

Gölgeleme elemanlarının rüzgar üstü bina yüzeyindeki basınç katsayılarına etkileri

Vildan OK^{*1}, Mehmet ÇAKAN, Mustafa ÖZGÜNLER¹, Levent KAVURMACIOĞLU²

¹İTÜ Mimarlık Fakültesi, 34437, Taşkışla, Taksim, İstanbul

²İTÜ Makine Fakültesi, 34437, Gümüşsuyu, İstanbul

Özet

Binaların pasif olarak en etkin biçimde soğutulması amaçlandığında; güneş ışınımı engeli olarak tasarlanacak kontrol elemanlarının (GE), tasarım aşamasında rüzgar etkileri bakımından irdelenerek performanslarının optimize edilmesi zorunludur. Yukarıdaki gerekçeye dayanarak yapılacak çalışmanın amacı; özellikle rüzgar konusunda sayısal yöntemler yeterli olamayacağından, GE'lerin basınç ve taşınım katsayıları üzerindeki etkilerinin rüzgar tüneline deneysel yolla ortaya konmasıdır. GE'lerin cepheye paralel, dikey ve 45 derece açılı konumlandırılışlarıyla ana üç seçenek, kanatlarının 0 – 45 - 90° kanat açılarıyla oluşturulmuş almaşıklar ve referans (BOŞ) durum da dahil olmak üzere toplam 19 adet farklı durum üretilmiştir. Seçenek ve almaşıkların her birinde tünel içi hızı (GH) 2.5 ms^{-1} , 5.0 ms^{-1} ve 8.3 ms^{-1} 'de rüzgar üstü yüzeyde basınç ölçümleri yapılmıştır. Bina yüzeyinde oluşan basınç katsayılarının (C_p) GE seçeneklerine bağlı olarak referans duruma (BOŞ) göre ne kadar farklılık gösterdiği incelendiğinde; % 95 güven aralığında, en dikkate değer fark referans durum ile (GE- CP- YK 0) yatay kanatlardan oluşan gölgeleme elemanının cepheye paralel konumlandırıldığı, 0 derece kanat açısında ($t = 4.745$, $p = .0000$ düzeyinde) ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmanın sonuçları pasif soğutma sisteminde rüzgar basıncıyla iç mekanlardaki hava hareketi hızının uygun düzeylerde sağlanıp sağlanamayacağının kestirilebilmesinde kullanılabilir. BOŞ durumda orta aksta cephenin tümünde $C_p \text{ ort} = \sim 0.80$ düzeyinde elde edilen basınç katsayısı (C_p) değeri birçok ülkenin rüzgar yüklerine ilişkin yönetmeliklerine uyum göstermesine rağmen zemine yakın noktalarda mevcut benzer çalışmalardan $\sim \%10$ daha büyük miktarlar ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Gölgeleme elemanları, basınç katsayısı dağılımı, doğal havalandırma, pasif soğutma.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Vildan OK. okv@itu.edu.tr; Tel: (212) 293 13 00 dahili: 2318.

Bu makale, İTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen "Güneş kontrol elemanlarının, bina yüzeyinde rüzgar etkisi ile oluşacak ısı taşınım ve basınç katsayılarına etkisinin deneysel olarak incelenmesi" başlıklı araştırma projesinden hazırlanmıştır. Makale metni 03.07.2008 tarihinde dergiye ulaştırılmış, 08.01.2009 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.08.2009 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Effect of shading devices on external pressure coefficients' of windward surfaces of buildings

Extended abstract

Solar shading devices prohibit the passage of direct component of solar radiation at the same time decrease the chilling effect of winds on buildings by forming insulative air pockets in summer season.

External solar shading devices vary as a function building crust orientation. In other words they should be designed as auxiliary architectural parts. These parts may be manufactured from materials such as glass, wood, plastic, concrete or metal. Typologically their form resembles shield forms which are either parallel or perpendicular to the building façade.

Wind imposed pressure variations have major influence on building thermal comfort through temperature, humidity and air circulation speed. These entities vary as a function of wind direction, wind speed, building orientation, roof and façade shapes, building height and openings on windward and leeward façades. Air mass flow rate that passes through the building may be calculated as a function of average inlet and outlet pressures

In order to obtain the effect of solar shading devices on the wind pressure field over the building surface, an experimental campaign is conducted in a wind tunnel which has a test cross section of 1x1 meter. The 4 mm thick Plexiglas building model which is 50 cm. in width, 30 cm in height and 50 cm in depth simulates 5x3x5 m full scale building forming one zone.

Solar shading devices are made of aluminum and of two type wings that are placed parallel to border longitudinal or transversal. The wings make 0, 45 and 90 degrees with the device plane. The position of the shading devices that holds the wings together also makes 0, 45 and 90 degrees with respect to the vertical windward façade of the model. Thus, including the baseline - situation unless shading device is mounted - case, 19 different configurations; are investigated throughout the campaign. There are a total number of 105 pressure measurement points clustered around the edges on the windward face of the model. The measurements were made at 2.5 m/s, 5 m/s and 8.3 m/s average wind speeds.

For the case in which solar shading devices are not attached to the façade, the C_p distributions stay in a very narrow band no matter what the wind tunnel speed is. The minimum C_p values are recorded as 0.42, 0.38 and 0.40 for the three speeds: 2.5, 5.0 and 8.3 m/s respectively. The maximum difference between the C_p values happens to be 0.04.

The pressure coefficients (C_p) data obtained for different configurations of shading devices are compared with the baseline configuration by Paired Samples Test. They are found significant difference in 95% confidence level, between baseline case (BOS) and configuration that is the shading device parallel to building surface and its wings closed (they make 0 degree with respect to the self plane) (GE-CP-YK 0).

The average C_p value along the central axis ($C_{p_{ave}} \sim 0.80$) obtained for baseline case (BOS) is in good agreement with wind load regulations of many other countries.

According to the positioning and shading intensity of opaque shading devices on the windward face, the C_p values vary between 130 % and 40% with the respect to baseline case.

The correlation coefficients obtained along the C1 axis are calculated as 0.74 and 0.84 for the horizontal and vertical wing configurations respectively. The measurement points corresponding to the opening on the windward face give an average correlation coefficient of 0.73 for all configurations.

The effect of Solar shading devices on building façade pressure coefficient distribution has been considered only by a few numbers of researchers in the field. Therefore, excluding the baseline case, the results obtained in the present investigation are original data introduced to the building aerodynamics field.

Air mass flow rate that passes through the building may be calculated as a function of average inlet and outlet pressures.

In order to assess the usage of the results in the design of natural ventilation systems and cooling load calculations, different pressure and velocity measurement programs are being undertaken.

Keywords: Shading devices, forced convection heat transfer, wind pressure distribution, natural ventilation, passive cooling, natural climatisation.

Giriş

Her yapma çevre ölçeğinde olduğu gibi bileşen ölçeğindeki bir yapma çevre değişkeni ya da tasarım parametresi olan güneş **kontrol elemanlarının** özellikle bina içi mekânların vantilasyon açıklıklarından alınacak ve rüzgâr basıncıyla oluşan hava hızı yoluyla soğutulmasındaki etkinliği ortaya konulduktan sonra tasarım kararlarının verilmesi kaçınılmazdır.

Bina kabuğunun baktığı yöne göre, hacimlerde güneş ışınımının istenen zamanına bağlı olarak gölgeleme araçları tasarlanmaktadır. **Bina dışı gölgeleme elemanları** bina kabuğunun baktığı yöne göre değişik biçimlerde olması gereken, binaya ek olarak tasarlanan mimari bileşenlerdir. Bu parçalar günün yapım teknolojisine göre sabit ya da hareketli, cam, metal, beton, ahşap, plastik vb. gibi çeşitli malzemelerden yapılabilir. Geometrik olarak, yatay, düşey ve (duvara dik-duvara paralel) kalkan tipi elemanlardır.

