (Standard 62.1-2013) insan sağlığı için çok yüksek değerlerin (5000 ppm gibi) risk oluşturduğu belirtilmektedir. Ancak bilimsel yazında, eğitim kurumlarında iç ortamdaki CO₂ seviyesi 1000 ppm'in üzerine çıktığında; öğrencilerin devamsızlıklarında artışa, performanslarında düşüşe, baş ağrısına, yorgunluğa ve yoğunlaşma bozukluğuna yol açtığı bildirilmektedir (Myhrvold vd., 1996; Daisey vd., 2003; Shendell vd., 2004). Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarında (Berkeley Lab) gerçekleştirilen diğer bir çalışmada, ortamdaki CO₂ seviyesinin insanların karar verme süreci üzerinde oldukça etkili olduğu, çalışmada baz alınan 600 ppm değerinin 1000 ppm ve 2500 ppm'e çıkarıldığında bu sürecin oldukça belirgin bir şekilde düştüğü belirtilmektedir (Satish vd., 2012).

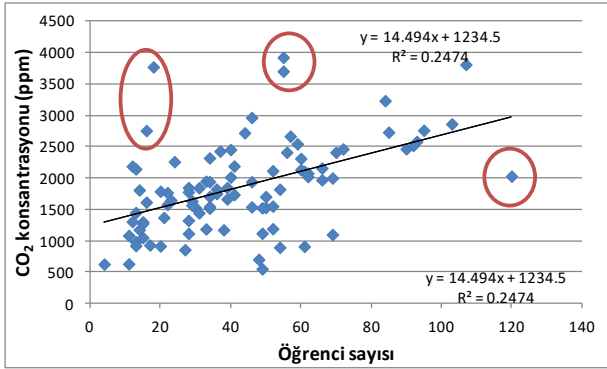
Avrupa Birliği'nin prEN 15251-2006 standardına göre kabul edilebilir üst sınır hali hazırda kullanılan binalarda dış ortam CO₂ değerinden 800 ppm daha fazla olabileceği belirtilmektedir. Çalışma boyunca ortalama CO₂ değeri 305 ppm olarak kaydedilmiştir. Bu durumda, Avrupa Birliği standardına göre çalışma süresince iç ortamdaki CO₂ sınırı yaklaşık olarak 1100 ppm'dir. Yani prEN 15251-2006 standardına göre elde edilen değer, çoğu ülkede kabul edilen limit değer olan 1000 ppm'e oldukça yakın bulunmuştur. Bu yüzden, gerçekleştirilen bu çalışmada CO₂ üst sınır değeri 1000 ppm olarak kabul edilmiştir.

Çalışma süresince, dersliklerde kaydedilen ortalama CO₂ değerleri Şekil 3'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi ölçüm gerçekleştirilen 86 sınıftan 78 tanesinde yani yaklaşık %91'inde limit değeri geçilmiştir. Anlık olarak ölçülen değerlere bakıldığında sınıflardaki CO₂ değerinin 4806 ppm'e kadar çıktığı görülmüştür.



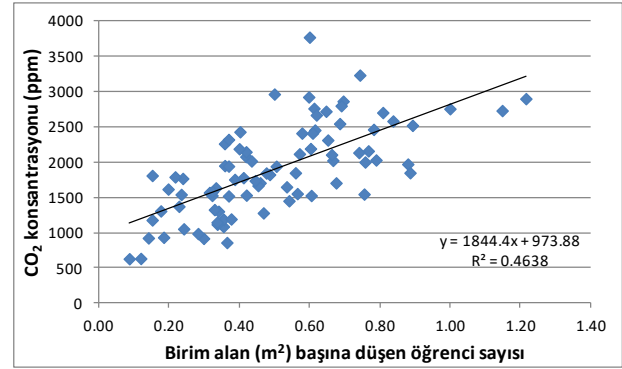
Şekil 3. Çalışma Süresince Sınıflarda Kaydedilen Ortalama CO₂ Konsantrasyonları (Kırmızı çizgiler en düşük ve en yüksek sınır değerleri göstermektedir)

CO₂, metabolik faaliyetin ürünü olduğundan dolayı, öğrenci sayısının ve havalandırmanın bu değer üzerinde etkili olması beklenen bir durumdur. Bu çalışmada da öğrenci sayısı ve dersliklerde ölçülen ortalama CO₂ değerleri arasındaki ilişki, istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,01$) bulunmuştur (Şekil 4).



