

Atf İçin: Yıldırım B, Öztürk B, Aykaç Özen H, 2022. Pencere Şekli, Konumu ve Boyutunun Binaların Doğal Havalandırmasına Etkisi.İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(3): 1405 - 1412.

To Cite:Yıldırım B, Öztürk B, Aykaç Özen H, 2022. Effects of window shape, size and position on natural ventilation of buildings. Journal of the Institute of Science and Technology, 12(3): 1405 - 1412.

Pencere Şekli, Konumu ve Boyutunun Binaların Doğal Havalandırmasına Etkisi

Bahar YILDIRIM¹, Bahtiyar ÖZTÜRK^{1*}, Hülya AYKAÇ ÖZEN¹

ÖZET: Bu çalışmada binaların doğal havalandırılmasında önemli bir rol oynayan pencerelerin şekli, boyutu ve hakim rüzgar yönüne göre konumunun binaların havalandırılmasındaki rolü incelenmiştir. Sabit hızda hava akımı sağlayan bir üfleyici kullanılarak toplam on pencere durumu, beş rüzgar yönü, üç duvar genişleme açısı ve üç duvar kalınlığı durumu için en iyi pencere modeli ve pozisyonu belirlenmiştir. Ayrıca sistem dış atmosferde hakim rüzgar yönünde de test edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan pencere boyutunun dışarıya doğru eğimli bir şekilde genişlemesi (duvar kalınlığının artması), genişleme açısının artması ve rüzgarın pencereye doğrudan esmesi durumlarında bina içine beslenen hava miktarının arttığı bulunmuştur. Bina içine giren hava akımını pencerenin yanal eğim ve duvar kalınlığı artışının sırasıyla %16-23 ve %3-6 artırdığı, rüzgarın pencereye doğru esme açısındaki artış ile bina içine giren hava akımının hızla azaldığı ve rüzgarın pencere açıklığına paralel estiği durumda hava akımının sıfırladığı görülmüştür. Pencere açıklıklarının binanın hakim rüzgar yönünde ve onun zıt tarafında inşa edilmesinin, bina iç bölmelerinin hava akımının doğrusal akışını kolaylaştıracak şekilde inşa edilmesinin ve bina dışında türbülansa neden olacak girinti ve çıkıntıların mümkün olduğunca azaltılmasının binaların etkin doğal havalandırılması için önemli olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bina içi hava kirliliği, yeşil bina tasarımı, doğal havalandırma, pencere

Effects of Window Shape, Size and Position on Natural Ventilation of Building

ABSTRACT: In this study, the role of the shape, size and position of the windows, which play an important role in the natural ventilation of the buildings, in the ventilation of the buildings were examined. By using a blower providing constant velocity airflow, the best window model and position were determined for a total of ten window conditions, five wind directions, three wall inclination angles, and three wall thickness conditions. In addition, the system was also tested in the prevailing wind direction in the outer atmosphere. From the results obtained, it was found that the amount of air fed into the building increases in cases where the window size expands in an outward sloping way, the angle of inclination and the wall thickness increase, and the wind blows directly into the window. It has been observed that the air flow entering the building increased by 16-23% and 3-6% with the increase of the lateral slope and wall thickness of windows, respectively, but the air flow decreased rapidly with the increase of the angle of blowing the wind towards the window, and the air flow became zero when the wind blew parallel to the window opening. It has been seen that it is important for effective natural ventilation of buildings that window openings are constructed in the prevailing wind direction and on the opposite side of the building, that the interior partitions of the building are constructed to facilitate the linear flow of air, and that the indentations and projections that will cause turbulence outside the building are reduced as much as possible.

Keywords: Indoor air pollution, green building design, natural ventilation, window

¹Bahar YILDIRIM ([Orcid ID: 0000-0001-9660-026X](https://orcid.org/0000-0001-9660-026X)), Bahtiyar ÖZTÜRK ([Orcid ID: 0000-0002-3385-0701](https://orcid.org/0000-0002-3385-0701)), Hülya AYKAÇ ÖZEN ([Orcid ID: 0000-0003-4990-6682](https://orcid.org/0000-0003-4990-6682)), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author:Bahtiyar ÖZTÜRK, e-mail: bozturk061@gmail.com

Bu çalışma Bahar YILDIRIM'ın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