Bu çalışmanın konusu olan bina dışı gölgeleme elemanlarının nesnel yaklaşımlarla tasarlanması 1940'lı yıllarda Olgyay kardeşlerin iklimle dengeli mimarlık ve şehircilik alanındaki araştırmalarıyla başlamıştır. Onların çalışmalarından yola çıkan bir çok tasarımcı ve bilim adamı tarafından uygulamalar yapılmıştır (Olgyay ve Olgyay, 1957; Zeren, 1959; Szokolay, 1975). Özellikle 1990'larda tasarımda kullanılacak sayısal benzetişim yollarının geliştirilmesi, CAD alanında büyük ilerlemeler göstermiştir (Harkness ve Metha, 1978; Belakehal ve Aoul, 1996; Sciuto, 1998).

Güneş kontrol elemanları ile bütünleştirilerek tasarlanan binalara ya da yüzeylerine, son yıllarda özellikle çevreye duyarlı mimarlık anlayışıyla yapılmış bir kaç farklı örnek olarak; Richard Meier'in, Norman Foster'in, Ingenhoven Overdiek and Partners'in, Holz Matthias, Ralf Fred'in yapıtları sayılabilir. (http://gaia.lbl.gov/hpbf/techno_n.htm, 2003, Detail,1999,1997).

Binalarda ısı konforu etkileyen iç sıcaklık, nem, hava hareketi hızı gibi parametrelerin değişimine doğrudan etkisi olan rüzgarın az katlı bina

yüzeylerine etki ettiğinde oluşturduğu basınç ve bu basınç etkisi ile oluşan iç hız değişimi, rüzgârın geliş hızına, akım tipine, geliş açısına, bina yüksekliğine, bina yönlendiriliş durumuna, bina çatı formuna ve cephe formuna, cephede yar alan boşlukların durumuna göre farklılık göstermektedir (Simiu ve Scanlan, 1986; Khanduri vd., 1998, Grosso, 1992; Scruton ve Rogers, 1971). Elde edilen ortalama basınç değerleri ile bina içine giren ve çıkan hava miktarı hesaplanabilmektedir (Allard, 1998).

Az katlı bina yüzeylerinde rüzgarın farklı geliş açılara göre oluşturduğu basınç dağılımlarının teorik bir veri haline getirilmesi için Holmes, (1986) ait çalışmadan elde edilen verilerle oluşturulan ve ASHRAE 1989, 2005'te de yer alan şemaya göre, bina yüksekliğinin rüzgara bakan cephe genişliğinin üç katından az olduğu ($H < 3W$), rüzgar geliş açısı 0° olduğu durumda basınç katsayıları 0.80 – 0.70 düzeyleriyle ifade edilmektedir (Holmes, 1986, 2007; ASHRAE, 1989, 2005).

Rüzgar tüneliyle gerçekleştirilen deney sürecinin zor ve maliyetinin yüksek olması aynı çalışmaların kısa sürede ve az maliyetle gerçekleşmesini sağlamak üzere üretilmiş Fluent, Flovent, Comis gibi birçok bilgisayar programları bina çevresindeki hava akımlarını modellemede yardımcı olmaktadır.

Buna benzer çalışmalardan birini yürüten Murakami ve diğerleri (1987) tarafından, LES türbülans modeli ile küp şeklindeki bir model etrafındaki düzgün olmayan türbülanslı hava akımlarının yönü ve hızları incelenmiş ve LES'in doğruluğunu sınamak üzere rüzgar tüneli deneylerinden elde edilen veriler karşılaştırılarak, uyumlu sonuçlar elde edilmiştir (Murakami vd., 1987). Basit geometrik formlu binalar etrafında hız ve yüzeylerindeki basınç dağılımını iki üç boyutlu sayısal özelliklerle LES ve RSM yaklaşımlarıyla yapılan modellerde rüzgar tüneli deneylerine benzer sonuçlar elde edilmekle beraber karmaşık biçimli binalar için bu yolların uygulanması kolay değildir (Murakami vd., 1992; Yu ve Kareem, 1997).

Rüzgarın binalara etkilerinin sayısal çözümlerle tahmin edilmesini kolaylaştırmak için rüzgar davranışlarını mümkün olduğunca fazla örnek üzerinde gözlemek geçmişte ve günümüzde önem taşımaktadır. Bu amaçla deneysel ve saha çalışmalarının 80'li ve 2000'li yıllarda da çeşitli araştırmacılar tarafından devam ettirildiği görülebilir (Richardson vd., 1989, Richards vd., 2001).

Cephede yer alan mimari bileşenlerin cephede oluşan basınç dağılımlarına etkisini incelemek amacıyla yapılan az sayıda çalışmalardan birinde Yakubu ve Sharples (1991), basınç odasında yürütülen deneyde gölgeleme araçlarının neden olduğu cephedeki basınç düşüşlerini gözlemleyerek, elde ettikleri sonuçlarla gölgeleme aracında hava akım oranı ile basınç düşüşü arasındaki ilişkiyi ortaya koyan ikinci dereceden ifadeler önermişlerdir (Tsangarassoulis vd., 1997; Sharples ve Chilengwe, 2006).

Havalandırma-İnfiltrasyon modelleri için girdi bilgisi olarak kullanılacak rüzgar basıncı dağılımına yönelik çok çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bina yüzeylerinde yer alan gölgeleme elemanlarının basınç katsayıları üzerindeki etkilerini ele alan örneklerle pek fazla sayıda rastlanılmamıştır.

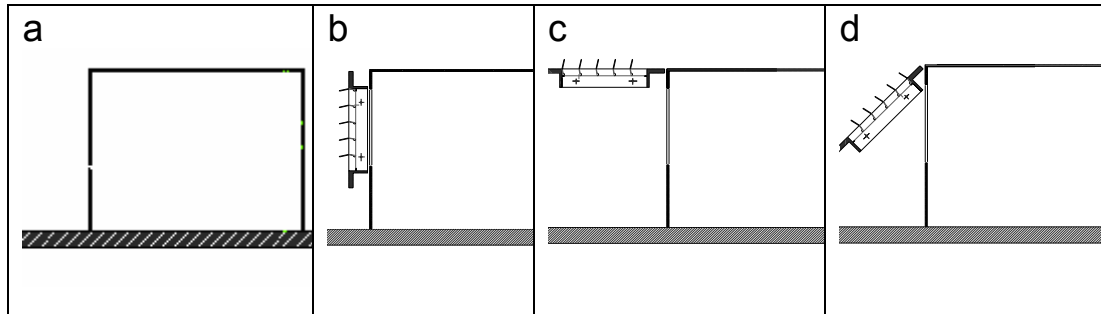
Yukarıdaki gerekçeye dayanarak yapılacak çalışmanın amacı; özellikle rüzgar konusunda sayısal yöntemler yeterli olamayacağından, GE'lerin basınç katsayıları üzerindeki etkilerinin rüzgar tüneline deneysel yolla ortaya konmasıdır.