Şekil 4. Dersliklerde Ölçülen Ortalama CO₂ Seviyesinin Öğrenci Sayısıyla Olan İlişkisi

Çalışma sırasında Hukuk Fakültesi'nde yer alan en kalabalık dersliğin mevcudu 120 kişi olmasına rağmen ölçüm esnasında pencerelerin açık tutulmuş olması genel trende bakıldığında (Şekil 4) daha düşük değerler kaydedilmesini sağlamıştır. Ayrıca öğrenci sayısı (yaklaşık 18) az olmasına rağmen yine Hukuk Fakültesi'nde yer alan TÖMER dersliklerinde ise oldukça yüksek değerler elde edilmiştir. Ancak derslik kapasitelerine bakıldığında bu sınıfların 18 kişilik küçük sınıflar olduğu görülmektedir. Benzer durum yine Hukuk Fakültesi'nde bulunan diğer iki derslikte de gözlenmiştir. Öğrenci sayısı yaklaşık 55 olmasına rağmen genel eğilimin dışında daha yüksek ortalama CO₂ değerleri elde edilmiştir. Yüksek doluluk oranına sahip olan dersliklerde doğal havalandırmanın yetersiz kaldığı ve oldukça yüksek değerlerin elde edilebileceği görülmektedir. Bu durumu daha detaylı incelemek için ayrıca ölçüm yapılan sınıflarda metre kare başına düşen öğrenci sayısının, yine aynı dersliklerde ölçülen ortalama CO₂ değerleri ile olan ilişkisi incelenmiş (Şekil 5) ve öğrenci yoğunluğunun fazla olduğu sınıflarda daha yüksek CO₂ değerlerinin ($p < 0,01$) ölçüldüğü görülmüştür.

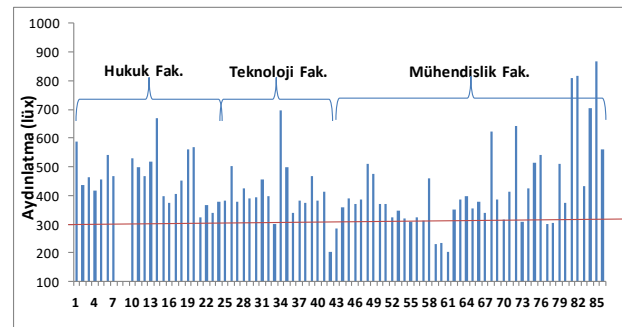


Şekil 5. Dersliklerde Birim Alan Başına Düşen Öğrenci Sayısı ile Ölçülen Ortalama CO₂ Seviyesi Arasındaki İlişki

3.3. Aydınlatma Seviyesi Ölçüm Sonuçları

Aydınlatmada kullanılan ölçü birimi lüx'tür (lüx) ve birim alandaki ışık akısını ifade etmektedir. EN 12464-1:2011 Işık ve Aydınlatma-İş Yerlerinin Aydınlatması Standardına (2011) göre dersliklerdeki en az aydınlık düzeyi 300 lüx olarak verilmiştir. Aydınlatma Yönetmeliği'nde de (2009) genel olarak tavsiye edilen aydınlatma şiddeti tablosunda sınıflarda tavsiye edilen en az aydınlık düzeyi 300 lüx olarak verilmiştir. Ders tahtası (beyaz/siyah/yeşil yazı tahtası) üzerinde (düşey düzlemde) düzgün yayılmış 500 lüx'lük bir aydınlık düzeyinin sağlanması da yine bu yönetmeliklerde limit değer olarak verilmektedir. Kuzey Amerika Aydınlatma Mühendisliği Topluluğu'nun aydınlatma el kitabının (IES Lighting Handbook, 9th ed.) 9. baskısında tebeşir kullanılan dersliklerde kabul edilebilir aydınlatma değeri 500 lüx olarak verilirken bu değer el kitabının 10. baskısında (IES Lighting Handbook, 10th ed.) enerji tasarrufu amacıyla 200 lüx'e düşürülmüştür.