GİRİŞ

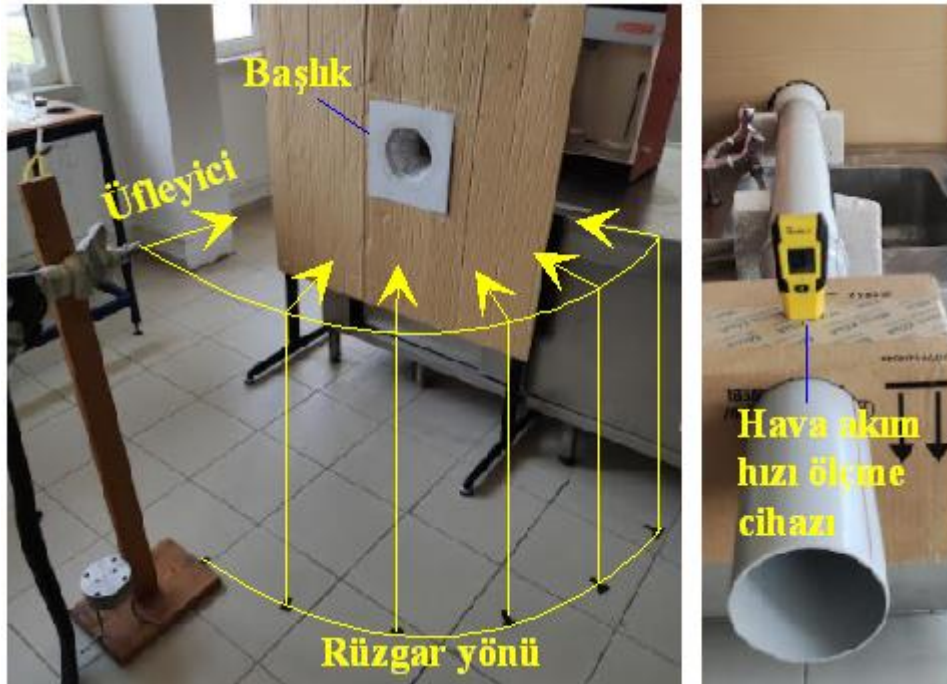
Binaların iç ortam hava kalitesi kullanıcıların rahatı, huzuru, konforu, çalışma verimi ve sağlığı açısından oldukça önem arz etmektedir. İç ortam hava kalitesini bozan kirleticileri dışarı atmak ve içeri temiz hava girmesini sağlamak için söz konusu kapalı ortamın mekanik veya doğal bir yol ile havalandırılması gerekmektedir. Elektrik enerjisi içe çalışan mekanik havalandırıcılar dışarıdan çektiği havayı kanallar vasıtasıyla bina içinin her tarafına dağıtırken, kapı, pencere ve diğer açıklıklardan doğal yolla bina içine giren hava koridor ve oda boşluklarından doğru hareket eder. Binaların doğal yolla havalandırılması mekanik havalandırıcının inşaat maliyetini, enerji ve bakım masraflarını ve gürültü problemini ortadan kaldırdığı, ayrıca hava ile birlikte içeri güneş ışığının da girmesini sağladığı için yeşil bina tasarımında önemli bir amaç haline gelmiştir. Bu nedenle mimarlar bina tasarlarken söz konusu binanın estetik ve kullanılabilirliği yanında daha az enerji kullanarak doğal kaynaklardan en yüksek seviyede yararlanmayı da göz önünde bulundurmaları gerekmektedir, ki bu binalarda en fazla uygulanan strateji doğal havalandırmanın optimize edilmesidir (Siew ve ark., 2011). Bu stratejide binanın geniş yüzeyinin hakim rüzgar tarafında yer alması, pencere ve diğer açıklıkların genel olarak hakim rüzgar yönü ve onun zıt tarafında bulunması, odaların, koridorun ve merdivenin hava akımına direnç oluşturmayacak biçimde tasarlanması gerekir.