Deneysel düzenek ve ölçüm süreci

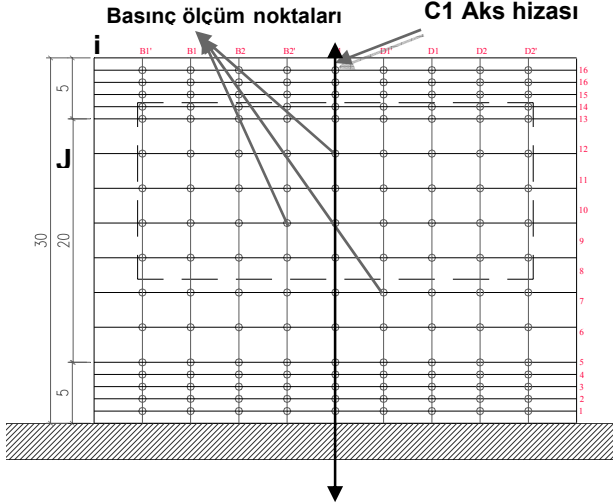
Deneysel İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi F.Ç.K. Laboratuvarında yer alan açık dönüşlü-kapalı jet, Eiffel tipi bir ses altı rüzgar tüneline yapılmıştır. Gözlem odası 1.00x1.00x3.00 m. boyutlarında iki yan yüzü plastik camdan (plexiglass), yatay yüzler suntuadan yapılmıştır. Basınç ölçümleri 0-22.5 mmSS (0-225 Pa) basınç aralığında işlev gören diyaframla donanmış Validyne® DP45 değişken relüktanslı basınçölçer aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

Deneysel gerçek ölçüleri ön cephe genişliği 5.0m, derinliği 5.0m, yüksekliği ise 3.0m olan tek katlı tek hacimli kübik bir binanın 1/12.5 ölçekli modeli üzerinde gerçekleştirilmiştir. Model, 4mm kalınlığında saydam plastik cam malzemeden üretilmiştir. Gölgeleme elemanı (GE) modelleri 0.4 mm. kalınlığında alüminyum malzemeden, dikey ve yatay doğrultuda kanatlardan oluşturulmuş 2 tipte hazırlanmıştır. Şekil 1.a.,b.,c, d' den görülebileceği gibi, GE'lerin cepheye paralel, dikey ve 45 derece açılı konumlandırılışlarıyla üç ana seçenek, enine, boyuna, kanatlı, kanatlarının 0 – 45 - 90 ° kanat açılarıyla oluşturulmuş almasıkları, BOS referans durum da dahil olmak üzere toplam 19 adet değişik düzenleniş oluşturulmuştur.

Modelin ön cephesinde Şekil 2'den görülebileceği gibi, üst ve alt sınırlarda daha sıklaşan, ortada C1aksı olmak üzere $i=7$ ve $J=15$ aksının kesişme noktalarında; toplam 105 adet basınç prizi açılmıştır.



Şekil 1. a) Referans BOS durum, b) Gölgeleme elemanı cepheye paralel seçeneği (GE CP YK), c) Gölgeleme elemanı cepheye dik seçeneği (GE CD YK), d) Gölgeleme elemanı cepheye 45 derece açıyla konumlanmış seçeneği (GE C45 YK)



Şekil 2. Bina modeli yüzeyinde basınç prizleri konumlandırılması

Basınç taramaları sırasında referans basınç, modelin kolektör yönünde 100 cm, önünde serbest akım içinde bulunan Pitot tüpü üzerindeki statik basınçtır. Seçeneklerin ve almaşıklarının her birinde 2.5 ms^{-1} , 5.0 ms^{-1} , 8.3 ms^{-1} gradyan hızlarındaki basınç ölçümleri yapılmıştır.

GE'lerin etkinliğini C1 aksı ölçümleriyle ortaya koyan bulgular

Bina modeline her hangi bir gölgeleme elemanı takılı olmadığı durumda model yüzeyinde ölçüm noktalarındaki C_p 'ler, deneylerin yapıldığı her üç gradyan hızı durumunda bir birine çok yakın değerler ortaya koymaktadır. Ölçüm profillerinde en küçük C_p değerleri, GH 2.5 ms^{-1} de 0.42, GH 5.0 ms^{-1} de 0.38, GH 8.3 ms^{-1} de 0.40 dır. Bu değerler aradaki en büyük fark 0.04 tür.

Deney yapılan gradyan hızının etkinliği açısından bulgular incelendiğinde; Bina cephesine her hangi bir GE takılmadığı durumdan da hatırlanabileceği gibi GH 2.5 ms^{-1} de, GH 5.0 ms^{-1} de, GH 8.3 ms^{-1} de, ölçüm profillerinde C_p değerleri kabul edilebilir hata payı içinde bir birine eş düzeylerde bulunmuştur (Şekil 3.a).

Gölgeleme elemanı (GE) seçenekleri; kanat açıklık derecelerine göre ayrı ayrı ele alındı-

ğında; Kanat açıklığının en büyük değerinde, **90 derece açık olduğu durumda**, her bir seçenekte ortaya çıkan C_p profilinin ilk dört noktasında gradyan hızlarının (GH) tümünde değerler bir birine çok yakın olmakla birlikte **GH 2.5 ms^{-1} olduğunda**, Şekil 3.b.,c'den izlenebileceği gibi, en büyük değer $C_p = 1.02$ GE-CP-YK da, en küçük değer $C_p = 0.75$ ise GE-C45-DK seçeneğinde oluşmuştur.

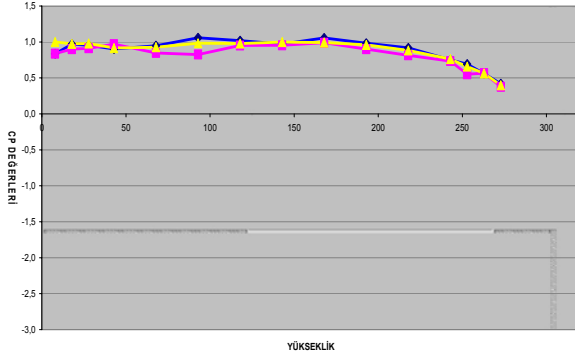
Kanat açıklıklarının 45 derece açık olduğu durumda, seçeneklerin tümünde C_p profillerinin ilk dört noktası bir birine çok yakın değerlerden oluşmaktadır. Bu noktalarda **GH 2.5 ms^{-1} hızında** (Şekil 3 b.,c) en büyük değer $C_p = 1.00$ GE-CP-YK 45 seçeneğinde, en küçük değer ise $C_p = 0.76$ GE-C45-YK 45 seçeneğinde ölçülmüştür.

Kanat açıklıklarının 0 derece kapalı olduğu durumda, GH'nın 2.5 ms^{-1} olduğu deney koşullarında, seçeneklerden GE-C45-YK/DK dışında kalan GE-CP-YK/DK 0 ve GE-CD-YK/DK 0 tiplerinde C_p profillerinin ilk beş noktası bir birine çok yakın ($C_p = \sim 1.0$) değerlerden oluşmaktadır (Şekil 3.b., c).

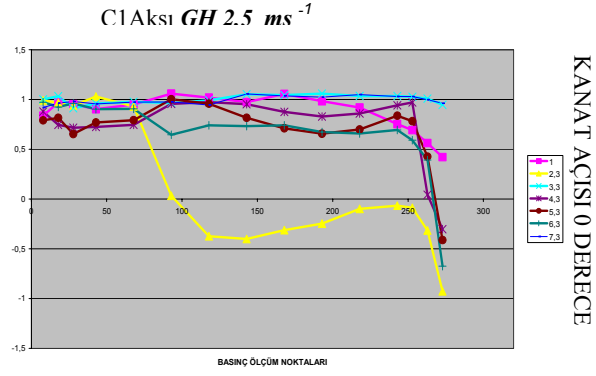
Gölgeleme elemanının cepheye 45 derece açıyla eğik yerleştirildiği seçenekte GE-C45-YK/DK yatay ve dikey kanat almaşıklarında ise profiller en küçük değerlerden ($C_p = \sim 0.88 - 0.72$) oluşmaktadır (Şekil 3.b.,c).