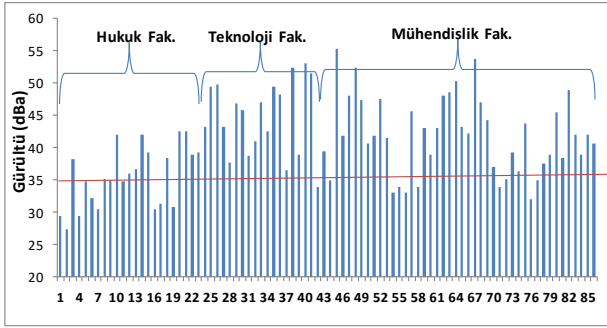
Yapılan ölçümler incelendiğinde genel olarak dersliklerdeki ortalama aydınlatma şiddetinin 300 lüx'ü sağladığı, ancak aydınlatmanın tavandan yapılmadığı bazı derslikler ile önünde ağaçların bulunduğu ve zemin katta bulunan bazı sınıflarda limit değer sağlanamadığı görülmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Sınıflarda Ölçülen Ortalama Aydınlatma Şiddeti

3.4. Gürültü Seviyesi Ölçüm Sonuçları

Ülkemizdeki Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'ne (2009), İngiltere'deki okulların akustik tasarımı/performans standardına (2015) ve Avrupa Birliği'nin prEN 15251-2006 İç hava kalitesi, termal çevre, aydınlatma ve akustiğe hitaben binalarda enerji performansının değerlendirilmesi ve dizaynı için gerekli iç ortam parametreleri standardına göre dersliklerdeki iç mekân gürültü sınır değerleri birbirine oldukça benzerlik göstermekle birlikte, sınır değerler 35 ile 40/45 dBA aralığında verilmektedir (2006). prEN 15251-2006 standardına göre sınıflardaki tipik sınır değer ise 35 dB olarak verilmektedir. Yapılan ölçümleri tipik değer 35 dBA ile karşılaştırdığımızda 86 sınıfın 66 tanesinde (%76'sında) limit değerini geçildiği görülmektedir (Şekil 7). Sonuçlar incelendiğinde limit değerini çoğunlukla Mühendislik ve Teknoloji Fakültelerinde aşıldığı görülmektedir. İç ortam ölçümlerine paralel yapılan dış ortam ölçümlerindeki ortalama gürültü eşdeğerinin (Leq) 52.78 ± 6.1 dBA olduğu görülmektedir.



Şekil 7. Sınıflarda Ölçülen Ortalama Gürültü Seviyeleri

Morova vd. (2010) tarafından SDÜ merkez yerleşkelerinde gerçekleştirilen gürültü ölçümlerinde de ortalama Leq $53,16$ dBA değeri elde edilmiştir. Aynı çalışmada yerleşkenin içerisinden geçen Ankara-İstanbul Karayolu kaynaklı gürültü ile yerleşke içerisindeki trafik kaynaklı gürültünün en önemli gürültü kaynakları olduğu belirtilmektedir. Yönetmeliğe göre eğitim kurumlarının bulunduğu bölgelerde gündüz vakti kabul edilebilir limit değeri 60 dBA olduğu göz önüne alındığında dış ortam gürültü değerlerinin çoğunlukla limit değeri sağladığı görülmektedir. Dersliklerin önündeki koridorlarda gerçekleştirilen gürültü ölçümlerinde (gün içerisinde öğrenci sayısına bağlı olarak değişmekle birlikte) ise Mühendislik, Teknoloji ve Hukuk Fakültelerinde sırasıyla $68,8 \pm 7,1$, $65 \pm 4,9$ ve $41,28 \pm 5,9$ dBA değerleri elde edilmiştir. Dolayısıyla, ölçümlerin gerçekleştirildiği fakültelerin yerleşkede daha ziyade iç kısımlarda yer almasından dolayı; dersliklerde ölçülen değerlerin daha çok bina içerisindeki gürültü kaynaklarından (koridorda ders için bekleyen ve ders çalışan öğrenciler) etkilendiği düşünülmektedir.

4. Sonuç ve Tartışma

Yapılan ölçümler incelendiğinde:

Genel olarak dersliklerdeki ortalama aydınlatma şiddetinin 300 lüx'ü sağladığı, ancak aydınlatmanın tavandan yapılmadığı bazı derslikler ile önünde ağaçların bulunduğu ve zemin katta bulunan bazı sınıflarda minimum aydınlatma değerinin sağlanmadığı görülmektedir.