Rüzgar basıncı ve termal kaldırma kuvveti ile havanın bina içine girmesini sağlayan pencerelerin etkin bir doğal havalandırma için boyutu kadar bina yüzeyindeki konumu ve tipi de önemlidir (Heiselberg ve ark., 2001; Lukkunaprasit ve ark., 2009). Bununla birlikte, pencerelerin havalandırma performansına ilişkin bilgiler oldukça sınırlıdır ve ana itici güçlerin, etkin alanların ve odalar içindeki hava akışının teorik varsayımlarına dayanmaktadır. Bu teorik yaklaşımlarda genel olarak hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) kullanılarak havanın bina dışındaki hareketi, pencereden bina içine girişi ve bina içindeki hareketi simule edilmiştir. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) ve rüzgar tüneli deneyleri ile farklı pencere boyutları ve bina yüzeyindeki konumlarının havalandırma üzerindeki etkisinin incelendiği bazı çalışmalarda binanın tek tarafında ve birbirinden uzak pozisyonda yer alan pencerelerin birbirine bitişik pencereye göre daha iyi (Hassan ve ark., 2007) ve düşey pozisyonda üst üste yer alan pencerelerin yan yana olanlara ve geniş pencerelerin dar olanlara göre daha iyi (Favarolu ve Manz, 2005) bir havalandırma sağladığı belirtilmiştir. Sacht ve Lukiantchuki (2017) CFD-Ansys CFX modeli kullanarak farklı pencere boyutlarının hava akışı, pencere ve kapı açıklarındaki basınç katsayısı ve iç ortamda hava akışının dağılımını değerlendirmişlerdir. Açıklık boyutundaki ve rüzgarın esme yönündeki değişiklikten hava akım hızı ve basınç katsayısının önemli ölçüde etkilendiğini göstermişlerdir. Gao and Lee (2011) bina pozisyonu, pencere boyutu, iki ayrı pencerenin birbirine göre pozisyonu ve açıklık durumu ve kapıların pozisyon durumlarını CFD modellemesi ve izleyici gaz ile incelemişler ve binanın havalandırılmasının en fazla pencereden etkilendiğini ve onu binanın ve kapıların pozisyonunun etkilediğini görmüşlerdir. Zhou vd (2014) Çin'in nispeten düşük rüzgar hızına sahip Chongqing kentinde yüksek katlı bir binada pencerelerin yerleşim şeklini ve açıklıklarını değiştirerek CFD modellemesini gerçekleştirmişler ve binanın optimizasyonunun iyi yapılması durumunda düşük rüzgar hızında bile iyi bir doğal havalandırma sağlanabileceğini göstermişlerdir. Zhang vd (2020) küp biçimindeki bir binanın tek taraflı ve çapraz akış şeklinde doğal havalandırmasını farklı rüzgar yönü durumları için CFD kullanarak modellemişler ve rüzgarın binaya dik olarak estiği durumda en iyi havalandırmanın çapraz akış ile sağlandığını belirtmişlerdir. Bazı çalışmalarda ise rüzgar tüneli, izleyici gaz veya parçacık görüntü hızı kullanılarak gerçek boyutlu pencerelerin rüzgar hızı ve kaldırma kuvveti etkisiyle doğal havalandırmadaki rolü belirlenmeye çalışılmıştır (Kato ve ark., 2006; Lo, 2014; Cao ve ark., 2014; Castillo ve ark., 2017).

Bu çalışmanın amacı binalarda doğal havalandırmayı daha etkin hale getirmek için pencere boyutunu genişletmekten ziyade pencerenin girişinin dışarı doğru genişletilmesinin ve hakim rüzgar yönüne doğru konumlandırılmasının binaların doğal havalandırmasına etkisini ortaya koymaktır. Bu amaçla üç farklı genişleme açısı ve üç farklı duvar kalınlığı durumlarında ve dış atmosferde farklı genişleme açısı durumlarında elde edilen sonuçlar geleneksel pencere inşaat durumu ile karşılaştırılmıştır.