Gölgeleme elemanı GE seçenekleri kanat tipi almaşıklarına (DK ve YK) göre bulgular bir arada incelendiğinde; örnek olarak GH'nın 2.5 ms^{-1} olduğu deney koşullarında, C_p profillerinin en üstteki son noktasında, GE'lerin cepheye konumlanışına göre, C_p 'lerin \sim en büyük ($C_p = \sim 1.0$) değerleri cepheye dik (3.1, 3.2, 3.3 ya da 7.1, 7.2, 7.3) konumda, \sim en küçük ve negatif ($C_p = \sim -0.61$ ile -0.93) değerleri cepheye paralel (2.1, 2.2, 2.3, 6.1, 6.2, 6.3) konumda, en küçüğe yakın diğer ($C_p = \sim 0.12$ ile -0.30) değerleri cepheye 45 derece eğik (4.1, 4.2, 4.3, 5.1, 5.2, 5.3) konumda ortaya çıkan bulgular üç grupta toplanmışlardır (Şekil 3.b.,c).

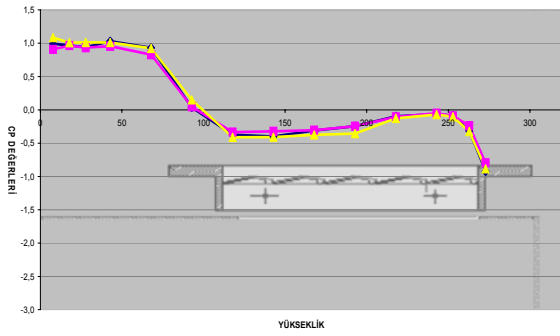
V. Ok ve diğerleri



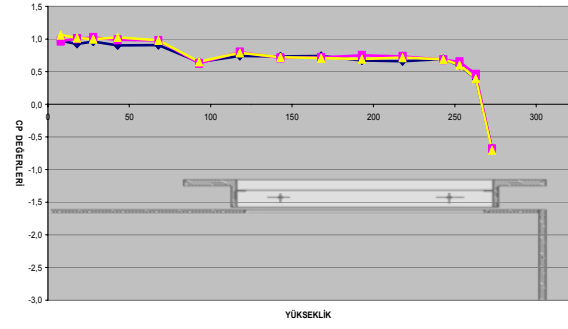
BOS (1)



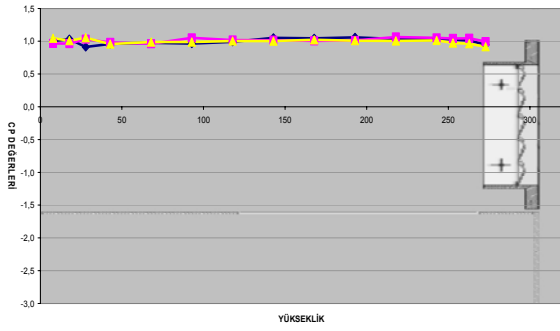
TÜM SEÇENEKLER
KANAT AÇISI 0 DERECE



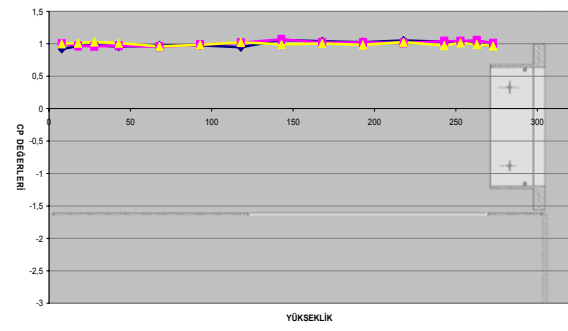
GE-CP-YK 0 (2.3)



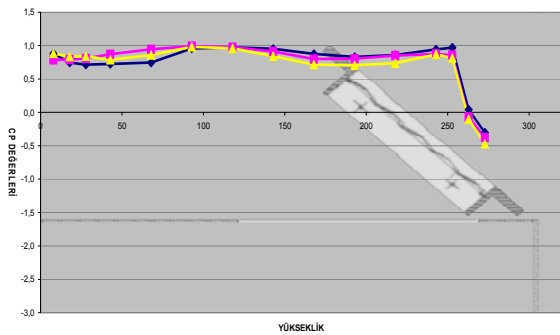
GE-CP-DK 0 (6.3)



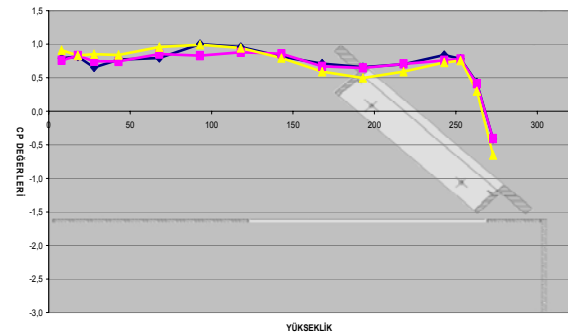
GE-CD-YK 0 (3.3)



GE-CD-DK 0 (7.3)

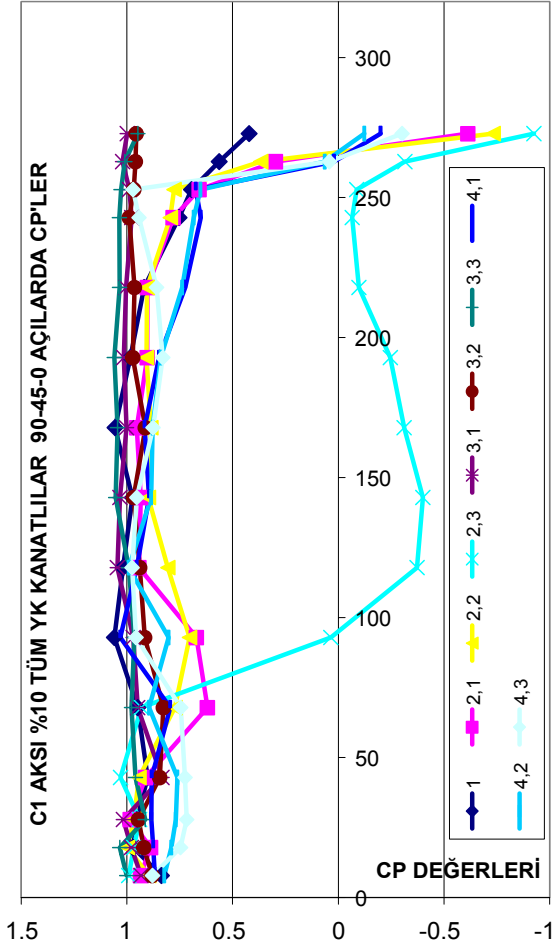


GE-C45-YK 0 (4.3)

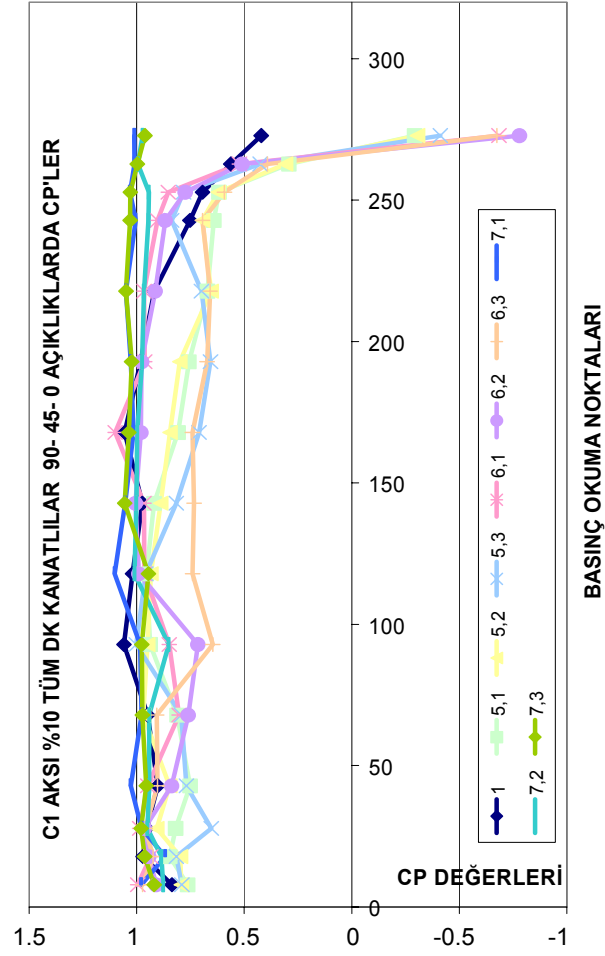


GE-C45-DK 0 (5.3)