Ölçümlerin gerçekleştirildiği fakültelerin SDÜ yerleşkesinde daha ziyade iç kısımlarda yer almasından dolayı; bu fakültelerde yer alan dersliklerdeki ölçülen değerlerin trafikten ziyade daha çok bina içerisindeki aktivitelerden etkilendiği düşünülmektedir.

Yüksek doluluk oranına sahip olan dersliklerde doğal havalandırmanın yetersiz kaldığı ve oldukça yüksek CO_2 değerlerinin elde edildiği görülmektedir.

Genel olarak kampüste Mühendislik Fakültesi binalarında bulunan peteklerin ve/veya ısıtma borularının iç yüzeyinde kireç, çamur ve korozyon atıklarının birikmesinden dolayı bazı dersliklerde ısıtma sorunu olduğu ve dersliklerin yeterince ısıtılmadığı, buna karşın Hukuk Fakültesi binası dersliklerinin ise olması gerekenden daha fazla ısıtıldığı görülmüştür; yani her iki durumda da kampüste bir ısıtma sorunu olduğu görülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FGB-2018-5421 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

Abdallah, A.S.H., 2017. Thermal Monitoring and Evaluation of Indoor CO_2 Concentration in Classrooms of Two Primary Governmental Schools in New Assiut City, Egypt, Procedia Engineering, 205, 1093-1099.

Alberta Infrastructure (Government of Alberta Ministry of Infrastructure), 2003. Indoor Air Quality Guideline, Technical Services Branch-2003, Edmonton, 10 pages

Açıkgöz, A. (2013). Bir üniversitedeki adolesan ve erişkinlerde hasta bina sendromu belirtilerinin

- CO₂ ile ilişkisinin incelenmesi. Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi, 2, 21-27.
- Akal D., Yurdakul S., Civan M., Tuncel G., Ersan H.Y. 2015. Sources of volatile organic compounds in a university building, Environmental Forensics, 16, 173-185.
- ASHRAE (1989) Standard-62. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Atlanta, GA, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- ASHRAE (2013) Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Atlanta, GA, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- Bina Bülteni 101, (2006) Okul Binalarının Havalandırılması, Yönetmelik, Standartlar, Tasarım Kriterleri, Versiyon 1.4.
- Bulgurcu H., Ilten N., Cosgun A., 2006. Okullarda İç hava kalitesi problemleri ve çözümler, Tesisat mühendisliği dergisi, 96, 59-72.
- Daisey, JM, Angell, WJ, Apte, MG 2003. Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information. Indoor Air. 13(1): 53- 64.
- Dorizas, P.V., Assimakopoulos, M.N., Helmis, C., Santamouris, M., 2015. An integrated evaluation study of the ventilation rate, the exposure and the indoor air quality in naturally ventilated classrooms in the Mediterranean region during spring, Science of the Total Environment 502, 557-570.
- Ekmekcioglu, D., Keskin, S.S., 2007. Characterization of indoor air particulate matter in selected elementary schools in Istanbul, Turkey. Indoor and Built Environment, 16,169-176.
- Ekren, O., Karadeniz, Z.H., Atmaca, I., Cicek , T.U., Sofuoglu, S.C., Toksoy, M., 2017. Assessment and improvement of indoor environmental quality in a primary school, Science and Technology for the Built Environment, 23, 391-402.
- EN 12464-1:2011 Işık ve Aydınlatma-İş Yerlerinin Aydınlatması, Kısım 1: Kapalı Çalışma Alanları Standardı (2011)
- Erlalitepe, İ., Aral, D., Kazanasmaz, T., Eğitim Yapılarının Doğal Aydınlatma Performansı Açısından İncelenmesi, Megaron, 6 (1), 39-51.
- Fadeyi, M.O., Alkhaja, K., Sulayem, M.B., Abu-Hijleh, B. 2014. Evaluation of indoor environmental quality conditions in elementraz schools' clasrooms in the United Arab Emirates. Frontries of Architectural Research, 3, 166-177.
- Haverinen-Shaughnessy, U., Shaughnessy, R.J. 2015. Effects of Classroom Ventilation Rate and Temperature on Students' Test Scores. PLoS One. 10(8):e0136165.
- Jones, BM, Kirby, R. 2012. Indoor air quality in U.K. school classrooms ventilated by natural ventilation windcatchers, International Journal of Ventilation, 10 (4), 323-338.
- Jurado, S.R., Bankoff, A.D.P., Sanchez, A., 2014. Indoor Air Quality in Brazilian Universities, Int. J. Environ. Res. Public Health 2014, 11, 7081-7093.
- Kus, M., Okuyan, C., Bulut, H., Bulgurcu, H. 2008. Üniversite dersliklerinde iç hava kalitesinin Değerlendirilmesi. 8. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu, 12-14 Mayıs, İstanbul, 223-237.
- Lee, S.C., Chang, M. 2000, Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong, Chemosphere 41, 109-113.
- Myhrvold, A.N., E. Olsen, and O. Lauridsen 1996. Indoor environment in schools—Pupils health and performance in regard to CO₂ concentrations." Proceedings, Indoor Air '96: The 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Nagoya, Japan. 4:369-371.
- Morova, N., Şener, E., Terzi S., Beyhan, M., Harman, B.İ. 2010. Süleyman Demirel Üniversitesi Yerleşkesinin Gürültü Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Hazırlanması Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 14 (3), 271-278.
- Okulların akustik tasarımı: Performans standartları, 2015. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/400784/B93_February_2015.pdf.
- Okullardaki çocukların zararlılardan ve böcek ilaçlarından korunması 2002. US EPA 735-F-02-014.
- Okullardaki iç mekanların boyanması ve iç ortam hava kalitesi (1994) Bruce Jacobs. Maryland State Department of Education, Division of Business Services, School Facilities Branch, 200 West Baltimore Street, Baltimore.
- Okullarda iç ortam kalitesi, 2003. En iyi yönetim uygulamaları, Washington Eyaleti Sağlık Bakanlığı, <https://www.doh.wa.gov/portals/1/Documents/Pubs/333-044.pdf>.