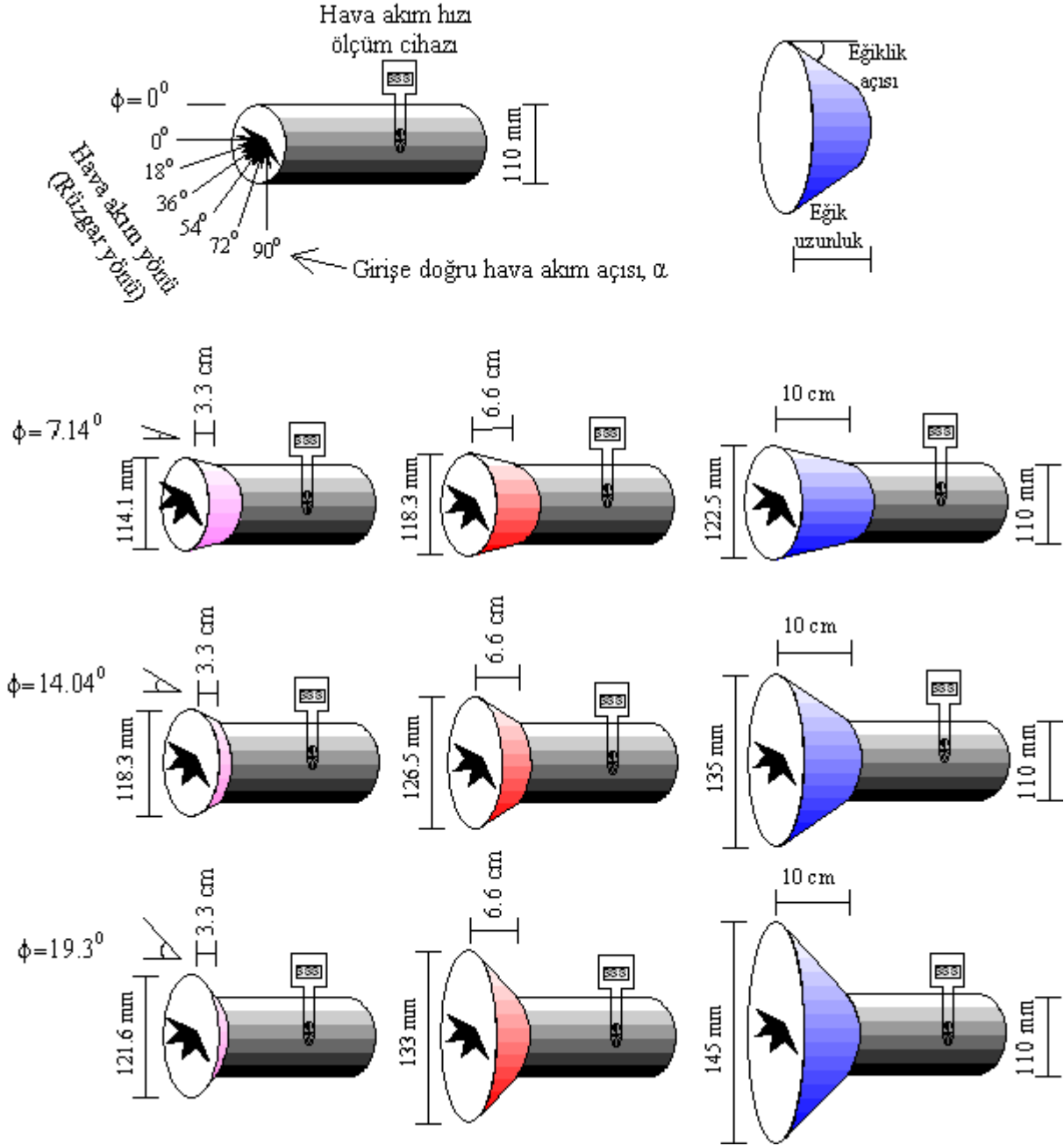
MATERYAL ve METOT

Bu çalışma bir pencerenin şekli, boyutu ve hakim rüzgar yönüne göre konumunun pencereden doğru bina içine giren hava miktarını nasıl etkilediğini ortaya koymak için gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, bir ucu 110 mm çapındaki plastik bir boruya girebilen ve diğer tarafı konik biçimde yapılmış başlıklar kullanılmıştır (Şekil 1). Üç farklı eğiklik açısına (7.14° , 14.04° ve 19.3°) sahip başlıkların her birinden üç farklı eğik uzunluğa sahip (3.3, 6.6 ve 10 cm) toplam dokuz adet başlık yapılmıştır. Bu başlıklar düşey olarak konumlandırılmış düz bir yüzeyde açılmış dairesel bir delikten doğru plastik boruya takılmıştır. Başlıkların hava akımı giren konik tarafı düşey yüzey üzerinde dışarıya doğru çıkıntı yapmayacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Üfleyicinin, başlığın ve hava akım hızı ölçüm cihazının konumlandırılması.