Şekil 3a. C1 aksı tüm hızlar tüm seçenekler (YK – DK) kanatlar 0 derece kapalı konumda bina yüzeyinde basınç katsayısı (Cp) profilleri



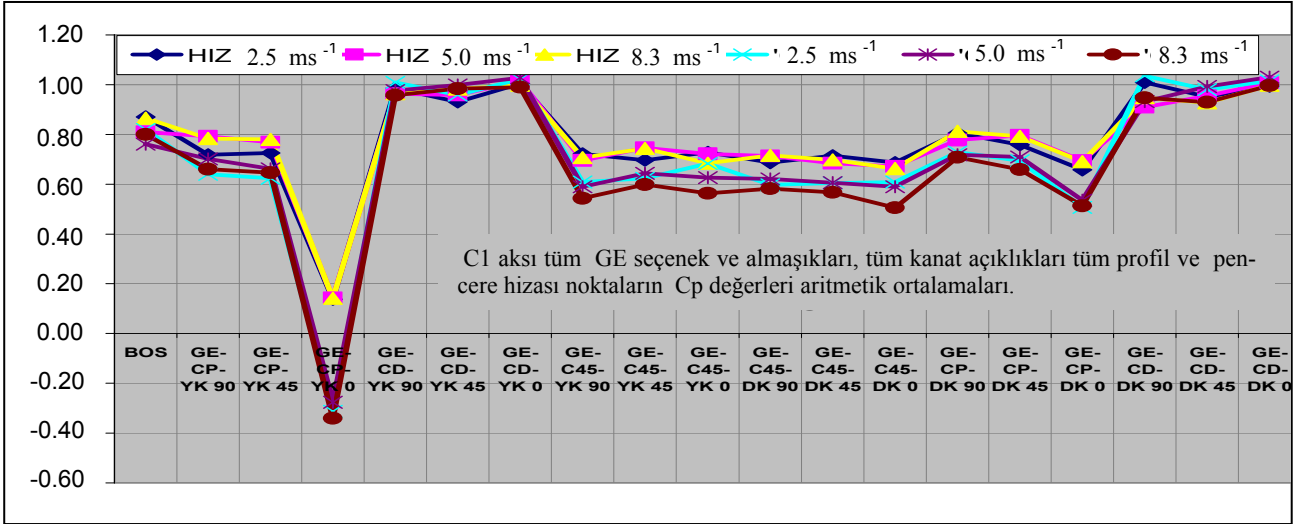
Şekil 3b. C1 Aksı $GH 2.5 \text{ ms}^{-1}$ 'de tüm yatay kanatlı seçeneklerin tüm kanat açıklarında C_p profilleri



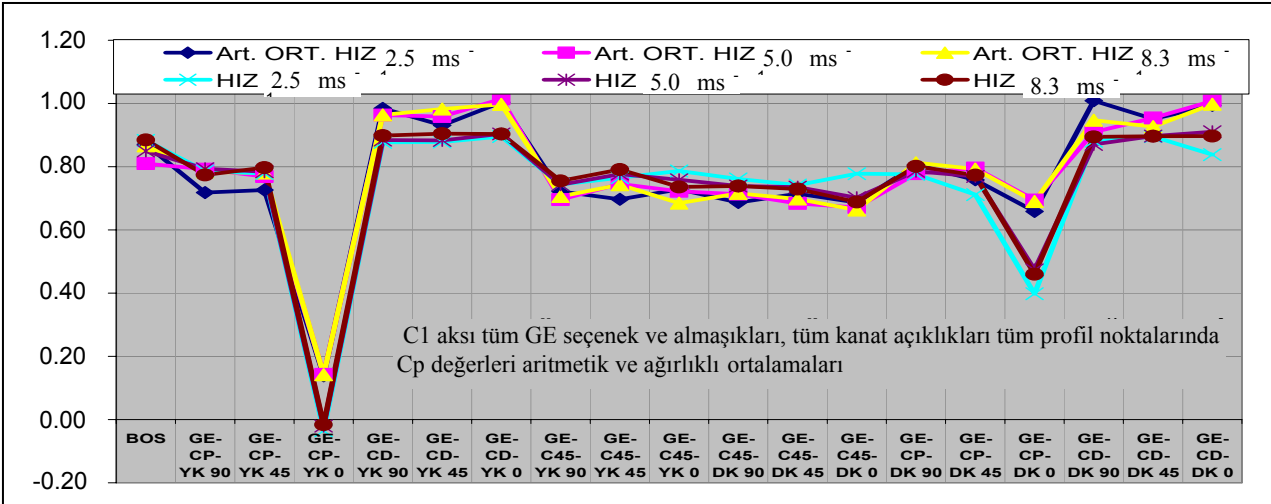
Şekil 3c. C1 Aksı $GH 2.5 \text{ ms}^{-1}$ 'de tüm dikey kanatlı seçeneklerin tüm kanat açıklarında C_p profilleri

C1 aksı Basınç Katsayılarının (C_p) Tüm GE seçenek ve Almaşıklarının Tüm Kanat Açıklık durumlarında elde edilen C_p Profilleri tüm ve Pencere Hızası Noktaları aritmetik Ortalamalarına, Tüm GH'larda Topluca Bakıldığında, Şekil 4'den izlenebileceği gibi, değerlerin iki ana grup oluşturduğu söylenebilir. C_p aritmetik ortalamalarının profilleri oluşturan tüm noktalarda hesaplanması durumunda **değerler daha büyüktür. Çünkü bu ortalamaya bina yüzeyinin zemine yakın GE'lerden pek etkilenmeyen rüzgara karşı engelsiz alanda elde edilen daha büyük C_p 'ler katılmıştır. Şekil 4'de ilk üç simge her bir gradyan hızındaki (GH), tüm noktalar, son üç simge ise GE'lerin iz bölgesi iz bölgesi ya da **pencere hizasındaki noktaların ortalamalarıdır**.**

C1 aksı ölçüm profilinde tüm seçeneklerde tüm değerler aritmetik ve ağırlıklı ortalamaları karşılaştırıldığında; Şekil 5'den izlenebileceği gibi, referans kabul edilen (BOS) durum aritmetik ve ağırlıklı ortalama C_p değerleri birbirine çok yakın $C_p = \sim 0.81$ ile 0.88 düzeyindedir. Tüm seçeneklere topluca bakıldığında Şekil 4'ten hatırlanan en küçük ve en büyük C_p ortalama değerlerinin ağırlıklı ortalamalarda da benzer eğilim ortaya koyduğu söylenebilir. Bulguların $GH 2.5 \text{ ms}^{-1}$ 'de, C1 aksı tüm GE seçenek ve almaşıklarında, C_p değerlerinin belirli aralıklarda tekrarlanma oranlarına bakıldığında, seçenek ve almaşıkların büyük çoğunluğunda C_p 'lerin 1.00 ile 1.20 değer aralığında %50 ile %60 oranında tekrarlandığı görülmüştür. Basınç katsayılarının ikinci büyük yığılma aralığı 0.80 ile 1.00 değer aralığıdır.