- prEN 15251-2006. İç hava kalitesi, termal çevre, aydınlatma ve akustiğe hitaben binalarda enerji performansının değerlendirilmesi ve dizaynı için gerekli iç ortam parametreleri yönetmeliği.
- Puteh, M., Ibrahim, M.H., Adnan, M., Ahmad, C.N.C., Noh, N.M., 2012. Thermal comfort in classroom: constraints and issues, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 46 (2012) 1834 – 1838.
- Satish, U., Mendell, M.J., Shekhar, K., Hotchi, T., Sullivan, D., Streufert, S., Fisk, W.J., 2012. Is CO₂ an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO₂ concentrations on human decision-making performance. *Environ Health Perspect.* 2012, 120 (12),1671-1677.
- Shendell, D.G., Prill, R., Fisk, W.J., Apte, M.G., Blake, D., Faulkner, D., 2004. Associations between classroom CO₂ concentrations and student attendance in Washington and Idaho, *Indoor Air*, 14, 5, 333-341.
- Sofuoglu, S.C., Aslan, G., Inal, F., Sofuoglu, A. 2011. An assessment of indoor air concentrations and health risks of volatile organic compounds in three primary schools, *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 214, 36-46,
- Teli, D., Patrick, A., James, B., Jentsch, M.F. 2013. Thermal comfort in naturally ventilated primary school classrooms. *Build Res Inf*, 41(3):301-16.
- Ugranli, T., Toprak, M., GURSOY, G., Cimrin, A.H., Sofuoglu, S.C., 2015. Indoor environmental quality in chemistry and chemical engineering laboratories at Izmir Institute of Technology, *Atmospheric Pollution Research* 6, 147-153.
- Wargoeki, P., Wyon, D.P. 2007. The effects of outdoor air supply rate and supply air filter condition in classrooms on the performance of schoolwork by children. *HVAC&R Res*, 13(2):165-91.
- Yurdakul, S., Civan, M., Özden, Ö., Gaga, E., Döğeroğlu, T., Tuncel, G., 2016. Spatial variation of VOCs and inorganic pollutants in a university building, *Atmospheric Pollution Research*, doi:10.1016/j.apr.2016.07.001
- Yurdakul, S., Civan, M., Doğan, G., Üzmez, Ö.Ö., Gaga, E., Döğeroğlu, T., Ayaklı, G., Tuncel, G. 2019. Vertical variation and source evaluation of VOCs and inorganic pollutants in a university building, *Environmental Forensics*, 19, 4. 327-340.