Bir elektrik süpürgesinin hortumu süpürgenin çıkışına bağlanarak hava üfleyici oluşturulmuş ve bu şekilde sağlanan sabit hava akımı (rüzgar) deneylerde kullanılmıştır. Üfleyici ile pencereyi temsil eden başlıklar arasındaki mesafe üfleyicinin her bir konumu için 1 m olarak sabit tutulmuştur. Üfleyiciden başlığa doğru gerçekleştirilen hava akımı altı farklı açıda (0° , 18° , 36° , 54° , 72° ve 90°) estirilmiştir (Şekil 1). Ayrıca, başlıkların etkisi doğal rüzgar ile de denenmiştir. Bu amaçla sistem bina dışına taşınmış ve sistem doğrudan hakim rüzgar yönünde konumlandırılarak başlıkların pencereden geçen hava akımına etkisi incelenmiştir. Dış atmosferdeki rüzgar hızı veya başlık takılmış (veya takılmamış) silindirik boru içindeki hava akım hızı boru girişinden itibaren 1 m uzaklıkta Trotec marka (Trotec BA06) hava akım hızı ölçme cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Aletin ölçüm aralığı 1.1-30 m/s ve ölçüm hassasiyeti $\pm(\%3+0.3\text{m/s})$ dir. Bu silindirik boruya 90° lik bir dirsek takılarak hava akım hızının bundan nasıl etkilendiği de test edilmiştir.

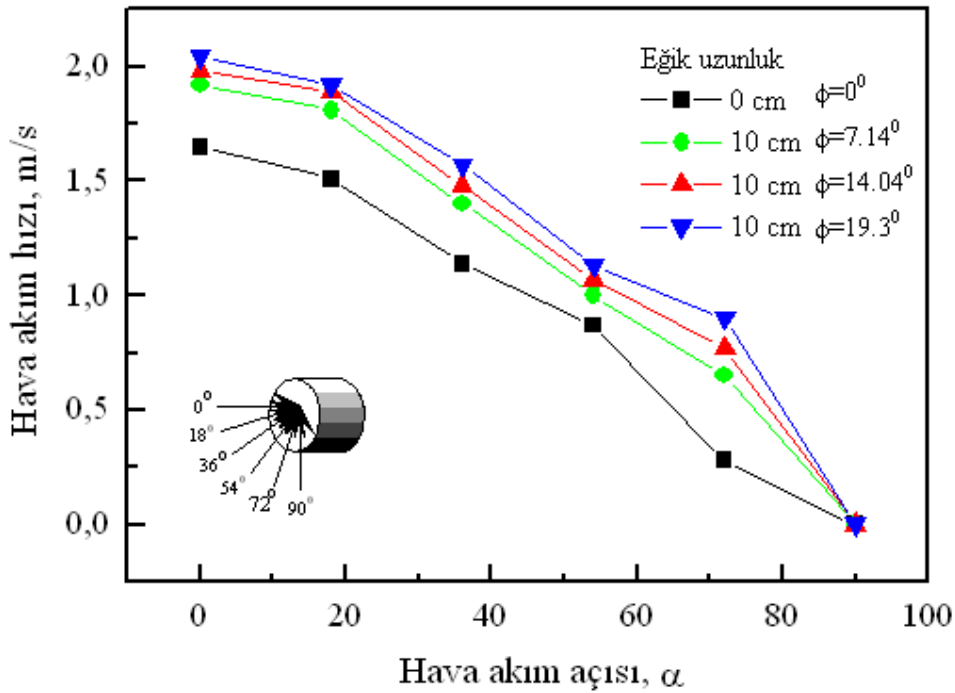


Şekil 2. Çalışmada kullanılan başlık tipleri.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Şekil 1 günümüzde binalarda inşa edilen geleneksel pencere durumunu temsil eden başlık takılmamış borudan geçen havanın akım hızının kalın duvarlı ve dışarı doğru genişleyen pencerelerden (başlıklı boru durumu) %16-23 daha az olduğunu göstermektedir. Dışarı doğru genişleme açısı 7.14° den 14.04° 'ye ve 19.3° 'ye artırıldığında hava akım hızındaki artışın sırasıyla %2.2 ve %7.8 civarında olduğu görülmüştür. Bir pencerenin hakim rüzgar yönüne göre konumunun pencereden içeri giren hava akım hızını nasıl etkilediğini Şekil 3'te görmek mümkündür. İster başlıklı olsun ister başlıksız, borunun giriş ağzına göre üfleyicinin açısal değişimi (rüzgar yönü değişimi) boru içindeki hava akım hızını oldukça fazla etkilemiştir. Bu durum bize binalarda etkin doğal havalandırmada binanın hakim rüzgar yönünde pencereler inşa etmenin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Fakat, bina içine giren havanın binanın hakim rüzgar yönünün zıt istikametinde inşa edilmiş pencerelerden dışarı çıkışının sağlanması gerektiğini de unutmamak gerekir. Sact ve Lukiantchuki (2017) kapalı bir ortamın