Şekil 4. C1 aksı tüm GE seçenek ve almasıkları, tüm kanat açıklıkları tüm profil ve pencere hizası noktaların Cp değerleri aritmetik ortalamaları



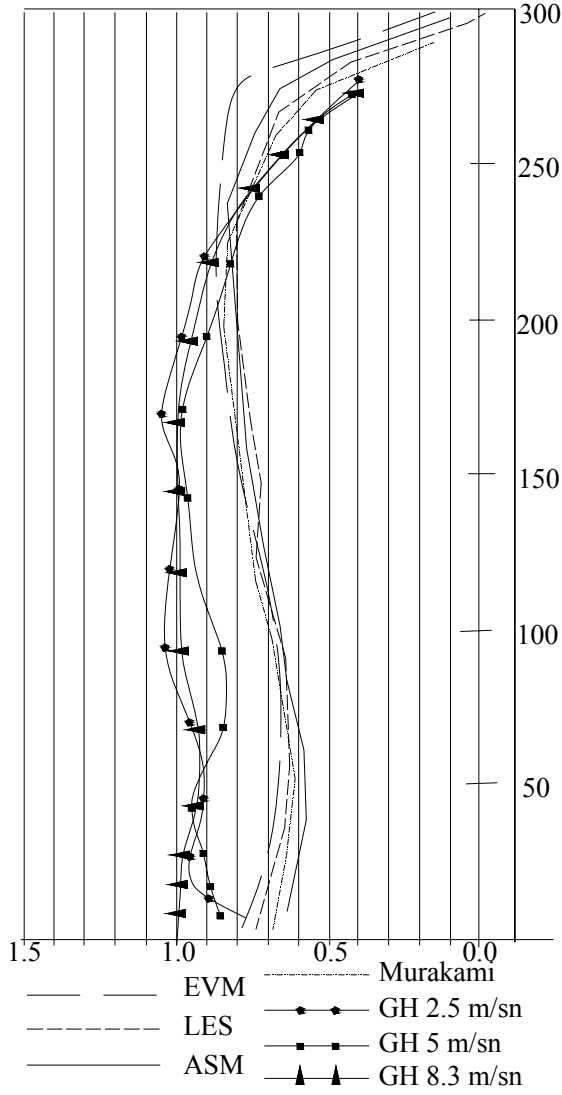
Şekil 5. C1 aksı tüm GE seçenek ve almasıkları, tüm kanat açıklıkları tüm profil noktalarında Cp değerleri aritmetik ve ağırlıklı ortalamaları

Bina yüzeyinde oluşan (Cp) basınç katsayılarının BOS referans duruma göre gölgeleme elemanı GE seçeneklerine bağlı ne kadar farklılık ortaya koyduğu ve bu farklılığın dikkate değer olup olmadığı Eşleştirilmiş Örneklem t Testi (Paired Samples Test) ile **irdelendiğinde**; en dikkate değer fark % 95 güven aralığında, referans BOS durum ile (GE-CP-YK 0) Gölgeleme elemanının cepheye paralel konumlandırıldığı ve yatay kanatlardan oluşturulduğu 0 derece kanat açılı durum arasında ($t=4.745$, $p=.0000$ düzeyinde) ortaya çıkmıştır.

Basınç katsayısı (Cp) bulgularının önceki çalışmalarla karşılaştırılması

Birçok ülkedekine benzer olarak Türkiye’de geçerli olan ‘Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri’ başlıklı TS 498/ Kasım 1987 sayılı ve tarihli standart az katlı kare planlı ve eğik çatılı binalarda rüzgar üstü bölgesi yüzeyi için (Cp) basınç katsayısının 0.80 olarak alınmasını önermektedir.

Birçok yayında olduğu gibi Aynsley, Melbourne, Wikery (1977)’de az katlı bir hangar binası için

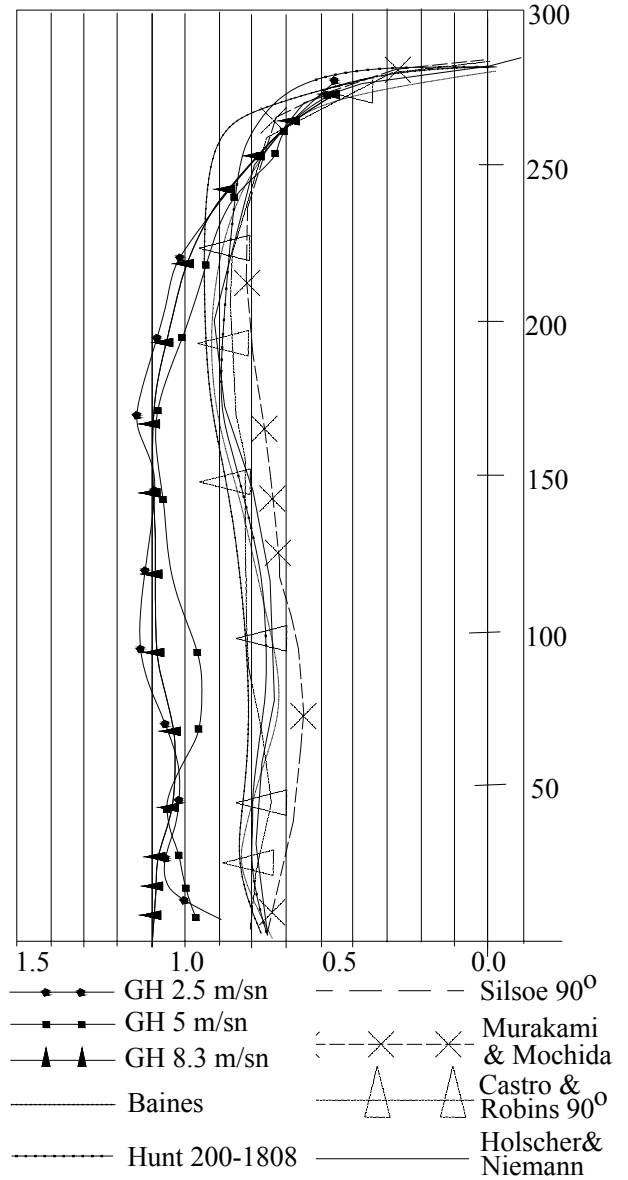


Şekil 6. Referans BOS durum Cp'leri ile Murakami ve diğerleri (1992) de küp biçiminde binanın akım doğrultusundaki orta kesitinde verilen Cp'lerin karşılaştırmaları

rüzgar yükü hesabında rüzgar üstü cephe için Cp'yi 0.80 olarak kabul edilmiştir.

Holmes tarafından az katlı yapılarda rüzgar geliş açısına göre basınç katsayılarının değişiminin incelendiği ve ASHRAE 1989, 2005'lerde yer alan çalışmada da rüzgarın sıfır derece etki olduğu durumda rüzgar üstü yüzeyde orta aksta Cp 0.80 zemine yaklaşırken cephe çeperlerine doğru 0.70 düzeylerinde tespit edilmiştir (Holmes 2007, ASHRAE 1989, 2005).

Murakami ve diğerleri, (1992)'nin çalışmasında bir arada incelenen bulgular ile bu projede ölçümlerle



Şekil 7. Referans BOS durum Cp'leri ile Richards, ve diğerleri, (2001) de bir çok araştırmacıdan derlenerek verilen Cp'lerin karşılaştırmaları

elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında; Şekil 6 ve Şekil 7'den izlenebileceği gibi, Ok ve ekibinin BOS referans duruma eşdeğerde bir bina modeli yüzeyindeki ölçümlere göre saptadıkları Cp katsayıları; zeminden itibaren 2/3 h'a kadar 0.90 -1.00'e yakın düzeylerde Murakami (Murakami vd., 1992) ile Richards ve diğerleri (Richards, vd., 2001) tarafından sunulan Cp'lerden % 7-10 daha büyüktürler. Ancak bina cephesinin üstteki 1/3 h 'lık bölgesinde ise daha yakın küçük değerler sergilemişlerdir.