pencere yardımıyla havalandırılmasının en iyi rüzgarın pencere açıklığına $0-45^{\circ}$ esmesi durumunda gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Çizelge 1 başlıksız boru girişine göre başlıklı girişlerin ve giriş eğik uzunluklarının hava akım hızına etkisini karşılaştırmalı olarak göstermektedir. Çizelgeden görülebileceği gibi giriş yapısının genişleme açısı ve eğik uzunluğu arttıkça boru içinden geçen hava akımı artış göstermiştir. 7.14° 'lik giriş genişleme açısında üfleyicinin girişe göre 18° yan taraftan üflemesi ve 14.04° ve 19.3° lik giriş genişleme açıları için üfleyicinin girişe göre 36° yan taraftan üflemesi durumlarında boru içinden geçen hava akımında bir artış gözlemlenmiştir. Bu durum boru girişinde meydana gelebilecek türbülansla açıklanabilir. Girişe tam karşıdan hava üflendiğinde giriş ağzında daha fazla türbülans olduğu ve bunun boru içine giren havayı azalttığı, bu türbülansın genişleme açısı artışı ile ve üfleyicinin girişin yan tarafından (7.14° için 18° ve 14.04° ve 19.3° için 36° yan taraftan üfleme) üflediğinde azaldığı, fakat üfleyicinin girişe göre bu yanal konum açısı artırıldığında üflenen havanın girişte türbülans yapmasından ziyade girişi pas geçtiği söylenebilir. Wang ve ark. (2021) yedi farklı pencere şekli (üstten menteşeli içeri veya dışarı açılan, alttan menteşeli içeri veya dışarı açılan, yandan menteşeli içeri veya dışarı açılan ve sağa-sola kayan pencere) kullanarak gerçekleştirdikleri doğal havalandırma çalışmasında en iyi havalandırmayı sağa-sola kayan pencerenin tam açılması durumunda elde ettiklerini belirtmişlerdir.



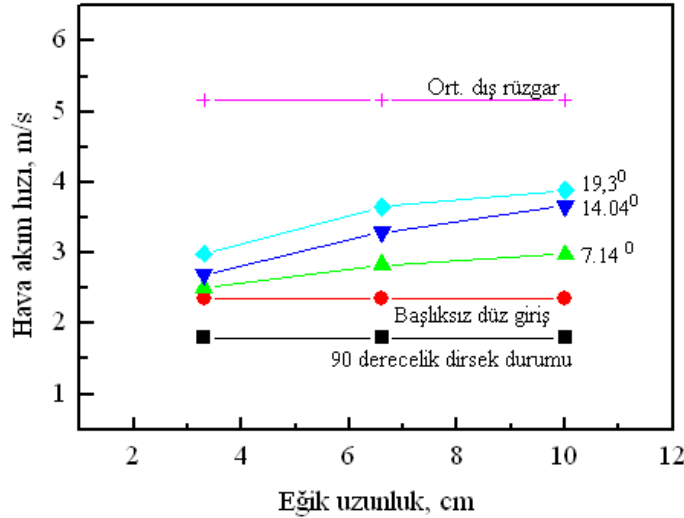
Şekil 3. Rüzgar yönü ve pencere giriş yapısının bina içine giren hava akımına etkisi.