Gradyan hızının 5 ms^{-1} olduğu koşullarda elde edilen C_p profili değişimi biçimsel olarak diğer çalışmalarda elde edilenlere en çok benzeyen durumdur.

Yukarıda sunulan şekillerle karşılaştırılan çalışmalarda Re sayıları birbirinden çok farklı olmakla birlikte araştırmamızın bu gradyan hızında Re sayısı,

$Re = 8 \times 10^5$ ile 10×10^5 düzeylerinde Murakami ve Mochida (1992)'nin çalışmasındakine çok yakındır.

Richards ve diğerleri, (2001)'nin çalışmasında da bahsedildiği gibi Re sayıları farklı olmakla birlikte C_p katsayıları benzer çıkabilmektedir. Bulgularımızla diğer sözü edilen çalışmalar arasındaki bu fark tünel hız profilinin ve sınır tabaka kalınlığının farklılığından kaynaklanabilir.

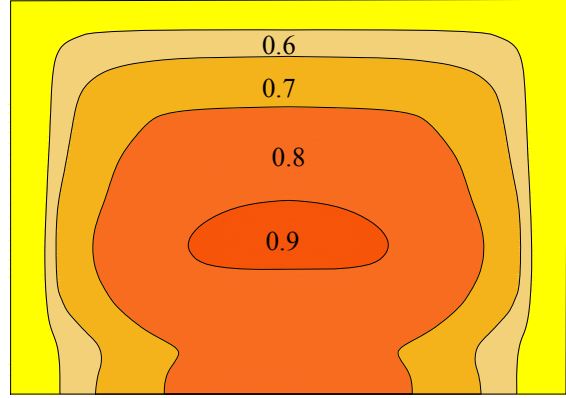
Ölçümle elde edilen basınç katsayılarının (C_p) **tüm yüzeydeki dağılımı** benzer biçimde bir binanın yüzeylerinde çeşitli değişimlerle uygulanan k - ϵ modeliyle hesaplanan basınç katsayılarıyla karşılaştırıldığında RSM yaklaşımının oldukça uygun değerler verdiği Şekil 8'den izlenebilir (Endo vd., 2005).

Sonuçlar

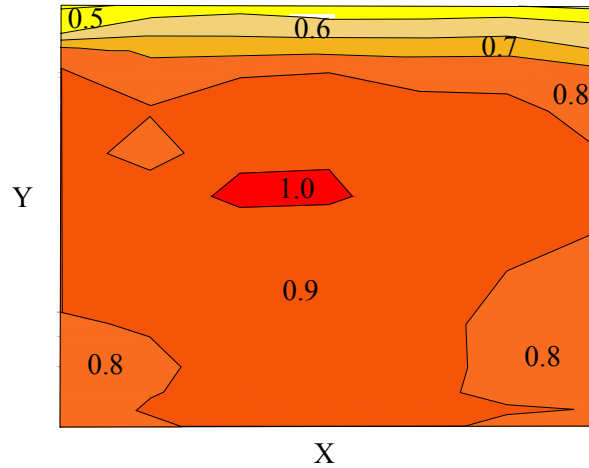
Gölgeleme Elemanlarının (GE) binanın yüzeyi üzerinde elde edilen basınç katsayısı (C_p 'lerin) dağılımına etkilerine ilişkin varılan sonuçlar aşağıda sıralanan noktalarda özetlenebilir.

- Konuya ilişkin yayın taramasından özetin sunulduğu giriş bölümünden anımsanacağı gibi Gölgeleme Elemanlarının bina cephelemindeki basınç Katsayıları (C_p 'lerin) üzerine etkileri çok az sayıda araştırmacı tarafından ele alınmış ve üzerinde fazla bilgi birikimi yoktur. O nedenle araştırmada referans (BOS) durum dışında GE'li seçeneklerde elde edilen bulgular, basınç dağılımları konusunda yeni, özgün sonuçlardır.
- Çalışma pasif soğutma sisteminde rüzgar basıncıyla iç mekanlardaki hava hareketi hi-

zinin uygun düzeylerde sağlanıp sağlanamayacağı kestirilebilmesi amacına hizmet edebilmesi bakımından bir yeni yaklaşım ortaya koymaktadır.



RMS Modeli C_p yüzey dağılımı (Endo vd., 2005)



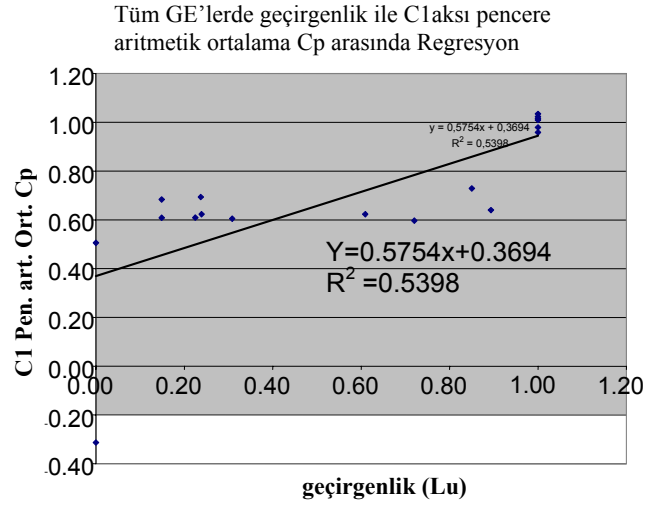
BOS referans durum C_p yüzey dağılımı

Şekil 8. BOS referans durum ile değiştirilmiş k - ϵ ve türbülans, kinetik enerji modellerinden RSM kullanımıyla oluşan rüzgar basınç katsayısı dağılımı karşılaştırılması (Endo vd., 2005)

- Referans kabul edilen gölgeleme elemansız (BOS) durumda orta aksta cephenin tümünde C_p ort = ~ 0.80 düzeyinde elde edilen basınç katsayısı (C_p) değeri birçok ülkenin rüzgar yüklerine ilişkin yönetmeliklerine uyum göstermektedir.
- Geçirimsiz olan (kanat açıklıkları 0 derece) Gölgeleme Elemanının (GE) cepheye **konumlanması** cephede elde edilecek rüzgar ba-

sıncını ya da basınç katsayısını (C_p) **cepheyi gölgeleme oranına** bağlı olarak % 130 ile % 40 düzeylerinde farklı miktarlarda değiştirmektedir.

- Cephenin üst kenarından başlayan ve cepheye dikey konumlu kanat açıları 0 derece olan Gölgeleme Elemanı (GE) cepheyi perdelediği gibi hava liflerinin cephenin üstünden aşmasına engel olarak basıncın düşmesini sağlayarak en büyük miktarda (C_p ort = ~ 1.0) basınç oluşmasına sebep olmaktadır.
- Cepheye paralel olarak konumlandırılan kanat açıları 0 derece kapalı olan kalkan tipi Gölgeleme Elemanı (GE), cepheyle arasında kalan açıklığın bir kanal oluşturması sonucu basıncın pozitif değerlerden negatif değerlere (C_p ort = ~ -0.30) değişerek düşmesine neden olmaktadır.
- Cepheye 45 derece eğik konumlandırılan kanat açıları 0 derece kapalı Gölgeleme Elemanı (GE) pencere hizasında küçük değerlerde olmak üzere C_p ort = ~ 0.74 ile 0.51 arasında değişmektedir.
- Kanatlardan oluşturulan (parçalı) Gölgeleme Elemanının cepheye dik doğrultuda hava geçirgenliği oranı (Lu) artıkça artan basınç katsayıları arasında korelasyon katsayısı, C1 aksı pencere hizası noktalarda arandığında tüm GE seçeneklerinde 0.73, Yatay Kanatlı (GE-CP, C45, CP - YK) seçeneklerde 0.74 ve Dikey Kanatlılarda (GE-CP, C45, CD - DK) 0.84 düzeyinde bulunmuştur. GE'lerin seçenekleri geçirgenlik oranları bakımından üretilmediğinden bazılarında birbirine çok yakındır ve bu nedenle aşağıda görülen regresyon doğrusu ile ilişki ortaya çıkabilmiştir (Şekil 9).
- Basınç katsayıları (C_p 'lerin)'nin yüzeysel dağılımı da Gölgeleme Elemanı akım doğrultusunda geçirgenliği (Lu), kanat biçimleniş ve konumuyla farklılaşma göstermektedir. Özellikle dikey kanatlı GE seçeneklerinde çeşitli kanat açıklıklarında elde edilen C_p 'lerin dağılımında GE'lerin cepheye göre geçirgenlikleri dışında kendi yüzey boşluk oranlarının etkileri de görülmektedir.