Dış atmosferde giriş ağzının hakim rüzgar yönünde konumlandırılması durumunda boru içinden geçen hava akım hızının giriş genişleme açıları ve eğik uzunluklara göre değişimi Şekil 4'te görülmektedir. Şekilden de görülebileceği gibi boru içinde ölçülen hava akım hızı dış atmosferde ölçülen rüzgar hızından oldukça düşüktür. Bu durum havanın boru giriş ağzında türbülans oluşturduğu, giriş ağzının genişleme açısı ve eğiklik uzunluğundaki artış ile bu türbülansın azaldığı ve türbülanstaki azalma ile boru içinden geçen hava akım hızının arttığı şeklinde açıklanabilir. Ayrıca, başlıksız bir boru üzerine yerleştirilen 90° 'lik bir dirseğin borudan geçen hava akımını oldukça azalttığını da Şekil 4'ten açıkça görmek mümkündür. Heiselberg ve ark. (2001) pencerelerden doğru gerçekleşene hava akış hızının pencere kenar yapısından etkilendiğini ve keskin köşeli pencerelerde hava akışına karşı olan direncin daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Heiselberg ve ark. (2002) yandan ve tabandan

menteşeli pencere kanatları kullanarak laboratuvar ortamında bir dizi havalandırma çalışması gerçekleştirmişler ve havalandırmanın pencere geometrisinden de etkilendiğini not etmişlerdir.

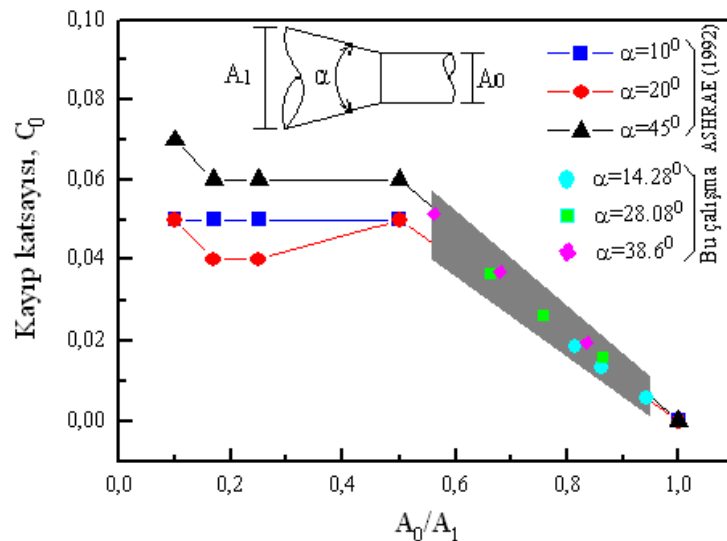
Çizelge 1. Başlıksız boruya göre hava akış hızındaki artış, %.

Açı (derece)	Genişleme açısı (derece) ve eğik uzunluk (cm)								
	7.14 ⁰			14.04 ⁰			19.3 ⁰		
	3.3 cm	6.6 cm	10 cm	3.3 cm	6.6 cm	10 cm	3.3 cm	6.6 cm	10 cm
0	16.40	17.60	19.40	16.70	19.40	22.42	18.18	20.0	23.64
18	16.55	19.86	23.18	17.20	21.20	26.50	18.54	21.85	27.15
36	7	17.54	22.80	25.44	29.82	33.30	28.95	31.60	34.20
54	4	9.20	19.54	13.40	17.24	23.0	17.24	18.40	25.30
72	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Şekil 4. Doğal rüzgar durumunda pencere giriş yapısının bina içine giren hava akımına etkisi

Akışkanın aktığı kanal veya boruda ani daralma veya genişleme olması durumunda meydana gelecek basınç kaybından dolayı akışkanın hızında veya debisinde bir azalma meydana gelebilmektedir. Şekil 5'te Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneğinin (ASHRAE) kademeli olarak daralan dairesel bir boruda akışkan akması durumunda gerçekleşen basınç kayıp katsayıları (C_0) ile bu çalışmada kullanılan benzer sistemde meydana gelebilecek basınç kayıp katsayıları (C^0) karşılaştırmalı olarak verilmiştir (Şekil 5'te taralı bölge). Şekilden de görülebileceği gibi, A_1 alanının artması ile basınç C_0 değeri artmaktadır. Ancak, kullanılan boyut aralığında bu artış çok fazla olmadığından hava akış hızında gözle görülebilir bir azalma meydana gelmemiştir.



Şekil 5. Pencere açıklığındaki değişimin basınç kayıp katsayısına etkisi

Elde edilen sonuçlar bize binalarda duvar kalınlığının arttırılması, çerçevenin duvarın iç yüzeyine sıfır şekilde yerleştirilmesi ve pencere açıklığının dışarı doğru genişlemesinin pencereden içeri giren hava akımını artıracak olduğunu göstermektedir. Eğik uzunluklar arttıkça pencereden içeri giren hava akımının artmış olması da bina dış duvarının daha kalın olması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Ayrıca, binanın dışında türbülansa neden olacak girinti ve çıkıntılar ve bina içinde havanın doğrusal akımını engelleyecek bölmelerin ve eşyaların da bina içinde doğal hava girişini olumsuz etkileyeceği söylenebilir.

SONUÇ

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlardan binaların doğal havalandırılmasında önemli bir role sahip pencerelerin daha etkin bir havalandırma sağlayabilmesi için giriş yapısının dışarıya doğru genişleyecek şekilde inşa edilmesi gerektiği ve bu pencerenin eğik giriş uzunluğunun mümkün olduğunca artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Pencere girişinde türbülansa neden olacak herhangi bir yapının havanın bina içine girişini azaltacağı, bina içinde havanın doğrusal akımını engelleyecek yapıların bulunmasının da binaların doğal havalandırılmasını olumsuz etkileyeceği söylenebilir. Sonuç olarak, pencerelerin binaların doğal havalandırılmasında etkinliğini artırmak için boyutunu genişletmenin ısı kaybını artıracak olduğunu, bunun yerine pencere giriş yapısının dışarı doğru genişletilmesinin daha uygun olacağını göz önünde bulundurmak gerekir.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- ASHRAE. 1992. ASHRAE Duct Fitting Database 1992.
- Cao X, Liu J, Jiang N, 2014. An overview of the applications of particle image velocimetry for indoor airflow field measurement. *Lecture Notes in Electrical Engineering* 263:223-231.
- Castillo JA, Cruz-Salas MV, Huelsz G, 2017. Natural ventilation by wind exchangers in a building with a window in prevailing winds: design guidelines. *International Journal of Ventilation*, 16:1-14.
- Favarolo PA, Manz H, 2005. Temperature-driven single-sided ventilation through a large rectangular opening. *Building and Environment*, 40: 689-699.
- Gao CF, Lee WL, 2011. Evaluating the influence of openings configuration on natural ventilation performance of residential units in Hong Kong. *Building and Environment*, 46: 961-969.
- Hassan MA, Guirguis NM, Shaalan MR, El-Shazly KM, 2007. Investigation of effects of window combinations on ventilation characteristics for thermal comfort in buildings. *Desalination*, 209: 251-260.
- Heiselberg P, Svidt K, Nielsen PV, 2001. Characteristics of air flow from open windows. *Building and Environment*, 36: 859-869.
- Heiselberg P, Bjørn E., Nielsen PV, 2002. Impact of open windows on room air flow and thermal comfort. *International Journal of Ventilation*, 1(2):91-100.
- Kato S, Kono R, Hasama T, Ooka R, Takahashi T, 2006. A wind tunnel experimental analysis of the ventilation characteristics of a room with single-sided opening in uniform flow. *International Journal of Ventilation*, 5: 171-178.

- Lo LJ, 2014. Particle image velocimetry experiments in a wind tunnel to study wind-driven airflow through building. Proceed. of 13th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate, Indoor Air, July 7-12 2014, Hong Kong, Paper number: HP0614
- Lukkunaprasit P, Ruangrassamee A, Thanasisathit N, 2009. Tsunami loading on buildings with openings. Science of Tsunami Hazards, 28: 303-310.
- Sacht H, Lukiantchuki MA, 2017. Windows size and the performance of natural ventilation. Procedia Engineering, 196:972-979.
- Siew CC, Che-Ani AI, Tawil NM, Abdullah NAG, Mohd-Tahir M, 2011. Classification of natural ventilation strategies in optimizing energy consumption in Malaysian office buildings. Procedia Engineering, 20: 363-371.
- Wang Y, Yu Y, Ye T, Bo Q, 2021. Ventilation Characteristics and Performance Evaluation of Different Window-Opening Forms in a Typical Office Room. Applied Science, 11: 8966.
- Zhang X, Weerasuriya AU, Tse KT, 2020. CFD simulation of natural ventilation of a generic building in various incident wind directions: Comparison of turbulence modeling, evaluation methods, and ventilation mechanisms. Energy and Building, 229: 110516.
- Zhou C, Wang Z, Chen Q, Jiang Y, Pei J, 2014. Design optimization and field demonstration of natural ventilation for high-rise residential buildings. Energy and Buildings, 82: 457-465.