Şekil 9. Tüm gölgeleme elemanlarının (GE) tüm kanat almaşıklarında rüzgar doğrultusunda geçirgenlik katsayılarıyla (Lu) C1 pencere hizasındaki aritmetik ortalama C_p 'ler arasında regresyon

Kısaltmalar

- | | |
|-------------------|--|
| 1. BOS | Makete Takılı Gölgeleme Elemanı Olmadığı Durum |
| 2.1. GE-CP-YK 90 | Gölgeleme Elemanı Cepheye Paralel -Yatay Kanat 90 Derece Açık |
| 2.2. GE-CP-YK 45 | Gölgeleme Elemanı Cepheye Paralel -Yatay Kanat 45 Derece Açık |
| 2.3. GE-CP-YK 0 | Gölgeleme Elemanı Cepheye Paralel - Yatay Kanat 0 Derece Kapalı |
| 3.1. GE-CD-YK 90 | Gölgeleme Elemanı Cepheye Dik - Yatay Kanat 90 Derece Açık |
| 3.2. GE-CD-YK 45 | Gölgeleme Elemanı Cepheye Dik - Yatay Kanat 45 Derece-Açık |
| 3.3. GE-CD-YK 0 | Gölgeleme Elemanı Cepheye Dik - Yatay Kanat 0 Derece Kapalı |
| 4.1. GE-C45-YK 90 | Gölgeleme Elemanı Cepheye 45 Derece Eğimli, Yatay Kanat 90 Derece Açık |
| 4.2. GE-C45-YK 45 | Gölgeleme Elemanı Cepheye 45 Derece Eğimli |

	Yatay Kanat 45 Derece Açık
4.3. GE-C45-YK 0	Gölgeleme Elemanı Cepheye 45 Derece Eğimli - Yatay Kanat 0 Derece Kapalı
5.1. GE-C45-DK 90	Gölgeleme Elemanı Cepheye 45 Derece Eğimli - Dikey Kanat 90 Derece Açık
5.2. GE-C45-DK 45	Gölgeleme Elemanı Cepheye 45 Derece Eğimli - Dikey Kanat 45 Derece Açık
5.3. GE-C45-DK 0	Gölgeleme Elemanı Cepheye 45 Derece Eğimli - Dikey Kanat 0 Derece Kapalı
6.1. GE-CP-DK 90	Gölgeleme Elemanı Cepheye Paralel - Dikey Kanat 90 Derece Açık
6.2. GE-CP-DK 45	Gölgeleme Elemanı Cepheye Paralel - Dikey Kanat 45 Derece Açık
6.3. GE-CP-DK 0	Gölgeleme Elemanı Cepheye Paralel - Dikey Kanat 0 Derece Kapalı
7.1. GE-CD-DK 90	Gölgeleme Elemanı Cepheye Dik - Dikey Kanat 90 Derece Açık
7.2. GE-CD-DK 45	Gölgeleme Elemanı Cepheye Dik - Dikey Kanat 45 Derece Açık
7.3. GE-CD-DK 0	Gölgeleme Elemanı Cepheye Dik - Dikey Kanat 0 Derece Kapalı

Min	:En küçük değer
Max	:En büyük değer
Artort / art.ort.	:Aritmetik ortalama
Ağ. Ort/ ag ort	:Ağırlıklı Ortalama
GH	:Tünel içi Gradyan Hızı
MD	:Motor Devir Sayısı
Lu	:Rüzgar doğrultusunda hava geçirgenliği
Pen art ort.	:Pencere hizası aritmetik ortalaması

Kaynaklar

- Allard, F., (1998). *Natural ventilation in buildings- design handbook*, Altener,.
- ASHRAE (1989). *Airflow Around Buildings-Chapter 14-sf5*.
- ASHRAE (2005). *Airflow Around Buildings-Chapter16-sf5*.
- Aynsley, R.M., Melbourne, W., Vickery, B.J., (1977). *Architectural Aerodynamics*, Applied Science Publishers LTD, London.
- Bailey,A., (1933). Wind Pressure on buildings, Institution of civil engineers, *Selected Engineering Papers*, No.139, London,.
- Cheung, J.C.K., Holmes, J.D., Melbourne, W.H., Lakshmanan, N., (1997). Pressures on a scale model of the Texas Tech Building, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **69-71**, 529-538 .
- Belakehal, A., Aoul, K.T., (1996). Shading and shadowing: Concepts for an interactive strategy between solar control and aesthetics in the design of the façade, Reference to arid zones, *Renewable Energy*.
- Endo,T., Kurabuchi, T., Ishii, M. and Komamura, K., (2005). Study on the numerical predictive accuracy of wind pressure distribution and air flow characteristics. Part 1: Optimization of turbulence models for practical use, *International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment"*, Santorini, Greece.
- Holmes, J., D., (2007). *Wind Loading of Structures*, 2. Edition, Taylor & Francis, London,.
- Holmes, J., D., (1986). *Wind Loads on Low-Rise Buildings: The Structural and Environmental Effects of Wind on Buildings and Structures*, Monash University, Melbourne.
- Khanduri, A.C., Stathopoulos T., and Bédard, C. , (1998). Wind-induced interference effects on buildings-a review of the state-of-the-art, *Engineering Structures*, **20**, 7, Elsevier Science Ltd., 617-630.
- Murakami,S., Mochida, A., Hayashi, Y., Sakamoto ,S., (1992), Numerical study on velocity-pressure field and wind forces for bluff bodies by k-ε,ASM and LES, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamic*, 41-44.
- Murakami, S., Mochida,A., (1987). Three dimensional numerical simulation of turbulent flow around buildings using the k-ε turbulent model, *Building and Environment*, **24**, 51-64,.
- Richards, P.J. Hoxey, R.P. Short, L.J., (2001). Wind pressures on a 6m cube, *Journal of Wind Engi-*

- neering and Industrial Aerodynamics*, **89**, 1553-1564.
- Scruton, C., Rogers, E. W.,E., (1971). II. Wind effects on buildings and other structures - steady and unsteady wind loading of buildings and structures, *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, A.269.
- Simiu, E., Scanlan, H.P., (1986). Wind effects on structures – an introduction to wind engineering, II. Edition, Jhon Willey & Sons,.
- Smith, G.E.,(1951). Research report, No 26, Texas Eng. Exp. Station, Texas A&M.
- Tsangarassoulis, A., Santamuris, M., Asimakopoulos, N., (1997). On the airflow and radiation transfer through partly covered external building openings, *Solar Energy*, **61**, 355-367.
- Sharples, S., Chilengwe, N., (2006). Performance of ventilator components for natural ventilation applications, *Building and Environment*, **41**, 1821–1830.